

# CONTRIBUȚII PRIVIND FUNCȚIONAREA OPTIMIZATĂ A SISTEMELOR DE PREVENIRE ȘI COMBATERE A INCENDIILOR LA CLĂDIRI MULTIFUNCȚIONALE

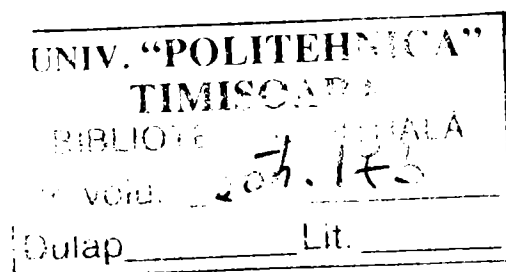
Teză destinată obținerii  
titlului științific de doctor  
la

Universitatea „Politehnica” din Timișoara  
în domeniul INGINERIE CIVILĂ  
de către

**Colonel MIHAI BENGA**

Conducător științific: prof. dr. ing. Adrian Retezan  
Referenți științifici: prof. dr. ing. Ștefan Vintilă  
prof. dr. ing. Theodor Mateescu  
prof. dr. ing. Gheorghe Badea

Ziua susținerii tezei: 18.06.2007



Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1. Automatică          | 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații |
| 2. Chimie              | 8. Inginerie Industrială                    |
| 3. Energetică          | 9. Inginerie Mecanică                       |
| 4. Ingineria Chimică   | 10. Știința Calculatoarelor                 |
| 5. Inginerie Civilă    | 11. Știința și Ingineria Materialelor       |
| 6. Inginerie Electrică |   |

Universitatea „Politehnica” din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2006

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității „Politehnica” din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,  
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221  
e-mail: editura@edipol.upt.ro

## CUVÂNT ÎNAINTE

Securitatea la foc a construcțiilor și instalațiilor se înscrie în complexul general al măsurilor întreprinse pentru protecția vieții, a securității, integrității fizice și psihice a persoanei. Normele europene conferă un loc important atât cerințelor siguranței, funcțiunii și sănătății omului și personalului, cât și fabricării și montajului produselor și sistemelor.

În prezent este în desfășurare un amplu proces al reformei reglementărilor în domeniul apărării împotriva incendiilor, în cadrul armonizării legislației românești la cea europeană.

Prezenta lucrare își propune mai multe obiective: introducerea și încadrarea în normativele tehnice românești privind securitatea la incendiu a concepției de „clădire multifuncțională”, a unor noi tipologii de clasificare a clădirilor, a surselor de aprindere și a materialelor de construcție. Am realizat o serie de analize pe studii de caz privind evacuarea fumului și a gazelor fierbinți, ca și optimizarea în proiectare și execuție a instalațiilor de stins incendii cu sprinklere.

Pe toată durata acestui studiu laborios m-am bucurat de un sprijin extrem de competent din partea conducătorului științific al tezei, onoratul prof. univ. dr. ing. Retezan Ioan Adrian Nicolae, căruia îi mulțumesc cu aleasă stimă.

Mulțumirile și considerația mea se îndreaptă către membrii comisiei de susținere a tezei, pentru observațiile, recomandările și disponibilitatea domniilor lor: domnul prof. univ. dr. ing. Vintilă Ștefan, de la Universitatea Tehnică de Construcții din București, domnul prof. univ. dr. ing. Băncilă Radu, decanul Facultății de Construcții din Timișoara, domnul prof. univ. dr. ing. Mateescu Teodor de la Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” din Iași, domnul prof. univ. dr. ing. Badea Gheorghe de la Universitatea Tehnică din Cluj Napoca.

Un gând bun și mulțumiri adresez și colectivului Catedrei de Instalații a Facultății de Construcții din Timișoara, ca și tuturor colaboratorilor și prietenilor care m-au susținut și încurajat pe parcursul studiului.

Mulțumesc din suflet familiei mele pentru răbdarea, înțelegerea și încrederea cu care m-au încurajat și onorat în anii de pregătire a tezei.

Timișoara, iunie 2007

Benga Mihai

Benga Mihai

**Contribuții privind funcționarea optimizată a sistemelor de prevenire și combatere a incendiilor la clădiri multifuncționale.**

Teze de doctorat ale UPT, Seria 5 Nr. 12, Editura Politehnica, 2007, 253 pagini, 143 figuri, 43 tabele, 140 relații.

ISSN: 1842-581x

ISBN: 978-973-625-466-6

**Cuvinte cheie:**

securitate la incendiu, risc de incendiu, clădiri multifuncționale, sisteme, instalații, detectare, semnalizare, stingere a incendiilor, fum și produse de ardere.

**Rezumat,**

Pornind de la caracteristicile constructive și funcționale ale clădirilor cu suprafață extinsă ajungând până la 200000 m<sup>2</sup> și cu destinații multiple și diverse (spații comerciale, de alimentație publică, spații de învățământ și sănătate, spații tehnice, parcaje sub- și supra-terane etc.) am propus introducerea și încadrarea în reglementările tehnice românești privind securitatea la incendiu a conceptului de „clădire multifuncțională”. Studiul de față pornește de la prezentarea și încadrarea unor elemente specifice securității la incendiu a clădirilor multifuncționale (cadru legislativ European, cadru legislativ național, definirea și încadrarea riscului la incendiu și aprecierea lui în funcție de particularitățile arhitectonice și de construcție), accentuează anumite particularități ale incendiilor în clădiri multifuncționale de la factori favorizanți la posibilități de realizare a stingerii efective și până la elemente de prevenire și combatere a efectelor individuale și colective distructive asupra vieții, bunurilor și mediului. Urmează apoi o detaliere a comportării și conformării la foc a clădirilor multifuncționale fiind abordate aspecte privind materialele specifice construcțiilor multifuncționale, caracteristici ale proceselor de ardere, ale propagării arderilor urmate de prezentarea sistemelor de detecție și semnalizare, a sistemelor de evacuare a fumului și gazelor fierbinți. Dimensionarea și funcționarea optimizată a instalațiilor de stingere reprezintă unul din aspecte de bază și cuprinde o prezentare exhaustivă a substanțelor și instalațiilor de stingere a incendiilor în cadrul analizelor pe studii de caz.

# CUPRINS

<b>Capitolul 1. Elementele specifice securității la incendiu a clădirilor multifuncționale .....</b>	<b>12</b>
1.1. Reglementări tehnice specifice privind securitatea la incendiu a clădirilor multifuncționale .....	12
1.1.1. Noțiuni generale .....	12
1.1.2. Securitatea la incendiu în reglementările tehnice românești .....	13
1.1.3. Riscul de incendiu în clădirile multifuncționale .....	16
1.2. Caracterizarea clădirilor multifuncționale din punctul de vedere al securității la incendiu .....	24
1.2.1. Criterii de clasificare a clădirilor .....	25
1.2.2. În funcție de materialele de construcții folosite .....	26
1.2.3. În funcție de destinație/funcționalitate .....	31
1.2.4. În funcție de volum și regimul de înălțime .....	31
1.2.5. În funcție de importanța construcțiilor .....	32
1.2.6. În funcție de riscul de incendiu .....	33
1.3. Concluzii și contribuții personale .....	34
<b>Capitolul 2. Particularitățile incendiilor în clădirile multifuncționale .....</b>	<b>36</b>
2.1. Factorii care favorizează apariția și dezvoltarea incendiilor în clădiri multifuncționale .....	36
2.2. Surse de aprindere și cauze de incendii în clădiri multifuncționale .....	37
2.3. Stingerea incendiilor în clădiri multifuncționale .....	44
2.3.1. Organizarea stingerii incendiilor în clădiri multifuncționale .....	44
2.3.2. Principii tactice de stingere a incendiilor în clădiri multifuncționale .....	44
2.4. Efectele incendiilor în clădiri multifuncționale .....	45
2.4.1. Efectele psihologice ale incendiilor .....	45
2.4.1.1. Simptomele panicii .....	45
2.4.1.2. Elementele componente ale panicii .....	47
2.4.1.3. Prevenirea și combaterea reacțiilor psihice negative individuale și colective .....	47
2.4.2. Efectele incendiilor asupra construcție propriu-zise .....	48
2.4.3. Efectele incendiilor asupra utilizatorilor/publicului .....	49
2.5. Sisteme de combatere a incendiilor specifice clădirilor multifuncționale .....	50
2.5.1. Noțiuni generale .....	50
2.5.2. Categoriile de instalații de stingere care pot fi folosite în clădiri multifuncționale .....	51
2.6. Concluzii și contribuții personale .....	59

<b>Capitolul 3. Comportarea și conformarea la foc a clădirilor multifuncționale</b> .....	62
3.1. Comportarea și conformarea la foc a materialelor pentru construcții multifuncționale .....	62
3.2. Caracteristicile proceselor de ardere în situații de incendiu din clădiri multifuncționale .....	67
3.3. Propagarea arderii. Efectul curenților de aer .....	75
3.4. Conformarea la foc a clădirilor multifuncționale .....	84
3.4.1. Noțiuni generale .....	84
3.4.2. Respectarea corelației dintre destinație, aria construită și desfășurată și gradul de rezistență la foc .....	85
3.4.3. Asigurarea gradului de rezistență la foc corespunzător riscului de incendiu și categoriei de importanță a clădirii .....	89
3.4.4. Respectarea distanțelor minime de siguranță .....	90
3.4.5. Protejarea golurilor funcționale .....	93
3.4.6. Realizarea căilor de evacuare .....	95
3.4.7. Asigurarea etanșeității căilor de evacuare împotriva pătrunderii fumului și gazelor fierbinți .....	96
3.4.8. Prevederea dispozitivelor pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți .....	97
3.4.9. Asigurarea iluminatului de siguranță și afișarea/montarea indicatoarelor de securitate .....	99
3.4.10. Asigurarea instalațiilor pentru semnalizarea și stingerea incendiilor .....	101
3.4.11. Asigurarea condițiilor corespunzătoare pentru intervenția la stingerea incendiilor .....	102
3.4.11.1. Reguli de ordine interioară .....	102
3.4.11.1.1. Asigurarea căilor de acces, de evacuare și de intervenție .....	102
3.4.11.1.2. Reguli privind executarea lucrărilor cu foc deschis .....	103
3.4.11.1.3. Reguli privind colectarea deșeurilor, reziduurilor combustibile și a ambalajelor și distrugerea lor .....	103
3.4.11.1.4. Reguli privind fumatul .....	104
3.4.11.1.5. Reguli de prevenire a incendiilor pentru sezonul rece .....	104
3.4.11.1.6. Reguli de prevenire a incendiilor pentru perioadele caniculare sau secetoase .....	105
3.5. Concluzii și contribuții personale .....	105
<b>Capitolul 4. Sisteme de detecție și semnalizare a incendiilor din clădiri multifuncționale</b> .....	107
4.1. Noțiuni generale .....	107
4.2. Detectoare de incendiu .....	108
4.3. Detecția ultrarapidă a incendiilor și sisteme de transmitere a datelor ..	110
4.3.1. Noțiuni generale .....	110
4.3.2. Sisteme de detecție optică a incendiilor .....	111
4.3.3. Sisteme de detecție liniară a temperaturilor .....	111
4.3.4. Transmisia datelor de la detectoarele de incendiu către centrala de semnalizare .....	112
4.4. Centrale de detecție și semnalizare a incendiilor .....	115
4.5. Concluzii și contribuții personale .....	117

## **Capitolul 5. Sisteme de evacuare a fumului și gazelor fierbinți produse de incendiu din clădiri multifuncționale ..... 118**

5.1. Particularitățile fenomenelor de propagare a fumului și gazelor în clădiri multifuncționale .....	118
5.2. Dispozitive și sisteme pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți din clădiri multifuncționale .....	120
5.2.1. Evacuarea fumului și gazelor fierbinți prin tiraj natural-organizat ....	121
5.2.2. Evacuarea fumului și gazelor fierbinți prin ventilare mecanică .....	124
5.2.3. Evacuarea fumului și gazelor fierbinți din case de scări închise .....	125
5.2.4. Evacuarea fumului și gazelor fierbinți din căile de circulații comune orizontale închise .....	126
5.3. Protecția utilizatorilor împotriva efectelor nocive ale fumului, gazelor fierbinți și produselor de ardere .....	127
5.4. Studiu de caz privind evacuarea fumului și a gazelor fierbinți dintr-o clădire multifuncțională .....	131
5.4.1. Caracteristici ale spațiului .....	131
5.4.2. Conceperea sistemului optim de desfumare .....	133
5.4.3. Elemente de calcul de dimensionare și optimizare .....	135
5.4.4. Elemente constructive .....	136
5.4.5. Regimul de funcționare al instalațiilor .....	137
5.5. Concluzii și contribuții personale .....	137

## **Capitolul 6. Considerații privind dimensionarea și funcționarea optimizată a instalațiilor de stingere a incendiilor din clădiri multifuncționale ..... 139**

6.1. Substanțe de stingere a incendiilor .....	139
6.1.1. Noțiuni introductive .....	139
6.1.2. Substanțe de răcire .....	139
6.1.3. Substanțe de stingere prin izolare .....	140
6.1.4. Substanțe folosite la stingere prin reducerea conținutului de oxigen în zona de ardere .....	141
6.1.5. Substanțe de stingere prin inhibiție chimică .....	142
6.2. Instalații de stingere cu apă a incendiilor .....	143
6.2.1. Condiții generale .....	143
6.2.1.1. Aspecte privind dimensionarea instalațiilor cu hidranți de incendiu interiori și exteriori .....	144
6.2.1.2. Dimensionarea instalațiilor cu sprinklere pentru stingerea incendiilor .....	144
6.2.1.3. Dimensionarea instalației cu drencere .....	146
6.2.1.4. Dimensionarea instalațiilor de stingere a incendiilor cu apă pulverizată .....	147
6.2.1.5. Dimensionarea instalațiilor de stingere cu abur a incendiilor .....	147
6.3. Analize pe studii de caz privind optimizarea în proiectarea și execuția instalațiilor de stins incendiu cu sprinklere la clădirile multifuncționale .....	148
6.3.1. Funcții și alcătuire .....	149
6.3.2. Principii care stau la baza proiectării instalațiilor de sprinklere .....	149
6.3.3. Elemente de calcul .....	150
6.3.4. Stabilirea tipului și configurația instalației .....	160

6.3.5. Calculul hidraulic al conductelor .....	162
6.3.6. Determinarea numărului de ACS .....	178
6.3.7. Model matematic pentru alegerea traseului optim al conductelor principale de distribuție a sprinklerelor .....	178
6.3.7.1. Tipuri de modele și limitele lor de utilizare .....	178
6.3.7.2. Model matematic pentru alegerea traseului optim în funcție de consumul de material .....	179
6.3.7.3. Probleme și nivele de abordări legate de instalațiile de sprinklere..	185
6.4. Instalații de stingere ultrarapidă a incendiilor cu substanțe speciale ...	188
6.4.1. Dimensionarea instalației de stingere a incendiilor cu dioxid de carbon .....	188
6.4.2. Dimensionarea instalațiilor de stingere cu azot .....	196
6.4.3. Dimensionarea instalațiilor de stingere a incendiilor cu alte substanțe gazoase speciale (FM 200, INERGEN, ARGON etc.) .....	197
6.5. Funcționarea în timp real (optimizată) a instalațiilor de combatere a incendiilor din clădiri multifuncționale .....	197
6.5.1. Asigurarea operabilității și eficacității funcționării sistemelor de combatere din clădiri multifuncționale .....	197
6.6. Concluzii și contribuții personale .....	198
<b>Capitolul 7. Simularea dinamică a incendiilor asistată de calculator .....</b>	<b>199</b>
7.1. Introducere .....	199
7.2. Ecuațiile de conservare ale modelului hidrodinamic .....	199
7.2.1. Ecuații de conservare .....	199
7.2.2. Radiația termică .....	202
7.2.3. Transferul de căldură prin convecție .....	202
7.2.4. Combustia materialelor solide .....	203
7.2.5. Sprinklere .....	203
7.3. Metode numerice .....	204
7.3.1. Discretizarea temporală .....	204
7.3.2.. Discretizarea spațială .....	204
7.3.3. Discretizarea ecuației de conservare a masei .....	204
7.3.4. Discretizarea ecuației de conservare (a speciilor) .....	205
7.3.5. Discretizarea divergenței .....	205
7.3.6. Discretizarea principiului fundamental al dinamicii .....	205
7.3.7. Condiții la limită .....	206
7.4. Simularea dinamică a incendiului la o clădire multifuncțională .....	207
7.5. Concluzii și contribuții personale .....	239
<b>Capitolul 8. Concluzii contribuții personale și direcții viitoare de cercetare .....</b>	<b>240</b>
<b>Bibliografie .....</b>	<b>248</b>



# INTRODUCERE

Ritmul dezvoltării vieții economico-sociale, constituirea marilor aglomerații urbane, descoperirile tehnico-științifice și condițiile vieții moderne, au determinat creșterea gradului de diversificare și complexitate a clădirilor, menite a răspunde în mai mare măsură exigențelor asupra conceptului de realizare a construcțiilor potrivit cerințelor de performanță, confort și eficiență practică ale utilizatorilor.

Diversificarea materialelor de construcții, înlocuirea materialelor tradiționale – lemnul, piatra și ceramica – iar mai târziu betonul cu metalul și sticla, adoptarea unei structuri și arhitecturi moderne de natură să sporească gradul de confort nu trebuie să afecteze „securitatea la incendiu” a construcțiilor și implicit să pună în pericol viața, securitatea, integritatea fizică și psihică a utilizatorilor.

Armonizarea legislației românești cu cea a UE implică actualizarea normativelor care prevăd și statuează dreptul la securitate și integritate a persoanelor. Produsele și tipurile de construcții marcate cu sigla CE trebuie să corespundă reglementărilor tehnice europene, iar directiva Consiliului Uniunii Europene CE89/106 CEE din 1998 acordă al doilea loc dintr-o scală de 6 cerinței privind „securitatea la incendiu”.

Pornind de la caracteristicile constructive și funcționale ale clădirilor cu suprafață extinsă ajungând până la 200000 m<sup>2</sup> și cu destinații multiple și diverse (spații comerciale, de alimentație publică, spații de învățământ și sănătate, spații tehnice, parcaje subterane și supraterane, etc.) am propus introducerea și încadrarea în reglementările tehnice românești privind securitatea la incendiu a **conceptului de „clădire multifuncțională”**.

Studiul de față pornește de la prezentarea și încadrarea unor elemente specifice securității la incendiu a clădirilor multifuncționale (cadru legislativ European, cadru legislativ național, definirea și încadrarea riscului la incendiu și aprecierea lui în funcție de particularitățile arhitectonice și de construcție), accentuează anumite particularități ale incendiilor în clădiri multifuncționale de la factori favorizanți la posibilități de realizare a stingerii efective și până la elemente de prevenire și combatere a efectelor individuale și colective distructive asupra vieții, bunurilor și mediului.

Urmează apoi o detaliere a comportării și conformării la foc a clădirilor multifuncționale fiind abordate aspecte privind materialele specifice construcțiilor multifuncționale, caracteristici ale proceselor de ardere, ale propagării arderilor urmate de prezentarea sistemelor de detecție și semnalizare, a sistemelor de evacuare a fumului și gazelor fierbinți.

Dimensionarea și funcționarea optimizată a instalațiilor de stingere reprezintă unul din aspectele de bază și cuprinde o prezentare exhaustivă a substanțelor și instalațiilor de stingere a incendiilor în cadrul analizelor pe studii de caz.

O cerință de bază o reprezintă abordarea unitară a securității la incendiu în cadrul căreia am propus **5 criterii de clasificare** a clădirilor incluzând și clădirile multifuncționale, urmând ca acestea să fie introduse în viitoarele reglementări tehnice privind securitatea la incendiu. Criteriile sunt reprezentate de:

1. materialele de construcții utilizate;
2. volumul și regimul de înălțime;

3. destinația construcției;
4. riscul de incendiu.

Am analizat factorii specifici subiectivi și obiectivi care favorizează aprinderea, dezvoltarea și propagarea incendiilor în clădirile multifuncționale și am analizat cele 15 tipuri de surse de aprindere cu care operează pompierii români la completarea rapoartelor de intervenție. Bazându-mă pe experiența practică apreciez această tipologie ca fiind greoaie și excesiv de analitică, ea putând fi substituită cu **o tipologie mai simplă** în care diversitatea mare a surselor de aprindere să fie compactată în categorii mai largi. Este necesară de asemenea încadrarea în structurile pompierilor profesioniști a unui **personal specializat cu atestare de experți în cercetarea și stabilirea cauzelor de incendiu și a surselor de aprindere**.

Am accentuat asupra efectelor psihologice ale declanșării unui incendiu într-o clădire multifuncțională – una dintre consecințele cele mai grave constituind-o **apariția și instaurarea panicii** care conduce la o comportare necontrolată în masă decisivă pentru creșterea numărului de victime în raport cu cele propriu-zis provocate de incendiu. Reducerea consecințelor negative se poate obține printr-o serie de măsuri de la instruirea generală teoretică și practică a populației, instruirea la locul de muncă pe grupe de personal cu creșterea conștientizării individuale și de grup și până la necesitatea realizării unor publicații cu tematică dedicată pentru învățământul de toate gradele și pregătirea unor sisteme de intervenție bazate pe voluntariat pentru situații de urgență.

Am subliniat necesitatea selecționării și pregătirii adecvate fizice și psihice a echipelor de pompieri profesioniști ca și a dotării clădirilor multifuncționale cu instalații adecvate de stingere cu apă sau cu substanțe speciale a incendiilor. Am prezentat noul sistem de clasificare unitar pentru țările membre UE a materialelor pentru construcții în cele 7 clase în funcție de comportarea și reacția la foc A1, A2, B, C, D, E, F, iar a claselor A2, B, C, D și F în 3 subclase în raport cu 9 criterii în ideea facilitării stabilirii măsurilor de securitate la incendiu.

Am studiat posibilitățile de funcționare în clădirile multifuncționale a instalațiilor de supraveghere, detecție, semnalizare și alarmare într-un sistem integrat de detecție a incendiilor în faza de inițiere și avertizare/alertare a echipelor de intervenție subliniind necesitatea existenței unor conexiuni directe între centrala de detecție și semnalizare a incendiilor în clădiri multifuncționale și dispeceratul unic pentru apeluri în situații de urgență.

Am realizat o **analiză pe studiu de caz privind evacuarea fumului și a gazelor fierbinți** într-o clădire de gradul II rezistență la foc, S+P+6E destinată spațiilor comerciale, activității administrative și serviciilor - structurată pe 2 compartimente de incendiu, stabilind și dimensionând 2 sisteme de desfumare.

Un subcapitol distinct al tezei îl reprezintă **analiza comparativă pe studii de caz privind optimizarea în proiectare și execuție a instalațiilor de stins incendii cu sprinklere**.

Am tras astfel concluzia și din acest tip de analiză că este absolut necesară armonizarea cadrului normativ românesc cu cel european și american, menționând că în practică se realizează deja instalații urmând aceste reglementări tehnice.

Am realizat, de asemenea, 2 studii de caz (fără/cu trape) pentru evacuarea fumului într-o clădire multifuncțională utilizând modelarea matematică bazată pe modelul hidrodinamic elaborat și perfecționat de Rehm Baum și Mc Grattan cu ajutorul programelor de calcul FDS (Free Dynamics Simulator) elaborat de NIST (National Institute of Standards and Technology), S.U.A.

Din analiza și corelarea datelor expuse se conturează ca **direcții de cercetare ulterioară**:

- elaborarea unor norme tehnice pentru proiectarea, execuția și exploatarea sistemelor de prevenire și combatere a incendiilor în clădiri multifuncționale;
- aplicații cu simularea incendiilor în spații populate;
- urmărirea funcționării coordonate a sistemelor de evacuare a fumului;
- optimizarea funcționării integrate a trapelor și sistemelor de ventilare în caz de incendii în clădirile multifuncționale.

# Capitolul 1. ELEMENTELE SPECIFICE SECURITĂȚII LA INCENDIU A CLĂDIRILOR MULTIFUNCȚIONALE

## 1.1. Reglementări tehnice specifice privind securitatea la incendiu a clădirilor multifuncționale

### 1.1.1. Noțiuni generale

Ritmul dezvoltării vieții economico-sociale, constituirea marilor aglomerații urbane, descoperirile tehnico-științifice și condițiile vieții moderne, au determinat creșterea gradului de diversificare și complexitate al clădirilor, menite a răspunde în mai mare măsură exigențelor asupra conceptului de realizare a construcțiilor potrivit cerințelor de performanță, confort și eficiență practică ale utilizatorilor.

În același context, nu este lipsită de importanță, amprenta pe care și-o pun spiritul vremii, tradiția, integrarea în ansamblul arhitectonic și nu în ultimul rând asupra conceptului/realizării construcțiilor, în consens cu tendințele existente pe plan mondial.

Diversificarea materialelor de construcții, înlocuirea materialelor tradiționale – lemnul, piatra și ceramica – iar mai târziu betonul cu metalul și sticla, adoptarea unei structuri și arhitecturi moderne de natură să sporească gradul de confort nu trebuie să afecteze „securitatea la incendiu” a construcțiilor și implicit să pună în pericol viața, securitatea, integritatea fizică și psihică a utilizatorilor.

Valori fundamentale și universale ale „drepturilor omului” – dreptul la viață, securitatea și integritatea fizică și psihică – au reprezentat o preocupare importantă a filozofilor, juriștilor și altor gânditori, precum și a instituțiilor statale de-a lungul istoriei omenirii, regăsindu-se atât în dreptul cutumiar cât și în dreptul modern.

Principiile fundamentale care stau la baza legilor moderne ale drepturilor omului au existat pe parcursul întregii istorii dar, abia în prima jumătate a secolului al XX-lea, prin adoptarea de către O.N.U. în anul 1948 a „**Declarației universale a drepturilor omului**” a realizat necesitatea dezvoltării unor standarde minime, de către fiecare stat, pentru tratamentul și protecția cetățenilor săi.

Dreptul oricărei ființe umane la viață, libertate și securitate este proclamat în articolul 3 al „Declarației universale a drepturilor omului”.

Aceste drepturi sunt reiterate și în articolele 6.1 și 9.1 ale Pactului internațional cu privire la drepturile politice și civile din Carta internațională a drepturilor omului potrivit căroră: articolul 6.1 „Dreptul la viață este inerent persoanei umane. Acest drept trebuie ocrotit prin lege. Nimeni nu poate fi privat de viața sa în mod arbitrar.”, respectiv articolul 9.1 „Orice individ are dreptul la libertatea și securitatea persoanei sale”.

Dreptul la viață este supremul drept al omului, deoarece fără garanțiile efective pentru acesta, toate celelalte drepturi ale omului sunt lipsite de sens.

Este important de reținut faptul că drepturile omului sunt protejate prin constituțiile și legile interne ale celor mai multe din țările lumii.

Constituția României precizează, în art. 22, alin (1): „Dreptul la viață, precum și *dreptul la integritatea fizică și psihică ale persoanei sunt garantate*”, iar în art. 23 alin (1): „*Libertatea individuală și siguranța persoanei sunt inviolabile*”. [60]

În spiritul acestei legi fundamentale, în permanență și pretutindeni trebuie avut în vedere protecția și siguranța persoanei, indiferent de natura activității pe care aceasta o desfășoară, impunându-se astfel necesitatea existenței unui sistem de norme legislative puse în slujba acestor garanții.

Securitatea la foc a construcțiilor și instalațiilor se înscrie în complexul general al măsurilor întreprinse pentru protecția vieții, securității, integrității fizice și psihice a persoanei.

### 1.1.2. Securitatea la incendiu în reglementările tehnice europene și românești

Cerințele siguranței, funcțiunii, sănătății omului/personalului, fabricării și montajului produselor și sistemelor se bucură de o atenție mare în normele europene.

Fiecare produs sau tip de construcție care corespunde normelor sau reglementărilor tehnice europene armonizate va fi marcat cu sigla Comunității Europene (CE).

Normele Naționale ale fiecărui stat membru și candidat vor fi armonizate cu cele europene, iar produsele corespunzătoare acestora primesc sigla CE și vor putea pătrunde pe piața europeană.

Obiectivele de bază ale protecției la foc în domeniul construcțiilor trebuie să corespundă exigențelor referitoare la siguranță, funcționalitate, sănătate și execuție. [53]

Directiva Consiliului Uniunii Europene CE89/106 CEE din 1998 stabilește 6 cerințe esențiale pe care trebuie să le îndeplinească produsele pentru construcții (figura 1.1).

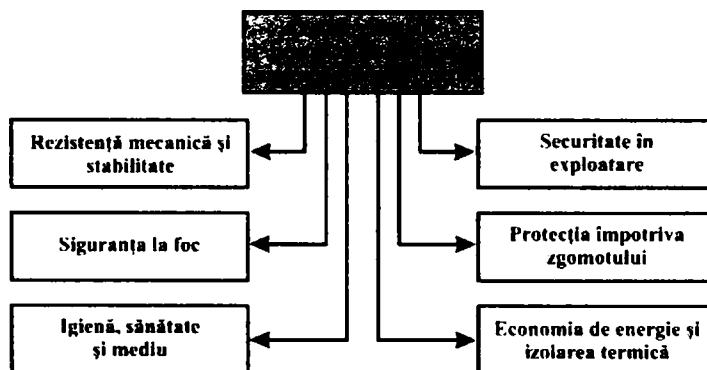


Figura 1.1. Produse pentru construcții – direcții UE

Se poate observa că cerința privind securitatea la incendiu se situează pe locul al doilea ca importanță, în domeniul calității produselor pentru construcții; și celelalte exigențe reprezintă puncte de plecare pentru normele europene și reglementările tehnice europene armonizate.

Modalitățile de aplicare a Directivei 89/106/CEE referitoare la produsele pentru construcții au fost ulterior stabilite prin Decizii ale Comisiei Europene

referitoare la **sistemul de euroclase privind cerința de securitate la incendiu** și condițiile de clasificare a produselor pentru construcții din punct de vedere al comportării și reacției la foc (cu relevanță în evaluarea conformității pentru libera circulație a produselor în țările CE) și anume:

- Decizia Comisiei nr. 96/603/CE din 04 oct. 1996 privind stabilirea listei produselor încadrate în clasa A (fără contribuție la foc);
- Decizia Comisiei nr. 00/147/CE din 08 feb. 2000 referitoare la clasificarea performanțelor de reacție la foc ale produselor pentru construcții;
- Decizia Comisiei nr. 00/367/CE din 03 mai 2000 cu privire la clasificarea performanțelor de rezistență la foc ale produselor pentru construcții;
- Decizia Comisiei nr. 00/553/CE din 06 sept. 2000 cu privire la performanțele la incendiu din exterior ale învelitorilor de acoperiș;
- Decizia Comisiei nr. 00/605/CE din 26 sept. 2000 de modificare a Deciziei Comisiei nr. 96/603/CE.

Și în legislația românească – Legea 10/1995 privind calitatea în construcții, art.5 – se regăsesc cele șase cerințe esențiale în care securitatea la incendiu se situează pe locul trei în ordinea cronologică a importanței (figura 1.2).

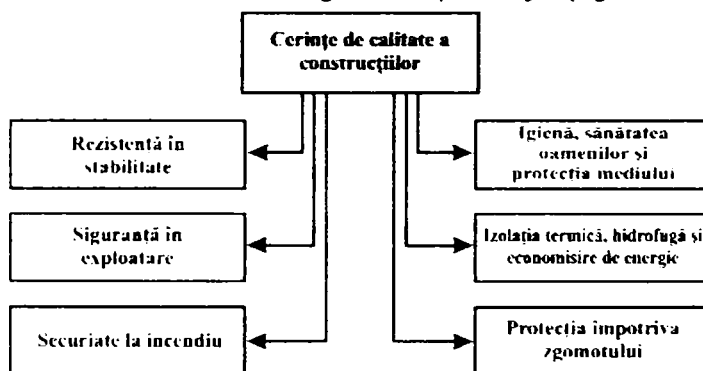


Figura 1.2 Cerințe de calitate pe durata existenței construcțiilor conform Legii 10/1995 privind calitatea în construcții

Hotărârea Guvernului nr. 622 din 21 aprilie 2004 privind stabilirea condițiilor de introducere pe piață a produselor pentru construcții realizează armonizarea Normelor Naționale cu cele ale Uniunii Europene asigurând înlăturarea barierelor comerciale și respectarea exigențelor de calitate.

Protecția la foc trebuie să fie menținută în cadrul clasei de rezistență la foc împiedicând propagarea incendiului în interior, în exterior la construcțiile învecinate, asigurarea căilor de intervenție și salvare a utilizatorilor.

Aceleași cerințe esențiale sunt reluate în Anexa nr. 1 a Hotărârii Guvernului nr. 622 din 21 aprilie 2004 privind stabilirea condițiilor de introducere pe piață a produselor pentru construcții. Cerințele trebuie, în condițiile unei mentenanțe normale, să fie satisfăcute de-a lungul unei durate de viață rezonabile din punct de vedere economic.

Din acest punct de vedere construcțiile trebuie să fie proiectate și executate astfel încât să satisfacă cerința de securitate la incendiu (figura 1.3).

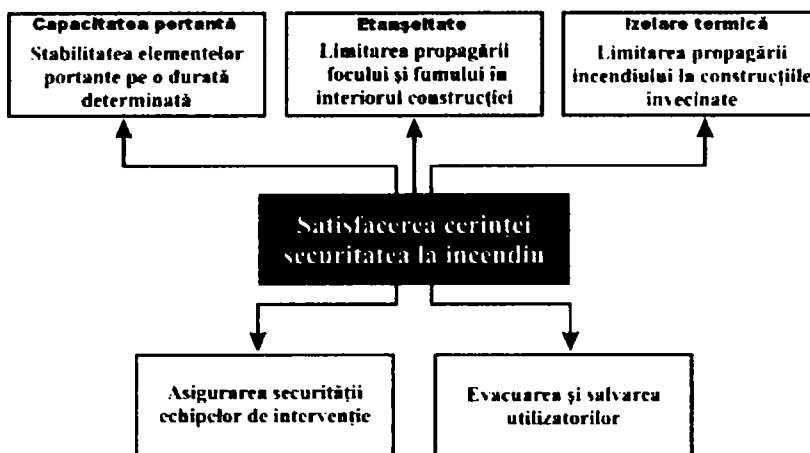


Figura 1.3 Securitatea la incendiu

În acest context, Legea 307 din 2006 privind apărarea împotriva incendiilor, stipulează că *apărarea împotriva incendiilor reprezintă ansamblul integrat de activități specifice, măsuri și sarcini organizatorice, tehnice, operative, cu caracter umanitar și de informare publică, planificate, organizate și realizate potrivit legii, în scopul prevenirii și reducerii riscurilor de producere a incendiilor și asigurarea intervenției operative în vederea salvării, evacuării și protejării persoanelor periclitare, protejării bunurilor, limitării și stingerii incendiilor.*

**Regulamentul privind clasificarea și încadrarea produselor pentru construcții pe baza performanțelor de comportare la foc** aprobat prin ordinul comun al Ministerului Lucrărilor Publice, Transporturilor și Locuinței, nr. 163/31.01.2003, Ministerului de Interne nr. 399/26.02.2003, Ministerul Industriilor și Resurselor nr. 90/09.02.2003 și Ministerul Administrației Publice nr. 1458/03.03.2003 a preluat toate reglementările Comisiei Europene privind încadrarea materialelor de construcții în sistemul de euroclase pentru îndeplinirea cerinței de securitate la incendiu.

Prevederile „regulamentului” respectiv ale deciziilor CE au fost preluate identic și în următoarele reglementări emise de Ministerul Lucrărilor Publice Transporturilor și Locuinței:

- Metodologia pentru încadrarea produselor pentru construcții pe baza performanțelor de comportare la foc;
- Ghid privind clasificarea produselor pentru construcții pe baza performanțelor de comportare la foc;
- Metodologie privind stabilirea produselor pentru construcții și a produselor pentru învelitori de acoperiș care nu necesită încercări la foc.

La momentul actual se desfășoară un proces amplu și rapid al reformei reglementărilor în domeniul apărării împotriva incendiilor, regăsindu-se o mare diversificare a categoriilor de astfel de reglementări: legi, decrete, ordonanțe, hotărâri de guvern, ordine ale unor ministere, regulamente, ordine și dispoziții ale Inspectoratului General pentru Situații de Urgență, norme specifice de prevenire, norme tehnice, norme de proiectare, decizii, ghiduri, fișe tehnologice, instrucțiuni, îndreptare, îndrumătoare, manuale, prescripții tehnice, proceduri, regulamente, specificații tehnice, normative, STAS-uri, SR-uri, SR EN-uri, SR CEI-uri, SR EN ISO-uri etc., conform structurării din figura 1.4:

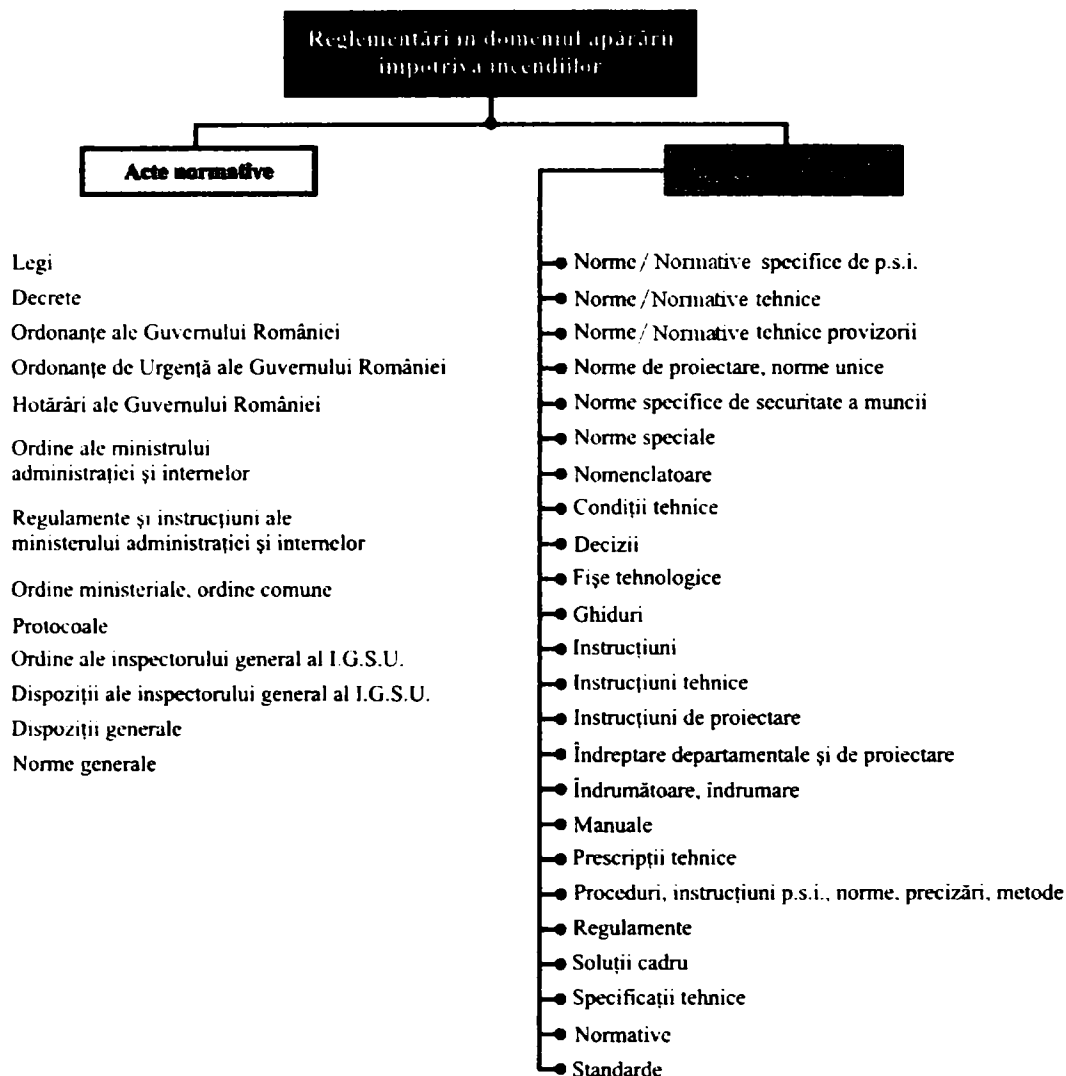


Figura 1.4 Reglementări în domeniul apărării împotriva incendiilor

### 1.1.3. Riscul de incendiu în clădirile multifuncționale

În clădirile multifuncționale riscul de incendiu este determinat de:

- suprafața mare construită și desfășurată (de ordinul zecilor de mii de metri pătrați), ceea ce presupune constituirea mai multor compartimente de incendiu;
- diversitatea mare a destinațiilor (spații de comerț, alimentație publică, librării, spații de joacă pentru copii, cluburi, discoteci, săli de sport, săli de spectacole, săli de conferințe, birouri administrative, parcuri, spații tehnice și auxiliare etc.);
- cantitatea mare de materiale combustibile cu valori ridicate ale densității sarcinii termice, de regulă situată între 420 și 810 MJ/m<sup>2</sup>, ceea ce conferă spațiilor un risc mare și foarte mare de incendiu;
- numărul mare de utilizatori;
- distanțele mari ce trebuie parcurse pe căile de evacuare;



- existența unui public eterogen (copii, femei gravide, bătrâni, persoane cu dizabilități);
- suprafețele libere mari care favorizează dezvoltarea și propagarea incendiului;
- existența instalațiilor și echipamentelor utilitare care pot constitui surse de aprindere sau căi de propagare a incendiului (instalații electrice, instalații de ventilație, de climatizare, de alimentare cu gaze, ghene, tubulaturi, estacade, canale tehnologice);

Caracteristic pentru clădirile multifuncționale este concentrarea de valori importante în spații relativ reduse, existența unor magazine de mână foarte aglomerate, depozitarea mărfurilor în vrac sau pe rafturi confecționate din materiale combustibile sau rafturi metalice.

Existența materialelor plastice în cantități foarte mari precum și a materialelor sintetice (fibre poliamidice și nitriloacrilice) favorizează dezvoltarea rapidă și propagarea incendiului cu degajări mari de fum și gaze toxice.

Compartimentele realizate doar pentru separarea gestiunilor, fără rol de protecție la foc, pot favoriza propagarea incendiului la nivelul întregului compartiment de incendiu, iar existența deschiderilor foarte mari și a atriumurilor constituie condiții pentru realizarea schimbului de gaze, inundarea cu fum și gaze toxice a întregii incinte fapt ce îngreunează evacuarea persoanelor.

Afluxul mare de utilizatori precum și dinamica acestora face imposibilă cunoașterea/familiarizarea cu arhitectonica clădirii și identificarea căilor de evacuare în caz de incendiu, având în vedere faptul că în mod curent deplasările de la un etaj la altul se realizează cu ajutorul scărilor rulante care sunt blocate sau scoase din funcțiune în caz de incendiu.

Specificul clădirilor multifuncționale face posibilă apariția panicii care poate avea urmări catastrofale chiar și în cazul în care incendiul are proporții reduse. Densitatea vizitatorilor de la care panica prezintă pericol la evacuare a persoanelor din clădiri este de ordinul a  $0,28 \text{ m}^2/\text{om}_{[4]}$ , fenomen ce poate fi întâlnit la aglomerările de persoane în fața ieșirilor de la etaje precum și stagnări ale mișcărilor în casele de scări atunci când se încrucișează fluxuri de persoane pe căile de evacuare.

Activitățile desfășurate de om, indiferent de natura acestora, sunt însoțite de anumite riscuri care, atunci când sunt întrunite anumite condiții favorizante, se pot produce cu o probabilitate mai mare sau mai mică.

Noțiunea de risc implică potențiale pierderi care pot fi umane, materiale, spirituale, de mediu sau toate la un loc.

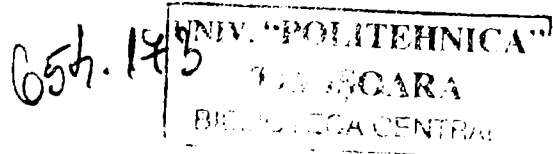
Expresia de calcul a riscului este reprezentată de produsul dintre probabilitatea de producere a unui eveniment și consecințele, efectele acestuia conform relației:

$$R = P_e \cdot C_r \quad (1.1)$$

în care:

- $R$  reprezintă riscul;
- $P_e$  - probabilitatea de producere a evenimentului;
- $C_r$  - consecințele/efectele post risc.

În limbajul uzual, în mod frecvent, noțiunea de risc este utilizată sinonim cu cea de pericol. Spre exemplu pericolului de incendiu într-o clădire cu aglomerări de persoane sau o sală aglomerată îi poate fi asociat riscul de pierderi de vieți omenești, accidente, intoxicații etc. pentru utilizatori, personal de deservire, echipe de salvatori.



O analiză pertinentă a cerinței esențiale „securitate la incendiu” trebuie să pornească de la riscurile și efectele incendiilor în construcții și instalații. În publicații de specialitate, se regăsesc următoarele definiții ale *riscului de incendiu*:

1. „criteriul de performanță care reprezintă conexiunea dintre probabilitatea globală de izbucnire a incendiilor, determinată de interacțiunea proprietăților specifice materialelor și substanțelor combustibile cu sursele potențiale de aprindere, în anumite împrejurări, în același timp și spațiu, și consecințele producerii acestora”. [44]

2. „criteriul de performanță care reprezintă probabilitatea globală de izbucnire a incendiilor, determinată de interacțiunea proprietăților specifice materialelor și substanțelor combustibile cu sursele potențiale de aprindere, în anumite împrejurări, în același timp și spațiu”. [70]

3. „probabilitate de inițiere a unui incendiu; admite sinonimele: risc de inițiere a unui incendiu; risc de apariție a unui incendiu; risc la incendiu; risc de izbucnire a unui incendiu”. [29]

4. „probabilitatea de inițiere a unui incendiu”. [73], [75]

5. „probabilitatea izbucnirii incendiilor în spații, încăperi, construcții sau compartimente de incendiu ori instalații; în cele cu funcțiuni civile (publice) se exprimă prin <<**riscuri de incendiu**>>, iar în cele destinate activităților de producție și/sau de depozitare se exprimă prin <<**categoriile de pericol de incendiu**>>”. [67]

6. „produsul dintre probabilitatea de inițiere a unui incendiu într-un proces tehnologic sau într-o situație tehnică date, și importanța estimată a pagubelor sau a consecințelor lor la apariția incendiului” după SR EN ISO 13943/2002, Siguranța la foc, Vocabular. [74]

7. „stare exprimată prin relația de interdependență între probabilitatea globală de inițiere a unui incendiu și gravitatea consecințelor evenimentului respectiv; de regulă, relația este exprimată prin produsul celor 2 parametri”. [71]

8. „o amenințare implicând o pierdere potențială (interactivă) rezultată ca efect al produsului între probabilitatea producerii unui incendiu (eveniment) și gravitatea (severitatea) consecințelor acestuia”. [57]

**9. Definiția proprie: Riscul de incendiu reprezintă probabilitatea virtuală de izbucnire a unui incendiu determinat de condiții spațio-temporale și împrejurări favorizante.**

Riscul de incendiu poate fi cuantificat prin raportul dintre produsul elementelor de pericol și produsul măsurilor de siguranță sau, altfel spus, gradul de risc este invers proporțional cu gradul măsurilor de securitate.

$$R_i = \frac{E_p}{M_S} \quad (1.2)$$

unde:

-  $E_p$  este produsul elementelor de pericol;

-  $M_S$  - produsul măsurilor de siguranță,

$$M_S = \sum_1^n M_{S_i} \quad (1.3)$$

în care  $M_{S_i}$  reprezintă măsura de siguranță concretă (de exemplu: eficiența instalațiilor de prevenire și stingere a incendiilor, tipul acestora etc.).

Orice sistem (construcții, instalații, amenajări) se poate caracteriza prin **niveluri de securitate** dar și prin **niveluri de risc** ca indicatori cantitativi de stare.

Dacă definim securitatea ca o funcție de risc:

$$S_j = f(R) = \frac{a}{R}, \quad a = \text{const.} > 0 \quad (1.4)$$

rezultă că un sistem va fi cu atât mai sigur cu cât nivelul de risc va fi mai mic, adică:

$$R \rightarrow 0 \Rightarrow S \rightarrow \infty \text{ sau } R \rightarrow \infty \Rightarrow S \rightarrow 0. \quad (1.5)$$

deci nivelul de securitate maxim corespunde nivelului de risc minim și reciproc, ca în graficul din figura 1.5:

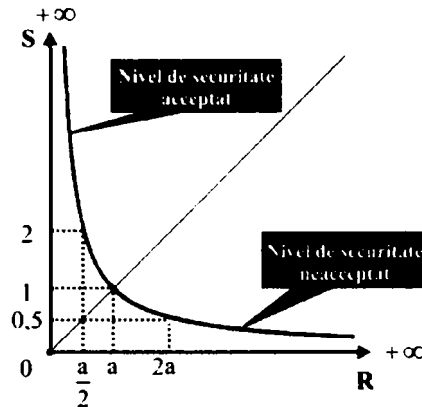


Figura 1.5 Nivele de securitate,  $S = f(R)$

În activitatea practică, nivelurile de risc minim și maxim reprezintă elemente ale analizei economice a investiției și se cuantifică în marje sau domenii de risc.

*Riscul acceptat* reprezintă riscul al cărui nivel maxim nu depășește nivelul maxim stabilit prin normativele de proiectare, executare și exploatare a construcțiilor și instalațiilor sau prin hotărâri ale consiliilor de administrație în baza unor expertize tehnice elaborate de specialiști în raport cu consecințele potențiale.

Riscul de incendiu efectiv  $R_{ief}$  trebuie să fie mai mic sau cel mult egal cu riscul de incendiu acceptat  $R_a$ .

$$R_{ief} \leq R_a \quad (1.6)$$

*Riscul inacceptabil* reprezintă riscul al cărui nivel depășește nivelurile maxime prevăzute de actele normative sau expertize tehnice.

În practică există situații când astfel de riscuri sunt asumate (acceptate) pentru anumite activități sau procese, din considerente de importanță socială, economică sau strategice (centrale nucleare-electrice, unități din industria mineritului, producția și transportul substanțelor chimice, periculoase etc.).

Conform P 118 - *Normativ de siguranță la foc a construcțiilor* - nivelurile riscului de incendiu sunt:<sup>[67]</sup>

a) **risc foarte ridicat (foarte mare)** de incendiu, asociat pericolului de explozie;

b) **risc ridicat (mare)** de incendiu (densitatea sarcinii termice  $> 840 \text{ MJ/m}^2$ , spații pentru arhive, biblioteci, multiplicare, garaje/parcări pentru autoturisme etc.);

c) **risc mediu (mijlociu)** de incendiu, (densitatea sarcinii termice se situează între  $420 - 840 \text{ MJ/m}^2$ , spații destinate centralelor termice, bucătării, officii pentru prepararea hranei);

d) **risc redus (mic)** de incendiu (densitatea sarcinii termice se situează sub  $420 \text{ MJ/m}^2$ ).

Riscul de incendiu la clădirile multifuncționale este determinat de: [8]

- suprafața mare construită și desfășurată precum și de diversitatea destinațiilor;
- sarcina termică mare provenită atât din combustibilitatea materialelor din construcții și instalații, amenajări și finisaje cât și din existența unor cantități însemnate de materiale combustibile cu caracteristici diferite în spații de comerț, producție sau depozitare;
- depozitarea necorespunzătoare a materialelor combustibile;
- existența unor surse posibile de aprindere: aparatură pentru prepararea hranei, aparate de proiecție, rețea de calculatoare, fumatul sau folosirea focului deschis fără respectarea normelor, folosirea unor consumatori electrici peste puterea instalată, care pot da naștere la scurtcircuit electric;
- nerespectarea normelor la executarea unor lucrări de sudură cu arc electric sau flacără oxiacetilenică;
- existența unui mare număr de oameni în interiorul clădirii și pe căile de evacuare.

Pericolul potențial de incendiu,  $P_{pi}$ , la clădirile multifuncționale se determină în funcție de factorii de risc generați de substanțele și materialele utilizate,  $P_1$ , precum și de factorii de risc rezultați din concepția și geometria construcției,  $P_2$ , cu relația:

$$P_{pi} = P_1 + P_2 \quad (1.7)$$

în care:

- $P_1$  este produsul factorilor variabili de incendiu;
- $P_2$  - produsul factorilor de risc generați de concepția și geometria

construcției.

**a)** factorii variabili de incendiu sunt dați de:

- densitatea sarcinii termice -  $q$ ;
- reacția la foc a materialelor combustibile din compartimentul de incendiu -  $r$ ;
- pericolul generat de emisiile de fum -  $f$ ;
- pericolul de toxicitate al produselor de ardere -  $t$ .

**b)** factorii de risc generați de concepția și geometria construcției:

- înălțimea construcției, compartimentului de incendiu, încăperilor -  $h$ ;
- mărimea compartimentului de incendiu -  $s$ ;
- comportarea la foc a elementelor de construcție -  $c$ .

Produsul măsurilor de securitate la incendiu se determină cu relația

$$M_S = M_P \cdot M_a \cdot A \cdot I \quad (1.8)$$

în care:

- $M_P$  - măsurile constructive de siguranță la foc (măsuri de protecție pasivă);
- $M_a$  - echiparea construcției cu sisteme și instalații de detectare, semnalizare, alarmare, alertare, evacuarea fumului și produselor de ardere, stingerea incendiilor (măsuri de protecție activă);
- $A$  - acțiunea echipelor de intervenție pe locul de muncă;
- $I$  - operativitatea și eficiența serviciului privat/profesionist de pompieri.

Factorii  $M_p$ ,  $M_a$ ,  $A$ ,  $I$  sunt determinați prin relații de calcul în care intră o serie de coeficienți de cuantificare având valori stabilite experimental.

Riscul asumat<sub>[57]</sub> la clădirile multifuncționale se poate determina prin calcul tehnico-economic de optimizare considerând funcțiile obiectiv ca funcții de cost specific al măsurilor de protecție pasivă și activă împotriva incendiilor  $f_M(R_i)$  și respectiv funcțiile de cost specific al consecințelor/efectelor produse de incendiu  $f_C(R_i)$  în care variabila supusă optimizării este riscul de incendiu  $R_i$ .<sub>[57]</sub>

$$f(R_i) = f_M(R_i) + f_C(R_i) \quad (1.9)$$

în care  $f(R_i)$  este funcția obiectiv de cost total specific care trebuie minimizată.

Calculul se poate efectua analitic sau grafo-analitic.<sub>[57]</sub> Calculul analitic constă în explicitarea funcției obiectiv,  $f(R_i)$  și verificarea condițiilor necesare și suficiente de securitate la incendiu astfel:

$$\frac{\partial f(R_i)}{\partial R_i} = 0 \quad (1.10)$$

$$\frac{\partial^2 f(R_i)}{\partial R_i^2} > 0 \quad (1.11)$$

Condiția necesară permite determinarea valorii optime a riscului asumat de incendiu, pentru care funcția obiectiv admite o valoare minimă:

$$f_{min} = f(R_{i_{optim}}) \quad (1.12)$$

Calculul grafo-analitic constă în însumarea ordonatelor curbelor de variație ale funcțiilor  $f_M(R_i)$  și  $f_C(R_i)$  în dreptul acelorași abscise, obținându-se curba de variație a funcției obiectiv,  $f(R_i)$ , care admite o valoare minimă în punctul de abscisă  $R_{i_{optim}}$ , așa după cum se arată sugestiv în figura 1.6.<sub>[57]</sub>

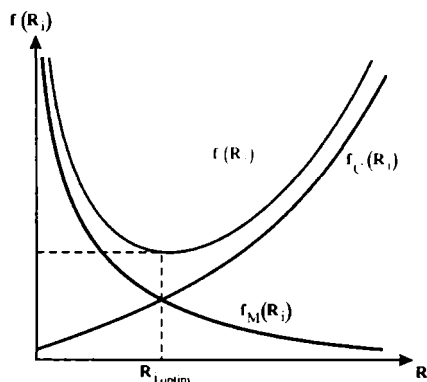


Figura 1.6 Determinarea prin calcul grafo-analitic a riscului optim asumat la clădiri multifuncționale

Calitativ, din figura 1.6, se observă că dacă riscul de incendiu asumat este mic (teoretic  $R_i \rightarrow 0$ ) atunci costurile măsurilor de protecție pasivă și activă împotriva incendiului sunt foarte mari (teoretic  $f_M(R_i) \rightarrow \infty$ ) iar costul consecințelor produse de incendiu vor fi evident mici (teoretic  $f_C(R_i) \rightarrow 0$ ). Din contra, dacă riscul de incendiu asumat este mare (teoretic  $R_i \rightarrow \infty$ ), acesta înseamnă un cost

foarte mic al măsurilor de protecție împotriva incendiului (teoretic  $f_M(R_i) \rightarrow 0$ ) și costuri foarte mari ale consecințelor incendiului (teoretic  $f_C(R_i) \rightarrow \infty$ ).

Studiile asupra riscului, mult intensificate pe plan mondial în ultimii ani, cu impact macrosocial tot mai evident, au impus adoptarea unor criterii obiective care să permită o clasificare a tuturor tipurilor de evenimente (cutremure, inundații, incendii, catastrofe ecologice, accidente industriale ș.a.) pe niveluri de gravitate.

O încercare de acest fel este scala de gravitate a accidentelor industriale, adaptată în Comunitatea Europeană (în 1989) ca bază pentru schimb de informații și date statistice și nu ca instrument de decizie în cazuri speciale.

Astfel, aprecierea gravității unui accident se face pe o scală de la 1 la 6, în funcție de valoarea unor parametri obiectivi legați fie de cauzele și consecințele directe ale accidentului (natura și cantitatea substanțelor implicate, pagube aduse persoanelor, mediului, bunurilor), fie de reacția la eveniment (numărul salvatorilor utilizați, numărul persoanelor evacuate ș.a.).

Indicele de gravitate **IG** al unui accident este definit printr-un ansamblu de 3 parametri: [20]

- **D** - pericol potențial;
- **C** - consecințe reale;
- **M** - mijloace de intervenție folosite.

Valoarea fiecăruia din acești parametri variază de la 1 la 6, asigurând coerența cu scala accidentelor nucleare (**1** - incident; **2** - accident notabil; **3** - accident important; **4** - accident grav; **5** - accident foarte grav; **6** - catastrofă).

Parametrul **D** caracterizează fie cantitatea de produse care a reacționat (inclusiv interacțiunea prin deversare de lichide sau scurgere accidentală de gaze în atmosferă) sau care ar fi putut reacționa; ca urmare, din valoarea lui **D** se scade o valoare **d** - care variază de la **d = 0**, dacă accidentul s-a produs și cantitatea de produse care a reacționat nu a fost limitată de măsurile de prevenire sau intervenție, la **d = 3**, dacă aceste mijloace au funcționat eficient (dectecție, stingere automată, de siguranță ș.a.).

Valoarea lui **D** rezultă din compararea cantității de produs implicată în accident cu cantitățile limită impuse de Directiva 82/501/1982 a C.E.E. cu privire la riscurile de accidente majore ale anumitor activități industriale (*Directiva SEVESO*). Directiva prevede regimul general aplicabil tuturor instalațiilor și un regim special, mai strict pentru instalații cu risc mai mare. Directiva include, în anexe, liste cu produsele periculoase (toxice, inflamabile, explozive, cancerigene, teratogene - care provoacă malformații), depozitate sau utilizate în procese industriale și cantitățile limită a căror depășire trebuie notificată, inclusiv în procedura de acordare a autorizațiilor de funcționare.

**Variația parametrului D**

**Tabelul 1.1**

Cantitatea de produs	D					
	D = 1	D = 2	D = 3	D = 4	D = 5	D = 6
În procente din limita Directivei SEVESO	<0,1%	0,1-1%	1-10%	10-100%	1-10 ori limita	de peste 10 ori mai mare decât limita
În echivalent TNT pentru explozivi	<0,1 t	0,1-1 t	1-5 t	5-50 t	50-500 t	>500 t

Parametrul **C**, reprezentând consecințele, este stabilit funcție de criterii intuitive folosite atât de experți, cât și de opinia publică în aprecierea unui eveniment.

**Variația parametrului C****Tabelul 1.2**

Consecințe	C					
	C = 1	C = 2	C = 3	C = 4	C = 5	C = 6
Număr de morți	-	-	1-5	5-20	20-50	>50
Număr răniți	-	1-10	10-50	50-200	200-500	>500
Mortalitate animale fermă sau domestice (t)	0,1-0,5	0,5-2	2-10	10-50	50-250	>250
Mortalitate pești apă dulce	0,1-0,5	0,5-5	5-20	20-100	100-500	>500
Suprafață contaminată	-	1-10 ha	10-100 ha	1-5 km <sup>2</sup>	5-50 km <sup>2</sup>	>50 km <sup>2</sup>
Pagube aduse bunurilor sau mediului - milioane FF sau (milioane ECU)	-	0,1-1 (0,015-0,15)	1-10 (0,15-1,5)	10-100 (1,5-15)	100-1000 (15-150)	>1000 (>150)
Număr de locuințe distruse	-	-	1-10	10-100	100-500	>500

Parametrul **M** se stabilește funcție de mijloacele implicate în operațiunile de intervenție și salvare (medici, pompieri, polițiști, formațiuni de apărare civilă ș.a.).

**Variația parametrului M****Tabelul 1.3**

Mijloace de intervenție	M					
	M = 1	M = 2	M = 3	M = 4	M = 5	M = 6
Număr salvatori	1-50	50-100	100-1000	1000-5000	5000-7500	>7500
Număr salvatori mobilizați	1-10	10-100	100-5000	5000-50.000	50.000-500.000	>500.000
Număr persoane imobilizate în case peste 2 h	1-100	100-1000	1000-50.000	50.000-200.000	200.000-500.000	>500.000

Caracterizarea gravității accidentului se face prin combinarea tuturor acestor parametri nereușindu-se definirea unui indice global bazat pe o singură cifră.

$$IG = (D - d, C, M) \quad (1.13)$$

Includerea incendiilor în scala gravității permite compararea cu alte evenimente negative. În cazul incendiilor intervin anumite particularități:

➤ cantitățile de produse implicate sunt comparativ mai reduse, în special în primele faze ale incendiului (de regulă  $D < 3$ ), pagubele și consecințele indirecte fiind însă deseori importante;

➤ măsurile de prevenire și primă intervenție (compartimentări antifoc, perdele de apă/abur, instalații de detecție/stingere automate, luminatoare etc.) sunt practic obligatorii și generalizate și, de regulă, corespunzător proiectate și aplicate, în consecință factorul  $d \neq 0$  ( $d = 2; 3$ );

➤ cu excepția incendiilor de suprafață sau furtunelor de foc (întâlnite în al doilea război mondial), suprafața implicată nu are valori mari, pompierii reușind să localizeze operativ incendiul;

➤ tehnica utilizată (autospeciale, tunuri cu apă/spumă, produse eficiente de stingere ș.a.) și pregătirea profesională specifică permit utilizarea de forțe comparativ reduse pentru stingerea incendiilor ( $M < 3$ );

➤ fenomenele ce însoțesc incendiul (propagarea rapidă a fumului, deseori foarte toxic, radiația calorică ș.a.), structurile constructive care uneori izolează oamenii produc însă în multe cazuri un număr mare de decese ( $C = 3; 4$ ), chiar în incendii fără amploare deosebită.

Excepție de la aceste particularități fac incendiile de platforme marine, care au consecințe grave: poluare cu mari cantități de petrol pe suprafețe întinse, număr mare de victime, pagube importante, condiții foarte grele de stingere, necesitând mobilizarea unor mijloace importante.

În ultimii ani, incendiile de păduri distrug suprafețe mari cu impact negativ asupra unor zone întinse.

Pentru caracterizarea situațiilor de incendii în masă în țara noastră pompierii propun următoarele niveluri minime de gravitate:

- *Consecințe produse sau iminente ale incendiilor în masă:*
  - persoane decedate: 20;
  - persoane traumatizate (care au suferit un traumatism fizic sau psihic, confirmat medical, ca urmare a efectelor negative ale incendiului în masă): 200;
  - persoane periclitare: 1000;
  - animale moarte: 50 t, amenințate: 250 t;
  - locuințe individuale sau apartamente distruse: 100, amenințate: 500;
  - suprafață cvartal locuințe afectată mai mare de 5 km<sup>2</sup>, amenințată: 50 km<sup>2</sup>;
  - suprafață fond forestier afectată: 100 ha, amenințată: 1000 ha sau front continuu de propagare a flăcării: 2 km;
  - suprafață culturi afectată: 200 ha, amenințată: 2000 ha sau front continuu de propagare a flăcării: 4 km.
- *Riscul aprinderii sau producerii exploziei unor concentrări (sarcini termice de incendiu) ridicate de substanțe sau materiale combustibile periculoase.*
- *Forțe de intervenție concentrate - 200 de persoane din care cel puțin 100 specializate.*

## 1.2. Caracterizarea clădirilor multifuncționale din punctul de vedere al securității la incendiu

Noțiunea de „clădire multifuncțională” este relativ recentă, astfel că nu se regăsește în clasificările enumerate, iar noțiunea de „clădiri cu funcțiuni mixte” cu care operează Normativul de siguranță la foc P 118 - 99, apreciem că nu răspunde gamei extrem de variate a destinațiilor spațiilor din clădirile a căror suprafață desfășurată este de ordinul a zeci de mii de metri pătrați și, doar o evaluare științifică a acestui gen de clădiri este de natură să asigure îndeplinirea cerinței esențiale „securitate la incendiu”.

La proiectarea și executarea construcțiilor multifuncționale, din perspectiva protecției la foc, se are în vedere că acestea prezintă o serie de riscuri specifice determinate, în principal, de:

- suprafața mare construită și desfășurată, de regulă, de mii de metri pătrați;
- marea diversitate a destinației spațiilor (spații de producție, depozitare, comerț, alimentație publică, agrement, cinematografe, săli de spectacole, spații de joacă pentru copii, cluburi, discoteci, săli de sport, birouri administrative, săli de conferințe, parcuri etc.);
- numărul mare de utilizatori și posibilitatea apariției panicii;
- lungimea și numărul căilor de evacuare;
- cantități mari de materiale combustibile prelucrate, depozitate și manipulate, care reprezintă valori ridicate ale sarcinii termice;
- suprafețe libere mari care favorizează dezvoltarea și propagarea incendiului;
- degajări mari de fum și gaze toxice în caz de incendiu;
- existența instalațiilor și echipamentelor utilitare care pot constitui surse de aprindere sau căi de propagare a incendiului (instalații electrice, instalații de alimentare cu gaze și/sau alte materiale combustibile, ghene, tubulaturi și canale tehnologice etc.).

Potrivit prevederilor articolului 37, alineatul 1 din Normele generale de prevenire și stingere a incendiilor aprobate cu ordinul ministerului administrației și internelor numărul 163/2007, proiectarea și executarea construcțiilor, instalațiilor și



altor amenajări trebuie realizată astfel încât în cazul unui incendiu produs în faza de utilizare a acestora, să se asigure îndeplinirea următoarelor cerințe:

- a) estimarea stabilității elementelor portante pentru o perioadă determinată de timp;
- b) limitarea apariției și propagării focului și fumului în interiorul construcției;
- c) limitarea propagării incendiului la vecinătăți;
- d) posibilitatea utilizatorilor de a se evacua în condiții de siguranță sau de a fi salvați prin alte mijloace;
- e) securitatea forțelor de intervenție.

Din această perspectivă proiectarea și executarea clădirilor multifuncționale trebuie să răspundă criteriilor de performanță privind cerința de calitate „securitate la incendiu”, respectiv riscul de incendiu, rezistența la foc, preîntâmpinarea propagării incendiilor, comportarea la foc, stabilitatea la foc, căile de acces, de evacuare și de intervenție.

Proiectarea și executarea construcțiilor multifuncționale se realizează potrivit reglementărilor tehnice românești privind protecția la foc, răspunzând următoarelor cerințe:

- Conformarea la foc prin asigurarea corelării între suprafața construită, gradul de rezistență la foc, numărul de niveluri și persoane maxim admise.
- Separarea corespunzătoare prin elemente antifoc sau de întârziere a propagării focului a diferitelor funcțiuni a clădirii (spațiu de producție, depozitare, comerț, alimentație publică, agrement, săli de spectacole, cluburi, discoteci, săli de sport, anexe tehnice etc.).
- Asigurarea sistemelor sau a dispozitivelor pentru evacuarea fumului și a gazelor fierbinți (evacuarea natural-organizată, evacuare mecanică/desfumare).
- Echiparea cu instalații și sisteme destinate prevenirii și stingerii incendiilor (sisteme și instalații automate pentru detectare, semnalizare, anunțare, alarmare și alertare în caz de incendiu, instalații de stingere, mijloace de primă intervenție și alte echipamente de protecție, salvare și prin ajutor).
- Asigurarea căilor de acces și salvare în caz de incendiu.
- Constituirea serviciului privat pentru situații de urgență conform criteriilor minime de performanță.
- Asigurarea măsurilor de protecție la foc aferente instalațiilor și echipamentelor utilitare (încălzire, electrice, de alimentare cu gaze, ventilare-climatizare etc.).
- Organizarea activității de apărare împotriva incendiilor și instruirea personalului într-o concepție unitară.

### 1.2.1. Criterii de clasificare a clădirilor

Principalul act normativ de proiectare și realizare a construcțiilor și instalațiilor – „*Normativul de siguranță la foc a construcțiilor, indicativ P 118 / 99*” – nu operează o clasificare explicită a construcțiilor și nici nu stabilește criteriile în baza cărora să se realizeze o astfel de clasificare.

Din *conținutul* normativului de siguranță la foc a construcțiilor – P 118/99 – capitolul 4 „*Performanțe specifice unor clădiri civile (publice)*”, capitolul 6 „*Performanțe specifice construcțiilor de producție și/sau depozitare*” și capitolul 8 „*Performanțe specifice construcțiilor cu funcțiuni mixte*” se poate desprinde o clasificare a clădirilor, clasificare pe care însă o considerăm incompletă.

Clasificări ale clădirilor se regăsesc și în alte acte normative; „Normativul pentru proiectarea antiseismică a construcțiilor de locuințe, social-culturale, agrozootehnice și industriale – indicativ P 100 - 92” realizează o clasificare pe clase de importanță a construcțiilor, iar Regulamentul aprobat cu H.G. nr. 776/1997 clasifică construcțiile pe „categorii de importanță”.

Fără a avea pretenția unei clasificări exhaustive și definitive, propunem criteriile de clasificare din figura 1.7:

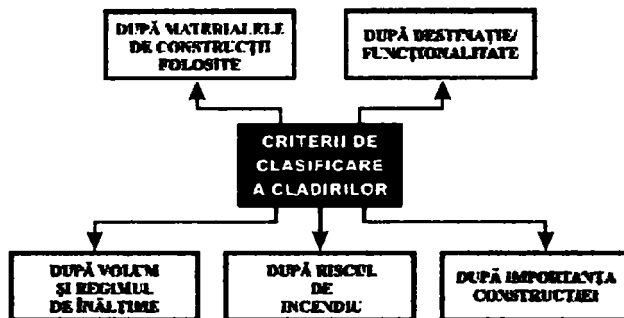


Figura 1.7 Criterii de clasificare a clădirilor

### 1.2.2. În funcție de materialele de construcții folosite

După natura materialelor construcțiile sunt realizate din materiale tradiționale sau din materiale moderne, conform figura 1.8; în practică, în majoritatea cazurilor, construcțiile nu se realizează în exclusivitate numai din materiale tradiționale sau materiale moderne, ci, cel mai adesea, se realizează o combinație între tradițional și modern.

La materialele de bază, fie ele tradiționale sau moderne, se folosesc materiale auxiliare: lianți, materiale de izolare termică, fonică, hidroizolante, lacuri și vopsele etc.

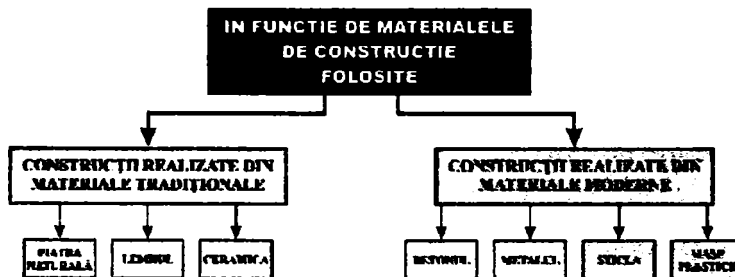


Figura 1.8 Clasificarea construcțiilor după natura materialelor folosite

a) *Construcții realizate din materiale tradiționale:* piatră; lemn; ceramică.

**Piatra naturală:** este un material tradițional de construcție folosit din cele mai vechi timpuri, prin sortare sau prelucrarea materialului extras din carieră, obținându-se piatra brută sub formă de blocuri cu forme cât mai regulate folosite la ziduri de sprijin, fundații, socluri, sau piatra prelucrată, folosită la zidării, lucrări decorative, placaje interioare sau exterioare, pardoseli, scări, bazine, alte elemente structurale.

În funcție de comportarea la foc, piatra naturală se încadrează în clasa C0(CA1) – materiale incombustibile; nu arde, nu întreține arderea și nu favorizează propagarea arderii.

Construcțiile sau părțile din construcție realizate din piatră naturală sunt de gradul I rezistență la foc.

**Lemnul:** material de construcție tradițional, folosit intens și continuu în construcții, atât în structură cât și în finisaje (cu rezultate spectaculoase în România).

În structura construcțiilor se folosește sub formă de bușteni rotunzi, neprelucrați, grinzi fasonate sau cioplite, iar în finisaje lemnul se folosește în principal sub formă de: furnire, placaje, plăci aglomerate, panel, plăci fibrolemnoase, plăci de lemn stratificat, parchete etc.

Elementele prefabricate din lemn, componente structurale, de compartimentare și închidere sunt asamblate în timp scurt oferind o gamă largă de sisteme ale construcțiilor în special cele de locuit.

Sistemele pot fi mixte, în combinații cu alte materiale (ceramică, beton celular, tencuieli etc.) sau elemente constructive (pereți exteriori, pereți interiori, planșee, acoperișuri).

Folosirea lemnului în construcții prezintă avantaje și dezavantaje.

Printre avantaje menționăm:

- rezistența relativ mare; avându-se în vedere raportul dintre rezistența admisibilă sau de calcul și densitatea materialului (lemnul este de 3,5 ÷ 15 ori mai ușor decât oțelul, betonul armat și zidăriile din cărămidă)<sup>[38]</sup> comportare bună la întindere și compresiune;

- prelucrarea ușoară în orice anotimp, cu costuri reduse;
- asamblarea, demontarea, montarea, refacerea și consolidarea construcțiilor din lemn se poate face în timp scurt cu costuri reduse;
- coeficientul de dilatare termică liniară în lungul fibrelor este foarte redus astfel că nu este necesar să se prevadă rosturi de dilatare;
- coeficientul de conductibilitate termică este mult mai redus decât în cazul oțelului, al betonului și chiar al zidăriei de cărămidă.

Dezavantajele constau în:

- cantitatea limitată de material lemnos corelat cu durata mare de timp necesară ajungerii la maturitate pentru exploatare;
- influența negativă a umidității cu consecințe în creșterea volumului (umflarea lemnului) și scăderea rezistenței mecanice;
- **sub aspectul comportării la foc**, lemnul se încadrează în clasa C3 (CA2c) materiale mediu inflamabile.

Sub influența unei temperaturi de peste 105°C lemnul începe să se descompună termic în mod progresiv, are loc deshidratarea cu degajarea în același timp a unor substanțe inflamabile (hidrogen, metan, etan). În procesul încălzirii, în prezența aerului și a flăcării lemnul suportă o serie de transformări, astfel: la 150°C lemnul capătă o culoare galbenă și se intensifică degajarea substanțelor volatile; între 150°C și 210°C se carbonizează și devine maroniu; la 225 ÷ 250°C se atinge temperatura de inflamabilitate, când au loc scurte explozii ale gazelor de ardere formate în urma descompunerii termice a lemnului; în intervalul 260 ÷ 290°C se degajă o mare cantitate de substanțe volatile care se aprind și are loc arderea generalizată.

Descompunerea termică a lemnului se produce și în cazul unei încălziri de lungă durată (în absența contactului nemijlocit cu flacăra) iar când temperatura gazelor degajate depășește 330°C se produce autoaprinderea.

Viteza de ardere și carbonizare a lemnului depinde de umiditatea, densitatea, esența lemnului (foioase sau conifere) dimensiunea și poziționarea în funcție de rolul pe care îl are în structura construcției.

Dacă îmbinările lemnului într-o construcție se execută cu piese metalice (șuruburi, eclise) acestea, având un grad ridicat de conductivitate termică, în caz de incendiu, transmit căldura spre interiorul grinzilor, care se carbonizează (în jurul pieselor metalice) pierzându-și rezistența mecanică chiar dacă secțiunea ar fi suficientă pentru a asigura stabilitatea structurii.

Măsurarea adâncimii stratului de cărbune poate da indicii asupra timpului de ardere. Viteza de carbonizare determinată experimental variază între 0,6 și 2 mm/min, dar în incendii reale viteza poate să fie mai mare sau mai mică în funcție de condițiile concrete și de factorii care contribuie la dezvoltarea și propagarea incendiului.<sup>[38]</sup>

Pentru creșterea rezistenței la acțiunea focului, lemnul se protejează prin:

i) Măsurile constructive – tratarea suprafețelor cu lapte de var sau cu suspensii apoase de argilă, de silicat, protejarea suprafețelor din lemn prin tencuire cu mortar pe plasă de rabiț; placarea stâlpilor din lemn cu zidărie de cărămidă sau gips carton; vopsirea cu substanțe ignifuge ca silicatul de sodiu (sticla solubilă), rășini sintetice cu conținut de azot legat chimic.

ii) Măsurile chimice – impregnarea elementelor de construcție din lemn cu substanțe ignifuge care sub acțiunea focului, fie contribuie la degajarea apei de cristalizare acoperind suprafața cu o peliculă protectoare împotriva focului, fie se descompune degajând o mare cantitate de gaze incombustibile care îndepărtează oxigenul și diluează substanțele volatile rezultate prin descompunerea termică a lemnului.<sup>[6]</sup>

În practică se utilizează ambele metode, atât cele constructive cât și cele chimice cu precizarea că impregnarea lemnului cu substanțe ignifuge reprezintă un mijloc mai sigur de protecție împotriva focului.

**Ceramica:** este denumirea convențională pentru o gamă largă de materiale de construcții, realizate din argilă amestecată sau nu cu substanțe auxiliare și apoi arsă la temperaturi ridicate. Materialele ceramice de construcții sunt folosite pentru zidărie, învelitori, placaje, pardoseli și finisaje.

Pentru construcții, cel mai cunoscut element din ceramică este cărămida, care se modelează, se arde și se pune ușor în operă, iar ca urmare a dimensiunilor și masei reduse nu necesită utilaje speciale pentru manipulare.

Cărămida are o conductivitate termică redusă, fapt pentru care este apreciată îndeosebi în construcția de locuințe.

Din grupa materialelor ceramice folosite pentru învelitori și finisaje fac parte placajele, țiglele de diferite forme și dimensiuni, olanele, coamele, gresia, faianța și placajele și cărămida aparentă.

Zidăriile ceramice creează un climat interior plăcut, atât iarna cât și vara, datorită structurii poroase a materialului: cărămida aparentă și placajele ceramice exterioare protejează de umiditate iar gresiile ceramice natur sau emailate sunt de asemenea rezistente la umezeală și au un aspect plăcut.

**Din punct de vedere al comportării la foc** produsele ceramice, indiferent de forma sub care se prezintă, se încadrează în clasa CO(CA1) materiale incombustibile, astfel că nu ard, nu întrețin arderea și nu favorizează propagarea arderii.

Construcțiile realizate din produse ceramice se încadrează în gradul I ÷ II rezistență la foc iar elementele de construcție din zidărie de cărămidă, pereți portanți și despărțitori, îndeplinesc cerințele de stabilitate etanșitate și izolare termică.

b) *Construcții realizate din materiale moderne*: betonul; metalul; sticlă; mase plastice.

**Betonul**: în industria construcțiilor betonate și în special cel armat și precomprimat, reprezintă principalul material de construcții folosit la structuri de rezistență, datorită avantajelor pe care le are: durabilitate, folosirea materialelor locale, executarea elementelor de construcții sub orice formă, rezistența la foc, caracterul monolit și masivitatea construcțiilor, costul redus etc.

Tipurile de betoane sunt diverse: speciale, ușoare, beton ciclopian ș.a.m.d.

i) **Betoanele speciale**: betoane cu înaltă performanță, betoanele rezistente la temperaturi înalte (refractare), betoanele antiacide, betoanele de protecție împotriva radiațiilor, betoanele cu polimeri, betoanele armate cu fibre, betoane hidrotehnice, betoane pentru drumuri etc.

ii) **Betoane ușoare** sunt acele betoane care au greutatea specifică mai mică de 200 kg/m<sup>3</sup>; acestea sunt betoanele macroporoase, betoanele celulare etc.

**Sub aspectul comportării la foc**, elementele de construcții realizate din beton, indiferent de structura acestuia, se încadrează în clasa C0(CA1) materiale incombustibile, care nu ard, nu întrețin arderea și nu favorizează procesul de ardere.

Comportarea la foc a elementelor de construcție din beton variază în funcție de o serie de factori: raportul de apă-ciment, dozajul de ciment, granulometria etc. Pe măsura creșterii temperaturii în timpul unui incendiu, fiecare componentă din structură va avea o comportare diferită, având coeficienții de dilatare proprii ceea ce conduce la apariția și dezvoltarea unor fisuri și, în final, la fenomenul de degradare termică.[24]

Deteriorarea elementelor de construcție realizate din beton armat sau beton precomprimat, sub efectul temperaturilor ridicate, se datorează următorilor factori:

- desprinderea totală sau parțială a stratului de beton de pe armătură la atingerea temperaturii critice în armătură (cca. 550°C la betonul armat și 450°C la betonul precomprimat);

- pierderea aderenței dintre beton și armătură din cauza dilatărilor inegale ale armăturii și betonului, cu smulgerea armăturilor ancorate și prăbușirea elementului de construcție cauzată de propria greutate;

- desprinderea rapidă cu zgomot a unor așchii de pe suprafața elementelor de construcție, fenomen cunoscut sub denumirea de *explozia betonului*; se produce la atingerea temperaturii de 400 ÷ 500°C, ca urmare a dilatării puternice a gazelor și a vaporilor de apă; existența sau apariția unor microfisuri în structură împiedică producerea fenomenului.[9]

La incendiile de lungă durată elementele de construcție din beton armat și precomprimat își pierd capacitatea portantă, etanșeitatea și izolarea termică.

**Metalul**: produsele din metal sunt folosite îndeosebi la realizarea structurii de rezistență a construcțiilor, dar și pentru acoperișuri, închideri perimetrice și diverse alte alcătuirii, prezentând o serie de avantaje, astfel:

- rezistență bună la solicitări mecanice;
- comportare bună la seisme;
- maleabilitatea materialului, posibilitatea de a prelua diferite forme prin laminare, turnare etc.;
- posibilitatea de execuție uzinală și montarea în orice anotimp;
- realizarea de finisaje rezistente și estetice;
- timp de execuție redus.

Dintre metalele și aliajele lor, cel mai des utilizat în construcții este oțelul, care, deși se încadrează în clasa C0(CA1) materiale incombustibile, **comportarea la**

**foc** lasă mult de dorit datorită conductivității termice foarte ridicate, în medie de  $3,7 \cdot 10^{-2} \text{ W/cm} \cdot ^\circ\text{C}$ .<sup>[19]</sup>

Elementele de construcție din metal, neprotejate termic, nu răspund cerințelor de stabilitate, etanșeitate și izolare termică, dimpotrivă, datorită conductivității termice ridicate favorizează propagarea incendiilor prin radiației și conducție.<sup>[26]</sup>

Metalul sub acțiunea flăcărilor și temperaturilor înalte își pierde în timp scurt capacitatea portantă, astfel că folosirea acestuia la structuri de rezistență și acoperișuri autoportante trebuie să fie însoțită de măsuri suplimentare de protecție la foc (tratarea cu substanțe termorezistente sau termosupumante, respectiv asigurarea protecției prin placare cu materiale incombustibile rezistente la foc).

**Sticla:** se înscrie în categoria materialelor de construcții moderne, fiind folosită pe scară largă la închideri perimetrare pentru izolare, protecție și în scop decorativ.

**Din punctul de vedere al comportării la foc** sticla se încadrează în clasa C0(CA1), nu arde, nu întreține arderea și nu favorizează propagarea arderii. În timpul incendiului părțile vitrate ale construcțiilor se sparg sau se topesc. Spargerea geamurilor prin șoc termic are loc la o diferență cca.  $70^\circ\text{C}$  între fața caldă și cea rece. Topirea sticlei depinde nu numai de compoziția sa și de temperatură ci și de timpul de expunere la temperatură ridicată. În timpul încălzirii sticla suportă transformări succesive: la cca.  $700^\circ\text{C}$  prezintă ușoare deformări; la  $800^\circ\text{C}$  apar deformări mari și rotunjirea colțurilor; la  $850^\circ\text{C}$  apar primele semne de topire iar la  $900^\circ\text{C}$  sticla se topește și se formează acumulări de topitură care se solidifică în timp.<sup>[20],[38]</sup>

Spargerea sau topirea geamurilor este determinată de modul de amplasare a materialelor combustibile din incinta incendiată, de orientarea flăcărilor precum și de factorii de mediu – umiditate, temperatură etc.

Topitura de sticlă poate favoriza aprinderea materialelor combustibile cu care intră în contact.

**Materiale plastice:** Materialele plastice sunt folosite pe scară largă în construcții, sub diferite forme și componente, de la fibrele ce armează betoanele la instalații, compartimentări, închideri, izolații, decorațiuni etc.

Materialele plastice prezintă avantajul de a avea greutate redusă pe unitatea de suprafață, rezistență mecanică bună și rezistență la intemperii, se montează cu ușurință în timp scurt.

**Sub aspectul comportării la foc**, materialele plastice se încadrează în clasa C3 (CA2c), materiale mediu inflamabile.

Elementele de construcție din materiale plastice își pierd ușor capacitatea portantă, etanșeitatea și izolarea termică, se deformează sub acțiunea flăcărilor; o parte din materialele plastice picură la temperaturi relativ scăzute, particulele ard în timpul căderii favorizând propagarea flăcărilor.

Un element important îl reprezintă degajările masive de fum și gaze toxice, care impun măsuri speciale de protecție a utilizatorilor și echipelor de intervenție.

### 1.2.3. În funcție de destinație/funcționalitate

Clasificarea clădirilor după destinație și funcționalitate este prezentată în figura 1.9.

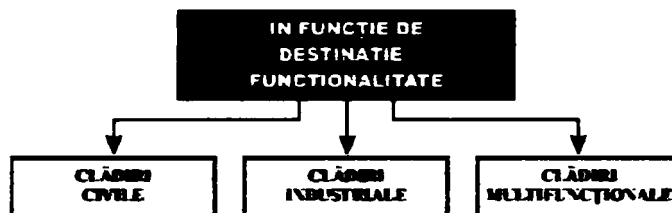


Figura 1.9 Clasificarea construcțiilor după destinație/funcționalitate

#### a) Clădiri civile

- clădiri de locuit;
- clădiri social-administrative;
- clădiri pentru sănătate;
- clădiri pentru învățământ și cultură;
- clădiri pentru comerț;
- clădiri pentru turism și alimentație publică;
- clădiri de cult;
- clădiri pentru activități sportive.

#### b) Clădiri industriale:

- clădiri pentru producție;
- clădiri pentru depozitare;
- laboratoare de cercetare.

#### c) Clădiri multifuncționale:

În această categorie de clădiri se pot regăsi următoarele destinații:

- spații pentru birouri administrative;
- spații pentru cabinete medicale și policlinici;
- spații pentru învățământ și activități social culturale;
- spații pentru comerț și alimentație publică;
- spații pentru activități sportive și recreere;
- spații de joacă pentru copii;
- spații de producție și depozitare (de regulă din categoria industriei ușoare și alimentare);
- garaje, parcaje subterane și supraterane.

### 1.2.4. În funcție de volum și regimul de înălțime

După volumul și regimul de înălțime clădirile sunt clasificate potrivit figurii 1.10.

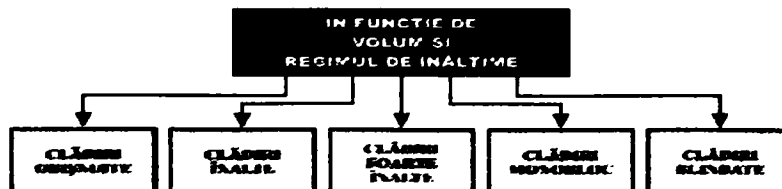


Figura 1.10 Clasificarea construcțiilor în funcție de volum și regimul de înălțime

**a) Clădiri obișnuite:**

În această categorie se încadrează toate clădirile care nu sunt clădiri înalte, clădiri foarte înalte, clădiri monobloc și clădiri blindate.

**b) Clădiri înalte:**

În categoria clădirilor înalte intră toate construcțiile civile supraterane la care pardoseala ultimului nivel folosibil este situată la peste 28 m față de terenul (carosabilul adiacent) accesibil autovehiculelor de intervenție ale pompierilor pe cel puțin două laturi ale clădirii.[67]

Nu sunt considerate clădiri înalte:

- construcțiile care nu sunt destinate să adăpostească oameni;
- clădirile civile la care deasupra nivelului limită se află un singur nivel și ocupă maximum 50 % din aria construită a clădirii și cuprinde numai încăperi pentru mașini ale ascensoarelor, spații tehnice aferente construcțiilor, circulații funcționale.

**c) Clădiri foarte înalte**

În categoria clădirilor foarte înalte intră toate construcțiile civile supraterane la care pardoseala ultimului nivel folosibil este situată la înălțimea de 45 m sau mai mult, măsurată de la nivelul terenului accesibil autovehiculelor de intervenție ale pompierilor pe cel puțin două laturi ale clădirii.[67]

**d) Clădiri monobloc:**

În categoria clădirilor monobloc intră acele clădiri industriale a căror lățime este mai mare de 72 m, iar suma ariei construite a compartimentelor de incendiu depășește 20.000 m<sup>2</sup>. [67]

**e) Clădiri blindate:**

În categoria clădirilor blindate intră acele clădiri (industriale sau laboratoare de cercetare) realizate din pereți exteriori și acoperișuri pline prevăzute numai cu „goluri psihologice” și uși de acces, iar activitatea se desfășoară numai la lumină artificială.[67]

**1.2.5. În funcție de importanța construcțiilor [66]**

Pe categorii de importanță clasificarea clădirilor este prezentată în figura 1.11.

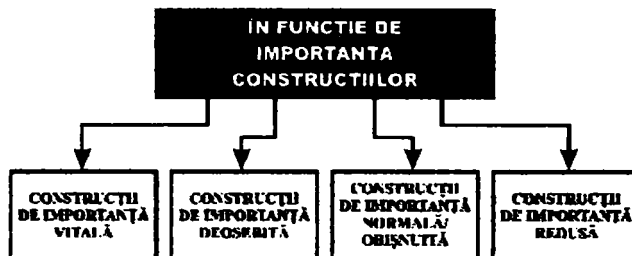


Figura 1.11 Clasificarea construcțiilor în funcție de importanța lor

**a) Construcții de importanță vitală/exceptională pentru societate:**

- spitale, stații de salvare, stații de pompieri;
- clădiri pentru unități administrative, centrale și județene, cu rol de decizie în organizarea măsurilor de urgență după cutremure;
- clădiri pentru comunicații de interes național și județean;
- unități de producere a energiei electrice din sistemul național;
- clădiri care adăpostesc muzee de importanță națională.

**b) Construcții de importanță deosebită:**

- celelalte clădiri din domeniul ocrotirii sănătății;



- școli, creșe, grădinițe, cămine pentru copii, handicapați, bătrâni;
- clădiri care adăpostesc aglomerații de persoane: săli de spectacole artistice și sportive, biserici, centre comerciale importante;
- clădiri care adăpostesc valori artistice, istorice, științifice deosebite;
- clădiri și instalații industriale care prezintă riscuri de incendii – sau degajări de substanțe toxice;
- clădiri industriale care adăpostesc echipamente de mare valoare economică;
- depozite cu produse de strictă necesitate pentru aprovizionarea de urgență a populației.

**c) Construcții de importanță normală/obișnuită:**

- clădiri de locuit, hoteluri, cămine (cu excepția celor de la pct. b);
- construcții industriale și agrozootehnice curente.

**d) Construcții de importanță redusă:**

- construcții agrozootehnice de importanță redusă (de ex.: sere, construcții parter diverse pentru creșterea animalelor și pasărilor etc.);
- construcții de locuit parter sau parter și etaj;
- alte construcții civile și industriale care adăpostesc bunuri de mică valoare și în care lucrează un personal restrâns.

### 1.2.6. În funcție de riscul de incendiu [67]

Din punct de vedere al riscului de incendiu clasificarea clădirilor este prezentată în figura 1.12.

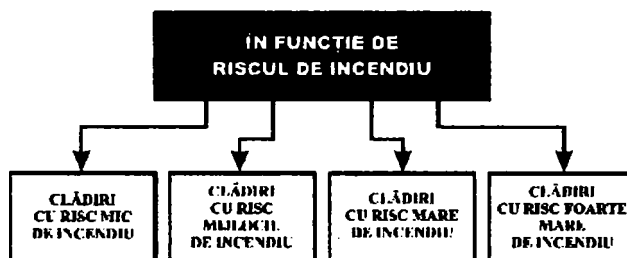


Figura 1.12 Clasificarea construcțiilor în funcție de riscul de incendiu

**a) Clădiri cu risc mic de incendiu**

Sunt clădirile în care densitatea sarcinii termice  $q_i$  se situează sub  $420\text{MJ/m}^2$  (în cazul clădirilor civile), respectiv categoria E (BE1B) existența unor substanțe sau materiale incombustibile în stare rece sau a substanțelor combustibile în stare de umiditate înaintată, peste 80 % (la construcții industriale).

**b) Clădiri cu risc mijlociu de incendiu**

Sunt clădirile în care densitatea sarcinii termice  $q_i$  se situează între 420 și  $840\text{MJ/m}^2$  (în cazul clădirilor civile), respectiv categoria D (BE1a) existența focului deschis sub orice formă în absența substanțelor combustibile (la construcții industriale).

**c) Clădiri cu risc mare de incendiu**

Sunt clădirile în care densitatea sarcinii termice  $q_i$  se situează peste  $840\text{MJ/m}^2$  (în cazul clădirilor civile), respectiv categoria C (BE2) posibilități de incendiu, ardere ca urmare a prezenței permanente a materialelor combustibile folosite în procesul tehnologic (la construcții industriale).

**d) Clădiri cu risc foarte mare de incendiu**

Sunt clădirile de categoriile A și B (BE3a,b) în care, ca urmare a materialelor și substanțelor combustibile utilizate, manipulate, prelucrate sau depozitate în procesul tehnologic prezintă permanent posibilități de incendiu și explozie volumetrică.

**1.3. Concluzii și contribuții personale**

În procesul amplu al reformei reglementărilor tehnice în domeniul apărării împotriva incendiilor, în scopul armonizării legislației românești cu cea a Uniunii Europene se pune un accent din ce în ce mai mare pe îndeplinirea cerinței esențiale „securitate la incendiu”, potrivit căreia, construcțiile trebuie proiectate și executate astfel încât în cazul inițierii unui incendiu să răspundă următoarelor criterii:

- stabilitatea elementelor portante ale construcției să poată fi estimată pentru o perioadă de timp;
- apariția și propagarea focului și fumului în interiorul construcției să fie limitate;
- propagarea incendiilor la construcțiile învecinate să fie limitată;
- utilizatorii să poată părăsi construcția sau să poată fi salvați prin alte mijloace;
- să fie luată în considerare securitatea echipelor de intervenție.

Pornind de la caracteristicile constructive și funcționale ale clădirilor a căror suprafață desfășurată este de ordinul zecilor de mii de metri pătrați (de regulă, până la 200.000 m<sup>2</sup>) și un conglomerat de destinații dintre cele mai diverse (spații comerciale, spații de alimentație publică, restaurante, spații de agrement, săli de conferințe, săli de spectacole, cinematografe, discoteci, săli de expoziție, săli de sport, spații de joacă pentru copii, spații de învățământ și sănătate, spații de cazare, spații de producție) și depozitare, spații pentru birouri administrative, spații tehnice și de întreținere, parcaje subterane și supraterane etc.) autorul propune introducerea în reglementările tehnice românești, privind securitatea la incendiu a conceptului de „clădire multifuncțională”.

Concepția privind asigurarea securității la incendiu în clădirile multifuncționale trebuie abordată de la identificarea și evaluarea riscului de incendiu, care în opinia autorului este determinat de:

- suprafața mare construită și desfășurată, ceea ce presupune constituirea mai multor compartimente de incendiu în condițiile unor reticențe de ordin arhitectural;
- diversitatea mare a destinației spațiilor;
- cantitatea mare de materiale combustibile cu valori ridicate ale densității sarcinii termice, de regulă situată între 420 și 840 MJ/m<sup>2</sup>;
- numărul mare de utilizatori și existența unui public eterogen (copii, femei gravide, bătrâni, persoane cu dizabilități) și posibilitatea apariției panicii;
- distanțele mari ce trebuie parcurse pe căile de evacuare;
- suprafețe libere mari care favorizează dezvoltarea și propagarea incendiului, a fumului și gazelor fierbinți;
- degajări mari de fum și produselor toxice de ardere;
- posibilitatea de izbucnire și propagare a incendiului în spații ascunse (ghene, canale, tubulaturi etc.).

În aceste condiții măsurile de protecție pasivă și măsurile de protecție activă adoptate trebuie să asigure menținerea unui risc de incendiu efectiv în limite controlabile.

Autorul consideră că se impune o abordare unitară a securității la incendiu, astfel că propune cinci criterii de clasificare a clădirilor în cadrul cărora să fie incluse și clădirile multifuncționale (după materialele de construcție folosite, după destinație/funcționalitate, după volum și regimul de înălțime, după importanța construcției, după riscul de incendiu) care să fie introduse în viitoarele reglementări tehnice privind securitatea la incendiu.

## **Capitolul 2. PARTICULARITĂȚILE INCENDIILOR ÎN CLĂDIRILE MULTIFUNCȚIONALE**

### **2.1. Factorii care favorizează apariția și dezvoltarea incendiilor în clădiri multifuncționale**

Incendiile izbucnite în clădiri multifuncționale se pot solda cu imense pagube materiale și pierderi de vieți omenești.

Marea diversitate a destinațiilor spațiilor, sarcina termică ridicată și marile aglomerări de persoane sunt condiții favorizante ale apariției propagării și dezvoltării incendiilor.

Apariția și dezvoltarea incendiilor în clădirile multifuncționale este determinată de o serie de factori astfel:

- imposibilitatea organizării apărării împotriva incendiilor într-o concepție unitară din cauza suprafeței deosebit de mari a construcției;
- marea diversitate a destinației spațiilor cu diferite densități de sarcină termică, de cele mai multe ori peste cea stabilită în scenariul de securitate la incendiu;
- fluctuația (instabilitatea) mare a utilizatorilor (salariați ai societății comerciale);
- afluența mare de persoane de toate categoriile de vârstă inclusiv a unor persoane cu dizabilități care se pot afla în clădire;
- necunoașterea de către vizitatori a planului construcției și a amplasării căilor fixe de evacuare, având în vedere că în mod curent se folosesc scările rulante;
- existența unor spații cu densitate mare de sarcină termică;
- existența deschiderilor mari în elementele de construcție interioare și volumul mare de aer favorizează dezvoltarea și propagarea cu ușurință a incendiului dintr-o încăpere în alta, cu aceeași sau cu altă destinație;
- posibilitatea propagării incendiilor pe căi ascunse (canale de ventilație, ghene, sisteme de evacuare a fumului și gazelor fierbinți); pericolul este mult crescut în cazul în care incendiul izbucnește într-o sală de spectacole sau se transmite la o astfel de sală din clădirea multifuncțională, din cauza densității de sarcină termică provenită de la scaune, scenă, decoruri, instalații de sunet etc.;

În cazul unui incendiu izbucnit în clădiri multifuncționale se ridică două probleme fundamentale:

- a)** evacuarea fumului și produselor de ardere;
- b)** evacuarea persoanelor.

Ca urmare a arderii materialelor combustibile, îndeosebi a materialelor plastice se degajă mari cantități de fum care inundă spațiile libere din clădire; fumul și gazele fierbinți în cazul unui incendiu izbucnit la parter se ridică la partea superioară fapt ce pune în pericol persoanele de la etajele superioare ale clădirii.

Din cauza dimensiunilor foarte mari ale golurilor de comunicare între etaje (golurile scărilor rulante sau alte goluri arhitecturale) se creează un efect de coș foarte puternic; acest tiraj depinde de temperatura interioară și cea exterioară, de presiunea curenților de aer și viteza vântului în exterior, de suprafața golurilor de

comunicare între etaje, de funcționarea sistemelor de protecție activă (instalații automate de stingere – sprinklere, drencere – trape de evacuare a fumului și gazelor fierbinți, voleți etc.).

Un factor care contribuie la răspândirea fumului este temperatura mare din interior care determină dilatarea de cca. trei ori a volumului gazelor fierbinți din incinta incendiată.

Pentru limitarea inundării spațiilor libere (holuri, case de scări) se impune evacuarea fumului și gazelor fierbinți încă în faza inițială de izbucnire a incendiului prin ventilație natural organizată, ventilare mecanică sau alte sisteme de evacuare.

Soluționarea problemei evacuării fumului și produselor de ardere reprezintă cheia evitării producerii panicii și evacuării persoanelor din clădire.

Din experiența practică rezultă că în caz de incendiu evacuarea completă a oamenilor din clădiri cu mari aglomerări de persoane într-un timp scurt este imposibilă. În astfel de situații se impune organizarea evacuării persoanelor din compartimentul în care a izbucnit incendiul, spre zone sigure, în care nu pătrunde fumul și gazele fierbinți, și continuarea evacuării spre exterior. De mare importanță în evacuarea oamenilor este funcționarea în bune condiții a tuturor elementelor interdependente ale sistemelor de protecție pasivă și activă la foc, asigurarea calmului și ordinii, dar și a fermității în acțiunea de evacuare, folosirea scărilor interioare, iar în anumite condiții și a ascensoarelor dacă sunt menținute în stare de funcționare și puțurile lor nu sunt inundate cu fum.

Acțiunea de căutare, salvare, evacuare se va derula pe toată durata intervenției concomitent cu acțiunea de stingere a incendiului.

## **2.2. Surse de aprindere și cauze de incendii în clădiri multifuncționale**

Regula generală este că orice incendiu are o cauză tehnică, care de cele mai multe ori apare și acționează ca urmare a unei neglijențe umane. Fără cunoașterea cauzelor incendiilor și exploziilor, a sferei și modului lor de acțiune, nu este posibilă luarea celor mai corespunzătoare măsuri de prevenire a incendiilor.

Inițierea unui incendiu presupune coexistența următoarele elemente, absolut obligatorii pentru producerea acestuia:

- sursa de aprindere și, implicit, mijlocul care o produce, sursă care să posedă energia minimă necesară pentru aprinderea materialului combustibil;
- existența materialului combustibil (gazos, lichid, solid), în cantitate suficientă pentru susținerea arderii;
- existența carburantului (oxigen);
- existența unor împrejurări determinante și a altor condiții favorizante, care să pună în contact sursa de aprindere cu masa combustibilă.

Dezvoltarea și propagarea incendiului este determinată de:

- natura și cantitatea materialelor combustibile;
- locul focarului inițial;
- modul de poziționare a materialelor combustibile;
- forma spațiului;
- existența deschiderilor;
- afluxul de oxigen etc.

Pentru analiza statistică și completarea rapoartelor de intervenție, pompierii români [64], utilizează următoarele tipuri de surse de aprindere, conform figura 2.1:

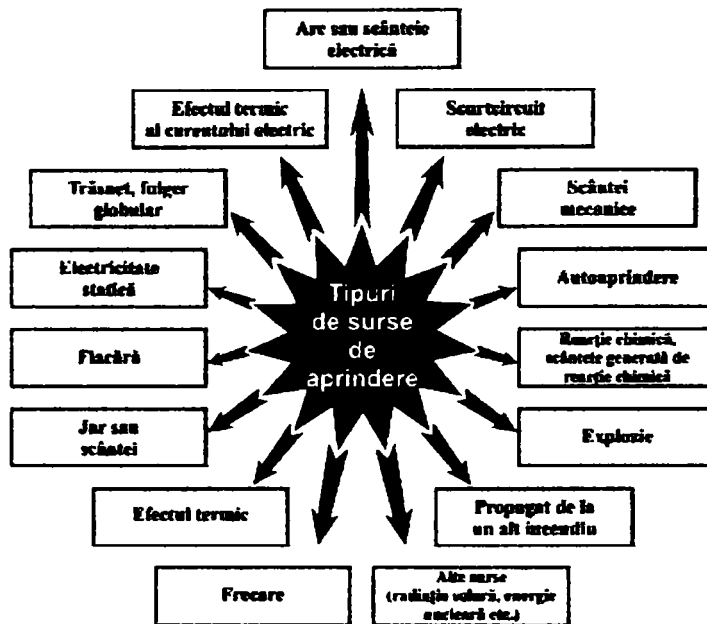


Figura 2.1 Surse de aprindere existente în reglementarea actuală

Considerăm această tipologie ca fiind greoaie, deoarece pentru stabilirea cauzelor de incendiu după sursele de aprindere din *Îndrumătorul pentru raportarea situațiilor de urgență*, este nevoie de personal specializat, atestat în cercetarea și stabilirea cauzelor de incendiu, personal, de care Inspectoratul General pentru Situații de Urgență și structurile subordonate nu dispune în această etapă, dar pe care îl apreciem ca absolut necesar.

În acest context considerăm că gruparea acestora în categorii mai largi, care să le subsumeze, răspunde mai bine posibilităților existente de evaluare corectă a cauzelor și surselor de aprindere care au determinat producerea unui incendiu, urmând ca o identificare în detaliu să se realizeze în urma unor expertize de către persoanele interesate (beneficiari, societăți de asigurare etc.); de aceea propunem următoarea clasificare a cauzelor și surselor de aprindere:

- a) surse de aprindere cu flacără;
- b) surse de aprindere de natură termică;
- c) surse de aprindere de natură electrică;
- d) surse de aprindere de natură mecanică;
- e) surse de aprindere spontană (autoaprindere);
- f) surse de aprindere naturale.

**Notă:** În această clasificare nu avem în vedere incendiile, exploziile provocate prin acțiune intenționată.

**a) Sursele de aprindere cu flacără sunt:**

- cu flacără deschisă
- cu flacără închisă

*Sursele de aprindere cu flacără deschisă:* brichete, chibrituri, lumânări, lămpi de iluminat cu combustibil lichid, lămpi cu combustibil gazos, mașină de gătit (aragaz), spirtieră, tortă, făclie, lampă de gătit cu combustibil lichid, lampă de lipit, flacăra de la becul de sudură oxiacetilenică, focul în aer liber etc. [20]

*Sursele de aprindere cu flacără închisă/protejată:* acestea pot fi mijloace de iluminat, de încălzire sau alte aparate: cuptoare, cazane, uscătoare, a căror flacără, de regulă, în caz de avarii intră în contact cu materiale combustibile.

**b) Sursele de aprindere de natură termică** se caracterizează prin cantitatea mare de căldură pe care o degajă, aprinderea materialelor combustibile realizându-se fie prin contactul direct (conducție termică) fie prin radiație și, mai rar, prin convecție.

Sursele de aprindere de natură termică sunt extrem de diverse incluzând practic toată gama de obiecte, corpuri, aparate, dispozitive, a căror temperatură exterioară este mai mare decât temperatura de aprindere a materialelor combustibile cu care se află în contact, sau la o distanță la care radiația sau curenții de convecție dispun de o sarcină termică suficientă pentru aprinderea acestora. În această categorie sunt incluse: dispozitive de încălzire – sobe fără acumulare de căldură, sobe cu acumulare de căldură, radiator, reșou, fier de călcat, burlane, coșuri de fum, corpuri de iluminat cu filament incandescent, jar, cenușă, zgură, scânteii de la coșuri și de la eșapament; aparate dispozitive și utilaje industriale – cuptoare, motoare termice, uscătoare, dispozitive care produc frecare (curele de transmisie, sisteme de frânare, brocuri de sudură, particule incandescente, topituri de metale sau alte substanțe, tobe de eșapament, utilaje de așchiere, polizare, șlefuire etc.).

Efectul termic al curentului electric este inclus în această categorie a surselor de aprindere chiar dacă în practică, la analiza statistică a cauzelor de incendiu mai este inclus în categoria cauzelor de natură electrică.

Căldura transmisă prin conductibilitate în cazul corpurilor metalice, în funcție de condițiile concrete existente, poate atinge valori superioare temperaturii de aprindere a unor materiale combustibile chiar dacă acestea se află la o oarecare distanță.

Aprinderea materialelor combustibile de la corpurile încălzite și supraîncălzite are loc în foarte multe situații datorită căldurii transmise sub formă de radiație termică.

Aprinderea materialelor combustibile de la jar sau scânteii, depinde de energia termică a acestora, natura materialelor combustibile și existența altor condiții favorizante (existența și direcția curenților de aer, lipsa umidității etc.).

**c) Sursele de aprindere de natură electrică sunt:**

- arcuri și scânteii electrice;
- scurtcircuitul;
- electricitatea statică.

**Arcul electric** este o descărcare disruptivă continuă între doi electrozi sub tensiune. Arcul electric cel mai cunoscut este cel de sudură, care dezvoltă o cantitate de căldură suficientă pentru a aprinde orice fel de materiale combustibile aflate în apropiere, dar fenomenul se întâmplă și în instalațiile electrice și în condiții normale de funcționare în momentul deschiderii unui circuit electric, sub forma scânteii electrice de contact, care dispune de energia termică necesară aprinderii amestecurilor de gaze combustibile.

În condițiile unui grad avansat de uzură al contactoarelor, al unor defectiuni ale instalației electrice sau străpungerii izolației conductorilor și prelungirii descărcării disruptive apar următoarele situații [20]:

- arcul electric de sudură, se produce în instalații cu un amperaj de 100-1000A, tensiuni până la 220V, puteri până în 50 kVA și o durată de acționare de ordinul zecilor de secunde;

- arcul electric de punere la pământ din rețele de medie tensiune cu nul izolat, curenți de 10-50A, tensiuni de 100 – 1000V, durată de acționare de ordinul secundelor sau minutelor;

- arcul electric în urma scurtcircuitului din rețele de joasă tensiune, curenți de 5-20 kA, tensiune între 10 – 20V, cu durata cuprinsă de la o zecime de secundă la o secundă;

- arcul electric în urma scurtcircuitului din rețele de medie și înaltă tensiune, curenți de 10 – 30 kA, tensiuni 1 – 20 kV, puteri aparente de 100 – 600 MVA, durata de acționare 1 ms – 1 s.

**Scurtcircuitul**, are loc ca urmare a unui contact accidental, fără rezistență sau printr-o rezistență de valoare mică, a două sau mai multe conductoare aflate sub tensiune.

În practică, fenomenul se întâlnește când izolația dintre doi conductori electrici aflați sub tensiune se degradează, iar conductorii ajung în contact unul cu celălalt. Curentul care trece prin circuitul astfel închis se numește curent de scurtcircuit și este foarte mare în comparație cu curentul nominal al instalației.

Scurtcircuitul poate deveni sursă de aprindere, inițiind incendiile sau explozii în anumite condiții favorizante:

- montarea instalațiilor electrice direct pe elemente combustibile;
- nerespectarea distanțelor față de materialele combustibile depozitate în spațiile în care pot avea loc arcuri electrice scânteii sau topituri ale circuitelor electrice;

- supradimensionarea elementelor de protecție – siguranțele electrice – ;

- suprasolicitarea circuitelor electrice prin folosirea unor consumatori al căror consum depășesc puterea instalației;

- folosirea unor echipamente neadecvate mediului – spații cu acumulări de vapori inflamabili sau praf combustibil – ;

- pozarea cablurilor sau circuitelor electrice neprotejate în spații în care se acumulează vapori sau gaze inflamabile și explozive.

**Electricitatea statică** se realizează prin frecări, prin inducție și prin contact, și se întâlnește frecvent în procesele tehnologice din diferite domenii de activitate unde se manipulează sau prelucrează materiale solide, lichide, sau gazoase, îndeosebi cele care prezintă o rezistivitate mare la scurgerea sarcinilor electrostatice. Electricitatea statică poate deveni sursă de aprindere urmată de explozie sau incendiu în cazul coexistenței următoarelor condiții:

- atmosferă ambiantă explozivă;

- curgerea sarcinilor prin descărcare distructivă;

- energia eliberată prin descărcare este mai mare sau egală cu energia termică necesară aprinderii amestecului combustibil aer-gaz sau aer-pulbere.

Producerea sarcinilor electrostatice care pot genera explozii sau incendii au loc la:

- transvazarea lichidelor inflamabile și umplerea sau golirea vaselor, recipientelor, la o anumită viteză de curgere a lichidelor;

- transportul lichidelor prin conducte cu viteză relativ mare și pe distanțe lungi;

- ieșirea prin ajutoraj a gazelor comprimate sau lichificate, mai ales atunci când sunt antrenate lichide fin pulverizate (vopsirea cu pistolul de pulverizare);

- spălarea unor materiale îndeosebi sintetice în lichide inflamabile;



- transportul unor materiale pulverulente pe benzi transportoare;
- stivuirea sacilor cu substanțe pulverulente (ex. făina);
- ambalarea substanțelor pulverulente în saci;
- derularea unor filme sau pelicule, benzi de hârtie și textile, folii din material plastic.

Acumularea sarcinilor electrostatice este însoțită întotdeauna de creșterea intensității câmpului electric. Mărimea sarcinii electrice mai depinde și de condițiile exterioare presiune, umiditate și temperatura aerului. Sarcinile de electricitate statică se reduc pe măsura creșterii temperaturii și umidității aerului. La o umiditate relativă a aerului de peste 85% și temperatura aerului de 45°C sarcinile electrostatice nu se mai acumulează.

**d) Surse de aprindere de natură mecanică.** În această categorie intră scânteile mecanice care sunt particule materiale incandescente de dimensiuni mici provenite din diferite operații de prelucrare a materialelor sau din ciocniri mecanice.

Prin natura activităților mecanice care le generează, acestea dispun de energia termică necesară aprinderii unor materiale combustibile. După modul cum se produc scânteile mecanice sunt:

- scânteii de foc;
- scânteii de frecare;
- scânteii de abraziune.

• *Scânteile de foc* se produc acolo unde se utilizează obiecte metalice la efectuarea unor lucrări, în condițiile existenței unei anumite energii de lovire, particula de metal se desprinde din materialul mai moale, mărimea și energia termică a scânteii formate depinzând de:

- lucrul mecanic consumat la desprinderea particulei de metal;
- viteza de ciocnire a pieselor;
- rezistența metalului.

Pericolul de incendiu este direct proporțional cu forța de ciocnire și viteza de zbor a scânteii (de regulă scânteile de metale ușoare prezintă un potențial energetic mai mare decât celelalte scânteii).

• *Scânteile de frecare* au dimensiuni de 0,1 – 0,5 mm grosime și sunt parțial oxidate și dispun de energie termică. Experimental<sup>[20]</sup> s-a stabilit că numai amestecurile de hidrogen, acetilenă și sulfură de carbon pot fi aprinse de acest tip de scânteii.

• *Scânteile de abraziune și așchiere* se produc la așchiera metalelor, temperatura acestor scânteii putând ajunge la circa 2000°C. Capacitatea de aprindere a scânteilor de acest tip depinde de durata contactului dintre acestea și materialul combustibil precum și de natura materialelor combustibile.

**e) Surse de aprindere spontană (autoaprindere).** Aprinderea spontană (autoaprinderea) este fenomenul de declanșare a procesului de ardere ca urmare a unor procese fizico-chimice sau biologice care determină autoîncălzirea materialelor combustibile până la atingerea temperaturii de aprindere, fără a veni în contact direct cu o sursă de aprindere.

Fenomenul aprinderii spontane, poate genera incendii vizibile sau ascunse (arderii mocnite), apariția și dezvoltarea acestora fiind favorizată de o serie de factori cum sunt: umiditate, aerarea, prezența unor catalizatori, gradul de concentrare etc.

După natura proceselor sau reacțiilor ce produc autoîncălzirea se deosebesc aprinderi spontane de natură chimică, fizico-chimică și biologică.

• **Autoaprinderea de natură chimică** este definită ca fiind aprinderea spontană a unor substanțe la contactul cu oxigenul din aer, cu apa sau cu diferiți compuși organici.

Substanțele care se aprind spontan în contact cu aerul, denumite și substanțe piroforice sunt: fosforul alb, fosforul roșu, metale alcaline, hidrurile de siliciu, sulfura de fier, pulberile de aluminiu, zinc, titan, zirconiu etc. Cantitatea de căldură degajată de autoaprinderea substanțelor piroforice este suficientă pentru aprinderea unor materiale combustibile aflate în apropiere.

În categoria substanțelor care se aprind spontan în contact cu apa sunt incluse metalele alcaline, carbura de calciu (carbhidul), fosfura de calciu și de sodiu, pulberea de aluminiu. La contactul acestor substanțe cu apa, se degajă hidrogen și o cantitate de căldură suficientă aprinderii acestuia.

Substanțele care se aprind în contact cu oxidanții sunt: oxigenul, fluorul, peroxidul de bariu și sodiu, clorații, perclorații.

Acidul azotic și acidul sulfuric provoacă aprinderea spontană a unor materiale cu care intră în contact, fie prin deshidratarea bruscă și aducerea în stare piroforică (paie, talaș) fie prin reacție chimică (terebentină, alcool etilic etc.). Oxidanții solizi ca: peroxizii de sodiu, de bariu, anhidrida cromică, permanganatul de potasiu, clorații și perclorații provoacă aprinderea spontană a alcoolilor, acetonei, glicerinei și altor lichide inflamabile.

În contact cu peroxidul de sodiu și în prezența apei se aprind spontan: acetona, acidul acetic, alcoolii (butilic, etilic, metilic, propilic), terebentina, iar benzina, glicerina, petrolul lampant, anilina se aprind spontan cu explozie.

Apa oxigenată este de asemenea un oxidant puternic, ce poate iniția aprinderea materialelor celulozice cu care intră în contact.

• **Autoaprinderea de natură fizico-chimică** se datorează atât unor procese de natură chimică, cât și unor factori de natură fizică, cum ar fi: suprafața specifică, acumularea de căldură, concentrare de lumină, prezența unor impurități etc.

În mecanismul aprinderii spontane de natură fizico-chimică intervin factori care influențează reacția de oxidare și implicit cantitatea și viteza de degajare a căldurii și factorul care acționează asupra disipării căldurii. În condițiile în care viteza de degajare a căldurii este mai mare decât viteza de disipare a acesteia, fenomenul de oxidare se transformă în proces de ardere.

Cele mai frecvente aprinderi spontane de natură fizico-chimică se întâlnesc la cărbune, bumbac, lemn, azotatul de amoniu, diferite uleiuri și vopsele în condițiile acumulării de căldură în masa de material și altor condiții favorizante.

• **Autoaprinderea de natură biologică** este caracteristică atât unor produse vegetale (furaje, fibre, rumeguș de lemn, tutun etc.) cât și unor produse de natură animală (lână, păr, gunoi menajer) care sub acțiunea unor microorganisme se autoîncălzesc până la atingerea temperaturii de aprindere. De menționat că umiditatea în anumite concentrații este factorul favorizant al declanșării proceselor biologice de autoîncălzire. Nivelul de umiditate necesar declanșării procesului biologic de autoîncălzire este de 8 – 15%, dar unele mucegaiuri care se dezvoltă în fin necesită o umiditate de 25%, iar pentru unele bacterii și ciuperci nivelul de umiditate necesar este de 40%.

#### **f) Sursele de aprindere naturale:**

- trăsnetul;
- radiația solară.

**Trăsnetul** este o descărcare electrică disruptivă de mare intensitate care se produce în timp de furtună, ca urmare a unei puternice mișcări a aerului bogat în vapori cu încărcări electrice diferite. Aceste mișcări ale masei de aer favorizează separarea sarcinilor electrice, creând câmpuri electrice de semn contrar. Dacă diferența de tensiune dintre nor și pământ ajunge la anumite valori, atunci se poate străpunge aerul, producându-se o descărcare electrică denumită trăsnet. La partea superioară a norului de furtună (la înălțimea de 6 – 7 km) există sarcini pozitive, iar la bază (3 – 4 km) sarcini negative, creându-se diferențe mari de potențial 20 – 100 milioane volți, atât între partea superioară și cea inferioară a norului cât și între nor și pământ.

Descărcarea electrică luminoasă produsă între nori sau în interiorul unui nor, constituie fulgerul care poate avea forme diferite: liniare, plate, sferice, perlate.

Direcția trăsnetului rămâne incertă până la circa 100m deasupra pământului; cele mai expuse fiind obiectivele înalte, care se electrizează prin inducție electrostatică, dar și obiective mai joase sau obiecte în mișcare datorită structurii geologice a terenului, respectiv ale alcătuirii corpurilor.

Trăsnetul, fiind un fenomen electric, produce efecte asemănătoare oricărei treceri de curent printr-un material, efectul termic fiind mult mai puternic datorită intensității deosebit de mari într-un timp scurt.

O descărcare electrică mai rar întâlnită este fulgerul globular generat de regulă în stările de furtună care are forma unui glob luminos cu diametrul de câțiva centimetri și, mai rar, de 10 – 20 cm. Fulgerul globular (a cărui constituire este destul de controversată), are o temperatură ridicată 1.500 – 2.000°C, aprinde instantaneu materialele combustibile cu care intră în contact.[20]

**Radiația solară** este o sursă de aprindere foarte rar întâlnită, incendiile putând fi inițiate în mod direct și/sau indirect ca urmare a focalizării prin lentile.

Radiația solară ca să devină sursă de aprindere este condiționată de existența mai multor factori:

- factori meteorologici – gradul de acoperire a cerului cu nori, felul norilor, grosimea stratului acestora;
- ora din zi care determină unghiul sub care cad razele soarelui pe pământ, efectul maxim fiind la un unghi de  $90^\circ$ , ceea ce înseamnă aproximativ ora 12<sup>00</sup> – 13<sup>00</sup>;
- anotimpul – valorile maxime ale densității razelor solare de putere radiantă sunt întâlnite de regulă primăvara, ca urmare a opacității mai scăzute a atmosferei;
- tipul suprafeței, obiectele rugoase, mate se încălzesc mai repede;
- culoarea – obiectele de culoare neagră absorb o cantitate mai mare de căldură.

Cazurile în care în mod direct radiația solară provoacă incendii sunt foarte rare, dar nu imposibile; este cazul buteliilor sau rezervoarelor cu gaze lichefiate expuse direct radiațiilor solare.

**Acțiunea indirectă** a razelor solare constă în focalizarea acestora la trecerea prin lentile convexe, temperatura putând ajunge la câteva sute de grade, provocând, în anumite condiții, aprinderea materialelor ușor combustibile: furaje uscate, aşchii de lemn, hârtie etc.

Pentru ca acțiunea indirectă (focalizarea) razelor solare să devină sursă de aprindere sunt necesare condiții favorizante, astfel:

- zi însorită, senină, primăvara sau vara la amiază în zone cu insolație mare;

- materialul combustibil expus să se afle la o anumită distanță (distanța focală de lentilă);
- materialul să facă parte din categoria celor ușor combustibile sau inflamabile;
- acțiunea razelor solare se exercită un timp suficient asupra aceluiași punct;
- obiectul lentilă să nu fie ecranat sau murdar.

## **2.3. Stingerea incendiilor în clădiri multifuncționale**

### **2.3.1. Organizarea stingerii incendiilor în clădiri multifuncționale**

Activitatea de organizare a stingerii incendiilor se desfășoară din timp, la elaborarea planurilor de intervenție și la momentul recunoașterii – operațiune premergătoare acțiunii de stingere – și presupune:

- estimarea numărului persoanelor ce se pot afla simultan în clădire și stabilirea căilor de evacuare a lor;
- natura, cantitatea, ordinea de așezare și caracteristicile fizico-chimice ale materialelor combustibile existente;
- locul izbucnirii incendiului și posibilitățile de propagare a acestuia;
- pericolul de explozie și intoxicare pentru oameni;
- ce materiale ard și ce mărfuri periculoase se găsesc în zona incendiată;
- posibilitatea și necesitatea evacuării materialelor neincendiate, locul de depozitare a lor și modul de aducere la îndeplinire a acestei acțiuni;
- necesitatea desfacerii și demolării unor elemente de construcție pentru acces, evacuare și intervenție;
- condițiile care favorizează și cele care îngreuiază acțiunea de stingere;
- existența ascensoarelor de intervenție și posibilitățile de folosire a acestora;
- locul de amplasare a tabloului electric general;
- existența surselor de apă, categoria acestora și distanța până la ele;
- forțele și mijloacele necesare pentru stingerea incendiului, locul de amplasare în dispozitiv și substanțele stingătoare cele mai indicate în raport de compatibilitatea de stingere a materialelor incendiate.

### **2.3.2. Principii tactice de stingere a incendiilor în clădiri multifuncționale**

Principiile tactice de stingere în clădiri multifuncționale variază în funcție de destinația spațiului în care a izbucnit incendiul și caracteristicile materialelor care ard ceea ce impune o foarte bună pregătire a echipelor de intervenție pe locul de muncă și a forțelor specializate ale pompierilor profesioniști.

Acțiunea de intervenție pentru stingerea incendiilor trebuie să înceapă cu căutarea, salvarea și evacuarea persoanelor din încăperile incendiate sau blocate de incendiu, activitate care trebuie să se desfășoare pe timpul recunoașterii pe toată durata acțiunii de stingere.

Concomitent se va organiza acțiunea de evacuare a materialelor combustibile neincendiate aflate pe direcția de propagare a incendiului.

Stingerea incendiului se va realiza pe sectoare, organizate atât pe orizontală cât și pe verticală, în funcție de locul de izbucnire a incendiului. Pentru stingere se va folosi apa refulată prin țevi tip „C” prevăzute cu ajutorul pulverizator precum și țevi tip „B” cu jet compact pentru protejarea structurilor de rezistență a clădirilor, îndeosebi în cazul structurilor metalice sau din lemn.

În funcție de natura materialelor care ard, de eficiența și compatibilitatea la stingere se poate folosi spuma, pulberile și gazele inerte.

Majoritatea forțelor și mijloacelor vor fi amplasate și vor acționa la etajul în care a izbucnit incendiul și pe direcția principală de propagare a acestuia fiind organizate pe sectoare cu misiuni de stingere și sectoare cu misiuni de supraveghere, căutare și salvare.

Vor fi de asemenea organizate sectoare cu misiuni de supraveghere la etajele superioare și la etajele inferioare față de etajul incendiat; numărul țevilor de refulare alocate va fi descrescător pe măsură ce va crește distanța pe orizontală și pe verticală față de locul focarului.

O atenție deosebită se va acorda posibilităților de propagare a incendiilor pe fațada clădirilor sau pe căi ascunse, prin canale, ghene, estacade etc.

Datorită înălțimii mari a spațiilor, existenței atriumurilor, a golurilor funcționale și a scărilor rulante, în timpul incendiului apar fluxuri puternice de convecție a produselor de ardere, care influențează viteza de propagare a incendiilor în plan orizontal și vertical.

Din cauza vitezei mari de propagare a incendiului se degajă o mare cantitate de căldură, fum și gaze fierbinți punând în pericol viața utilizatorilor și membrilor forțelor de intervenție.

Pe baza acestor considerații, clădirile multifuncționale sunt prevăzute în mod obligatoriu cu instalații automate de semnalizare și stingere a incendiilor.

Pe timpul acțiunii de stingere a incendiilor, o atenție deosebită se va acorda securității forțelor de intervenție prin protejarea acestora cu măști contra gazelor și aparate de respirat cu aer comprimat.

Servanții care lucrează la înălțime vor fi asigurați cu corzi, cordițe și centuri de siguranță, iar cei care lucrează la evacuarea unor mărfuri cu pericol de explozie, vor fi instruiți și atenționați asupra pericolului.

Ca o scurtă concluzie, succesul stingerii incendiilor la clădiri multifuncționale este determinat de timpul de răspuns al instalațiilor automate de semnalizare și stingere, de acțiunea hotărâtă a primei intervenții și a forțelor specializate ale pompierilor, și în mod deosebit a condițiilor în care se reușește evitarea panicii și evacuarea utilizatorilor aflați în clădire la momentul izbucnirii incendiului.

## **2.4. Efectele incendiilor în clădiri multifuncționale**

### **2.4.1. Efectele psihologice ale incendiilor**

#### **2.4.1.1. Simptomele panicii**

Panica este senzația de spaimă violentă de care este cuprinsă subit o persoană sau colectivitate. În majoritatea cazurilor apar manifestări de frică la una sau mai multe persoane, care se transmite exploziv la întregul grup aflat în zona de manifestare a incendiului. Omul acționează în asemenea cazuri inconștient și egoist pentru a se salva pe sine.

Panica apare totdeauna atunci când omul ajunge la convingerea că se află în pericol, astfel încât prin acțiunea sa nu poate să-l depășească.

În situații când un număr mare de oameni se află împreună, panica se transmite rapid de la unul la altul, rezultând de regulă o comportare necontrolată în masă din care cauză apar accidente soldate cu un număr de victime mai mare decât cel provocat de incendiu. Panica este amplificată când zeci sau sute de oameni strigă, aleargă, se calcă în picioare, ajungând să sară pe ferestre sau de pe acoperișul clădirilor.[12]

Există trei faze ale panicii dezlănțuite: faza de șoc, faza de reacție, faza de restabilire.[28]

*Faza de șoc sau de excitație.* Mulțimea se comportă irațional, este agitată, impulsivă, dezordonată, ajungând până la agresivitate și răspândește groază, prin vociferări, țipete și manifestări haotice.

În această fază au loc două fenomene psihice esențiale: primul constă în sentimentul de inevitabilitate a pericolului, în ideea individuală și colectivă că nimeni și nimic nu mai poate înlătura declanșarea catastrofei. Apare sentimentul de părăsire totală, de salvare pe baza principiului *fiecare pentru sine*. Al doilea fenomen psihic esențial constă în iluzia că fiecare individ se află situat în centrul critic al catastrofei. Faza are o durată scurtă, de câteva zeci de minute până la câteva ore.

*Faza de reacție.* Este caracterizată printr-o stare de inhibiție colectivă și stupoare, care ia locul celei de excitație. Cei mai mulți zac în nemișcare, abătuți și nedumeriți de cele întâmplate. Încep totuși să aprecieze în mod rațional situațiile trăite căutând soluții de ieșire, de salvare. Poate constitui și etapa în care unii se dedau la acte de sinucidere, izolate sau în masă.

*Faza de restabilire.* Este faza de apariție a liderilor, a celor care preiau comanda, de organizare colectivă a acțiunilor pentru ajutorul celor afectați, se analizează pericolul pentru înlăturarea sau prevenirea reizbucnirii unor noi manifestări de panică. Apare sentimentul solidarității, de intervenție, de acte curajoase, de eroism pentru supraviețuire și salvarea semenilor ce se află în pericol.

Cauzele panicii pot fi determinate sau favorizante (vezi figura 1.6).

*Cauzele determinate* sunt de ordin social și de ordin situațional.

Cauzele determinate de *ordin social* sunt legate de starea morală a celor aflați în pericol. O bună instruire, un nivel moral ridicat duce la înfruntarea pericolului fără apariția panicii. În cazul lipsei de instruire a colectivităților, a lipsei de informații în timp util despre pericolul ce-l prezintă evenimentul, apariția zvonurilor demoralizează, slăbesc coeziunea și intensitatea activității / vieții de grup, apare neîncrederea și nesiguranța, ce duc la apariția panicii.

Cauzele determinate de *ordin situațional*. Pe fondul unei stări psihice colective apar evenimente care pot fi neașteptate sau previzibile ce pot declanșa panică. Incendiile apar în mod neașteptat.

*Cauzele favorizante* ale panicii sunt:

- configurația neuro-psihică a individului;
- alte stări psihice de grup;
- violența incendiului;
- susceptibilitatea la panică a unor persoane prin acțiunea stimulilor puternici și periculoși. Apar panicarzii și focare de contagiune în mulțime. Este necesară depistarea și îndepărtarea la timp a celor care sunt primii cuprinși de panică.

Stările psihice de grup au un rol important (exemplu: pe un vapor incendiat, majoritatea persoanelor s-a aruncat în apă, toți fiind mâncați de rechini; incendiul a fost stins, iar cei care au rămas pe vas au scăpat cu viață).

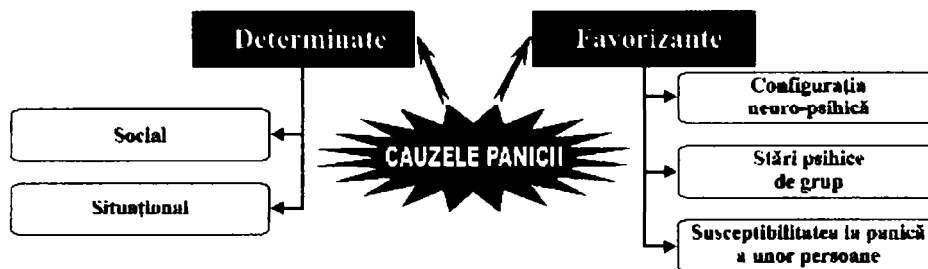


Figura 2.2 Cauzele panicii

### 2.4.1.2. Elementele componente ale panicii

Panica este o psihoză ce are ca elemente necesare fundamentale mulțimea și evenimentul grav.

Panica poate apărea la individul uman care, la rândul său, poate genera panica mulțimii.

S-a ajuns la concluzia<sup>[28]</sup> că panica nu se dezlănțuie în „colectivități” de oameni, ci în „mulțimi” de oameni. Mulțimea reprezintă o adunare întâmplătoare de oameni, neorganizată, neierarhizată (oameni din sălile de spectacole, stadioane, terenuri etc.). În gări, autogări, străzi sunt aglomerări de oameni și nu mulțimi, având un comportament apropiat de cel al „colectivităților”).

Colectivitatea reflectă o organizare, o unitate de acțiune, norme, valori, o anumită ierarhizare (șeful răspunde de fiecare în parte și toți răspund față de șef).

În comunități unde există un cadru disciplinat în care teama, frica de pericol este învinsă (mai ușor), spre deosebire de mulțime unde panica își face loc (numai) în anumite condiții. De aici se deduce importanța pregătirii și organizării fiecărui loc de muncă, a întregii populații pentru prevenirea și combaterea incendiilor.

Incendiul, privit prin prisma evenimentului grav – al doilea element determinant al panicii – prezintă pericol pentru securitatea oamenilor ducând la distrugerii sau degradări ale valorilor materiale și nu de puține ori la răni și pierderi de vieți umane.<sup>[14]</sup>

Pentru diminuarea îngrijorării, pentru preîntâmpinarea panicii, sunt necesare măsuri hotărâte de cunoaștere a adevărului despre pericolul ce-l prezintă aceste situații și trebuie să fie cunoscute acțiunile ce trebuie întreprinse în cazul în care se produc evenimente periculoase (incendii, deflagrații, explozii, scurgeri de substanțe periculoase sau gaze toxice).<sup>[12]</sup>

Primele semne de panică individuală pregătesc calea panicii colective. Caracteristic pentru incendii este rapiditatea cu care se poate trece de la panica individuală la cea de mulțime (la incendiile cu anumite efecte grave: pericol de prăbușire a construcțiilor, posibilitatea producerii unor explozii ș.a.). Este importantă surprinderea la timp a momentului generării panicii la primii oameni, aceasta fiind o acțiune decisivă în oprirea manifestării panicii, dacă se acționează în mod profesionist.

### 2.4.1.3. Prevenirea și combaterea reacțiilor psihice negative individuale și colective

Acțiunile de prevenire (și de intervenție), de combatere a panicii preocupă atât pe cercetătorii psihologici, psihiatrii, cât și pe conducătorii administrativi și politici pentru asigurarea obiectivelor și localităților împotriva incendiilor sau altor

dezastre, și pentru o bună gestionare a intervențiilor în caz de producere a unor situații de urgență.

Cei ce trec prin situații periculoase excepționale sunt puternic afectați din punct de vedere psihic, manifestând diverse reacții de neliniște, teamă, până la panică.

Măsurile *de prevenire* care împiedică aceste stări sunt:<sup>[12]</sup>

- instruirea generală a populației teoretic și practic pentru a acționa în caz de situații excepționale prin: lecții, exerciții și aplicații practice la locul de muncă, expoziții cu teme de prevenire și stingere a incendiilor în locuri publice;

- instruirea, organizarea, gruparea pe locuri de muncă, fiecare să cunoască precis ce are de făcut în asemenea situații. Organizarea dezvoltă sentimentul de siguranță și solidaritate, răspunderea în fața grupului, dar și grupul răspunde de individ când se află în situații periculoase;

- necesitatea realizării de publicații, desfășurarea unor acțiuni cu tematică de prevenire și stingere a incendiilor în învățământul de toate gradele;

- atragerea tinerilor la gestionarea unor acțiuni de prevenire și intervenție în cadrul serviciilor voluntare pentru situații de urgență;

- selecționarea celor care conduc activitățile de intervenție: cei care dau dovadă de calm, perseverență, luciditate în situații critice; conducătorii pripiți, dezorientați și înspăimântați fac să apară reacții violente la unele persoane din cadrul colectivului aflat într-o situație critică;

- personalul pompierilor profesioniști trebuie să aibă asigurate condițiile materiale și climatul psihic corespunzător pentru îndeplinirea ireproșabilă a misiunilor încredințate: condiție fizică bună (capacitatea de a răspunde la efort îndelungat), cunoștințe tehnice de specialitate, cunoștințe teoretice pentru intervenție.

Când apar tulburări psihice la unele persoane sunt necesare măsuri de prim-ajutor psihologic, colaborarea strânsă cu personalul medical. În acest sens pompierii trebuie să cunoască bine reacțiile emoționale care se manifestă la persoanele cuprinse de panică pentru a putea interveni eficient.

Persoanele cu o capacitate superioară de rezistență la stres și autostăpânire trebuie să-i ajute pe cei mai slabi, mai emotivi.

În cazurile persoanelor cuprinse de frică, prezența persoanelor calme, care spun cuvinte prietenești, duce la restabilirea liniștii și la redobândirea stăpânirii de sine.

Sosirea pompierilor profesioniști are ca prim rezultat efectul psihologic de liniștire a oamenilor.

Este necesar ca activitatea de evacuare a persoanelor să fie coordonată de persoane competente cu un anumit grad de autoritate deoarece cauza panicii nu este frica, ci frica nestăpânită.

#### **2.4.2. Efectele incendiilor asupra construcției propriu-zise**

Consecința imediată asupra construcțiilor a producerii unui incendiu o reprezintă producerea pagubelor materiale care se împart în:<sup>[8]</sup>

- a) pagube directe;
  - b) pagube indirecte.
- a) Pagube directe:
- deteriorarea elementelor de construcție;
  - afectarea structurii de rezistență;



- pierderea capacității portante a unor elemente de construcție (îndeosebi a structurilor metalice și a celor din materiale combustibile);
  - apariția unor fisuri;
  - deteriorarea (distrugerea) instalațiilor utilitare (instalații electrice, de încălzire, de ventilație / climatizare, de transport pneumatic);
  - deteriorarea zugrăvelilor, a finisajelor, a placajelor etc.;
  - pagube provocate de acțiunea de stingere.
- b) Pagube indirecte:
- întreruperea funcționării construcției potrivit destinației până la îndepărtarea consecințelor și remedierea distrugerilor provocate de incendiu;
  - suportarea de penalități, sancțiuni ca urmare a nerespectării normelor de prevenire a incendiilor și pentru poluarea mediului, iar în cazul în care se produc victime omenești se stabilește și răspunderea penală în sarcina persoanelor vinovate;
  - pierderea unui segment de *clienți și utilizatori* prin încetarea desfășurării activităților administrative, social-culturale sau de producție, precum și ca urmare a instalării neîncrederii privind securitatea la incendiu a construcției respective.

### 2.4.3. Efectele incendiilor asupra utilizatorilor/publicului

Dacă se are în vedere că fumul în concentrație de 1% creează o atmosferă absolut opacă și că fumul este însoțit de gaze toxice fierbinți (în mod frecvent oxid de carbon), pericolul pentru oamenii aflați în clădire este evident și ridică câteva probleme:

- impactul psihologic;
- posibilitatea apariției victimelor;
- stresul generat de posibilitatea stabilirii vinovăției în sarcina unor persoane.

Cea mai importantă problemă de rezolvat însă, în cazul unui incendiu la o clădire multifuncțională este evacuarea persoanelor.

Trebuie avut în vedere faptul că într-o clădire multifuncțională a cărei arie desfășurată este de zeci de mii de mp, numărul persoanelor care se pot afla simultan în clădire și pe căile de evacuare poate fi de câteva mii.

Problema evacuării persoanelor este condiționată de gestionarea a trei subprobleme: rezistența la foc a clădirii; evacuarea fumului și gazelor fierbinți; evitarea instaurării panicii, în condițiile dimensionărilor corecte a traseelor de evacuare conform schemei din figura 2.3.

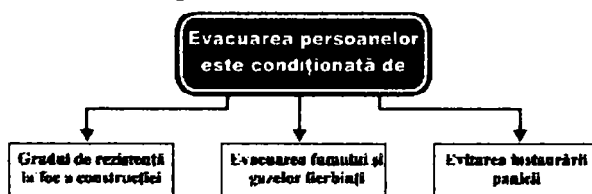


Figura 2.3 Condițiile pentru evacuarea persoanelor

Evacuarea fumului și gazelor fierbinți care sunt în același timp și toxice, este o problemă mai complexă. Aerul fierbinte are tendința să „iasă” prin etajele superioare. Între două niveluri, curenții de aer ascendent urmează trecerile cele mai directe și mai puțin etanșe cum ar fi casele de scări și de ascensor, coridoarele și holurile funcționale.

## 2.5. Sisteme de combatere a incendiilor specifice clădirilor multifuncționale

### 2.5.1. Noțiuni generale

Îndeplinirea cerinței esențiale – „securitate la incendiu” și înlăturarea factorilor de risc în clădiri multifuncționale – se realizează prin măsuri de protecție pasivă și măsuri de protecție activă la foc, urmărind, în principal:<sup>[9]</sup>

- protecția persoanelor (utilizatori, vizitatori) din clădirea incendiată;
- protecția bunurilor, a clădirii și a clădirilor învecinate;
- protecția forțelor de intervenție;
- protecția mediului.

Măsurile de protecție pasivă la foc au în vedere:

- asigurarea respectării corelației dintre destinație, aria construită și desfășurată, gradul de rezistență la foc și sarcina termică;
- compartimentarea antifoc și protecția golurilor;
- respectarea distanțelor și protecția față de vecinătăți;
- asigurarea numărului și dimensiunilor căilor de evacuare (precum și lungimea acestora) astfel încât să se asigure o evacuare fluentă și sigură.

Măsurile de protecție activă iau în considerare:

- *dotarea cu sisteme, aparate și dispozitive performante pentru detectare, semnalizare, alarmare și alertare în caz de incendiu;*
- *sisteme și dispozitive pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți;*
- *sisteme și instalații pentru limitarea propagării focului și stingerea incendiilor.*

Prin realizarea sistemelor și instalațiilor de combatere a incendiilor în clădiri multifuncționale se urmărește atingerea următoarelor obiective:

- protecția și evacuarea utilizatorilor;
- localizarea incendiului în limitele dezvoltării libere a acestuia;
- răcirea elementelor de construcții, a instalațiilor utilitare și a bunurilor din spațiul incendiat și a spațiilor învecinate;
- diluarea fumului și gazelor fierbinți precum și reducerea temperaturii în zona de ardere;
- evacuarea materialelor combustibile din zona de ardere;
- stingerea incendiului.

Eficiența măsurilor de protecție pasivă și activă în caz de incendiu rezultă, conform datelor din figura 2.4, care exprimă evaluarea raportului temperatură/timp, pe faze de evoluție a incendiului.

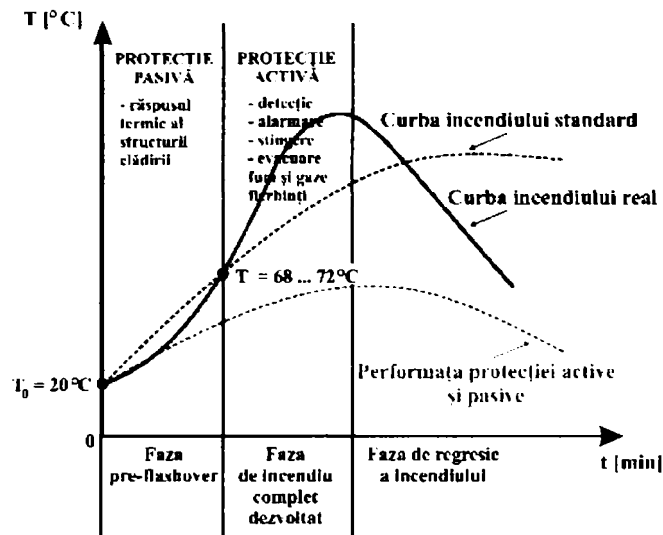


Figura 2.4 Eficiența măsurilor de protecție pasivă și activă în caz de incendiu

Cele două categorii de sisteme de protecție, de protecție pasivă și de protecție activă sunt interdependente și se condiționează reciproc, în sensul că intrarea în funcțiune a mijloacelor tehnice de detectare, avertizare, alarmare, stingere și evacuarea fumului și gazelor fierbinți asigură condiții pentru menținerea capacității portante, etanșeității și izolării termice a sistemelor de protecție pasivă.

### 2.5.2. Categoriile de instalații de stingere care pot fi folosite în clădiri multifuncționale

La alegerea tipului instalațiilor de stingere se are în vedere probabilitatea izbucnirii incendiului și pericolul real prezentat de incendiu pentru oameni, bunuri și mediu, în corelație cu eficiența instalațiilor, luându-se în considerare nu numai cheltuielile de intervenție cât și cheltuielile de exploatare.

La clădirile multifuncționale vor fi prevăzute următoarele tipuri de sisteme și instalații de stingere a incendiilor:

1. Instalații care utilizează apa la stingerea incendiilor:

- instalații cu hidranți de incendiu interiori;
- instalații cu hidranți de incendiu exteriori;
- instalații cu sprinklere;
- instalații cu drenere;
- instalații de stingere a incendiilor cu apă pulverizată;
- instalații de stingere a incendiilor cu ceață de apă;
- instalații de stingere a incendiilor cu spumă;
- instalații de stingere cu abur a incendiilor.

Adițional sunt menționate **coloanele uscate**, considerate ca fiind cele mai simple instalații, existente permanent într-o clădire și destinate racordării furtunurilor pompierilor, puse sub presiune în momentul utilizării

2. Instalații de stingere a incendiilor cu substanțe speciale

- instalații de stingere a incendiilor cu bioxid de carbon;
- instalații de stingere a incendiilor cu azot (IG - 100);

- instalații de stingere a incendiilor, cu substanțe de tip FM200 (HFC - 227 EA);
- instalații de stingere a incendiilor cu inergen (IG - 541);
- instalații de stingere a incendiilor cu argon (IG - 01);
- instalații de stingere a incendiilor cu substanțe tip NAF SIII (HCFC/A);
- instalații de stingere a incendiilor cu substanțe tip ECARO (HFC - 125);
- instalații de stingere a incendiilor cu aerosoli;
- instalații de stingere a incendiilor cu spumă chimică sau mecanică;
- instalații de stingere cu pulberi a incendiilor.

**a) Instalațiile de hidranți** folosesc, de regulă, ca agent de stingere apa iar în anumite situații spuma; sunt de două tipuri:

- hidranți interiori;
- hidranți exteriori

Scopul instalațiilor de hidranți, atât interiori cât și exteriori, este acela de limitare și localizare a incendiilor, stingerea incendiilor, răcirea elementelor de construcții, a instalațiilor utilitare, protecția bunurilor din zona incendiată și învecinată, diluarea și dispersarea fumului și gazelor fierbinți, protecția personalului de intervenție.

În compunerea acestor instalații intră:

- la hidranții interiori: rețele de conducte de alimentare cu apă, cu racorduri fixe și robinet de închidere/deschidere; furtun de refulare, țevă de refulare simplă sau cu robinet; în cazul în care se are în vedere folosirea spumei, hidranții interiori vor fi prevăzuți cu dispozitiv de producere a spumei, cu recipient de spumant și țevă generatoare de spumă; cutie de hidrant.

- la hidranții exteriori: rețea de conducte de alimentare cu apă pe care sunt montați hidranți subterani sau supraterani; furtun de refulare; țevi de refulare a apei; iar în cazul hidranților subterani se vor asigura hidranți portativi cu robinete; când se are în vedere folosirea spumei pentru stingere, se va prevedea un dispozitiv de producere a spumei cu recipient pentru spumant și țevi generatoare de spumă.

**b) Instalațiile de sprinklere** sunt instalații cu rol complex, permițând detectarea incendiilor, refularea automată a apei în zona incendiată (suprafață limitată) și avertizarea personalului, local sau la distanță. În funcție de temperatura minimă a mediului ambiant în care sunt montate, instalațiile de sprinklere pot fi de tipul: apă-apă; apă-aer; apă-antigel. În figura 2.5 este prezentată o variantă de realizare a unei instalații de sprinklere.

1 - conductă principală de alimentare cu apă; 2 - robinet principal; 3 - aparat de control și semnalizare (ACS) tip apă-apă; 4 - conductă de distribuție a apei la sectoarele cu sprinklere; 5 - conductă de ramificație; 6 - distribuitor (cu diametru constant); 7 - sprinkler; 8 - conductă de control; 9 - robinet (în poziția deschis echivalează cu un sprinkler declanșat); 10 - robinet de control; 11 - racord la turbina de semnalizare; 12 - robinet normal deschis; 13 - turbină; 14 - pâlnie; 15 - racord de canalizare; 16 - conductă de golire; 17 - robinet de golire; 18 - racord la instalația de semnalizare optică; 19 - conductă de alimentare cu apă de la surse exterioare; 20 - clapetă de reținere; 21 - racorduri de la sursele exterioare de alimentare cu apă; 22 - manometru pentru citirea presiunii apei în conducta de alimentare; 23 - manometru pentru citirea presiunii în aval de ACS.

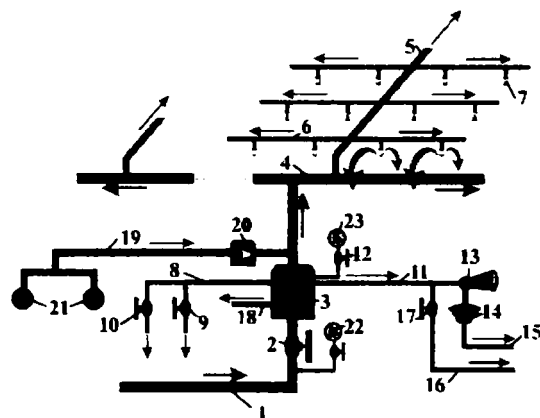
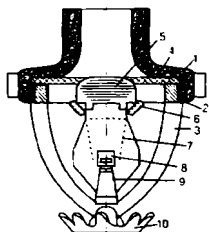


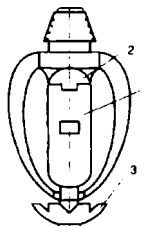
Figura 2.5 Schema funcțională a instalației de sprinklere în sistem apă-apă

Pentru detectarea incendiului, declanșarea instalației și dispersarea apei se utilizează sprinklere cu element fuzibil, sticlă (plin cu soluție tip alcool). Alegerea formei rozetei (deflectorului) este determinată de scopul urmărit: localizarea și stingerea incendiului; protecția elementelor de construcție și limitarea propagării incendiului; ambele situații (figurile 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10).



1 - corpul de bronz al sprinklerului; 2 - inel de bronz; 3 - cadru de susținere; 4 - diafragmă; 5 - ventil; 6 - închizător; 7, 8, 9 - plăcuțe din aliaj ușor fuzibil; 10 - rozetă

Figura 2.6 Sprinkler tip standard



1 - fiolă din sticlă (bulb); 2 - ventil; 3 - rozetă

Figura 2.7 Sprinkler cu bulb

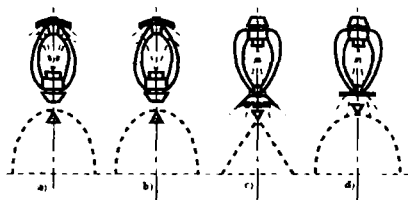


Figura 2.8 Secțiuni verticale prin jeturile de apă ale diferitelor tipuri de sprinklere

a - standard; b - cu rozetă concavă; c - cu deflector conic; d - cu deflector în formă de disc plan, prevăzut cu fante pe direcția radială

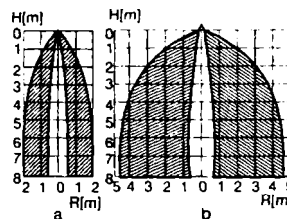


Figura 2.9 Formele geometrice ale jetului de apă pentru sprinkler cu diametrul de 10,5 mm

a - la presiuni de 0,5 bar la orificiul de stropire; b - la presiuni de 2 - 4,5 bar la orificiul de stropire

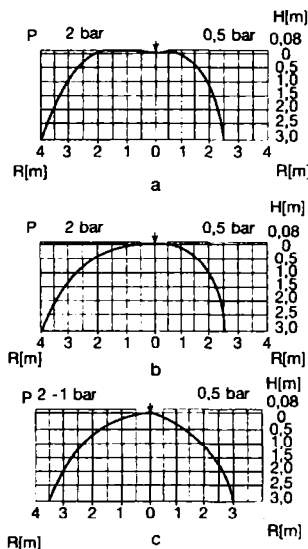
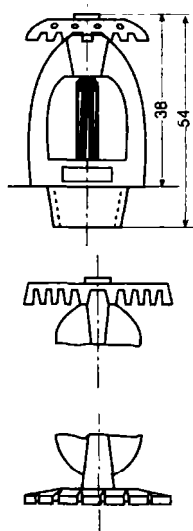


Figura 2.10 Sprinklere cu declanșare normală

**c) Instalațiile de drencere** sunt instalații destinate pentru stingerea incendiilor cu apă, limitarea sau localizarea acestora, prin realizarea unor perdele de

apă cu care se protejează golurile (uși, ferestre, scări rulante etc.) din elementele de compartimentare împotriva incendiilor, răcirea unor suprafețe sau bunuri ce pot fi afectate de căldură în caz de incendiu etc. Instalațiile de drencere sunt acționate manual, dar pot fi și automatizate. Dispozitivele de refulare a apei (drencerele) sunt, de regulă, sprinklere fără element de declanșare. Din acest motiv, instalațiile de drencere refulază apa simultan, prin mai multe ajutaje (aparținând unui sector de drencere). În figura 2.11 este prezentată schema unei instalații de drencere

- 1 - conductă de alimentare cu apă;
- 2 - robinetul principal de închidere;
- 3 - dispozitivul de acționare automată a instalației;
- 4 - rețea de conducte pe care se montează drencerele;
- 5 - drencer;
- 6 - detector de incendiu;
- 7 - circuit de impuls;
- 8 - dispozitiv de confirmare a acțiunii drencerului;
- 9 - robinet de golire;
- 10 - pâlnie;
- 11 - manometru;
- 12 - conductă de racord;
- 13 - racord fix la pompe mobile de incendiu;
- 14 - clapetă de reținere.

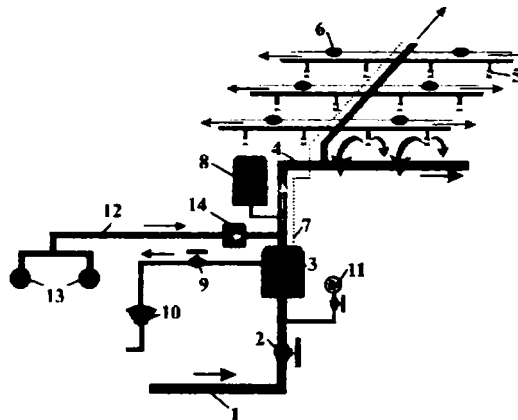
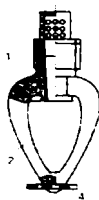


Figura 2.11 Schema funcțională a instalației cu drencere cu funcționare automată

În figura 2.12 a) și b) sunt prezentate tipurile părților componente ale capetelor drencer.

- 1 - corpul drencerului;
- 2 - cadru de susținere;
- 3 - rozetă plată;
- 4 - rozetă cu zimți



a) Drencer cu rozetă dreaptă și filtru pentru montarea cu capul în jos



b) Drencer cu rozetă cu zimți îndoiți pentru montarea cu capul în sus

Figura 2.12 Drencere

**d) Instalațiile de stingere cu apă pulverizată** sunt instalații similare constructiv și din punct de vedere al destinației, cu instalațiile drencer, deosebirile constând în:

- presiune de lucru, minimă necesară 4 - 6 bar față de maximum 3 bar la instalațiile de drencer;
- finețea picăturilor de apă mai mare, dar lungimea eficientă a jetului de apă redusă - maximum 1,5 m.

În figura 2.13 și figura 2.14 sunt prezentate tipurile de duze folosite în instalația de stingere cu apă pulverizată:

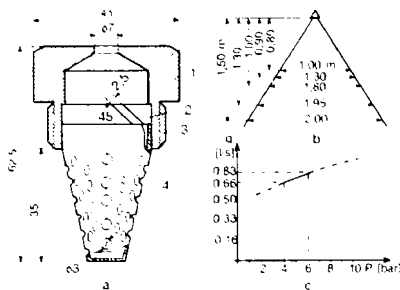


Figura 2.13 Duza de pulverizare tip ER

(φ 7 mm)

**a** – elemente constructive; **b** – caracteristica jetului de apă pulverizată; **c** – caracteristica debit-presiune  
**1** – corpul duzei; **2** – pastile de rotire; **3** – filet;  
**4** – filtru (sită)

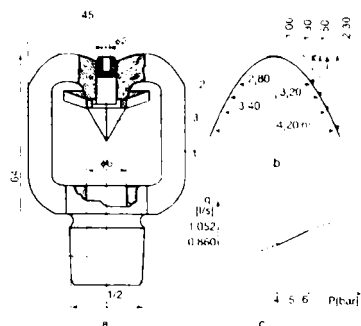


Figura 2.14 Duza de pulverizare tip PLUVIA

**a** – elemente constructive; **b** – caracteristica jetului de apă pulverizată; **c** – caracteristica debit-presiune pentru duza de pulverizare PLUVIA PG

**1** – corpul duzei; **2** – deflector; **3** – con

Aționarea unor astfel de instalații este locală și nu pe suprafețe întinse, așa cum este cazul instalațiilor de drencere.

**e) Instalații de stingere a incendiilor cu ceață de apă** se prevăd pentru:

- protecția elementelor de structură ale clădirii (grinzi, stâlpi etc.);
- protecția echipamentelor instalațiilor tehnologice, a recipientelor pentru lichide combustibile cu temperaturi de inflamabilitate a vaporilor mai mari de 60°C și gaze inflamabile, a motoarelor cu ardere internă, precum și a gospodăriilor de cabluri electrice cu izolație combustibilă;
- protecția împotriva radiației termice emise de un incendiu învecinat, pentru a limita absorbția căldurii până la limita care previne sau micșorează avariile;
- stingerea incendiilor de materiale combustibile solide (lemn, hârtie, textile, materiale plastice etc.);
- prevenirea formării unor amestecuri explozibile în spații închise, sau în spații deschise, prin diluarea amestecurilor explozive sau a scăpărilor de gaze ce pot forma amestecuri explozive.

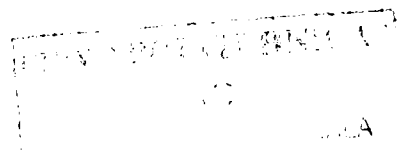
Se recomandă adoptarea instalațiilor de limitare și stingere a incendiilor cu ceață de apă în situațiile în care rezervele de apă sunt limitate sau când alimentarea cu apă se face cu restricții.

Instalațiile cu ceață de apă se recomandă pentru limitarea și stingerea incendiilor de clasele A, B și C.

Instalațiile de limitare și stingere a incendiilor cu ceață de apă, nu sunt recomandate în cazurile în care apa în contact cu substanțele combustibile care ard, formează amestecuri explozibile sau toxice.

Componentele principale ale instalațiilor de stingere a incendiilor cu ceață de apă sunt următoarele:

- sursa de alimentare cu apă;
- rezervoare (sau recipiente) pentru stocarea rezervei de apă necesară stingerii incendiilor cu ceață de apă;
- stația de pompare a apei (din rezervoarele de stocare, prin rețeaua de conducte, la duzele de pulverizare);
- rețeaua de conducte de alimentare cu apă a duzelor de pulverizare;



- duze de pulverizare a apei;
- armături, aparate și dispozitive de comandă, siguranță și control;
- instalația proprie de detectare, semnalizare și comandă în caz de incendiu;
- sursele de alimentare cu energie electrică.

#### **f) Instalații de stingere cu abur a incendiilor**

Ca substanță de stingere a incendiului este recomandat atât aburul saturat (care este cel mai eficient), cât și aburul supraîncălzit.

Aburul, ca substanță de stingere a incendiului, este recomandat să se utilizeze în instalații fixe și semifixe, în special acolo unde există o sursă permanentă de abur și care asigură cantitatea de abur necesară funcționării instalației de stingere.

Efectul de stingere al aburului se bazează pe reducerea concentrației de oxigen în zona de ardere, până la o limită la care arderea încetează. Pentru aceasta este necesară o concentrație volumică a aburului în aer de minimum 35%.

Instalațiile de stingere cu abur a incendiului se prevăd în conformitate cu reglementările tehnice în vigoare și pot fi folosite pentru:

- stingerea incendiilor declanșate pe suprafețe mici (prin inundarea incintelor închise cu volume mai mici de 500 m<sup>3</sup>), precum și pentru stingerea incendiilor la rezervoare conținând fluide cu temperatura de inflamabilitate peste 100°C și un volum mai mic de 5000 m<sup>3</sup>;
- limitarea propagării incendiilor prin crearea de perdele de abur astfel amplasate încât să constituie bariere continue de abur;
- prevenirea incendiilor și exploziilor în spații în care pot apare scăpări de fluide inflamabile (explozibile), prin inundarea spațiilor respective pentru diluarea amestecurilor de astfel de fluide.

Instalațiile de stingere a incendiilor cu abur nu se utilizează în cazurile în care, în spațiul supus inundării există:

- materiale care în contact cu apa ar reacționa violent;
- materiale care s-ar topi la temperatura jetului de abur;
- instalații electrice sub tensiune;
- persoane care nu pot fi evacuate.

Instalațiile fixe de stingere cu abur a incendiilor se compun din (vezi figura 2.15):<sup>[91],[92]</sup>

- sursa de alimentare cu abur;
- conducta principală de abur (legată la sursa de alimentare înaintea robinetului de închidere a consumatorilor tehnologici);
- robinetul conductei principale de alimentare cu abur (normal deschis);
- ventilul automat de acționare;
- rețeaua de distribuție a aburului (cu conducte perforate);
- detectoare de incendiu (amplasate în incinta protejată);
- tabloul electric de comandă al instalației;
- butoane de acționare manuală;
- dispozitiv de semnalizare acustică locală (pentru avertizarea personalului aflat în incinta protejată);
- conducta de alimentare cu abur a instalației semifixe, cu hidranți de abur.



1- conductă principală de abur; 2 - robinet închidere consumator; 3 - robinet conductă principală de abur; 4 - ventil alimentare automată; 5 - rețea de distribuție cu conducte perforate; 6 - detectoare de incendiu; 7 - tablou comandă; 8 - butoane de acționare manuală; 9 - dispozitiv de semnalizare acustică locală; 10 - conductă de alimentare a instalației semifixe; 11 - vană instalație semifixă; 12 - vane manuale; 13 - manometru

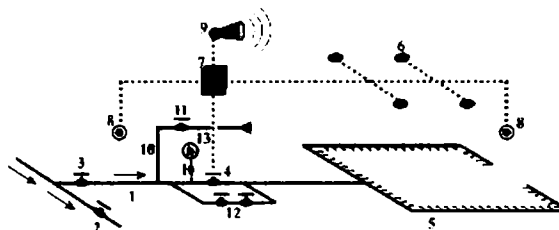


Figura 2.15 Schema funcțională a instalației de stingere a incendiilor cu abur

Instalațiile fixe de stingere cu abur a incendiului pot fi cu acționare automată și/sau manuală.

Instalațiile semifixe de stingere cu abur a incendiilor se compun dintr-o conductă de alimentare cu abur pe care se montează, de regulă din 25,00 în 25,00 m, hidranți de abur pentru intervenție manuală de stingere a începuturilor de incendii izbucnite pe sol sau la diferite niveluri ale instalațiilor tehnologice.

**g) Instalațiile de stingere cu spumă** a incendiilor sunt astăzi larg răspândite, datorită raportului optim între costul și eficacitatea acestora și a faptului că au, în general, o fiabilitate ridicată.

Din punct de vedere al alcătuirii, instalațiile de stingere cu spumă a incendiilor pot fi:

- **fixe:** toate elementele componente în stare de fixație;
- **semifixe:** o parte din elementele componente sunt mobile.
  - traseele de distribuție și dispozitivele de generare spumă sunt fixe, iar sursa de alimentare cu soluția spumantă - mobilă;
  - sistemul de alimentare cu apă, rezervorul de spumant și sistemul de dozare fixe, în timp ce dispozitivul de generare spumă este mobil (racordarea prin furtun);
  - sistemul de alimentare cu apă fix, rezervorul de spumant, dozatorul și dispozitive de generare mobile.

➤ **mobile:** toate elementele componente sunt mobile (autospeciale).

Din punct de vedere al coeficientului de înfoiere al spumei utilizate, instalațiile de stingere cu spumă pot fi: cu spumă de joasă înfoiere; cu spumă medie de înfoiere; cu spumă de înaltă înfoiere.

Indiferent de varianta constructivă, schema de principiu a unei instalații de stingere cu spumă conține: sistemul de alimentare cu apă; rezerva de spumant; sistemul de dozare a spumantului în apă; rețele de distribuție a soluției spumante; dispozitive de generare spumă (de înfoiere a soluției spumante), conform figurii 2.16.[91],[92]

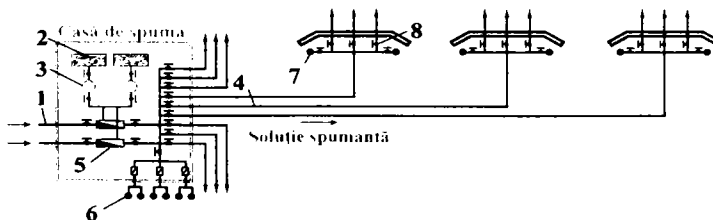


Figura 2.16 Schema funcțională a instalației de stingere a incendiilor cu spumă

1 - sistemul de alimentare cu apă; 2 - rezerva de spumant; 3 - sistemul de dozare a spumantului cu apă; 4 - rețele de distribuție a soluției spumante; 5 - dispozitive de generare a spumei; 6, 7 - racorduri pentru alimentare cu apă de la pompe mobile; 8 - vane distribuție

La generarea spumelor (de joasă, medie și înaltă înfoiere) se utilizează echipamente similare pentru alimentarea cu apă și dozarea spumanților, diferite fiind numai dispozitivele de generare spumă (refulare).

În cazul instalațiilor pentru spumă de înaltă înfoiere, sistemele de dozare sunt, de regulă, încorporate în dispozitivul (agregatul) de generare a spumei.

Instalațiile de stingere a incendiilor cu spumă, fixe sau semifixe se prevăd, de regulă, la:

- construcțiile în care se utilizează sau păstrează peste 10 m<sup>3</sup> lichide combustibile cu temperatură de aprindere mai mică de 55 °C (benzină, petrol, toluen, alcool etc.);
- construcțiile în care se utilizează sau păstrează peste 50 m<sup>3</sup> lichide combustibile cu temperatura mai mare de 55°C (motorină, păcură, uleiuri etc.);
- rampele auto sau căile ferate cu mai mult de 5 guri de încărcare-descărcare pentru lichide combustibile.

Pentru spațiile sau construcțiile unde se utilizează frecvent lichide combustibile, dar în cantități mai mici de 50 m<sup>3</sup> se recomandă prevederea unor instalații semifixe sau mobile, cu performanțe corespunzătoare mărimii unor posibile focare în zona protejată.

#### **h) Instalațiile de stingere a incendiilor cu gaze**

Din categoria instalațiilor cu gaze inerte fac parte, de regulă, instalațiile de stingere cu dioxid de carbon și azot. Din punct de vedere constructiv, ele pot fi:

- instalații fixe,
- instalații semifixe
- instalații mobile – automate sau manuale.

Din punctul de vedere al modului de acționare instalațiile de stingere a incendiilor cu gaze sunt cu acționarea automată, cu acționare manuală și cu acționare mixtă.

Instalațiile de stingere cu dioxid de carbon se construiesc în două variante:

- de înaltă presiune;
- de joasă presiune.

Indiferent de tipul gazului sau înlocuitorului de halon utilizat, sunt cunoscute două principii de stingere:

- inundarea totală;
- acționarea locală (acolo unde nu sunt condiții de inundare totală).

În principiu, instalațiile de stingere cu gaze se compun din:

- sursa de alimentare (recipiente, butelii etc.);
- sistemul de reducere a presiune (reductor de presiune);
- colector;
- dispozitive de semnalizare comandă și acționare;
- conducte principale de transport și distribuție;
- rețea de conducte de distribuție;
- duze de refulare;
- aparatură de măsură și control a funcționării instalației.

Având în vedere costul relativ ridicat al instalațiilor de stingere a incendiilor cu gaze inerte sau cu înlocuitori de haloni, ele se adoptă ca soluție atunci când mijloacele de stingere cu apă sau spumă nu sunt eficiente sau sunt contraindicate, cum ar fi:

➤ în spații unde se păstrează documente și bunuri de importanță deosebită sau de mare valoare (muzee, arhive, biblioteci etc.);

> în încăperi cu pericol mare de incendiu, unde se află instalații sau aparataje de mare valoare (laboratoare științifice, săli de calculatoare, săli de comandă, centrale telefonice automate, centrale electrodinamice din domeniul feroviar);

> la mașini și instalații care se află în încăperi închise și au un rol important în asigurarea continuității unor procese tehnologice;

> în încăperi în care se află temporar sau permanent substanțe care, în contact cu apa sau aerul, produc reacții periculoase;

> la bazine și rezervoare tehnologice cu lichide combustibile calde, degradabile în contact cu spuma (bazine de călire).

Schema de principiu a unei instalații de stingere a incendiilor cu gaze inerte este prezentată în figura 2.17.

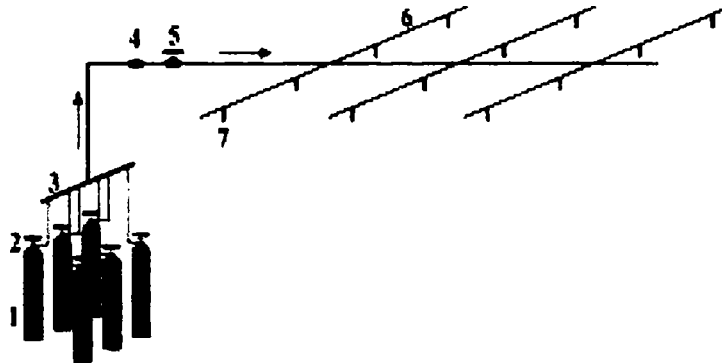


Figura 2.17 Schema funcțională a instalației de stingere cu gaze

1 - baterie de butelii; 2 - supape automate; 3 - colector; 4 - reductor de presiune;  
5 - robinet; 6 - rețea de distribuție; 7 - duze de refulare;

## 2.6 Concluzii și contribuții personale

Izbucnirea incendiilor în clădiri multifuncționale este favorizată de o serie de factori specifici, autorul identificând o serie de factori de natură subiectivă și de natură obiectivă care favorizează aprinderea, dezvoltarea și propagarea incendiilor din clădiri multifuncționale astfel:

### a) Factori de natură subiectivă:

- imposibilitatea organizării într-o concepție unitară a apărării împotriva incendiilor din cauza suprafeței clădirii și fluctuației personalului (salariați ai proprietarului clădirii și ai societății comerciale care au statutul de chiriaș);

- afluența mare de public eterogen (bărbați, femei, copii, bătrâni, persoane cu dizabilități);

- necunoașterea topografiei clădirii, respectiv a amplasamentului scărilor de evacuare;

- posibilitatea instaurării panicii.

### b) Factori de natură obiectivă:

- suprafața mare construită și desfășurată a clădirii;

- marea diversitate a destinației spațiilor cu diferite densități de sarcină termică;

- existența unor mari deschideri pe orizontală și pe verticală care favorizează propagarea și dezvoltarea incendiului, a fumului și gazelor fierbinți;

- existența unor canale, ghene, tubulaturi care permit izbucnirea și propagarea incendiului pe căi ascunse.

Făcând o analiză pertinentă a celor 15 tipuri de surse de aprindere cu care operează pompierii români la completarea rapoartelor de intervenție, autorul, având în vedere și experiența practică, apreciază că această tipologie este greoaie, excesiv de analitică și propune „pe lângă o nouă concepție de selecționare a personalului” o tipologie mai simplă, care să subsumeze mare diversitate a surselor de aprindere în categorii mai largi, astfel:

- surse de aprindere cu flacără;
- surse de aprindere de natură termică;
- surse de aprindere de natură electrică;
- surse de aprindere de natură mecanică;
- surse de aprindere spontană (autoaprindere);
- surse de aprindere naturale.

**Notă:** În această clasificare nu avem în vedere incendiile, exploziile provocate prin acțiune intenționată.

Măsurile de protecție pasivă și măsurile de protecție activă întreprinse în faza de proiectare și executare a clădirilor multifuncționale, sunt completate de organizarea din timp (la darea în exploatare) a intervenției pentru stingerea incendiilor izbucnite în clădiri multifuncționale (scenariul la foc care are în vedere 13 criterii).

Succesul stingerii incendiilor la clădiri multifuncționale este determinat de timpul de răspuns al instalațiilor automate de semnalizare și stingere, de acțiunea hotărâtă a primei intervenții și a forțelor specializate ale pompierilor, și în mod deosebit a condițiilor în care se reușește evitarea panicii și evacuarea utilizatorilor aflați în clădire la momentul izbucnirii incendiului.

Una dintre cele mai grave consecințe ale incendiilor din clădiri multifuncționale o constituie apariția și instaurarea panicii.

Incendiile conduc la schimbarea condițiilor de mediu – apariția fumului și a produselor toxice de ardere – cu acțiuni directe asupra oamenilor și mediului.

Autorul a identificat și propune un set de măsuri menite să evite apariția panicii, în caz de incendiu la clădiri multifuncționale:

- instruirea generală a populației (teoretic și practic) pentru a acționa în caz de situații excepționale;
- instruirea, organizarea, gruparea pe locuri de muncă a personalului;
- necesitatea desfășurării unor acțiuni cu tematică de prevenire și stingere a incendiilor în învățământul de toate gradele;
- atragerea tinerilor la gestionarea unor acțiuni de prevenire și intervenție în cadrul serviciilor voluntare pentru situații de urgență;
- selecționarea celor care conduc activitățile de intervenție: cei care dau dovadă de calm, perseverență, luciditate în situații critice;
- personalul pompierilor profesioniști trebuie să aibă asigurate condițiile materiale și climatul psihic corespunzător.

Au fost identificate consecințele proceselor de ardere asupra construcțiilor, materializate în pagube directe și pagube indirecte.

Un rol important în proiectarea la foc a clădirilor multifuncționale îl au pe lângă măsurile de ordin constructiv (măsuri de protecție pasivă) asigurarea dotării cu instalații adecvate pentru stingerea incendiilor astfel:

- 1) Instalații care utilizează apa la stingerea incendiilor;
- 2) Instalații de stingere rapidă cu substanțe speciale:
  - instalații de stingere a incendiilor cu bioxid de carbon;

- EA);
- instalații de stingere a incendiilor cu azot (IG - 100);
  - instalații de stingere a incendiilor, cu substanțe de tip FM200 (HFC - 227
  - instalații de stingere a incendiilor cu inergen (IG - 541);
  - instalații de stingere a incendiilor cu argon (IG - 01);
  - instalații de stingere a incendiilor cu substanțe tip NAF SIII (HCFC/A);
  - instalații de stingere a incendiilor cu substanțe tip ECARO (HFC - 125);
  - instalații de stingere a incendiilor cu aerosoli;
  - instalații de stingere a incendiilor cu spumă chimică sau mecanică;
  - instalații de stingere cu pulberi a incendiilor.

# Capitolul 3. COMPORTAREA ȘI CONFORMAREA LA FOC A CLĂDIRILOR MULTIFUNCȚIONALE

## 3.1. Comportarea și conformarea la foc a materialelor pentru construcții multifuncționale

Comportarea la foc este definită prin totalitatea schimbărilor fizice și chimice intervenite atunci când un material produs sau ansamblu, este supus acțiunilor unui incendiu, iar reacția la foc reprezintă contribuția pe care un material prin propria descompunere o are la alimentarea unui foc în condiții și împrejurări determinate. [67],[72]

Construcțiile în ansamblu și elementele de construcție ale acestora vor fi astfel alcătuite și realizate încât să nu favorizeze propagarea focului și a fumului.

Elementele de bază care definesc comportarea la foc a unei construcții sunt: *gradul de rezistență la foc*, *riscul/categoria de pericol de incendiu* și *sarcina termică*. Determinarea și corelarea corectă a acestora au o importanță deosebită în evaluarea măsurilor de protecție ce trebuie luate la realizarea unei clădiri.

**Gradul de rezistență la foc** este capacitatea globală a construcției de a răspunde la acțiunea focului și este definit de:

- *limita de rezistență la foc* a fiecărui element;
- *combustibilitatea materialelor* din care este confecționat elementul.

În funcție de cele două elemente definitorii, elementele de construcții se încadrează, conform normativelor în vigoare, în **cinci grade de rezistență la foc**. Modul de rezistență la foc a întregii clădiri este dat de elementul cel mai defavorabil.

**Limita de rezistență la foc** este stabilită pe baza a trei criterii: capacitatea portantă (stabilitate), izolare termică, etanșeitate.

**Riscul de incendiu** la clădirile multifuncționale este determinat în principal de densitatea sarcinii termice ( $q_s$ ) determinată prin calcul și de destinația fiecărui compartiment de incendiu.

Spațiul pentru care se determină **sarcina termică** (cantitatea de căldură pe care o pot degaja prin ardere completă materialele combustibile existente în spațiul de incendiu) este de regulă un compartiment de incendiu al unei construcții sau, după caz, o parte a acestuia (o încăpere sau un grup de încăperi, o zonă dintr-o hală etc.). Practic, sarcina termică reprezintă produsul dintre cantitatea de material combustibil (în kg) și puterea calorică inferioară (în kJ/kg) ale materialului respectiv. Sarcina termică totală reprezintă o sumă a sarcinilor termice ale tuturor materialelor combustibile în spațiul considerat.

Determinarea comportării la foc a construcțiilor este prezentată în figura 3.1: [9]

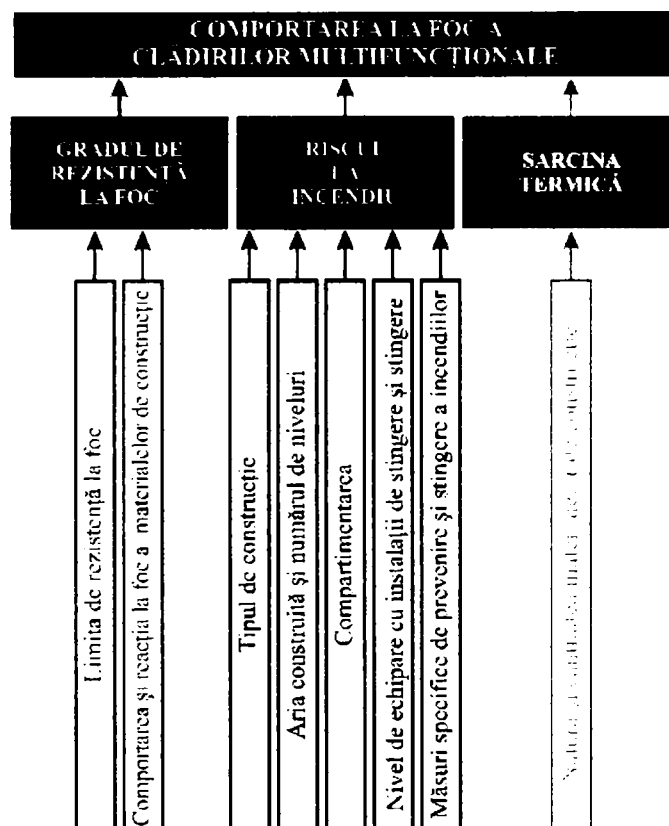


Figura 3.1 Comportarea la foc a construcțiilor

Aprecierea reală a comportării la foc a unei construcții se poate face după stingerea incendiului prin constatări și măsurători. Activitățile cu risc mare de incendiu se vor dispune în construcție în zone distincte, iar cele cu pericol de explozie la ultimul nivel. Dacă această dispunere nu este posibilă tehnic sau funcțional se vor lua măsuri de protecție și de compartimentare necesare.

Prin dispunerea funcțiilor în clădire și asigurarea măsurilor de protecție corespunzătoare, se va urmări eliminarea respectiv, limitarea propagării ușoare a fumului și focului în afara compartimentului în care s-a produs incendiu, precum și protejarea compartimentelor învecinate.

Funcțiile diferite dintr-o clădire multifuncțională, se separă de regulă cu elemente de construcție verticale și orizontale, rezistente la foc, astfel alcătuite și dimensionate încât să nu pună în pericol viața utilizatorilor un timp determinat.

În legislația românească materialele pentru construcții au fost clasificate (până la armonizarea legislației interne cu legislația Uniunii Europene), în materiale combustibile și materiale incombustibile.

Normativul de siguranță la foc a construcțiilor, indicativ P118-99, definește combustibilitatea materialelor și elementelor de construcții ca fiind capacitatea acestora de a se aprinde și a arde în continuare, contribuind la creșterea cantității de căldură dezvoltată de incendiu. Standardul 11357/90 (în prezent anulat) clasifica materialele și elementele de construcții din punct de vedere al combustibilității în două grupe:

- **Incombustibile – C0** – care, sub acțiunea focului sau a temperaturii înalte nu se aprind, nu ard mocnit și nu se carbonizează;

• **Combustibile** – cu patru clase, **C1, C2, C3, C4**, în funcție de proprietatea lor de a se aprinde ușor sau greu și de capacitatea de a contribui la dezvoltarea incendiului.

Clasificarea s-a realizat în baza unor criterii determinate prin metode naționale de încercare la foc (STAS 8558/1978, STAS 8025/1984, STAS 12982/1991 – în prezenta anulate).

Normativul P118 clasifică materialele și elementele de construcție în:

- a) **incombustibile C0 (CA1)**;  
 b) **combustibile cu 4 clase de combustibilitate:**
- **C1 (CA2a)** – practic neinflamabile;
  - **C2 (CA2b)** – dificil inflamabile;
  - **C3 (CA2c)** – mediu inflamabile;
  - **C4 (CA2d)** – ușor inflamabile.

Codificările CA1 – CA2 sunt preluate din standardul SR CEI 60364/1997 – instalații electrice în clădiri, fără relevanță în cazul produselor pentru construcții.

Uniunea Europeană a adoptat un sistem unitar de clasificare a materialelor de construcții, din punct de vedere al reacției la foc potrivit parametrilor determinați prin standardele cuprinse în **Decizia 00/147/CE/08.02.2000**, care stabilește criteriile de performanță în noile euroclase, conform tabelului 3.1.

**Criterii de performanță ale materialelor de construcții**

**Tabelul 3.1**

Nr. crt.	Simbol	Criterii de performanță
1.	$\Delta T$	Creșterea de temperatură
2.	$\Delta m$	Pierderea de masă
3.	$t_f$	Durata de persistență a flăcării
4.	PCS	Puterea calorică superioară
5.	FIGRA	Viteza de dezvoltare a incendiului
6.	THR <sub>600</sub>	Degajare totală de căldură
7.	LFS	Propagarea laterală a flăcării
8.	SMOGR	Viteza de emisie a fumului
9.	TSP <sub>600s</sub>	Emisia totală de fum

**Decizia 00/147/CE/08.02.2000** referitoare la implementarea **Directivei 89/106/CEE** privind clasificarea performanțelor de reacție la foc a produselor pentru construcții, stabilește și euroclasele de performanță privind reacția la foc a produselor pentru construcții, cu excepția pardoselilor, conform tabelului 3.2:

**Euroclase de performanță**

**privind reacția la foc a produselor pentru construcții**

**Tabelul 3.2**

Clasa	Metoda (metodele) de încercare	Criterii de clasificare	Clasificare suplimentară
<b>A<sub>1</sub></b>	EN ISO 1182 <sup>(1)</sup>	$\Delta T \leq 30 \text{ }^\circ\text{C}$ și $\Delta m \leq 50\%$ $t_f = 0$ (fără flăcări susținute)	-
	EN ISO 1716	PCS $\leq 2,0 \text{ MJ/kg}$ , <sup>(1)</sup> PCS $\leq 2,0 \text{ MJ/kg}$ , <sup>(2)</sup> PCS $\leq 1,4 \text{ MJ/m}^2$ , <sup>(3)</sup> PCS $\leq 2,0 \text{ MJ/kg}$ , <sup>(4)</sup>	-



Clasa	Metoda (metodele) de încercare	Criterii de clasificare	Clasificare suplimentară
A <sub>2</sub>	EN ISO 1182 <sup>(1)</sup>	$\Delta T \leq 50 \text{ }^\circ\text{C}$ și $\Delta m \leq 50\%$ $t_f \leq 20\text{s}$	-
	EN ISO 1716	PCS $\leq 3,0 \text{ MJ/kg}$ , <sup>(1)</sup> PCS $\leq 4,0 \text{ MJ/kg}$ , <sup>(2)</sup> PCS $\leq 4,0 \text{ MJ/m}^2$ , <sup>(3)</sup> PCS $\leq 3,0 \text{ MJ/kg}$ , <sup>(4)</sup>	-
	EN 13823 (S.B.I.)	FIGRA $\leq 120 \text{ W/s}$ și LFS < marginea epruvetei și THR <sub>600s</sub> $\leq 7,5 \text{ MJ}$	Emisie de fum <sup>(5)</sup> și picături/particule arzânde <sup>(6)</sup>
B	EN 13823 (SBI)	FIGRA $\leq 120 \text{ W/s}$ și LFS < marginea epruvetei și THR <sub>600s</sub> $\leq 7,5 \text{ MJ}$	Emisie de fum <sup>(5)</sup> și picături/particule arzânde <sup>(6)</sup>
	EN ISO 11925/2 <sup>(8)</sup> Expunere = 30 s	F <sub>s</sub> $\leq 150 \text{ mm}$ în 60 s	
C	EN 13823 (SBI)	FIGRA $\leq 250 \text{ W/s}$ și LFS < marginea epruvetei și THR <sub>600s</sub> $\leq 15 \text{ MJ}$	Emisie de fum <sup>(5)</sup> și picături/particule arzânde <sup>(6)</sup>
	EN ISO 11925/2 <sup>(8)</sup> Expunere 30 s	F <sub>s</sub> $\leq 150 \text{ mm}$ în 60 s	
D	EN 13823(SBI)	FIGRA $\leq 750 \text{ W/s}$	Emisie de fum <sup>(5)</sup> și picături/particule arzânde <sup>(6)</sup>
	EN ISO 11925/2 <sup>(8)</sup> Expunere 30 s	F <sub>s</sub> $\leq 150 \text{ mm}$ în 60 s	
E	EN ISO 11925/2 <sup>(8)</sup> Expunere 15 s	F <sub>s</sub> $\leq 150 \text{ mm}$ în 60 s	Picături/particule arzânde <sup>(7)</sup>
F	Nici o performanță determinată		

**Notă:**

<sup>(1)</sup> Pentru produse omogene și componentele produselor neomogene;

<sup>(2)</sup> Pentru orice component nesubstanțial exterior al produselor neomogene;

<sup>(3)</sup> Pentru orice component nesubstanțial interior al produselor neomogene;

<sup>(4)</sup> Pentru produsul în ansamblul său;

<sup>(5)</sup> s1 = SMOGRA  $\leq 30$  și TPS<sub>600s</sub>  $\leq 50 \text{ m}^2$ ; s2 = SMOGRA  $\leq 180$  și

TPS<sub>600s</sub>  $\leq 200 \text{ m}^2$ ; s3 = nici s1, nici s2;

<sup>(6)</sup> d0 = fără picături/particule arzânde în EN 13823 în 600 s; d1 = fără picături/particule arzânde care persistă mai mult de 10 s în EN 13823 în 600 s; d2 = nici d0, nici d1; aprinderea hârtiei de filtru conform EN ISO 11925/2 clasificată în clasa d2;

<sup>(7)</sup> Acceptare = fără aprinderea hârtiei de filtru (fără clasă); respingere = aprinderea hârtiei de filtru (clasa d2);

<sup>(8)</sup> În cazul aplicării flăcării pe suprafață și, dacă nu reușește, ținând seama de utilizarea finală a produsului, în cazul aplicării pe muchia epruvetei.

Principiile noii concepții de clasificare sunt:

➤ datele de fundamentare și domeniul de aplicare al clasificării stabilite pentru un produs trebuie să fie identificabile în informația asociată marcajului CE (cele esențiale) ca și în raportul de clasificare (într-o prezentare completă);

➤ produsele generice trebuie să fie testate și clasificate într-un mod unitar și consecvent în toate țările Uniunii Europene;

➤ un produs trebuie să fie astfel testat încât clasificarea să reprezinte performanța produsului în utilizarea finală; când utilizarea finală nu este cunoscută, produsul va fi testat în condiții standardizate privind suportul și modul de montaj;

➤ în funcție de utilizarea finală, un produs poate fi încadrat în diferite euroclase corespunzătoare configurației de încercare adoptată (ex. încercarea produsului pe suport combustibil sau incombustibil) poziționarea produsului, relația cu alte produse adiacente – suport, încastrări etc.).

Potrivit criteriilor enunțate în tabelul 2.1 materialele pentru construcții se încadrează în 7 clase de performanță privind reacția la foc astfel:

- **Clasa F** – produse pentru care nu se determină performanțe și care nu pot fi clasificate în clasele **A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B, C, E**;

- **Clasa E** – produse capabile să reziste o scurtă perioadă la acțiunea unei flăcări mici fără propagarea semnificativă a flăcării, conform **EN ISO 11925-2/2002 – Aprinzibilitatea produselor pentru construcții care vin în contact direct cu flacăra. Partea 2. Încercare cu sursă cu o singură flacăra**;

- **Clasa D** – suplimentar față de clasa E: produse care rezistă o perioadă lungă la acțiunea unei flăcări mici și sunt capabile să suporte acțiunea termică a unui singur produs arzând, cu o degajare limitată de căldură, conform **EN ISO 11925-2/2002 și EN 13823/2002 – Încercări de reacție la foc ale produselor pentru construcții. Produse pentru construcții cu excepția produselor pentru pardoseli expuse la solicitare termică a unui singur obiect arzând**;

- **Clasa C** – suplimentar față de clasa D: produse care la acțiunea unui singur produs arzând prezintă o propagare laterală a flăcării limitată; criterii conform **EN ISO 11925-2/2002 și EN 13823/2002**;

- **Clasa B** – suplimentar față de clasa C: condiții mai severe, criterii conform **EN ISO 11925-2/2002 și EN 13823/2002**. Nu are loc fenomenul de **flash-over** (trecerea bruscă în stare de ardere generalizată a tuturor suprafețelor materialelor combustibile dintr-o incintă.<sup>[75],[76]</sup>);

- **Clasa A<sub>2</sub>** – produse care într-un incendiu în faza de dezvoltare nu contribuie semnificativ la sarcina termică și dezvoltarea incendiului: criterii conform **EN ISO 1182/2002 – Încercări de reacție la foc ale produselor pentru construcții. Încercarea de incombustibilitate, EN 13823/2002, EN ISO 1716/2002 – Încercări de reacție la foc ale produselor pentru construcții. Determinarea căldurii de ardere**. Nu are loc fenomenul de flash-over;

- **Clasa A<sub>1</sub>** – produse care nu contribuie la foc în nici o fază a incendiului, ele satisfac toate cerințele celorlalte clase: criterii conform **EN ISO 1182/2002 și EN ISO 1716/2002**.

**Decizia 00/147/CE/08.02.2000** prevede clasificări suplimentare pentru produsele din clasele A<sub>2</sub>, B, C, D, în funcție de prezența picăturilor particulelor arzânde în subclasele s<sub>1</sub>, s<sub>2</sub>, s<sub>3</sub>.

Noua abordare a cerinței „securitate la incendiu” în contextul priorității acordate pe plan european a asigurării vieții, sănătății și siguranței utilizatorilor a determinat perfecționarea cadrului legislativ românesc și diversificarea metodelor de încercare la foc în scopul limitării inițierii și propagării focului și fumului în spațiul incendiat prin limitarea contribuției la foc a produselor pentru construcții.

Legislația românească, prin **H.G. 622/2004** privind stabilirea condițiilor de introducere pe piață a produselor pentru construcții și „Regulamentul privind clasificarea și încadrarea produselor pentru construcții pe baza performanțelor de comportare la foc” aprobat cu ordinul comun 1822/394 al Ministerului Transporturilor, Construcțiilor și Turismului și al Ministerului Administrației și Internelor, a preluat în totalitate reglementările Uniunii Europene cuprinse în Decizia 00/147/CE/08.02.2000.

Noua concepție europeană transpusă și în legislația românească privind încercarea și clasificarea produselor pentru construcții din punct de vedere al reacției la foc, pornește de la contribuția la foc/comportarea la foc a produselor respective, renunțându-se la noțiunea de „combustibilitate”.<sup>[58]</sup>

Conceptul de reacție la foc, parte componentă a comportării la foc, alături de rezistența la foc este mult mai cuprinzător decât combustibilitatea, incluzând pe lângă comportarea la ardere și fluxul de căldură degajat, emisia de fum și gaze de ardere, propagarea flăcării etc.<sup>[58]</sup>

### 3.2. Caracteristicile proceselor de ardere în situații de incendiu din clădiri multifuncționale

**Arderea (combustia)** este reacția exotermă a unei *substanțe combustibile* cu un *comburant* (oxigenul), însoțită, în general, de emisie de flăcări și/sau incandescență, cu emisie de fum, de CO<sub>2</sub> și vapori de apă.

Se cunosc însă și substanțe care ard fără prezența oxigenului din aer, ca de exemplu acetilena comprimată, clorura de azot, precum și alte substanțe compuse. În anumite condiții aceste substanțe pot exploda cu degajare de căldură și apariție de flăcări.

Procesul de ardere este posibil numai dacă sunt întrunite următoarele condiții:

- a) existența substanțelor și materialelor combustibile;
- b) prezența substanțelor care întrețin arderea (oxigen, substanțe care cedează oxigen);
- c) realizarea temperaturii de aprindere.

De regulă arderea are loc în fază gazoasă: un gaz este inflamabil când în anumite condiții (existența unei temperaturi de aprindere) într-o anumită concentrație cu aerul, se aprinde și continuă să ardă; lichidele nu ard ci numai vaporii acestora, care se formează după ce se depășește temperatura de inflamabilitate.

Materialele combustibile solide se aprind și ard, în general, mult mai greu decât lichidele și gazele combustibile, deoarece pentru aprinderea lor este nevoie de un aport mare de căldură din exterior, degajarea substanțelor combustibile volatile prin distilare făcându-se mai lent.

Cel mai important efect fizic produs în urma arderii este temperatura care crește pe măsură ce arderea se intensifică. Deseori creșterea temperaturii substanțelor combustibile determină schimbarea stării de agregare a acestora. Fără aceste schimbări nu este posibilă arderea. De aceea, înainte de ardere corpurile solide se transformă în stare lichidă și gazoasă sau numai gazoasă.

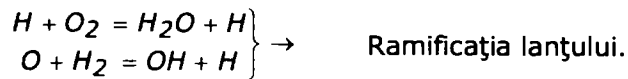
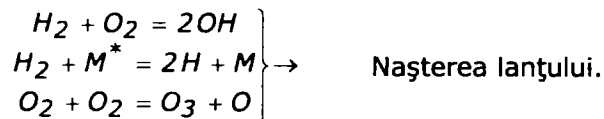
Procesul de ardere pentru materialele și substanțele combustibile, solide, lichide și gazoase se desfășoară la fel și se produce în „trei faze”: oxidarea, aprinderea și arderea propriu-zisă. Datorită oxidării gazelor și vaporilor, căldura se acumulează în mod continuu, fapt care conduce la mărirea vitezei reacțiilor, la aprinderea materialului și apariția flăcărilor.

Culoarea flăcării variază în funcție de natura materialului combustibil: [6]

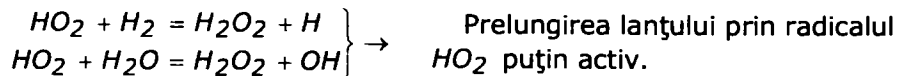
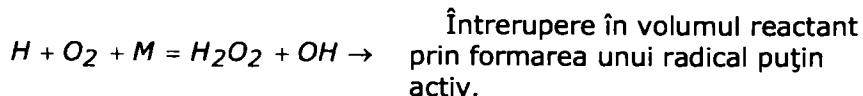
- materialele combustibile solide au culoarea flăcării galben roșiatică;
- hidrogenul arde cu flacără albastruie;
- flacăra de monoxid de carbon este albastră;
- amoniacul arde cu flacără galbenă.

Temperatura flăcării este condiționată de mai mulți factori: natura materialului combustibil și a oxidantului, natura flăcării, compoziția și gradul de disociere al gazelor de ardere etc. Flacăra de chibrit poate atinge o temperatură de 600 – 700°C în 20 secunde până se consumă materialul combustibil din care este confecționat. Flacăra unei lămpi de lipit ajunge până la 2.000°C, iar flacăra provenită de la un bec de sudură oxiacetilenică la 3.150°C. Căldura degajată de aceste surse poate aprinde orice material combustibil într-un timp foarte scurt. Experimental s-a stabilit că o grindă de lemn neprotejată situată la o distanță de 20 cm de flacăra unei lămpi de lipit, se aprinde în 5 secunde, iar de la flacăra de sudură oxiacetilenică, într-un timp și mai scurt.

La baza concepțiilor actuale despre mecanismul reacțiilor de ardere se află teoria reacțiilor în lanț. Această teorie presupune formarea în timpul reacției de oxidare a radicalilor liberi, care în urma reacției cu alte molecule formează radicali noi, ce reacționează la rândul lor cu moleculele neutre. Un exemplu tipic de reacție în lanț ramificat este procesul de ardere al hidrogenului: [6]



\* Orice moleculă.



Temperatura *de ardere* se poate defini prin temperatura minimă la care un combustibil solid sau lichid arde până la epuizare.

Temperatura *teoretică de ardere* corespunde unei arderi fără pierderi de căldură în exterior și este mai ridicată decât temperatura reală de ardere.

În timpul arderii materialelor combustibile au loc fenomene chimice și fizice constând în:

- descompunerea în elemente componente;
- degajarea sau transferul de căldură;
- producerea de flăcări, separarea și răspândirea produselor de ardere;

➤ realizarea schimbului de gaze etc.

Schema generală a procesului de ardere a substanțelor combustibile este prezentată în figura 3.2: [8]

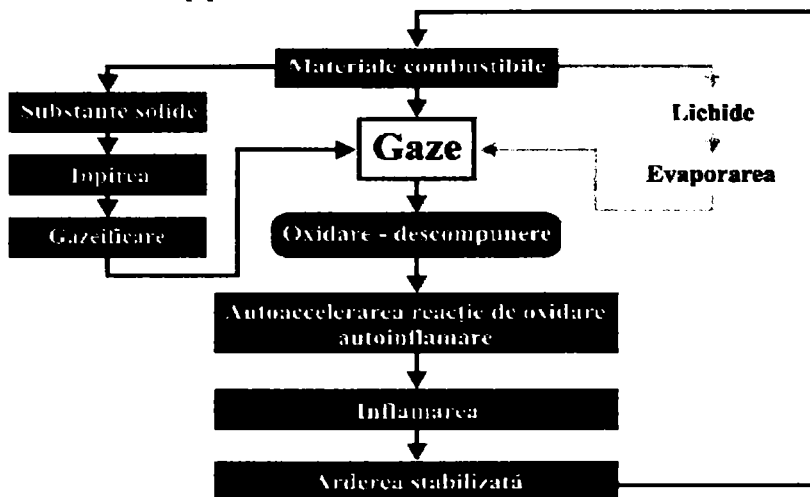
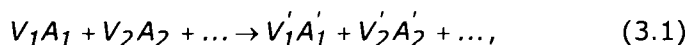


Figura 3.2 Schema generală a procesului de ardere a substanțelor combustibile

Arderea, ca orice proces chimic, poate fi interpretată din punct de vedere termodinamic, prin prisma teoriei cinetice a gazelor, evidențiind rolul materialelor activate în producerea reacției chimice. Ecuația stoichiometrică de ardere se poate scrie sub forma generală:



unde:

-  $A_1, A_2, \dots, A'_1, A'_2, \dots$  reprezintă *formulele chimice* ale substanțelor componente ale reacției;

-  $V_1, V_2, \dots, V'_1, V'_2, \dots$  reprezintă *coeficienții stoichiometrici* corespunzători.

Viteza reacției de ardere, pentru o reacție biomoleculară, conform teoriei cinetice, se exprimă cu relația:

$$v = A \cdot C_1^{V_1} \cdot C_2^{V_2} \cdot e^{-\frac{E}{RT}} \quad (3.2)$$

unde:

-  $v$  reprezintă viteza de ardere, în [m/s];  
 -  $A$  - pre exponențial factor, reprezintă o constantă de viteză, depinde de ordinea reacțiilor de ardere și de factorii care influențează viteza de ardere (temperatură, catalizatori etc.);

-  $C_{1,2}$  - concentrația reactorului 1, 2... ce intră în reacția 1,2...;

-  $V_{1,2}$  - coeficienți stoichiometrici;

-  $E$  - energia minimă necesară distrugerii legăturilor intermoleculare, în

[J];

-  $R$  - constanta universală a gazelor perfecte,  $R = 8,3143 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ ;

-  $T$  - temperatura, în [K].

Constanta reacției depinde exponențial de temperatură conform *relației lui Arhenius*:

$$K = Ae^{\frac{E}{RT}} \quad (3.3)$$

unde  $E$  reprezintă energia minimă necesară distrugerii legăturilor intermoleculare,  $R$  - constanta universală a gazelor perfecte,  $T$  - temperatura, în [K].

Modelul *teoretic al arderii* (elaborat în anul 1926 de Semenov) explică arderile reale printr-un mecanism mai complex: dezvoltarea unor reacții în lanț, ramificate, definite prin procese chimice care se autoîntrețin. Desfășurarea reacțiilor chimice în procesele de ardere reale se abate de la Legea Arhenius (deoarece nu mai au loc conform ecuației stoichiometrice de ardere) și reacția se întrerupe când intervine un element de natură a afecta desfășurarea acestuia, de exemplu scăderea concentrației de oxigen.

Viteza propriu-zisă de ardere fiind dificil de apreciat, drept criteriu de clasificare se utilizează mărimea cantității de căldură degajate.

Intensitatea reacției de ardere este măsurată prin cantitatea de căldură ce se degajă, exprimată în [J]; este acceptată ca mărime și caloria 1Cal. = 4,1855 J.

Cantitatea de căldură ce se degajă prin ardere reprezintă puterea calorică a materialului combustibil și se exprimă în [J/kg] pentru combustibilii solizi și lichizi și în J/m<sup>3</sup>N pentru combustibilii gazoși.

*Puterea emisivă*, adică densitatea fluxului energetic emis de corpul radiator pe întreg domeniul lungimilor de undă, este maximă pentru un corp ideal numit corp negru și este determinată de *legea Stefan - Boltzman* conform căreia:

$$M_{it} = C_0 \left( \frac{T}{100} \right)^4 \quad (3.4)$$

în care  $C_0$  reprezintă coeficientul de radiație al corpului negru ( $C_0 = 5,68 \text{ W/W}^2\text{K}^4$ ),  $T$  - temperatura, în [K].

Cunoașterea mediului de transmitere a căldurii prin radiații are aplicații practice importante în protecția la foc, prin stabilirea unor distanțe de siguranță pentru evitarea propagării arderii la construcții și instalații învecinate. Evoluția unei arderi în **spații închise** se produce conform schemei din figura 2.2 și arată corelația dintre temperatură și timp, într-un spațiu închis. [6],[12],[31]

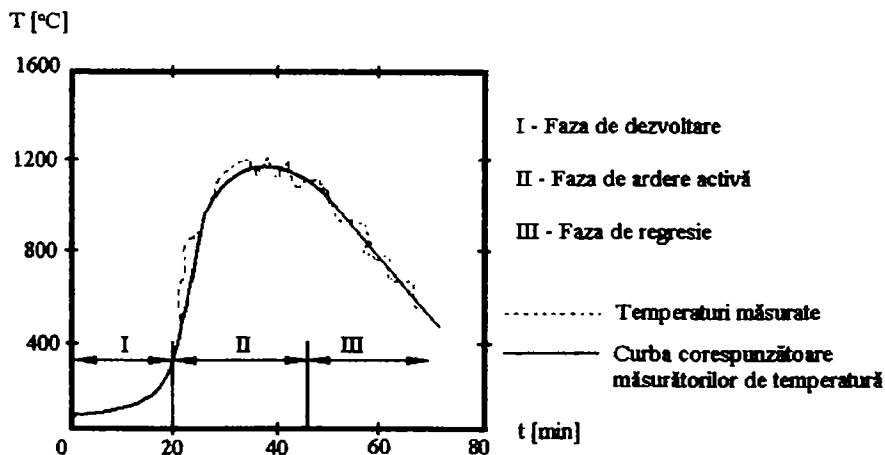


Figura 3.3 Variația temperaturii în timpul unui incendiu

În *faza de dezvoltare* a incendiului are loc, în principal, propagarea arderii și pierderea de greutate a materialelor echivalând cu 5 – 7%.

Pe timpul *arderii active* se majorează suprafața incendiată, se generalizează suprafața de ardere, se depășește temperatura de 800°C; pierderile de greutate ale materialelor combustibile ajung la 80 – 85%.

Durata *fazei de regresie* este determinată de intensitatea de manifestare a fazei de ardere activă, respectiv de cantitatea materialelor care ard.

Dezvoltarea și propagarea arderii sunt determinate de viteza de ardere și alimentare cu aer.

**Viteza de ardere** este definită de cantitatea de combustibil care se consumă prin ardere în unitatea de timp. Viteza de ardere este condiționată de descompunerile și combinațiile cu oxigenul în masa unei substanțe combustibile și depinde de temperatura la care are loc prima reacție, compoziția chimică, umiditatea substanței sau a materialului, curenții de aer, presiunea atmosferică, raportul dintre suprafața liberă a combustibilului și volumul lui, prezența și concentrația catalizatorilor la gaze și lichide.

În funcție de unitățile de măsură, care diferă după starea de agregare a materialelor combustibile (lichide, solide, gaze), viteza de ardere poate fi:

- liniară pentru materiale combustibile lichide;
- în raport de masă, pentru materiale combustibile solide;
- în raport de volum, pentru gaze combustibile.

La materialele combustibile solide, viteza de ardere este determinată în mare măsură de compoziția lor chimică, de suprafața specifică și de gradul de umiditate și se determină cu relația:

$$v = \frac{M}{t_j} \quad (3.5)$$

în care:

- $v$  – viteza de ardere, în [kg/m<sup>2</sup> s];
- $M$  – cantitatea de material combustibil pe 1 m<sup>2</sup>, în [kg/m<sup>2</sup>];
- $t_j$  – timpul de ardere, în [min] sau [ore].

Cu cât este mai mare suprafața specifică a materialelor combustibile solide cu atât este mai ridicată viteza de ardere. Suprafața specifică reprezintă raportul între suprafața liberă și volum; viteza de ardere în raport de masă este determinată și de cantitatea de căldură care se degajă pe timpul incendiului.[48]

Viteza de ardere în funcție de cantitatea de căldură ce se degajă pe timpul incendiului a celor mai uzitate materiale combustibile este prevăzută în tabelul 2.3.[4]

**Viteza de ardere și căldura specifică teoretică a unor materiale combustibile**

**Tabelul. 3.3**

Materiale și substanțe combustibile	Viteza de ardere		Căldura specifică, teoretică a volumului [kcal/m <sup>2</sup> min]
	În raport de masă [kg/m <sup>2</sup> min]	Liniară [mm/min]	
Lemn (bare, mobilă în încăpere)	0,84	-	18.000
Stivă de lemn tăiat, în aer liber	6,70	-	22.000
Cherestea în stive pe teren descoperit	6,67	-	23.000
Hârtie afănată	0,48	-	1.500

Materiale și substanțe combustibile	Viteza de ardere		Căldura specifică, teoretică a volumului [kcal/m <sup>2</sup> min]
	În raport de masă [kg/m <sup>2</sup> min]	Liniară [mm/min]	
Cărți pe rafturi de lemn	0,33	-	1.000
Textolit	0,40	-	2.000
Bumbac afânat	0,24	-	400
Fibră artificială scurtă afânată	0,40	-	1.000
Cauciuc natural	0,80	-	8.100
Cauciuc sintetic	0,53	-	5.100
Articole tehnice de cauciuc	0,67	-	9.000
Film de cinematograf din celuloid	70,00	-	280.000
Produse de carbolit	0,38	-	2.400
Polistiren	0,86	-	9.000
Sticlă organică	0,86	-	5.800
Fenoplaste	0,35	-	8.000
Turbă în stive lungi cu umiditate de 40%	0,18	-	500
Sodiu metalic	0,70 - 0,90	-	1.800 - 2.300
Potasiu metalic	-	1,00 - 1,40	1.500 - 2.100
Acetonă	2,83	3,30	18.000
Benzen	2,30	3,15	27.000 - 32.000
Benzină	2,70 - 3,20	3,80 - 4,50	27.000 - 32.000
Alcool butilic	0,81	1,10	20.000
Eter dietilic	3,60	5,00	29.000
Izopentan	6,30	10,00	35.000
Petrol (țitei)	1,70	1,60	12.000
Păcură	2,10	2,20	20.000
Petrol lampant	2,90	3,60	30.000
Sulfură de carbon	2,20	2,70	40.000
Toluen	2,30	2,70	30.000
Alcool etilic	1,60 - 2,00	2,00 - 2,50	10.000 - 13.000

Termenul de *ardere* sau *combustie* este reglementat prin **STAS 11097-1/1987** fiind definit ca „*reacția unui material cu oxigenul, cu degajare de căldură, fenomen însoțit, în general, de emisia de flăcări și/sau incandescență și/sau emisie de fum*”.

**a)** Din punct de vedere al posibilităților de percepere, arderea se poate clasifica în:

- *ardere cu flacără*, care este o combustie în faza gazoasă cu emisie de lumină; cea mai des întâlnită.
- *ardere cu incandescență* – combustia fără flacără a unui material combustibil, cu emisie de lumină vizibilă la suprafața acestuia.
- *ardere mocnită* – combustia unui material fără emisie de lumină vizibilă, adesea pusă în evidență de fum și de creșterea temperaturii.

**b)** După viteza de reacție dintre oxigen și materialul combustibil, arderea se clasifică în:

- *ardere lentă*;
- *ardere normală sau uniformă*;
- *ardere rapidă*.



c) După tipul de reacție, se deosebesc:

- *ardere completă* – combustibilul reacționează total, dezvoltând ca produși de ardere  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , vapori de apă, azot și, în cantități mici, alte substanțe;
- *ardere incompletă* – cantitatea de oxigen este mai mică decât valoarea teoretică, materialul combustibil nu arde în întregime, rezultând ca produse de ardere: CO, alcooli, cetone, aldehide, cocs, compuși organici complecși; arderea incompletă are loc și în condițiile unui amestec neomogen al aerului cu gazul combustibil.

- *ardere controlată* – este arderea autoîntreținută și reprezintă un proces deliberat organizat pentru a produce efecte utile și a cărei propagare în timp și spațiu este controlată.

- *ardere necontrolată* (incendiu) – este procesul de combustie complex, cu evoluție aleatorie, ardere scăpată de sub control, care, de regulă, produce pierderi materiale și/sau umane; necesită intervenții prin acțiuni organizate de stingere, cu scopul întreruperii și lichidării procesului de ardere.

Este exceptată de la această definiție intenția vădită, răuvoitoare, de a iniția o ardere pentru producerea de pagube materiale sau victime umane.

d) În funcție de natura materialelor și substanțelor combustibile care ard, incendiile se clasifică în:

**Clasa A** – incendii de materiale combustibile solide care ard cu jar (lemn, hârtie, textile, cărbuni, mase plastice, paie etc. (în această clasă intră și echipamentele electrice la care ard mase plastice).

**Clasa B** – incendii de lichide combustibile (benzină, motorină, alcool etilic și metilic etc.), precum și substanțe solide care se topesc ușor (ceară, parafină etc.). În această clasă intră și echipamentele electrice la care arde uleiul pe care-l conțin.

**Clasa C** – incendii de substanțe combustibile gazoase, cum sunt: acetilenă, hidrogen, metan, propan, butan, gaz de sondă, ș.a. (aerosoli de cărbune, rumeguș etc.).

**Clasa D** – incendiile de substanțe care în contact cu apa sau cu soluții apoase reacționează violent, eliberând gaze periculoase, cum sunt carbidul (degajă acetilenă, pulberea de aluminiu (eliberează hidrogen), pentasulfura de fosfor, magneziul, sodiul, potasiul și altele.

e) După forma lor de manifestare în spațiu, incendiile pot fi: punctiforme (izolate), frontale (liniare), circulare, unghiulare, dispersate (cu mai multe focare izolate concomitente), de masă (pe suprafețe foarte mari), dezvoltate pe verticală (pe mai multe niveluri), conform schemelor din figura 3.4:[12],[6]

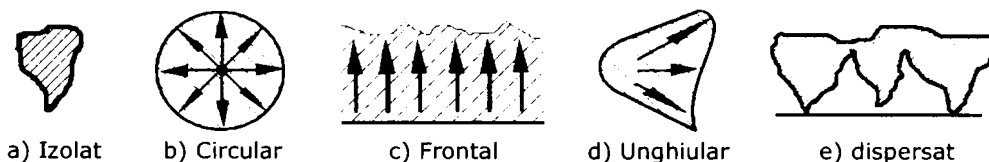


Figura 3.4 Modalități de dezvoltare a incendiilor

f) În funcție de viteza de ardere, incendiul se poate încadra în: **normal** (viteze de ardere mici) sau **explozie** (arderea are loc cu o viteză cuprinsă între câțiva centimetri pe secundă și 4000 m/s).

**Explozia** este un proces de ardere foarte rapidă și violentă a amestecurilor explozive, care se produce în fracțiuni de secundă în întreaga masă a amestecului cu

degajare de lumină, căldură și care generează presiuni mari a căror eliberare produce zgomot foarte puternic și importante pierderi de vieți omenești și bunuri materiale (aflate în raza de acțiune a undei de șoc). Impulsul care provoacă explozia poate fi de natură:

- termică – flacără, scânteie;
- mecanică – șoc, frecare,
- chimică – reacții chimice exoterme necontrolate (polimerizare).

Elementele ce caracterizează o explozie sunt:

- viteza de propagare a undei de șoc și a flăcărilor;
- presiunea exploziei;
- zgomotul produs;
- temperatura ridicată.

Explozia amestecului de vapori, gaze combustibile sau praf combustibil cu aerul, se întâlnește în diferite medii, de regulă în spații închise, la partea superioară sau inferioară a încăperii în funcție de greutatea specifică, atingerea concentrației între limita inferioară și superioară și existența impulsului de explozie.

*Limita inferioară de explozie* este concentrația minimă a gazelor, vaporilor sau prafului combustibil în aer la care se poate produce explozia, iar *limita superioară* este concentrația maximă la care se poate produce explozia.

Zona cuprinsă între limita inferioară și limita superioară de explozie este *intervalul de explozie* și are rolul determinant în aprecierea pericolului de explozie pe care îl prezintă unele amestecuri explozive.

Intervalul de explozie crește proporțional cu creșterea temperaturii, astfel la creșterea temperaturii amestecurilor explozive cu 100°C, limita inferioară scade cu 10% față de valoarea inițială, iar limita superioară crește cu 15%, ceea ce înseamnă creșterea intervalului de explozie cu 25% față de valoarea inițială.

În afara intervalului de explozie, deci sub limita inferioară și peste limita superioară, nu se produce explozia din cauza nerealizării concentrației amestecului exploziv.

În tabelul 3.4, se prezintă limitele de explozie pentru câteva produse semnificative:

**Limitele de explozie  
ale principalelor prafuri combustibile** **Tabelul 3.4**

Natura prafului	Limitele de explozie [g/m <sup>3</sup> ]	
	Inferioară	Superioară
Cărbune	35 - 44	4.200
Zahăr	17,5	13.500
Făină de lemn	30,2	60
Amidon	22	-
Cereale	20	2.000
Făină	32,2 - 63	2.000
Lapte praf	7,6	-
Materiale plastice	50	-
Tărâțe de grâu	24,7 - 42,8	-
Puzderie de in	16,7	-
Acetat polivinil	17	-
Anhidridă ftalică	12,6	-
Antracen	5	-
Camfor	10,1	-

Raportat la viteza de ardere, exploziile se clasifică în: deflagrații, explozii propriu-zise și deflagrații.

**Deflagrațiile** sunt arderi rapide, de la câțiva centimetri până la zeci de metri pe secundă, sub viteza sunetului. Se creează o anumită presiune care în momentul eliberării produce un zgomot înfundat fără efecte distructive importante. Producerea deflagrației favorizează creșterea vitezei de ardere, dezvoltarea și propagarea incendiului.

**Exploziile propriu-zise** se produc atunci când amestecurile de substanță combustibilă – aer, existente într-un spațiu închis (încăpere, recipient, etc.) au o anumită concentrație și vin în contact cu o sursă de aprindere, viteza de ardere fiind de 10 – 100 m/s.

**Detonațiile** sunt reacțiile prin care moleculele se descompun într-un timp atât de scurt încât gazele ce se formează se destind chiar în volumul propriu al materiei explozive, producând astfel un maximum de temperatură și presiune. Viteza de propagare este cuprinsă între 1000 și 4000 m/s. Arderea nu se mai produce prin reacții succesive ca în arderea normală; moleculele amestecului exploziv având o energie de activare sporită, arderea se produce aproape instantaneu.[6]

### 3.3. Propagarea arderii. Efectul curenților de aer

Izbucnirea și dezvoltarea unui incendiu este un fenomen complex, o însumare de procese fizice și chimice, care se amplifică și devin semnificative, pe măsură ce se înaintează în timp, în consecință descrierea lui printr-o simplă schemă „funcțională” este incompletă.

Arderea este determinată de natura și cantitatea materialelor combustibile, de starea lor de agregare, de temperatura și umiditatea lor precum și ale mediului ambiant, de viteza și direcția de deplasare a curenților de aer în spațiul incendiat, de suprafața și modul de amplasare a deschiderilor, de configurația geometrică a încăperilor și a clădirii în ansamblu etc.

Procesul de ardere se desfășoară în funcție de reacția la foc a materialelor combustibile, manifestându-se diferit în funcție de starea lor de agregare: gaze, lichide sau solide.

Substanțele solide se aprind și ard, de regulă, mult mai greu decât cele gazoase și lichide din următoarele cauze:

- necesită un aport mare de căldură din exterior pentru aprindere;
- descompunerea în substanțe volatile și degajarea acestora necesită o durată mai mare de timp.

În caz de incendiu focul se propagă pe suprafața liberă a fiecărui obiect, transmiterea căldurii de la un obiect la altul are loc fie prin radiație, conducție sau convecție fie prin deplasarea corpurilor incandescente – scânteii – ca urmare a curenților de aer, iar viteza de propagare a arderii este influențată de natura și proprietățile materialelor care ard, temperatura de aprindere a acestora, cantitatea de oxigen, condițiile meteorologice etc.; în cazul lichidelor viteza de ardere depinde de suprafața liberă a lichidului în contact cu atmosfera, de viteza de evaporare (care depinde de temperatura de inflamabilitate a lichidului combustibil), de curenții de aer ș.a.

Transmiterea căldurii în caz de incendiu este determinată de următorii factori:

- timpul cât durează schimbul de căldură dintre materialele incendiate și obiectele învecinate cu acestea;
- tipul și mărimea suprafețelor obiectelor incendiate și învecinate;

- temperatura sursei calde și temperatura suprafeței expuse a materialelor învecinate (un efect pozitiv îl are protecția prin răcire cu apă a obiectelor din vecinătatea focarului).

Principali factori care influențează propagarea incendiului sunt viteza de ardere și alimentarea cu aer.

Din date cunoscute se poate aprecia că parametrii care influențează aprinderea materialelor solide și inițierea incendiului într-o încăpere sunt:

- parametrii sursei de aprindere;
- tipul sursei;
- distanța sursei față de materialul combustibil;
- caracteristicile sursei potențiale de aprindere (temperatură, energie, mărimea flăcării).
- parametrii materialului combustibil: dimensiunea, orientarea, inerția termică, compoziția, conținutul de umiditate, conductivitatea termică, densitatea, suprafața specifică, temperatura inițială, temperatura de aprindere în condiții specificate, cantitatea.

Condițiile de aprindere a materialelor combustibile solide sunt îndeplinite când producția de piroliză constituie împreună cu aerul un amestec a cărui temperatură locală depășește temperatura de autoaprindere. Există două tipuri de aprindere:

- aprindere cu incandescență (reacția exotermă cu aerul la suprafața materialului);
- aprinderea cu flacără (aprinderea care apare în faza gazoasă – amestec de gaze sau produși de piroliză cu aerul).

**Este important de reținut că nu orice ardere este un incendiu** (arderea controlată în focar, în oțelării, topitorii, centrale termo-electrice etc.).

Treptat noțiunea de „incendiu” s-a încetățenit dar și diversificat, în literatura de specialitate utilizându-se această terminologie, fenomenul primind însă diverse definiții.

Normativul de siguranță la foc a construcțiilor, P-118/1999, definește *incendiul* ca fiind „un proces complex de ardere, cu evoluție necontrolată, datorat prezenței substanțelor combustibile și a surselor de aprindere, a cărui apariție și dezvoltare are efecte negative prin producerea de pierderi de vieți, pagube materiale, etc. și care impune intervenția organizată pentru stingere.” [67]

Conform SR EN ISO 13943/2002 *incendiul* este „arderea autoîntreținută care se desfășoară fără control în timp și spațiu”. [74]

În SR 8421-1/1999 și SR 8421-1/A1/2000, *incendiu* reprezintă arderea care se dezvoltă necontrolat în timp și spațiu. [75], [76]

În lucrarea „*Stingerea incendiilor*” de Pompiliu Bălulescu, Editura Tehnică București 1981, *incendiul* este definit ca fiind „o ardere inițiată de o cauză bine definită, cu sau fără voia omului, scăpată de sub control, în urma căreia se produc pierderi de materiale și pentru a cărei întrerupere și lichidare este necesară o intervenție cu mijloace adecvate”.

În lucrarea „*Agenda pompierului*” de Pompiliu Bălulescu și Ionel Crăciun, Editura Tehnică 1993, *incendiul* este „o ardere inițiată de o cauză definită, cu sau fără voia omului, scăpată de sub control, care distruge bunuri materiale, pune în pericol viața persoanelor și a animalelor, pentru a cărei întrerupere este necesar să se folosească metode, procedee, mijloace și substanțe de stingere”.

În lucrarea „*Stabilirea și prevenirea cauzelor de incendiu*”, Editura Tehnică, București 1999, Ediția a II-a revăzută și adăugită având autorii I. Crăciun, S. Calotă, V. Iancu, *incendiul* este „un proces complex de ardere cu evoluție nedeterminată,

incluzând și alte fenomene de natură fizică și chimică - transfer de căldură, formarea flăcărilor, schimbul de gaze cu mediul înconjurător, transformări structurale produse în materialele de construcție și elementele de rezistență”.

Pornind de la elementele fundamentale care stau la baza acestui proces, respectiv existența materialului combustibil, a oxigenului și a unei anumite temperaturi de aprindere, **definim incendiul ca fiind un fenomen aleatoriu, rezultatul unui proces fizico-chimic, desfășurat în anumite condiții însoțit de emisie de căldură și/sau lumină și alte produse de ardere, care pun în pericol viața, bunurile și mediul, a cărui dezvoltare depinde de coexistența factorilor ce l-au generat și pentru a fi stins sunt necesare metode, forțe și/sau mijloace adecvate.**[18]

Uneori incendiile sunt consecințele directe sau indirecte ale altor evenimente care le-au precedat, cum sunt accidente tehnice, avarii, explozii, calamități naturale, căderi de obiecte din atmosferă etc.

Propagarea incendiului în jurul focarului poate fi considerată ca o succesiune de aprinderi și include o multitudine de procese variate care niciodată nu se desfășoară identic, fiind determinate de un număr mare de parametri.[4]

În funcție de direcțiile diferite ale curenților de aer pot fi evidențiate următoarele tipuri de propagări:

- cazul propagării flăcării în aceeași direcție cu mișcarea curenților de aer din incinta incendiată;

- cazul propagării flăcării în direcție opusă cu mișcarea curenților de aer.

În primul caz se obțin viteze de propagare mult mai mari.

Propagarea flăcării pe diferite suprafețe combustibile este influențată de următorii parametri:

- orientarea suprafețelor (orizontală sau verticală);
- grosimea stratului de combustibil;
- inerția termică a suprafeței (capacitatea de absorbție a căldurii);
- efectele directe/indirecte ale mediului ambiant.

În spații închise (încăperi) se consideră că evoluția unui incendiu în interiorul unei încăperi se derulează în cinci faze, conform schemei din figura 3.5:

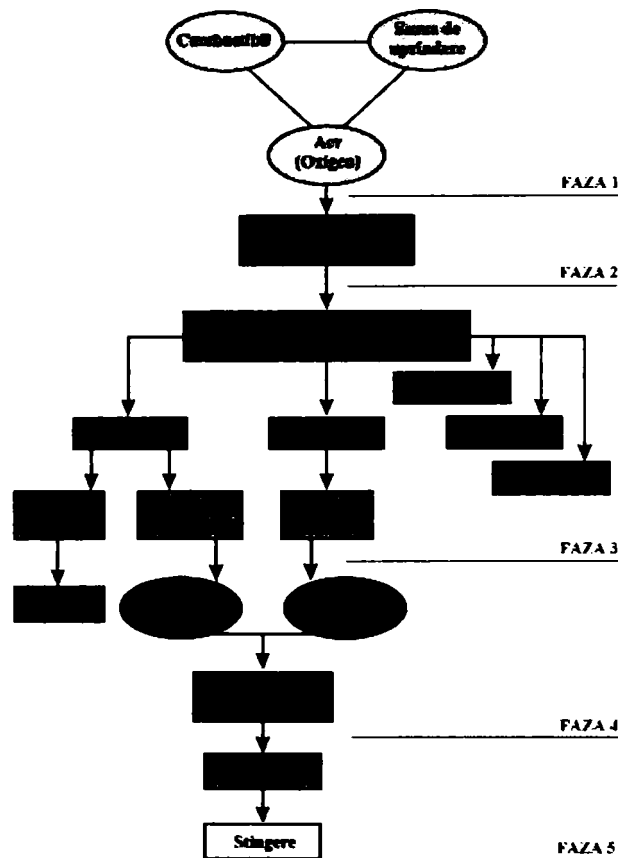


Figura 3.5 Fazele unui incendiu

**1. Apariția focarului inițial**, când, datorită unor împrejurări favorizante, materialul combustibil, intră în contact cu sursa de aprindere, care dispune de energia necesară aprinderii materialului.

**2. Faza de ardere lentă**, cu o durată foarte variată, inexistentă în anumite situații, sau în alte situații aprinderea materialelor combustibile poate dura câteva minute, ore iar în unele situații chiar zile și săptămâni (în cazul arderii mocnite). Durata acestei faze depinde de natura, cantitatea și modul de distribuire a materialelor combustibile în incintă, de dimensiunile și amplasarea surselor de aprindere și cantitatea de căldură transmisă de acestea. Cu cât materialul se aprinde mai ușor, cu atât cantitatea de căldură degajată este mai mare și propagarea incendiului are loc mai rapid.

**3. Faza de ardere activă** în care arderea se propagă la materialele combustibile învecinate cu focarul, se creează curenții de convecție datorită diferenței de densitate a aerului cald care se ridică la partea superioară a încăperii și afluxului de aer rece (oxigen) la partea inferioară, totodată radiația devine principalul factor al transferului de căldură, fapt ce favorizează aprinderea materialelor mai îndepărtate de focarul inițial în momentul în care se atinge temperatura de aprindere. În această fază incendiul se manifestă cu flacără ascendentă și viteză de ardere determinată de fluxul de căldură,  $Q_F$ , în  $[kW/m^2]$ , de la flacără la suprafața materialului combustibil, viteza de ardere fiind stabilită cu relația: [21]

$$v = \frac{Q_F - Q_P}{Q_V} \quad (3.6)$$

în care:

- $v$  reprezintă viteza de ardere, în  $[\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$ ;
- $Q_P$  - fluxul pierderilor de căldură, în  $[\text{kW}/\text{m}^2]$ ;
- $Q_V$  - căldura necesară pentru descompunerea materialelor în elemente volatile, în  $[\text{kJ}/\text{kg}]$ .

În cazul incendiilor dintr-o incintă (încăpere) căldura nu se pierde total în împrejurimi, o parte fiind acumulată sub tavan împreună cu fumul și alte produse de ardere. Efectul direct este creșterea vitezei de ardere, calculat cu ecuația: [21]

$$v = \frac{Q_F + Q_E - Q_P}{Q_V} \quad (3.7)$$

în care  $Q_E$  reprezintă fluxul termic radiat de plafon.

Temperatura în diferite puncte ale încăperii este foarte diferită, fluctuațiile fiind determinate de natura, cantitatea și modul de dispunere a materialelor combustibile, existența oxigenului în cantități suficiente menținerii procesului de ardere directă creării curenților de convecție etc.

**4. Faza de ardere generalizată** când arderea a cuprins materialele combustibile din incintă, temperaturile se uniformizează spre valori maxime, se produc modificări în structura de rezistență a incintei, iar radiația este principala modalitate a transferului de căldură și propagare a incendiului.

Propagarea rapidă este caracteristică pentru compartimentele cu densitatea sarcinii termice mai mare de  $840 \text{ MJ}/\text{m}^2$ . Propagarea incendiului din zona focarului inițial va fi rapidă dacă sunt implicate suprafețe combustibile verticale, ori dacă există o configurație care permite acumularea căldurii în vecinătatea focarului.

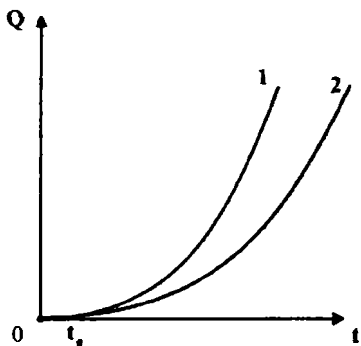
Tipul materialelor care ard condiționează, de asemenea, propagarea incendiului (spre exemplu, termoplasticele pot să se topească și să curgă, creând noi focare de incendiu).

Pentru viteza de dezvoltare a incendiului s-a propus [21] o relație de creștere (parabolică) după o perioadă de inițiere, apreciată prin cantitatea de căldură  $Q$ , în  $[\text{kW}]$ :

$$Q = \beta_f (t - t_0)^2 \quad (3.8)$$

în care:

- $\beta_f$  este coeficientul experimental de creștere (dezvoltare) a incendiului, în  $[\text{kW}/\text{s}^2]$ ;
- $t_0$  - durata perioadei de inițiere, în  $[\text{s}]$ ;
- $t$  - durata curentă, în  $[\text{s}]$ .



1 - cantitatea de căldură degajată la un incendiu cu propagare rapidă

2 - cantitatea de căldură degajată la începutul de incendiu

Figura 3.6 Variația căldurii degajate într-un incendiu în funcție de timp

Coeficientul  $\beta_f$  are valori în domeniul  $10^{-3} \text{ kW/s}^2$  pentru începuturi de incendii și  $1 \text{ kW/s}^2$  pentru incendii cu propagare rapidă.

Durata perioadei de inițiere  $t_0$ , depinde de natura sursei de aprindere și de localizarea ei în incintă.

Această fază de ardere activă poate evolua în mai multe direcții. Dacă aerul este suficient pentru a întreține arderea, apare fenomenul de *flash-over* (termen anglo-saxon intractabil, acceptat în literatura de specialitate europeană și în standardul de terminologie SR ISO 8421/1). Fenomenul de *flash-over* este caracterizat printr-o creștere rapidă a temperaturii și o masivă generare de fum (mai ales în cazul finisajelor combustibile). Incendiul cuprinde toate materialele combustibile din incintă, având loc o scădere a concentrației de oxigen concomitent cu creșterea concentrației de oxid de carbon. În această fază are loc aprinderea elementelor volatile cantonate în gazele acumulate sub plafon, în condițiile în care temperatura medie a stratului de gaze ajunge la  $400 - 500^\circ\text{C}$ .

Considerând criteriul pentru producerea fenomenului de flash-over, o creștere de temperatură a stratului superior  $\Delta T = 500^\circ\text{C}$ , pentru a estima mărimea incendiului (fluxul de căldură degajat), se pot utiliza următoarele relații:

$$Q_{FO} = \left[ \sqrt{g} (c_p \rho_0) T_0^2 \left( \frac{\Delta T}{480} \right)^3 \right]^{\frac{1}{2}} \cdot (a_T A_T A_P \sqrt{H})^{\frac{1}{2}} \quad (3.9)$$

sau:

$$Q_{FO} = 610 \cdot (a_T A_T A_P \sqrt{H})^{\frac{1}{2}} \quad (3.10)$$

unde:

-  $Q_{FO}$  este fluxul de căldură necesar a fi degajat de un focar pentru a se produce fenomenul de flash-over;

- $g$  - accelerația gravitațională, în  $[\text{m/s}^2]$ ;
- $c_p$  - căldura specifică a aerului, în  $[\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$ ;
- $\rho_0$  - densitatea aerului la  $T_0$ , în  $[\text{kg}/\text{m}^3]$ ;
- $T_0$  - temperatura inițială (în momentul flash-over), în  $[\text{K}]$ ;
- $A_T$  - aria totală a suprafeței interioare, în  $[\text{m}^2]$ ;
- $A_P$  - aria pereților laterali, în  $[\text{m}^2]$ ;
- $H$  - înălțimea deschiderilor, în  $[\text{m}]$ ;



-  $a_T$  – coeficientul global de transfer de căldură, în [W/K], (depinde de durata incendiului și de caracteristicile termice ale pereților incintei), astfel pentru incendii cu durate scurte:

$$a_T = \frac{\alpha}{\delta} \quad (3.11)$$

în care:

- $\alpha$  reprezintă conductivitatea termică a peretelui, în [W/(m·K)];
- $\delta$  – grosimea peretelui, în [m].

La o creștere a oricăruia dintre parametrii  $a_T$ ,  $A_T$  sau  $A_P$ , fluxul de căldură necesar pentru flash-over va crește doar cu aproximativ 40%.<sup>[21]</sup>

Relațiile (3.9) și (3.10) se pot aplica (au domeniul de valabilitate) doar pentru temperaturi sub 600°C. Peste această temperatură, apar fluxuri intermitente în interiorul stratului superior și gradient de temperatură variabile, ele nu oferă decât o metodă aproximativă pentru estimarea mărimii focarului necesar pentru ca flash-overul să se producă.<sup>[21]</sup>

În faza de ardere generalizată structura de rezistență a construcției și elementele de construcție sunt afectate, deoarece temperatura poate atinge 1.100°C, producându-se fisuri sau chiar prăbușirea unor elemente de construcție, fapt ce permite propagarea incendiului la spațiile învecinate din interiorul unui alt compartiment de incendiu.

Dacă incinta este neventilată scăderea concentrației de oxigen duce la o încetinire a arderii și chiar o regresie în dezvoltarea focarului până la stingerea lui.

În cazul unei admisii de aer proaspăt (spargerea geamului, deschiderea ușii etc.) se produce fenomenul de *backdraft* (fără echivalent în limba română) cu efecte similare celui de flash-over, adică creșterea bruscă a suprafețelor în combustie în întreaga incintă.

Pentru incendiul generalizat, viteza de ardere a fost determinată experimental, în condițiile arderii unor focare de lemn, la valori diferite ale mărimii deschiderilor de ventilație, încercări efectuate la scară și în mărime naturală. A fost determinată dependența vitezei de ardere,  $V$ , de mărimea și forma deschiderilor de ventilație prin relația lui Kawagoe:<sup>[21],[32]</sup>

$$v = 5,5 A_F \sqrt{H} \text{ , [kg/min]} \quad (3.12)$$

în care:

- $A_F$  reprezintă aria deschiderii de ventilație, în [m<sup>2</sup>];
- $H$  – înălțimea deschiderii de ventilație, în [m].

În cazul în care deschiderea de ventilație depășește o anumită suprafață, viteza de ardere va fi determinată de suprafața combustibilului. În consecință viteza de ardere este controlată fie de suprafața deschiderilor fie de suprafața combustibilului. Tranziția de la regimul de ardere controlat de aria suprafeței combustibilului,  $A_C$ , la cel controlat de ventilație a fost determinat experimental în funcție de mai multe criterii.

Considerând raza hidraulică,  $r_h$ , în [m], inversul suprafeței specifice:

$$r_h = \frac{V_C}{A_C} \quad (3.13)$$

unde  $V_C$  este volumul camerei, în [m<sup>3</sup>],  $A_C$  – suprafața camerei, în [m<sup>2</sup>], valoarea estimativă pentru trecerea la arderea controlată de ventilație rezultă din relația:

$$\frac{G_0}{r_n A_F \sqrt{H}} \approx 17000, [\text{kg}/\text{m}^{3,5}] \quad (3.14)$$

în care:

- $G_0$  este cantitatea inițială de combustibil, în [kg].

Ținând seama de raportul dintre carbonizarea lemnului și viteza de degajare a substanțelor volatile asupra vitezei de ardere, s-au propus<sub>[21]</sub> alte două relații (criterii) aplicabile pentru materiale celulozice:

- pentru incendii controlate de ventilație:

$$\frac{\rho \sqrt{g} \cdot A_F \cdot \sqrt{H}}{A_C} < 0,235 \quad (3.15)$$

- pentru incendii controlate de suprafața combustibilului:

$$\frac{\rho \sqrt{g} \cdot A_F \cdot \sqrt{H}}{A_C} < 0,290 \quad (3.16)$$

Statisticile<sub>[21]</sub> demonstrează că în peste 90% din incendiile reale viteza de ardere este controlată de suprafața combustibilului, durata arderii fiind exprimată prin relația:

$$t = \frac{S_Q}{0,09 A_F \sqrt{H}}, [\text{s}] \quad (3.17)$$

în care  $S_Q$  este sarcina termică în echivalent lemn.

În practică au fost dezvoltate modele care permit calcule rapide, impunând o curbă temperatură - timp al cărui efect, cu o oarecare probabilitate nu poate fi depășit într-un incendiu în compartimentul respectiv, pentru care durata arderii este dată de relația:

$$t = q_{is} \cdot A_t, [\text{h}] \quad (3.18)$$

în care  $q_{is}$  este densitatea sarcinii termice pe unitate de arie a suprafeței interioare.

Ecuția de determinare a temperaturii este:

$$T = -600 \left( \frac{t_1}{t_0} - 1 \right) + T_{t_1} \quad (3.19)$$

în care:

- $T$  reprezintă temperatura la timpul  $t_0$  (inițial);
- $T_t$  - temperatura la timpul  $t$ .

Observație: pentru  $t_1 = t_0$  rezultă  $T = T_{t_1}$ .

Pentru estimarea duratei incendiului în cazul incendiilor ventilate se utilizează relația lui Law.

$$t_e = K \frac{S_Q}{\sqrt{A_f A_T}}$$

(3.20)

în care:

- $t_e$  este timpul de expunere (o măsură a severității incendiului exprimată în minute);

- $S_Q$  - sarcină termică (în kg lemn echivalent);
- $A_f$  - aria ferestrelor, în  $[m^2]$ ;
- $A_T$  - aria totală a pereților și plafonului fără ferestre, în  $[m^2]$ ;
- $K$  - coeficient experimental ( $K \approx 1$ ).

În cazul incendiilor neventilate, durata incendiului se exprimă cu relația:

$$t = \frac{q_s A_p}{K_2 A_f \sqrt{H}} \tag{3.21}$$

în care:

- $q_s$  - densitatea sarcinii termice, în  $[J/m^2]$ ;
- $A_p$  - suprafața pardoselii, în  $[m^2]$ ;
- $K_2$  - coeficient experimental;
- $A_f$  - aria ferestrelor, în  $[m^2]$ .

Regimul de ardere se stabilizează și este condiționat fie de suprafața materialelor combustibile fie de regimul admisiei aerului.

**5. Faza de regresie** este caracterizată prin aceea că temperatura încetează să mai crească, apoi începe să scadă treptat datorită neîntrunirii condițiilor care au favorizat arderea - epuizarea materialului combustibil, scăderea concentrației de oxigen sub limita de menținere a procesului de ardere, scăderea temperaturii sub limita de aprindere a materialului combustibil din incintă.

Pentru o mai bună înțelegere a fazelor incendiului a fost elaborată o reprezentare grafică<sup>[51]</sup> a corelației temperatură-timp pe parcursul declanșării și dezvoltării unui incendiu real, conform figurii 3.7:

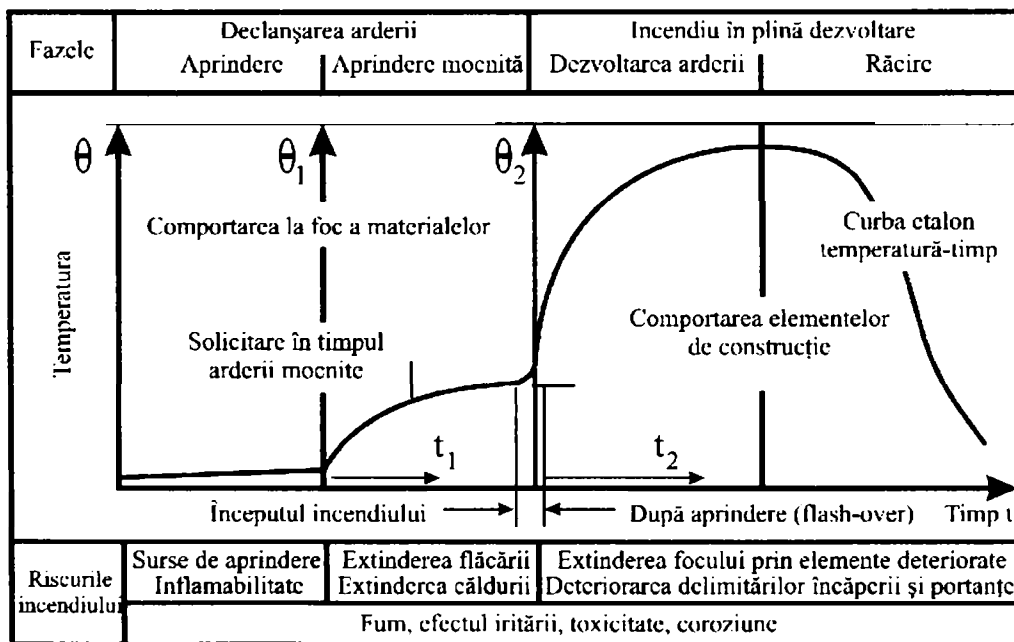


Figura 3.7 Corelația temperatură-timp pe parcursul declanșării și dezvoltării unui incendiu real

Evoluția temperaturilor pe timpul incendiului poate fi împărțită în două domenii:

**a)** *domeniul începutului incendiului* îi aparțin faza de inițiere și cea de ardere lentă (mocnită);

**b)** *domeniul de dezvoltare generalizată a incendiului* îi corespunde faza de flash-over, bekdraft și cea de regresie.

Creșterea bruscă a temperaturilor corespunde stării de ardere generalizată. Pentru realizarea unei baze de comparație, în figura 3.8 este prezentată curba temperatură-timp etalon<sub>[41]</sub>, care stă la baza incendiilor experimentale la elemente de construcție.

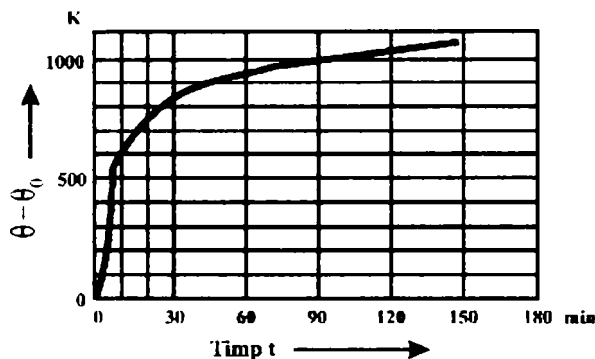


Figura 3.8 Curba etalon temperatură-timp stabilită experimental

### 3.4. Conformarea la foc a clădirilor multifuncționale

#### 3.4.1. Noțiuni generale

Clădirile multifuncționale în ansamblu și elementele de construcție ale acestora vor fi astfel alcătuite și conformate încât pe toată durata de utilizare a acestora, în cazul inițierii unui incendiu, să asigure:<sub>[62]</sub>

- stabilitatea elementelor portante ale construcției pentru o perioadă determinată de timp;
- limitarea apariției și propagării focului și fumului în interiorul construcției;
- limitarea propagării incendiului la construcțiile învecinate;
- evacuarea utilizatorilor pe căile existente de evacuare sau salvarea acestora cu mijloace specializate;
- securitatea echipelor de intervenție.

La proiectarea și executarea clădirilor multifuncționale sub aspectul conformării la foc se vor avea în vedere:<sub>[8]</sub>

- respectarea corelației dintre destinație, aria construită și desfășurată și gradul de rezistență la foc;
- asigurarea gradului de rezistență la foc corespunzător riscului de incendiu și categoriei de importanță a clădirii;
- respectarea distanțelor minime de siguranță;
- protejarea golurilor funcționale;
- dimensionarea corectă a căilor de evacuare;
- asigurarea etanșeității căilor de evacuare împotriva pătrunderii fumului și gazelor fierbinți;

- prevederea dispozitivelor pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți;
- asigurarea iluminatului de siguranță și afixarea/montarea indicatoarelor de securitate;
- asigurarea instalațiilor pentru semnalizarea și stingerea incendiilor;
- asigurarea condițiilor corespunzătoare pentru intervenția la stingerea incendiilor.

### 3.4.2. Respectarea corelației dintre destinație, aria construită și desfășurată și gradul de rezistență la foc.

Construcțiile cu destinații diferite, grupate sau comasate în cadrul unui compartiment de incendiu se separă între ele prin pereți și planșee corespunzătoare destinațiilor, riscurilor/categoriilor de pericol de incendiu, precum și densității sarcinii termice, iar între compartimentele de incendiu – dacă nu sunt asigurate distanțele de siguranță se prevăd elemente despărțitoare verticale, antifoc sau rezistente la foc (pereți) din materiale incombustibile C0, și, după caz, rezistente la explozie (aceasta în cazul în care beneficiarul știe cu exactitate specificul activității ce urmează a se desfășura în clădirea respectivă).

Pentru limitarea propagării incendiului, fumului și produselor de ardere, în funcție de aria construită și desfășurată, clădirile vor fi împărțite în compartimente de incendiu ale căror suprafețe sunt prezentate în tabelul 3.5.[67]

**Aria maximă a unui compartiment de incendiu, în funcție de gradul de rezistență la foc al clădirii**

**Tabelul 3.5**

Gradul de rezistență la foc	Aria maximă construită (la sol) a unui compartiment de incendiu (în m <sup>2</sup> )	
	Clădiri cu un nivel	Clădiri cu mai multe niveluri
I – II	2500	
III	1800	
IV	1400	1000
V	1000	800

**Notă:[67]**

**1.** Pentru clădirile echipate cu instalații automate de stingere a incendiilor, ariile se pot majora cu 100%. Atunci când se prevăd instalații automate de semnalizare a incendiilor ariile se pot majora cu 25%. Majorările menționate nu se cumulează.

**2.** În cazuri justificate tehnic, investitorii pot stabili arii construite mai mari pe proprie răspundere, prin hotărâri scrise ale consiliilor de conducere respective.

Disponerea în plan și volumic a spațiilor grupate – pe cât posibil funcțional – cu riscuri de incendiu echivalente în sectoare distincte, asigură condiții de limitare a propagării incendiilor și luarea măsurilor locale ce se impun, completate cu elemente de separare (pereți, planșee) corespunzătoare și unitar realizate (figura 3.9).

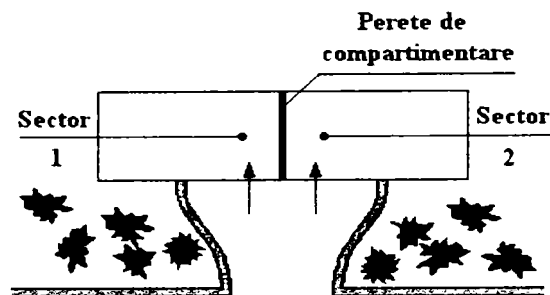


Figura 3.9 Dispunerea spațiilor în diferite sectoare în funcție de destinație și risc de incendiu

Sectorizarea construcțiilor în porțiuni volumetric determinată funcție de destinație, grad de rezistență la foc și număr de niveluri reprezintă *compartimentare de incendiu*. Delimitarea compartimentelor de incendiu (CI) față de alte construcții/compartiment de incendiu se realizează prin pereți de compartimentare antifoc (PAF) ori, după caz, rezistenți la foc (PRF), rezistenți la explozie (PRE) sau prin distanțe de siguranță normale (figura 3.10). [67]

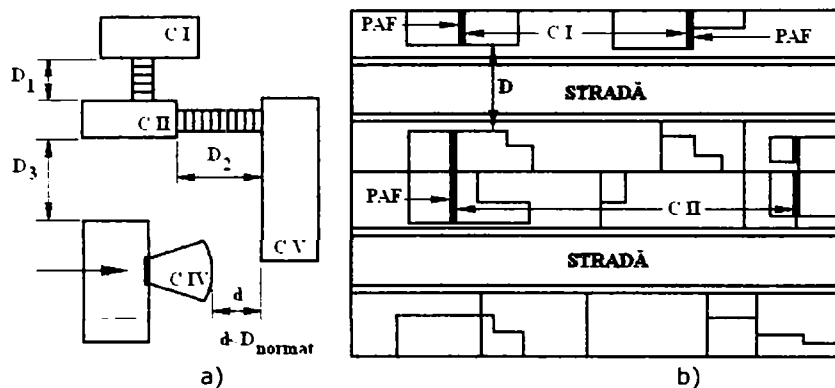


Figura 3.10 Delimitarea compartimentelor de incendiu față de alte construcții  
a) prin distanțe normale sau b) prin PAF, respectiv, PRF

Compartimentul de incendiu este o porțiune de construcție independentă (instalație) amplasată la distanțe normale față de vecinătăți, sau volumul construit compartimentat prin pereți antifoc față de construcțiile (instalațiile) adiacente. În clădirile înalte și foarte înalte compartimentul de incendiu poate fi un volum închis constituit din unul până la trei niveluri succesive, delimitate de elemente rezistente la foc și cu aria desfășurată totală conform compartimentului de incendiu admis pentru construcțiile civile (publice) de gradul I de rezistență la foc.

Pereții și planșeele antifoc reprezintă elementele de construcție verticale sau orizontale, realizate din materiale incombustibile C0, având rezistența la foc cel puțin egală cu nivelul stabilit în funcție de densitatea cea mai mare a sarcinii termice din compartimentele de incendiu pe care le separă.

Pereții antifoc trebuie să îndeplinească în caz de incendiu funcția de compartimentare, păstrându-și stabilitatea, rezistențele mecanice și capacitatea de

izolare termică pe timpul normal, în funcție de densitatea sarcinii termice, dar cel puțin 3 ore.

În clădirile parter și în cazuri precizate în normativul *P118/1999 - Normativul de siguranță la foc a construcțiilor*, compartimentarea antifoc se poate realiza prin pereți C0/CA<sub>1</sub> care asigură numai rezistență la foc.

Pereții antifoc, care separă pe anumite porțiuni ale lor spații cu pericol de explozie, trebuie să îndeplinească pe aceste porțiuni și condițiile prevăzute pentru pereți rezistenți la explozie.

Nu se admite încastrarea în pereții antifoc a planșelor sau a elementelor de construcție care au rezistența la foc mai mică de 2 ore, permițându-se numai rezemarea acestora (liberă sau articulată). Rezemarea grinzilor metalice pe pereți antifoc se realizează astfel încât grinda dilatată să nu dea împingeri laterale în peretele antifoc. Rosturile dintre pereții antifoc și planșee, stâlpi, acoperișuri și pereți exteriori ai construcției se etanșează cu materiale care să asigure o rezistență la foc de cel puțin 1h 30 min.

Pereții antifoc trebuie să depășească planul exterior al acoperișurilor, luminatoarelor, pereților combustibili (C3 sau C4) pe care îi intersectează (figura 3.11):

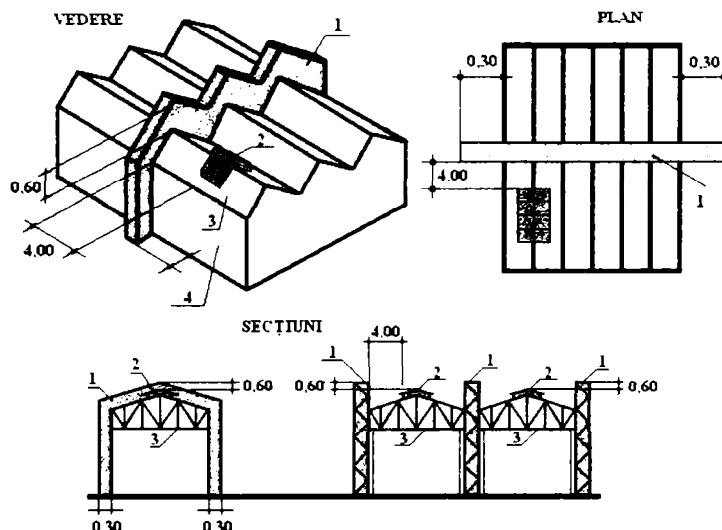


Figura 3.11 Realizarea și dispunerea pereților antifoc:

- 1** - perete antifoc; **2** - luminator; **3** - acoperiș combustibil;
- 4** - închidere perimetrală combustibilă (pereți exteriori).

În cazul acoperișurilor executate în întregime din materiale incombustibile clasa C0(CA1) precum și a celor realizate din materiale combustibile, montate pe placă din beton armat, depășirea de către pereții antifoc a planului acoperișului, nu este obligatorie.

Golurile funcționale din pereții antifoc vor fi protejate prin uși antifoc, obloane antifoc, cortine de siguranță, perdele de apă, încăperi tampon sau tamburi deschiși.

Încăperile tampon (figura 3.12) sunt spații de trecere între compartimentele de incendiu, realizate din materiale incombustibile C0(CA1) cu limita de rezistență la foc de minim 60' pentru pereți și planșee și de minim 45' pentru uși, acestea din urmă fiind prevăzute cu dispozitive de autoînchidere.

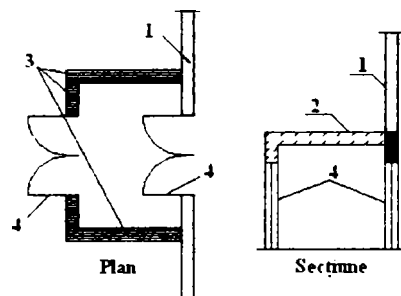


Figura 3.12 Încăperilor tampon antifoc

- 1 - Perete antifoc (PAF); 2 - Planșeul încăperii tampon  
3 - Pereții încăperii tampon; 4 - U.R.F.

În încăperile tampon se admite practicarea numai a golurilor strict necesare pentru circulație precum și pentru realizarea ventilării sau evacuării fumului.

Încăperile tampon pot înlocui uși antifoc (UAF) și antiscântei (UAFAS) – vezi figura 3.13 și figura 3.14.

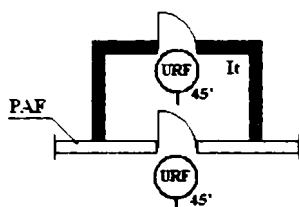


Figura 3.13 Încăperi tampon înlocuind uși antifoc (UAF)

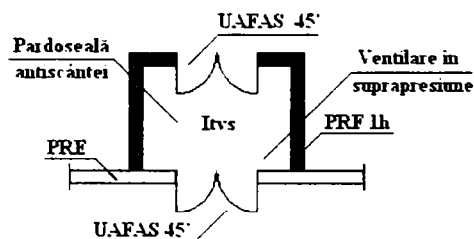


Figura 3.14 Încăperi tampon înlocuind uși antifoc și antiscântei (UAFAS)

Pentru situații în care datorită necesităților funcționale protecția golurilor din pereții antifoc nu se poate realiza cu uși, obloane, cortine sau încăperi tampon pot fi prevăzuți tamburi deschiși antifoc. Tamburii deschiși antifoc trebuie să aibă înălțimea egală cu cea a golului protejat, iar lungimea totală de minimum 4,00 m. Amplasarea lor poate fi făcută alipit peretelui antifoc sau în ambele părți ale acestuia (figura 3.15 a).

Limita de rezistență la foc a pereților și planșeelor tamburilor deschiși va fi de minim 60 min. și vor fi prevăzute instalații de sprinklere cu acționare automată în caz de incendiu, fiecărui  $m^2$  din suprafața orizontală a tamburului fiindu-i atribuit câte un cap sprinkler (figura 3.15 b).

În tamburi deschiși trebuie să se prevadă sprinklere (drencere) cu acționare automată în caz de incendiu, amplasate câte unul la fiecare  $1m^2$  de suprafață orizontală a tamburului.



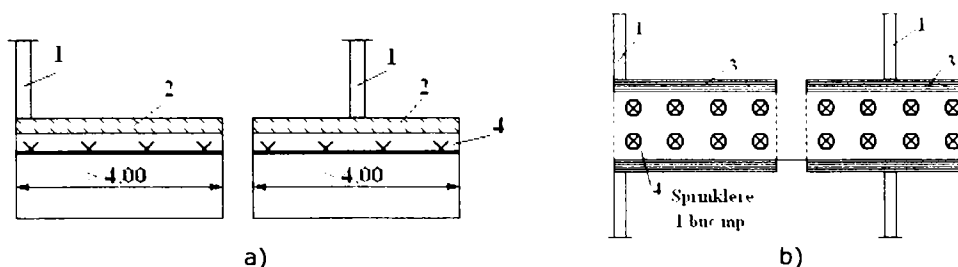


Figura 3.15 Tamburi deschiși antifoc: a) Secțiune laterală, b) Secțiune transversală

- 1 - PAF; 2 - Planșeu tambur (RF = 1h); 3 - Perete tambur (RF = 1h);  
4 - Sprinklere (drencere)

### 3.4.3. Asigurarea gradului de rezistență la foc corespunzător riscului de incendiu și categoriei de importanță a clădirii

Rezistența la foc a unei clădiri sau a unui compartiment de incendiu este exprimată în „gradul de rezistență la foc” care reprezintă capacitatea construcției sau a compartimentului de incendiu de a-și păstra capacitatea portantă, etanșeitatea și izolarea termică o perioadă determinată de timp.

Rezistența la foc a unei construcții este determinată de anumiți factori, astfel:

- natura, alcătuirea și dimensiunile elementelor de construcție;
- modul de asamblare și geometria elementelor de construcție;
- reacția la foc a elementelor de construcție;
- geometria construcției și comportarea la foc a structurii de rezistență a acesteia.

Gradul de rezistență la foc a clădirilor este determinat în funcție de nivelurile de rezistență la foc (capacitate portantă, etanșeitate, izolare termică) stabilite experimental ale principalelor elemente componente ale construcției și reacția la foc a acestor elemente de construcție potrivit datelor prezentate în tabelul nr. 3.6. [67]

**Caracteristicile privind securitatea la incendiu a elementelor de construcție în funcție de gradul de rezistență la foc al clădirii**

**Tabelul 3.6**

Nr. crt.	Tipul elementelor de construcție	Gradul de rezistență la foc				
		I	II	III	IV	V
1.	Stâlpi, coloane, pereți portanți	C0(CA1) 2 ½ ore	C0(CA1) 2 ore	C1(CA2a) 1 oră	C2(CA2b) 30 min	C4(CA2d) -
2.	Pereți interiori neporanți	C0(CA1) 30 min	C1(CA2a) 30 min	C2(CA2b) 15 min	C3(CA2c) 15 min	C4(CA2d) -
3.	Pereți exteriori neporanți	C0(CA1) 15 min	C1(CA2a) 15 min	C2(CA2b) 15 min	C3(CA2c) -	C4(CA2d) -
4.	Grinzi, planșee, nervuri, acoperișuri terasă	C0(CA1) 1 oră	C0 (CA1) 45 min (30 min)*	C1(CA2a) 45 min (30 min)*	C2(CA2c) 15 min	C4(CA2d) -
5.	Acoperișuri autoportante fără pod (inclusiv contravântuiri)șarpanta acoperișurilor fără pod	C0(CA1) 45 min (30 min)*	C1(CA2a) 30 min (15 min)*	C2(CA2b) 15 min	C3(CA2c) -	C4(CA2d) -

Nr. crt.	Tipul elementelor de construcție	Gradul de rezistență la foc				
		I	II	III	IV	V
6.	Panouri de învelitoare și suportul continuu al învelitorii combustibile	C0(CA1) 15 min	C1(CA2a) -	C2(CA2b) -	C3(CA2c) -	C4(CA2d) -

**Notă:**

\* În clădirile și compartimentele de incendiu în care densitatea sarcinii termice nu depășește  $840 \text{ MJ/m}^2$ , (cu excepția clădirilor înalte, foarte înalte, cu săli aglomerate, cele care adăpostesc persoane care nu se pot evacua singure și cele cu echipament de importanță deosebită), se pot aplica valorile rezistențelor la foc din paranteze.

**3.4.4. Respectarea distanțelor minime de siguranță**

Propagarea incendiului la construcțiile învecinate are loc, în cele mai multe cazuri prin radiație termică, iar calea de transmitere o constituie suprafețele vitrate sau deschiderile pentru ventilație; suprafața vitrată este reprezentată de regulă de ferestre dar și de orice parte din peretele exterior a cărei rezistență la foc este mai mică decât cea specificată pentru clădirea sau compartimentul de incendiu respectiv și, deci, poate permite un transfer de căldură prin radiație. Există, în anumite condiții, și posibilitatea aprinderii clădirilor învecinate prin scânteii sau corpuri incandescente purtate de vânt.

În practică, cazul cel mai frecvent întâlnit este cel al propagării incendiului prin radiație de la clădirea incendiată la construcții, instalații sau alte amenajări amplasate în vecinătate; se are în vedere faptul că fațadele clădirii (incendiate) sunt realizate din materiale incombustibile, radiația fiind emisă numai prin suprafețele vitrate (ferestre, guri de aerisire), neluându-se în considerare cazul unui acoperiș combustibil cuprins de flăcări sau a unui acoperiș prăbușit.

Radiația prin suprafețe vitrate poate fi asimilată prin cea a unui corp negru la aceeași temperatură. [21]

Pornind de la aplicabilitatea primei legi a lui Lambert, potrivit căreia fluxul de radiație termică emis, are valoare maximă în direcția normalei și este 0 când este paralel cu suprafața, se ia în considerare următoarea situație:

- nu există vânt;
- nu intervine propagarea prin corpuri incandescente;
- este neglijată absorbția radiațiilor de către fum și gazele de ardere;

Intensitatea radiației care cade într-un punct oarecare al clădirii receptoare provenind dintr-o suprafață vitrată radiantă din clădirea incendiată cu dimensiunile  $x_1 + x_2$  și  $z_1 + z_2$  (figura 3.16) aflat la distanța  $y$  este: [21]

$$I = \varepsilon \cdot C_0 \cdot \left( \frac{T}{100} \right)^4 \cdot \Phi_{12} \quad (3.22)$$

în care:

- $I$  reprezintă intensitatea radiației, în  $[\text{W/m}^2]$ ;
- $\varepsilon$  - coeficientul de emisie a suprafeței vitrate;
- $C_0$  - constanta Stefan - Boltzman,  $C_0 = 5,67032 \cdot 10^{-8} [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)]$ ;
- $T$  - temperatura suprafeței radiante, în  $[\text{K}]$ ;
- $\Phi_{12}$  - factor de configurație.

Expresia factorului de configurație  $\Phi$  este:

$$\begin{aligned} \Phi = & \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{x_2}{\sqrt{x_2^2 + y^2}} \left( \operatorname{arctg} \frac{z_2}{\sqrt{x_2^2 + y^2}} + \operatorname{arctg} \frac{z_1}{\sqrt{x_2^2 + y^2}} \right) + \right. \\ & + \frac{x_1}{\sqrt{x_1^2 + y^2}} \left( \operatorname{arctg} \frac{z_2}{\sqrt{x_1^2 + y^2}} + \operatorname{arctg} \frac{z_1}{\sqrt{x_1^2 + y^2}} \right) + \\ & + \frac{z_2}{\sqrt{z_2^2 + y^2}} \left( \operatorname{arctg} \frac{x_2}{\sqrt{z_2^2 + y^2}} + \operatorname{arctg} \frac{x_1}{\sqrt{z_2^2 + y^2}} \right) + \\ & \left. \frac{z_1}{\sqrt{z_1^2 + y^2}} \left( \operatorname{arctg} \frac{x_2}{\sqrt{z_1^2 + y^2}} + \operatorname{arctg} \frac{x_1}{\sqrt{z_1^2 + y^2}} \right) \right] \quad (3.23) \end{aligned}$$

În cazul particular al unei suprafețe radiante de forma unui dreptunghi cu laturile  $x$ ,  $z$ , aflat la distanța  $y$  (figura 3.17) expresia factorului de configurație  $\Phi$  devine:

$$\Phi = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \operatorname{arctg} \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}} + \frac{z}{\sqrt{z^2 + y^2}} \operatorname{arctg} \frac{x}{\sqrt{z^2 + y^2}} \right) \quad (3.24)$$

Pentru cazurile practice, se notează:

$$s = \frac{z}{x} \quad - \text{raportul dintre înălțimea și lungimea suprafeței radiante} \quad (3.25)$$

radiante

$$a = \frac{x \cdot z}{y^2} \quad - \text{raportul dintre aria suprafeței radiante și pătratul distanței.} \quad (3.26)$$

distanței.

Ca urmare, se scrie factorul de configurație ca funcție de  $a$  și  $s$ :

$$F(a, s) = \frac{1}{2\pi} \left( \sqrt{\frac{a \cdot s}{1 + a \cdot s}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{a}{1 + a \cdot s}} + \frac{a}{1 + \frac{a}{s}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{a \cdot s}{1 + \frac{a}{s}}} \right) \quad (3.27)$$

În practică calculele se realizează, de regulă, considerând  $x=L$  (lungimea ferestrei sau suprafeței vitrate),  $z = H$  (înălțimea ferestrei sau suprafeței vitrate),  $y = D$  (distanța de separație).<sup>[21]</sup>

Factorul de configurație are o influență cu atât mai mare cu cât raportul  $a$  este mai mare (cu cât distanța dintre clădiri este mai mică).

Pentru ușurarea calculelor au fost trasate diagrame pentru determinarea factorului  $F$  în funcție de  $a$  și  $s$ . De regulă se consideră  $x = L$  (lungimea ferestrei sau suprafeței vitrate),  $z = H$  (înălțimea ferestrei sau suprafeței vitrate),  $y = D$  (distanța de separație).<sup>[21]</sup>

În cazul în care se ia în considerare că radiația emisă de o clădire se proiectează într-un punct  $M$  pe clădirea incendiată, iar pentru o mai corectă înțelegere, suprafața vitrată radiantă prezentată în figura 3.16, se împarte în patru dreptunghiuri notate cu 1, 2, 3, 4 ca în figura 3.18<sup>[21]</sup>, intensitatea radiației în

punctul M reprezintă suma algebrică a intensităților  $I_1, I_2, I_3, I_4$  aferente fiecărui dreptunghi conform relației:

$$I_M = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \quad (3.28)$$

unde  $I$  reprezintă intensitatea de radiație, [W/s].

Într-o altă situație în care radiația emisă de suprafața vitrată radiantă (figura 3.16) se proiectează în punctul N situat în exteriorul suprafeței vitrate, intensitatea radiației în punctul N este dată de suma intensităților care se proiectează doar în partea vitrată potrivit figurii 3.19 și se calculează cu relația: [21]

$$I_N = I_{1+3} + I_{2+4} - I_1 - I_2 \quad (3.29)$$

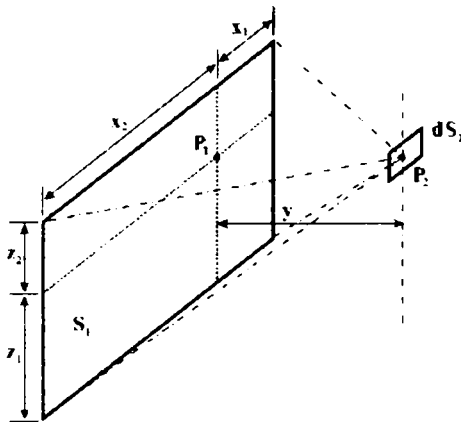


Figura 3.16 a Suprafața radiantă  $S_1$  și cea receptoare  $dS_2$  - paralele

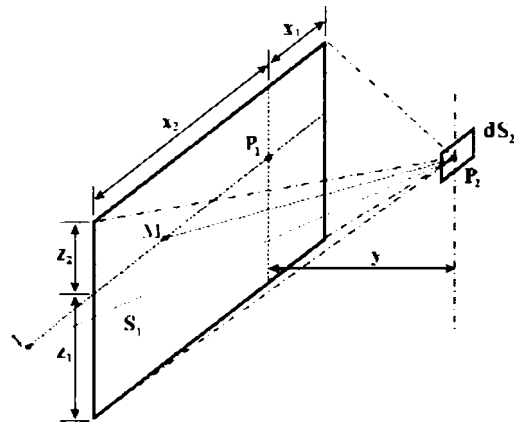


Figura 3.16 b Reprezentarea grafică a modului de calcul a radiației care se proiectează în punctele M și N

În general pentru evaluarea aportului radiant al suprafețelor vitrate (ferestrele unei clădiri) se ia în calcul o singură suprafață radiantă. Această suprafață se consideră a fi dreptunghiul care împrejmuește în totalitate suprafețele vitrate ale clădirii fiind denumit *dreptunghi de împrejmuire*.

La stabilirea intensității radiante se are în vedere factorul de reducere care se definește potrivit datelor din figura 3.20 a, în care dreptunghiul de împrejmuire este raportul dintre aria totală a suprafețelor vitrate și aria dreptunghiului de împrejmuire:

$$A_f = H \times L = 5 \times 10 = 50, \text{ [m}^2\text{]} \quad (3.30)$$

Aria totală a ferestrelor este:

$$A_t = nA_f = 12 \times 50 = 600, \text{ [m}^2\text{]} \quad (3.31)$$

Factorul de reducere va fi:

$$r = \frac{A_t}{A_D} = \frac{600}{1200} \cdot 100 = 50\% . \quad (3.32)$$

Ca urmare, intensitatea efectivă radiantă a dreptunghiului ABCD (figura 3.20.b) va fi calculată cu o reducere de 50%, suprafața radiantă echivalentă fiind arătată în figura 3.20.c.

Intensitatea radiației într-un punct al clădirii situate în vecinătatea clădirii incendiate este: [21]

$$I = \epsilon C_0 r_1 \left( \frac{T}{100} \right)^4 \Phi \text{ sau} \quad (3.33)$$

$$I = \varepsilon C_0 r_1 \left( \frac{T}{100} \right)^4 F(a, s). \quad (3.34)$$

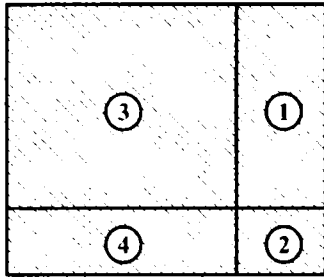


Figura 3.18

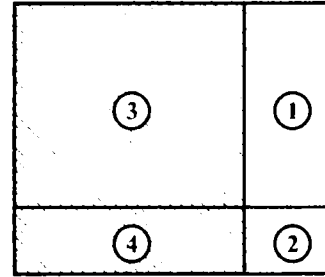


Figura 3.19

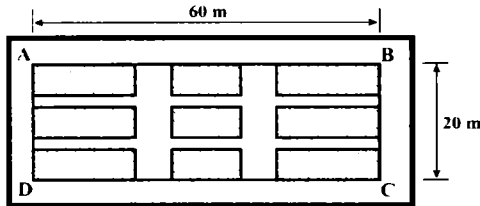


Figura 3.20 a

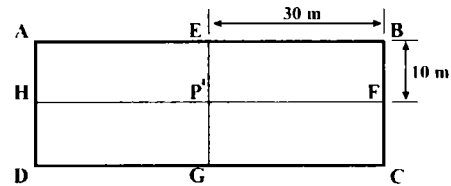


Figura 3.20 b

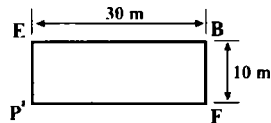


Figura 3.20 c

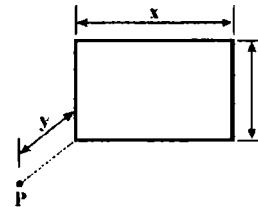
Figura 3.17 Expresia factorului de configurație  $\Phi$  în cazul unei suprafețe radiante de formă dreptunghiulară

Figura 3.20 a, b, și c Reprezentare grafică a modului de calcul a factorului de reducere

Pentru a nu permite propagarea incendiilor o perioadă de timp normată sau, în cazul prăbușirii unor elemente de construcție, să nu fie afectate obiectivele învecinate, sunt prevăzute distanțe de siguranță conform datelor din tabelul 3.7: [67]

#### Distanțe de siguranță

Tabelul 3.7

Gradul de rezistență la foc	Distanțe minime de siguranță, în [m], față de construcții în funcție de gradul de rezistență la foc		
	I-II	III	IV-V
I - II	6	8	10
III	8	10	12
IV - V	10	12	15

### 3.4.5. Protejarea golurilor funcționale

Propagarea focului în interiorul compartimentului de incendiu are loc prin conducție, convecție sau radiație termică, respectiv prin combinarea acestor moduri de propagare. Flăcările și gazele fierbinți sunt dirijate de diferențele de presiune de la un spațiu la altul în plan orizontal prin deschideri funcționale sau neetanșevitate, iar

în plan vertical prin conducte, tubulaturi, ghene, deschideri în tavane, precum și pe fațadă prin partea vitrată a clădirii de la un etaj la altul.

La trecerea prin pereți și planșee a instalațiilor utilitare se vor lua măsuri de protecție a golurilor cu materiale incombustibile, asigurându-se o rezistență la foc egală cu a elementului de construcție străpuns.

Golurile funcționale din planșeele intermediare rezistente la foc, care constituie elemente de întârziere a propagării focului, se protejează prin elemente rezistente la foc prevăzute după caz cu dispozitive de autoînchidere sau închidere automată în caz de incendiu.

În situațiile în care nu se pot realiza elemente rezistente la foc, protecția golurilor se va asigura prin ecrane de protecție realizate din materiale incombustibile clasa C0(CA1) și perdele de apă cu acționare automată în caz de incendiu putându-se prevedea și alte soluții de protecție cu condiția să fie agrementate tehnic.

Golurile funcționale din pereții exteriori, amplasate la colțurile construcțiilor, vor fi astfel realizate încât să nu favorizeze propagarea incendiului de la un compartiment de incendiu la altul (figura 3.21) respectiv să nu permită propagarea incendiului din exterior (figura 3.22).

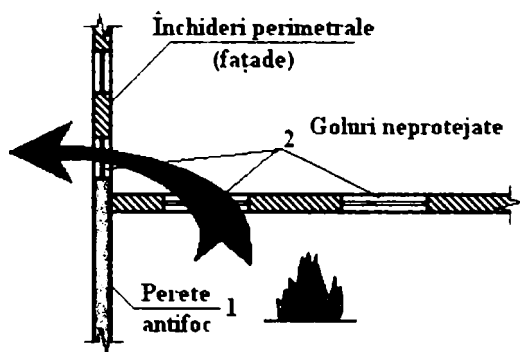


Figura 3.21 Propagarea incendiului prin goluri neprotejate din pereții exteriori, dispuse la colțurile intrândi ale construcțiilor

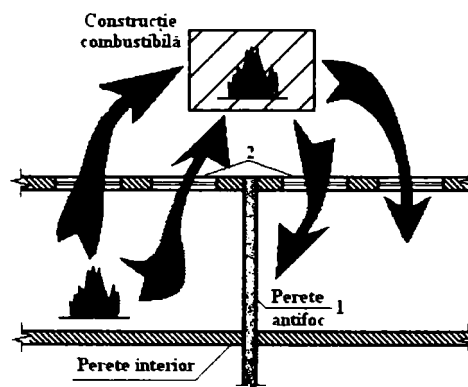


Figura 3.22 Propagarea incendiilor la o construcție învecinată datorită radiației termice

Traversarea pereților antifoc de către instalații interioare – conducte, canale de ventilare, conductoare și cabluri electrice etc., este admisă numai dacă sunt îndeplinite următoarele condiții:

- spațiile libere în jurul conductelor, cablurilor și conductoarelor electrice se închid cu materiale din clasa C0(CA<sub>1</sub>) asigurându-se rezistența la foc egală cu a peretelui;
- canalele de ventilare care trec prin perete vor fi realizate din materiale incombustibile, iar golul dintre perete și canal se etanșează cu materiale incombustibile C0(CA<sub>1</sub>) a căror limită de rezistență la foc va fi de cel puțin 90 min.;
- trecerea conductelor și a canalelor de ventilație se realizează astfel încât să nu producă dislocări ale unor porțiuni de perete datorită dilatării lor sub efectul creșterilor de temperatură;
- canalele de ventilare și/sau aer condiționat (climatizare) se prevăd cu sisteme de obturare, cu închidere automată în caz de incendiu (clapete antifoc) pe direcția de propagare;
- se vor lua măsuri pentru evitarea aprinderii materialelor combustibile din vecinătatea canalelor de ventilare și a conductelor metalice datorită căldurii

transmise prin conductibilitate (alegerea de trasee corespunzătoare, termoizolare etc.).

Pereții antifoc, de regulă, se realizează fără goluri. Practicarea unor goluri în acești pereți se admite numai atunci când activitatea sau funcționalitatea impun prevederea lor (pentru circulație, transport, supraveghere etc.) și sunt protejate.

Suprafața golurilor practicate în pereții antifoc nu trebuie să depășească 25% din suprafața acestora.

Golurile funcționale din pereții antifoc, trebuie protejate cu uși antifoc având rezistența la foc 1 h 30 min. și echipate cu dispozitive de autoînchidere sau închidere automată în caz de incendiu, funcție de cerințele funcționale, sau similar (în situația când datorită unor condiții funcționale, protecția golurilor din pereții antifoc nu se poate realiza prin uși, obloane antifoc, golurile se pot proteja și cu perdele de apă sau prin încăperi tampon antifoc).

### 3.4.6. Realizarea căilor de evacuare

Căile de evacuare trebuie construite și amplasate în clădiri independente sau compartimente de incendiu astfel încât în caz de pericol persoanele să poată ajunge în exterior, la nivelul terenului sau al unor suprafețe carosabile, în timpul cel mai scurt și în condiții de deplină siguranță. Considerente de ordin economic dar și psihologic (în practică în caz de pericol persoanele se deplasează către traseele pe care le utilizează în mod curent) impun ca evacuarea către exterior să se realizeze pe căile de circulație utilizate în timpul funcționării normale a clădirii.

De regulă, persoanele trebuie să aibă acces la cel puțin două căi de evacuare, distincte și independente, care pe cât posibil să ducă în direcții opuse și să asigure posibilitatea ca persoanele nefamiliarizate cu distribuția acestora, să recunoască cu ușurință traseul spre exterior.

În funcție de destinația, geometria construcției și numărul de persoane care se pot afla simultan în clădire se stabilesc numărul, dimensiunile și amplasarea căilor de evacuare; în anumite condiții pot fi considerate căi de evacuare și ferestrele situate la parterul clădirii sau care comunică cu o platformă amenajată de pe care se poate continua evacuarea în condiții de siguranță.

Casele de scări interioare de evacuare ale nivelurilor supraterane nu vor fi continuate pe cât posibil în subsolul clădirilor; în cazul în care circulațiile funcționale impun în mod justificat continuitatea, se vor lua măsuri de dirijare a persoanelor la nivelul parterului iar golurile de acces spre subsol se protejează cu uși rezistente la foc, prevăzute cu dispozitive de autoînchidere sau cu închidere automată în caz de incendiu.

Pentru evacuarea persoanelor în caz de incendiu pot fi prevăzute și scări exterioare deschise, amplasate independent în exteriorul construcției sau alipite acesteia pe maxim trei laturi, astfel încât circulația să nu fie blocată de flăcările sau fumul produs în caz de incendiu.

Evacuarea persoanelor este considerată că se realizează ordonat sub formă de fluxuri de evacuare, (șiruri de persoane așezate una în spatele celeilalte); numărul fluxurilor de evacuare se calculează cu relația: [67]

$$F = \frac{N}{C} \quad (3.35)$$

în care:

- $F$  reprezintă numărul de fluxuri;
- $N$  – numărul maxim de persoane estimat că se pot afla la un moment dat în clădire;

- C – capacitatea normală de evacuare a unui flux.

Capacitatea de evacuare a unui flux se stabilește în funcție de destinația clădirii sau spațiului din clădire pentru care se calculează evacuarea și are valorile cuprinse în tabelul 3.8.[67]

**Capacități de evacuare**

**Tabelul 3.8**

Nr. crt.	Destinația clădirii sau a porțiunii de clădire pentru care se calculează evacuarea	Capacitatea de evacuare (C) a unui flux (număr de persoane)
1.	Clădirile care adăpostesc persoane incapabile de a se evacua singure: maternități, staționare medicale, clădiri pentru copii de vârstă preșcolară, ospicii pentru alienați mintali, cămine pentru bătrâni și infirmi, persoane handicapate etc.	50
2.	Clădire pentru învățământ de toate gradele, administrative, sociale, laboratoare, studiouri cinematografice și de radio, săli de adunări, auditorii, magazine, expoziții, alimentație publică, de lectură, sport, așteptare etc. care nu sunt săli aglomerate sau clădiri înalte ori foarte înalte.	70
3.	Clădiri de locuit administrative, hoteluri, cămine, cabane etc. care nu sunt clădiri înalte sau foarte înalte	80

Lățimea liberă necesară pentru trecerea fluxurilor de evacuare în raport cu numărul acestora este de minimum:[67]

- 0,80 m pentru un flux;
- 1,10 m pentru două fluxuri;
- 1,60 m pentru trei fluxuri;
- 2,10 m pentru patru fluxuri;
- 2,50 m pentru cinci fluxuri.

La dimensionarea ieșirilor către exterior (uși de la nivelul parterului), când prin acestea se asigură evacuarea persoanelor din întreaga clădire se va avea în vedere:[67]

- numărul persoanelor care vin prin scările interioare de la nivelul cel mai populat al clădirii;
- 60% din numărul persoanelor aflat la parterul clădirii;
- 60% din numărul de persoane care vin prin scări interioare de la subsolul clădirii.

Lungimea căilor de evacuare, timpul de evacuare în caz de incendiu, este limitată în reglementările normative românești (Normativul de siguranță la foc a construcțiilor – indicativ P 118-99) la 42 m / 105 s (la clădirile de gradul I și II rezistență la foc) condiție dificil de realizat având în vedere suprafața foarte mare a unor construcții (clădiri multifuncționale) ceea ce poate conduce la situații constructive greoaie sau inestetice din punct de vedere arhitectural.

### **3.4.7. Asigurarea etanșeității căilor de evacuare împotriva pătrunderii fumului și gazelor fierbinți**



În general spațiile accesibile publicului vor fi astfel realizate și protejate prin măsuri de protecție pasivă și activă încât viața persoanelor să nu fie pusă în pericol în caz de incendiu.

Pe timpul incendiului, în urma proceselor fizico-chimice de ardere a materialelor combustibile rezultă fum, flăcări, căldură și o serie de gaze fierbinți (ca produse de ardere). În condițiile neasigurării etanșeităților căilor de evacuare, fumul, gazele fierbinți, căldura pătrund pe holuri și case de scări, pe ușile deschise sau prin neetanșeitățile ușilor închise creând dificultăți în evacuare și punând în pericol viața persoanelor.

Fumul degajat în timpul incendiilor poate provoca victime în timp scurt deoarece are în compunere: gaze toxice cu efecte asupra circulației sanguine și a sistemului nervos (acizii cianhidrici); gaze toxice cu efect de asfixiere (CO, CO<sub>2</sub>), gaze toxice cu efect iritant și alergic (amoniacul, dioxidul de sulf etc.), conform tabelului 3.9:[6]

**Efectul fiziologic al unor gaze și vapori asupra omului****Tabelul 3.9**

Denumirea substanțelor	Letal în inspirație peste 5-13 min.		Periculos (toxic) în inspirație peste 0,5 - 1 oră		Suportabil la inspirație peste 0,5 - 1,6 ore	
	Volumul aproximativ		Volumul aproximativ		Volumul aproximativ	
	[%]	[mg · l <sup>-1</sup> ]	[%]	[mg · l <sup>-1</sup> ]	[%]	[mg · l <sup>-1</sup> ]
Fosgen	0,005	0,20	0,0025	0,10	0,0001	0,004
Clor	0,025	0,70	0,0025	0,07	0,0025	0,007
Acid cianhidric	0,02	0,20	0,01	0,10	0,005	0,05
Oxizi de azot	0,05	1,00	0,01	0,20	0,005	0,10
Anilină	-	-	-	-	0,013	0,50
Hidrogen sulfurat	0,08	1,10	0,04	0,60	0,02	0,30
Sulfură de carbon	0,20	6,00	0,10	3,60	0,05	6,50
Gaze sulfuroase	0,30	8,00	0,04	1,10	0,01	0,30
Acid clorhidric	0,30	4,50	1,10	1,50	0,01	0,15
Amoniac	0,50	3,50	0,25	1,70	0,025	0,17
Oxid de carbon	0,50	6,00	0,20	2,40	0,10	1,20
Benzen	2,00	65,00	0,75	25,00	0,30	10,00
Cloroform	2,50	125,00	1,50	75,00	0,50	25,00
Benzină	3,00	120,00	2,00	80,00	1,50	60,00
Tetraclorură de carbon	5,00	315,00	2,50	158,00	1,00	63,00
Acetilenă	50,00	550,00	25,00	275,00	10,00	110,00
Bioxid de carbon	9,00	162,00	5,00	90,00	3,00	54,00
Etilenă	95,00	1100,00	80,00	920,00	50,00	575,00

Compoziția chimică a fumului este determinată de natura materialelor și substanțelor combustibile care ard și prezintă mare importanță în luarea măsurilor de protecție a utilizatorilor și echipamentelor de intervenție.

### 3.4.8. Prevederea dispozitivelor pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți

Evacuarea fumului și gazelor fierbinți din spații incendiate și conexe acestora se realizează prin dispozitive de evacuare, care vor avea suprafața liberă calculată în funcție de aria și densitatea sarcinii termice a spațiului protejat.

Golurile de desfumare trebuie protejate cu dispozitive de protecție (voleți, trape) realizate din materiale incombustibile, etanșe la foc la introducerea aerului proaspăt și rezistente la foc la evacuarea fumului și gazelor fierbinți.

Trapele de fum, sunt dispozitive cu acționare automată sau mecanică (manuală) de evacuare a fumului, gazelor fierbinți și căldurii, contribuind prin aceasta la crearea condițiilor necesare pentru:

- asigurarea atmosferei de supraviețuire, salvării și evacuării persoanelor;
- reducerea riscului de distrugere a elementelor portante de construcție;
- asigurarea condițiilor necesare desfășurării operațiunilor de salvare și intervenție;

Trapele de fum și ventilație executate sub formă de spot sau amplasate în luminatoarele continue, necesită pentru funcționare dispozitive pentru deschidere și închidere. Sistemul de comandă al trapelor poate fi:

- sistem pneumatic;
- sistem electric;
- sistem mecanic;
- sistem pneumatic electric (partea pneumatică pentru evacuare fum, partea electrică pentru ventilație).

Sistemul de acționare a trapelor pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți poate fi pus în funcțiune independent, prin intermediul dispozitivelor de detectare și avertizare a izbucnirii incendiilor, concomitent cu intrarea în funcțiune a instalațiilor automate de stingere și altor dispozitive de protecție la foc (voleți, cortine de siguranță, sisteme de ventilație forțată). Elementele constructive ale unui dispozitiv de evacuare a fumului și gazelor fierbinți (trapă de evacuare) sunt prezentate în figura 3.23. [65]

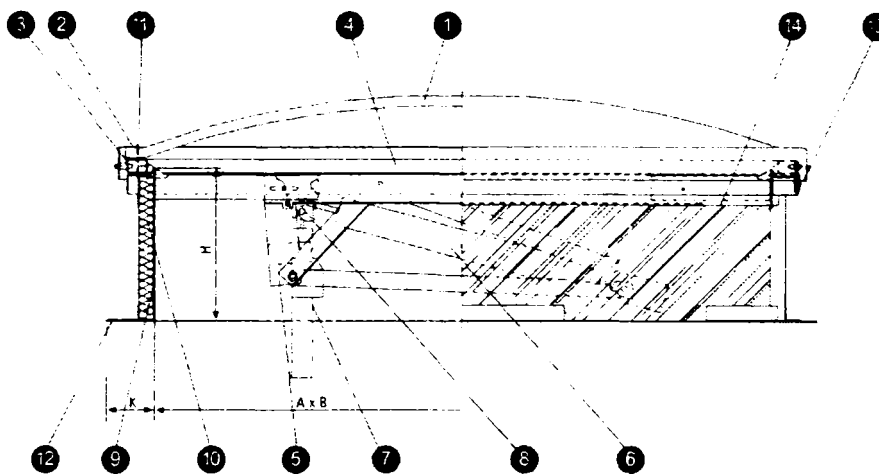


Figura 3.23 Elementele constructive ale unui dispozitiv de evacuare a fumului și gazelor fierbinți:

- 1 – vitrare; 2 – ramă de strângere; 3 – ramă portantă; 4 – traversă canat; 5 – dispozitiv prindere servomotoare; 6 – servomotor evacuare fum; 7 – servomotor ventilație; 8 – consolă cârlig; 9 – soclu rectangular; 10 – izolație termică a soclului; 11 – garnitură canat; 12 – șorț soclu; 13 – balama; 14 – placare exterioară (tablă de oțel galvanizat)

### 3.4.9. Asigurarea iluminatului de siguranță și afișarea/montarea indicatoarelor de securitate

De regulă aparatele pentru iluminatul de siguranță și indicatoarele de securitate, deși absolut necesare, sunt cu greu acceptate în spațiile arhitecturale moderne. Pe de altă parte, în caz de incendiu, când fumul și produsele de ardere inundă partea superioară a spațiilor iar funcționarea iluminatului normal este întreruptă, eficiența iluminatului de siguranță și a indicatoarelor de securitate este mult diminuată.

În practică, atunci când căile de evacuare (holuri, case de scări) sunt inundate cu fum și gaze fierbinți, persoanele se deplasează „în poziția aplecat”, la partea inferioară nefiind aceeași concentrație a produselor de ardere, astfel că aparatele pentru iluminatul de siguranță și indicatoarele de securitate montate în partea superioară a spațiilor pentru a fi vizualizate în condiții normale de funcționare, sunt camuflate de fumul dens sau deteriorate din cauza temperaturilor ridicate. În aceste condiții apreciem că în mod deosebit, în sălile aglomerate și în spațiile cu aglomerări de persoane se impune realizarea unor sisteme de iluminat de siguranță și marcaje fluorescente la partea inferioară a spațiilor care să indice direcția de evacuare fără a-și pierde eficiența din cauza fumului și produselor de ardere.

Iluminatul de siguranță are următoarele categorii de funcții:

- de avertizare;
- de direcționare;
- de evitare a panicii;
- de marcarea a hidranților interiori;
- de continuare a lucrului în punctele vitale (în locurile unde sunt montate stații de pompe, vane și aparate de control și semnalizare a instalațiilor pentru stingerea incendiilor).

Este obligatorie marcarea/montarea indicatoarelor de securitate/avertizare în clădirile multifuncționale astfel:

**a) indicatoare de interzicere (roșu pe alb, vezi figura 3.24) în:**

- locurile cu pericol de incendiu și explozie și cele în care este interzis fumatul și focul deschis;
- locurile unde este interzisă utilizarea unor tipuri de substanțe stingătoare sau de altă natură;



a) Trecerea interzisă



b) Interzis utilizarea focului deschis



c) Fumatul interzis

Figura 3.24 Indicatoare de interzicere

**b) cu indicatoare de avertizare (negru pe galben, vezi figura 3.25):**

Vor fi marcate ușile și obloanele din elementele cu rol de compartimentare împotriva incendiilor, clapetele de siguranță de pe canalele de ventilație, exhaustare, transport pneumatic, coridoarele înfundate, mașinile, utilajele și echipamentele a căror funcționare va fi oprită în caz de incendiu, locurile și spațiile unde se găsesc lichide și gaze combustibile sau alte materiale periculoase, elementele de construcții care prezintă pericol de prăbușire în caz de incendiu etc.



Figura 3.25 Indicatoare de avertizare

**c) cu indicatoare de siguranță (alb pe verde, vezi figura 3.26):**  
Traseele căilor de evacuare, scările de evacuare, iluminatul de siguranță (figura 3.18).

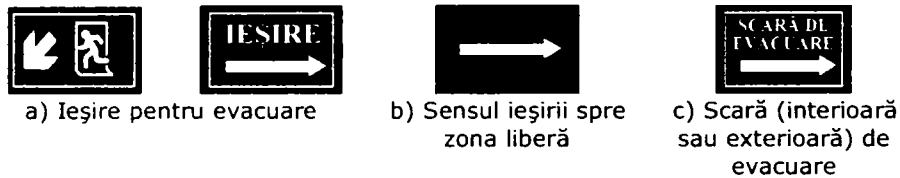


Figura 3.26 Indicatoare de siguranță

**d) cu indicatoare de informare (alb pe albastru, vezi figura 3.27):**  
Pentru informații de interes general, numerele de telefon ale serviciului privat pentru situații de urgență și ale dispeceratului pentru situații de urgență (112), tabloul electric cu întrerupătorul general, clădirea serviciului privat pentru situații de urgență etc. (figura 3.19).



Figura 3.27 Indicatoare de informare

**e) cu indicatoare de informare referitoare la instalațiile de prevenire și stingere a incendiilor (alb pe roșu, vezi figura 3.28):**

Butoanele manuale și instalațiile automate de semnalizare și stingere a incendiilor (spumă, abur, gaze inerte, hidranți interiori, hidranți exteriori, sprinklere, drencere), rezerva de apă pentru incendiu, sistemele de acționare a trapelor pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți, cortinelor de siguranță, pompelor de incendiu, etc. (figura 3.20).

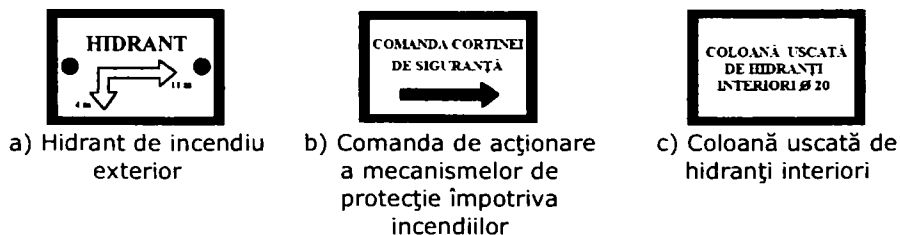


Figura 3.28 Indicatoare de informare referitoare la instalațiile de prevenire și stingere a incendiilor

Spațiile prevăzute a funcționa pe timp de noapte precum și cele iluminate artificial în timpul normal de funcționare vor fi prevăzute cu indicatoare luminoase de securitate pentru evacuare, contra panicii precum și pentru acționarea sistemelor și instalațiilor de combatere a incendiilor, alimentarea cu energie electrică a acestora efectuându-se de la o sursă independentă de energie. Această prevedere este obligatorie și pentru indicatoarele care marchează poziția hidranților interiori și a comenzilor de manevrare a instalațiilor speciale pentru prevenirea și stingerea incendiilor (cortine metalice, trape de evacuare a fumului și gazelor fierbinți, vane, drenere) din clădirile publice cu aglomerări de persoane, care funcționează noaptea sau la lumină artificială.

Organizarea apărării împotriva incendiilor și întocmirea planurilor de evacuare constituie o măsură importantă de prevenire menită să asigure informarea utilizatorilor asupra normelor generale și specifice locului de muncă, modul de folosire a mijloacelor de protecție, salvare și prim-ajutor și intervenția operativă și eficientă a echipelor constituite din personalul voluntar sau serviciul privat pentru situații de urgență.

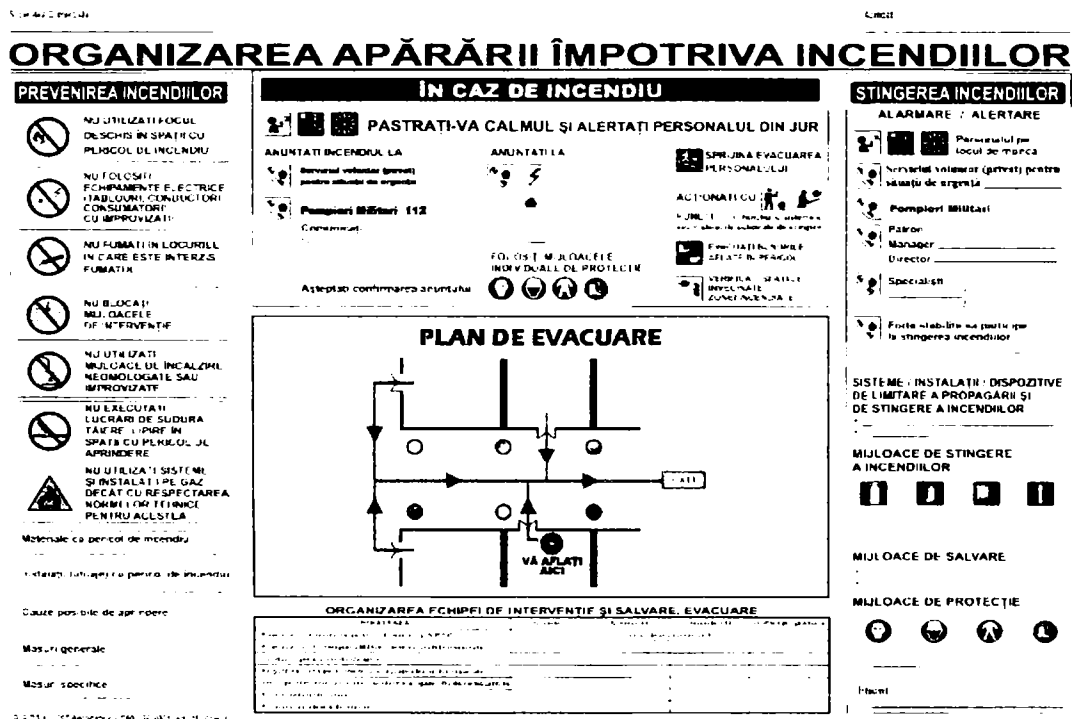


Figura 3.29 Schema de principiu a organizării apărării împotriva incendiilor la locul de muncă

### 3.4.10. Asigurarea instalațiilor pentru semnalizarea și stingerea incendiilor

Asigurarea unei protecții eficiente la incendiu nu este posibilă doar prin măsuri de protecție pasivă, instalațiile de semnalizare și stingere impunându-se ca o soluție necesară de siguranță. În principiu, instalația de semnalizare a incendiilor trebuie să detecteze începutul de incendiu în cel mai scurt timp, să analizeze informațiile primite și să emită semnalul adecvat pentru asigurarea evacuării persoanelor, desfășurarea acțiunilor de intervenție, acționarea ori blocarea automată

a unor instalații sau dispozitive de combatere a incendiilor; instalațiile automate de stingere a incendiilor se prevăd de regulă în spațiile cu sarcină termică mare, în care nu este asigurată o supraveghere permanentă și au rol de:

- protecție a oamenilor;
- limitarea propagării incendiului;
- stingerea incendiului;
- răcirea elementelor de construcție.

Funcționarea instalațiilor de semnalizare și stingerea incendiilor se realizează în mod unitar, împreună cu alte sisteme de protecție activă împotriva incendiilor.

### **3.4.11. Asigurarea condițiilor corespunzătoare pentru intervenția la stingerea incendiilor**

Înlăturarea riscului de incendiu din clădiri, implică în primul rând identificarea din timp și eliminarea cauzelor de incendiu și în al doilea rând respectarea cu strictețe a regulilor și măsurilor de prevenire și stingere a incendiilor. Realizarea acestor cerințe conduce la evitarea pierderilor de vieți omenești și pagube materiale; în același timp este necesar ca încă din faza de proiectare să se asigure condițiile necesare ale unei intervenții operative prin prevederea lifturilor de intervenție, a căilor de acces, evacuare și intervenție, a spațiilor pentru amplasarea autospecialelor de stins incendii și a autoscărilor mecanice precum și a rezervei de apă pentru stingerea incendiilor.

În afara acestor măsuri speciale care presupun o analiză temeinică atât din punct de vedere tehnico-economic cât și al eficienței operative în salvarea și evacuarea persoanelor, protejarea bunurilor materiale și a mediului se impun respectarea unor **reguli generale** de prevenire și stingere a incendiilor indiferent de destinația spațiilor, reguli al căror scop este înlăturarea riscului de incendiu.

#### **3.4.11.1. Reguli de ordine interioară**

Ordinea interioară sub aspectul prevenirii și stingerii incendiilor reprezintă ansamblul măsurilor tehnico-organizatorice stipulate în acte de autoritate (dispoziții, decizii) emise de reprezentantul persoanei juridice/conducătorul instituției publice, care se impun a fi luate, înainte, în timpul și la terminarea unor activități caracterizate prin factori de risc de incendiu specifici.

Măsurile tehnico-organizatorice de ordine interioară reglementează:

- asigurarea căilor de acces, de evacuare și de intervenție;
- executarea lucrărilor cu foc deschis;
- colectarea deșeurilor, reziduurilor și a ambalajelor combustibile și distrugerea sau valorificarea acestora;
- stabilirea și respectarea regulilor privind fumatul;
- efectuarea de lucrări premergătoare, în timpul sezonului rece și în perioade caniculare și secetoase.

##### **3.4.11.1.1. Asigurarea căilor de acces, de evacuare și de intervenție**

Căile de acces și de evacuare exterioare și interioare (drumuri, scări, holuri, culoare etc.) trebuie să fie menținute permanent libere și practicabile astfel încât în caz de incendiu să asigure:

- evacuarea nestingherită și în condiții de siguranță a persoanelor și bunurilor materiale;
- accesul ușor al autospecialelor, utilajelor și echipajelor de salvare, evacuare și stingere a incendiilor;
- accesul la instalațiile, aparatele și mijloacele de stingere a incendiilor precum și la punctele de comandă ale acestora (centrale și butoane de semnalizare, aparate de control și semnalizare, stații de pompe etc.).

Se interzice blocarea în poziție deschisă a ușilor caselor de scări de pe coridoare, a celor prevăzute cu dispozitive de autoînchidere, care, în caz de incendiu au rolul de a opri pătrunderea fumului, gazelor fierbinți și propagarea incendiului pe verticală sau orizontală. Dispozitivele care asigură închiderea automată în caz de incendiu a ușilor sau obloanelor antifoc precum și cele care mențin în poziție închisă ușile încăperilor tampon vor fi permanente în stare de funcționare.

Ușile de evacuare către exterior trebuie să fie prevăzute cu inscripții corespunzătoare și astfel întreținute încât deschiderea lor să fie sigură și ușoară în caz de incendiu.

#### **3.4.11.1.2. Reguli privind executarea lucrărilor cu foc deschis**

Focul deschis se înscrie printre cele mai frecvente cauze de incendiu, fapt care impune respectarea unor măsuri ferme de prevenire la executarea unor lucrări de construcții-montaj, de reparație sau de întreținere la clădiri, instalații sau alte amenajări.

Modul de executare a lucrărilor cu foc deschis va fi reglementat prin dispoziții scrise și presupune:

- stabilirea locurilor unde se pot efectua lucrări cu foc deschis precum și a spațiilor în care această activitate este interzisă;
- lucrările cu focul deschis, în spații cu pericol de incendiu, se vor executa numai după emiterea „Permisul de lucru cu foc” (autorizației de lucru); permisul de lucru cu foc este documentul în care sunt stipulate măsurile tehnico-organizatorice și de prevenire a incendiilor specifice fiecărei categorii de lucrări ce urmează a fi executate.

La executarea oricăror lucrări cu foc deschis se va asigura:

- evacuarea persoanelor din zona de executare a lucrărilor;
- îndepărtarea sau protejarea materialelor combustibile;
- golirea, spălarea, blindarea traseelor de conducte sau a utilajelor;
- aerisirea sau ventilarea spațiilor;
- dotarea locurilor de muncă cu mijloace de limitare a propagării și stingerii incendiilor.

În toate situațiile, permisul de lucru cu foc se întocmește în două exemplare și este valabil pentru o singură zi de lucru și cuprinde măsuri de prevenire și stingere a incendiilor care se impun a fi luate premergător executării lucrărilor cu foc deschis, în timpul executării lucrărilor și după executarea lucrărilor cu foc deschis.

#### **3.4.11.1.3. Reguli privind colectarea deșeurilor, reziduurilor combustibile și a ambalajelor și distrugerea lor**

Deșeurile, reziduurile combustibile și ambalajele rezultate în activitatea desfășurată, se colectează ritmic și se depozitează în spații special destinate pentru a fi evacuate sau distruse în mod organizat fără a pune în pericol viața, bunurile sau mediul.

Modul de gestionare a deșeurilor se stabilește prin decizie, dispoziția reprezentantului persoanei juridice (administrator, manager, director) și presupune:

- nominalizarea deșeurilor, reziduurilor, ambalajelor specifice activității;
- stabilirea regimului de colectare și transport;
- stabilirea locului de depozitare și a modului de distrugere sau de valorificare;
- desemnarea personalului responsabil cu gestionarea deșeurilor.

Gestionarea deșeurilor, reziduurilor și ambalajelor combustibile trebuie să țină seama de caracteristicile fizico-chimice ale acestora astfel încât să se asigure respectarea măsurilor de prevenire a incendiilor și protecția mediului.

#### **3.4.11.1.4. Reguli privind fumatul**

Incendiile cauzate de neglijența fumătorilor se situează pe locul doi în situația statistică a cauzelor de incendiu, după cele cauzate de instalațiile electrice defecte sau improvizate; astfel că, reglementarea fumatului este obligatorie în cadrul fiecărui agent economic sau al fiecărei instituții publice, se face prin dispoziție scrisă dată de administratorul persoanei juridice, respectiv, conducătorul instituției publice.

În dispoziție se vor menționa:

- locurile (zonele) cu pericol de incendiu sau de explozie în care este interzis fumatul sau, după caz, accesul cu țigări, chibrituri sau alte mijloace de aprindere;
- locurile amenajate pentru fumat;
- persoanele desemnate să răspundă de supravegherea regulilor privind fumatul, pe compartimente și sectoare de activitate.

Fumatul este interzis de regulă în toate spațiile unde nu se admite folosirea focului deschis datorită riscului ridicat de incendiu sau de explozie.

Locurile în care fumatul este permis vor fi amenajate la distanțe de siguranță față de locurile cu pericol de explozie sau de materiale combustibile, vor fi dotate cu accesorii specifice (scrumiere, vase cu apă, lăzi cu nisip etc.) și vor fi marcate cu inscripții „Loc pentru fumat”.

#### **3.4.11.1.5. Reguli de prevenire a incendiilor pentru sezonul rece**

Înainte de începerea sezonului rece vor fi întreprinse următoarele măsuri:

- verificarea și înlăturarea defecțiunilor la instalațiile și sistemele de încălzire (surse de căldură, conducte, corpuri și elemente de încălzire, sobe, coșuri și canale de fum etc.);
- asigurarea protecției contra înghețului a instalațiilor de alimentare cu apă pentru stingerea incendiilor (hidranți interiori, hidranți exteriori, stații de pompare, vane, rezervoare de apă etc.);
- verificarea și întreținerea dispozitivelor de încălzire cu abur sau cu apă caldă a armăturilor de siguranță de la rezervoarele de lichide combustibile sau gaze lichefiate;
- asigurarea utilajelor, uneltelor și accesorilor și executarea lucrărilor de dezăpezire a căilor de acces, de evacuare și de intervenție.



### 3.4.11.1.6 Reguli de prevenire a incendiilor pentru perioadele caniculare sau secetoase

Temperaturile ridicate din mediul exterior sunt de natură să favorizeze izbucnirea incendiilor în spațiile cu risc ridicat de pericol, ceea ce impune măsuri speciale pentru contracararea efectelor negative din perioadele caniculare sau secetoase.

Măsurile speciale care trebuie întreprinse în timpul perioadelor caniculare sau secetoase sunt cuprinse în planuri aprobate de administratorul persoanei juridice/conducătorul instituției și se referă la:

- identificarea și nominalizarea sectoarelor de activitate în care crește riscul de izbucnire a incendiului ca urmare a temperaturilor atmosferice ridicate;
- interzicerea sau restricționarea executării unor lucrări cu foc deschis în spațiile în care sunt posibile acumulări de substanțe volatile inflamabile;
- asigurarea protecției împotriva radiațiilor solare a recipientelor, rezervoarelor și altor tipuri de ambalaje în care sunt stocate lichide inflamabile sau gaze lichefiate sub presiune;
- asigurarea mijloacelor, utilajelor, accesoriilor și substanțelor stingătoare necesare operațiunilor de intervenție;
- verificarea funcționării instalațiilor automate de semnalizare și stingere a incendiilor;
- verificarea operativității echipelor de intervenție și a modului de funcționare a sistemelor de avertizare/alarmare și anunțare a incendiilor.

## 3.5 Concluzii și contribuții personale

Normativul de siguranță la foc a construcțiilor P 118-99 (neabrogat dar căzut parțial în desuetudine) clasifică materialele și elementele pentru construcție în două grupe – incombustibile și combustibile – materialele combustibile fiind clasificate la rândul lor în patru clase (C1 – C4).

În noul sistem de euroclase privind comportarea și reacția la foc a materialelor pentru construcții adoptat în legislația românească în procesul armonizării cu legislația Uniunii Europene, comportarea la foc este definită prin totalitatea schimbărilor fizice și chimice intervenite, atunci când un material, produs sau ansamblu, este supus acțiunilor unui incendiu, iar reacția la foc, reprezintă contribuția pe care un material o are la alimentarea unui foc în condiții și împrejurări determinate.

Noul sistem de clasificare, unitar pentru țările membre ale Uniunii Europene, încadrează materialele pentru construcții în șapte clase – A1, A2, B, C, D, E, F – în funcție de comportarea și reacția la foc, iar clasele A2, B, C, D în funcție de prezența picurăturilor particulelor arzânde în trei subclase – s1, s2, s3 – potrivit următoarelor nouă criterii:

- creșterea de temperatură –  $\Delta T$ ;
- pierderea de masă –  $\Delta m$ ;
- durata de persistență a flăcării -  $t_f$ ;
- puterea calorică superioară – PCS;
- viteza de dezvoltare a incendiului – FIGRA;
- degajare totală de căldură –  $THR_{600}$ ;
- propagarea laterală a flăcării – LFS;
- viteza de emisie a fumului – SMOGRA;

- emisia totală de fum -  $TSP_{600s}$ .

Cunoașterea fenomenului arderii, a factorilor care influențează procesul de ardere și a produselor degajate în timpul arderii, sunt elemente importante în stabilirea măsurilor de securitate la incendiu.

Pornind de la elementele fundamentale care stau la baza procesului de ardere, a experienței practice și a analizei punctelor de vedere exprimate în literatura de specialitate, autorul a definit incendiul ca fiind un fenomen aleatoriu, rezultatul unui proces fizico-chimic, desfășurat în anumite condiții, însoțit de emisie de căldură și/sau lumină și alte produse de ardere, care pun în pericol viața, bunurile și mediul, a cărui dezvoltare depinde de coexistența factorilor care l-au generat și pentru a fi stins sunt necesare metode, forțe și/sau mijloace specializate.

Din analiza celor cinci faze ale procesului de dezvoltare a incendiului (faza apariției focarului inițial, faza de ardere lentă, faza de ardere activă, faza de ardere generalizată, faza de regresie) a rezultat faptul că exceptând faza I-a, celelalte patru faze sunt determinate nemijlocit de cantitatea de material combustibil și afluxul de oxigen în zona de ardere.

Pentru asigurarea conformării la foc a clădirilor multifuncționale, autorul apreciază că se impun respectarea următoarelor reguli:

- corelația dintre destinație, aria construită și desfășurată și gradul de rezistență la foc;
- asigurarea gradului de rezistență la foc corespunzător riscului de incendiu și categoriei de importanță a clădirii;
- respectarea distanțelor minime de siguranță;
- protejarea golurilor funcționale;
- dimensionarea corectă a căilor de evacuare;
- asigurarea etanșeității căilor de evacuare împotriva pătrunderii fumului și gazelor fierbinți;
- prevederea dispozitivelor pentru evacuarea controlată a fumului și gazelor fierbinți;
- asigurarea iluminatului de siguranță și afișarea/montarea indicatoarelor de securitate;
- asigurarea instalațiilor pentru semnalizarea și stingerea incendiilor;
- asigurarea condițiilor corespunzătoare pentru intervenția la stingerea incendiilor.

# Capitolul 4. SISTEME DE DETECȚIE ȘI SEMNALIZARE A INCENDIILOR DIN CLĂDIRI MULTIFUNCȚIONALE

## 4.1. Noțiuni generale

Asigurarea securității la incendiu în clădirile multifuncționale reprezintă un obiectiv fundamental de protecție a vieții utilizatorilor, de protecție a bunurilor și a mediului.

Realizarea unor sisteme performante de supraveghere, detecție semnalizare și de alarmare în caz de incendiu sunt de natură să asigure creșterea gradului de siguranță în exploatarea clădirilor multifuncționale și exercitarea unui control eficient asupra modului de manifestare a incendiului.[41]

În clădirile multifuncționale se impune ca instalațiile și dispozitivele de supraveghere, detecție, semnalizare și alarmare la incendiu să se utilizeze în cadrul unui sistem integrat de funcțiuni care să acționeze concomitent instalații de ventilare/climatizare, evacuare fum și gaze fierbinți, instalații de stingere cu apă sau cu substanțe speciale, deschiderea/închiderea unor clapete obturatoare, funcționarea iluminatului de siguranță, închiderea/deschiderea unor uși pe căile de evacuare etc., menit să asigure funcționarea optimizată a tuturor sistemelor de protecție.[45]

Schema de principiu privind funcționarea unui sistem integrat de detecție, prelucrare automată a datelor și transmiterea comenzilor este prezentat în figura 4.1.

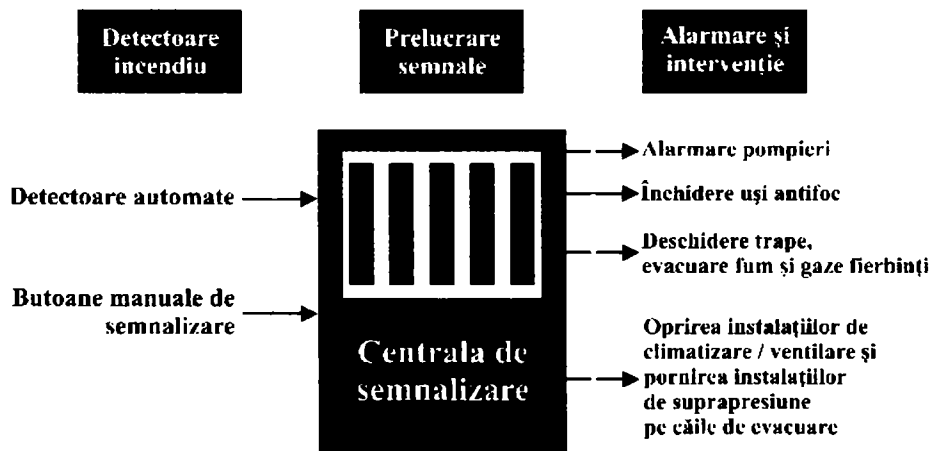


Figura 4.1. Instalație automată de semnalizare a incendiilor. Schema de principiu.

## 4.2. Detectoare de incendiu

La alegerea detectoarelor de incendiu în clădiri multifuncționale se au în vedere parametrii care trebuie supravegheați static sau dinamic – fum, flacără, temperatură – precum și modul de declanșare a sistemelor de protecție avute în vedere, modul de evacuare a produselor de ardere și de limitare a propagării și stingerii incendiului.

Alegerea tipurilor detectoarelor de incendiu reprezintă elementul de bază în asigurarea unei protecții adecvate a spațiului protejat.

Indiferent de tipul detectoarelor folosite, rolul acestora într-o instalație automată de semnalizare a incendiilor este de depistare a incendiilor într-o fază incipientă astfel încât să se poată întreprinde măsuri adecvate pentru:

- avertizarea utilizatorilor;
- declanșarea automată a instalațiilor de stingere a incendiilor;
- închiderea automată a canalelor de ventilație;
- deschiderea automată a trapelor pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți;
- alertarea serviciilor de pompieri.

Detectoarele se aleg în funcție de felul și intensitatea fenomenelor care însoțesc incendiul, astfel:<sup>[19]</sup>

- detectoarele de fum se utilizează în spațiile în care se află materiale și substanțe combustibile, care în faza inițială de ardere degajă o mare cantitate de fum precum și cazul materialelor care ard mocnit;
- detectoarele de căldură se utilizează în spațiile în care, în caz de incendiu, căldura este fenomenul care se manifestă în faza inițială de ardere;
- detectoarele de flacără se utilizează pentru semnalizarea incendiilor de materiale combustibile la care flacăra este fenomenul care se manifestă în faza inițială de ardere.

Un element important în asigurarea funcționării optime a detectoarelor de incendiu îl reprezintă amplasarea corectă a acestora în funcție de înălțimea și geometria spațiului protejat.

Modul de propagare a produselor de ardere (fum, gaze fierbinți, flacără, căldură) este determinant în amplasarea detectoarelor de incendiu.

Într-un spațiu închis, fără circulație forțată a aerului, gazele de ardere fierbinți și fumul formează un con cu vârful în focar și baza înspre plafon.<sup>[52]</sup> În funcție de geometria plafonului, baza conului va lua forma acestuia (figura 4.2 și figura 4.3).

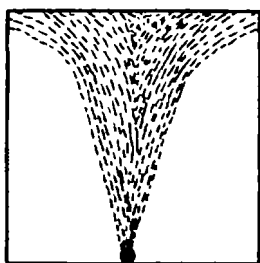


Figura 4.2 Deplasarea particulelor de fum în cazul plafonului plat

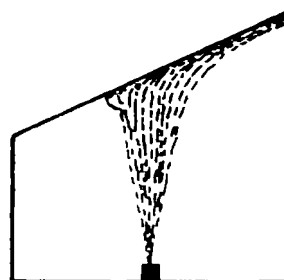


Figura 4.3 Deplasarea particulelor de fum în cazul acoperișului înclinat

Alți factori care influențează eficiența detectoarelor de incendiu și care trebuie avuți în vedere la amplasarea acestora sunt: radiația solară, viteza și direcția curenților de aer, căldura acumulată sub planșeu.

Detectoarele de fum și flacără pot fi utilizate în spații a căror temperatură se situează între  $- 20^{\circ}\text{C}$  și  $+ 70^{\circ}\text{C}$ .

La amplasarea detectoarelor de căldură/termice (de flacără) se va avea în vedere ca temperatura de declanșare să fie cu  $10^{\circ}\text{C}$  până la  $35^{\circ}\text{C}$  peste temperatura existentă în condiții normale de funcționare în spațiul protejat.

În scopul asigurării unei eficiențe sporite a detectoarelor de incendiu, la amplasarea acestora se vor respecta următoarele cerințe:

- detectoarele de incendiu, cu excepția celor de flacără, nu se vor monta la o distanță mai mică de  $0,5\text{ m}$  față de pereți sau elemente de construcție cu rol de compartimentare; de asemenea se va asigura un spațiu liber atât în plan orizontal cât și vertical pe o rază de  $0,5\text{ m}$  față de detector pentru a permite circulația produselor de ardere și sesizarea parametrilor specifici acesteia;

- detectoarele de temperatură se montează de regulă pe plafon sau în partea cea mai înaltă a spațiului protejat, iar detectoarele de fum se montează sub plafon la distanțe între  $30\text{ mm}$  și  $800\text{ mm}$ ;

- deschiderile în planșee și în pereții despărțitori dintre compartimente, a căror suprafață este mai mare de  $0,1\text{ m}^2$ , care nu sunt prevăzute cu dispozitive de autoînchidere rezistente la foc și prin care se pot propaga produsele de ardere dintr-un compartiment în altul, vor fi prevăzute cu detectoare de incendiu;

- casa scârilor închisă va fi protejată cu detectoare de incendiu amplasate atât în partea cea mai înaltă cât și la nivelul fiecărui podest;

- casa liftului va fi protejată cu detectoare de incendiu, amplasate la  $1,5\text{ m}$  în dreptul ușilor;

- pe coridoare, detectoarele vor fi amplasate în zona de mijloc a acestora;
- protecția dulapurilor cu echipamente importante se va realiza prin montarea detectoarelor în interior la partea superioară a acestora.

Numărul minim de detectoare (de același tip) necesare pentru protecția spațiilor cu tavane plane se calculează cu relația:

$$N_{min} = \frac{S}{I^2} \quad (4.1)$$

în care:

- $S$  este aria compartimentului protejat / supravegheat;
- $I$  – latura pătratului înscris în aria totală de supraveghere a unui detector (precizată de producător / cunoscută de proiectant).

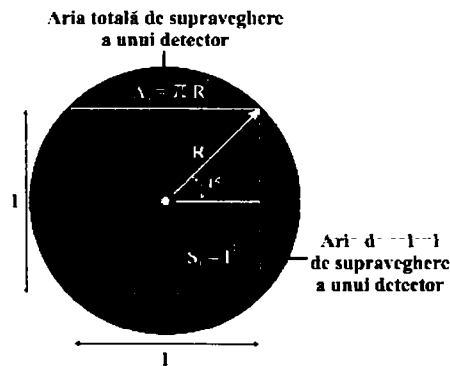


Figura 4.4 Aria de supraveghere a unui detector

Latura „l” rezultă din relația:

$$l = \sqrt{2} \cdot R \quad (4.2)$$

sau

$$l = 2 \cdot R \cdot \cos 45 = 2 \cdot R \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 1,41R \quad (4.3)$$

Aria de supraveghere a unui detector, pentru ușurința calculului, este aria pătratului cu latura l ( $A_s = l^2 = 2 \cdot R^2$ ).

Distanța maximă măsurată pe orizontală, dintre orice punct din spațiul protejat și detectorul alăturat nu trebuie să depășească valoarea de  $d \approx 0,7 l$  (conform figura 4.5).

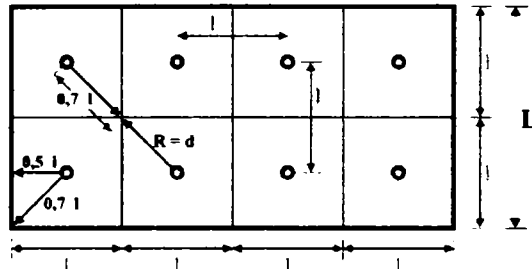


Figura 4.5 Determinarea numărului de detectoare pentru  $L \geq 0,5 l$

Pentru spațiile înguste (exemplu: coridoare, canale de cabluri electrice, etc.) a căror lățime nu depășește  $0,5 l$ , distanța maximă dintre două detectoare consecutive se poate calcula cu relația:

$$l' = 2l - L \quad (4.4)$$

în care L reprezintă lățimea coridorului.

Pentru spațiile înguste, distanța maximă dintre detectoare și peretele care reprezintă latura mică nu va depăși  $0,5 l'$  (conform figura 4.6).

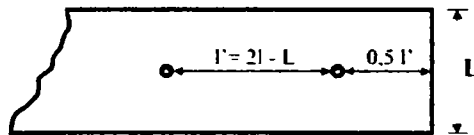


Figura 4.6 Determinarea numărului de detectoare pentru  $L \leq 0,5 l$

### 4.3. Detecția ultrarapidă a incendiilor și sisteme de transmitere a datelor

#### 4.3.1. Noțiuni generale

Evoluția în planul tehnicii de detecție a incendiilor bazată pe o fiabilitate ridicată care pe de o parte trebuie să asigure detecția începuturilor de incendiu în fază timpurie iar pe de altă parte să evite, ca urmare a sensibilității ridicate, alarmele false de natură să producă disfuncționalități nedorite, au stat la baza apariției sistemelor de detecție a fumului **HSSD** (*High Sensitivity Smoke Detection*). Acest concept tehnic are la bază analiza cu fascicule laser a unei mostre de aer aspirat. [22]

Ca structură, sistemul se compune dintr-o rețea de tuburi perforate destinată aspirației aerului din volumul protejat și o unitate centrală de analiză a mostrelor de aer și de avertizare.

Unitatea centrală execută o numărătoare a particulelor de impurități posibil a fi generate de către un foc, având programată stadii de pre-alarmă până la declanșarea alarmei. Particulele de fum trec printr-un fascicul laser concentrat iar lumina împrăștiată de către particulele individuale este recepționată de către un senzor cu fotodiodă și transformată în impulsuri electrice. Rata impulsurilor este numărată electronic și comparată cu pragurile de alertă și alarmă. Semnalul de ieșire este procesat și afișat pe un ecran **LCD** (*Liquid Crystal Display*).

Sistemul poate fi programat să fie cu până la 1000 de ori mai sensibil decât cele obișnuite. Nivelurile de alarmă se pot declanșa la obturări începând cu 0,0025% pe metru pentru zonele curate și până la 1 % pe metru pentru mediile mai puțin curate.

Volumele acoperite pot varia între 2.000 m<sup>2</sup> pentru zonele având curenți de aer slabi și 500 – 700 m<sup>2</sup> pentru volumele în care curenții de aer sunt puternici. Sistemul nu necesită recalibrare, aceste operațiuni fiind efectuate automat de către programul intern al unității centrale. Mai mult, întreținerea sistemului este foarte facilă, iar stabilitatea acestuia este asigurată pe termen lung.

În cazurile în care într-un obiectiv sunt instalate mai multe astfel de sisteme, acestea pot fi conectate în rețea. O astfel de configurație asigură supravegherea, izolarea, configurarea și programarea sistemelor.

Un rezultat optim se obține atunci când astfel de echipamente sunt utilizate împreună cu sisteme de stingere automată.

#### **4.3.2. Sisteme de detecție optică a incendiilor**

Detectoarele optice de incendiu de tip BEAM sunt alcătuite din două componente, un emițător de radiație în infraroșu și un receptor. Cele două componente sunt dispuse astfel încât să acopere în spațiul dintre ele un volum limitat; în mod uzual, lățimea acoperită de o pereche emițător-receptor este de 15 m, iar lungimea poate atinge până la 100 m. În mediu curat, receptorul recepționează lumina emisă de către emițător. În cazul apariției fumului, acesta obturează spațiul dintre emițător și receptor până la un anumit nivel. Scăderea nivelului de lumină care ajunge la receptor face ca detectorul să intre în stare de alarmă. Pentru a preveni generarea alarmelor false declanșate de eventuale particule de praf, echipamentele permit utilizarea unor niveluri diferite de alarmă, în funcție de particularitatea aplicației și au posibilitatea modificării nivelului de detecție.<sup>[22]</sup>

Este posibil ca nivelul de lumină primit de către partea receptoare a detectorului să se diminueze din alte motive decât prezența unui incendiu. Cea mai întâlnită cauză este obturarea lentilei acestuia. În aceste cazuri, pentru a preveni apariția alarmelor false, detectorul verifică la intervale regulate nivelul semnalului și ajustează sensibilitatea receptorului în conformitate cu noii parametri. Dacă obturarea este totală, detectorul poate fi programat să genereze un semnal de avarie.

#### **4.3.3. Sisteme de detecție liniară a temperaturilor**

Unele dintre cele mai complicate probleme de detecție a incendiului sunt cele legate de protejarea traseelor de cabluri îngropate sau în alte spații greu

accesibile. Acolo unde există conductoare electrice există și pericolul declanșării unor incendii (produse de sub-dimensionarea acestora în raport cu consumurile instantanee sau de perioade scurte). Prezența cablurilor detectoare de temperatură este cerută oriunde este necesară protecția împotriva incendiilor, dar unde instalarea unor dispozitive precum detectoarele obișnuite nu este posibilă.

Cablurile detectoare sunt alcătuite dintr-o pereche de conductori sensibili la temperatură, izolați individual într-o cămașă din termoplastic sau fluoropolimer, protejați împreună printr-o îmbrăcăminte exterioară din PVC, termoplastic sau fluoropolimer, sensibilă la creșterile de temperatură.[22]

Detecția incendiilor, în funcție de tipul de cablu poate apărea în 4 până la 20 de secunde. Gama de aplicabilitate a cablurilor detectoare de temperatură este extrem de largă, începând cu  $-65^{\circ}\text{C}$  și mergând până la  $+238^{\circ}\text{C}$ .

Cablurile de detecție de incendiu sunt de două tipuri: analogice și digitale.

În cazul cablurilor analogice, structura include 4 conductoare și necesită prezența unor interfețe specializate care monitorizează starea conductoarelor.

Cablurile digitale sunt realizate prin folosirea a două conductoare termosensibile și se bazează pe scurtcircuitarea acestora. Principiul de funcționare este simplu: în urma creșterii temperaturii, izolația dintre cele două conductoare se topește iar aceasta situație provoacă apariția unui scurtcircuit care este detectat (cu un echipament) și semnalizat. Monitorizarea cablurilor generează atât semnale de alarmă, cât și de avarie, în funcție de starea detectată.

#### **4.3.4. Transmisia datelor de la detectoarele de incendiu către centrala de semnalizare**

Transmiterea informațiilor de la detectoare la centrala de semnalizare se realizează prin cabluri electrice, cabluri cu fibră optică sau prin unde radio (metoda cea mai utilizată este cea a transmisiei informațiilor prin cabluri electrice).

Transmiterea informațiilor prin cabluri cu fibră optică, deși costisitoare, este agreată ca urmare a traficului mare și rapid de informații vehiculate și a imunității la perturbațiile electromagnetice din mediul în care sunt amplasate.

Transmisia prin unde radio se utilizează în spațiile în care siguranța cablurilor electrice sau cu fibră optică nu este corespunzătoare/asigurată.

Principiul de transmisie a informațiilor este dat în figura 4.7.[42]



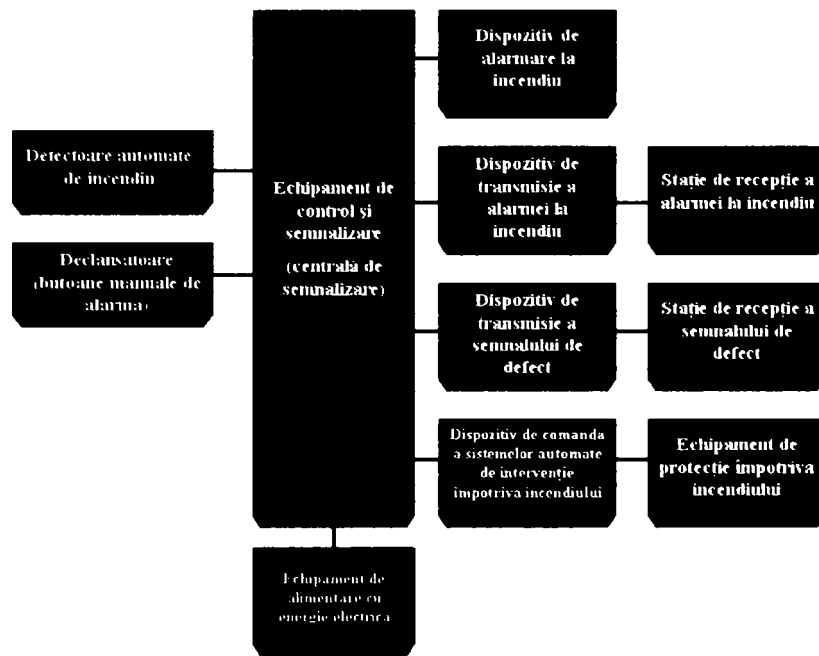


Figura 4.7 Principiul de transmitere a informațiilor la o centrală de semnalizare

Transmisia datelor în sistemele adresabile prezintă avantajul identificării de către centrală a detectorului de incendiu care a trimis semnalul de alarmă.

Tehnica folosită în acest sistem se bazează pe multiplexarea în timp, care permite vehicularea de informații multiple pe un singur canal de comunicație; multiplexarea impune metode specifice de identificare a detectorului din circuitul de semnalizare care comunică cu centrala.

Sunt cunoscute trei metode de adresare și de comunicare: [40]

1. metoda conectării la centrală a detectorului următor după efectuarea transmisiei de către detectorul precedent;
2. metoda adresabilității secvențiale cu ajutorul numărătoarelor;
3. metoda comunicării pe magistrale.

Conform primei metode detectoarele de incendiu sunt astfel conectate încât adresele alocate acestora corespund în ordine crescătoare cu dispunerea lor fizică în sistem, ca în figura 4.8:

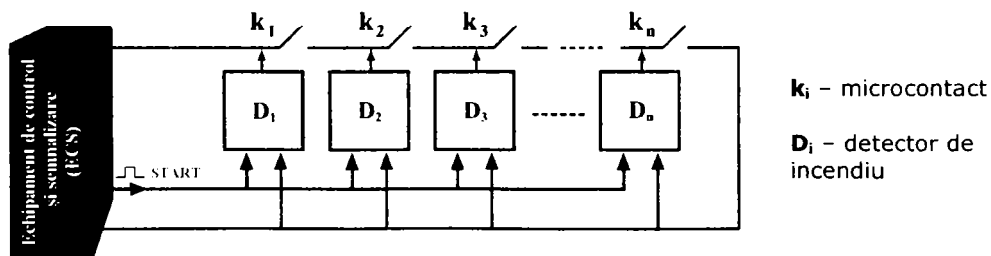


Figura 4.8 Schema circuitelor ce utilizează metoda comunicării pe magistrale

Prin procedeul de feed-back centrala transmite impulsul de START către detectoare în ordine cronologică, primind pe rând răspunsul în aceeași ordine.

Fiecare detector are un microcontact care se deschide la primirea impulsului și se închide după transmiterea informației.

Metoda adresabilității secvențiale cu ajutorul numărătoarelor se bazează pe lansarea pe circuit a unui impuls de sincronizare emis de centrală cu scopul pregătirii detectoarelor pentru comunicația cu centrala, conform figura 4.9:

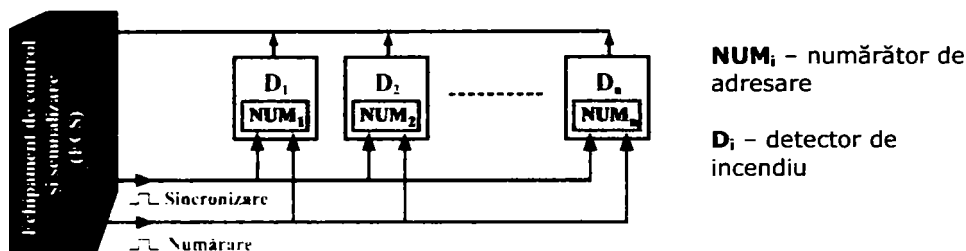


Figura 4.9 Schema circuitelor ce utilizează metoda adresabilității secvențiale cu ajutorul numărătoarelor

Numărătoarele de adresare  $NUM_1, NUM_2, \dots, NUM_n$  cu care sunt prevăzute detectoarele de incendiu  $D_1, D_2, \dots, D_n$  se încarcă fiecare cu adresa unică care i-a fost rezervată local pe placa electronică cu ajutorul unor microîntreruptoare.

Centrala trimite apoi pe linie impulsuri de NUMĂRARE care vor decremента numărătoarele  $NUM_1, NUM_2, \dots, NUM_n$  cu câte o unitate la fiecare impuls. La primul impuls de NUMĂRARE trimis de centrală, numărătorul  $NUM_1$  atinge valoarea zero ( $NUM_1=0$ ), ceea ce permite detectorului  $D_1$  să-și comunice starea către centrală. La cel de-al doilea impuls de NUMĂRARE,  $NUM_2=0$  și detectorul  $D_2$  comunică cu centrala. Pe rând, toate detectoarele vor fi adresate și vor comunica cu centrala. Se lansează un nou impuls de SINCRONIZARE urmat de impulsuri de NUMĂRARE și se efectuează un nou ciclu de adresare al detectoarelor și așa mai departe.

Cea de-a treia metodă a comunicării pe magistrale distincte pentru date și pentru adrese se bazează pe structura din figura 4.10:

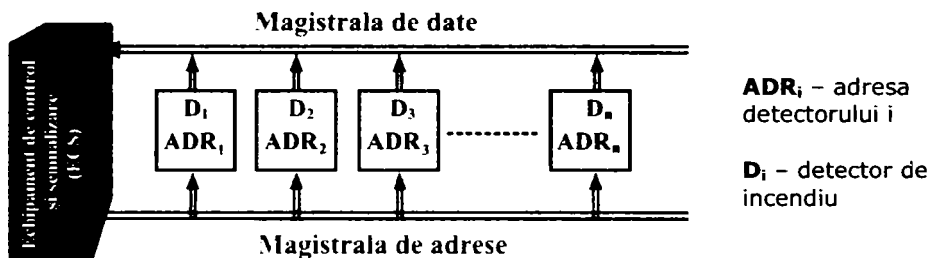


Figura 4.10 Schema circuitelor ce utilizează metoda comunicării pe magistrale distincte pentru date și pentru adrese

Fiecare detector de incendiu este legat pe magistrala de adrese și pe magistrala de date ale sistemului. Centrala adresează detectoarele în ordinea stabilită prin programul din memoria centralei, lansând adresa fiecărui detector pe magistrala de adrese. Biții care reprezintă adresa vor fi citați de fiecare detector, dar numai un singur detector va recunoaște adresa de pe magistrală ca fiind identică cu cea care îi este alocată.

Detectorul adresat va răspunde centralei printr-un mesaj lansat pe magistrala de date. Formatul mesajului conține adresa detectorului și starea curentă a acestuia. Utilizarea unui astfel de format al mesajului asigură flexibilitate funcțională maximă, dar numărul de caractere este mare; se mărește durata unui ciclu de apelare a detectoarelor, motiv pentru care se impun viteze mari de transmisie.

Transmisia datelor în sisteme adresabile prezintă avantajul că numărul detectoarelor conectate pe același circuit de semnalizare este cu mult mai mare decât în cazul sistemelor clasice. Dacă la sisteme clasice se instalează un număr de 20 de detectoare pe un circuit, în sistemele adresabile numărul acestora depășește 250.

Atunci când semnalul analogic, corespunzător parametrului fizic sau chimic asociat incendiului, este convertit numeric la nivelul detectorului și apoi este transmis către centrala de semnalizare, decizia de alarmă se ia la nivelul centralei și nu la nivelul detectorului de incendiu. Se pot obține astfel o serie de informații suplimentare care pot caracteriza mai amplu starea de funcționare a instalației de semnalizare a incendiilor (avantaj față de detectoarele de incendiu clasice, care ating în funcționare numai două stări distincte: starea de veghe și starea de alarmă).<sup>[52]</sup>

Deoarece decizia declanșării alarmei se ia la nivelul centralei, poate fi stabilit un nivel de pre-alarmă, care să avertizeze diminuarea sensibilității traductorului din componența detectorului de incendiu. De asemenea, prin programarea centralei de semnalizare se poate introduce regimul de funcționare diferențiat pentru zi și pentru noapte, fără a fi scoase din funcțiune detectoarele pe timpul zilei, atunci când clădirile supravegheate sunt ocupate de personalul care își desfășoară activitatea normală. Spre exemplu, prin modificarea nivelurilor de alarmă ce se impun în timpul zilei, în unele spații protejate unde există un nivel ridicat de fum provenit de la fumători, nu se vor produce alarme false și nu mai este necesară deconectarea acelor detectoare pe durata programului de lucru. La sistemele adresabile, ca urmare a tehnicii de transmisie numerică, a fost posibilă conectarea pe aceeași linie atât a elementelor care inițiază alarma (de incendiu) cât și a dispozitivelor de avertizare sau de stingere a incendiilor.

#### 4.4. Centrale de detecție și semnalizare a incendiilor

Centrala de detecție și semnalizare a incendiilor se compune din:<sup>[68]</sup>

- circuite electrice:
    - de sesizare a semnalelor corespunzătoare fiecărui cap detector;
    - logic și multiplicator pentru circuitele electrice;
    - intern pentru semnalizarea defecțiunilor dublat de amplificator pentru semnale de defecțiuni;
  - indicatori de semnale:
    - lămpi indicatoare pentru defecțiuni;
    - semnalizator acustic pentru incendiu;
    - semnalizator acustic pentru defecțiuni
  - echipamente anexe: sursă de bază și de rezervă de alimentare cu energie electrică, redresor, baterie de acumulare etc.
- Indiferent de tipul centralei scopul acesteia este:
- recepționarea și prelucrarea semnalelor transmise de detectoare;
  - supravegherea circuitelor de legătură;

- verificarea și controlul corect al instalației;
- controlul alimentării cu energie electrică (alimentarea de bază, alimentarea de rezervă, alimentarea de avarie).

Centrala de detecție și semnalizare îndeplinește următoarele funcții:[40]

- alarmarea locală pentru echipele de intervenție;
- alarmarea generală de incendiu – semnalizarea incendiului optică și acustică a unității de intervenție;
- declanșarea sistemelor de protecție – închiderea ușilor rezistente la foc, deschiderea sistemelor de evacuare a fumului/de presurizare, declanșarea instalațiilor pentru limitarea propagării și stingerea incendiului;
- selectivitatea semnalizărilor optice a locului de izbucnire a incendiului;
- supravegherea integrității circuitelor exterioare și starea echipamentelor cu care se interconectează;
- înregistrarea și afișarea evenimentelor.

Structura funcțională a sistemelor automate de detecție și semnalizare a incendiilor este prezentată în figura 4.11:[40]

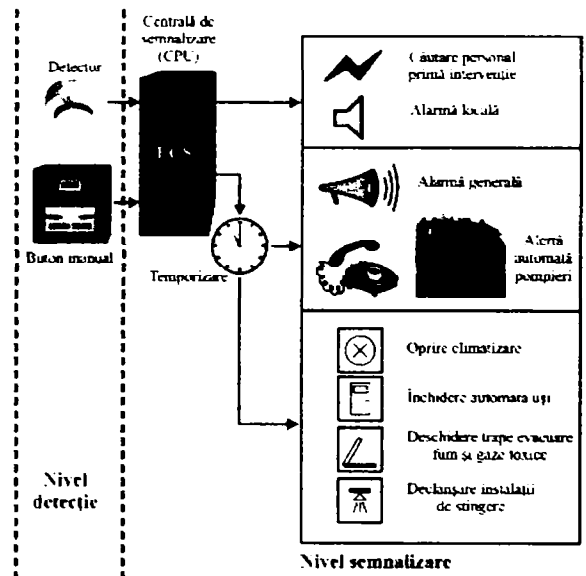


Figura 4.11 Structura sistemelor automate de detecție și semnalizare a incendiilor

Centralele de semnalizare incendiu ale unei clădiri multifuncționale se vor instala, de regulă, în clădirea/compartimentul serviciului (privat) pentru situații de urgență al obiectivului. Se admite amplasarea și în alte locuri din incinta obiectivului cu condiția asigurării supravegherii permanente directe sau indirecte de către un personal competent, capabil a lua măsurile necesare în caz de incendiu.

Încăperea destinată amplasării centralei de semnalizare incendiu și a echipamentelor aferente trebuie să corespundă următoarelor condiții:

- să fie situată în spații ușor accesibile (de regulă la parter) și numai în cazuri bine justificate la subsol;
- să aibă iluminat natural și posibilități de aerisire directă, condiții normale de umiditate și temperatură admise în încăperi administrative;
- să fie ferită de praf, agenți corozivi, inundații și scurgeri de apă;

- să împiedice propagarea din exterior a incendiilor, exploziilor, trepidațiilor, zgomotelor.

Încăperile destinate centralelor de semnalizare a incendiilor amplasate în construcții din categoria C (BE2), D, E (BE1), vor fi amplasate în spații ferite de incendiu sau în încăperi separate prin elemente incombustibile (C0) rezistente la foc minim 30 de minute, având golurile de acces protejate cu uși rezistente la foc 30 de minute și prevăzute cu dispozitive de autoînchidere. În încăperea centralelor de semnalizare a incendiilor se va instala un post telefonic, conectat la sistemul de telefonie interioară a obiectivului și un post cu ieșire la numărul unic pentru apel în situații de urgență 112. Se recomandă realizarea unei linii „cap la cap” cu dispeceratul serviciului profesionist de pompieri. Încăperea centralei de semnalizare se va prevedea cu iluminat de siguranță pentru intervenție.

Încăperile destinate centralelor de semnalizare a incendiilor nu se amplasează în spații de categoria A sau B de pericol de incendiu (BE3).

Pentru reducerea timpului de răspuns a forțelor specializate de intervenție (pompieri profesioniști) autorul apreciază ca o necesitate realizarea unor legături directe între centrala de detecție și semnalizare a incendiilor în clădiri multifuncționale cu dispeceratul unic pentru apeluri în situații de urgență.

#### **4.5. Concluzii și contribuții personale**

În asigurarea îndeplinirii cerinței „securitate la incendiu”, un rol important îl au sistemele și dispozitivele pentru detectare, semnalizare, alarmare și alertare în caz de incendiu.

Autorul a acordat o atenție deosebită studierii posibilităților de funcționare în clădirile multifuncționale a instalațiilor de supraveghere, detecție, semnalizare și alarmare la incendiu, într-un sistem integrat care să pună în funcțiune instalații de ventilare/climatizare, evacuare fum și gaze fierbinți, instalații de stingere cu apă sau cu substanțe speciale, acționarea (închiderea/deschiderea) unor clapete obturatoare, funcționarea iluminatului de siguranță, închiderea/deschiderea unor uși pe căile de evacuare etc.

Detectoarele de incendiu se vor alege în funcție de destinația spațiului și natura materialelor combustibile, respectiv în funcție de parametri specifici – fum, flacăra, căldură – caracteristici procesului de ardere.

Indiferent de tipul detectoarelor alese și a modului de prelucrare a datelor, sistemul trebuie să asigure detectarea incendiului în faza de inițiere și să asigure avertizarea respectiv alertarea echipelor de intervenție.

Pentru reducerea timpului de răspuns a forțelor specializate de intervenție (pompieri profesioniști) autorul apreciază ca o necesitate realizarea unor legături directe între centrala de detecție și semnalizare a incendiilor din clădiri multifuncționale cu dispeceratul unic pentru apeluri în situații de urgență.

# Capitolul 5. SISTEME DE EVACUARE A FUMULUI ȘI GAZELOR FIERBINȚI PRODUSE DE INCENDIU DIN CLĂDIRI MULTIFUNCȚIONALE

## 5.1. Particularitățile fenomenelor de propagare a fumului și gazelor în clădiri multifuncționale

Folosirea pe scară largă a materialelor plastice în construcții, îndeosebi pentru izolații termice și fonice, tâmplărie și finisaje creează și premisa ca în caz de incendiu să rezulte cantități mari de fum, gaze toxice și alte produse de ardere care, alături de lipsa de oxigen, fac ca viața omului să se afle în pericol.

Prima consecință negativă a degajării fumului o reprezintă reducerea vizibilității pe căile de evacuare, pericolul pentru oameni crescând datorită concentrațiilor toxice ale produselor de ardere și temperaturilor ridicate.

În caz de incendiu, fumul este mai periculos pentru oameni decât flăcările, pe de o parte pentru că se propagă pe orizontală și pe verticală cu o viteză superioară dezvoltării incendiului, inundând căile de evacuare și atingând în timp scurt, 3 – 4 minute, concentrații periculoase pentru organismul uman, iar pe de altă parte pentru că provoacă panica tocmai ca urmare a deteriorării condițiilor de supraviețuire.

Deplasarea fumului în clădire are loc în funcție de tipul arderii – ardere lentă sau ardere normală; la arderea lentă (mocnită) difuzia fumului în clădire se realizează aproape uniform, dispunându-se în straturi în funcție de temperatura gazelor de ardere; la arderile normale se formează curenți turbionari, are loc schimbul de gaze iar fumul și gazele fierbinți se propagă prin convecție sub forma unui con răsturnat cu vârful în jos (vezi figura 4.2 din capitolul 4).

Mișcarea fumului în clădire este cauzată de:<sup>[21]</sup>

- a) diferența de presiune dintre exterior și interior;
- b) energia termică generată de incendiu;
- c) presiunea cauzată de curenții de aer exteriori;
- d) sistemele de climatizare din clădire.

**a)** Diferența de presiune se datorează temperaturii mai mari a fumului și gazelor de ardere decât cea a mediului ambiant și se calculează cu relația:

$$\Delta p = g(\rho_0 - \rho) \quad (5.1)$$

în care:

- $\rho_0$  reprezintă densitatea mediului ambiant;
- $\rho$  - densitatea fumului;
- $g$  - constanta gravitațională.

**b)** Presiunea generată de incendiu are ca efect formarea curenților ascensionali; fumul și gazele de ardere acumulate sub plafon defluiesc prin trape, goluri de ventilație sau deschideri situate la partea superioară a incintei incendiate.

Valoarea presiunii termice generată de incendiu se calculează cu relația:<sup>[21]</sup>

$$0,25 \cdot \left( A_F \frac{v}{T_0} \right) \cdot T_1 \leq p \leq 1,0 \cdot \left( A_U \frac{v}{T_0} \right) \cdot T_1 \quad (5.2)$$

în care:

- $A_F$  reprezintă aria deschiderii, în [m<sup>2</sup>];
- $A_U$  - aria utilă a spațiului incendiat, în [m<sup>2</sup>];
- $v$  - viteza de ardere, în [kg/min];
- $T_0$  - temperatura mediului ambiant, în [K];
- $T_1$  - temperatura în compartimentul incendiat, în [K].

Valorile presiunii termice create de incendiu sunt prezentate în tabelul 5.1:

**Valorile presiunii termice**

**Tabelul 5.1**

Viteza de ardere [kg/min]	Temperatura [°C]	Aria deschiderii [m <sup>2</sup> ]	$\Delta p$ [N/m <sup>2</sup> ]
4,55	870	1,84 (ușă)	0,037 - 0,147
4,55	870	0,18 (geam)	3,7 - 14,7

**a)** Presiunea cauzată de curenții de aer din exterior este determinată, pe de o parte, de viteza și direcția vântului, iar, pe de altă parte, de geometria și înălțimea clădirii.

Pereții situați pe direcția de deplasare a vântului se află în suprapresiune iar cei situați în partea opusă direcției de deplasare se află în depresiune astfel că direcția de propagare a fumului și gazelor fierbinți în incinta incendiată și spațiile adiacente este influențată de locul de izbucnire a incendiului (dacă incendiul a izbucnit în spații situate pe direcția de deplasare a vântului fumul și gazele de ardere vor inunda spațiile adiacente situate pe aceeași direcție deplasându-se spre partea opusă unde presiunea exterioară este mai mică).

Presiunea generată de deplasarea curenților de aer pe fața clădirii se calculează cu relația:<sup>[21]</sup>

$$\Delta p = \frac{v^2}{20,16 \cdot T_0} \quad (5.3)$$

în care:

- $v$  reprezintă viteza curenților de aer, în [m/min];
- $T_0$  - temperatura mediului ambiant, în [K].

**b)** Sistemele de climatizare a aerului influențează direcția de propagare a fumului și gazelor fierbinți atât în cazul în care se află în funcțiune cât și în cazul în care se află în repaus, tubulatura de ventilație/climatizare constituind o cale de deplasare a produselor de ardere.

Debitul de gaze fierbinți produse de ardere și fum este direct proporțional cu mărimea incendiului iar volumul ocupat de gaze crește pe măsura creșterii temperaturii în spațiul incendiat.

La proiectarea și realizarea clădirilor multifuncționale, un aspect important al îndeplinirii cerinței esențiale securitatea la foc trebuie să îl reprezinte criteriul de performanță referitor la preîntâmpinarea, limitarea propagării fumului în spații grupate adiacente, respectiv asigurarea unui grad ridicat de etanșeitate a căilor de evacuare și spațiilor adiacente celui incendiat. În acest sens trebuie să se ia în considerare următorii factori principali:

- caracteristicile constructive ale clădirii, respectiv elementele de construcție și instalații care pot favoriza sau împiedica propagarea fumului și gazelor fierbinți;

- locul probabil de izbucnire a incendiului și fazele de dezvoltare a acestuia;
- modul de comportare a utilizatorilor în caz de incendiu;
- rolul condițiilor atmosferice în propagarea fumului și gazelor fierbinți.

Asigurarea gradului de securitate a clădirilor multifuncționale și utilizatorilor acestora impun realizarea unor sisteme și dispozitive de desfumare (complexe) care să răspundă nevoilor reale de siguranță în exploatare.

Evacuarea fumului și gazelor fierbinți se asigură prin tirajul natural organizat, sau prin ventilare mecanică, realizând circulația aerului în spațiul considerat și evacuarea fumului în raport cu aerul introdus, fie prin diferențe de presiuni între spațiul protejat și cel imediat pus în depresiune, fie printr-o combinație a celor două procedee.

## **5.2. Dispozitive și sisteme pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți din clădiri multifuncționale**

Evacuarea fumului și gazelor fierbinți se realizează prin:<sup>[63]</sup>

- guri (guri de evacuare) dispuse în fațadele clădirilor, libere sau închise, cu dispozitive care se deschid automat în caz de incendiu;
- dispozitive de închidere a golurilor de evacuare (voleți, panouri, trape) cu deschidere automată dispuse în acoperișul clădirii sau în treimea superioară a pereților de închidere;
- canale (ghene);
- guri racordate prin canale (ghene) la ventilatoare de evacuare;
- sisteme prevăzute în acoperiș, alcătuite din dispozitive de evacuare și ecrane verticale coborâte sub tavan;
- asigurarea și realizarea suprapresiunii în spațiul protejat.

Circulația aerului în spațiul considerat și evacuarea fumului în raport cu aerul introdus se poate realiza în următoarele variante:

- introducere naturală organizată aer și evacuare naturală organizată;
- introducere mecanică aer și evacuare naturală organizată;
- introducere naturală organizată aer și evacuare mecanică;
- introducere mecanică aer și evacuare mecanică.

Canalele (ghenele) pentru evacuarea fumului în caz de incendiu (desfumare), trebuie să îndeplinească următoarele condiții tehnice generale:

- secțiunea să fie cel puțin egală cu suprafața liberă a gurilor de evacuare ale unui nivel al construcției, la care sunt racordate;
- raportul dintre laturile secțiunii canalelor (ghenelor) să nu fie mai mare de 2;
- canalele (ghenele) să fie realizate din materiale C0 (CA1) sau mai rezistente, etanșe la foc minimum 15 minute;
- atunci când canalele (ghenele) pentru evacuarea fumului traversează încăperi cu alte destinații decât cele pentru care sunt prevăzute, vor avea aceeași rezistență la foc cu a pereților sau planșeelor care delimitează destinația respectivă;
- canalele (ghenele) principale colectoare vor fi verticale, fiind admise deviații de maximum 2%;
- lungimile racordurilor orizontale ale canalelor de evacuare a fumului, între guri și ghelele verticale, vor fi cât mai scurte posibil.

Golurile (gurile) de introducere (admisie) a aerului și cele de evacuare a fumului se repartizează alternat, distribuindu-se cât mai uniform în spațiul protejat, încât să se asigure circulația aerului și evacuarea fumului.



Dispozitivele de protecție (obturare) a golurilor de introducere sau evacuare, trebuie realizate cu acționare automată și manuală.

Dispozitivele de acționare a elementelor de protecție (obturare) a golurilor trebuie să asigure: deschiderea golurilor (gurilor) și canalelor din volumul considerat și oprirea ventilatoarelor care nu sunt prevăzute pentru evacuarea fumului în caz de incendiu (desfumare).

Comanda manuală centralizată sau locală a dispozitivelor de deschidere, poate fi realizată prin sistem mecanic, electric, pneumatic sau hidraulic.

În funcție de tipul construcției, comanda manuală centralizată se amplasează la serviciul privat pentru situații de urgență sau la un acces principal al construcției.

Comanda automată a dispozitivelor de protecție a golurilor (gurilor) trebuie asigurată de instalația de semnalizare a incendiilor din încăperea sau spațiul respectiv sau de dispozitive locale (fuzibil), atunci când nu se prevăd instalații de semnalizare.

### 5.2.1. Evacuarea fumului și gazelor fierbinți prin tiraj natural-organizat

Utilizând ecuația lui Bernoulli, calculul debitului fumului ce se scurge prin deschiderile practicate în pereții compartimentului de incendiu (uși deschise, neetanșevitatele ușilor închise) se exprimă astfel: [59],[33]

$$V = CA_{vent}v \quad (5.4)$$

$$\frac{\Delta P_1}{\rho_1} + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 = \frac{\Delta P_2}{\rho_2} + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 \quad (5.5)$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{\Delta P_{(1-2)}}{\rho_2}} \quad (5.6)$$

$$\Delta P_{1-2} = \Delta \rho_{1-2}gh \quad (5.7)$$

$$\Delta \rho_{1-2} = \frac{P(MW)}{R} \left| \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right| \quad (5.8)$$

$$V = CA_{vent} \sqrt{\frac{2ghP(MW)}{\rho_2 R} \left| \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right|} \quad (5.9)$$

unde:

- $V$  reprezintă debitul volumic, în  $[m^3/s]$ ;
- $C$  – coeficientul de debit al orificiului (în lipsa datelor concrete se poate lua valoarea de 0,8);
- $A_{vent}$  – aria deschiderii ce permite fumului să migreze, în  $[m^2]$ ;
- $\Delta P_{1-2}$  – diferența de presiune de-a lungul intrării, în  $[Pa]$ ;
- $\Delta \rho_{1-2}$  – diferența de densitate de-a lungul intrării,  $[kg/m^3]$ , în care **1** caracterizează interiorul compartimentului și **2** caracterizează spațiul din spatele deschiderii;
- $v$  – viteza fumului, în  $[m/s]$ ;
- $g$  – accelerația gravitațională,  $(9,81 m/s^2)$ ;
- $h$  – înălțimea planului neutru, în  $[m]$ ;

- $z_1 - z_2$  - diferența de înălțime, în [m];
- $P$  - presiunea standard (101,325 Pa);
- $MW$  - greutatea moleculară a fluidului;
- $R$  - constanta universală a gazelor (8,314 J/(g mol)K);
- $T$  - temperatura aerului, în [K];
- $T_x$  - temperatura aerului din încăperea (294 K);
- $\rho_1$  și  $\rho_1$  reprezintă valorile presiunii și a densității aerului din spațiul incendiat;
- $\rho_2$  și  $\rho_2$  reprezintă valorile presiunii și a densității aerului din spațiile adiacente (holuri, case de scări, încăperi etc.).

Pentru ecuația lui Bernoulli, fumul este asimilat unui fluid nevâscos și incompresibil, fiind luată în calcul forța ascensională a fumului la o temperatură a mediului ambiant de 21°C.

Debitul de fum și gaze fierbinți evacuat din încăperea incendiată în spațiile adiacente se determină în funcție de înălțimea la care este situată deschiderea deasupra zonei neutre și de diferența de presiune dintre acestea.[7]

Deasupra planului zonei neutre are loc evacuarea debitului de fum și gaze,  $L_g$ , [m<sup>3</sup>/s], iar sub planul zonei neutre se produce admisia aerului proaspăt,  $L_a$ , [m<sup>3</sup>/s], conform figurii 5.1.

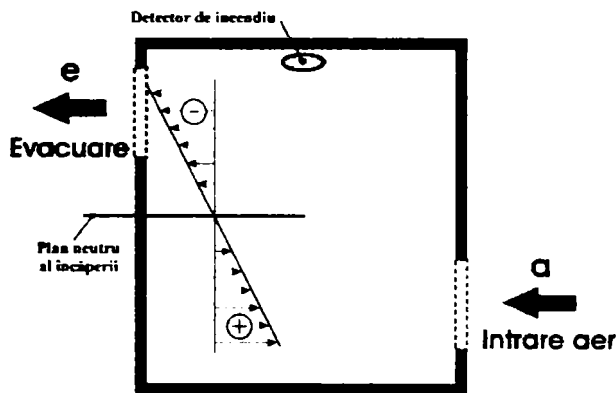


Figura 5.1 Reprezentarea grafică a planului neutru și a gurilor de acces aer și evacuare fum și gaze fierbinți

Diferența de presiune  $\Delta p$ , care provoacă evacuarea fumului și gaze fierbinți din încăperea incendiată în exterior sau spre spațiile adiacente (încăperi, căi de evacuare) este determinată de temperatura gazelor de ardere și aerului precum și de poziția planului zonei neutre și se calculează cu relația:

$$\Delta p = p_g - p_a = p_a \left( \frac{\rho_g}{\rho_a} - 1 \right) = \rho_a g h \left( \frac{\rho_g T_g}{\rho_a T_a} - 1 \right) \quad (5.10)$$

în care:

- $\rho_g$  reprezintă densitatea fumului și gazelor fierbinți, în [kg/m<sup>3</sup>];
- $\rho_a$  - densitatea aerului, în [kg/m<sup>3</sup>];
- $T_g$  - temperatura fumului și gazelor fierbinți, în [K];

- $T_a$  - temperatura aerului, în [K];
- $h$  - înălțimea deasupra planului zonei neutre,  $h \geq h_{zn}$ , în [m];
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  - accelerația gravitațională.

Considerând  $\rho_g \cong \rho_a$ , relația 5.44 devine:

$$\Delta p = \rho_g g h \left( \frac{T_g}{T_a} - 1 \right), \text{ [N/m}^2\text{]} \quad (5.11)$$

Debitul de fum și gaze fierbinți,  $L_g$ , evacuat prin deschideri înguste (de exemplu ochiuri mobile de geam) se determină cu relația:

$$L_g = CA \sqrt{2 \frac{\Delta p}{\rho}}, \text{ [m}^3\text{/s]} \quad (5.12)$$

în care:

- $C$  este coeficientul de debit;
- $A$  - aria secțiunii deschiderii, în [m<sup>2</sup>];
- $\Delta p$  - diferența de presiune, în [N/m<sup>2</sup>];
- $\rho$  - densitatea fumului și gazelor fierbinți respectiv a aerului, în [kg/m<sup>3</sup>].

Debitul de fum și gaze fierbinți,  $L_g$ , evacuat prin deschideri mari (de exemplu uși deschise) se determină cu relația:

$$L_g = \frac{2}{3} C \cdot l \cdot h^{\frac{2}{3}} \sqrt{2g \left( \frac{T_g}{T_a} - 1 \right)}, \text{ [m}^3\text{/s]} \quad (5.13)$$

în care:

- $C$  este coeficientul de debit;
- $l$  - lățimea deschiderii, în [m];
- $h$  - înălțimea deschiderii dintre canatul superior al ușii și planul zonei neutre, în [m];
- $T_g$  - temperatura medie a gazelor arse, în [K];
- $T_a$  - temperatura aerului din mediul înconjurător, în [K].

În construcții fără pereți interiori despărțitori, pentru asigurarea evacuării fumului și gazelor fierbinți prin tiraj natural-organizat, se prevăd (în acoperiș) sisteme alcătuite din dispozitive de evacuare și ecrane verticale C0 (CA1), coborâte sub tavan, în funcție de densitatea sarcinii termice din spațiile respective, cu distanțe conform datelor din tabelul 5.2.

**Distanțe maxime între dispozitive de evacuare și ecrane verticale în funcție de densitatea sarcinii termice**

**Tabelul 5.2**

Densitatea sarcinii termice $q$ [MJ/m <sup>2</sup> ]	Raportul dintre suma ariilor libere ale dispozitivelor (deschiderilor) și aria încăperii	Distanța maximă [m] între:	
		axele a două deschideri	ecranele suspendate sub tavan
$q < 420$	1:500	45	75
$420 < q < 840$	1:125 ... 1:80	35	70
$840 < q < 1680$	1:80 ... 1:60	35	70
$1680 < q < 4200$	1:60 ... 1:40	30	30
$q > 4200$	1:30	30	30

Dispozitivele de evacuare a fumului și gazelor fierbinți vor fi distribuite cât mai uniform. Golurile de ventilare permanent deschise, practicate în acoperiș sau în treimea superioară a pereților exteriori, se însumează la suprafața liberă necesară desfumării.

Dispozitivele de protecție a golurilor (gurilor) pentru desfumare (voleți, panouri, trape etc.) trebuie să fie (în poziție de așteptare) realizate din materiale C0 (CA1) etanșe la foc pentru cele de introducere a aerului și rezistente la foc pentru cele de evacuare, cu rezistența la foc egală cu a canalului pe care sunt montate. Pentru golurile prevăzute în acoperiș sau în pereții exteriori, aceste condiții nu sunt obligatorii.

### **5.2.2. Evacuarea fumului și gazelor fierbinți prin ventilare mecanică**

Desfumarea prin ventilare mecanică se asigură prin evacuarea mecanică a fumului și introducerea naturală sau mecanică a aerului, astfel încât să asigure circulația aerului în spațiul protejat și evacuarea fumului.

Desfumarea mecanică poate fi asigurată și prin realizarea suprapresiunii în spațiul protejat de fum (încăperi tampon, degajamente protejate, case de scări etc.).

Evacuarea fumului se asigură prin guri racordate prin canale (ghene), la ventilatorul de evacuare (extragere); canalele (ghenele) trebuie să fie etanșe și rezistente la foc.

Viteza aerului la gurile de introducere nu va depăși 5 m/s, iar gurile de introducere mecanică a aerului trebuie să asigure minimum 60% din debitul evacuat.

Gurile de desfumare trebuie să fie protejate cu voleți din materiale C0 (CA1), etanși la foc la introduceri și rezistenți la foc la evacuări în poziție de așteptare, cu rezistența egală cu cea a canalului (ghenei).

Nu este obligatorie prevederea voleților atunci când canalele (ghenele) sunt aferente unui singur nivel construit.

Raportul dintre latura mare și cea mică a unei guri (deschideri) de introducere sau evacuare va fi de cel mult 2 la 1.

Dispozitivele de acționare a voleților de protecție trebuie să asigure punerea automată în funcțiune a ventilatoarelor de desfumare.

Ventilatoarele de evacuare a fumului trebuie astfel realizate încât să poată funcționa la temperatura de 400°C a fumului, cel puțin o ora. Legătura dintre ventilator și coloană (ghenă), se realizează din materiale C0 (CA1).

Starea de funcționare sau nefuncționare a ventilatoarelor aferente desfumării va fi semnalizată la serviciul privat pentru situații de urgență sau în alte locuri unde permanența este asigurată.

Instalațiile, inclusiv ventilatoarele de desfumare, trebuie să fie alimentate electric printr-o sursă normală și o sursă electrică de rezervă.

Sistemul de ventilare normală sau de condiționare a aerului poate fi utilizat și pentru evacuarea fumului produs în caz de incendiu (desfumare), dacă îndeplinește toate condițiile specifice desfumării.

### 5.2.3. Evacuarea fumului și gazelor fierbinți din case de scări închise

Pentru evitarea inundării cu fum a caselor de scări/de evacuare închise, desfumarea acestora se poate realiza prin tiraj natural – organizat sau prin punerea în suprapresiune față de încăperile adiacente cu care comunică.

Evacuarea mecanică a fumului din casele de scări închise nu este admisă.

Desfumarea prin tiraj natural organizat a casei de scări închise, se realizează prin deschiderea automată și manuală a dispozitivului de evacuare a fumului (amplasat în treimea superioară a ultimului nivel al casei scării) și a gurii (deschiderii) de introducere a aerului (prevăzută în partea de jos a casei scării).

Împiedicarea pătrunderii fumului în casele de scări și evacuare prin suprapresiune față de încăperile învecinate cu care comunică, se realizează prin introducerea mecanică a aerului în scară, ori prin evacuarea mecanică a fumului din încăperile adiacente incendiate cu care comunică sau prin combinarea celor două metode (figura 5.2).

Suprapresiunea realizată la ușile închise ale casei de scări, va fi cuprinsă între 20 și 80 Pa. Debitul trebuie să asigure o viteză de cel puțin 5m/s în dreptul ușilor de acces la nivelul incendiat, considerând ușile închise de la celelalte niveluri.

La partea superioară, casa de scări trebuie să aibă un dispozitiv de evacuare a fumului (trapă) cu aria liberă de cel puțin 1m<sup>2</sup>, având asigurate posibilități de deschidere prin comandă de la nivelul de acces în scară. Deschiderea dispozitivului (trapei) trebuie să poată fi comandată și de la serviciul privat pentru situații de urgență.

Atunci când accesele la casele de scări sunt protejate cu încăperi tampon se asigură suprapresiune în încăperile tampon.

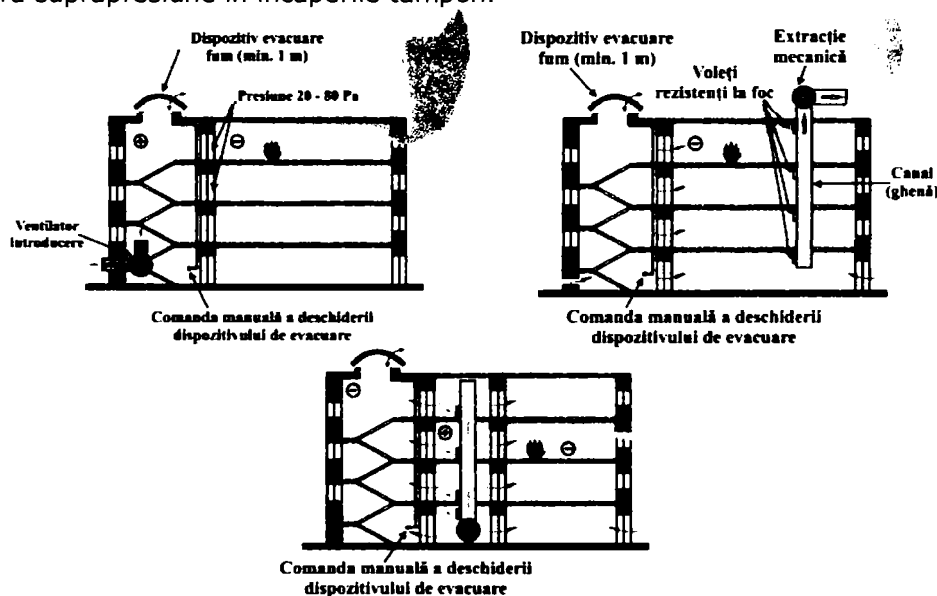


Figura 5.2 Protecția caselor de scări de evacuare împotriva pătrunderii fumului, prin suprapresiuni față de încăperile învecinate cu care comunică

#### 5.2.4. Evacuarea fumului și gazelor fierbinți din căile de circulații comune orizontale închise

Pentru evitarea inundării cu fum a căilor de circulații comune orizontale închise ale construcțiilor acestea se pot pune în suprapresiune față de încăperile adiacente cu care comunică, sau pot fi desfumate prin tiraj natural organizat ori mecanic.

Atunci când încăperile adiacente sunt prevăzute cu evacuări de fum (natural organizat sau mecanic) căile de circulații comune orizontale nu mai necesită desfumare, asigurându-se o suprapresiune de cca. 20 Pa față de încăperile cu care comunică direct sau de care sunt izolate prin încăperi tampon în suprapresiune.

Desfumarea prin tiraj natural organizat a căilor de circulații comune orizontale închise se poate realiza în următoarele condiții:<sup>[67]</sup>

- gurile de introducere a aerului și de evacuare a fumului se dispun alternat, la distanțe orizontale – măsurate în axele căilor de circulații – care să nu depășească 10 m în linie dreaptă sau 7 m în linie frântă;

- ușile încăperilor accesibile publicului să fie situate la mai mult de 5 m față de orice gură de introducere sau de evacuare a aerului;

- gurile de introducere aer și cele de evacuare fum vor avea suprafețe de minimum 0,10 m<sup>2</sup> pentru fiecare flux de evacuare al circulației comune orizontale din zona pe care o desfumează;

- gurile de introducere a aerului vor fi dispuse cu partea lor cea mai înaltă la maximum 1 m față de pardoseală, iar gurile de evacuare vor avea partea de jos (parapetul) la minimum 1,80 m de pardoseală (trebuie să se afle în treimea superioară a căii de circulație comune).

Deschiderile în fațade pot constitui guri de introducere și/sau de evacuare dacă respectă condițiile de dispunere precizate.

Desfumarea mecanică a căilor de circulații comune orizontale închise, se realizează în următoare condiții:<sup>[67]</sup>

- gurile de introducere a aerului și de evacuare a fumului se dispun alternat, (în funcție de localizările riscurilor de incendiu), la distanțe orizontale – măsurate în axele căilor de circulații – de cel mult 15 m în linie dreaptă și 10 m în linie frântă;

- ușile încăperilor accesibile publicului să fie situate la mai mult de 5 m de orice gură de introducere sau de evacuare;

- gurile de introducere a aerului se dispun cu partea lor superioară la maximum 1 m de pardoseală, iar gurile de evacuare vor avea partea de jos (parapetul) la minimum 1,80 m de pardoseală (trebuind să se afle în treimea superioară a circulației comune);

- porțiunile din căile de circulație comună cuprinse între o gură de evacuare a fumului și una de introducere a aerului, trebuie să aibă asigurat un debit de extragere de cel puțin 0,5 m<sup>3</sup>/s pentru fiecare flux de evacuare asigurat.

În timpul funcționării desfumării, diferența de presiuni dintre casa scării de evacuare și circulația comună orizontală desfumată, trebuie să fie mai mică de 80 Pa, la toate ușile închise ale scării (figura 5.3).

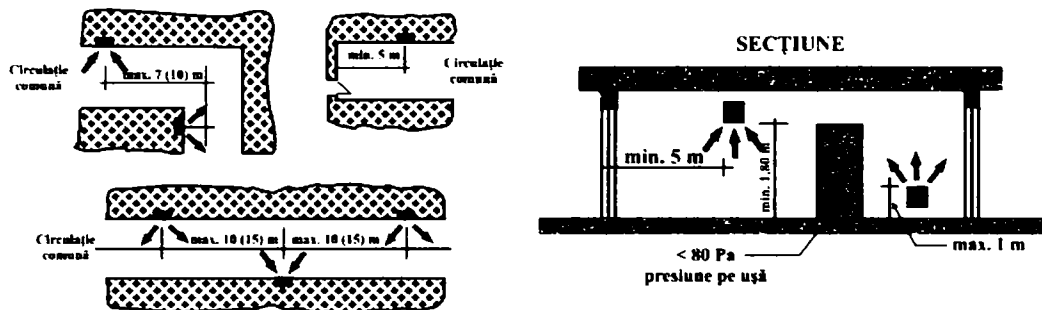


Figura 5.3 Evacuarea fumului și gazelor fierbinți din circulațiile comune orizontale închise

### 5.3. Protecția utilizatorilor împotriva efectelor nocive ale fumului, gazelor fierbinți și produselor de ardere

Printre **produsele rezultate în urma arderilor** se pot enumera: căldura, fumul, gaze de ardere (oxidul de carbon, bioxidul de carbon, bioxidul de sulf, clorul etc.).

**1. Căldura** reprezintă o mărime scalară prin care se exprimă transferul de energie între sistemele fizico-chimice, sau între diferite părți ale aceluiași sistem în cadrul unei transformări în care nu se efectuează lucru mecanic.<sup>[61]</sup>

Una din principalele căi de obținere a căldurii o reprezintă reacțiile chimice exoterme, mai exact reacțiile de ardere. Cantitatea totală de căldură care este produsă pe timpul unui incendiu poate fi calculată cu relația:

$$Q_{tot} = K \cdot S_j \cdot t_j \quad (5.14)$$

unde:

- $Q_{tot}$  este cantitatea totală de căldură care se produce la un incendiu, în [W];
- $K$  – căldura specifică (a materialului incendiat), în [W/m<sup>2</sup> · s];
- $S_j$  – suprafața incendiului (incendiată), în [m<sup>2</sup>];
- $t_j$  – durata arderii (incendiului), în [s].

Cantitatea de căldură degajată pe timpul incendiilor depinde de puterea calorifică a materialelor precum și dacă arderea este completă sau incompletă. Căldura degajată în zonele de ardere este transmisă mediului înconjurător.

Puterea calorifică se măsoară în [J/kg] și reprezintă cantitatea de căldură produsă prin arderea completă a unui kilogram de combustibil solid sau lichid sau prin arderea unui metru cub de gaz, măsurat în condiții normale.

Transferul de căldură în mediul înconjurător se realizează prin conducție convectivă și radiație termică; temperatura în zona incendiată poate fi determinată prin măsurare cu ajutorul unor aparate sau prin calcul analitic cu ajutorul unor relații matematice precum și prin apreciere după culoarea părților metalice încălzite în diferite zone ale focarului sau ale materialelor nearse, topite etc.

Temperatura reală de ardere a unor materiale combustibile într-un incendiu este întotdeauna mai joasă decât temperatura teoretică deoarece există pierderi de

căldură în mediul înconjurător, iar arderea este mai mult sau mai puțin completă în funcție de prezența sau absența oxigenului.

Temperaturile incendiilor la arderea diferitelor materiale combustibile în funcție de densitatea sarcinii termice sunt prezentate în tabelul 5.3.[4]

**Temperatura incendiului la arderea diferitelor materiale combustibile**

**Tabelul 5.3**

Denumirea materialului	Repartizarea materialului combustibil (sarcina termică) [kg/m <sup>2</sup> ]	Temperatura maximă a incendiului [°C]
Bumbac afânat	50	305
Hârtie afânată	25	370
Hârtie afânată	50	510
Produse carbolitice	25	530
Produse carbolitice	50	640
Potasiu metalic	-	700
Textolit	25	700 - 710
Textolit	50	850 - 856
Sodiu metalic	-	800 - 900
Lemn rășinoase (în încăperi)	25	820 - 850
Lemn rășinoase (în încăperi)	50	880 - 920
Lemn rășinoase (în încăperi)	100	1.000
Lemn rășinoase tăiat stivuit în aer liber	600	1.200
Plexiglas	25	1.125
Huilă, brichetă	-	Până la 1.200
Cauciuc natural	25	1.100
Polistiren	25	1.100
Polistiren	50	1.350
Magneziu, electron	-	Până la 2.000

**2. Fumul** ca produs vizibil al majorității proceselor de ardere, este format din particule nearse, vapori de apă și gaze; fumul degajat la incendiile diferite în mare măsură sub aspectul concentrației, aspectului și naturii componentelor.

După caracteristicile fumului se poate stabili natura materialului care arde conform datelor prezentate în tabelul 5.4.[4]

**Caracteristicile fumului în funcție de tipul materialului**

**Tabelul 5.4**

Materiale și substanțe combustibile	Caracteristicile fumului		
	Culoare	Miros	Gust
Lemn	Cenușiu - negru	De rășină	Acrișor
Hârtie, paie, fân	Galben alb	Specific	Acrișor
Bumbac	Brun închis	Specific	Acrișor
Produse petroliere	Negru	Uleios	Acrișor
Fosfor	Alb dens	Usturoi	Fără
Magneziu	Alb	Fără	Metalic
Sulf	Nedefinit	Sulfuros	Acid
Fulmicoton și alte combinații de azot	Galben - brun	Iritant	Acid
Cauciuc	Negru - brun	Sulfuros	Acid
Potasiu metalic	Alb - dens	Fără	Alcalin
Polistiren	Negru - închis	Hydrocarburi	-
Policlorură de vinil	Cenușiu - închis	Acid clorhidric	-
Celuloid	Cenușiu - închis	Specific	Acid



În raport de culoarea fumului, de miros și gust se poate estima natura materialului care arde astfel:

- dacă fumul este **alb** înseamnă că conține vapori de apă;
- fumul  **cenușiu – negru**  rezultă din arderea lemnului, iar dacă este cenușiu înseamnă că lemnul a fost gudronat;
- fumul  **alb – negru**  cu acțiune neiritantă rezultă în urma arderii hârtiei, paielor și fumului;
- fumul  **negru**  se degajă pe timpul arderii gudronului asfaltului și produselor petroliere;
- fumul  **cenușiu înțepător**  cu miros neplăcut rezultă la arderea țesăturilor;
- fumul  **galben – brun**  se degajă pe timpul arderii combinațiilor de azot și este foarte toxic;
- culorile fumului  **albastru, alb, galben**  și gustul dulceag, amar, cu miros de usturoi și de migdale indică prezența în compoziția fumului a unor substanțe toxice otrăvitoare.

Compoziția aproximativă a fumului rezultat la incendii izbucnite este prezentată în tabelul 5.5:[4]

**Compoziția fumului rezultat la incendii izbucnite în interior**

**Tabelul 5.5**

Locul incendiului	Compoziția fumului, în % după volum		
	CO	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
Clădiri – subsoluri	0,04 - 0,65	0,10 - 3,50	17,00 - 19,50
Clădiri – poduri	0,10 - 0,20	0,10 - 2,50	17,70 - 20,70
Secțiile fabricilor de mobilă	0,16 - 0,40	0,30 - 1,30	19,30 - 20,00
Apartamente	0,10 - 0,25	1,00 - 1,80	18,60 - 19,00
Depozite de vopsea, ulei, materiale de ambalaj	0,20	1,20 - 2,20	18,60
Materiale diverse	0,10 - 1,40	0,30 - 10,10	9,00 - 20,80

**3. Oxidul de carbon (CO).** În timpul arderii, alături de fum și diferite substanțe chimice (gaze) se produce și oxidul de carbon. În gazele de ardere conținutul de oxid de carbon depășește rareori 1%. Este considerat a fi cel mai răspândit gaz toxic. Prezintă un potențial mare de pericol de intoxicare pentru oamenii care dorm în încăperi în care sobele sau arzătoarele funcționează pe timpul nopții, iar în caz de incendiu prezintă pericol pentru persoanele aflate în incintă sau pe căile de evacuare precum și pentru echipele de intervenție dacă nu sunt echipate cu aparate de protecție a căilor respiratorii; în general, o concentrație mai mare de 0,1 % a oxidului de carbon în aer devine periculoasă, iar la peste 1 % provoacă moartea după câteva minute.

**4. Bioxidul de carbon (CO<sub>2</sub>)** este produsul final al procesului de ardere completă ca și al procesului de descompunere al substanțelor organice. Este incolor, cu gust și miros caracteristic „acru” și mai greu decât aerul (greutatea specifică 1,52 față de aer 1). O concentrație de 3 – 4 % provoacă dureri de cap, de 4 – 8% palpitații, iar la 10% moartea (prezența bioxidului de carbon în cantitate mai mare într-o încăpere se constată cu lumânarea; la o concentrație de 10% lumânarea se stinge), conform figurii 5.4:

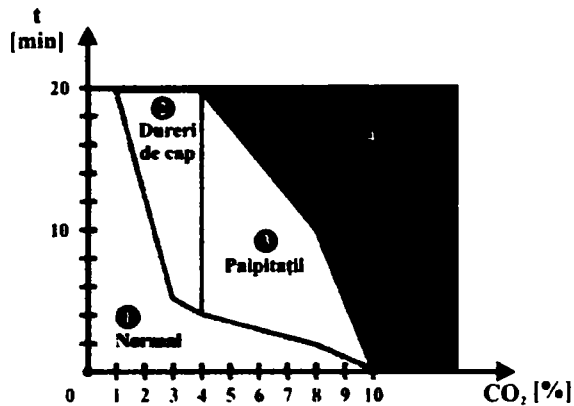


Figura 5.4 Efectul nociv al CO<sub>2</sub> asupra organismului uman în funcție de concentrație și timpul de expunere

**5. Bioxidul de sulf (SO<sub>2</sub>)** este o substanță toxică care atrage atenția prin mirosul și acțiunea iritantă asupra mucoaselor, provocând *spasm* și contracția mușchilor căilor respiratorii superioare. Concentrațiile ridicate provoacă iritație și senzație de arsuri asupra mucoaselor respiratorii și conjunctivale, tuse, tulburări de respirație, senzație de sufocare etc., în funcție de concentrație și timpul de expunere.

**6. Clorul (Cl)** este cunoscut de multă vreme ca un gaz *sufocant și asfixiant* (a fost primul gaz toxic de luptă folosit în primul război mondial). Inspirat împreună cu aerul, chiar în proporție mică, el produce un efect corosiv asupra membranei pulmonare, care devine permeabilă pentru apă, permițând plasmei sanguine să treacă în alveolele pulmonare, încât acestea nu-și mai pot îndeplini funcțiunea.[5]

Persoanele aflate în clădirile multifuncționale, indiferent de calitatea acestora – utilizatori sau vizitatori – în caz de incendiu sunt afectați deopotrivă de produsele de ardere fie că este vorba de căldură fie de fum sau gaze toxice.

Căldura degajată de incendiu produce persoanelor aflate în zona incendiată, transpirație abundentă, deshidratarea organismului, oboseală, dureri de cap, amețeală, greață, stări de vomă, putându-se ajunge la șoc termic având ca rezultat alterarea funcționării sistemului nervos central, pierderea cunoștinței și intrarea în comă urmată de deces.

Mai periculoase decât căldura sunt fumul și gazele toxice rezultate în urma procesului de ardere ca urmare a vitezei mari de propagare și vicerii aerului până la scăderea concentrației de oxigen sub limita de supraviețuire.

Acțiunea fumului și gazelor fierbinți asupra organismului uman se manifestă concomitent sub două aspecte: unul fiziologic și altul psihologic.

Sub aspect fiziologic pătrunderea fumului și gazelor toxice prin plămâni creează insuficiență respiratorie (sufocarea) iar pătrunderea componentelor toxice în sânge atacă creierul și inima afectând sistemul locomotor.

Aspectul psihologic rezidă în instaurarea panicii individuale și colective generată de incapacitatea ieșirii din zona viciată.

În acest context protecția persoanelor din clădirile multifuncționale se realizează pe de o parte prin asigurarea funcționării optimizate a sistemelor de protecție pasivă și activă împotriva incendiilor. În special se are în vedere detecția în faza incipientă, avertizarea, alarmarea, intrarea în funcțiune a instalațiilor de desfumare și de stingere, asigurarea posibilităților de evacuare fluentă și rapidă a persoanelor, asigurarea etanșeității căilor de evacuare și a condițiilor minime de supraviețuire pe traseele căilor de evacuare.

## 5.4. Studiu de caz privind evacuarea fumului și a gazelor fierbinți dintr-o clădire multifuncțională

Clădirea studiată este un imobil pentru birouri, comerț și servicii. Ultimul nivel de călcare la cotă este de 27,90 m, deci nu se încadrează în categoria de clădire înaltă.

### 5.4.1. Caracteristici ale spațiului

#### Caracteristici constructive

a. subsolul destinat parcajelor (max. 46 autoturisme), accesibil pe o rampă cu 2 sensuri de circulație, ventilat natural (parcare deschisă) prin intermediul a două „curți engleze” situate pe cele 2 laturi opuse S și N.

b. parterul și mezaninul care acomodează o serie de funcțiuni: sediul unei sucursale bancare pe ambele niveluri, magazin alimentar, birouri, cafenea.

c. nivelurile 1/6 destinate spațiilor de închiriat pentru firme, instituții, etc.; nivelurile vor avea un grad maxim de flexibilitate, putând fi împărțite după dorință, de la o instituție pe nivel pe o suprafață închiriată de aprox. 900 mp, până la 5-6 instituții pe nivel.

Pentru nivelurile de birouri este estimat un nr. de aprox. 320 persoane, aprox. 53 pe nivel, cărora le corespund, conform normelor în vigoare, cele două scări acomodând patru fluxuri de evacuare. Casele de scară sunt închise și amplasate separat și încrucișat conform Normativ de siguranță la foc P 118 – 99.

Suprafețe construite și utile pe niveluri

**Caracteristicile constructive ale unei clădiri S+P+6** **Tabelul 5.6**

Nr. crt.	Distribuția spațiilor	A <sub>dc</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>u</sub> destinată închirierii [m <sup>2</sup> ]
1.	Subsol	1693	587.5 (46 locuri parcare)
2.	Parter	1340.5	1055.5
3.	Mezanin	1215.5	1036
4.	Etaj I	1376.5	836
5.	Etaje II-V	4206	3888
6.	Etaj VI - penthouse	1051.5	670
	<b>TOTAL</b>	<b>10208</b>	<b>8073</b>

Ținând cont de art. 1.2.12 din normativul P 118-99, **apreciem încadrarea construcției în categoria construcțiilor civile multifuncționale (administrative, comerț, parcaje etc.).**

#### Clasa de importanță a construcției

Construcția a fost încadrată în Clasa a III – a **construcție de importanță normală** la care se impune limitarea avariilor, avându-se în vedere consecințele acestora.

#### Gradul de rezistență la foc al construcției. Compartimente de incendiu

Din punct de vedere funcțional, clădirea a fost împărțită în 2 compartimente de incendiu:

**Compartimentul 1 - subsol****Elementele constructive - subsol****Tabelul 5.7**

Nr. crt.	Tipul elementului de construcție	Material	Dimensiuni	Combustibilitate	LRF	GRF
1.	Stâlpi	beton armat, armatură rigidă 5 cm strat acoperire peste armătură cu beton conf. MP 027-03, MTCT - (vezi anexa1)	45 x 65 cm	C0 (CA1) incomb. AF	2 ore	II
2.	Grinzi	beton armat, strat de acoperire armatură cu beton 4 cm conf. MP 027-03 MTCT - (vezi anexa1)	40 x 60 cm	C0 (CA1) incomb. AF	2 ore Cf.2.4.4	II
3.	Planșee	beton armat, (cofraj pierdut din tablă cutată) - acoperire peste armătură cu beton 3 cm conf. MP 027-03 MTCT-(vezi anexa1)	grosime 16 cm	C0 (CA1) incomb. AF	2 ore cf.2.4.4	II

**Observații:**

a) Rezistențele caracteristice ale betonului și armăturii se iau din STAS 10107/0-90 corespunzătoare clasei betonului și calității oțelului.

b) **Încăperile stației de pompare a apei pentru incendiu, a grupului electrogen, a transformatorului de medie tensiune, a celei de medie tensiune și a tabloului general de distribuție** amplasate la subsol se vor separa de restul construcției cu pereți C0 (CA1) cu LRF 3 ore și planșee C0 (CA1) cu LRF 2 ore iar ușile de acces vor avea o rezistență la foc de minim 1½ ore echipate cu dispozitiv de autoînchidere - conform P 118 art. 2.3.47 coroborat cu articolul 4.2.21.

**Compartimentul 2 - P+M+E 1 - 6****Elemente constructive P+M+E 1 - 6****Tabelul 5.8**

Nr. crt.	Tipul elementului de construcție	Material	Dimensiuni	Combustibilitate	LRF	GRF
1	Stâlpi	beton armat, armatură rigidă 5 cm acoperire cu beton a armăturii conf. MP 027-03 MTCT - (vezi anexa2)	45x65cm	C0(CA1) incomb.	2 ore	II
2	Pereți interiori neporanți	pereți structură ușoară	-	C1(CA2a)	30 min	II
3	Pereți cortină	profile metalice cu ferestre termopan ,la fiecare nivel 1,2 m etanș la foc minim 30min	-	C1(CA2a)	15 min	II

Nr. crt.	Tipul elementului de construcție	Material	Dimensiuni	Combustibilitate	LRF	GRF
4	Grinzi	profil metalic protejat cu vopsea termosfumantă	I 800mm I 400mm	C0(CA1)	45 min	II
5	Planșeu intermediar	beton armat, (cofraj pierdut din tablă cutată) – acoperire cu beton 2,5 cm conf. MP 027-03 MTCT- (vezi anexa2)	g=16cm	C0(CA1)	45 min	II
6	Acoperiș terasă	beton armat, (cofraj pierdut din tablă cutată) – acoperire cu beton a armăturii 2,5 cm conf. MP 027-03 MTCT- (vezi anexa 2)	g=16cm	C0(CA1)*	45 min	II

**Observații:**

a) Rezistențele caracteristice ale betonului și armăturii se iau din STAS 10107/0-90 corespunzătoare clasei betonului și calității oțelului.

b) la stabilirea gradului de rezistență la foc, respectiv a stabilității la foc a construcției nu se iau în considerare termoizolația și hidroizolația montate deasupra unui suport continuu C0(CA1), conform P 118 art. 2.1.11.2.

Comparând datele din tabelele de mai sus cu condițiile minime de încadrare în grade de rezistență la foc din P118-99 – Tabel 2.1.9. rezultă:

- compartimentul 1 de incendiu se încadrează la gradul II de rezistență la foc;
- compartimentul 2 de incendiu se încadrează la gradul II de rezistență la foc.

**Riscul de incendiu**

Conform Normativului P118-99 art. 2.1.3., în funcție de destinație, pentru subsol (parcaj subteran) care se constituie în compartimentul 1 de incendiu, rezultă că riscul de incendiu se încadrează în categoria „mare”.

Conform Normativului P 118-99 art. 2.1.2, pentru compartimentul 2 de incendiu rezultă că riscul de incendiu se încadrează în categoria „mic”.

**5.4.2. Conceperea sistemului optim de desfumare**

În funcție de configurația clădirii, se propun 2 tipuri de desfumare:

- desfumare mecanică prin crearea de suprapresiune în încăperea tampon dintre subsol și parter și în cele 2 case de scară și
- desfumare prin tiraj natural-organizat pentru holul principal comun de la parter și mezanin.

### **Instalația de defumare hol de acces (încăpere tampon) din subsol**

Introducerea aerului pentru crearea suprapresiunii de 20-80 Pa în holul de acces din subsol se face prin intermediul unei tubulaturi racordată la exterior, în fațada nord.

Traseul tubulaturii este: plafon hol de acces subsol, spațiu tehnic subsol, spațiu tehnic parter, plafon casa scării nr.1 parter, plafon mezanin, fațada nord.

Gura de introducere este 350 x 700 mm, fapt care asigură o viteză de introducere a aerului de maxim 5 m/s la pornirea ventilatorului de defumare.

Gura de aspirație este 600 x 300mm, prevăzută cu grilă gravitațională, plasă de sarma și protecție la ploaie și se amplasează la mezanin, pe terasa înverzită.

### **Instalația de defumare casa scării nr. 1**

Introducerea aerului pentru crearea suprapresiunii de 20-80Pa în casa scării nr.1 se face prin intermediul unei tubulaturi racordate la exterior, în fațada nord.

Traseul tubulaturii este: plafon casa scării nr.1 parter, plafon mezanin, fațada nord.

Gura de introducere este 450x800mm, fapt care asigură o viteză de introducere a aerului de maxim 5m/s la funcționarea celor 2 ventilatoare de defumare aferente.

Gura de aspirație este 600x300mm, prevăzută cu grilă gravitațională, plasă de sarma și protecție la ploaie și se amplasează la mezanin, pe terasa înverzită.

La nivelul Penthouse-ului, în casa scării nr.1 va exista o trapă cu suprafața de 1mp. Trapa se va deschide la aceeași comandă cu pornirea celor 2 ventilatoare de defumare aferente.

### **Instalația de defumare casa scării nr. 2**

Introducerea aerului pentru crearea suprapresiunii de 20-80Pa în casa scării nr.2 se face prin intermediul unei tubulaturi racordate la exterior, în fațada nord.

Traseul tubulaturii este: plafon casa scării nr.2 parter, plafon mezanin, fațada nord.

Gura de introducere este 450x800mm, fapt care asigură o viteză de introducere a aerului de maxim 5m/s la funcționarea celor 2 ventilatoare de defumare aferente.

Gura de aspirație este 600x300mm, prevăzută cu grilă gravitațională, plasă de sarma și protecție la ploaie și se amplasează la mezanin, pe terasa înverzită.

La nivelul Penthouse-ului, în casa scării nr.1 va exista o trapă cu suprafața de 1mp. Trapa se va deschide la aceeași comandă cu pornirea celor 2 ventilatoare de defumare aferente.

### **Instalația de defumare hol comun parter și mezanin**

Defumarea holului principal aferent parterului și mezaninului se va face prin tiraj natural-organizat, prin deschiderea concomitentă automată a ușii de la intrare parter pentru admisie aer de compensare și a trapei din fațada principală, de la mezanin, pentru evacuarea fumului. Suprafața minimă a trapei va fi 1mp.

### 5.4.3. Elemente de calcul de dimensionare și optimizare

Ipoteze de lucru la desfumare mecanică prin suprapresiune

a) hol de acces din subsol:

- suprapresiune de 20-80 Pa față de încăperile adiacente
- viteza de refulare a aerului, maxim 5 m/s
- viteza aerului printr-o ușă deschisă (1,5 mp), considerând celelalte uși

închise: minim 0,5m/s

b) case de scară nr. 1 și nr. 2:

- suprapresiune de 20-80 Pa față de încăperile adiacente
- viteza de refulare a aerului, maxim 5m/s
- viteza aerului printr-o ușă deschisă (1,5 mp), considerând celelalte uși

închise: minim 0,5m/s

- trapă de 1mp deschisă în partea superioară a casei de scară

#### Dimensionarea tubulaturilor de desfumare

a) pentru hol de acces (încăpere tampon) din subsol:

La un debit  $V = 2900$  mc/h și o suprapresiune  $H = 160$  Pa, s-au prevăzut 3 tronsoane de tubulatură:

• **tronsonul 1** ( $V=2900$  mc/h):

- secțiune 300 x 300 mm, diametrul echivalent  $De=2x\frac{300x300}{300+300}=300$  mm
- pierderea de sarcină liniară unitară  $R = 0,51$  mmH<sub>2</sub>O/m = 5,1 Pa/m
- viteza aerului:  $v = 12,0$  m/s

• **tronsonul 2** ( $V=2900$  mc/h):

- secțiune 450 x 300 mm, diametrul echivalent  $De=2x\frac{450x300}{450+300}=360$  mm
- pierderea de sarcină liniară unitară  $R = 0,2$  mmH<sub>2</sub>O/m = 2 Pa/m
- viteza aerului:  $v=8,2$  m/s

• **tronsonul 3** ( $V=1450$ mc/h):

- secțiune 220 x 440 mm, diametrul echivalent  $De=2x\frac{220x440}{220+440}=293$  mm
- pierderea de sarcină liniară unitară  $R = 0,16$  mmH<sub>2</sub>O/m = 1,6Pa/m
- viteza aerului:  $v = 6,0$ m/s

b) pentru casa scării nr. 1 (stânga):

La un debit  $V = 2800$  mc/h/ventilator și o suprapresiune  $H = 190$  Pa, s-au prevăzut 1 tronson de tubulatură:

- secțiune 220x440mm, diametrul echivalent  $De=2x\frac{220x440}{220+440}=293$  mm
- pierderea de sarcină liniară unitară  $R = 0,52$  mmH<sub>2</sub>O/m = 5,2 Pa/m
- viteza aerului:  $v = 12$  m/s

c) pentru casa scării nr. 2 (dreapta):

La un debit  $V = 2800$  mc/h/ventilator și o suprapresiune  $H = 190$  Pa, s-au prevăzut 2 tronsoane de tubulatură:

• **tronsonul 1** ( $V = 2800$  mc/h):

- secțiune 220 x 440 mm, diametrul echivalent  $De=2x\frac{220x440}{220+440}=293$  mm
- pierderea de sarcină liniară unitară  $R=0,52$ mmH<sub>2</sub>O/m=5,2Pa/m

- viteza aerului:  $v = 12 \text{ m/s}$
- **tronsonul 2** ( $V = 5600 \text{ mc/h}$ ):
- secțiune  $800 \times 400 \text{ mm}$ , diametrul echivalent  $De = 2 \times \frac{800 \times 400}{800 + 400} = 533 \text{ mm}$
- pierderea de sarcină liniară unitară  $R = 0,1 \text{ mmH}_2\text{O/m} = 1 \text{ Pa/m}$
- viteza aerului:  $v = 7 \text{ m/s}$

#### Dimensionarea gurilor de refulare a aerului

**a)** pentru hol de acces (încăpere tampon) din subsol:

La un debit  $V = 2900 \text{ mc/h}$ ,

- secțiune  $350 \times 700 \text{ mm}$ ,

- viteza de refulare a aerului  $v = \frac{2900}{3600 \times 0,7 \times 0,35} = 3,28 \text{ m/s}$

**b)** pentru casele de scară nr.1 și nr.2:

La un debit  $V = 5600 \text{ mc/h}$ ,

- secțiune  $450 \times 800 \text{ mm}$ ,

- viteza de refulare a aerului  $v = \frac{5600}{3600 \times 0,45 \times 0,8} = 4,3 \text{ m/s}$

#### Alegerea ventilatoarelor de desfumare

Pentru crearea de suprapresiuni în vederea desfumării, s-au ales următoarele ventilatoare:

**a)** pentru hol de acces din subsol:

- un ventilator tip VL450, 400V, 50Hz, 4 poli,  $P = 0,75 \text{ kW}$ ,  $I = 1,8 \text{ A}$ ,  $V = 2900 \text{ mc/h}$ , suprapresiunea  $H = 160 \text{ Pa}$ .

**b)** pentru casele de scară nr.1 și nr.2:

- câte două ventilatoare tip VL450, 400V, 50Hz, 4 poli,  $P = 0,75 \text{ kW}$ ,  $I = 1,8 \text{ A}$ ,  $V = 2800 \text{ mc/h}$ , suprapresiunea  $H = 190 \text{ Pa}$ .

Toate ventilatoarele vor avea LRF 2 ore la  $400^\circ\text{C}$ .

#### 5.4.4. Elemente constructive

Tubulatura de desfumare se va executa din tablă de oțel zincată și se va proteja, la nivelul mezaninului cu plăci de gipscarton cu LRF 1 oră în zona mezaninului.

Pentru diminuarea pierderilor de presiune și obținerea unei înălțimi reduse, tubulaturile de desfumare s-au despărțit în câte 2 tronsoane.

Tronsoanele tubulaturii de desfumare se leagă cu piese flexibile din Cu, cu secțiunea de  $16 \text{ mm}^2$ , pentru asigurarea continuității electrice și racordarea la pământ, în scopul evitării încărcării cu sarcină electrostatică care ia naștere la frecarea aerului de pereții canalelor.

Suporturile pentru susținerea aparatelor și a tubulaturii se vor executa conform cataloagelor de detalii tip pentru ventilații DT60/501 sau similar.



### 5.4.5. Regimul de funcționare al instalațiilor

Instalațiile de desfumare se vor pune în funcțiune numai la apariția unor eventuale incendii sau atunci când se efectuează probe.

#### Desfumare hol de acces din subsol și case de scară 1 și 2

Cele cinci ventilatoare de desfumare vor fi alimentate electric dintr-o sursă normală și o sursă electrică de rezervă.

Butoane manuale aferente ventilatoarelor de desfumare vor exista:

- a) local, în apropierea fiecărui ventilator, doar pentru oprire;
- b) centralizat, în locul unde se asigură permanența, la parter, aproape de ieșirea principală din clădire, pentru pornire și oprire.

La pornirea desfumării se vor opri în mod automat toate ventilatoarele.

Starea de funcționare/nefuncționare a ventilatoarelor de desfumare va fi semnalizată la locul în care se asigură permanența, la parter, aproape de ieșirea principală din clădire.

În plus, doar la desfumarea celor două case de scară, concomitent cu pornirea celor 4 ventilatoare de desfumare de la parter se vor deschide (prin aceeași acționare) și cele 2 trape aferente din partea superioară a caselor de scară. Pentru acționarea trapelor vor fi tot 2 circuite electrice.

Menținerea în funcțiune a ventilatoarelor de desfumare este necesară pe timpul a cel puțin o oră de la sesizarea (semnalizarea) incendiului, respectiv punerea în funcțiune a acestora.

Notă: Acționarea butoanelor de alarmare de pe căile de circulație avertizează doar centrala de semnalizare incendiu, fără a acționa asupra instalației de desfumare.

#### Desfumare hol principal

Comanda automată de deschidere va fi comună pentru ușa principală de la parter și trapa de la mezanin și va fi dublată de comandă manuală. Comanda automată va fi dată de detectoarele de fum din holul principal parter și mezanin. Pentru acționarea ușii de admisie aer și a trapei de evacuare fum vor fi tot 2 circuite electrice.

## 5.5. Concluzii și contribuții personale

Din analiza studiilor și cercetărilor privind degajarea produselor de ardere precum și din experiența practică, a rezultat că fumul este mai periculos pentru oameni decât căldura și flăcările iar viteza de propagare a fumului pe verticală și orizontală este superioară dezvoltării incendiului, prima consecință negativă reprezentând-o reducerea vizibilității pe căile de evacuare și atingerea concentrație periculoase pentru organismul uman în timp scurt – circa 3 – 4 minute.

În aceste condiții îndeplinirea cerinței de securitate la incendiu în clădiri multifuncționale este implicit legată de performanțele sistemelor pentru dirijarea fumului și produselor de ardere în compartimentul incendiat și preîntâmpinarea/limitarea propagării în spațiile adiacente, respectiv asigurarea etanșeității căilor de evacuare.

Evacuarea fumului și gazelor fierbinți se asigură prin tiraj natural-organizat sau prin ventilare mecanică.

Autorul a realizat o analiză pe un studiu de caz privind evacuarea fumului și al gazelor fierbinți dintr-o clădire multifuncțională. A luat în discuție o clădire de gradul II rezistență la foc, compusă din S+P+6E, destinată pentru spații comerciale, birouri administrative și servicii, structurată pe două compartimente de incendiu și a stabilit și dimensionat două sisteme de desfumare:

- desfumarea mecanică prin crearea de suprapresiune în încăperea tampon dintre subsol și parter și în cele două case de scări;
- desfumarea prin tiraj natural organizat pentru holul principal comun de la parter și mezanin.

Comenzile sistemelor de desfumare vor fi automate și manuale, comenzile automate vor fi declanșate de detectoarele de fum și vor fi alimentate prin două circuite electrice, unul de bază și unul de rezervă.

# **Capitolul 6. CONSIDERAȚII PRIVIND DIMENSIONAREA ȘI FUNCȚIONAREA OPTIMIZATĂ A INSTALAȚIILOR DE STINGERE A INCENDIILOR DIN CLĂDIRI MULTIFUNCȚIONALE**

## **6.1. Substanțe de stingere a incendiilor**

### **6.1.1. Noțiuni introductive**

În alegerea agentului de stingere (apă, spumă, pulberi sau gaze) pentru stingerea incendiilor izbucnite în clădiri multifuncționale, trebuie pornit de la destinația spațiilor, natura și cantitatea materialelor combustibile, numărul maxim al persoanelor care se pot afla la un moment dat în clădire, astfel încât să se obțină un efect optim atât din punct de vedere tehnic cât și economic.

În practică de cele mai multe ori este nevoie să se utilizeze substanțe combinate de stingere cu rol de răcire și izolare sau inhibare astfel încât la alegerea acestora se va avea în vedere:

- în funcție de natura materialelor care ard, să se asigure o eficiență maximă de stingere și efecte distructive reduse asupra materialelor care ard sau care se află în încăperea incendiată;

- compatibilitatea agenților de stingere între ei, în sensul de a nu-și reduce efectele sau de a se deteriora reciproc atunci când se impune folosirea simultană a acestora.

### **6.1.2. Substanțe de stingere prin reducerea temperaturii în zona de ardere (răcire)**

Cel mai vechi și cel mai utilizat agent de stingere este apa; se găsește relativ ușor, este ieftină în comparație cu alte substanțe de stingere și nu presupune folosirea unor instalații complexe și costisitoare.

Stingerea incendiilor prin folosirea apei se bazează pe marea capacitate de absorbție a căldurii și corelativ prin reducerea temperaturii în zona de ardere.

Apa se folosește la stingerea incendiilor sub formă de:

- jet compact;
- jet pulverizat;
- abur.

La folosirea apei sub formă de jet compact se urmărește, pe lângă reducerea temperaturii în zona de ardere și folosirea forței mecanice a jetului pentru dislocarea unor elemente de construcție aprinse.

Folosirea apei sub formă de jet compact prezintă un consum ridicat și o slabă eficiență la stingere.

Folosirea jetului pulverizat prezintă eficiență practică prin faptul că picăturile fine de apă cu diametrul de 1 mm se împrăștie pe o suprafață mare și absoarbe o mare cantitate de căldură prin evaporare având efect atât de răcire cât și de izolare.

Pulverizarea apei până ceață se realizează fie prin folosirea aerului comprimat cu ajutorul unui compresor fie prin folosirea înaltei presiuni de la pompele de incendiu.

Apa îmbunătățită chimic se obține ca urmare a reducerii tensiunii superficiale a apei prin tratarea cu diverși detergenți; prin reducerea tensiunii superficiale, se asigură o mai bună umectare, formarea unei pelicule pe suprafața materialului care arde, o mai bună evaporare, asigurându-se reducerea consumului de apă și creșterea eficienței de stingere.

### 6.1.3. Substanțe de stingere prin izolare

În categoria substanțelor de stingere prin izolare intră:

- spuma chimică;
- spuma mecanică:
  - grea – cu coeficient de joasă înfoiere;
  - cu coeficient mediu și mare de înfoiere;
- pulberi stingătoare.

Spuma chimică se formează prin reacția chimică dintre un acid și o bază, este formată dintr-o masă de bule de dimensiuni reduse în interiorul cărora se află bioxid de carbon.

O spumă eficientă trebuie să aibă următoarele calități:

- fluiditate;
- coeficient de înfoiere;
- densitate;
- persistență;
- aderență;
- timp de stingere minim.

Spuma chimică, tot mai puțin folosită în prezent, are atât efect de răcire cât și de izolare; se folosește îndeosebi pentru stingerea incendiilor de lichide combustibile, având efecte de înăbușire în condițiile în care temperatura focarului ne depășește 1.000 °C.

Spuma mecanică se realizează prin amestecul unor substanțe (spumant) cu apa și aerul (se poate folosi și CO<sub>2</sub> sau azot), utilizând în acest scop generatoare de spumă.

Spuma folosită la stingerea incendiilor este un agregat de bule umplute cu aer, format dintr-o soluție apoasă a unui spumant concentrat corespunzător. Spumantul concentrat poate fi:

- spumant concentrat proteinic (**P**), obținut din substanțe proteinice hidrolizate;
- spumant concentrat fluoroproteinic (**FP**) – spumant concentrat proteinic cu adaos de agenți activi de suprafață fluorurați;
- spumant concentrat sintetic (**S**), bazat pe un amestec de agenți activi de suprafață hidrocarbonați și care poate conține fluorocarburi cu stabilizatori adiționali;
- spumant concentrat rezistent la alcoolii (**AR**), care este rezistent la descompunere atunci când se aplică pe suprafața unor alcoolii sau a unor solvenți polari;

- spumant concentrat care (**AFFF**), bazat pe un amestec de hidrocarburi și agenți de suprafață fluorurați și care are capacitatea de a forma un film apos pe suprafața anumitor hidrocarburi;

- spumant concentrat fluoroproteinic (**FFFP**), care formează un film apos pe suprafața anumitor hidrocarburi.

Spuma utilizată pentru stingere formează o barieră între substanța combustibilă și oxigenul din aer, separând carburantul de comburant.

Spumanții pentru stingerea incendiilor sunt utilizați pe scară largă pentru controlul și stingerea incendiilor de lichide inflamabile și pentru inhibarea reaprinderii. De asemenea ei pot fi utilizați pentru prevenirea aprinderii lichidelor inflamabile și, în anumite condiții, stingerea incendiilor de materiale combustibile solide.

Spumanții concentrați de fabricație, grade și clase diferite sunt adesea incompatibili și nu trebuie amestecați decât dacă s-a stabilit dinainte că nu rezultă o pierdere de eficacitate inacceptabilă.

Spumanții pot fi utilizați în combinație cu alte substanțe de stingere, în mod particular cu dioxid de carbon și pulberi. Acolo unde spuma și pulberea pot fi aplicate simultan sau succesiv, utilizatorii trebuie să se asigure că orice interacțiune nefavorabilă nu produce scăderea eficienței acestora.

Spumanții sunt adecvați pentru aplicarea pe suprafața incendiilor de lichide nemiscibile cu apa.

Instalațiile de stingere a incendiilor cu spumă nu se folosesc în cazurile în care este interzisă prezența apei, precum și atunci când substanțele care ard pot reacționa cu spumanții și pot forma amestecuri toxice sau explozive.

Spuma exercită asupra focarului o acțiune complexă de înăbușire, izolare și răcire; eficiența de stingere depinde de gradul de înfoiere și de persistența spumei.

Spuma mecanică, cu coeficient mediu sau mare de înfoiere se folosește la stingerea incendiilor de lichide inflamabile precum și în canale de cabluri sau spații greu accesibile

**Pulberile stingătoare** se folosesc în mod deosebit pentru stingerea incendiilor de lichide inflamabile, incendii de natură electrică, incendii de metale ușoare sau aliaje ale acestora precum și la stingerea incendiilor de materiale combustibile solide.

La baza producerii de pulberi stingătoare stau bicarbonatul de sodiu, bicarbonatul de potasiu, sulfat de amoniu, carbonat de sodiu, uree etc.

Efectul de stingere al pulberii se bazează pe reducerea concentrației de oxigen în zona de ardere deci efectul de înăbușire, precum și prin întreruperea reacțiilor în lanț de ardere ca urmare a pătrunderii norului de pulberi în flăcări.<sup>[4]</sup>

Pulberea are și un efect secundar de răcire.

Pentru o stingere eficientă cu pulberi este necesar să se atingă o anumită concentrație de natură să asigure inhibarea reacției de ardere; folosirea pulberii în cantități și concentrații reduse nu dă rezultate la stingere.

#### **6.1.4. Substanțe de stingere prin reducerea conținutului de oxigen în zona de ardere**

Din definiția incendiului a rezultat faptul că una din componentele procesului de ardere o reprezintă existența comburantului, respectiv a oxigenului, care întreține arderea.

Prin introducerea în zona de ardere a substanțelor care reduc conținutul de oxigen, se asigură diminuarea vitezei de ardere și scăderea temperaturii, deci efect de răcire.

Cele mai cunoscute și frecvent utilizate substanțe din această categorie sunt dioxidul de carbon și azotul.

Eficiența maximă la stingere este asigurată în spații închise etanș.

Pentru întreruperea procesului de ardere este necesară o concentrație volumică de cel puțin 34 % pentru CO<sub>2</sub> și 43,7 % pentru azot și scăderea concentrației de oxigen sub 15 %.

Dioxidul de carbon și azotul prezintă avantajul de a pătrunde în orificiile și zonele greu accesibile; nu are efecte distructive a materialelor asupra cărora se refulează, poate fi folosit la echipamente electrice sub tensiune; nu se deteriorează pe timp de conservare îndelungată.

Spre deosebire de azot, CO<sub>2</sub> trebuie folosit cu prudență, fiind toxic pentru organismul uman.

**Aburul**, ca agent de stingere, se folosește în spații închise fără prezența personalului, efectul de stingere bazându-se pe diluarea concentrației de oxigen, într-o concentrație de 35 % abur în volum.

**Ceața de apă**, se obține prin pulverizarea apei sub înaltă presiune sau cu ajutaje speciale astfel încât particulele de apă să aibă diametrul până la 100 μm.

Efectul de stingere se realizează prin diminuarea concentrației de oxigen în zona de ardere și prin răcirea suprafeței aprinse.

### 6.1.5. Substanțe de stingere prin inhibiție chimică

Din categoria substanțelor de stingere care întrerup procesul de ardere au făcut parte halonii (hidrocarburi halogenate) iar mai nou înlocuitorii de haloni.

Halonii s-au folosit cu succes la stingerea incendiilor în a doua jumătate a secolului trecut în țările occidentale până când cercetările privind efectele acestora au stabilit că elementele componente, clor și brom din structura moleculară atacă statul de ozon.

În acest context, cercetările s-au îndreptat spre găsirea altor substanțe care să aibă același efect de stingere – prin inhibiție a procesului de ardere – dar care să aibă un grad redus de nocivitate.

Înlocuitorii de haloni care se află în circuitul comercial sunt:

- CEA 410 – perfluorbutan;
- CEA 614 – perfluorhexan;
- NAFS III – un amestec de hidrocarburi;
- FM – 100 FIRE MASTER 100;
- FM – 200 FIRE MASTER 200;
- FE – 13 – trifluoriodometan;
- IG – 541 – inergen.

Înlocuitorii de haloni, mai puțin eficienți decât halonii, în sensul că necesită cantități și concentrații mai mari pentru întreruperea procesului de ardere, prezintă avantajul că nu distrug stratul de ozon, nu distrug materialele și echipamentele asupra cărora se acționează și nu sunt toxici pentru organismul uman.

## 6.2. Instalații de stingere cu apă a incendiilor

### 6.2.1. Condiții generale

Atunci când se efectuează o analiză tehnico-economică, în vederea alegerii uneia din variantele cunoscute ale instalațiilor de stingere a incendiilor în clădiri multifuncționale, este recomandabil să se aibă în vedere respectarea următoarelor criterii generale:

- categoria de importanță a construcției;
- natura și cantitatea materialelor combustibile existente în zona protejată;
- proprietățile fizico-chimice ale materialelor;
- gradul de rezistență la foc al construcției și limita de rezistență la foc a elementelor de construcție;
- înălțimea construcțiilor, numărul de niveluri, numărul (densitatea) ocupanților în încăperile protejate;
- posibilitățile de alimentare cu apă;
- sursele existente de energie;
- posibilitățile de intervenție ale unor formațiuni specializate pentru stingerea incendiilor (distanțe, căi de acces, pericolul prezentat la intervenție);
- numărul posibil de incendii simultane.

În cazul când se optează pentru o instalație de stins incendii acționată manual se va avea în vedere:

- existența permanentă a personalului apt pentru a acționa;
- posibilitățile reale de acționare (pericole, accesibilități);
- timpul necesar detectării, de către factorul uman, a incendiului și cel de acționare a instalației, în corelare cu timpul optim pentru intervenție.

Nu trebuie utilizată o instalație de stingere cu apă în spații unde se manipulează, exclusiv, lichide inflamabile sau produse care, în contact cu apa, ar produce reacții periculoase.

Nu se va alege o instalație complexă pentru protejarea unui spațiu a cărei valoare economică sau socială este neglijabilă, comparativ cu costul intervenției pentru protecția împotriva incendiilor.

Acolo unde posibilitățile de intervenție sunt reduse, distanțe foarte mari, (lipsa surselor de energie sau de apă, inaccesibilitate) este necesar a se alege acele variante constructive ale instalațiilor care să permită o acțiune de stingere eficientă, în acest caz, instalațiile de stingere trebuie să îndeplinească câteva condiții generale, care nu trebuie neglijate în nici o ocazie. Dintre acestea, pot fi menționate următoarele:

- utilizarea numai a echipamentelor, componentelor și dispozitivelor certificate pentru scopul propus, ținând cont de compatibilitatea acestora;
- asigurarea siguranței în funcționare a instalației, inclusiv în situația unor calamități naturale sau dereglări previzibile ale sistemelor protejate sau anexelor instalației;
- asigurarea posibilității efectuării, cu ușurință, a verificărilor periodice sau a eventualelor revizii și reparații;
- asigurarea intervenției în timp util, înainte ca incendiul să acționeze, distructiv, asupra elementelor componente ale instalației;
- prevederea cu posibilități de acționare manuală a tuturor instalațiilor automate de stingere și de semnalizare la locurile cu prezență permanentă, a intrării lor în funcțiune. [10]

### 6.2.1.1. Aspecte privind dimensionarea instalațiilor cu hidranți de incendiu interiori și exteriori

Numărul de hidranți pentru combaterea incendiilor situați pe același palier și în același compartiment de incendiu se determină ținând seama de numărul de jeturi în funcțiune simultană și de raza de acțiune a hidrantului.

În același timp este obligatorie stabilirea debitului specific minim  $q_{ih}$  [l/s] al fiecărui hidrant funcție de presiunea necesară la ajutorul țevii  $H_i$  [Pa] de refulare a apei, care se ia pentru asigurarea lungimii jetului compact  $L_c$ , iar presiunea necesară  $H_{nec}$ , pentru alimentarea cu apă a instalației cu hidranți interiori de incendiu, va ține seama de  $H_i$ , suma pierderilor totale de sarcină pe furtun  $h_r$  și înălțimea geodezică  $H_{gh}$  a hidrantului interior de incendiu amplasat la cota cea mai mare față de cota de referință.

La dimensionarea instalațiilor cu hidranți de incendiu interiori, pentru clădirile multifuncționale, se respectă următoarele:

- se prevăd minimum două coloane de alimentare, dimensionate astfel încât fiecare să asigure un debit de apă pentru incendiu de minim 15 l/s pentru clădirile cu volum de până la 50.000 m<sup>3</sup> și de minim 20 l/s pentru clădirile cu un volum mai mare de 50.000 m<sup>3</sup>;

- pe fiecare nivel se prevăd cel puțin 3 sau 4 hidranți având fiecare un debit minim de 5 l/s, în funcție de volumul construcției, amplasați, de regulă, unul față de altul, la distanțe astfel încât fiecare punct al clădirii să fie atins de două jeturi în funcțiune simultană alimentate de la coloane diferite.<sup>[69]</sup>

Coloana de alimentare cu apă a hidranților de incendiu interiori va avea diametrul minim de 2 țoli constant pe întreaga înălțime, iar pentru a se asigura circulația permanentă a apei în coloană (pentru a evita degradarea calitativă), la partea superioară va fi prevăzut un robinet pentru utilizarea curentă.

Instalația cu hidranți de incendiu exteriori se dimensionează astfel încât să se asigure debitul de calcul  $Q_{ie}$  [l/s] necesar fiecărui compartiment de incendiu ținând seama, pe de o parte, de soluția adoptată pentru stingerea incendiilor (acțiunea pentru stingerea incendiilor direct de la hidranții exteriori, sau prin intermediul unor pompe mobile), iar, pe de altă parte, dacă rețeaua exterioară de alimentare cu apă este independentă sau comună pentru stingerea incendiilor, nevoi menajere și industriale, avându-se în vedere atât posibilitatea izbucnirii unor incendii simultane cât și pierderile de sarcină pe conducte.

### 6.2.1.2. Dimensionarea instalațiilor cu sprinklere pentru stingerea incendiilor

Armonizarea legislației românești cu legislația europeană a impus adoptarea standardului european **EN 12845** – „Instalații fixe de luptă împotriva incendiului. Sisteme automate de stingere tip sprinkler”. Calcul, instalare și întreținere, în care sunt prevăzute unele cerințe diferite față de reglementările tehnice românești.

Conform noilor standarde europene, clădirile și zonele care urmează a fi protejate de instalații cu sprinklere pentru stingerea incendiilor, trebuie încadrate în categorii de risc de incendiu în funcție de destinația clădirii și sarcina termică, astfel:<sup>[58]</sup>

- risc mic de incendiu – LH
- risc mediu de incendiu – OH
- risc mare de incendiu – HH



Categoriile de risc mediu și risc mare de incendiu se împart la rândul lor în patru subgrupe, în funcție de care se stabilesc și se dimensionează sistemele și instalațiile de protecție la foc.

#### **Risc mediu de incendiu OH**

În această categorie sunt incluse clădirile în care se procesează, manipulează, depozitează materiale combustibile cu o sarcină termică medie și comportare la foc medie, astfel:

- risc mediu grupa 1 – OH1;
- risc mediu grupa 2 – OH2;
- risc mediu grupa 3 – OH3;
- risc mediu grupa 4 – OH4.

#### **Risc mare de incendiu HH**

În această categorie sunt incluse clădirile în care materialele combustibile manipulate, depozitate, procesate au o sarcină termică mare, viteza mare de ardere, iar incendiile au o dezvoltare rapidă, astfel:

- procese tehnologice cu risc mare grupa 1 – HHP1;
- procese tehnologice cu risc mare grupa 2 – HHP2;
- procese tehnologice cu risc mare grupa 3 – HHP3;
- procese tehnologice cu risc mare grupa 4 – HHP4.

Având în vedere că în prezent se produce o mare varietate de sprinklere care diferă între ele atât ca formă cât și prin caracteristicile tehnico-funcționale, la alegerea tipului de sprinkler se va urmări ca acesta să satisfacă cerințele standardului EN 12259-1, și, după caz, să poarte marcajul CE sau să fie omologate.

La alegerea tipului și numărului capetelor sprinkler se va avea în vedere riscul de incendiu, gradul de rezistență la foc al construcției sau compartimentului de incendiu, sarcina termică de incendiu, precum și de caracteristicile hidraulice, geometrice și funcționale ale acestora.

Sprinklerele au un cod al culorilor stabilit conform standardului SR EN 12259-1 în concordanță cu temperatura de declanșare, [°C]. Codul culorilor și temperatura de declanșare diferă după tipul dispozitivului de blocare/declanșare, dispozitiv de blocare cu bulb sau dispozitiv de blocare cu fir/dispozitiv fuzibil potrivit datelor din tabelul 6.1.

**Codul culorilor și temperatura de declanșare, [°C],  
a sprinklerelor în funcție de dispozitivul de blocare**

**Tabelul 6.1**

Nr. crt.	Pentru dispozitiv de blocare cu bulb		Pentru dispozitiv de blocare cu fir fuzibil	
	Codul culorii	Temperatura de declanșare [°C]	Codul culorilor	Temperatura de declanșare [°C]
1.	Portocaliu	57	Incolor	68 / 74
2.	Roșu	68	Alb	93/100
3.	Galben	79	Albastru	141
4.	Verde	93	Galben	182
5.	Albastru	141	Roșu	227
6.	Mov	182		
7.	Negru	204 / 260		

**Notă1** : pentru evitarea confuziilor în cazul în care temperaturile de declanșare sunt identice pentru aceeași culoare (exemplu: albastru, temperatura de declanșare 141°C), precum și pentru cazurile în care la aceeași culoare corespund temperaturi diferite de declanșare (exemplu galben 79°C pentru dispozitiv de blocare cu bulb și 182°C pentru dispozitiv de blocare cu fir fuzibil), **propunem** dublarea codului culorilor cu un simbol (exemplu: pentru dispozitiv de blocare cu fuzibil **Albastru\***; **Galben\***).

**Notă 2:** Calculul privind dimensionarea instalației cu sprinklere pentru stingerea incendiilor este realizat în subcapitolul 6.3.3 la analiza comparativă pe studii de caz.

### 6.2.1.3. Dimensionarea instalației cu drencere

În clădirile multifuncționale instalațiile cu drencere servesc la protejarea golurilor la trecerile dintr-un compartiment de incendiu în altul.

Numărul, tipul și amplasarea drencerelor utilizate pentru formarea perdelelor de apă se stabilesc astfel încât să se asigure în punctul cel mai dezavantajos intensitatea de stingere  $i_s$  de minim 1 [l/s·m<sup>2</sup>] indiferent de înălțimea golului protejat, având în vedere faptul că la clădirile multifuncționale sunt mari aglomerări de persoane și bunuri de mare valoare iar propagarea incendiului prezintă un pericol deosebit.

Debitele specifice  $q_{is}$  [l/s] și presiunile normale de utilizare,  $H_j$  [mH<sub>2</sub>O] ale apei în secțiunile orificiilor de refulare ale drencerelor sunt precizate de producător.

Numărul de drencere (de un anumit tip  $i$ )  $N_i$  se stabilește în funcție de debitul specific minim  $q_{is\ min}$ , mărimea zonei protejate  $A_j$  [m<sup>2</sup>] sau  $L_j$  [m] și intensitatea minimă de stropire a apei  $I_j$  [l/s·m<sup>2</sup>] sau [l/s·m] în relațiile:

$$N_i = \frac{A_j \cdot I_j}{q_{is\ min}} \quad (6.1)$$

$$N_i = \frac{L_j \cdot I_j}{q_{is\ min}} \quad (6.2)$$

în care:

- $A_j$  reprezintă aria zonei care necesită a fi protejată, în [m<sup>2</sup>];
- $L_j$  – lungimea zonei care necesită a fi protejată, în [m];
- $I_j$  – intensitatea minimă de stropire a apei, fie că este vorba de intensitatea de protecție sau de intensitatea de stingere, exprimată, după caz, în [l/s·m<sup>2</sup>] sau [l/s·m]
- $q_{is\ min}$  – debitul specific minim al unui drencer, în [l/s].

Drencerile utilizate pentru stingerea incendiilor se amplasează la fel ca sprinklerele, fără a se impune o distanță maximă față de plafon, dacă nu trebuie să se asigure protecția elementelor de construcție ale acestuia.

Instalația cu drencere se compune din sectoare în care sunt grupate maximum 72 drencere, fiecare sector fiind alimentat cu apă printr-o conductă principală prevăzută cu robinete de acționare. Rețeaua de distribuție a instalației cu drencere poate fi ramificată sau inelară; pe o ramură a rețelei ramificate se pot monta cel mult 6 drencere.

La stabilirea debitului de calcul al perdelelor de apă prevăzute pentru protecția golurilor scărilor rulante, se ia în considerare funcționarea simultană a perdelelor pe două niveluri succesive pentru timpul teoretic de funcționare egal cu cel al sprinklerelor (60 de minute).

Calculul hidraulic al conductelor instalației cu drencere se efectuează după aceeași metodologie ca la instalația cu sprinklere, pentru dimensionarea rețelelor de conducte pe care sunt montate drencerile se utilizează metoda rezistențelor hidraulice unitare.

#### 6.2.1.4. Dimensionarea instalațiilor de stingere a incendiilor cu apă pulverizată

Spre deosebire de instalațiile cu sprinklere și instalațiile cu drencere, instalațiile de stingere cu apă pulverizată necesită, de regulă, presiuni mari ale apei (5 – 7) bar, excepție făcând unele tipuri de pulverizatoare care pot funcționa la o presiune de (3 – 5) bar.

Debitele specifice  $q_{is}$  [l/s] și presiunile nominale de pulverizare a apei  $H_j$  [mH<sub>2</sub>O] sunt stabilite de producător pentru fiecare tip de pulverizator (duză).

Numărul  $N_j$  de pulverizatoare se determină în condiții similare ca pentru instalația cu drencere (a se vedea relațiile 6.1 și 6.2).

Distanța dintre pulverizatoare se determină în funcție de raza lor de stropire astfel încât să se asigure o intensitate de stingere sau de răcire uniformă pe întreaga suprafață protejată avându-se în vedere dimensionarea în funcție de duza de pulverizare amplasată în punctul cel mai dezavantajos ca și în cazul instalației cu drencere.

Calculul hidraulic de dimensionare a rețelei ramificate sau inelare de alimentare cu apă a pulverizatoarelor se efectuează după aceeași metodologie ca și în cazul instalației cu sprinklere.

#### 6.2.1.5. Dimensionarea instalațiilor de stingere cu abur a incendiilor

Debitul de calcul al instalației de stingere cu abur a incendiilor ( $q$ ) se determină în funcție de volumul spațiului protejat și intensitatea de stingere cu relația:

$$q = i_{sa} \cdot V, \text{ [kg/s]} \quad (6.3)$$

în care:

- $V$  este volumul spațiului protejat, în [m<sup>3</sup>];
- $i_{sa}$  - intensitatea de stingere a incendiului cu abur (cantitatea de abur introdusă în unitatea de timp pentru fiecare metru cub din volumul încăperii) - [kg/s·m<sup>3</sup>].

Valorile intensității de stingere a incendiilor cu abur, determinate în funcție de destinația și etanșeitatea spațiului protejat, sunt cele din tabelul 6.2.

**Valorile intensității de stingere a incendiului cu abur, în funcție de destinația și etanșeitatea spațiului protejat**

**Tabelul 6.2**

Nr. crt.	Etanșeitatea spațiului protejat	Destinația spațiului protejat	Intensitatea de stingere $i_{sa}$ [kg/s·m <sup>3</sup> ]
1.	Spații la care toate golurile se închid etanș	- spații cu închidere etanșă (a ușilor, ferestrelor, luminatoare lor, golurilor pentru ventilare etc.). - Rezervoare și conducte etanșe.	0,0025
2.	Spații cu etanșeitate relativă	- spații la care se pot închide etanș toate golurile (cu excepția ferestrelor, luminatoarelor și golurilor pentru ventilare). - clădiri din materiale incombustibile. - rezervoare neetanșe.	0,0050

Cantitatea totală de abur necesară stingerii unui incendiu,  $Q$ , se determină cu relația:

$$Q = q \cdot T_t, \text{ [kg]} \quad (6.4)$$

în care:

-  $q$  reprezintă debitul de calcul al instalației de stingere cu abur a incendiului determinat conform relației 5.21, în [kg/s];

-  $T_t$  – durata teoretică de stingere a incendiului (care se consideră de 180 s pentru spații etanșe și de 300 s pentru spații cu etanșeitate relativă).

### **6.3. Analize pe studii de caz privind optimizarea în proiectarea și execuția instalațiilor de stins incendiu cu sprinklere la clădirile multifuncționale**

În analizele pe studii de caz s-a ținut cont de următoarele reglementări:

**a) românești:**

\*\*\* NP086-2005– Normativ pentru proiectarea executarea și exploatarea instalațiilor de stingere a incendiilor;

\*\*\* SC 003-1999 – Soluții cadru pentru instalații automate de stingere a incendiilor tip sprinklere la depozite cu stive înalte;

\*\*\* P 118-99 – Normativ de siguranță la foc a construcțiilor;

\*\*\* STAS 1478-90-Alimentari cu apă la construcții civile și industriale.

**b) europene:**

- Loss Prevention Council - LPC Rules for automatic sprinkler installations;
- National Fire Protection Association (NFPA 13/15/750);
- Factory Mutual – FM;
- Dansk Brand-og Sikringstekniks Institut;
- Norwegian Sprinkler Rules;
- ANPI/NVBB Rules in Belgium;
- FOC 29th Edition Rules;
- Comite Europeen Des Assurances CEA4001;
- FOC 29th Edition Rules;
- BS 5306 part 2 Specification for sprinkler systems;
- EN 12845 Automatic sprinkler systems;
- BS 9251 (DD 251) Sprinkler systems for residential and domestic occupancies.

**c) S.U.A. – FM Global.**

### 6.3.1. Funcții și alcătuire

Sistemele de sprinklere asigură stingerea automată a începuturilor de incendii prin stropirea cu apă a zonelor cuprinse de foc, protejează viețile omenești și limitează pierderile de bunuri materiale.

În funcție de factorii tehnici și economici (destinația, mărimea construcției, număr de persoane, bunuri materiale etc.) sistemul este alcătuit din următoarele elemente:[55]

- 1) stația centrală de control și de semnalizare a incendiilor:
  - tip apă - apă;
  - aer - apă;
  - tip apă - soluții antigel;
- 2) turbina de semnalizare (cu clopot);
- 3) camera de întârziere;
- 4) accelerator de evacuare aer;
- 5) vane (fluture);
- 6) diverse tipuri de capete de sprinklere cu temperaturi de declanșare și timpi de acționare diferite:
  - sprinklere cu declanșare normală;
  - sprinklere cu declanșare rapidă;
  - sprinklere cu control a curgerii apei (flow control);
- 7) accesorii;
- 8) detectoare de curgere;
- 9) sistemul de conducte.

### 6.3.2. Principii care stau la baza proiectării instalațiilor de sprinklere

În cele ce urmează analizele se fac pentru un centru comercial de tipul hypermarket-mall – clădire multifuncțională.

Pentru aceasta trebuie stabilite și rezolvate trei elemente principale:[55],[56]

- determinarea numărului de sprinklere și condițiile de amplasare;
- stabilirea tipului și configurația instalației;
- calculul hidraulic al sistemului.

Elementele ce trebuie abordate în conceperea unei instalații de sprinklere trebuie să parcurgă următorii pași:

- a) Elemente privind categoriile de importanță, riscul de incendiu;
- b) Elemente de referință a desenelor și documentelor;
- c) Elemente referitoare la versiunea desenelor și documentelor;
- d) Descrierea instalației;
- e) Organizarea grupurilor aferente fiecărei stații de alarmare și codificarea lor;
- f) Numărul punctelor de referință a stației de alarmare a instalației;
- g) Numărul de sprinklere aferente fiecărei stații de alarmare;
- h) Volumul conductelor instalațiilor umede, uscate, sau combinate;
- i) Înălțimea sprinklerului situat cel mai sus al fiecărei stații de alarmare;
- j) Trasee și compatibilizarea cu traseele altor instalații;
- k) Modalități de susținere a instalației de sprinklere față de elementele de construcții;

l) Lista componentelor acreditate utilizate în realizarea instalației, cu numele fabricantului și modelului/nr. de referință.

### 6.3.3. Elemente de calcul

#### Determinarea numărului de sprinklere și condițiile de amplasare

Algoritmul de determinare al numărului de sprinklere cuprinde:

a) – stabilirea condițiilor inițiale și a parametrilor de intrare:

- **S** – **suprafața ce trebuie protejată a elementului de construcție sau suprafața compartimentului de incendiu [m<sup>2</sup>]**. Ea se stabilește în conformitate cu normativele ce guvernează tipul de clădire și funcționalitatea ei, scenariul la foc avizat de organele competente și mai nou înțelegerea dintre beneficiar și asigurator;

- **M** – **tipul și cantitatea materialelor existente în compartimentul de incendiu**. Aceasta este declarată de beneficiar pentru fiecare încăpere din clădire și modalitatea de dispunere și depozitare;

- **q** – **densitatea de sarcină termică [MJ/m<sup>2</sup>]**. Este determinată în cadrul scenariului la foc avizat de organele competente;

- **i<sub>SR</sub>** – **intensitatea de stingere [mm/min] sau [l/s·m<sup>2</sup>]**. Intensitatea de stingere a incendiului își are esența în reacțiile de ardere și reprezintă intensitatea minimă de stropire cu apă la care arderea încetează. Normativele românești fac trimitere la tabelul 6.3 din STAS 1478-90 în care intensitatea de stingere este prezentată în funcție de 5 tipuri de destinații de clădiri în care clădirea multifuncțională o putem încadra în categoria 1 unde găsim o intensitate de stingere  $i_s=4,2\text{mm/min.}$ [55]

**Intensitatea de stingere și aria de declanșare (STAS 1478-90)**

**Tabelul 6.3**

Nr. crt.	Destinația încăperii	Intensitatea de stingere		Aria de declanșare
		l/(s.m <sup>2</sup> )	mm/min	
1	Încăperi din clădiri industriale și civile obișnuite	0,07	4,2	215
2	Depozite sau încăperi în care se prelucrează materiale celulozice (lemn, textile, hârtie etc.), nedepozitate în stive înalte	0,07	4,2	260
3	Secții de fabricare, prelucrare, manipulare sau depozitare a rășinii sau terebentinei, negrului de fum, articolelor din cauciuc, lacurilor, vopselelor	0,12	7,2	260
4	Secții de distilare a gudronului, fabrici de chibrituri, secții de prelucrare a spumei de materiale plastice (fără depozitare)	0,17	10,2	260
5	Secții de fabricare și prelucrare a celuloizului	0,25	15,0	200

Normativele EU și USA prezintă intensitățile de stingere în funcție de încadrarea destinațiilor clădirilor, a compartimentelor de incendiu și a zonelor ce trebuie protejate în clasele de risc conform tabelului 6.4 și în funcție de depozitarea materialelor și amplasare a capetelor de sprinklere conform tabelului 6.5.[86],[88]

**Intensitățile de stingere și aria de declanșare pentru clasele de risc la foc LH, OH și HHP. (VdS)****Tabelul 6.4**

Clasă de risc la foc	Intensitatea de stingere, mm/min	Instalație apă-apă	Instalație apă-aer
		Aria de declanșare simultană, m <sup>2</sup>	
LH	2,25	84	Nu este permis conform OH1
OH1	5,0	72	90
OH2	5,0	144	180
OH3	5,0	216	270
OH4	5,0	360	Nu este permisă repartizarea conform HHP1
HHP1	7,5	260	325
HHP2	10,0	260	325
HHP3	12,5	260	325
HHP4	Trebuie efectuate evaluări speciale	Nu este permis	Nu este permis

**Criterii de repartizare a sprinklerelor exclusiv la nivelul plafonului ( VdS)****Tabelul 6.5**

Tipul depozitării	Categoria I	Categoria II	Categoria III	Categoria IV	Intensitatea de stingere, mm/min	Aria de declanșare simultană, m <sup>2</sup>	
	Înălțimea maximă de depozitare admisă						
ST1 depozit de sine stătător sau compact	5,3	4,1	2,9	1,6	7,5	260	
	6,5	5,0	3,5	2,0	10,0		
	7,6	5,9	4,1	2,3	12,5		
	-	6,7	4,7	2,7	15,0		
	-	7,5	5,2	3,0	17,5		
	-	-	5,7	3,3	20,0		
ST2 Depozit de paleți pe un singur rând și ST4 depozit de paleți pe rafuri	-	-	6,3	3,6	22,5	300	
	-	-	6,7	3,8	25,0		
	-	-	7,2	4,1	27,5		
	-	-	-	4,4	30,0		
	4,7	3,4	2,2	1,6	7,5		260
	5,7	4,2	2,6	2,0	10,0		
6,8	5,0	3,2	2,3	12,5			
-	5,6	3,7	2,7	15,0			
-	6,0	4,1	3,0	17,5			
-	-	4,4	3,3	20,0			
ST3 Depozit de paleți sau boxe pe mai multe rânduri și ST5 și ST6 depozit pe rafuri	-	-	5,3	3,8	25,0	300	
	-	-	5,7	4,1	27,5		
	-	-	6,0	4,4	30,0		
	4,7	3,4	2,2	1,6	7,5		260
	5,7	4,2	2,6	2,0	10,0		
	-	5,0	3,2	2,3	12,5		
-	-	-	2,7	15,0			
-	-	-	3,0	17,5			

- $A_d$  - aria de declanșare [m<sup>2</sup>]

În figura 6.1 este făcută o comparație grafică între ariile de declanșare prevăzute în reglementările românești, EU și USA. Se constată că în reglementările USA – care au și aplicabilitate în Europa și chiar în România – apar și valori duble față de maximele utilizate în România și asta datorită faptului că experimentele în laboratoarele de cercetare i-au determinat să stabilească condiții cât mai exacte în cât mai multe categorii de clădiri în funcție de riscul la incendiu. [81]

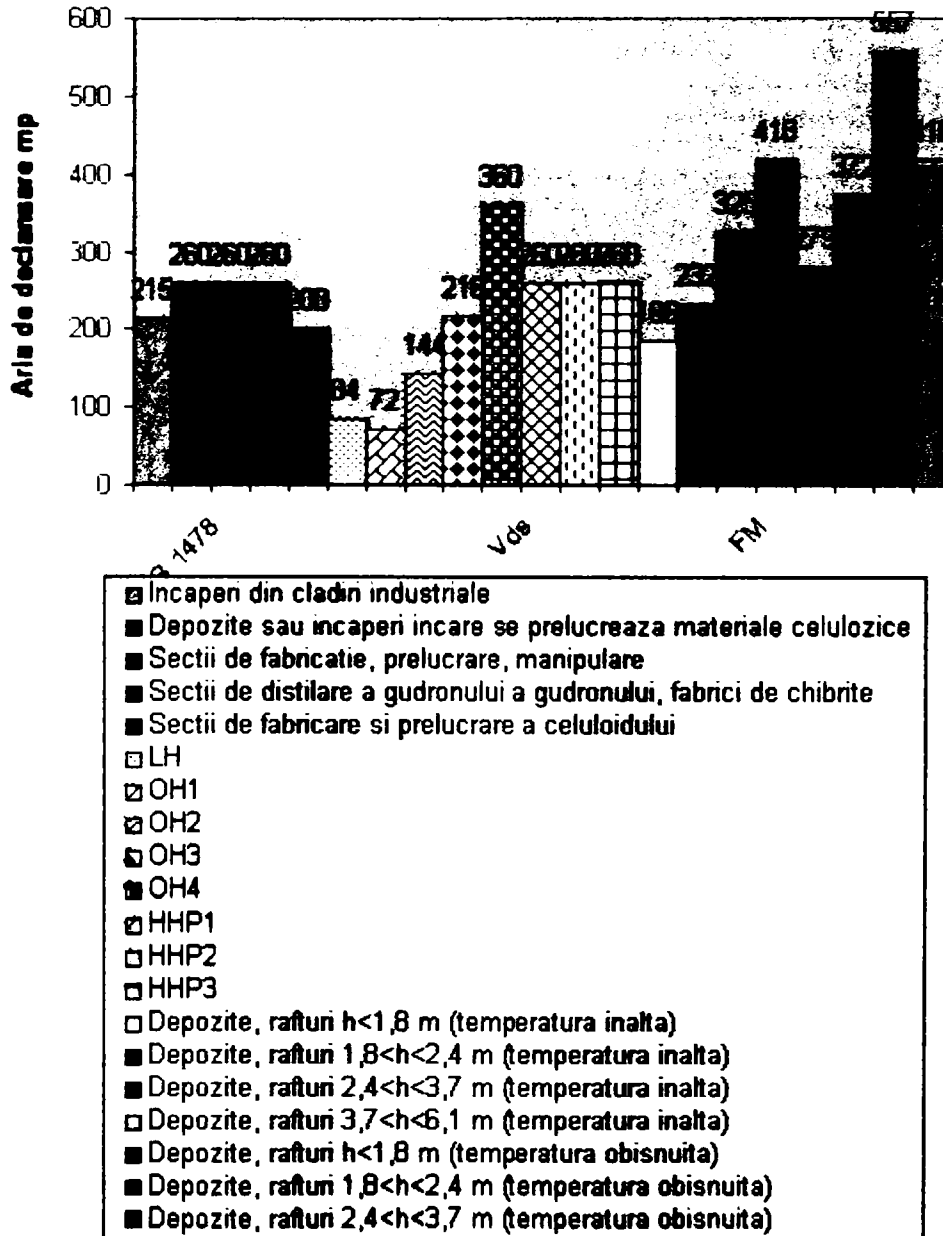
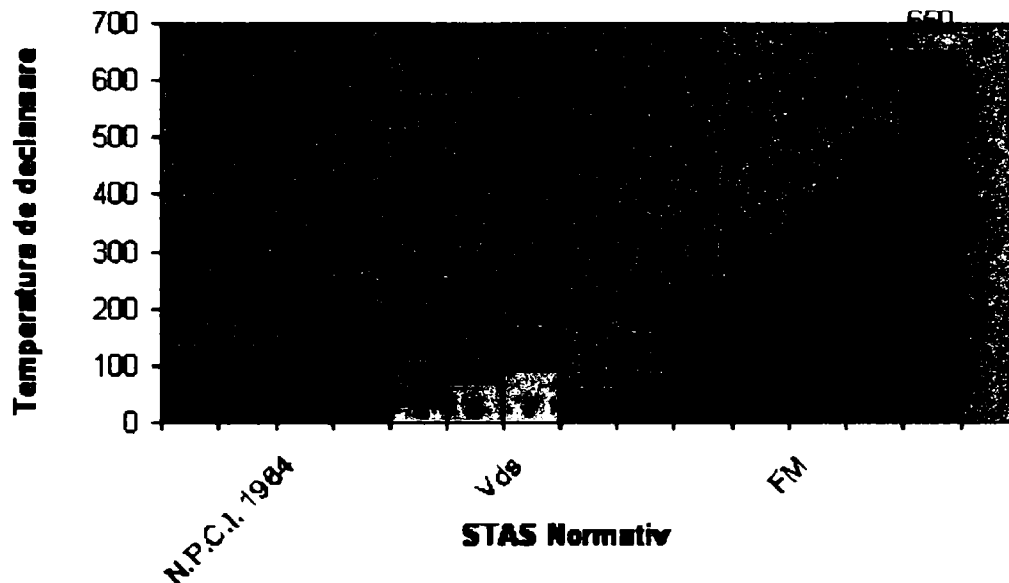


Figura 6.1 Analiza comparativă a ariei de declanșare



- $T_d$  - temperatura de declanșare [ $^{\circ}\text{C}$ ]



1	■	Temperatura in incapere <40 gr C
2	■	Temperatura in incapere 40-60 gr C
3	■	Temperatura in incapere 60-100 gr C
4	■	Temperatura in incapere 100-150 gr C
5	■	Temperatura mediului inconjurator
6	■	Condiții normale, zone cu clima moderata
7	■	Zone cu tavan fals sau pardoseli flotante fara aerisire
8	■	Temperatura maxima in incapere 38 gr C
9	■	Temperatura maxima in incapere 66 gr C
10	■	Temperatura maxima in incapere 107 gr C
11	■	Temperatura maxima in incapere 149 gr C
12	■	Temperatura maxima in incapere 191 gr C
13	■	Temperatura maxima in incapere 246 gr C
14	■	Temperatura maxima in incapere 329 gr C

Figura 6.2 Analiza comparativă a temperaturii de declanșare

- în funcție de zona și suprafața de protejat sprinklerelor vor fi cu capul în sus sau în jos, K, racord 1/2", bulb sau fuzibil

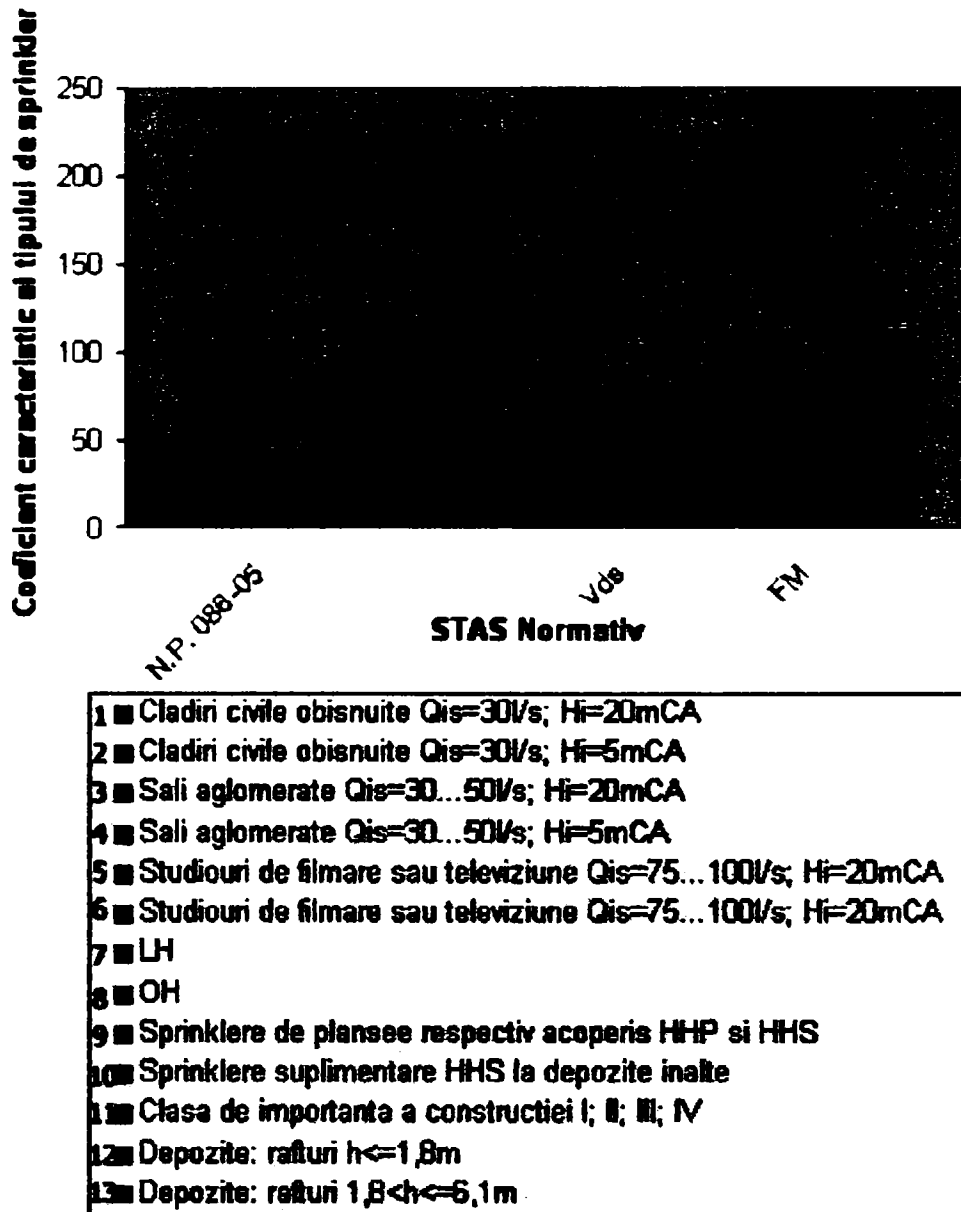


Figura 6.3 Analiza comparativă a coeficientului caracteristic al tipului de sprinkler

Considerând suprafața minimă de protecție a unui sprinkler de  $9m^2$  conform art. 11.51 (NPCI 1964) și presiunea disponibilă a apei în secțiunea orificiului sprinklerului în  $mH_2O$  (20) sau (3,5mCA) și având în vedere valorile prescrise în NP086-05 pentru debitul de calcul s-au dedus valorile „coeficientului caracteristic al tipului de sprinkler” ținând cont și de aria de declanșare prescrisă.

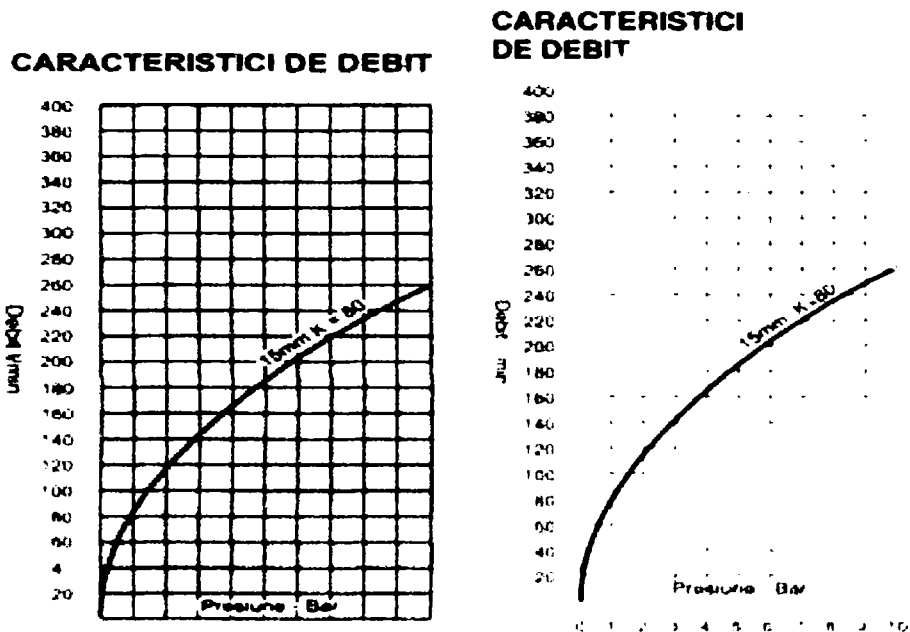


Figura 6.4

Ca și observație se constată că NP 086-05 nu are specificații cu privire la „coeficientul caracteristic al tipului de sprinkler” dar are specificații privind debitele de calcul ale instalației în lipsa unor valori determinate ale ariei de declanșare.

- $A_s$  - aria maximă de protecție a unui sprinkler [ $m^2$ ]
- T - durata de acțiune [min]

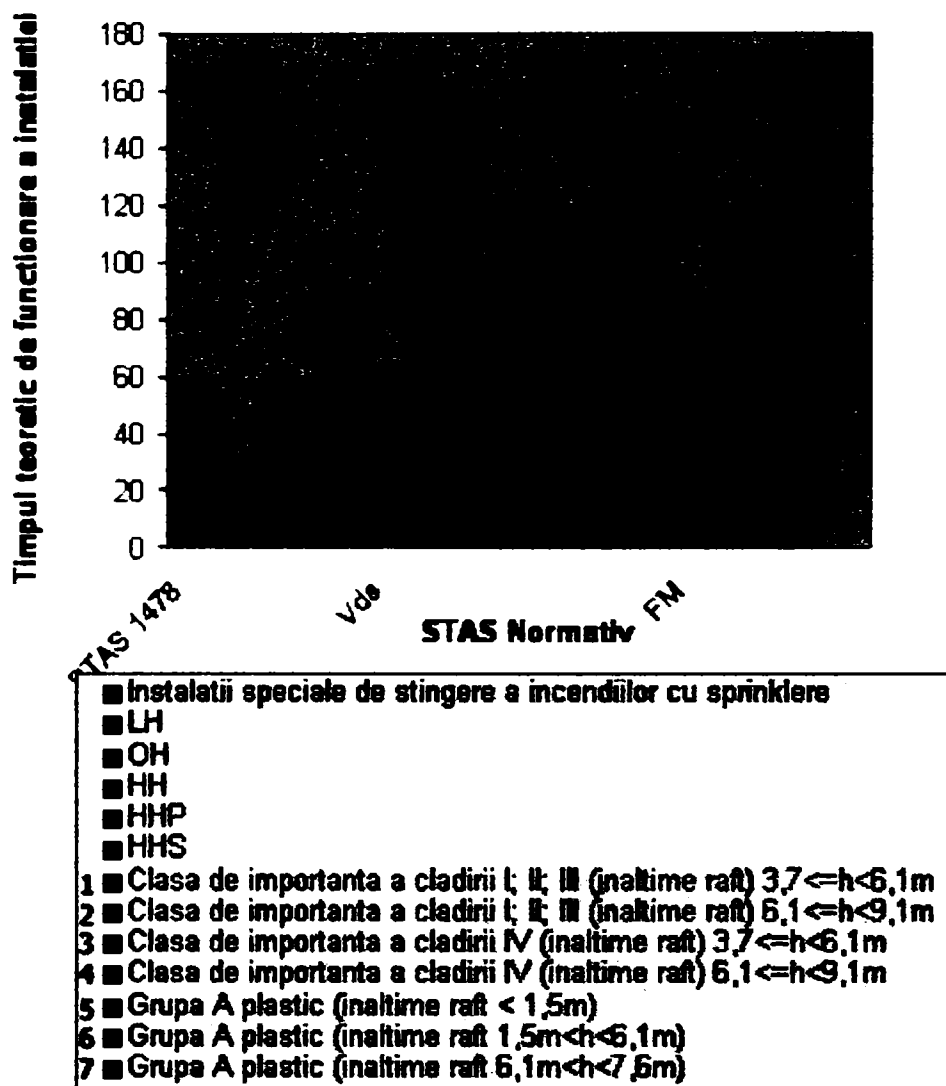


Figura 6.5 Analiza comparativă a timpului teoretic de funcționare a instalației

- sistemul de acțiune, apă - apă; apă - aer
- H - înălțimea de montaj [m]

**b) - din standarde, normative, literatura de specialitate, buletine de încercări, se stabilește pentru compartimentul de incendiu:**

$i_s$  - intensitatea de stingere [ $l/s m^2$ ] sau [ $mm/min$ ]

$A_d$  - aria de declanșare [ $m^2$ ]

Din cele două diagrame de stropire prezentate mai sus se observă că de principiu producătorii de capete de sprinklere prezintă comportamentul lor numai pe o înălțime de max. 3 m, nescotând în evidență cum are loc procesul pe înălțimi mai mari lăsând astfel proiectantul descoperit în aprecierea fenomenului stropirii.

**c) - se alege, ținând cont de punctul b) tipul de sprinklere și caracteristicile corespunzătoare:**

$d$  - diametrul orificiului [ $mm$ ];

$P_i$  - presiunea disponibilă în secțiunea sprinklerului [ $KPa$ ];

$k_i$  - coeficientul de debitare al apei pentru tipul de sprinklere ales.

Se face precizarea ca elementele prezentate in STAS 1478-90 din tabelul următor, deși ele nu au fost înlocuite nu mai sunt de actualitate deoarece ele nu se mai fabrică (tabelul 5.5.4), punând astfel proiectanții într-o postură delicată în a prelua informații din norme de tipul VdS, FM (tabelele 6.7 și 6.8).

**Caracteristicile hidraulice ale sprinklerelor (STAS-1478-90)<sup>(77)</sup>**

**Tabelul 6.6**

Nr. Crt	Tipul dispozitivului	Diametrul orificiului mm	Hi mH2O									
			5	10	15	20	40	50	60	70	90	
			<i>a</i>									
1	Sprinkler INOX	10,5	0,340	0,358	0,359	0,366						
		12,0	$a^* = 0,355 \quad H_i \geq 10$									
		12,5	0,443	0,489	0,514	0,507						
		14,0	0,582	0,629	0,641	0,652						
2	Sprinkler STANDAR D	12,7	$a^* = 0,460 \quad H_i \geq 5$									
3	Drencer ARMATURA Cluj	8,0	$a^* = 0,210 \quad H_i \geq 4,5$									
		10,0	$a^* = 0,280 \quad H_i \geq 4,5$									
		10,5	0,340	0,358	0,359	0,366						
		12,0	$a^* = 0,355 \quad H_i \geq 4,5$									
		12,5	0,443	0,489	0,514	0,507						
		14,0	0,582	0,629	0,641	0,652						
	Drencer de perdea	12,5	0,488	0,431	0,430	0,436						

**Presiunea minimă aleasă în capul de sprinkler ( $Vds$ )<sub>(86),(88)</sub>****Tabel 6.7**

Pericol de incendiu	Factorul K minim admis	Presiunea minimă în bar
LH	57	0,7
OH	80	0,35
Protecție acoperiș sau planșeu HHP/ HHS	80	0,5
Protecție acoperiș sau planșeu HHP/ HHS	115	0,5
Protecție acoperiș sau planșeu HHP/ HHS	160	0,5
Sprinkler de raft	80	2 (1)
Sprinkler de raft	115	1 (1)

**Tipurile de sprinklere și factorii k pentru diferitele clase de pericol de incendiu ( $Vds$ )<sub>(86),(88)</sub>****Tabel 6.8**

Clasa de pericol de incendiu	Intensitatea de stingere, mm/ min	Tipul sprinklerului	Factorul de debit k al sprinklerului
LH	2,25	Sprinkler normal, sprinkler ecran, sprinklere coliniare de tavan, sprinklere ecran plat, sprinklere în plafon, acoperite și sprinklere pentru pereți laterali	57
OH	5,0	Sprinkler normal, sprinkler ecran, sprinklere coliniare de tavan, sprinklere ecran plat, sprinklere în plafon, acoperite și sprinklere pentru pereți laterali	80
Sprinklere de tavan resp. acoperiș HHP și HHS	≤ 10	Sprinkler normal, sprinkler ecran	80 sau 115
	> 10 ≤ 12,5	Sprinkler normal, sprinkler ecran	115
	> 12,5	Sprinkler normal, sprinkler ecran (1)	115 sau 180
Sprinklere suplimentare HHS la depozite înalte	-	Sprinkler normal, sprinkler ecran și sprinkler ecran plat	80 sau 115

**d) – ținând cont de înălțimea de montaj și presiunea disponibilă  $P_v$ , din nomogramele de stropire a capetelor de sprinklere rezultă:**

- R – raza de acțiune [m]
- dacă suprafața stropită este un cerc sau o coroană de cerc

**e) – se calculează aria stropită –  $A_s$ , de un sprinkler:**

$A_s = \pi R^2$  (m<sup>2</sup>) sau  $A_s = \pi (R^2 - r^2)$  unde r este raza cercului „nestropit” sau

$$A_s = R^2 \text{ când aria stropită este un pătrat} \quad (6.5)$$

**f) – se calculează debitul specific al sprinklerului**

$$q_{is} = k_i \sqrt{P} \quad (l/s) \quad (6.6)$$

**g) – se determină intensitatea de stropire:**

$$i_{sp} = \frac{q_{is}}{A_s} \quad [l/s \cdot m^2] \text{ sau } [mm/min] \quad (6.7)$$

**h) – se compară valoarea găsită la punctul g) pentru intensitatea de stropire  $i_{sp}$  cu valoarea intensității de stingere  $i_s$  găsită la punctul b) și rezultă următoarele situații:**

- **dacă  $i_{sp} \geq i_s$  rezultă că atât tipul de sprinklere alese cât și raza lor de acțiune au fost bine alese și se continuă calculul.**

- **dacă  $i_{sp} < i_s$  pot să existe următoarele variante:**

- 1) – dacă se folosesc același tip de sprinklere, acestea se vor apropia ca și distanță, refăcând calculele de la punctele e), f), g) până când  $i_{sp} \geq i_s$ .
- 2) – se schimbă tipul de sprinkler în sensul că diametrul orificiului – d se va lua mai mare și/sau presiunea disponibilă în secțiunea sprinklerului se va mări (valorile sunt cuprinse între  $(0,5 \div 2)$  bar și se va calcula din nou  $i_{sp}$  până când aceasta va deveni mai mare decât  $i_s$ ;
- 3) – dacă suprafețele de protejat, elementele de construcții, materialele depozitate, nu se află în același plan, instalația de sprinklere de tavan poate fi suplimentată cu sprinklere, care creează perdele de apă sau cu instalații de stingere cu sprinklere de raft (în condiția în care rafturile sunt fixe și au o înălțime  $> 6$  m;
- 4) – dacă prin punctele 1), 2), 3) nu se rezolvă atingerea intensității de stingere specifice, materialelor depozitate și a densității de sarcină termică existentă, sau dacă rezultă o îndesire foarte mare a capetelor de sprinklere la care, existând pericolul stropirii reciproce ce ar avea ca efect întârzierea declanșării lor, se vor alege capete de sprinklere cu declanșare și stingere rapidă, această situație conducând la debite mari de apă, dimensiuni mari la diametrele conductelor de distribuție și înălțimi de pompare mai mari.

**i) – din cele de mai sus pot să rezulte 4 tipuri de instalații și abordări:**

- 1) instalație de stins incendiu cu sprinklere de tavan cu declanșare normală;
- 2) instalație de stins incendiu cu sprinklere îndesite, de tavan cu declanșare normală;

- 3) instalație de stins incendiu cu sprinklere de tavan cu declanșare normală, însoțită de instalație de stins incendiu cu sprinklere de raft cu declanșare normală;
- 4) Instalație de stins incendiu cu sprinklere de tavan, cu declanșare și stingere rapidă.
- j) - determinarea numărului de sprinklere care funcționează simultan este dat de relația:**

$$n = \frac{Ad}{As} \cdot \frac{i_s}{i_{SP}} \quad [\text{buc}] \quad (6.8)$$

Însă, la determinarea numărului de sprinklere trebuie să se țină seama și de configurația așezării lor unele față de altele. Și această așezare depinde de dimensiunile - lungimea L și lățimea l, suprafeței protejate, de obstacole, de tipul, gabaritul și protecția echipamentelor aferente procesului tehnologic ce se desfășoară în spațiul respectiv, împărțirea lor pe subramuri astfel încât să nu rezulte un număr mai mare de 6 capete de sprinklere pe o subramură sau mai multe ramuri etc.

#### 6.3.4. Stabilirea tipului și configurația instalației

Pornind de la cele de mai sus există mai multe moduri de amplasare a capetelor de sprinklere, unele față de altele, astfel încât ne propunem să se obțină un optim de stingere în aria protejată, pornind de la: [50]

**a)** sprinklere așezate paralel unde aria protejată este stropită de un sprinkler. Această situație este întâlnită atunci când aria protejată stropită de un sprinkler este un cerc și  $i_{sp} \geq i_s$ ;

**b)** sprinklere așezate paralel, unde aria protejată este stropită de două sprinklere. Această situație este întâlnită atunci când aria stropită de un sprinkler este o coroană de cerc sau când  $i_{sp} < i_s$  și capetele s-au îndesit;

**c)** sprinklere așezate decalat în mod regulat (romb sau paralelogram) sau neregulat (cazuri de excepție), unde aria protejată este stropită de un sprinkler. Această situație este întâlnită atunci când în spațiul respectiv tavanul se află în planuri diferite, înălțimi diferite în forme regulate și  $i_{sp} \geq i_s$ ;

**d)** sprinklere așezate decalat în mod regulat (romb) sau neregulat, unde aria protejată este stropită de două sprinklere; această situație este aleasă atunci când în spațiul respectiv tavanul se află în planuri diferite (înălțimi diferite) în forme neregulate,  $i_{sp} < i_s$  și capetele s-au îndesit;

**e)** sprinklere așezate în oricare din formele de mai sus, cu acțiune dublă, protejând două suprafețe în același spațiu. Această situație este întâlnită atunci când sub tavanul rezistent la foc, la o distanță apreciabilă (1 ÷ 3) m se construiește un alt tavan (fals) din materiale combustibile din condiții de estetică sau mascare a altor tipuri de instalații. Un număr de sprinklere este montat cu capul în sus (deflector în sus) - protejând tavanul incombustibil și instalațiile din interspațiul dintre tavane, iar un alt număr sunt amplasate la nivelul tavanului fals cu capul în jos (deflectorul în jos) pentru a proteja suprafața spațiului respectiv cu tot ce se află în ea;

**f)** sprinklere așezate în oricare din formele de mai sus dar a căror acțiune se extinde de la aria protejată și asupra altor elemente sensibile ale construcției care nu satisfac din punct de vedere al rezistenței la foc. Este cazul stâlpilor, grinzilor, pereților de metal la care nu se poate mări rezistența la foc prin alte forme



cunoscute: protecția cu vopsea sau alte elemente de mascare incombustibile și care neprotejate ar afecta portanța clădirii; sau a golurilor prin planșee pentru scări rulante, lifturi, goluri tehnologice mari unde trebuie să se creeze perdele de apă pentru ca focul să nu ajungă de la un nivel la altul.

Fiecărui din modurile de amplasare de mai sus a capetelor de sprinklere îi poate fi atribuit unul din următoarele sisteme de distribuție a apei:

**a) sistem de distribuție ramificat** – care se compune dintr-o ramură principală pe o direcție, mai multe ramuri secundare (subramuri) pe direcția perpendiculară și conductele de aerisire a sistemului;

**b) sistemul de distribuție inelar** – care se compune dintr-un inel principal format din conductele de dimensiune mare și din inele secundare formate din conducte (bretele) de dimensiuni mai mici;

**c) sistem de distribuție mixt** – rezultă prin compunerea celor două sisteme de mai sus.

**Sistemul de distribuție ramificat** - se adoptă atunci când una din dimensiunile suprafeței de protejat se divide la mărimea razei R astfel încât să rezulte 12 sprinklere (câte 6 sprinklere pe fiecare subramură) sau un multiplu de 12. Pentru aceasta suprafața de protejat trebuie să fie cât mai regulată astfel încât să se poată gândi sistemul cât mai echilibrat hidraulic. Prin art. 7.7 din NP 086-2005 –în situația distribuției ramificate se recomandă un număr de maxim 6 sprinklere pe fiecare subramură, iar în cazul distribuției inelare nu se face o precizare concisă.

Normativele românești folosesc pentru calculul hidraulic metoda rezistențelor unitare (art. 7.48.), viteze maxime de 5 m/s (art. 7.49.) și debite repartizate astfel încât diferența între sprinklerul aflat la intrarea apei și cel mai îndepărtat de punctul de intrare a apei să nu depășească 15% (art. 7.49.) și determinarea pierderilor de sarcină utilizând coeficientul de rezistență  $\lambda$  calculat cu relația Colebrook-White, situație ce determină un număr de 6 sprinklere pe o subramură ramificată și de maxim 12 sprinklere pe o bretea ce unește 2 ramuri principale respectându-se art. 7.56. din NP 086-2005 și echilibrarea cu diafragme dacă este cazul.

Normele Vds și FM, admit viteze de maxim 10m/s, și calculează coeficientul de rezistență  $\lambda$  cu relația Hazen-Williams relație mult mai permisivă în sensul echilibrării hidraulice neapărând situația echilibrării cu diafragme. Dar și în aceste norme exemplu FM (NFPA 13- art. 14.5.2.1.1.) nu se depășesc numărul de 8 sprinklere pe o subramură decât în anumite condiții.

Sistemul este adoptat și în funcție de posibilitatea elementelor portante ale construcției de a putea prelua încărcarea sistemului.

Subramurile pe direcția lor trebuie să aibă câmpul de influență liber de alte tipuri de instalații (în special ieșirea pe acoperiș sau trecerea de la un nivel la altul a tubulaturii de ventilații) sau alte elemente de construcții pe care le poate bloca (trapele de fum).

Fixarea, prinderea instalației de elementele de construcții reprezintă un alt element important care favorizează un sistem sau altul.

**Sistemul de distribuție inelar** – se adoptă atunci când laturile suprafeței protejate sunt de dimensiuni foarte mari și aproape egale, iar portanța elementelor de construcție pot accepta numai încărcări uniforme. De asemenea sistemul este adoptat când numărul sprinklerelor pe o subramură este mai mare de 6 capete, și apare necesitatea de repartiție a debitelor și siguranța ajungerii acestor debite la fiecare sprinkler.

Deși diametrele se micșorează, sistemul are inconvenientul că în unele situații lungimea conductelor de distribuție crește de aproximativ 1,6 ori față de sistemul ramificat.

Un alt subiect care este determinant în adoptarea și calculul rețelelor inelare este găsirea punctului de convergență, unde curenții de apă care sunt de sensuri contrare în punctul de plecare (punctul de racord al inelului) se întâlnesc (punctul cel mai îndepărtat din sistem). Acest punct trebuie determinat punând condiția ca pierderile de sarcină pe traseele parcurse de curenții de apă să fie egale. În practica curentă s-a constatat că deși lungimile și diametrele de țevă sunt egale, între pierderile de sarcină pot să apară diferențe de până la 7,9 % (translatarea punctului de convergență) și asta din cauza rugozității diferite a țevilor, sudurilor de îmbinare, a ovalității în coturi, neomogenității variației pe traseu a înălțimii geodezice etc. Literatura de specialitate admite o diferență de până la 5%.

**Sistemul de distribuție mixt** – poate răspunde la multe din inconvenientele pe care le are fiecare din cele două prezentate mai sus. Tehnica de calcul, programele specializate în dimensionarea sistemelor de stins incendiu cu sprinklere găsesc mai nou optimul (atât cel funcțional cât și cel al costurilor) în acest sistem de distribuție mixt.

### 6.3.5. Calculul hidraulic al conductelor

După stabilirea numărului de sprinklere ce funcționează simultan, în aria de declanșare Ad, debitul de calcul pentru dimensionarea conductelor se determină cu relația:

$$Q_{is} = \sum_{i=1}^n n \cdot q_{is} \text{ [l/s]} \quad (6.9)$$

unde:

- $n$  este numărul de sprinklere prevăzute să funcționeze simultan;
- $q_{is}$  – debitul specific al fiecărui sprinkler determinat cu relația (2) (l/s),

alimentat de conducta calculată

Din relația (6.6) și (6.7) se observă că debitul de calcul  $Q_{is}$  depinde de presiunea disponibilă în orificiul fiecărui sprinkler. Această presiune disponibilă se alege în funcție de mai multe condiții, toate conducând la asigurarea intensității de stingere pe suprafața sau elementul de construcție protejat. Normele românești nu impun o presiune minimă disponibilă în orificiul fiecărui sprinkler, deși aceasta ar trebui așa cum o fac normele EU și USA, prezentate în tabelul 6.12.

După ce se determină debitul de calcul cu relația (6.9) acesta se compară cu limitele minimale ale acestuia din normative și standarde, indicate pentru tipuri de clădiri și funcțiuni.

Dacă debitul de calcul  $Q_{is}$  este mai mare decât cel limită în calculul determinat de NP086-2005 de dimensionare hidraulică se ia cel determinat. În schimb dacă acesta este mai mic pentru siguranță în calculul, pentru dimensionare se ia cel limită.

După stabilirea tipului și a configurației sistemului, a tipului de sistem și a debitului de calcul, dimensionarea hidraulică poate folosi una din următoarele metode:

- a) folosind rezistențe hidraulice unitare;
- b) folosind pierderea de sarcină liniară specifică medie;
- c) folosind debite egale pe fiecare sprinkler.

Prima metodă poate fi utilizată în cazul celor trei sisteme (ramificat, inelar, mixt) dacă distanțele dintre sprinklere, rezultate atât din calculul ariei protejate cât și din condițiile de amplasare (existența unor elemente de construcții, echipamente instalații, etc.) au rezultat egale. Se face precizarea ca actualul normativ românesc NP-086-2005 permite numai dimensionarea hidraulică folosind rezistențele hidraulice unitare.

Cea de-a doua metodă, se bazează pe faptul că tronsoanele de conducte ale instalației cu sprinklere vor avea diametre diferite și, în general, în mod descrescător de la ACS până la ultimul sprinkler. Această metodă, din cauza volumului mai mic de calcul este preferată de proiectanți, dar ea aduce dezavantaje atât firmei de execuție care nu poate prefabrica și modula instalația cât și firmei de rezistență care trebuie să folosească încărcări neuniforme.

Cea de-a treia metodă, deși, ca și în cazul primei metode necesită un volum foarte mare de calcul, în special de echilibrare hidraulică cu ajutorul diafragmelor, ea aduce avantaje execuției.

De cele mai multe ori, - în execuție - sunt folosite maxim 5 diametre de conducte, repartizate uniform pe subramuri ceea ce înseamnă un grad mare de prefabricare. De asemenea această metodă conduce la reducerea consumului de metal cu un procent cuprins între (18 ÷ 34%) față de metoda a doua, dar crește înălțimea de pompare cu un procent cuprins între (8 ÷ 24)%. Deși în execuție productivitatea este mare prin realizarea prefabricată a tronsoanelor și montarea lor ulterioară, trebuie mare atenție la realizarea și montajul diafragmelor de echilibru. Dacă acestea se montează orizontal orificiul pentru preluarea sarcinii hidrodinamice va fi centric, iar dacă se montează vertical, acesta se va practica pe cât posibil în semicercul de sus al diafragmei; și prima metodă conduce la prefabricarea sistemului de distribuție.

Este bine, ca beneficiarul să cunoască aceste aspecte și să ceară după caz proiectantului sau executantului în prealabil să facă un studiu de optimizare tehnico-economică din care să rezulte soluția cea mai eficientă.

Dimensionarea hidraulică se realizează:

- în literatura românească utilizând în calculul pierderilor de sarcină, coeficientul de rezistență  $\lambda$  este calculat cu relația Colebrook-White;
- în reglementările europene utilizând în calculul pierderilor de sarcină, coeficientul de rezistență  $\lambda$  este calculat cu relația Hazen-Williams.

Studiile de caz s-au realizat pe o clădire multifuncțională de tipul hypermarket-mall. Prin aceste studii s-a urmărit să se realizeze o dimensionare optimă prin fiecare din cele două metode și să se scoată în evidență care din aceste optime prezintă avantaje în plus în ceea ce privește:

- proiectarea;
- execuția;
- întreținerea și utilizarea;
- satisfacerea asiguratorului;
- satisfacerea beneficiarului prin costuri minime.

### **1. Metoda Colebrook – White** **Dimensionarea conductelor instalației cu sprinklere folosind rezistențele hidraulice unitare**<sub>[55],[56]</sub>

Calculul definitiv pentru determinarea pierderilor totale de sarcină (liniare și locale) pe fiecare tronson s-a efectuat cu ajutorul programului EXCEL iar rezultatele sunt cuprinse în tabelul 6.9.

S-a realizat o dimensionare optimală atât din punct de vedere hidraulic cât și din punct de vedere al posibilității de prefabricare a tronsoanelor de conducte, atât pentru distribuție cât și pe ramificații s-au utilizat valori ale vitezei până la 6,79 m/s. (normele românești recomandă  $v_{max} = 5$  m/s) Pentru echilibrarea din punct de vedere hidraulic pe traseele cu excident de presiune s-au utilizat diafragme

### **2. Metoda Hazen – Williams**

Calculul pentru determinarea pierderilor totale de sarcină (liniare și locale) pe fiecare tronson s-a efectuat cu ajutorul programului EXCEL iar rezultatele sunt cuprinse în tabelul 6.10.

Valoarea lungimii totale a tronsoanelor care intră în formula de determinare a pierderilor liniare și locale se compune din lungimea efectivă a tronsoanelor plus lungimea echivalentă aferentă elementelor care introduc pierderi locale (schimbări de direcție: coturi, curbe teuri, robinete de separare, clapete, reducții).

S-a realizat o dimensionare optimală atât din punct de vedere hidraulic cât și din punct de vedere al posibilității de prefabricare a tronsonului conductelor de distribuție și ramificații.<sub>[81]</sub>

Echilibrarea hidraulică s-a realizat prin modificarea diametrelor utilizându-se viteze cu valoarea de până la 9,47 m/s (normele EU și USA recomandă  $v_{max} = 10$  m/s). Comparativ cu metoda Colebrook – White au rezultat conducte cu diametre mai mici pe anumite tronsoane. Din punct de vedere al valorii de investiție la capitolul conducte este mai avantajoasă dimensionarea cu metoda Hazen – Williams.





Ramificatie din 4.23													
1	H <sub>air</sub> =	6,08	bar		H=	2	bar						
1,33	2,00	1,881			40	46703,08	0,031	8,61	29,28	22,40	22,40	0,05	2,00
4.23.1		1,88	3,40	0,000670125									2,05
2	1,33	2,05	1,905										
4.23.2		3,78	3,40	0,000670125	40	91982,83	0,030	33,76	114,79	44,07	27,22	49,82	0,19
3	1,33	2,19	1,970										2,19
4.23.3		5,76	3,40	0,000670125	40	139857,77	0,029	77,10	282,14	408,21	52,43	102,05	0,51
4	1,33	2,51	2,106										2,51
4.23.4		7,86	0,80	0,003797372	40	191039,70	0,028	142,94	85,76	491,97	117,40	219,45	0,71
5													2,71
4.23.5		15,72	2,75		80	190965,93	0,025	15,11	41,56	533,53	24,44	243,89	0,78
6													2,78
4.23.6		31,44	2,75		80	381971,86	0,024	59,47	183,54	697,07	97,78	341,67	1,04
7													3,04
4.23.7		31,44	2,75		80	381971,86	0,024	59,47	183,54	860,80	97,78	439,44	1,30
8													3,30
4.23.8		31,44	2,75		80	381971,86	0,024	59,47	183,54	1024,14	97,78	537,22	1,56
9													3,66
4.23.9		31,44	2,75		80	381971,86	0,024	59,47	183,54	1187,88	97,78	635,00	1,82
10													3,82
4.23.10		31,44	2,75		80	381971,86	0,024	59,47	183,54	1351,21	97,78	732,77	2,08
													2,00
													0,9
													4,08
													2,00
													4,6

Ramificatie din 4.24													
1	H <sub>air</sub> =	6,15	bar		H=	2	bar						
1,33	2,00	1,881			40	46703,08	0,031	8,61	29,28	22,40	22,40	0,05	2,00
4.24.1		1,88	3,40	0,000670125									2,05
2	1,33	2,05	1,905										
4.24.2		3,78	3,40	0,000670125	40	91982,83	0,030	33,76	114,79	44,07	27,22	49,82	0,19
3	1,33	2,19	1,970										2,19
4.24.3		5,76	3,40	0,000670125	40	139857,77	0,029	77,10	282,14	408,21	52,43	102,05	0,51
4	1,33	2,51	2,106										2,51
4.24.4		7,86	0,80	0,003797372	40	191039,70	0,028	142,94	85,76	491,97	117,40	219,45	0,71
5													2,71
4.24.5		15,72	2,75		80	190965,93	0,025	15,11	41,56	533,53	24,44	243,89	0,78
6													2,78
4.24.6		31,44	2,75		80	381971,86	0,024	59,47	183,54	697,07	97,78	341,67	1,04
7													3,04
4.24.7		31,44	2,75		80	381971,86	0,024	59,47	183,54	860,80	97,78	439,44	1,30
8													3,30
4.24.8		31,44	2,75		80	381971,86	0,024	59,47	183,54	1024,14	97,78	537,22	1,56
9													3,66
4.24.9		31,44	2,75		80	381971,86	0,024	59,47	183,54	1187,88	97,78	635,00	1,82
													2,00
													0,9
													4,08
													2,00
													4,6









Tabelul 6.10 Rezultatele metodei Hazen - Williams

ZONA SNIAPS AND MALL		H <sub>1,00</sub> =		bar																	
Ramura R4																					
1	1,33	2,00	1,881																		
4.1.				1,88	3,20	0,000712007	32	2,34	57128,85	0,032											
2	1,33	2,13	1,939																		
4.2.				3,82	3,20	0,000712007	32	4,75	116029,78	0,031											
3	1,33	2,43	2,071																		
4.3.				5,89	3,20	0,000712007	40	4,69	143156,97	0,029											
4	1,33	2,65	2,166																		
4.4.				8,06	3,20	0,000712007	40	6,41	195776,36	0,029											
5	1,33	3,05	2,324																		
4.5.				10,38	3,20	0,000712007	50	5,29	201796,77	0,028											
6	1,33	3,49	2,486																		
4.6.				12,87	0,87	0,002618877	50	6,55	250120,66	0,027											
7																					
4.7.				17,06	3,10		80	3,39	207265,90	0,025											
8																					
4.8.				34,12	3,10		80	6,79	414531,81	0,024											
9																					
4.9.				34,12	3,77		80	6,79	414531,81	0,024											
10																					
4.10.				34,12	2,43		80	6,79	414531,81	0,024											
11																					
4.11.				34,12	3,10		80	6,79	414531,81	0,024											
12																					
4.12.				34,12	3,10		80	6,79	414531,81	0,024											
13																					
4.13.				34,12	4,00		100	4,34	331625,44	0,023	1,000										
14																					
4.14.				34,12	0,70		100	4,34	331625,44	0,023											
15																					
4.15.				34,12	2,75		100	4,34	331625,44	0,023											
16																					
4.16.				34,12	2,75		100	4,34	331625,44	0,023											
17																					
4.17.				34,12	2,70		100	4,34	331625,44	0,023											
18																					
4.18.				34,12	2,40		100	4,34	331625,44	0,023											
19																					
4.19.				34,12	2,70		100	4,34	331625,44	0,023											
20																					

172 Dimensionarea și funcționarea instalațiilor de stingere a incendiilor - 6

4.20.				34,12	2,70				100	4,34	331625,44	0,023						2,700	56,530	3,823	2,00	5,82		
21																								
4.21.				34,12	2,70				100	4,34	331625,44	0,023						2,700	56,530	3,880	2,00	5,88		
22																								
4.22.				34,12	21,50				100	4,34	331625,44	0,023	1,000				3,000	24,500	512,959	4,393	2,00	6,39		
23																								
4.23.				34,12	21,50				100	4,34	331625,44	0,023						21,500	450,148	4,843	2,00	6,84		
24																								
4.24.				34,12	20,00				100	4,34	331625,44	0,023						20,000	418,742	5,262	2,00	7,26		
25																								
4.25.				34,12	21,50				100	4,34	331625,44	0,023						21,500	450,148	5,712	2,00	7,71		
26																								
4.26.				34,12	10,50				100	4,34	331625,44	0,023						10,500	219,840	5,932	2,00	7,93		
27																								
4.27.				34,12	0,78				100	4,34	331625,44	0,023						0,780	16,331	5,948	2,00	7,95		
4.28.				34,12	103,00				150	1,93	221083,63	0,021	3,000				22,000	125,000	363,297	6,311	2,00	0,9	9,21	
Ramificatie din 4.22																								
1																								
					$H_{y,1} =$																			
					6,39																			
					2,00	1,881																		
4.22.1				1,33	2,00	1,881																		
2				1,33	2,04	1,902																		
4.22.2				1,33	2,15	1,950																		
3				1,33	2,15	1,950																		
4.22.3				1,33	2,38	2,051																		
4				1,33	2,38	2,051																		
4.22.4																								
5																								
4.22.5																								
6																								
4.22.6																								
7																								
4.22.7																								
8																								
4.22.8																								
9																								
4.22.9																								
10																								
4.22.10																								











Nr. tr. sau sprinkler	K <sub>32</sub> /60	p <sub>32</sub> <sup>32</sup> bar	Q <sub>32</sub> l/s	Q <sub>32s</sub> l/s	l	A	d mm	v m/s	Re	l	coturi buc	curbe buc	teuri buc	robinete+ clapete		reductie buc	L <sub>total</sub> m	p bar*10 <sup>3</sup>	Sp bar	H <sub>3</sub> bar	p <sub>32</sub> bar	h <sub>3</sub> bar	d <sub>3</sub> mm
														buc	buc								
11																							
4.26.15.11			31,44	31,44	3,10		80	6,25	381971,86	0,024							3,100	165,389	2,070	2,00		4,07	
12																							
4.26.15.12			31,44	31,44	5,50		80	6,25	381971,86	0,024							5,500	293,432	2,363	2,00		4,36	
13																							
4.26.15.13			31,44	31,44	3,10		80	6,25	381971,86	0,024							3,100	165,389	2,529	2,00		4,53	
14																							
4.26.15.14			31,44	31,44	3,10		80	6,25	381971,86	0,024							3,100	165,389	2,694	2,00		4,69	
15																							
4.26.15.15			31,44	31,44	5,50		80	6,25	381971,86	0,024	1,000		1,000			6,600	645,550	3,340	2,00	0,5	5,84		

### 6.3.6. Determinarea numărului de ACS

Numărul de ACS este impus de:

- numărul de compartimente de incendiu din clădire
- împărțirea zonelor ce trebuiesc protejate
- numărul maxim de sprinklere admis
- tipul instalației
  - apă-apă
  - apă-aer
  - apă-glicol
- repartizarea densităților de sarcină termică și mărimea acestora
- poziția în ansamblul clădirii a zonelor cu risc scăzut, mediu și ridicat de incendiu (Normele Vds prezintă o anumită posibilitate de combinație a acestor zone la un ACS)
- echilibrarea hidraulică în distribuitorul ACS
- înălțimile de pompare și debitele de calcul
- corelarea cu alte tipuri de semnalizări

Normativul NP-086-2005 face precizarea ca fiecărui ACS i se pot alocă următoarele cantități de sprinklere:

- 800 bucăți pentru tipul instalației apă – apă; în cazul în care sprinklerele sunt montate în mai multe încăperi separate între ele prin pereți și uși incombustibile numărul sprinklerelor dintr-un sector poate ajunge la 1.200 buc.
- 600 bucăți pentru tipul de instalație apă-aer, caz în care volumul rețelei cu sprinklere al unui sector nu trebuie să fie mai mare de 2 m<sup>3</sup>, pentru instalațiile fără accelerator și de 3 m<sup>3</sup> pentru cele cu accelerator.

Întotdeauna o bună concepere și execuție a unei instalații de sprinklere are nevoie pe lângă o parte scrisă de o parte desenată.

### 6.3.7. Model matematic pentru alegerea traseului optim al conductelor principale de distribuție a sprinklerelor

#### 6.3.7.1. Tipuri de modele și limitele lor de utilizare

Cunoașterea științifică contemporană apelează din ce în ce mai mult în cercetare la înlocuirea sistemului original cu o imagine convențională numită model. Acest model, prin proprietățile sale, legăturile interne și externe, parametri structurali și funcționali, parametri de reglaj, trebuie să oglindească aceleași caracteristici ca cele ale sistemului original. Deoarece în practica curentă nu se poate găsi un model care să corespundă în totalitate cu originalul, acesta se alege în final în funcție de scopul urmărit. Datorită similitudinii între caracteristicile esențiale ale modelului și originalului, în scopul cercetării oricare din ele poate fi folosit ca model și original. În general se ajunge la modele atunci când originalul încă nu există sau are o asemenea întindere și complexitate care poate scăpa observației sau este prea costisitoare pentru cercetare.

Modelele pot fi:

1) În funcție de reflectarea imaginii originalului:

a) omomorfe – modele care reflectă la minim imaginea originalului fără a ieși în afara scopului modelării;

b) izomorfe – modele care reflectă în totalitate caracteristicile originalului și în special cele care sunt legate de scop. În modelarea izomorfă fiecare element

sau parametru din structura sau funcționalitatea originalului are corespondent direct în model și invers.

**2) În funcție de finalizare:**

a) materiale – modelele care se realizează concret, din diverse tipuri de materiale;

b) conceptuale – modelele organizate din informații, algoritmi, concepte. Cele mai întâlnite din această categorie sunt cele matematice sub formă analitică, grafică sau numerică.

În cazul configurării instalației de stins incendiu cu sprinklere, se pot identifica două tipuri de modele:

a) necesare a se realiza în faza de proiectare – sunt modele care au un caracter sintetic și normativ având ca și scop minimizarea cheltuielilor în una din cele patru etape:

- proiectare;
- execuție;
- exploatare și întreținere;
- ansamblul realizării și utilizării.

În etapa de proiectare scopul este să se aleagă un traseu optim, al ramurilor principale și a celor secundare, astfel încât să se poată realiza între anumite limite, o repartizare de debite de apă aproximative, la aceeași presiune de utilizare în capul sprinklerului.

În etapa de execuție scopul este să se minimizeze cheltuielile prin optimizarea diametrelor și lungimii tronsoanelor rețelei, a transportului de materiale și a montajului.

În etapa de exploatare se urmărește reducerea cheltuielilor de pompare și consum de energie, în condițiile satisfacerii cerinței normelor, normativelor și condițiilor asiguratorilor, precum și a condițiilor de asigurare a siguranței vieții sistemelor umane, animale și vegetale ce trebuie protejate.

b) modele destinate comandării și programării funcționării sistemelor de ansamblu de protecție la foc de tipul centrală PSI, abaterile de la regimurile de exploatare optime, evaluarea și luarea unor decizii, prin compararea diferiților parametri în vederea optimizării/perfecționării.

### **6.3.7.2. Model matematic pentru alegerea traseului optim în funcție de consumul de material**

În etapa de proiectare a sistemelor de distribuție a apei, plecând de la ACS și terminând cu cel mai îndepărtat sprinkler, alegerea traseului optim și configurațiile sale se consideră în următoarele condiții:

a) rețeaua trebuie să asigure distribuția apei la toate capetele de sprinklere din aria de declanșare și din compartimentul de incendiu;

b) costurile de execuție să fie minime;

c) rețeaua să funcționeze în mod continuu, în condiții normale de siguranță, acoperind toate necesitățile la parametri prescriși.

În practica proiectării, alegerea traseului rețelelor se realizează în condițiile de mai sus pe baza experienței proiectantului și ținându-se cont de realitățile pe care le oferă elementele constructive ale clădirii, cantității de materiale combustibile amplasate în suprafața utilă, a corelării cu celelalte tipuri de instalații etc. O distribuție sigură a debitului la toate sprinklerele se realizează în principal printr-o configurație inelară, după care se compară câteva variante posibile.

În prezent, tehnica de calcul, vine cu elemente noi și anume introducerea de modele matematice, identificarea de variante posibile și viteza de a alege traseul optim cu parametri optimi. Aceste probleme pe care le ridică configurația ramurilor principale și secundare de distribuție a apei, pot fi organizate în trei tipuri:

**d)** probleme legate de evaluarea costurilor ce rezultă din neacoperirea cu intensitatea de stropire necesară, a tuturor elementelor ce trebuiesc protejate;

**e)** probleme legate de verificarea periodică a funcționării instalației de stins incendiu;

**f)** probleme legate de variabilitatea cantităților de materiale din ariile de declanșare, și implicit a densităților de sarcină termică.

Indiferent de condițiile impuse (a, b, c) și problemele ce pot să apară (d, e, f), optimizarea matematică trebuie să plece de la găsirea unei funcții (model) matematice care să descrie procesul.

Un exemplu de determinare a funcției este acela de minimizare a cheltuielilor de investiție, exploatare și întreținere.

Fie funcția generală Z care reprezintă aceste cheltuieli:

$$Z = e \cdot i + k \quad (6.10)$$

unde:

- e este coeficient de eficiență al investiției;

- i - valoarea investiției inclusiv a obiectelor asociate;

- k - cheltuieli aferente exploatării și întreținerii instalației de sprinklere.

Într-o primă fază trebuie să se determine forma relației care poate exprima investiția. În acest sens se va apela la următoarele funcții ajutătoare:

1) Se consideră  $i_C(d_i)$  - funcția care descrie costurile specifice fiecărei ramuri principale având diametru -  $d_i$  - de forma :

$$i_C(d_i) = a + b \cdot d_i^m, \quad d_i > 0 \quad (6.11)$$

$$i_C(d_i) = 0, \quad d_i = 0 \quad (6.12)$$

unde:

- a este coeficient care caracterizează valoarea investițiilor ce nu depind direct de diametrul conductelor  $d_i$ ;

- b - coeficient care arată valoarea investițiilor care depind direct de diametrul  $d_i$  al conductelor;

- m - coeficient care ține seama de tipul de material din care este conducta  $d_i$  și grosimea peretelui g, (pentru conducte de oțel  $m = 1 \div 1,7$ ).

2) Se consideră  $I(l_i, d_i)$  - funcția care descrie valoarea investiției pentru realizarea unei configurații de conducte ce pleacă de la un ACS și ajunge la cel mai îndepărtat sprinkler având lungimea  $l = \sum l_i$  și n diametre  $d_i$ , de forma:

$$I(l_i, d_i) = \sum_{i=1}^n i_C(d_i) \cdot l_i \quad (6.13)$$

Introducând relația (5.5.8), relația (5.5.9) devine:

$$I(l_i, d_i) = \sum_{i=1}^n i_C(a + b d_i^m) l_i \quad (6.14)$$

Între diametrele  $d_i$ , debitele  $Q_i$  și căderile de presiune  $\Delta P_i$  pe ramurile principale care pleacă de la ACS și se termină la cel mai îndepărtat sprinkler, există o relație de forma:

$$d_j = \frac{c \cdot Q_i^{a\beta} \cdot l_i^a}{\Delta P_i^a} \quad (6.15)$$

în care:

- $c$  este coeficient constant pentru același tip de fluid și rugozitate a țevilor;
- $a, \beta$  - coeficienți care reflectă regimul de curgere.

Care introdusă în relația (6.14) conduce la:

$$I(l_i, \frac{c \cdot Q_i^{a\beta} \cdot l_i^a}{\Delta P_i^a}) = \sum_{i=1}^n (a \cdot l_i + b \cdot c \cdot Q_i^{a\beta} \cdot l_i^{1+a} \cdot \Delta P_i^{-a}) \quad (6.16)$$

Minimul investiției  $I_{\min}$  în execuția configurației instalației aferente unui ACS și care în general este bine să fie de tipul inelar, se va determina prin găsirea minimului funcției (6.16) având în vedere următoarele condiții:

- suma debitelor în fiecare nod  $j$  să fie nulă:  
(suma debitelor care intră = suma debitelor care ies)

$$\sum_{nodj} Q_j = 0 \quad (6.17)$$

- suma algebrică a căderilor de presiune pe inelele rețelei să fie nulă:

$$\sum_{inel} \Delta P_i = 0 \quad (6.18)$$

- instalația să asigure debite egale și constante în fiecare sprinkler. Se admite că între sprinklerul cel mai apropiat de punctul de intrare și cel mai îndepărtat să fie o variație de debit mai mică de 15%;

#### Determinarea coeficienților $a$ și $b$

Din experiența acumulată, configurația inelară a unei clădiri multifuncționale de tipul mall și hypermarket cuprinde un număr de 7 diametre utilizate pentru realizarea ramurilor principale și secundare.

În tabelul 6.11 sunt date valorile preturilor (an de referință 2007) la 1 ml de conductă cu diametrul de la 1/2 ÷ 200 mm .

**Prețuri pe tipodimensiuni de țevă an 2007**

**Tabelul 6.11**

Dn (mm) (tol)	1/2	1	11/4	11/2	50	65	80	100	125	150	200
$i_s$ EU/ml	0,84	1,7	2,2	2,5	3,5	4,42	5,84	8,32	14,51	18	24,22

Pentru determinarea coeficienților  $a$  și  $b$  este necesar să se regăsească o funcție care să descrie relația care există între costurile pe metru liniar și plaja de diametre. În acest sens se are în vedere graficul din figura 6.6.

## Dependența între costul unitar și diametrul de țevă

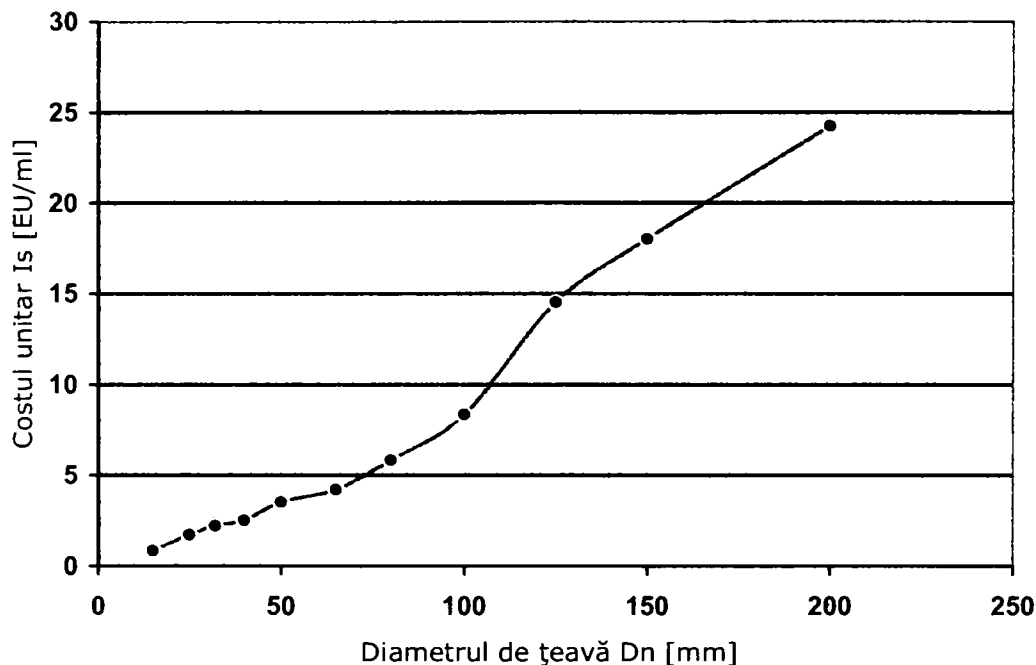


Figura 6.6 Dependența între costul unitar și diametrul de țevă

Dacă corespondența dintre cele două mărimi se pune într-un grafic și considerând că pe ordonată se pun costurile

$$i'_c(d_i) = b \cdot d_i^2 \quad (6.19)$$

unde:

$$b = (0 \div 1), \text{ în cazul de față } b = 0,06 \div 0,37$$

Valoarea lui  $a$  se determină pentru fiecare caz particular. În calcule valoarea diametrelor se consideră în centimetri iar lungimile în metri. Analizând mai multe cazuri s-a constatat că  $a$  este dat de relația:

$$a = (0,05 \div 0,4) \cdot i'_s(d_i) = (0,05 \div 0,4) \cdot b \cdot d_i^2 \quad (6.20)$$

În cea mai mare parte dintre cazuri:

$$a = 0,4 \cdot b \cdot d_i^2 \quad (6.21)$$

Înlocuind valorile astfel obținute ale lui  $a$  și  $b$  în relația (6.14) aceasta devine:

$$I(l_i, d_i) = \sum_{i=1}^n i_s (a + b d_i^m) l_i = \sum_{i=1}^n (0,4 \cdot 0,37 \cdot d_i^2 + 0,37 \cdot d_i^2) \cdot l_i = \sum_{i=1}^n 0,518 \cdot d_i^2 l_i \quad (6.22)$$

Cu ajutorul relației (6.22) s-a realizat un studiu de caz, pe un centru comercial tip hypermarket, pentru a determina diferența de costuri, pe configurația unei instalații aferente unui singur ACS, configurație ce a fost dimensionată prin cele două metode:

- din literatura românească utilizând în calculul pierderilor de sarcină, coeficientul de rezistență  $\lambda$  calculat cu relația Colebrook-White;
  - din reglementările europene utilizând în calculul pierderilor de sarcină, coeficientul de rezistență  $\lambda$  calculat cu relația Hazen-Williams.
- Rezultatele sunt prezentate în tabelul de mai jos.

**Comparație metoda Colebrook - White vs. metoda Hazen - Williams**

**Tabelul 6.12**

Dn(mm)		15	25	32	40	50	65	80	100	150
		Metoda de calcul								
Metoda Colebrook White	cant. (ml)	18	44	8,2	71,8	4,07	-	121	99,65	198,78
	I (EUR)	20,98	142,45	43,49	595	52,7	-	4011,3	5161,8	23167,8
	$\Sigma I$ (EUR)	20,98	163,43	206,92	801,92	854,62	-	4865,92	10027,72	33195,52
Metoda Hazen-Williams	cant. (ml)	18	44	11,6	69,2	4,07	96,5	82,25	137,93	103
	I (EUR)	20,98	142,45	61,53	573,52	52,7	2111,9	2726,7	7144,7	12004,6
	$\Sigma I$ (EUR)	20,98	163,43	224,96	798,48	851,18	2963,08	5689,78	18834,48	24839,08

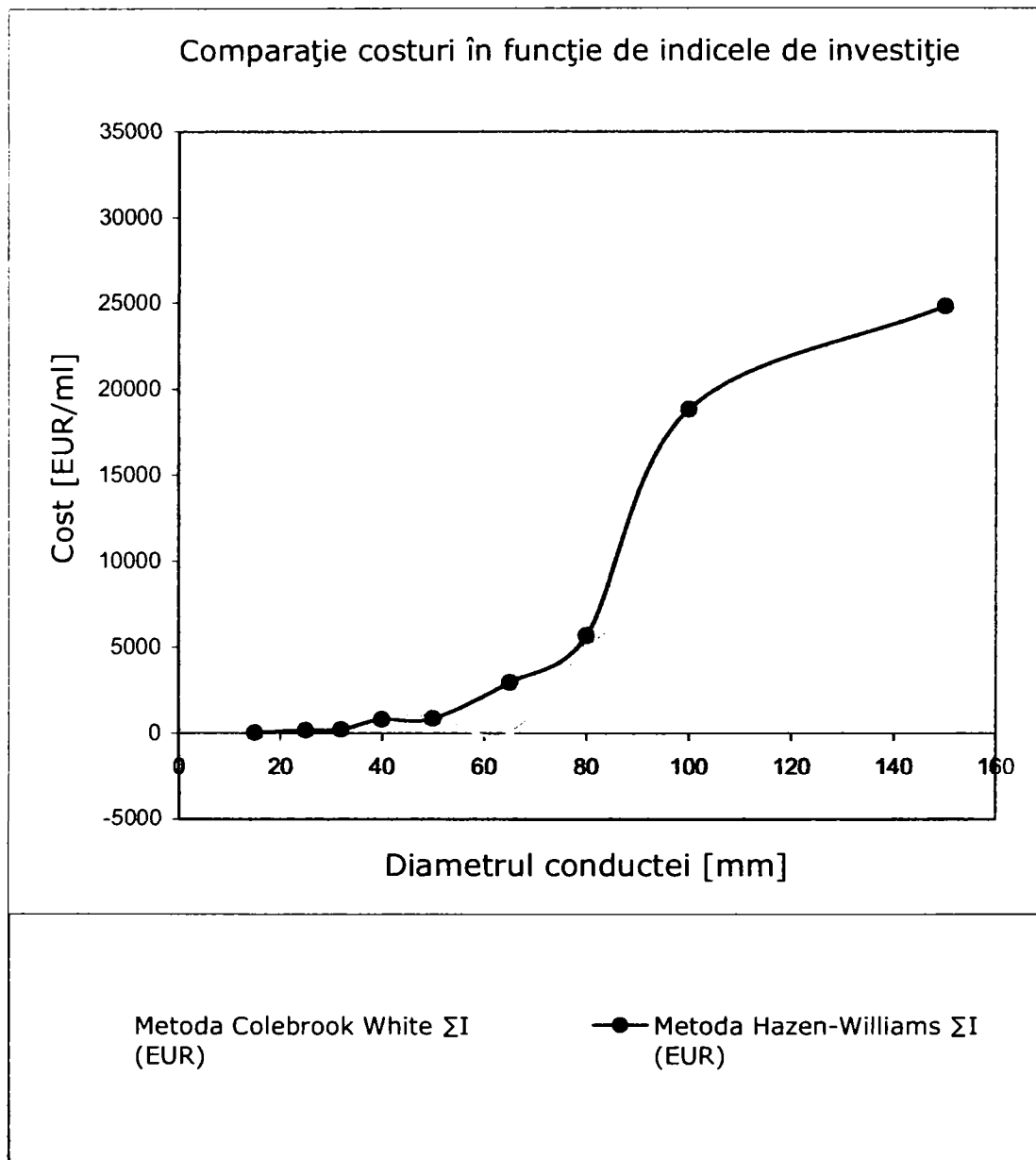


Figura 6.7 Comparație metoda Colebrook - White vs. metoda Hazen - Williams

Se observă că la anumite tipodimensiuni de conductă – până la dimensiunile Dn 80, pentru ambele trasee de conducte, valorile investiției sunt apropiate, între Dn80-Dn125 costurile sunt mai mari în cazul dimensionării prin metoda Hazen - Williams, dar în final pe ansamblul instalație costurile devin mai mari în cazul dimensionării prin metoda Colebrook - White. Rezultă că una din metodele de dimensionare și anume metoda Hazen - Williams, prezintă avantaje nu numai tehnice privind echilibrarea hidraulică dar și avantaje economice.



### 6.3.7.3. Probleme și nivele de abordări legate de instalațiile de sprinklere

De la momentul apariției necesității realizării unor instalații automate cu sprinklere pentru combaterea incendiilor până în momentul depășirii duratei de viață normale a acestora, practica a scos în evidență diverse probleme la mai multe niveluri de implicare. În studiul de caz sunt analizate probleme ce apar la nivelul: beneficiarului investiției, proiectantului de specialitate, antreprenorului de specialitate, asiguratorului și autorităților de control (pompieri).{50}

#### 1. La nivelul beneficiarului

##### a. Probleme financiare

Atunci când apare oportunitatea investiției, beneficiarul este consiliat de diverși specialiști cum ar fi economistul, tehnicianul, administratorul, trebuind să optimizeze punctele de vedere ale acestora. În general, în etapa actuală, la noi în țară elementul de care investitorul ține cont este cel financiar. În principal acesta poate apela la trei surse principale de finanțare și anume:

- 1) – autofinanțare, dacă până la momentul respectiv a avut rezultate financiare pozitive obținute din exercițiile anterioare;
- 2) – din capitaluri proprii, dacă își crește capitalul propriu în numerar sau prin aport;
- 3) – din credite pe termen lung, mediu sau scurt dacă are garanții și poate apela la o asemenea sursă.

Analizând aceste trei surse, majoritatea beneficiarilor constată că acestea sunt limitate și încearcă să elimine anumite elemente din viitoarea investiție, păstrând numai pe cele direct productive sau cele fără de care procesul de producție nu poate funcționa (firma nu poate funcționa). Unul din elementele la care de obicei, investitorii de astăzi încearcă să renunțe deși acesta se impune, îl reprezintă instalația automată de stingere cu sprinklere (când este cazul).

Dacă se face referire la clădirile multifuncționale încadrate în risc foarte mare și risc mare de incendiu, unde echiparea cu astfel de instalații se impune numai dacă aria desfășurată depășește 2000 m<sup>2</sup> și densitatea sarcinii termice este mai mare de 420MJ/m<sup>2</sup>, la beneficiari s-au constatat următoarele:

- o tendință de a mări numărul compartimentelor de incendiu astfel încât aria unui compartiment să nu depășească 2000 m<sup>2</sup>, creând în plus ziduri antifoc a căror costuri de realizare sunt mult mai mici decât instalația automată cu sprinklere;
- o tendință de a declara o cantitate mai mică de materiale combustibile existente în compartimentul respectiv astfel încât să rezulte o densitate de sarcină termică sub 420 MJ/m<sup>2</sup>;
- încercarea de a influența proiectantul sau specialistul ce realizează scenariul de siguranță la foc de a elabora documentația astfel încât să nu rezulte ca fiind necesare aceste instalații.

În țările occidentale există o instituție care prin implicarea ei poate contribui semnificativ în sensul realizării unor astfel de instalații, mai „puternică” decât normativele tehnice și anume asiguratorul.

La noi în țară există cazuri, doar la investitorii străini, unde, deși nu se impuneau sprinklere din punct de vedere al normativului tehnic, s-au realizat totuși

aceste instalații. Acest fapt derivă atât din cererea expresă a asiguratorului cât și din confortul dat de creșterea siguranței la combaterea incendiilor.

b. Probleme privind verificarea pe parcursul execuției lucrărilor cât și recepția instalațiilor automate cu sprinklere

Deși prin acte legislative și normative, precum și prin prevederile proiectului se impun modalitățile de realizare a acestor instalații cât și standardele de calitate ce trebuie respectate, beneficiarul nu poate controla în totalitate execuția și recepția lucrărilor. În aceste condiții, uzual, el apelează la un specialist atestat (diriginte de șantier) care are specialitatea construcții și care îi rezolvă cu precădere problemele de construcții și mai puțin cele de instalații. Beneficiarul ar putea să apeleze la o firmă specializată în investiții care acoperă toate specializările (deși acestea sunt puține în țară) dar din motive financiare renunță.

O altă problemă de care se lovesc investitorii este faptul că în cărțile tehnice pe care antreprenorul de specialitate ar trebui să le realizeze, capitolul privind funcționarea, întreținerea și exploatarea instalațiilor automate cu sprinklere este sumar tratat sau chiar lipsește.

În plus, beneficiarii unor noi investiții angajează în primul rând personalul productiv și abia mai târziu pe cel de întreținere, deci în momentul predării instalațiilor antreprenorul de specialitate nu are pe cine să instruiască.

2. La nivelul proiectantului de specialitate

a. Probleme privind satisfacerea beneficiarului

Pe parcursul elaborării unei documentații privind proiectarea unei instalații de sprinklere, proiectantul face un adevărat slalom între a convinge beneficiarul de necesitatea realizării investiției în instalația de sprinklere și dorința beneficiarului care pune accent mai mult pe realizarea elementelor de construcție și finisaj. În acest sens, aflat sub influența beneficiarului (care îl plătește) prezintă organului de control pentru avizare/autorizare (pompieri) o documentație de scenariu de siguranță la foc din care rezultă că nu este obligatoriu a se dota investiția cu sprinklere, prin diverse mijloace: densitate de sarcină termică mică și arii desfășurate ale construcțiilor sub limitele impuse de normativul NP-086-2005. Se observă azi, când munca de proiectare, mai ales în zona instalațiilor, nu este plătită, o dilemă a proiectantului de specialitate în a alege între a aborda tema cu profesionalism sau a accepta banii și compromisurile cerute de beneficiar.

b. Probleme de corelare cu arhitectul/structuristul

În general, proiectantul de specialitate în domeniul instalațiilor este privit de colegii de proiectare: arhitectul și inginerul de rezistență ca fiind cel mai puțin important în cadrul unei investiții. Arhitectului „nu-i plac” conductele la vedere (în opinia sa acestea trebuiesc mascate), nu-i convin anumite trasee și „acceptă” dimensiuni cât mai mici și cât mai puține conducte. Specialistul de rezistență (structuristul) nu dorește anumite goluri în elementele de rezistență, condiționează anumite încărcări. Rezultă de aici un alt slalom al proiectantului de instalații.

### c. Probleme cu antreprenorul de specialitate

În ultimul timp, pentru o investiție, se observă o derulare în paralel a activității de proiectare cu cea de execuție și de aici multe disfuncționalități între cele două activități. Antreprenorul de specialitate nu găsește materialele prevăzute în proiecte și le înlocuiește, cerând acordul proiectantului. De asemenea, i se cere proiectantului să sară peste faze determinante sau să menționeze în proiect cât mai puține faze de realizare a lucrării. Reproiectarea anumitor părți ale instalației sau refacerea întregului proiect este un lucru tot mai des întâlnit în practica de zi cu zi a proiectantului de instalații în condițiile în care lui i se plătește o singură dată.

Dacă între cei doi (proiectant și antreprenor) nu se ajunge la o înțelegere privind optimul între munca fiecăruia apar numai dezavantaje prin care pierd împreună, inclusiv beneficiarul.

## 3. La nivelul antreprenorului de specialitate

### a. Probleme financiare

Una din problemele antreprenorului de specialitate este valoarea contractului cu beneficiarul sau cu antreprenorul general și în mod special a avansului primit pentru materiale și care nu poate depăși 30% din valoarea contractului. Practica arată că, valoric materialele reprezintă 65-70% din valoarea instalației, diferența la avans trebuind să o suporte din diferite surse (cele prezentate la beneficiar) până când vor realiza decontări pe stadii fizice (deci, antreprenorul de specialitate se transformă în bancă de împrumut, fără dobândă/beneficiu)

Ținând cont de faptul că un procent de 10% este reținut ca și garanție de execuție cât și de bună execuție pe o perioadă de 2-3 ani, antreprenorul de specialitate ajunge în posesia beneficiului (recuperării „împrumutului”) lucrării executate, foarte târziu.

### b. Probleme cu furnizorii de materiale și echipamente

De cele mai multe ori furnizorii de materiale întârzie începerea lucrărilor prin întârzierea livrării materialelor (la rândul lor aceștia având probleme cu producătorii, transportatorii, vămile, etc.) Un alt element care apare este încercarea furnizorilor de a înlocui materialele comandate cu altele (dimensiuni, calitate, producător etc.), antreprenorul fiind pus în fața faptului împlinit (află numai după ce acestea au sosit).

### c. Probleme cu antreprenorul general

Aceste probleme sunt legate de corelarea lucrărilor, de graficul de eșalonare al lucrărilor, de „problemele” care se fac reciproc și de remedierile ce apar la trecerea prin pereți, planșee, prinderi, susțineri, protecții, etc.

### d. Probleme cu personalul muncitor

Aceste probleme sunt legate de:

- disciplina în cadrul programului de lucru;

- asigurarea condițiilor legate de codul muncii și cele din contractul colectiv de muncă;
- calitatea lucrărilor;
- termene de realizare a lucrărilor;
- interesul sau dezinteresul pe care personalul muncitor îl are față de meserie și firma angajatoare;
- probleme legate de protecția muncii și paza contra incendiilor;
- dorința mică de autospecializare;
- programul de lucru;
- calitatea și frecvența verificării lucrărilor.

e. Probleme cu autoritățile de control

Pe lângă reprezentanții beneficiarului, antreprenorul de specialitate este verificat de către Protecția Muncii, Inspectoratul pentru Situații de Urgență, Inspecția în Construcții. La orice subiect nerezolvat, reprezentanții acestor instituții pot să oprească lucrarea, să o întârzie sau să ceară foarte multe elemente pe care antreprenorul de specialitate nu le are prevăzute în documentații. De asemenea problemele pot să intervină la recepția lucrărilor, când aceste instituții sunt prezente prin reprezentanții lor, dar și după recepție.

Problemele care pot apărea în realizarea unei investiții dotate și cu instalații automate cu sprinklere reprezintă o provocare astăzi, pentru toți factorii implicați. Deși există norme, normative și standarde foarte bine puse la punct, ce reglementează realizarea unor astfel de instalații, sistemul de aplicare și punctele de legătură între ele lasă de dorit.

## **6.4. Instalații de stingere ultrarapidă a incendiilor cu substanțe speciale**

Din marea varietate de instalații de stingere a incendiilor cu substanțe speciale, cele mai frecvent utilizate sunt instalațiile de stingere cu dioxid de carbon și instalațiile de stingere cu azot.

### **6.4.1. Dimensionarea instalației de stingere a incendiilor cu dioxid de carbon**

Dioxidul de carbon ( $\text{CO}_2$ ) este un gaz incolor și inodor, nu arde și nu întreține arderea. În stare normală ( $T_N = 273,15 \text{ K}$  și  $P_N = 1,01325 \text{ bar}$ ) densitatea dioxidului de carbon este  $\rho_{\text{CO}_2} = 1,976 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ ; rezultă că  $\text{CO}_2$  este de 1,52 ori mai greu decât aerul.

Dioxidul de carbon se transportă comprimat în butelii de oțel; presiunea în butelie depinde de temperatura acestuia ( $t$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]) și de gradul de umplere „ $v$ ” al buteliei. Prin grad de umplere „ $v$ ”, se înțelege raportul dintre masa dioxidului de carbon, [kg], introdus în butelie și volumul acesteia  $v_b$ , [l]:

$$v = \frac{m_{\text{CO}_2}}{V_b}, \text{ [kg/l]} \quad (6.23)$$

Raportul de umplere se recomandă să fie de 0,75 kg/l.

Dimensionarea se realizează diferențiat, în funcție de modul în care se asigură stingerea incendiului în incinta protejată:

- stingerea prin inundare totală;
- stingerea prin inundare locală.

În cazul sistemului cu inundare totală, dimensionarea instalației se realizează astfel încât debitul specific de dioxid de carbon să asigure concentrația minimă necesară stingerii, stabilită în procente de dioxid de carbon și aer în volumul protejat.

Pentru substanțele care se sting la o concentrație de până la 34% (volum de CO<sub>2</sub> în aer), debitul masic specific are valori de la 0,7 la 1,15 [kg/m<sup>3</sup>] în funcție de volumul spațiului protejat conform datelor prezentate în tabelul 6.13. [69]

**Debite specifice și cantități minime de CO<sub>2</sub> pentru stingere**

**Tabelul 6.13**

Volumul spațiului protejat [m <sup>3</sup> ]	Debitul specific de CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]	Coefficient de volum [m <sup>3</sup> /kgCO <sub>2</sub> ]	Intensitatea inițială de refulare a CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]	Cantitatea (masa) minimă necesară [kg]
Până la 4,00	1,15	0,86	1,60	-
4,00 - 14,00	1,07	0,93	-	4,5
14,00 - 57,00	1,01	0,99	-	15,1
57,00 - 127,00	0,90	1,11	1,34	45,4
127,00 - 1415,00	0,80	1,25	-	113,5
1415,00 - 2000,00	0,77	1,30	-	1135,0
Peste 2000	0,70	1,43	-	1450,0

Pentru substanțele a căror stingere are loc la o concentrație de CO<sub>2</sub> în aer mai mare de 34%, valorile debitului specific de dioxid de carbon prezentate în tabelul 6.13 se majorează cu un coeficient „c” a cărui valoare este dată în tabelul 6.14, și ține seama de posibilele neetanșeități.

**Valorile coeficientului de corecție „c” în funcție de concentrația de stingere**

**Tabelul 6.14**

Concentrație de stingere cu dioxid de carbon [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]	34	40	45	50	55	60	67	70	75	80
Coeficientul de corecție c	1,00	1,20	1,40	1,60	1,85	2,15	2,45	2,80	3,25	3,75

Pentru stingerea incendiilor în spații cu temperatură ridicată ( > 93°C ) sau de temperatură joasă ( < 18°C), cantitatea de dioxid de carbon se majorează cu:

- 1% pentru fiecare 2,7°C ce depășesc temperatura de 18°C;
- 1% pentru fiecare 0,6°C sub temperatura de 18°C.

Pentru stingerea incendiilor în spațiile care ard mocnit și în care este asigurată o bună etanșare, debitul de CO<sub>2</sub> se alege între 1,33 și 2,67 kg/m<sup>3</sup> în funcție de destinația spațiului, potrivit valorilor din tabelul 6.15. [69]

**Debitul specific de CO<sub>2</sub> pentru stingerea unui incendiu mocnit Tabelul 6.15**

Denumirea materialului care arde	Consumul specific de stingere cu dioxid de carbon $i_s$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Echipament electric fără ulei, izolația conductoarelor electrice	1,33
Mașini electrice mici canale și tuneluri de cabluri (volumul încăperii de până la 60.000 m <sup>3</sup> )	1,60
Arhive	2,00
Depozite de blănuri, colectoare de praf	2,67

Dimensionarea instalației de dioxid de carbon pentru stingerea locală a incendiului se realizează luându-se în calcul, pe de o parte, cantitatea minimă de CO<sub>2</sub> pe unitatea de suprafață, iar pe de altă parte, lungimea jetului de CO<sub>2</sub> în funcție de diametrul duzei de debitare conform tabelului 6.16.[69]

**Lungimea jetului de CO<sub>2</sub> în funcție de diametrul duzei Tabelul 6.16**

Diametrul duzei [mm]	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14
Lungimea jetului [m]	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	2,60	2,70	3,00

La dimensionarea capacității de stocare a dioxidului de carbon necesar stingerii incendiului se ține seama de concentrația de stingere, timpul de realizare a concentrației de stingere, volumul spațiului protejat și presiunea de stocare.

Stocarea se realizează în baterii de butelii sau rezervoare de stocare active principale și de rezervă.

Stocarea CO<sub>2</sub> în baterii de butelii se utilizează la instalațiile de stingere fixe de înaltă presiune. Capacitatea înmagazinată este în funcție de capacitatea și presiunea buteliei conform tabelului 6.17.[69]

**Cantitatea de CO<sub>2</sub> în funcție de capacitatea recipientului Tabelul 6.17**

Capacitatea recipientului [l]	40	36	33	30	27	25	8
Cantitatea de CO <sub>2</sub> [kg]	25	22,5	20,5	18,7	16,8	15,6	6

Recipientii de stocare de joasă presiune trebuie să mențină alimentarea instalației cu CO<sub>2</sub> lichid la o presiune nominală de 20,7 bar corespunzătoare unei temperaturi de - 18°C.

Recipientii de presiune vor fi izolați termic și echipați cu sisteme de răcire sau încălzire pentru menținerea unei temperaturi interioare de - 18°C.

Cantitatea de dioxid de carbon G, necesară pentru stingerea incendiilor într-un spațiu închis se calculează cu relația:

$$G = c \cdot i_s \cdot V_{inc} + G_0 \quad (6.24)$$

în care:

- $i_s$  este intensitatea de stingere, în [kg/m<sup>3</sup>];  $i_s$  are valorile din tabelul 5.13.
- $V_{inc}$  - volumul de calcul al încăperii protejate (diferența între volumul construit al încăperii și volumul utilajelor sau mobilierului din încăpere), [m<sup>3</sup>];

-  $G_0$  - cantitatea de dioxid de carbon rămasă în instalație după terminarea funcționării, [kg];

-  $c$  - coeficient pentru particularitățile schimbului de gaze (pierderi prin neetanșeități etc.);  $c$  are valorile din tabelul 6.14.

Numărul buteliilor de lucru cu  $\text{CO}_2$ ,  $n_b$ , se determină cu relația: [55]

$$n_b = \frac{G}{a \cdot \rho \cdot v_b} = \frac{V}{a \cdot v_b} \quad (6.25)$$

în care:

- $v_b$  este volumul buteliei cu  $\text{CO}_2$ , în [ $\text{m}^3$ ];
- $a$  - coeficientul de încărcare a buteliei cu  $\text{CO}_2$ ;
- $\rho$  - densitatea dioxidului de carbon, în [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ];
- $V$  - volumul de  $\text{CO}_2$  din butelie, în [ $\text{m}^3$ ].

Pentru substanțe ce se pot stinge la o concentrație volumică de până la 34%,  $\text{CO}_2$  în aer, valorile intensității de stingere cu  $\text{CO}_2$ ,  $i_s$ , [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ], în funcție de volumul încăperii, sunt redată în tabelul 6.18.

**Intensitatea de stingere  
în funcție de volumul încăperii**

**Tabelul 6.18**

Volumul încăperii, V [ $\text{m}^3$ ]	$i_s$ [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
$V \leq 100$	1,0
$101 < V \leq 500$	0,9
$501 < V \leq 2000$	0,8
$V > 2000$	0,7

În cazul în care pentru stingerea unor incendii sunt necesare concentrații de  $\text{CO}_2$  mai mari de 34%, valorile intensității de stingere din tabelul 6.18 se înmulțesc cu coeficientul de corecție „ $c$ ” ale cărui valori sunt date în tabelul 6.14.

Debitele specifice ale duzelor în funcție de presiunea de refulare sunt cele din tabelul 6.19 pentru instalații de înaltă presiune (presiunea de stocare de 51,7 bar – presiunea de descărcare la duze să fie > 13,86 bar) și tabelul 6.20 pentru instalații de joasă presiune (presiunea de stocare 20,7 bar); presiunea de calcul la duze trebuie să fie mai mare de 8,6 bar.

**Debitele specifice ale duzelor de refulare pentru instalații  
de înaltă presiune (presiunea de stocare de 51,7 bar)**

**Tabelul 6.19**

Presiunea de refulare în secțiunea orificiului de debitare a duzei [bar]	Debitul specific de refulare (rata de descărcare a duzei) [ $\text{kg}/\text{min}/\text{mm}^2$ ]
51,7	3,258
50,0	2,706
48,3	4,403
46,5	2,174
44,8	1,995
43,1	1,840
41,4	1,706
39,6	1,590
37,9	1,488
36,2	1,397

Presiunea de refulare în secțiunea orificiului de debitare a duzei [bar]	Debitul specific de refulare (rata de descărcare a duzei) [kg/min/mm <sup>2</sup> ]
34,5	1,309
32,8	1,224
31,0	1,140
29,3	1,063
27,6	0,985
25,9	0,908
24,1	0,830
22,4	0,760
20,7	0,690
17,2	0,549
13,8	0,419

**Debitele specifice ale duzelor de refulare pentru instalații de joasă presiune (presiunea de stocare de 20,7 bar)**

**Tabelul 6.20**

Presiunea de refulare în secțiunea orificiului de debitare a duzei [bar]	Debitul specific de refulare (rata de descărcare a duzei) [kg/min/mm <sup>2</sup> ]
20,7	2,970
20,0	2,041
19,3	1,671
18,6	1,443
17,9	1,284
17,2	1,165
16,5	1,073
15,9	0,992
15,2	0,918
14,5	0,851
13,8	0,792
13,1	0,737
12,4	0,688
11,7	0,642
11,0	0,600
10,3	0,559
9,7	0,521
9,0	0,485
8,3	0,449
7,6	0,414
6,9	0,381

Suprafața totală a orificiilor de debitare ale duzelor trebuie să fie egală cu minim 90% din suprafața secțiunii utile a conductelor la lungimi de distribuție până la 100 m și minimum 80% pentru conducte de lungimi mai mari.

Se recomandă ca diametrul orificiului de debitare al duzei să fie:

- 7 ÷ 9 mm pentru încăperi cu volum până la 500 m<sup>3</sup>;
- 10 ÷ 11 mm pentru încăperi cu volum de la 500 m<sup>3</sup> la 1.000 m<sup>3</sup>;
- 12 ÷ 14 mm pentru încăperi cu volum peste 1.000 m<sup>3</sup>.

La dimensionarea conductelor pentru transportul dioxidului de carbon se va ține seama de următoarele:



- evitarea formării dopurilor de zăpadă carbonică în conducte și în duzele de refulare prin menținerea presiunii normate în instalație;
- starea bifazică (lichidă și gazoasă) a CO<sub>2</sub> în recipiente și pe traseul de conducte;
- debitul de curgere;
- presiunea (în conducte) la intrarea în sistemul de conducte;
- compactitatea dioxidului de carbon la capătul conductei;
- coeficientul de rezistență hidraulică specifică conductei;
- lungimea conductei.

Diametrele conductelor de distribuție se determină în funcție de debitul de dioxid de carbon refulat în spațiul protejat cu volumul cel mai mare și de diametrul conductei principale (sau al distribuitorului).

Debitul de dioxid de carbon, la curgerea bifazică în conducte, se determină cu relația:[69]

$$Q = \sqrt{\frac{3617 \cdot D^{5,25} Y}{L + 8,08 \cdot D^{1,25} Z}}, \text{ [kg/min]} \quad (6.26)$$

în care:

- $Q$  este debitul de CO<sub>2</sub> la curgerea bifazică în conductă, în [kg/min];
- $D$  - diametrul interior al conductei, în [mm];
- $Y, Z$  - factorii care depind de presiunea din recipiente (butelii) și conducte;
- $L = l + l_e$  - lungimea totală, egală cu suma între lungimea fizică ( $l$ ) a conductei și lungimea echivalentă rezistențelor locale ( $l_e$ ), [mm].

Valorile factorilor  $Y$  și  $Z$  în funcție de presiune sunt date în tabelul 6.21.

**Valorile factorilor  $Y$  și  $Z$   
în funcție de presiunea de stocare**

**Tabelul 6.21**

Nr. crt.	Presiunea de stocare [bar]	Y	Z	Presiunea de stocare [bar]	Y	Z
1.	51,7	0	0	20,7	0	0
2.	50,0	1200	0,0825	20,0	6,03	0,12
3.	48,3	2300	0,165	19,3	11,38	0,24
4.	46,5	3320	0,249	18,6	16,13	0,36
5.	44,8	4280	0,333	17,9	20,33	0,48
6.	43,1	5130	0,417	17,2	24,06	0,60
7.	41,4	5960	0,501	15,5	31,63	0,90
8.	39,6	6710	0,585	13,8	37,23	1,20
9.	37,9	7370	0,672	12,0	41,37	1,50
10.	36,2	7980	0,760	10,3	44,43	1,80
11.	34,5	8530	0,849	8,7	46,70	2,11
12.	32,8	9060	0,939	6,9	48,37	2,41
13.	31,0	9530	1,033	-		
14.	29,3	9970	1,132	-		

Nr. crt.	Presiunea de stocare [bar]	Y	Z	Presiunea de stocare [bar]	Y	Z
15.	27,6	10400	1,237			
16.	25,9	10740	1350			
17.	24,1	11020	1,479			
18.	22,4	11410	1,629			
19.	20,7	11560	1,844			
20.	17,2	11950	2,164			
21.	13,8	12150	2,623			

Formula de calcul a debitului de dioxid de carbon la curgerea bifazică în conducte scrisă sub forma:

$$\frac{L}{D^{1,25}} = \frac{3617 \cdot Y}{\left(\frac{Q}{D^2}\right)} - 8,08 \cdot Z \quad (6.27)$$

Este transpusă grafic în nomogramele din figura 6.8 și figura 6.9.

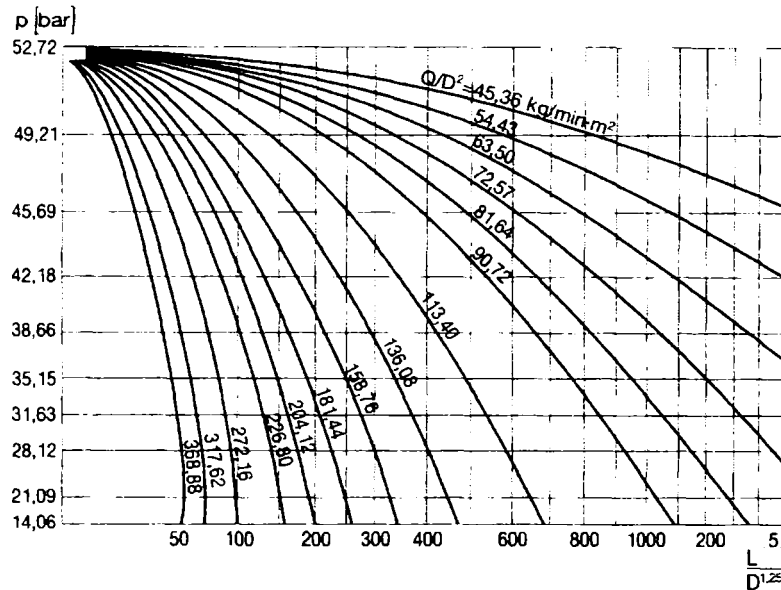


Figura 6.8 Nomogramă pentru calculul conductelor de dioxid de carbon de joasă presiune, la o presiune de depozitare de 21,09 bar

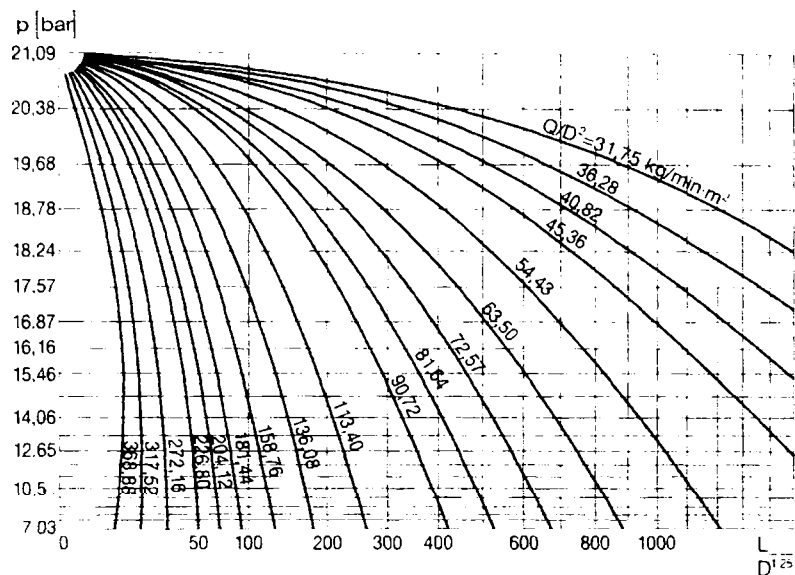


Figura 6.9 Nomogramă pentru calculul conductelor de dioxid de carbon de înaltă presiune, la o presiune de depozitare de 52,73 bar

Valorile lui  $D^{1,25}$  și  $D^2$  pentru diferite valori ale diametrelor ( $D$ ) ale conductelor sunt date în tabelul 6.22.

**Valorile lui  $D^{1,25}$  și  $D^2$  pentru diferite valori ale diametrelor ( $D$ ) ale conductelor** Tabelul 6.22

Diametrul nominal [inch]	Diametrul interior [inch]	$D^{1,25}$	$D^2$
1/2	0,622	0,5521	0,3869
3/4	0,824	0,7850	0,6790
1	1,049	1,0615	1,1000
1	0,957	0,9465	0,9158
1 1/4	1,380	1,4960	1,9040
1 1/4	1,278	1,3590	1,6330
1 1/2	1,610	1,8130	2,5920
1 1/2	1,500	1,6600	2,2500
2	2,067	2,4750	4,2720
2	1,939	2,2880	3,7600
2 1/2	2,469	3,0900	6,0960
2 1/2	2,323	2,8650	5,3960
3	3,068	4,0600	9,4130
3	2,900	3,7900	8,4100
4	4,026	5,7100	16,2100
4	3,826	5,3400	14,6400
5	5,047	7,5400	25,4700
5	4,813	7,1400	23,1600
6	6,065	9,5000	36,7800
6	5,761	8,9200	33,1900

La instalațiile de înaltă presiune, diametrul conductei de transport (conducta magistrală) se poate determina cu aproximație ținându-se cont de diametrul conductei principale, de diametrul nominal al capului de debitare al buteliei și de numărul buteliilor de lucru.

#### 6.4.2. Dimensionarea instalațiilor de stingere cu azot

Azotul, gaz inert, incolor și incombustibil, denumit și nitrogen cu formula chimică  $N_2$ , se găsește în aer în concentrație de 78%, având o densitate de 0,967 în raport cu aerul, este folosit ca substanță de inertizare și de stingere a incendiilor cu indicativul IG.

Azotul pentru instalația de stingere se stochează în rezervoare la presiunea de 6 – 8 bar sau în recipiente (butelii) la presiunea de 135 și 200 bar.

Lungimea conductei de la rezervoarele sau buteliile cu azot până la distribuitor nu trebuie să depășească 200 m.

Concentrația volumică minimă pentru stingerea incendiului (determinată conform standardului 180/FDIS 14520-13:2000 (E)) este de 43,7%.

Volumul de azot  $V_{N_2}$ , [ $m^3$ ], la starea de referință (la temperatura de 20°C și presiunea de 1,013 bar), necesar pentru stingerea incendiului se determină cu relația:

$$V_s = V \frac{V_R}{v} \ln\left(\frac{100}{100 - C}\right), [m^3] \quad (6.28)$$

în care:

- $V$  este volumul net al spațiului protejat, în [ $m^3$ ];
- $C$  – concentrația volumică procentuală de azot necesar stingerii incendiului, la temperatura din spațiul protejat  $t$  (20°C) și presiunea de 1,013 bar, în [%];
- $V_R$  – volumul specific al azotului la starea de referință [ $m^3/kg$ ];
- $v$  – volumul specific al azotului la presiunea de 1,013 bar și temperatura  $t$  [°C] din spațiul protejat determinat cu relația:

$$v = K_1 + K_2 \cdot t, [m^3/kg] \quad (6.29)$$

unde:

- $K_1 = 0,79968$  și  $K_2 = 0,00293$  sunt constante specifice azotului;
- $t$  – temperatura de calcul din spațiul protejat, în [°C].

Valorile intensității de stingere a incendiului,  $i_s$ , în [ $kg/m^3$ ], în funcție de volumul  $V$ , în [ $m^3$ ], al spațiului protejat, sunt date în tabelul 6.23 [55].

**Intensitatea de stingere în funcție de volumul încăperii**

**Tabelul 6.23**

Volumul spațiului protejat $V$ [ $m^3$ ]	Intensitatea de stingere, $i_s$ [ $kg/m^3$ ]
$V \leq 4$	1,50
$4 < V \leq 14$	1,39
$14 < V \leq 57$	1,34
$57 < V \leq 127$	1,17
$127 < V \leq 1415$	1,05
$1415 < V \leq 2000$	1,02
$V > 2000$	0,90

La valorile din tabelul 5.21 se adaugă un spor de compensare de 4,9 kg azot pentru fiecare 1 m<sup>2</sup> de deschidere practică în pereți, planșeu sau pardoseală.

### 6.4.3. Dimensionarea instalațiilor de stingere a incendiilor cu alte substanțe gazoase speciale (FM 200, INERGEN, ARGON etc.)

Apărute din rațiuni de protecție a mediului, ca înlocuitori de haloni, gazele speciale se bazează pe principiul stingerii incendiului prin reducerea concentrației de oxigen sub limita de întreținere a arderii; se transportă și se stochează în recipiente sau butelii sub presiune.

Dimensionarea instalațiilor de stingere se realizează în mod asemănător ca la dimensionarea instalației de stingere cu azot, după relația:

$$V_S = V \frac{V_r}{v} \ln\left(\frac{100}{100 - C}\right), [\text{m}^3] \quad (6.30)$$

cu precizarea că valorile constantei specifice substanței gazoase  $k_1$  și  $k_2$  sunt diferite, astfel:

- pentru FM 200:  $k_1 = 0,1269$ ;  $k_2 = 0,000513$ ;
- pentru INERGEN:  $k_1 = 1,683$ ;  $k_2 = 0,0044$ ;
- pentru ARGON:  $k_1 = 0,56119$ ;  $k_2 = 0,0020545$ .

## 6.5. Funcționarea în timp real (optimizată) a instalațiilor de combatere a incendiilor din clădiri multifuncționale

### 6.5.1. Asigurarea operabilității și eficacității funcționării sistemelor de combatere a incendiilor din clădiri multifuncționale

Intervenția pentru stingere se realizează pe principiul gradualității, în funcție de locul și momentul apariției incendiilor, astfel:

**a)** în timpul programului de lucru, când există posibilitatea observării imediate sau în timp scurt a apariției incendiului;

**b)** existența instalațiilor automate de semnalizare și stingere la locul de izbucnire a incendiului;

**c)** în afara programului de lucru, când posibilitățile de observare a incendiului sunt reduse sau inexistente;

**d)** inexistența instalațiilor de detectare și stingere la locul de izbucnire a incendiului.

În situațiile prevăzute la punctele **a)** și **b)** acțiunea de intervenție pentru stingerea incendiului se asigură prin:

- intervenția personalului pe locul de muncă;
- punerea în funcțiune sau declanșarea automată a instalațiilor speciale de stingere (sprinklere, drencere, pulberi stingătoare, gaze inerte);
- intervenția serviciului pentru situații de urgență din obiectiv;
- intervenția subunităților specializate ale pompierilor profesioniști;

În situațiile prevăzute la punctele **c)** și **d)** când observarea se realizează de regulă cu întârziere, intervenția pentru stingerea incendiului se realizează de către subunitățile specializate, în acest caz incendiul aflându-se într-un stadiu avansat de dezvoltare.

Clădirile multifuncționale vor fi prevăzute cu echipamente și instalații performante de detectare, semnalizare și stingere a incendiilor fapt ce presupune asigurarea unei intervenții operative cu posibilități reale de evacuare a persoanelor și protejare a bunurilor, încă în faza incipientă a apariției incendiului.

Echiparea și dotarea tehnică minimă obligatorie a clădirilor multifuncționale cu sisteme și instalații de prevenire și stingere a incendiilor se va realiza în conformitate cu prevederile normative în vigoare (NP 086/2005) și reglementările specifice îndeplinind principiile și cerințele din normele și dispozițiile generale de prevenire și stingere a incendiilor.

Nivelul de dotare cu echipamente și instalații de semnalizare și stingere determină timpul de dezvoltare liberă a incendiului. Timpul de dezvoltare liberă a incendiului este intervalul scurs de izbucnire până la intrarea în funcțiune a mijloacelor de stingere.

## 6.6. Concluzii și contribuții personale

În contextul creșterii exigențelor privind securitatea la incendiu, pe același palier cu preocuparea specialiștilor privind comportarea și reacția la foc a materialelor pentru construcții multifuncționale se situează găsirea celor mai adecvate metode, forme și mijloace pentru protecția vieții, bunurilor și a mediului, prin împiedicarea apariției incendiilor, limitarea propagării și dezvoltării, respectiv stingerea acestora.

În această direcție, un aspect important îl reprezintă alegerea agentului de stingere și a instalațiilor compatibile, potrivit destinației spațiilor din clădirile multifuncționale, natura și cantitatea materialelor combustibile, numărul maxim al persoanelor care se pot afla la un moment dat în clădire, astfel încât să se obțină un efect optim atât din punct de vedere tehnic cât și economic.

Autorul apreciază că în clădirile multifuncționale pot fi folosite:

- substanțe de stingere prin reducerea temperaturii în zona de ardere;
- substanțe de stingere prin izolare;
- substanțe de stingere prin reducerea conținutului de oxigen;
- substanțe de stingere prin inhibiție chimică.

Fiecărui tip de substanță de stingere îi corespunde o categorie de instalație, astfel:

- instalații cu hidranți de incendiu interiori și exteriori;
- instalații cu sprinklere pentru stingerea incendiilor;
- instalații cu drencere;
- instalații de stingere a incendiilor cu apă pulverizată;
- instalații de stingere a incendiilor cu abur;
- instalații de stingere ultrarapidă a incendiilor cu substanțe speciale.

Având în vedere că în clădirile multifuncționale, cel mai frecvent utilizate sunt instalațiile cu sprinklere autorul, a realizat o analiză pe studii de caz privind optimizarea în proiectare și execuție a instalațiilor de stins incendii cu sprinklere; în analiza comparativă s-a pornit de la reglementările tehnice românești, europene (VdS) și americane (FM Global).

Echiparea și dotarea tehnică, minimă obligatorie a clădirilor multifuncționale cu sisteme și instalații de combatere a incendiilor se va realiza conform prevederilor normative în vigoare astfel încât să se asigure o funcționare optimizată având ca rezultat un timp cât mai scurt de răspuns de la izbucnirea incendiului la declanșarea instalațiilor, respectiv, un timp cât mai scurt de dezvoltare liberă a incendiului.

# Capitolul 7. SIMULAREA DINAMICĂ A INCENDIILOR ASISTATĂ DE CALCULATOR

## 7.1 Introducere

La baza modelării matematice a propagării incendiilor stau ecuațiile care guvernează dinamica fluidelor, transferul căldurii și arderea. Deși aceste ecuații nu sunt de dată recentă rezolvarea lor numerică este de actualitate datorită complexității modelelor matematice care descriu propagarea în timp și spațiu a incendiilor.

Această modelare presupune transferul de masă și căldură în regim nestaționar, respectiv modificarea proprietăților fizice și chimice a materialelor combustibile în timpul arderii. Rezolvarea numerică a acestor ecuații presupune stabilirea unor condiții inițiale pentru presiune, temperatură, tipul materialului combustibil, etc.

Dintre modelele matematice actuale amintim modelul zonal și modelul hidrodinamic. **Modelul zonal** a fost elaborat de către J. Quintiere,<sup>[47]</sup> în 1984 și consideră compartimentul de ardere împărțit în două zone omogene, un volum inferior, aflat la temperatura mediului ambiant, unde s-a inițializat incendiul și un volum superior, unde se acumulează efluenții incendiului (fum, gaze). **Modelul hidrodinamic** care se va prezenta în continuare a fost pus la punct de către R.G. Rehm<sup>[49]</sup> și dezvoltat de H.R. Baum, și K.B. Mc. Grattan<sup>[31]</sup>, în 1999. Acest model se bazează pe ecuațiile Navier – Stokes și modelul turbulenței  $k - \epsilon$  elaborat de Patankar și Spalding<sup>[39]</sup>. Modelarea matematică presupune împărțirea spațiului fizic unde are loc propagarea incendiului într-un număr mare de celule rectangulare. În fiecare celulă mărimile fizice de interes (viteza, temperatura) sunt omogene dar sunt variabile în timp. Acuratețea rezultatelor depinde de numărul de celule luate în calcul în timpul simulării, însă numărul celulelor este limitat de puterea de calcul a computerului folosit.

## 7.2 Ecuațiile de conservare ale modelului hidrodinamic

Modelul hidrodinamic prezentat în continuare a fost elaborat de Mc. Grattan<sup>[35],[36]</sup>, în 2006 și este descris matematic printr-un set de ecuații diferențiale cu derivate parțiale constând în șase ecuații cu șase necunoscute, toate fiind funcții de spațiu și timp: densitatea  $\rho(x, y, z, t)$ , cele trei componente ale vitezei  $\mathbf{u} = (u, v, w)$ , temperatura  $T$  și presiunea  $p$ . Menționez că mărimile scrise cu caractere îngroșate reprezintă vectori, iar indicii  $i, j$  reprezintă matrici  $3 \times 3$ .

### 7.2.1 Ecuații de conservare

- Ecuația de conservare a masei (ecuația de continuitate):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} = 0 \quad (7.1)$$

- Principiul fundamental al dinamicii în forma locală (legea a II-a a lui Newton):

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \mathbf{u}) + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} \mathbf{u} + \nabla p = \rho \mathbf{f} + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau} \quad (7.2)$$

- Ecuația conservării energiei (Principiul I al termodinamicii):

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho h) + \nabla \cdot \rho h \mathbf{u} = \frac{Dp}{Dt} + \dot{q}''' - \nabla \cdot \mathbf{q} + \Phi \quad (7.3)$$

- Ecuația termică de stare a gazului ideal:

$$p = \frac{\rho RT}{M} \quad (7.4)$$

Ecuația conservării masei este scrisă adeseori pentru fiecare specie (fum, vapori, CO<sub>2</sub>, CO, etc.) de gaz sub forma:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Y_i) + \nabla \cdot \rho Y_i \mathbf{u} = \nabla \cdot \rho D_i \nabla Y_i + \dot{m}_i''' \quad (7.5)$$

Semnificația mărimilor fizice care intervin în ecuațiile (7.1) – (7.5) este următoarea:

În ecuația (7.1):

- ⇒  $\rho$  - densitatea;
- ⇒  $t$  - timpul;
- ⇒  $\mathbf{u} = \mathbf{u}(x, y, z)$  - componentele vitezei;
- ⇒  $\nabla = \left( \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z} \right)$  - componentele vectorului *nabla*.

În ecuația (7.2):

- ⇒  $\tau_{ij}$  - tensorul vâscozității, dat de relația:

$$\tau_{ij} = \mu \left( 2S_{ij} - \frac{2}{3} \delta_{ij} (\nabla \cdot \mathbf{u}) \right) \quad (7.6)$$

unde  $\mu$  este vâscozitatea dinamică a fluidului, iar  $S_{ij}$  reprezintă tensorul de deformație, dat de ecuația:

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad i, j = 1, 2, 3 \quad (7.7)$$

- ⇒  $\mathbf{f}$  - vectorul forță format din gravitație plus forțele externe (de ex. forța exercitată de stropii de apă proveniți de la sprinklere);
- ⇒  $\mathbf{u} \mathbf{u}$  este un tensor obținut prin înmulțirea vectorilor  $\mathbf{u}^T$  și  $\mathbf{u}$  deci  $\nabla \cdot \rho \mathbf{u} \mathbf{u}$  este un vector obținut prin aplicarea operatorului vectorial  $\nabla$  pe acest tensor;
- ⇒  $p$  - presiunea.

În ecuația (7.3):

- ⇒  $h$  - entalpia;



⇒  $D$  - derivata materială conform ecuației:

$$D(\ )/Dt = \partial(\ )/\partial t + \mathbf{u} \cdot \nabla(\ ) \quad (7.8)$$

⇒  $\dot{q}'''$  - transferul de căldură pe unitatea de volum din reacția chimică (HRRPUV);

⇒  $\nabla \cdot \mathbf{q}$  - transferul de căldură prin radiație și conducție;

⇒  $\Phi$  - fracția de energie cinetică transformată în energie termică datorită vâscozității fluidului și este dată de relația:

$$\Phi \equiv \mu \left( 2S_{ij} \cdot S_{ij} - \frac{2}{3}(\nabla \cdot \mathbf{u})^2 \right) \quad (7.9)$$

În ecuația (7.4):

⇒  $R$  - constanta universală a gazelor;

⇒  $T$  - temperatura;

⇒  $M$  - masa molară a amestecului de gaze.

În ecuația (7.5):

⇒  $Y_i$  - masa speciei  $i$ ;

⇒  $\dot{m}_i'''$  - variația masei speciei  $i$  în unitatea de volum.

Termenul de presiune se consideră de forma:

$$p = p_0 - \rho_\infty g z + \tilde{p} \quad (7.10)$$

unde  $\rho_\infty g z$  este presiunea hidrostatică generată de gazele de ardere iar  $\tilde{p}$  este pulsația presiunii generată de curentul turbulent.

Ecuația (7.2) poate fi rescrisă în forma:

$$\rho \left( \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} \right) + \nabla p = \rho \mathbf{g} + \mathbf{f} + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau} \quad (7.11)$$

Ținând cont de faptul că  $(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = \frac{\nabla |\mathbf{u}|^2}{2} - \mathbf{u} \times \boldsymbol{\omega}$  și notând  $H = \frac{|\mathbf{u}|^2}{2} + \frac{\tilde{p}}{\rho_\infty}$ ,

ecuația (7.11) poate fi adusă la forma :

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} - \mathbf{u} \times \boldsymbol{\omega} + \nabla H + \left( \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_\infty} \right) \nabla \tilde{p} = \frac{1}{\rho} [(\rho - \rho_\infty) \mathbf{g} + \mathbf{f} + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau}] \quad (7.12)$$

Aplicând încă o dată operatorul  $\nabla$  asupra ecuației (7.12) se obține:

$$\nabla^2 H = -\frac{\partial(\nabla \cdot \mathbf{u})}{\partial t} - \nabla \cdot \mathbf{F}; \quad \mathbf{F} = -\mathbf{u} \times \boldsymbol{\omega} + \left( \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_\infty} \right) \nabla \tilde{p} - \frac{1}{\rho} [(\rho - \rho_\infty) \mathbf{g} + \mathbf{f} + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau}] \quad (7.13)$$

Condițiile la limită sunt:

$$\frac{\partial H}{\partial n} = -F_n - \frac{\partial u_n}{\partial t} \quad (7.14)$$

unde  $F_n$  este componenta normală a lui  $\mathbf{F}$  la suprafață, iar  $\frac{\partial u_n}{\partial t}$  este variația în timp

a componentei normale a vitezei la deschiderea unei uși sau ferestre. La practicarea unei deschideri presiunea depinde de direcția fluxului care intră sau iese conform relației:

$$H = \frac{|u|^2}{2}, \text{ iesire} \quad (7.15)$$

$$H = 0, \quad \text{intrare} \quad (7.16)$$

### 7.2.2 Radiația termică

Ecuția de transfer de căldură prin radiație într-un mediu de emisie/absorbție și dispersie este:

$$\mathbf{s} \cdot \nabla I_\lambda(\mathbf{x}, \mathbf{s}) = -[\kappa(\mathbf{x}, \lambda) + \sigma(\mathbf{x}, \lambda)]I(\mathbf{x}, \mathbf{s}) + B(\mathbf{x}, \lambda) + \frac{\sigma(\mathbf{x}, \lambda)}{4\pi} \int_{4\pi} \Phi(\mathbf{s}, \mathbf{s}') I_\lambda(\mathbf{x}, \mathbf{s}') d\Omega' \quad (7.17)$$

unde:

- ⇒  $I_\lambda(\mathbf{x}, \mathbf{s})$  - intensitatea radiației cu lungimea de undă  $\lambda$ ;
- ⇒  $\mathbf{S}$  - vectorul direcției intensității;
- ⇒  $\kappa(\mathbf{x}, \lambda)$  - coeficient de absorbție;
- ⇒  $\sigma(\mathbf{x}, \lambda)$  - coeficient de dispersie;
- ⇒  $B(\mathbf{x}, \lambda)$  - termenul sursă de emisie.

În cazul unui mediu nedispersiv ecuația (7.17) devine:

$$\mathbf{s} \cdot \nabla I_\lambda(\mathbf{x}, \mathbf{s}) = \kappa(\mathbf{x}, \lambda) [I_b(\mathbf{x}) - I_\lambda(\mathbf{x}, \mathbf{s})] \quad (7.18)$$

unde:  $I_b(\mathbf{x}) = \frac{\sigma T^4(\mathbf{x})}{\pi}$  reprezintă intensitatea radiației corpului negru.

Vectorul flux de căldură radiantă  $\mathbf{q}_r(\mathbf{x})$  este dat de relația:

$$\mathbf{q}_r(\mathbf{x}) = \int_{4\pi} \mathbf{s} I(\mathbf{x}, \mathbf{s}) d\Omega \quad (7.19)$$

Termenul care exprimă pierderea de energie prin radiație este:

$$-\nabla \cdot \mathbf{q}_r(\mathbf{x}) = \kappa(\mathbf{x}) [U(\mathbf{x}) - 4\pi I_b(\mathbf{x})]; \quad U(\mathbf{x}) = \int_{4\pi} I(\mathbf{x}, \mathbf{s}) d\Omega \quad (7.20)$$

În consecință, energia radiantă netă câștigată de o celulă a rețelei este diferența dintre energia radiantă absorbită și energia radiantă emisă.

### 7.2.3 Transferul de căldură prin convecție

Fluxurile de căldură pe o suprafață solidă constau în aporturi sau pierderi de căldură prin convecție și radiație. Fluxul de căldură prin convecție la o suprafață solidă,  $\dot{q}_c''$ , se obține ca o combinație de convecție naturală și una forțată și este dat de relația:

$$\dot{q}_c'' = h\Delta T \text{ W/m}^2 ; \quad h = \max \left[ C|\Delta T|^{1/3}, \frac{k}{L} 0.037 \text{Re}^{4/3} \text{Pr}^{1/3} \right] \text{ W/m}^2/\text{K} \quad (7.21)$$

unde  $C$  este coeficientul convecției naturale,  $k$  este conductivitatea termică a gazului,  $Re$  și  $Pr$  sunt numerele Reynolds și Prandtl,  $\Delta T$  reprezintă diferența dintre temperatura gazului și temperatura peretelui, iar  $L$  este lungimea caracteristică în raport cu dimensiunea obstacolului fizic.

#### 7.2.4. Combustia materialelor solide

Dacă materialul este considerat gros din punct de vedere termic ecuația conducției termice va fi:

$$\rho_s c_s \frac{\partial T_s}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( k_s \frac{\partial T_s}{\partial x} \right)$$

în care:

$$-k_s \frac{\partial T_s}{\partial x}(0,t) = \dot{q}_c'' + \dot{q}_r'' - \dot{m}'' \Delta H_v \quad (7.22)$$

unde  $\rho_s$ ,  $c_s$  și  $k_s$  reprezintă densitatea, căldura specifică și conductivitatea materialului,  $\dot{q}_c''$  și  $\dot{q}_r''$  sunt fluxul de căldură prin convecție și respectiv fluxul net de căldură prin radiație,  $\dot{m}''$  este viteza de variație a masei de combustibil, iar  $\Delta H_v$  este căldura de vaporizare. Viteza pirolizei este dată de ecuația Arrhenius:

$$\dot{m}'' = A \rho_s e^{-\frac{E}{RT}} \quad (7.23)$$

unde  $A$  și  $E$  sunt constante de material, iar  $R$  este constanta gazelor ideale.

Dacă materialul este considerat subțire din punct de vedere termic temperatura se consideră uniformă pe toată grosimea sa. Ca atare temperatura depinde numai de timp și este afectată de aporturile și pierderile datorate convecției, radiației și pirolizei:

$$\frac{dT_s}{dt} = \frac{\dot{q}_c'' + \dot{q}_r'' - \dot{m}'' \Delta H_v}{\rho_s c_s \delta} \quad (7.24)$$

unde  $\delta$  reprezintă grosimea solidului.

#### 7.2.5. Sprinklere

Simularea efectului de sprinkler presupune o serie de proceduri cum ar fi: temperatura de activare, calcularea și urmărirea traiectoriei stropilor de apă, etc.

Funcția de distribuție a stropilor de apă proveniți de la sprinkler este dată de relația:

$$F(d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^d \frac{1}{\sigma d'} \exp \left\{ -\frac{[\ln(d'/d_m)]^2}{2\sigma^2} \right\} dd', \quad d \leq d_m \quad (7.25)$$

$$F(d) = 1 - \exp\left[-0.693\left(\frac{d}{d_m}\right)^\gamma\right], \quad d \geq d_m \quad (7.26)$$

unde:

- ⇒  $d_m$  - diametrul median al unui strop de apă (1/2 din masa unui strop de apă considerat sferic de diametru  $d_m$ );
- ⇒  $\gamma$  și  $\sigma$  - constante empirice a căror valoare este 2.4, respectiv 0.6.

## 7.3 Metode numerice

### 7.3.1 Discretizarea temporală

Toate calculele pornesc de la condițiile inițiale ale mediului ambiant. La începutul fiecărui pas de timp ( $n+1$ ) cantitățile  $\rho^n$ ,  $Y_i^n$ ,  $\mathbf{u}^n$ ,  $H^n$  și  $p_0^n$  de la pasul anterior de timp  $n$  se consideră cunoscute. Metoda de lucru pentru iterațiile în timp este o metodă de tip Euler modificată (predictor - corector).

### 7.3.2. Discretizarea spațială

Domeniul de lucru se consideră a fi o incintă rectangulară împărțită în celule rectangulare. Fiecare celulă este caracterizată prin indicii  $i, j, k$  care reprezintă poziția celulei în direcțiile  $x, y, z$ . Termenii scalari sunt calculați în interiorul fiecărei celule. De exemplu  $\rho_{ijk}^n$  reprezintă densitatea la pasul  $n$  de timp în interiorul celulei  $ijk$ , iar mărimea  $u_{ijk}^n$  este componenta vitezei în lungul axei  $x$  pe fața anterioară a celulei  $ijk$ , iar  $u_{i-1,jk}^n$  este componenta vitezei în lungul axei  $x$  pe fața posterioară a celulei  $ijk$ .

### 7.3.3. Discretizarea ecuației de conservare a masei

În pasul predictor densitatea la pasul de timp ( $n+1$ ) din relația (7.1) este estimată pe baza densității de la pasul de timp  $n$  considerată cunoscută.

$$\frac{\rho_{ijk}^{(n+1),e} - \rho_{ijk}^n}{\delta t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla \rho)_{ijk}^n = -\rho_{ijk}^n (\nabla \cdot \mathbf{u})_{ijk}^n \quad (7.27)$$

În pasul corector densitatea la pasul de timp ( $n+1$ ) este corectată conform ecuației:

$$\frac{\rho_{ijk}^{(n+1)} - \frac{1}{2}(\rho_{ijk}^n + \rho_{ijk}^{(n+1),e})}{\frac{1}{2}\delta t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla \rho)_{ijk}^{(n+1),e} = -\rho_{ijk}^{(n+1),e} (\nabla \cdot \mathbf{u})_{ijk}^{(n+1),e} \quad (7.28)$$

Toate celelalte ecuații (7.2 – 7.5) sunt discretizate în același mod ca ecuația de conservare a masei, prezentată mai sus.

### 7.3.4. Discretizarea ecuației de conservare (a speciilor)

În pasul predictor:

$$\frac{(\rho Y_l)_{ijk}^{(n+1)_e} - (\rho Y_l)_{ijk}^n}{\delta t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla \rho Y_l)_{ijk}^n = -(\rho Y_l)_{ijk}^n (\nabla \cdot \mathbf{u})_{ijk}^n + \nabla \cdot (\rho D \nabla Y_l)_{ijk}^n + \dot{m}_{ijk}^m \quad (7.29)$$

În pasul corector:

$$\begin{aligned} & \frac{(\rho Y_l)_{ijk}^{(n+1)} - \frac{1}{2} \left( (\rho Y_l)_{ijk}^n + (\rho Y_l)_{ijk}^{(n+1)_e} \right)}{\frac{1}{2} \delta t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla \rho Y_l)_{ijk}^{(n+1)_e} = \\ & = -(\rho Y_l)_{ijk}^{(n+1)_e} (\nabla \cdot \mathbf{u})_{ijk}^{(n+1)_e} + (\nabla \cdot \rho D \nabla Y_l)_{ijk}^{(n+1)_e} + \dot{m}_{ijk}^m \end{aligned} \quad (7.30)$$

### 7.3.5. Discretizarea divergenței

Se face conform relației:

$$(\nabla \cdot \mathbf{u})_{ijk} = \frac{u_{ijk} - u_{i-1,jk}}{\delta x} + \frac{v_{ijk} - v_{i-1,jk}}{\delta y} + \frac{w_{ijk} - w_{i-1,jk}}{\delta z} \quad (7.31)$$

### 7.3.6. Discretizarea principiului fundamental al dinamicii

Ecuația (7.12) poate fi descompusă în trei ecuații scalare:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + F_x + \frac{\partial H}{\partial x} = 0 ; F_x = w\omega_y - v\omega_z - \frac{1}{\rho} \left( f_x + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \right) \quad (7.32)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + F_y + \frac{\partial H}{\partial y} = 0 ; F_y = u\omega_z - w\omega_x - \frac{1}{\rho} \left( f_y + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right) \quad (7.33)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + F_z + \frac{\partial H}{\partial z} = 0 ; F_z = v\omega_x - u\omega_y - \frac{1}{\rho} \left( f_z + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} \right) \quad (7.34)$$

Discretizarea spațială a celor trei ecuații are forma:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + F_{x,ijk} + \frac{H_{i+1,jk} - H_{ijk}}{\delta x} = 0 \quad (7.35)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + F_{y,ijk} + \frac{H_{i,j+1,k} - H_{ijk}}{\delta y} = 0 \quad (7.36)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + F_{z,ijk} + \frac{H_{ij,k+1} - H_{ijk}}{\delta z} = 0 \quad (7.37)$$

Fiecare termen care apare în ecuația (7.13) trebuie discretizat. De exemplu:

$$\omega_{x,ijk} = \frac{w_{i,j+1,k} - w_{ijk}}{\delta y} - \frac{v_{ij,k+1} - v_{ijk}}{\delta z} \quad (7.38)$$

$$\tau_{xy,ijk} = \tau_{yx,ijk} = \mu_{i+\frac{1}{2},j+\frac{1}{2},k} \left( \frac{u_{i,j+1,k} - u_{ijk}}{\delta y} + \frac{v_{i+1,jk} - v_{ijk}}{\delta x} \right) \quad (7.39)$$

### 7.3.7. Condiții la limită

Prima condiție la limită este condiția de limită adiabatică, prin care se consideră că nu există gradient de temperatură la suprafață. Astfel, ultima celulă din solid se consideră a avea aceeași temperatură cu prima celulă din gaz.

A doua condiție se referă la faptul că solidul este termic subțire. Deci, temperatura pereților se modifică în timp conform ecuației:

$$T_w^{n+1} = T_w^n + \delta t_s \frac{\dot{q}_c'' + \dot{q}_r''}{\rho_s c_s \delta} \quad (7.40)$$

unde  $T_w$  este temperatura peretelui și  $\delta t_s$  este pasul de iterare în timp.

A treia condiție se referă la solidul gros din punct de vedere termic. În acest caz se realizează un calcul de transfer de căldură pentru fiecare celulă. Temperatura evoluează în timp conform unei scheme implicite (Cranck - Nicholson) pentru ( $1 \leq i \leq N$ ) conform relației:

$$\begin{aligned} \frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\delta t} = \\ = \frac{1}{2(\rho_s c_s)_i \delta x_i} \left( k_{i+\frac{1}{2}} \frac{T_{i+1}^n - T_i^n}{\delta x_{i+\frac{1}{2}}} - k_{i-\frac{1}{2}} \frac{T_i^n - T_{i-1}^n}{\delta x_{i-\frac{1}{2}}} + k_{i+\frac{1}{2}} \frac{T_{i+1}^{n+1} - T_i^{n+1}}{\delta x_{i+\frac{1}{2}}} - k_{i-\frac{1}{2}} \frac{T_i^{n+1} - T_{i-1}^{n+1}}{\delta x_{i-\frac{1}{2}}} \right) \end{aligned} \quad (7.41)$$

Condiția la limită este discretizată conform expresiei:

$$-k_1 \frac{T_1^{n+1} - T_0^{n+1}}{\delta x_{\frac{1}{2}}} = \dot{q}_c'' + \dot{q}_r'' - 4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot \left( T_{\frac{1}{2}}^n \right)^3 \left( T_{\frac{1}{2}}^{n+1} - T_{\frac{1}{2}}^n \right) \quad (7.42)$$

unde  $T_{\frac{1}{2}} = \frac{T_1 + T_0}{2}$  este temperatura feței anterioare.

Termenul de emisie prin radiație este aproximat prin liniarizare conform relației:

$$\left(T_{\frac{1}{2}}^{n+1}\right)^4 - \left(T_{\frac{1}{2}}^n\right)^4 \approx 4\left(T_{\frac{1}{2}}^n\right)^3\left(T_{\frac{1}{2}}^{n+1} - T_{\frac{1}{2}}^n\right) \quad (7.43)$$

Temperatura peretelui este dată de relația:

$$T_w = T_{\frac{1}{2}} \quad (7.44)$$

#### 7.4. Simularea dinamică a incendiului la o clădire multifuncțională

Clădirea multifuncțională folosită pentru simulare se consideră a fi un centru comercial, parțial având regimul de înălțime P+1E. Înălțimile libere sunt de 7.10 m în zona de depozitare, 6.0 m în magazinul propriu-zis, 4.30 m la galeriile comerciale de la parter, respectiv 3.80 m la galeriile comerciale de la parter (vezi figura 7.1 și 7.2).

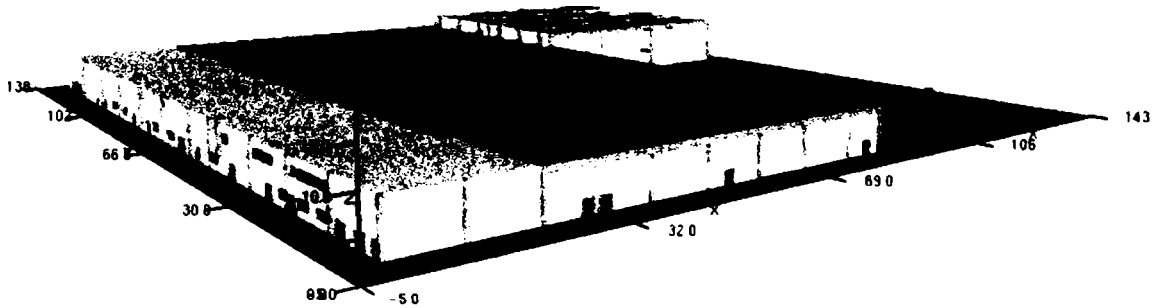


Figura 7.1 - Vedere din exteriorul clădirii multifuncționale

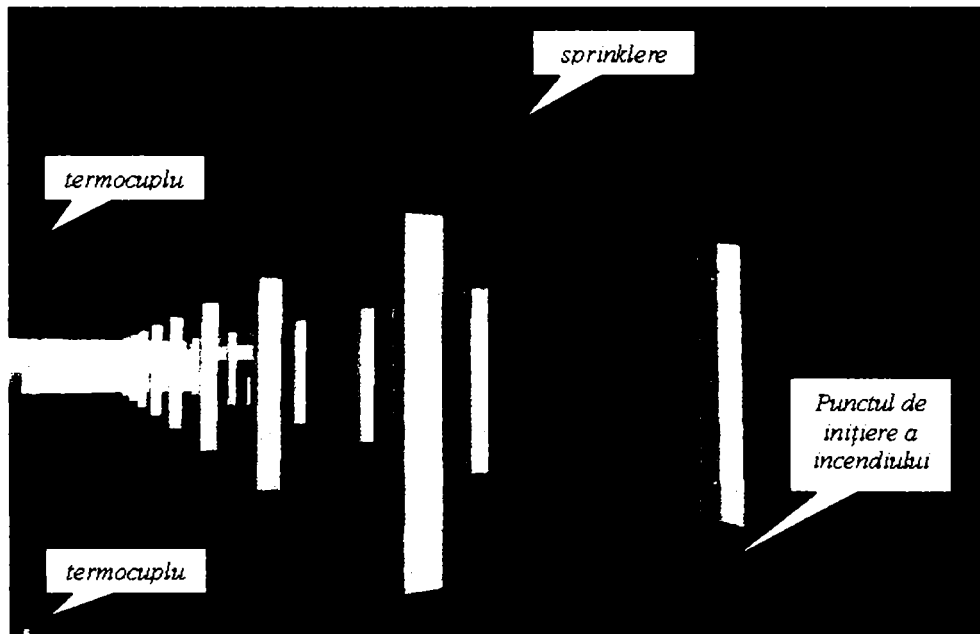


Figura 7.2 - Vedere din interiorul clădirii multifuncționale

Suprafața totală construită este de 16.182 mp, distribuiți astfel:

- 2.926 mp - spațiu de depozitare pe un singur nivel;
- 7.616 mp - magazinul propriu-zis pe un singur nivel;
- 2.820 mp - galerii comerciale la parter;
- 2.820 mp - galerii comerciale la etaj.

Am considerat 14 termocupluri amplasate după cum urmează:

- TC1 - în magazinul propriu-zis în punctul de coordonate  $(x,z,y) = (75.0, 30.0, 2.0)$ ;
- TC2 - în magazinul propriu-zis în punctul de coordonate  $(x,z,y) = (84.0, 18.0, 2.5)$ ;
- TC3 - în magazinul propriu-zis în punctul de coordonate  $(x,z,y) = (84.0, 30.0, 2.5)$ ;
- TC4 - în magazinul propriu-zis în punctul de coordonate  $(x,z,y) = (84.0, 42.0, 2.5)$ ;
- TC5 - în magazinul propriu-zis în punctul de coordonate  $(x,z,y) = (84.0, 20.0, 2.0)$ ;
- TC6 - în magazinul propriu-zis în punctul de coordonate  $(x,z,y) = (84.0, 1.0, 2.0)$ ;
- TC7 - în magazinul propriu-zis în punctul de coordonate  $(x,z,y) = (84.0, 32.5, 2.0)$  - deasupra focarului;
- TC8 - în magazinul propriu-zis în punctul de coordonate  $(x,z,y) = (84.0, 32.5, 5.0)$ ;
- TC9 - în magazinul propriu-zis în punctul de coordonate  $(x,z,y) = (75.0, 32.5, 5.0)$ ;
- TC10 - în magazinul propriu-zis în punctul de coordonate  $(x,z,y) = (84.0, 40.0, 5.0)$ ;
- TC11 - în magazinul propriu-zis în punctul de coordonate  $(x,z,y) = (84.0, 115.0, 3.0)$ ;
- TC12 - în zona de depozitare în punctul de coordonate  $(x,z,y) = (18.0, 115.0, 4.0)$ ;
- TC13 - în zona galeriilor comerciale în punctul de coordonate  $(x,z,y) = (115.0, 115.0, 3.0)$ ;
- TC14 - în magazinul propriu-zis în punctul de coordonate  $(x,z,y) = (40.0, 100.0, 4.0)$ ;

Se vor simula două situații de incendiu (**STUDII DE CAZ**):

- A.** Clădire multifuncțională fără trape de evacuare;
- B.** Clădire multifuncțională cu trape de evacuare a fumului în suprafață totală de aproximativ 1% din suprafața totală a căderii.

Ipoteze de simulare pentru cele două studii de caz:

- 1.** Trapele de evacuare a fumului se activează automat, simultan cu activarea sprinklerelor.
- 2.** Punctul de pornire al incendiului se consideră a fi o casă de marcat aflată în zona magazinului propriu-zis,  $(x,z,y) = (84.0, 33.0, 0.5)$ .
- 3.** Durata de simulare a incendiului este de 900 secunde. Temperatura inițială a mediului ambiant se consideră a fi 20 °C, iar presiunea este cea atmosferică.



### A. Clădire multifuncțională fără trape de evacuare

Evoluția în timp a temperaturilor provocate de incendiu este vizualizată în figurile 7.3 – 7.16 care ilustrează grafic dependența de timp a temperaturii înregistrată de cele 14 termocupluri.

În figura 7.17 se prezintă pe un singur grafic variația temperaturii pentru toate cele 14 termocupluri.

Figurile 7.18 și 7.19 prezintă grafic variația fluxurilor de căldură, respectiv viteza de ardere pe durata simulării incendiului.

Cantitatea de combustibil și diferiți efluenți ai incendiului pe durata acestuia sunt reprezentate grafic în figurile 7.20 – 7.27.

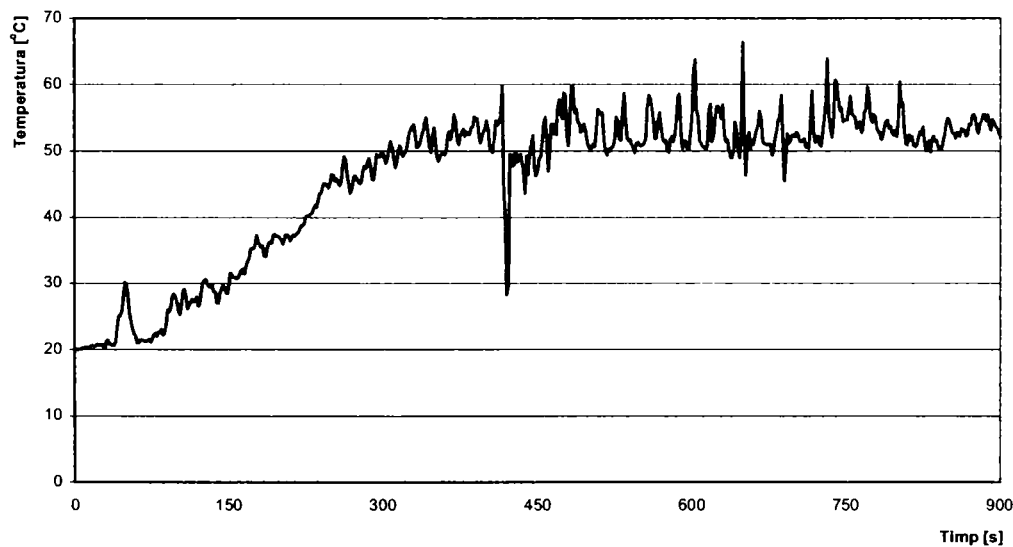


Figura 7.3 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 1  $(x,y,z)=(75.0,30.0,2.0)$

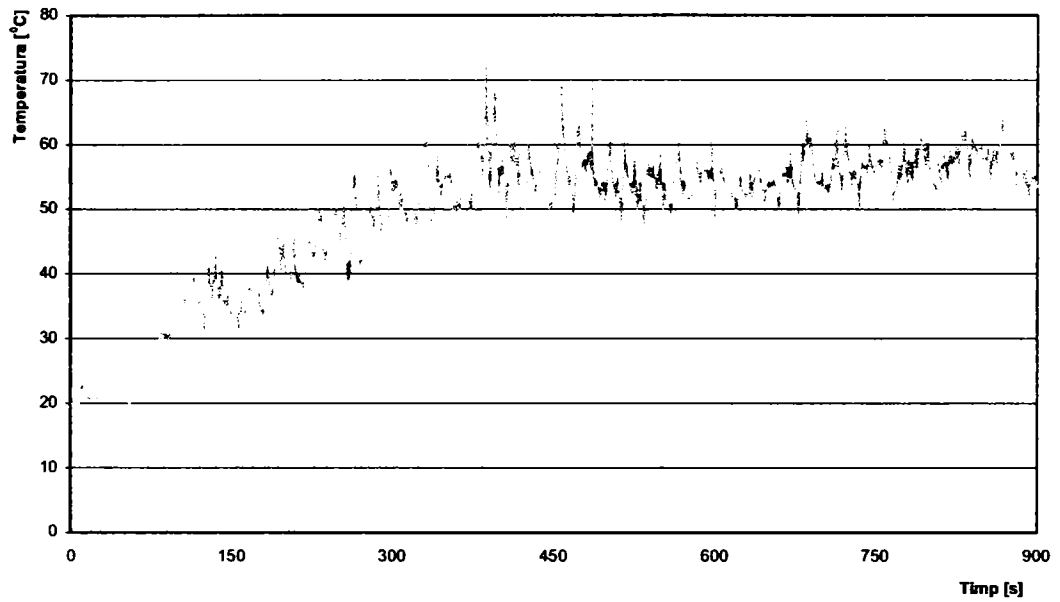


Figura 7.4 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 2  $(x,y,z)=(84.0,18.0,2.5)$

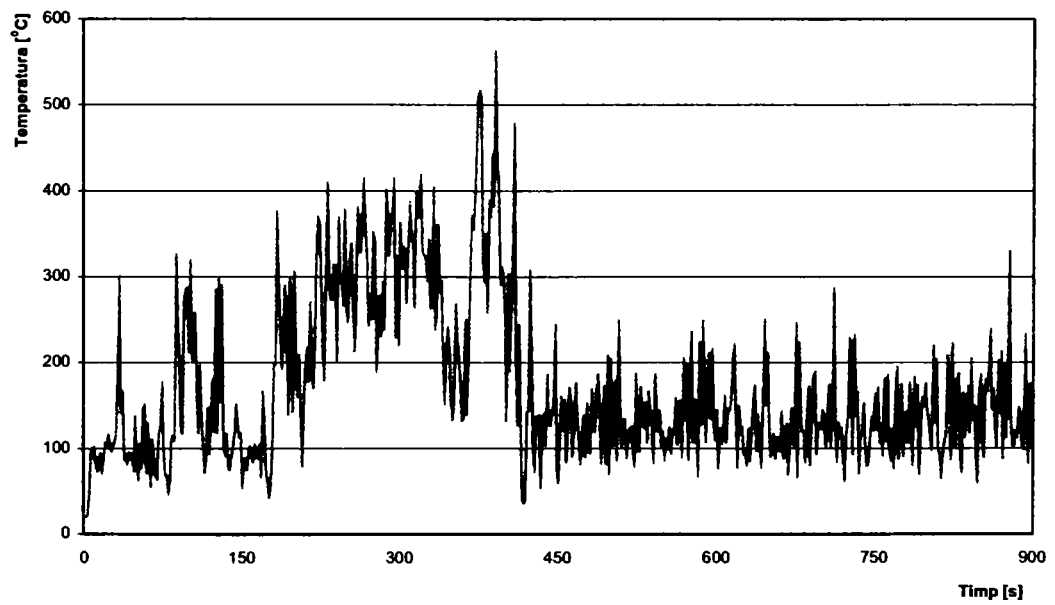


Figura 7.5 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 3  $(x,y,z)=(84.0,30.0,2.5)$

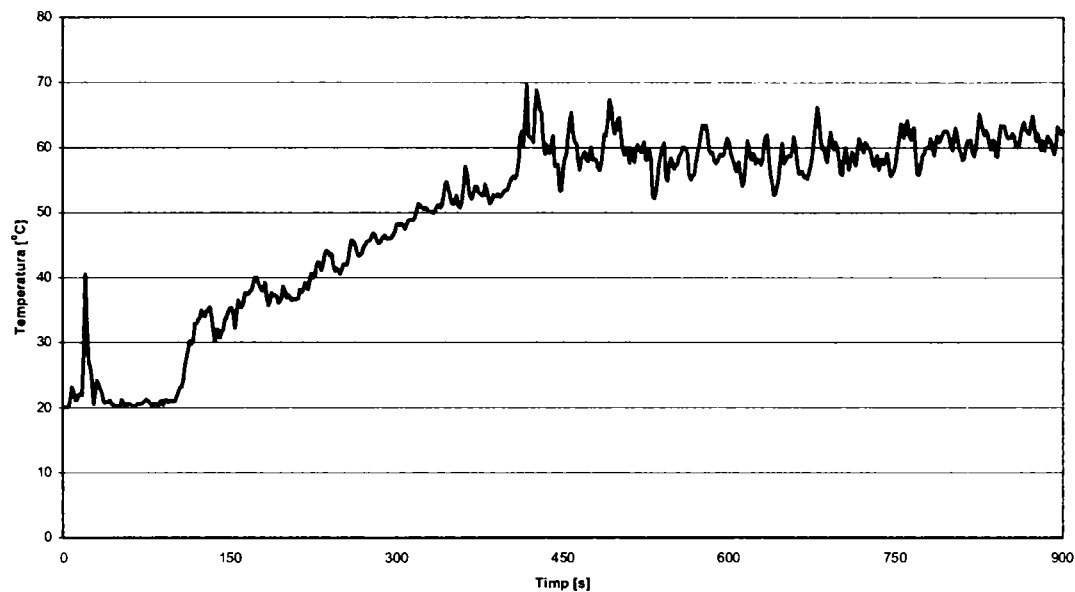


Figura 7.6 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 4  $(x,y,z)=(84.0,42.0,2.5)$

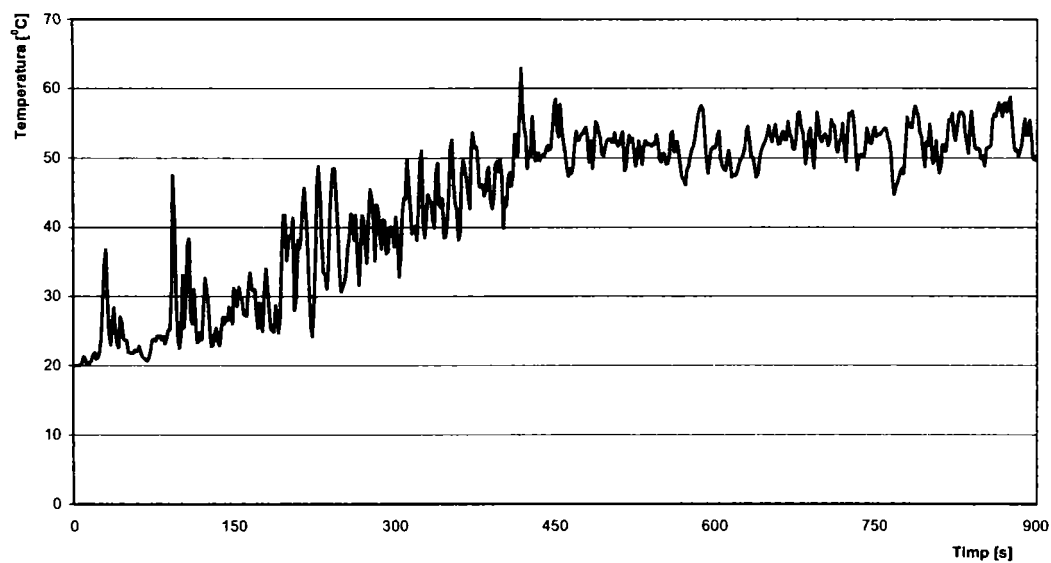


Figura 7.7 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 5  $(x,y,z)=(84.0,20.0,2.0)$

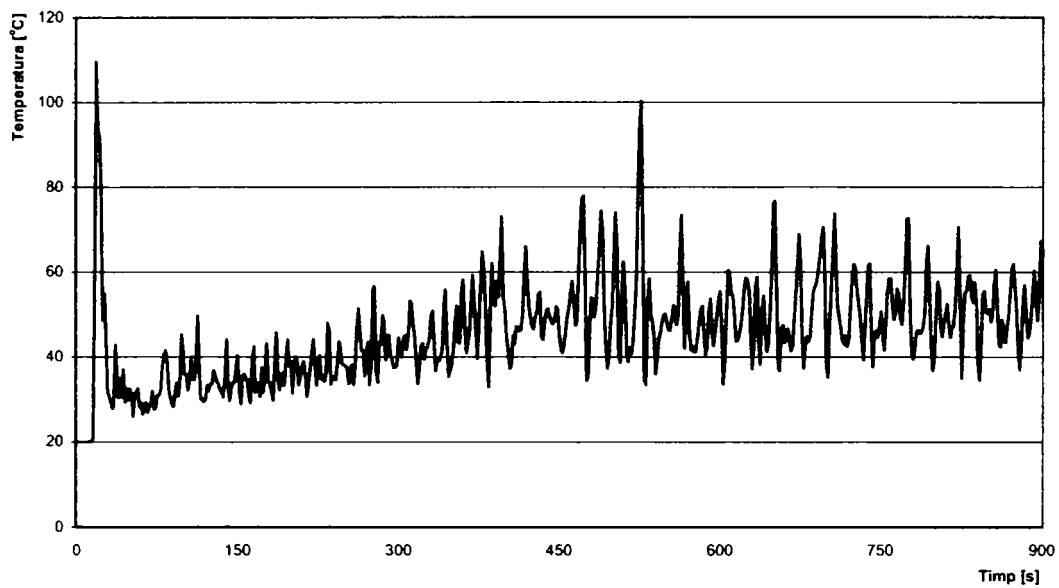


Figura 7.8 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 6  $(x,y,z)=(84.0,1.0,2.0)$

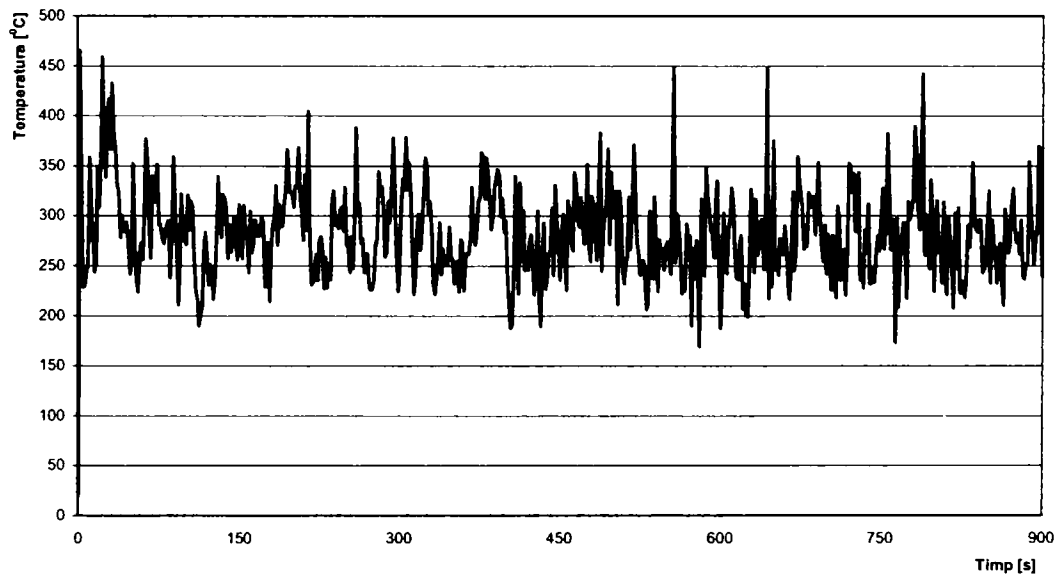


Figura 7.9 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 7  $(x,y,z)=(84.0,32.5,2.0)$

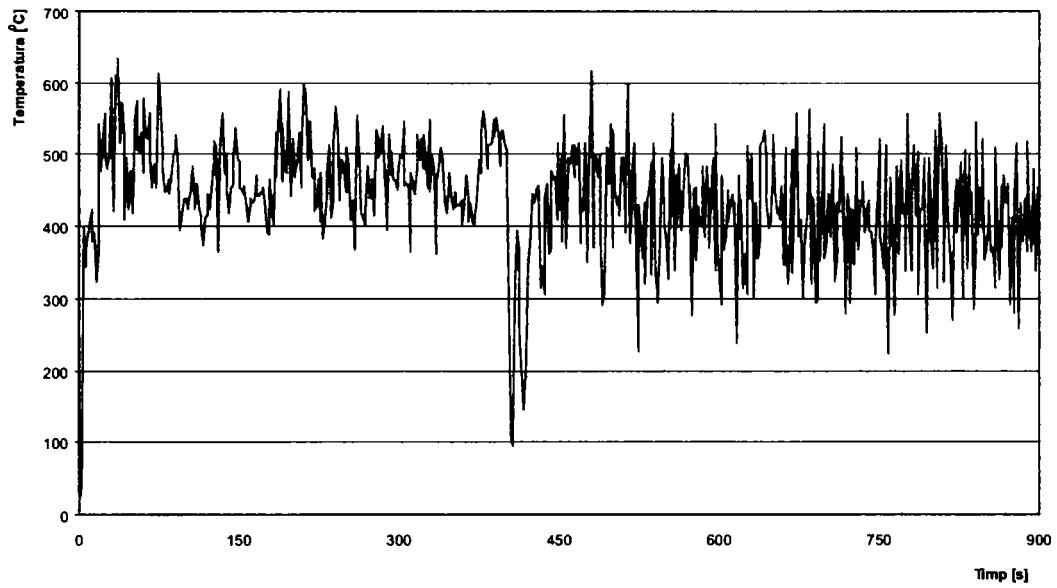


Figura 7.10 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 8  $(x,y,z)=(84.0,32.5,5.0)$

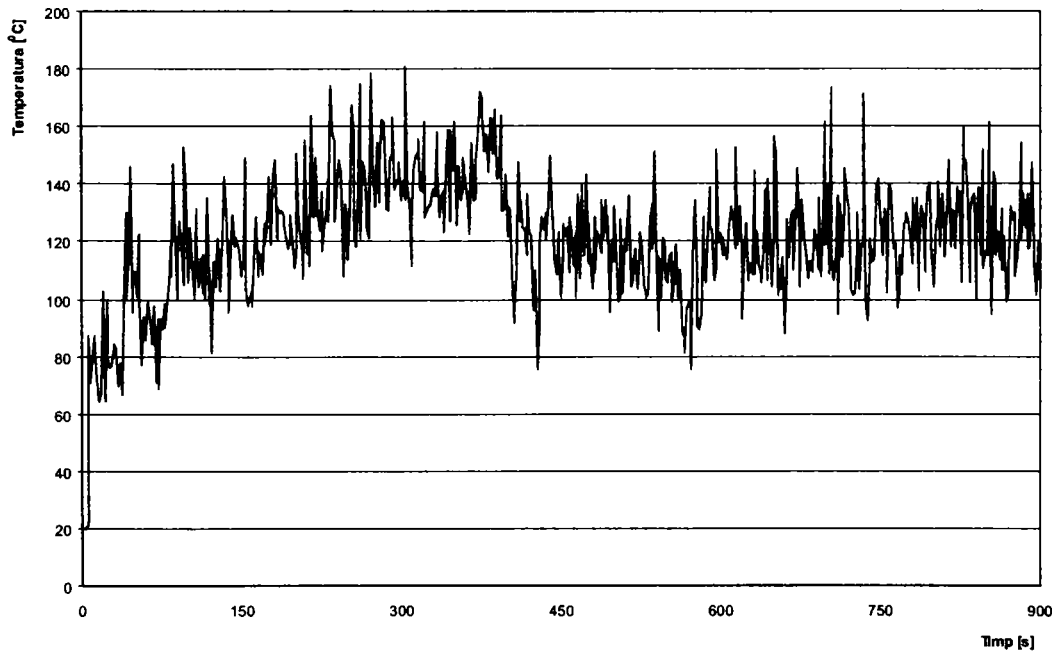


Figura 7.11 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 9  $(x,y,z)=(75.0,32.5,5.0)$

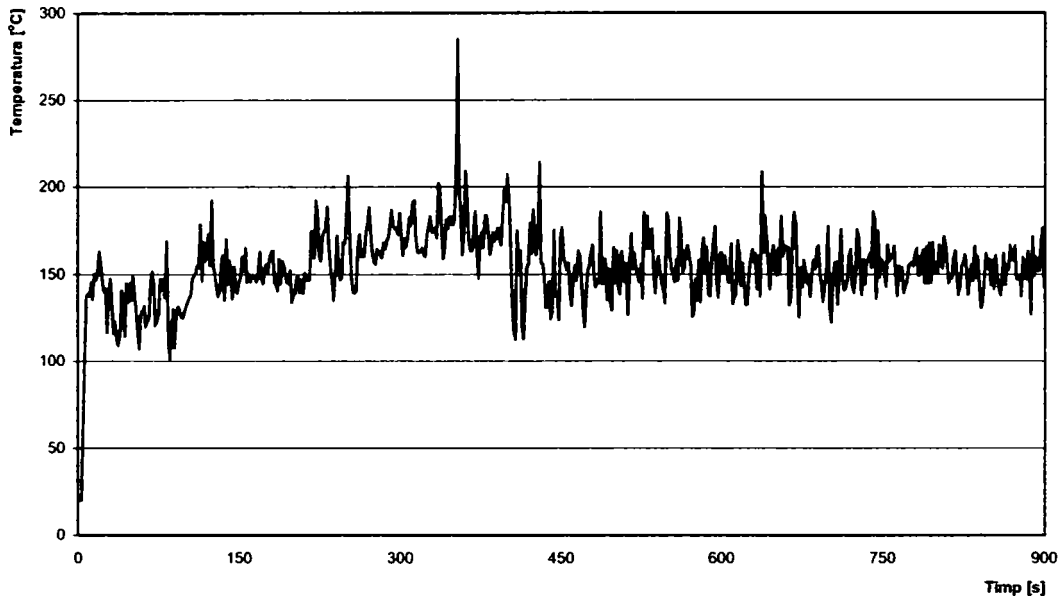


Figura 7.12 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 10  
 $(x,y,z)=(84.0,40.0,5.0)$

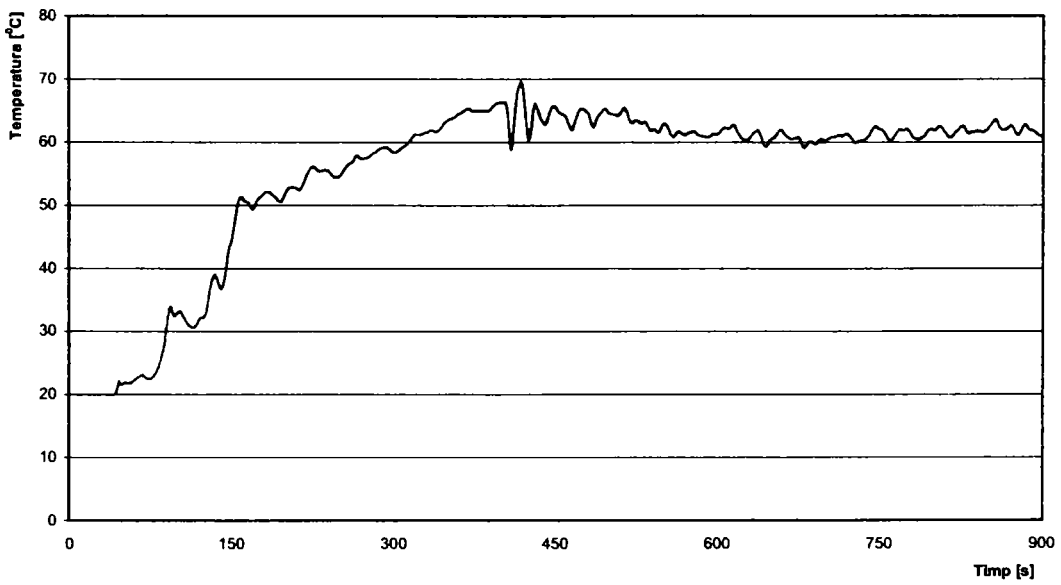


Figura 7.13 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 11  
 $(x,y,z)=(84.0,115.0,3.0)$

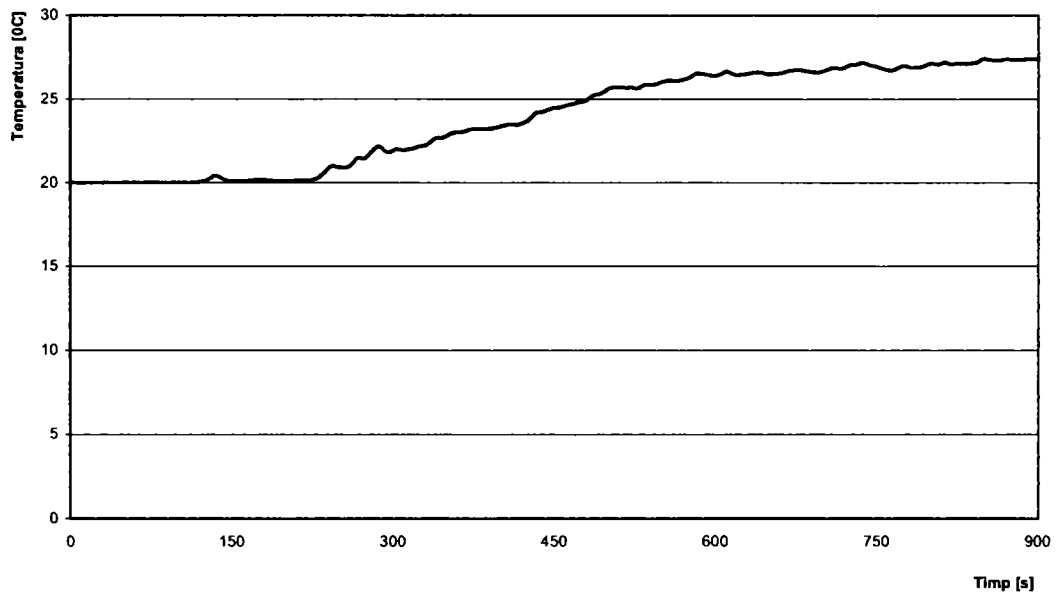


Figura 7.14 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 12  
 $(x,y,z)=(18.0,115.0,4.0)$

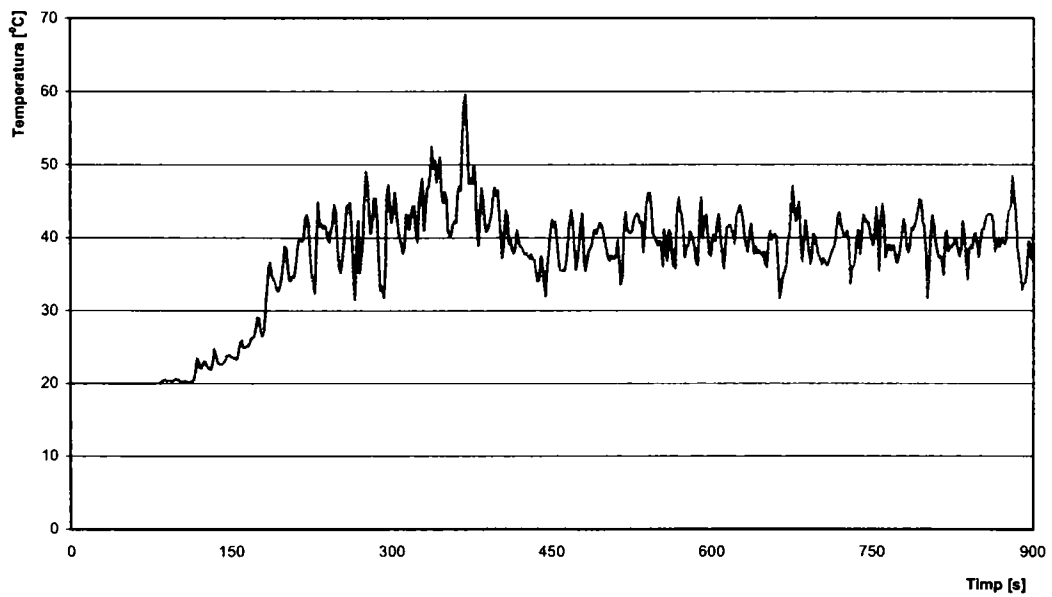


Figura 7.15 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 13  
 $(x,y,z)=(115.0,115.0,3.0)$

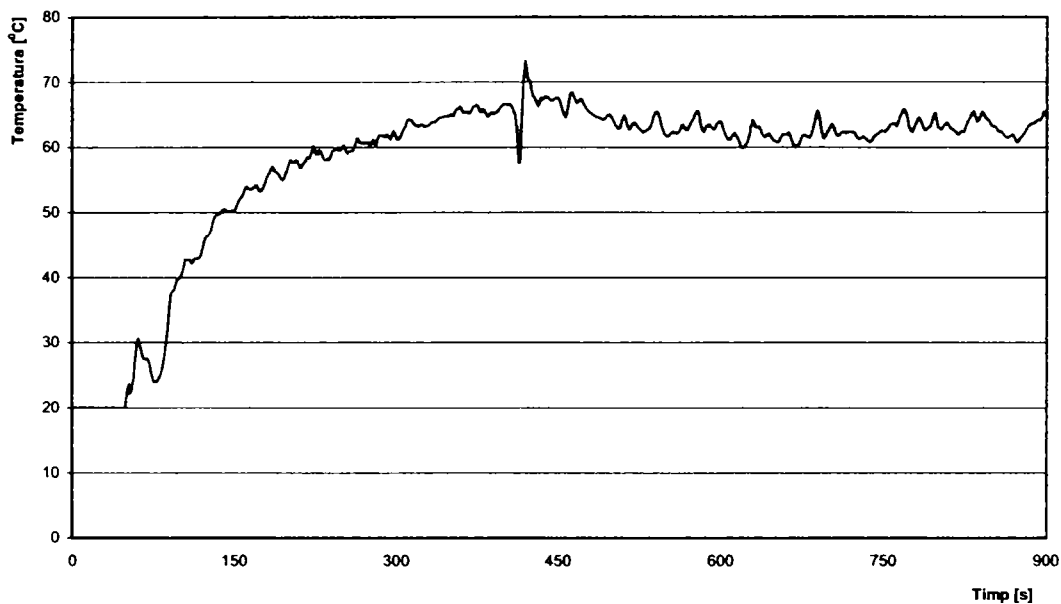


Figura 7.16 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 14  
( $x,y,z$ )=(40.0,100.0,4.0)

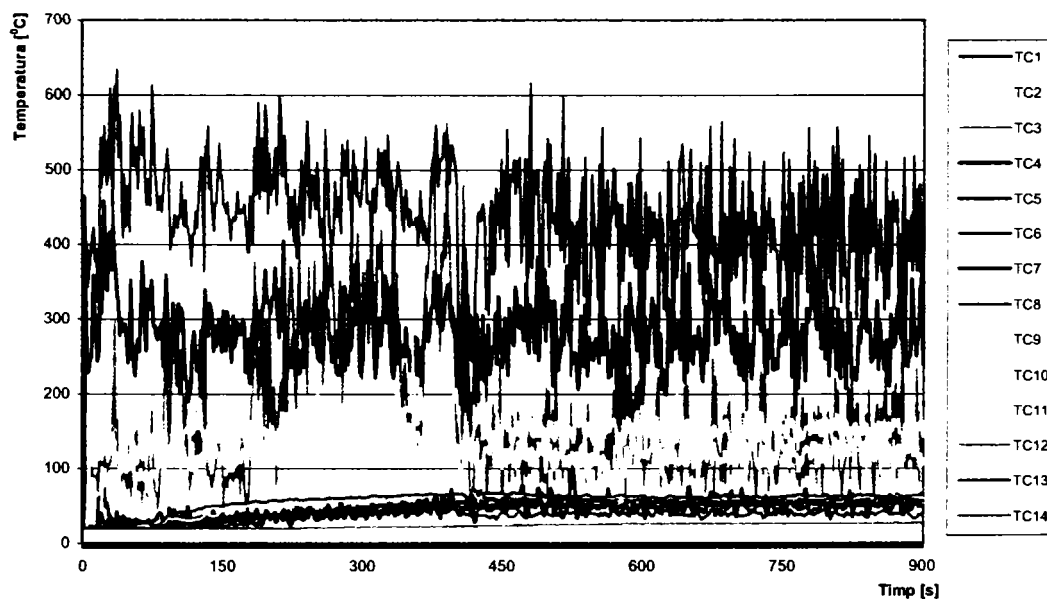


Figura 7.17 Variația în timp a temperaturii la cele 14 termocupluri pe durata incendiului



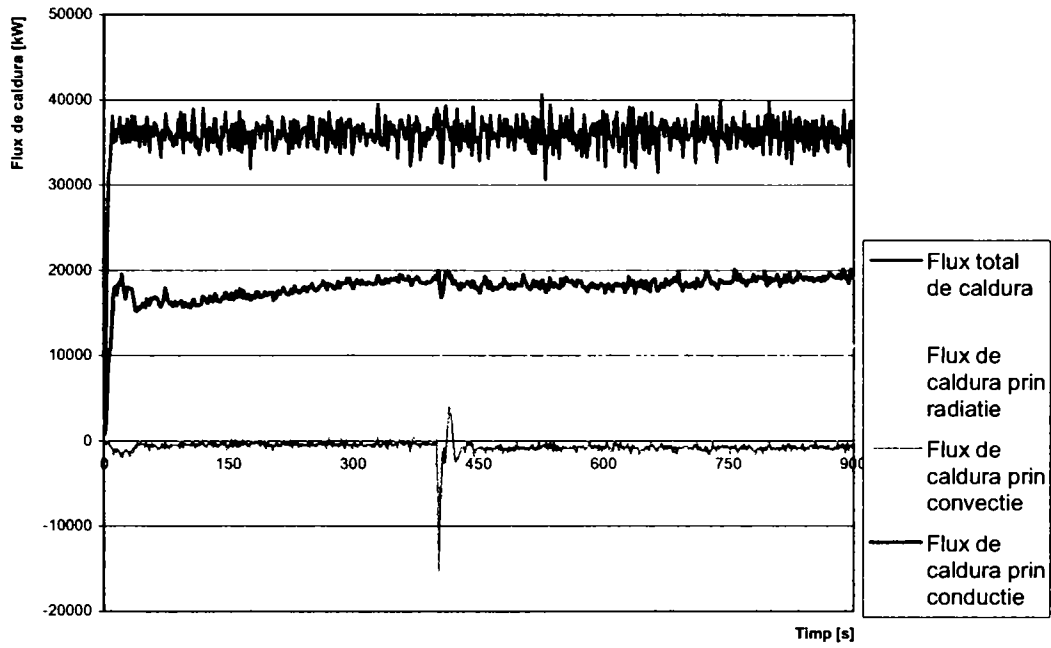


Figura 7.18 Variația fluxurilor de căldură degajate în timpul incendiului

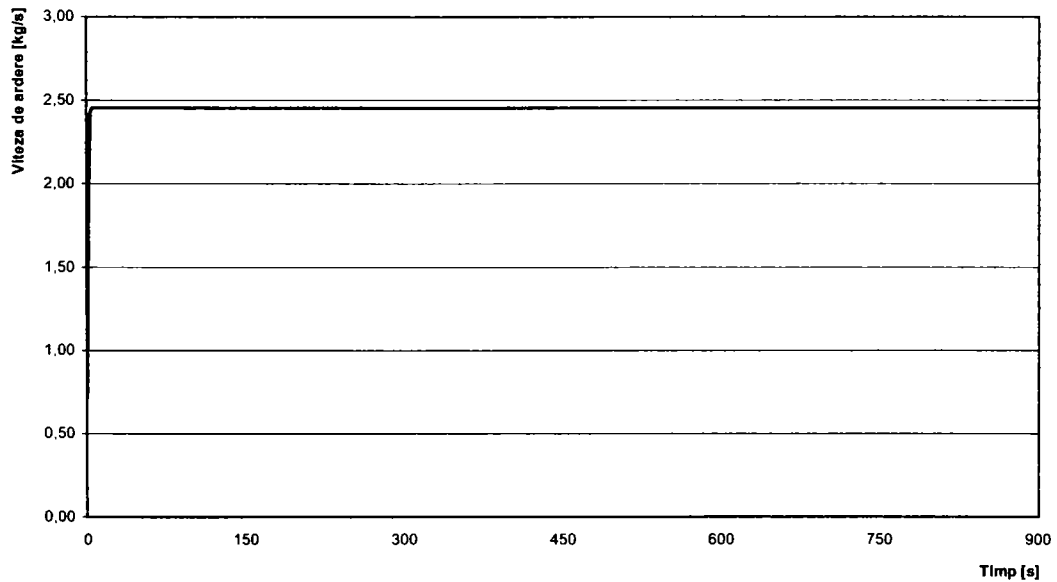


Figura 7.19 Viteza de ardere pe durata simulării incendiului

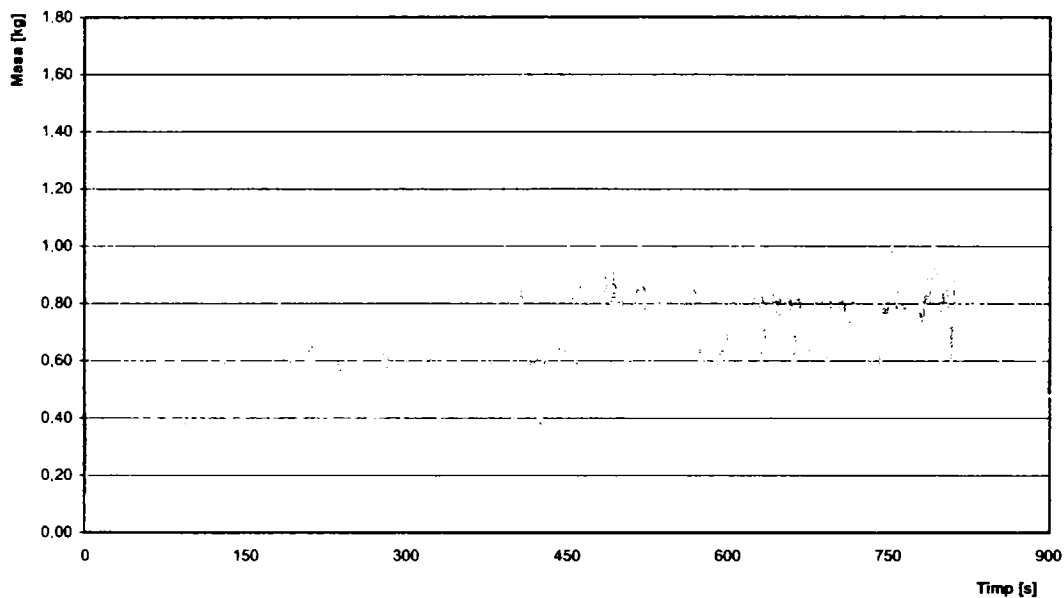


Figura 7.20 Variația masei de combustibil pe durata simulării incendiului

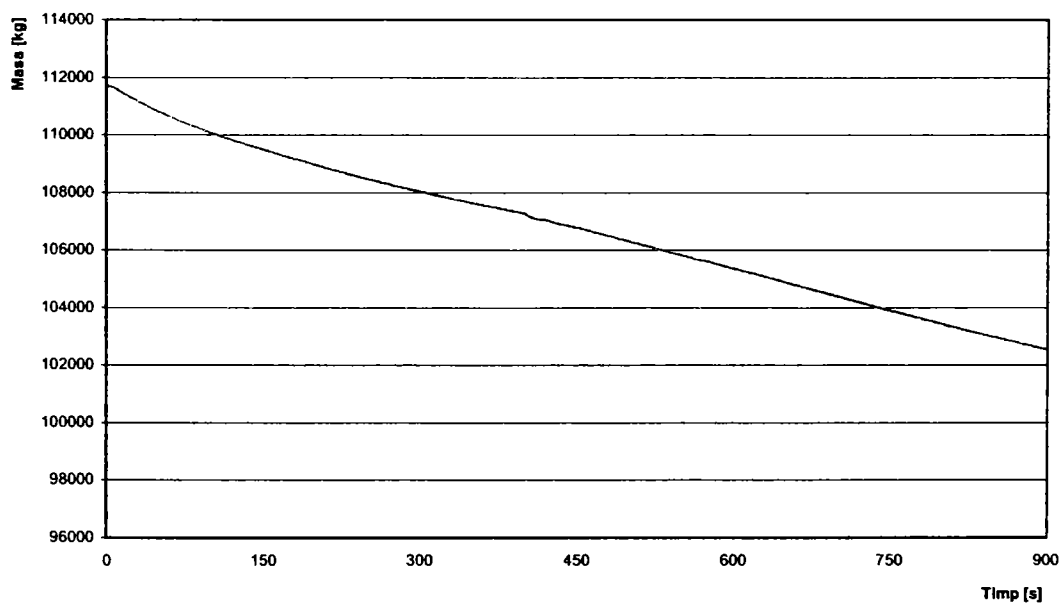


Figura 7.21 Variația masei de oxigen pe durata simulării incendiului

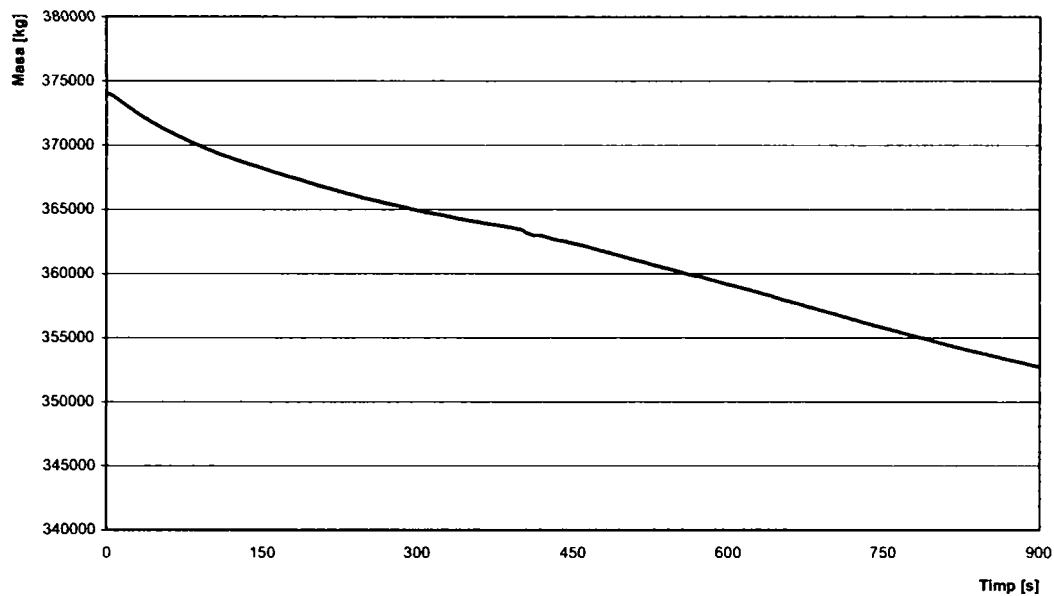


Figura 7.22 Variația masei de azot pe durata simulării incendiului

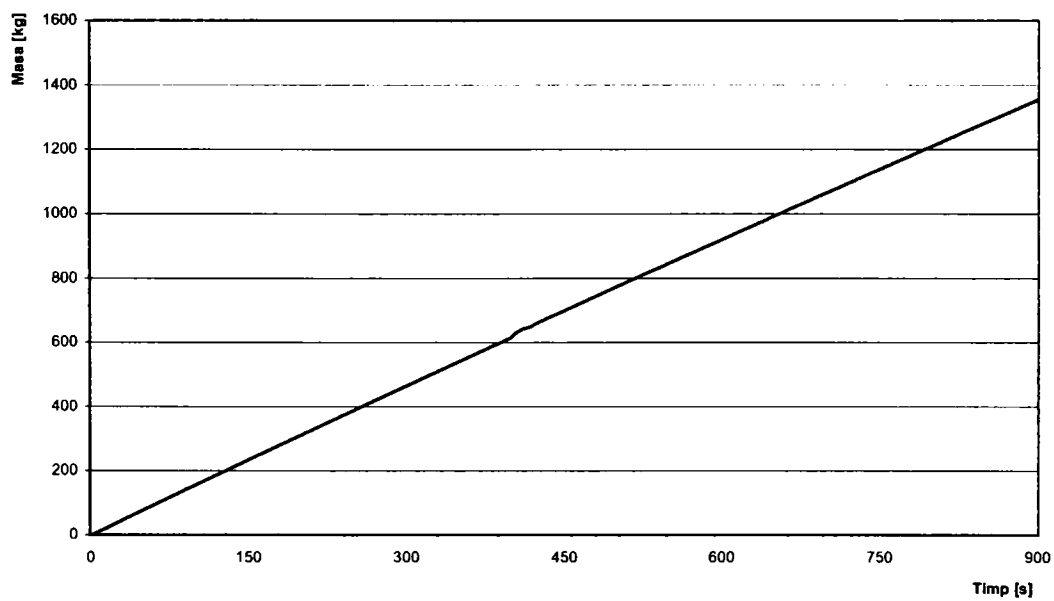


Figura 7.23 Variația masei de apă pe durata simulării incendiului

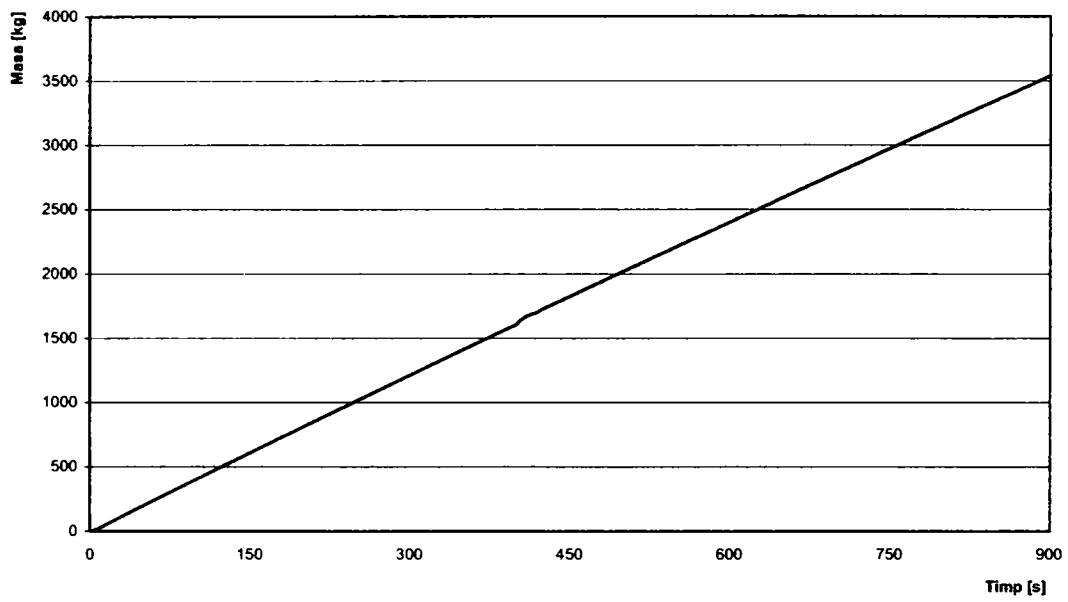


Figura 7.24 Variația masei de dioxid de carbon pe durata simulării incendiului

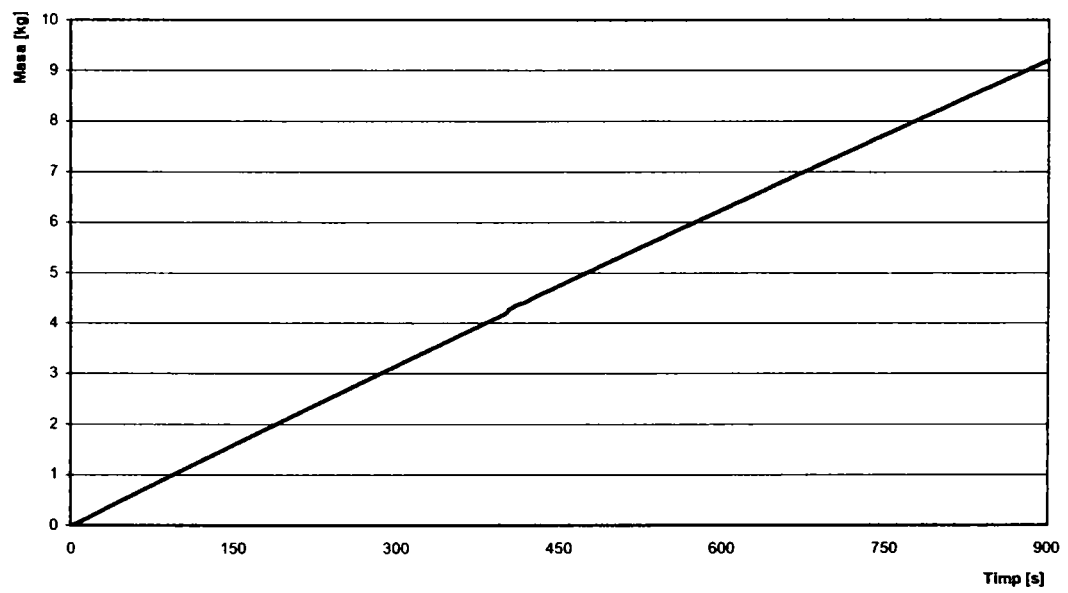


Figura 7.25 Variația masei de monoxid de carbon pe durata simulării incendiului

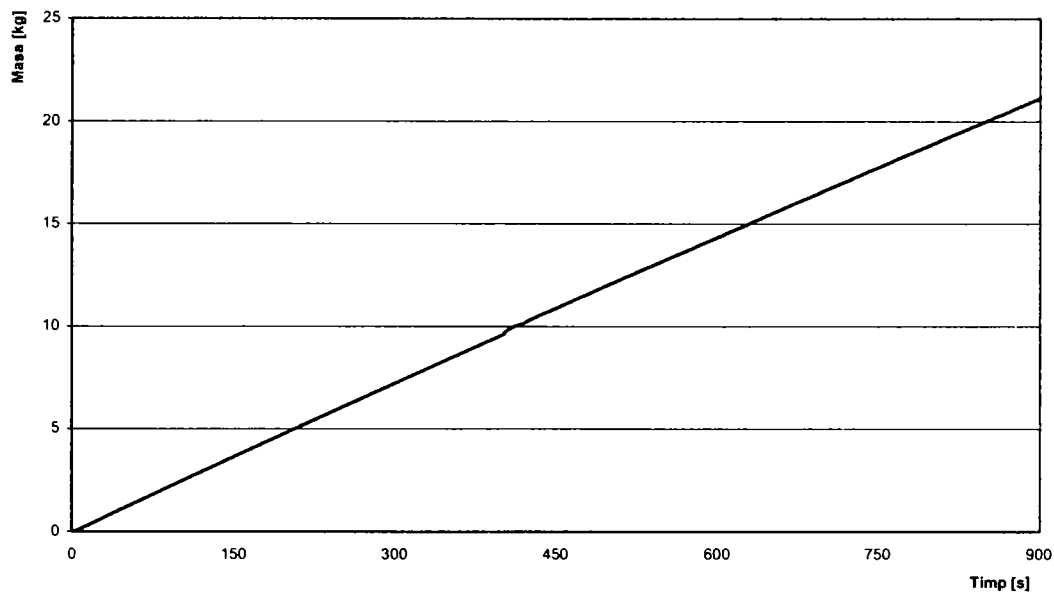


Figura 7.26 Variația masei de funingine pe durata simulării incendiului

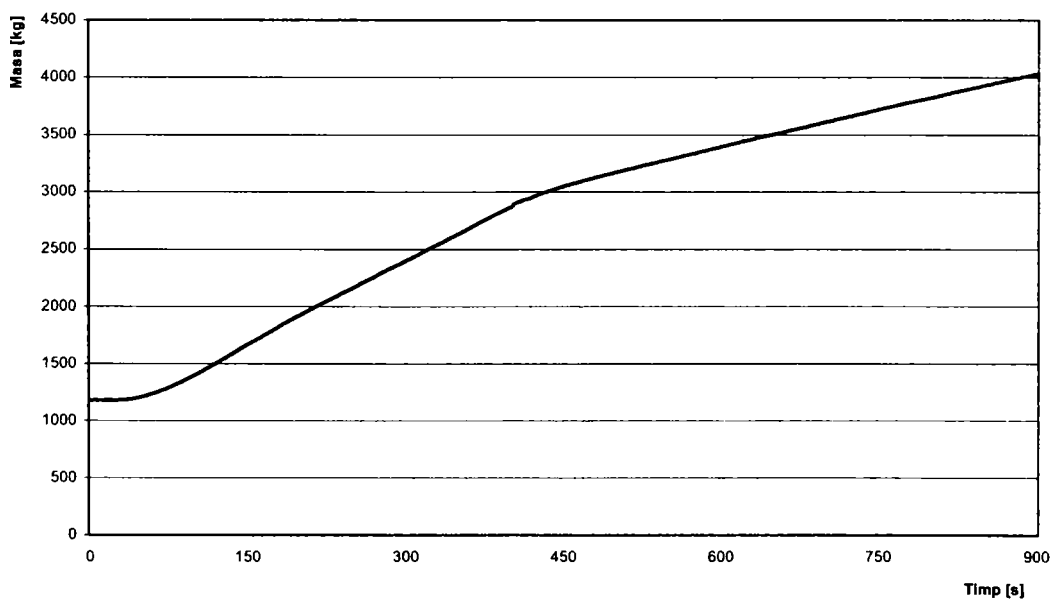


Figura 7.27 Variația masei de vapori de apă pe durata simulării incendiului

### B. Clădire multifuncțională cu trape de evacuare

Evoluția în timp a temperaturilor provocate de incendiu este vizualizată în figurile 7.28 – 7.41 care ilustrează grafic dependența de timp a temperaturii înregistrată de cele 14 termocupluri.

În figura 7.42 se prezintă pe un singur grafic variația temperaturii pentru toate cele 14 termocupluri.

Figurile 7.43 și 7.44 prezintă grafic variația fluxurilor de căldură, respectiv viteza de ardere pe durata simulării incendiului.

Cantitatea de combustibil și diferiți efluenți ai incendiului pe durata acestuia sunt reprezentate grafic în figurile 7.45 – 7.52.

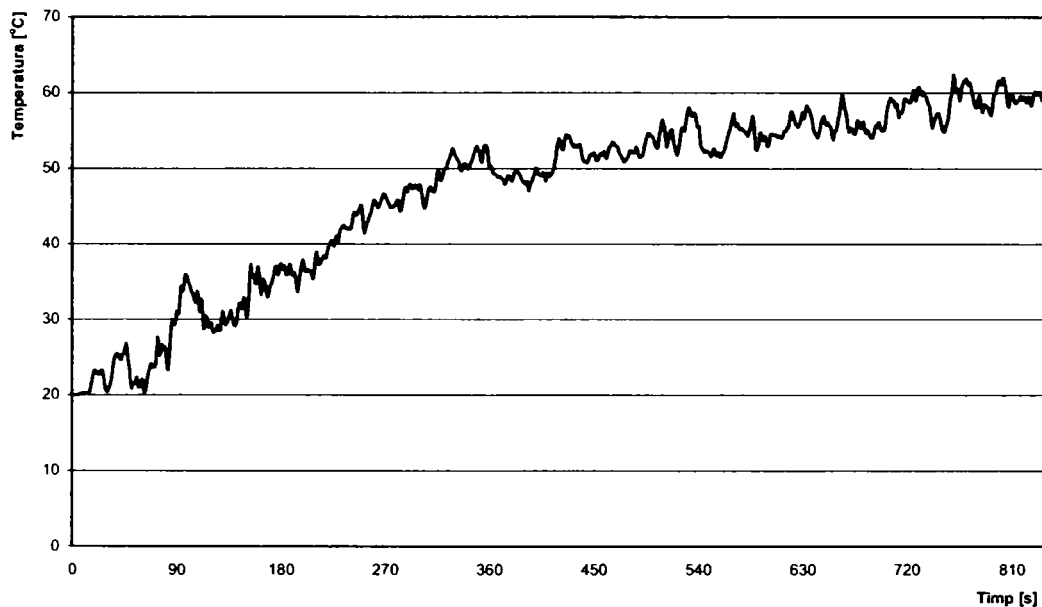


Figura 7.28 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 1  $(x,y,z)=(75.0,30.0,2.0)$

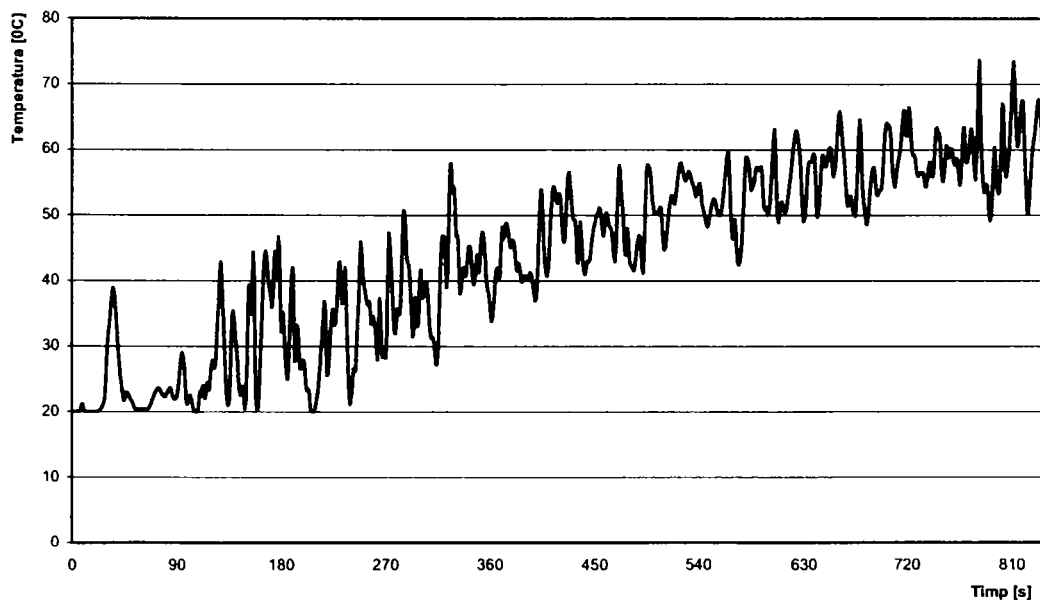


Figura 7.29 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 2  $(x,y,z)=(84.0,18.0,2.5)$

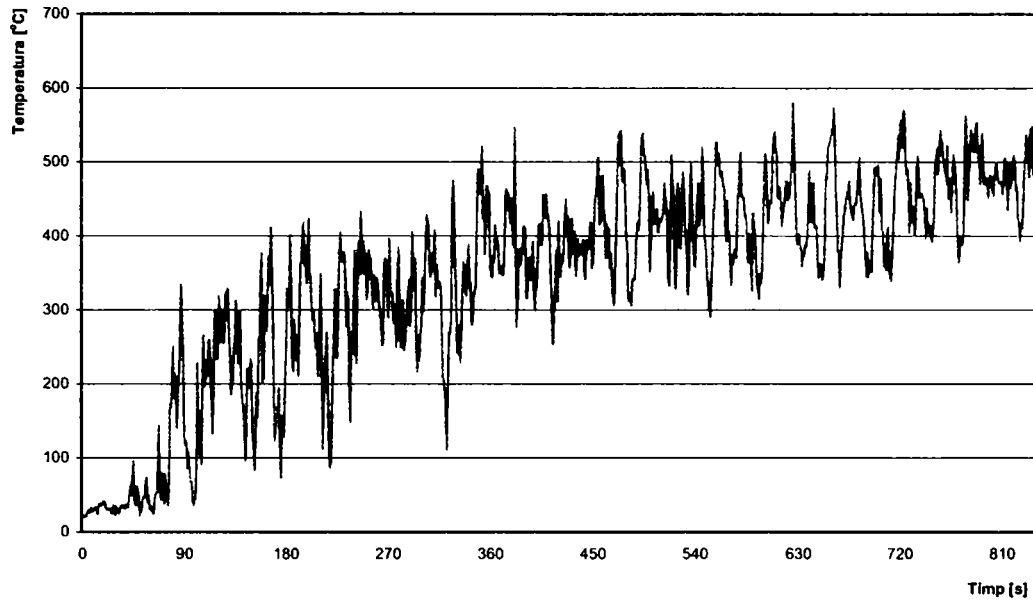


Figura 7.30 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 3  $(x,y,z)=(84.0,30.0,2.5)$

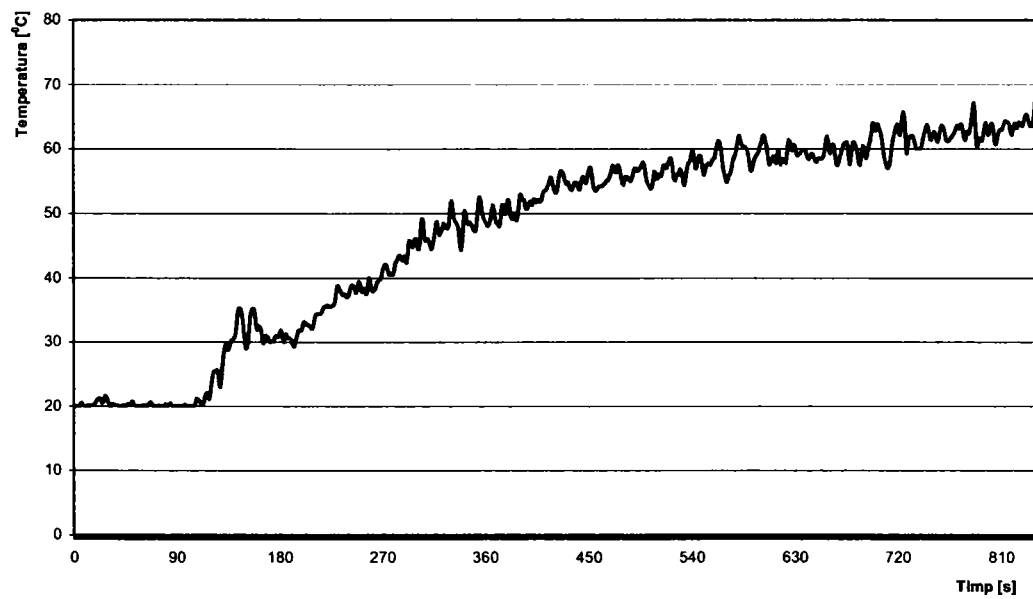


Figura 7.31 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 4  $(x,y,z)=(84.0,42.0,2.5)$

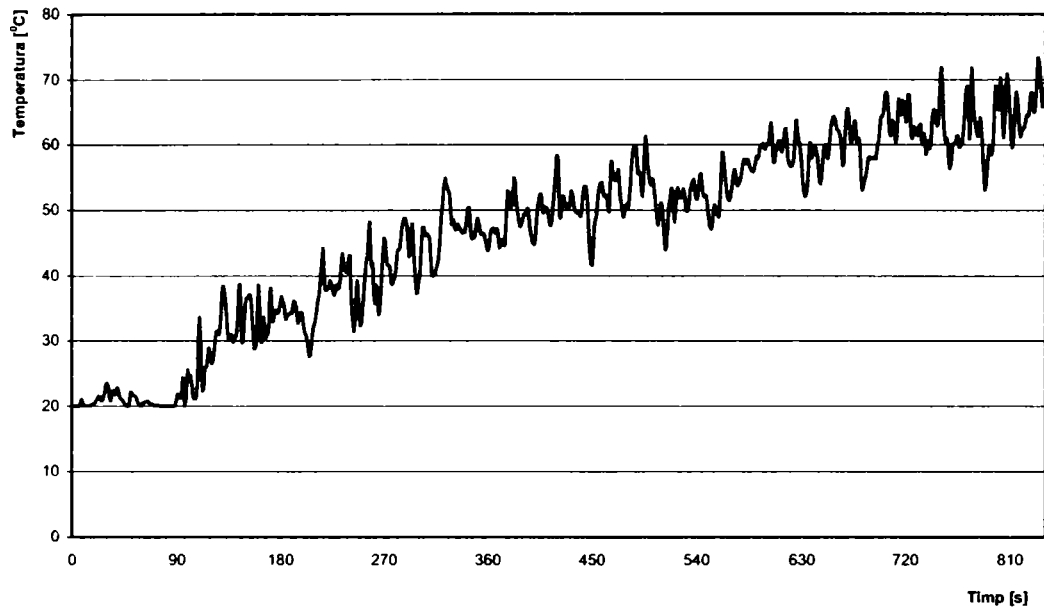


Figura 7.32 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 5  
( $x,y,z$ )=(84.0,20.0,2.0)

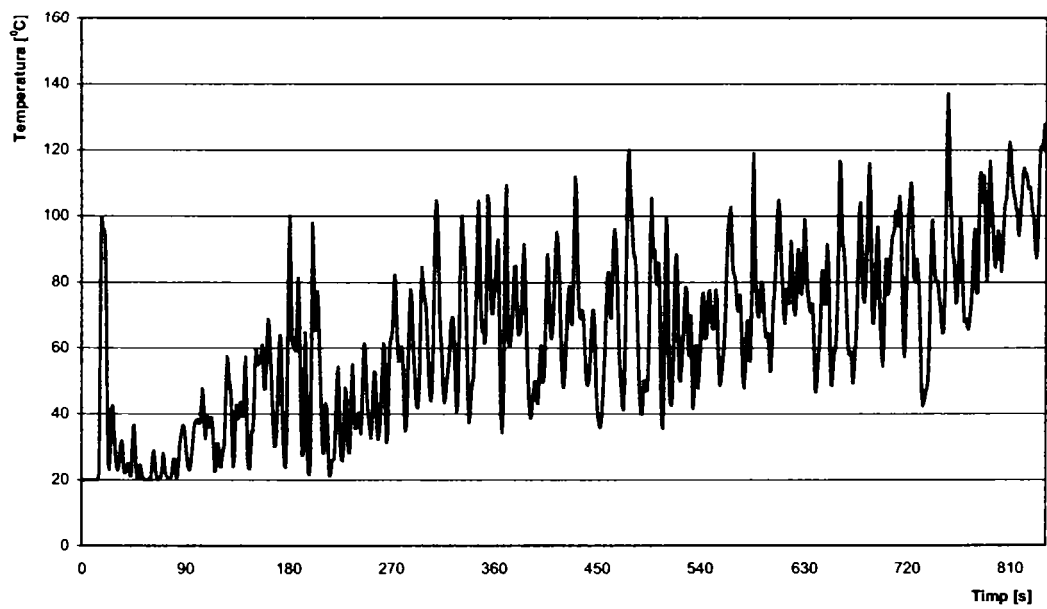


Figura 7.33 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 6 ( $x,y,z$ )=(84.0,1.0,2.0)



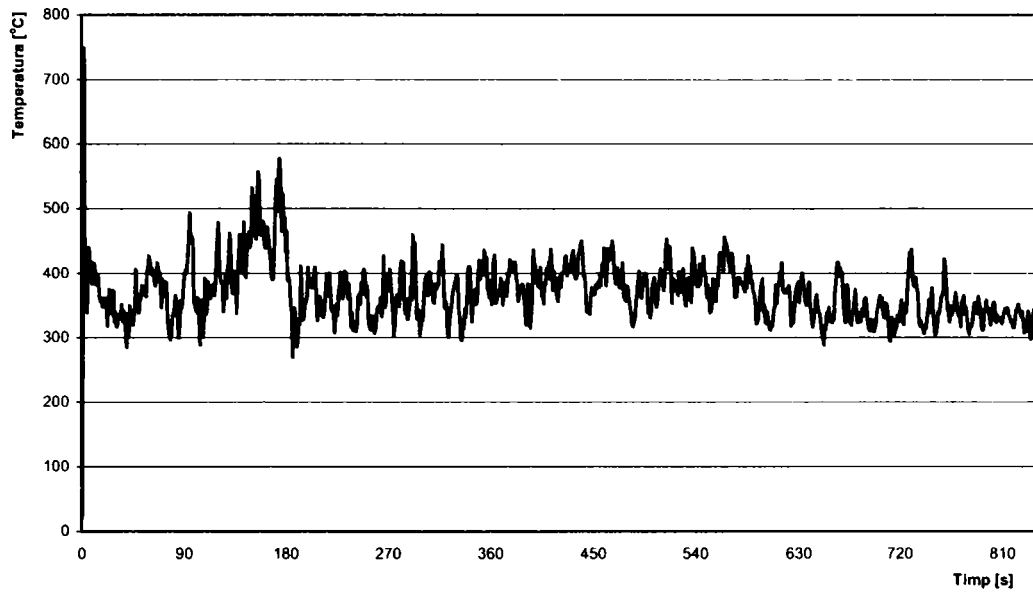


Figura 7.34 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 7  $(x,y,z)=(84.0,32.5,2.0)$

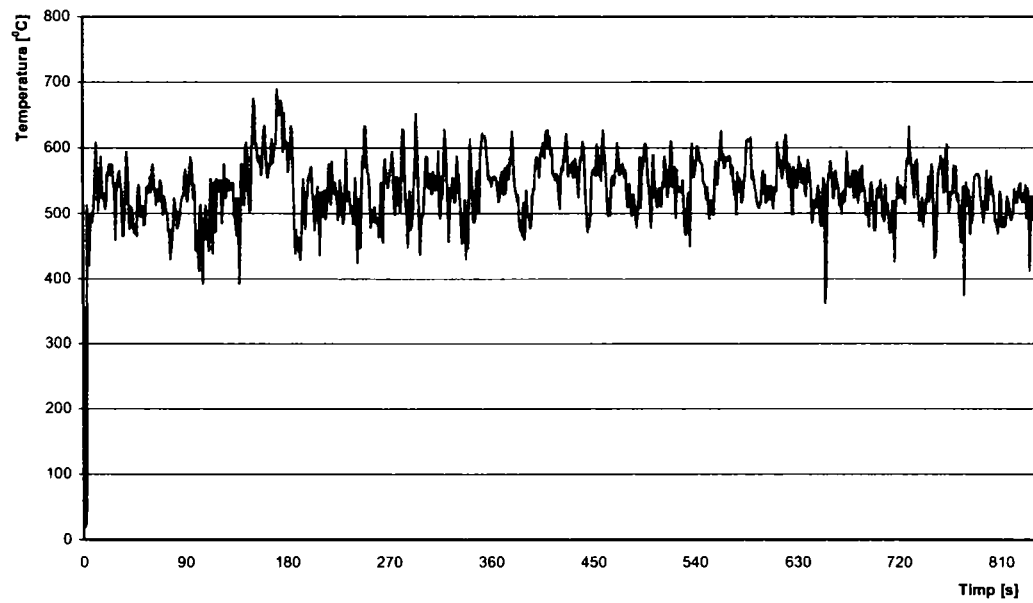


Figura 7.35 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 8  $(x,y,z)=(84.0,32.5,5.0)$

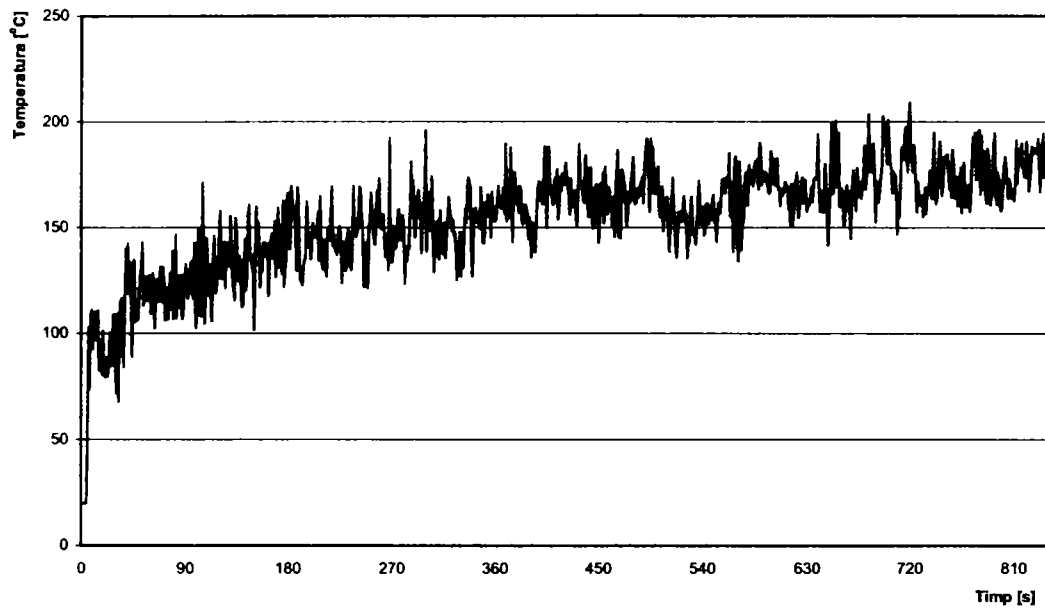


Figura 7.36 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 9  $(x,y,z)=(75.0,32.5,5.0)$

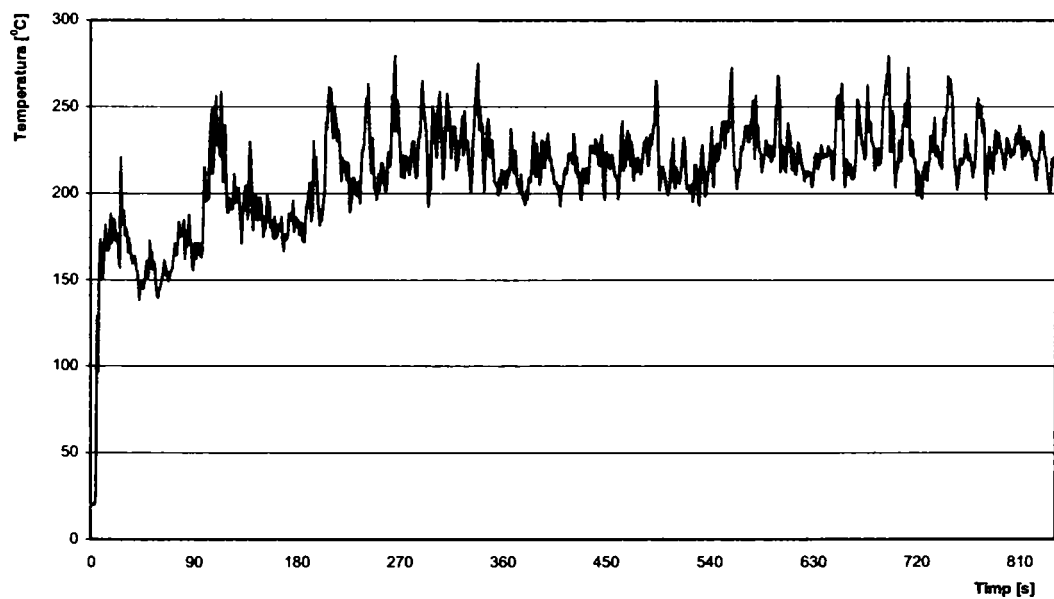


Figura 7.37 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 10  $(x,y,z)=(84.0,40.0,5.0)$

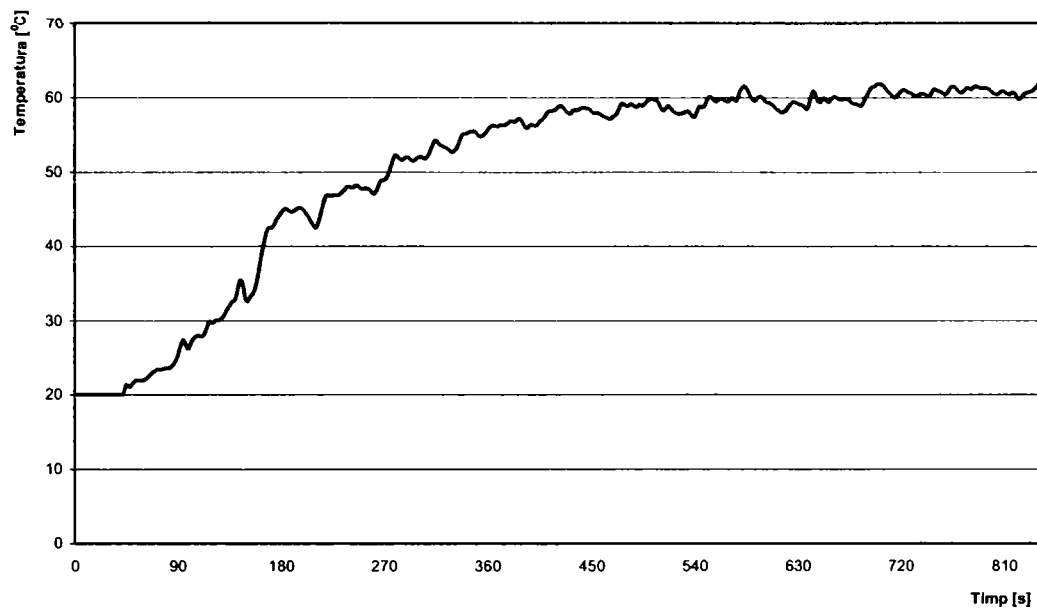


Figura 7.38 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 11  
( $x,y,z$ )=(84.0,115.0,3.0)

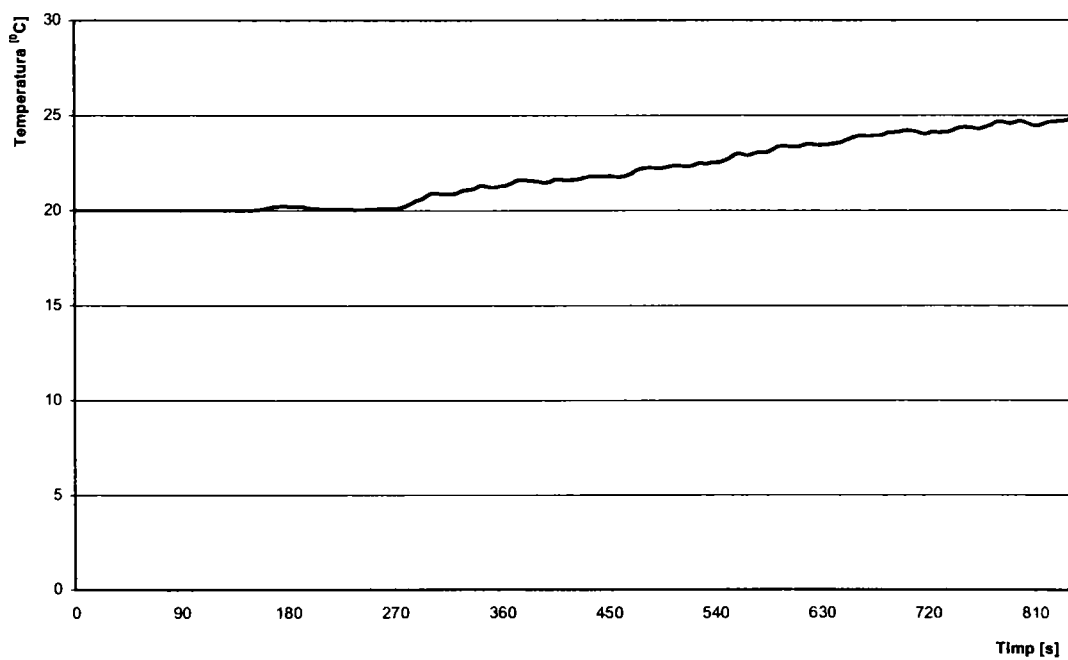


Figura 7.39 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 12  
( $x,y,z$ )=(18.0,115.0,4.0)

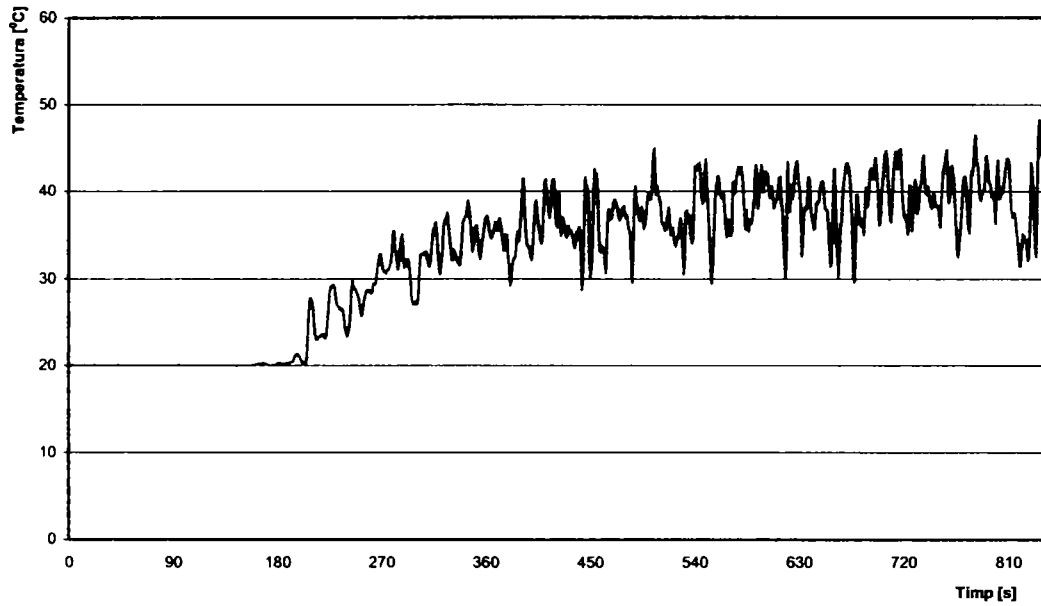


Figura 7.40 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 13  
 $(x,y,z)=(115.0,115.0,3.0)$

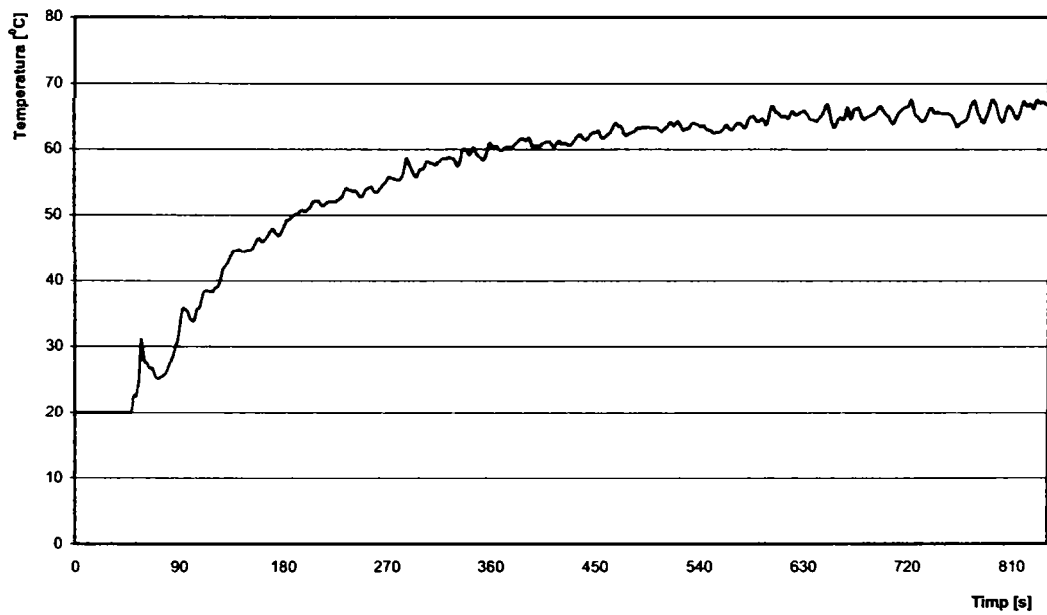


Figura 7.41 Variația temperaturii în timpul incendiului la termocuplul 14  
 $(x,y,z)=(40.0,100.0,4.0)$

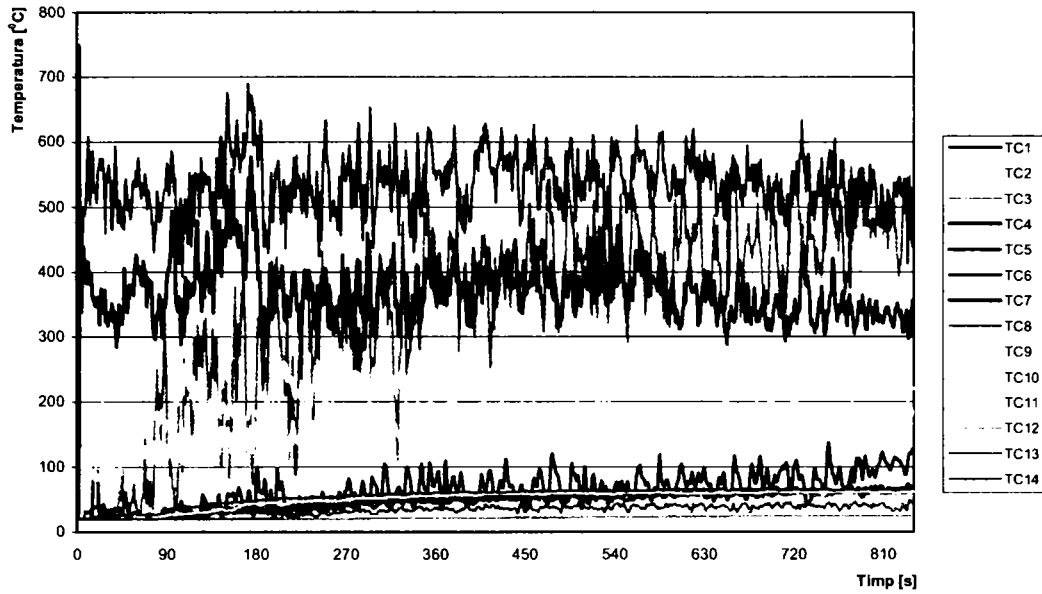


Figura 4.42 Variația în timp a temperaturii la cele 14 termocupluri pe durata incendiului

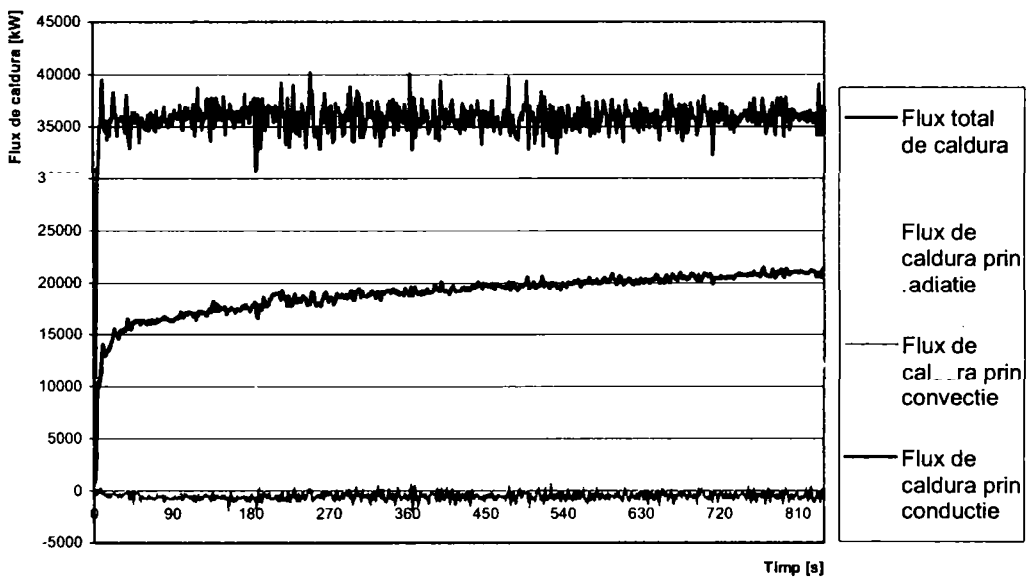


Figura 7.43 Variația fluxurilor de căldură degajate în timpul incendiului

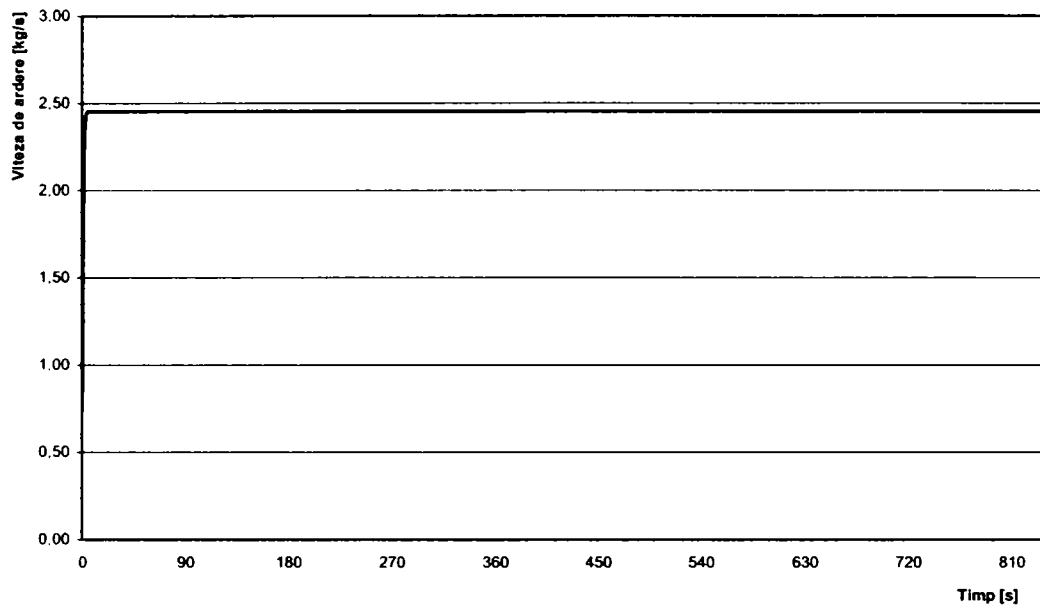


Figura 7.44 Viteza de ardere pe durata simulării incendiului

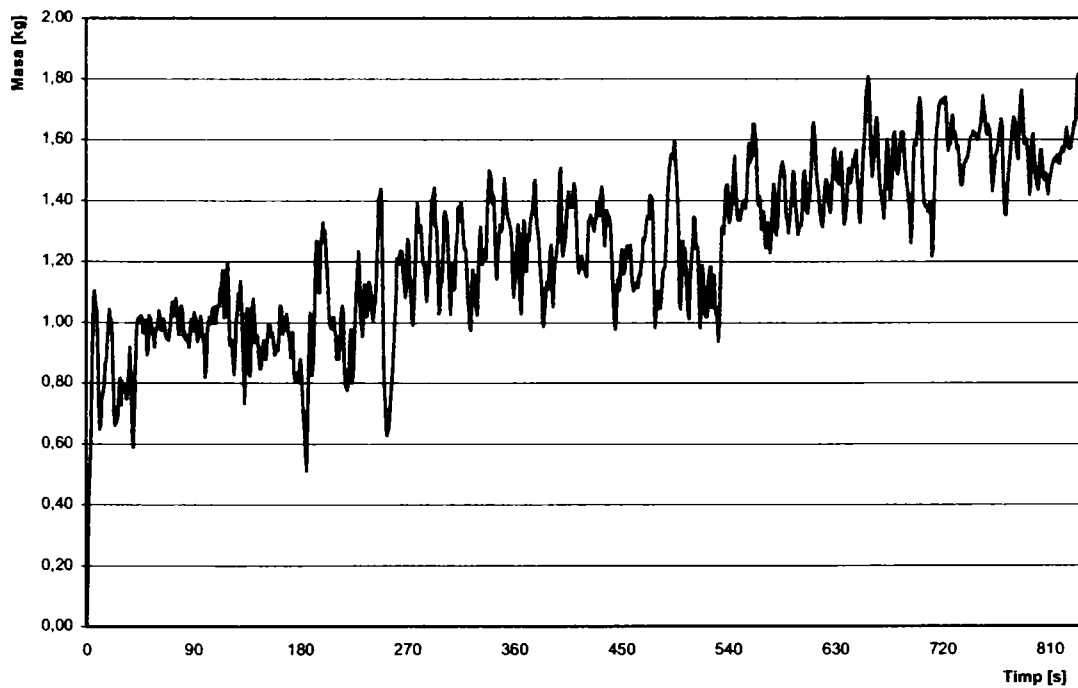


Figura 7.45 Variația masei de combustibil pe durata simulării incendiului

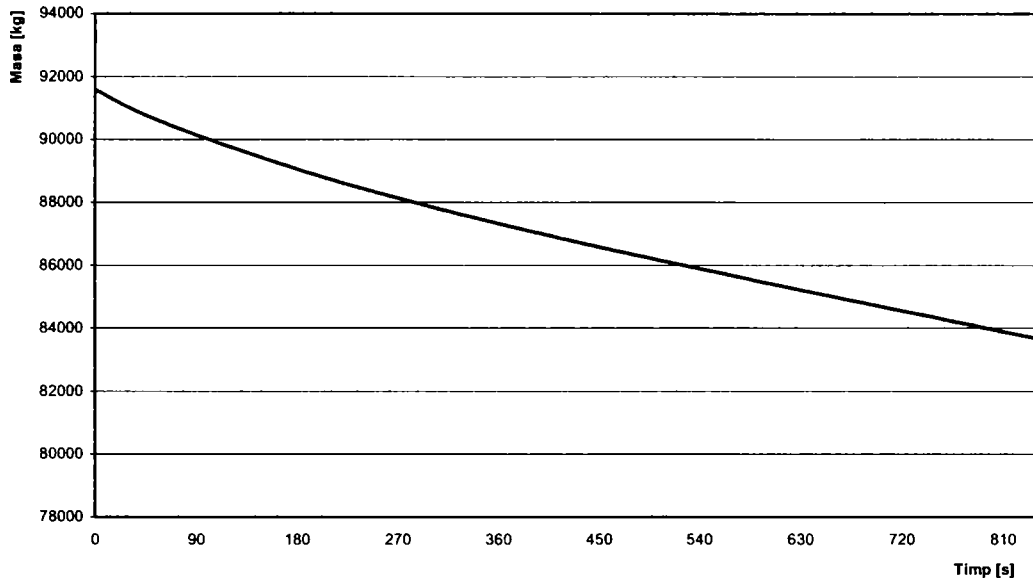


Figura 7.46 Variația masei de oxigen pe durata simulării incendiului

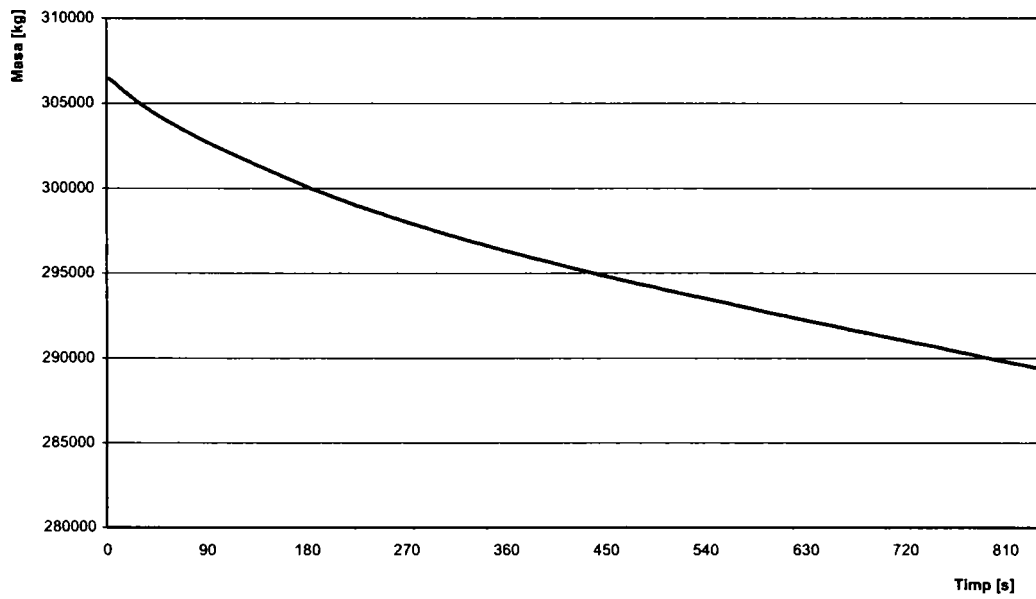


Figura 7.47 Variația masei de azot pe durata simulării incendiului

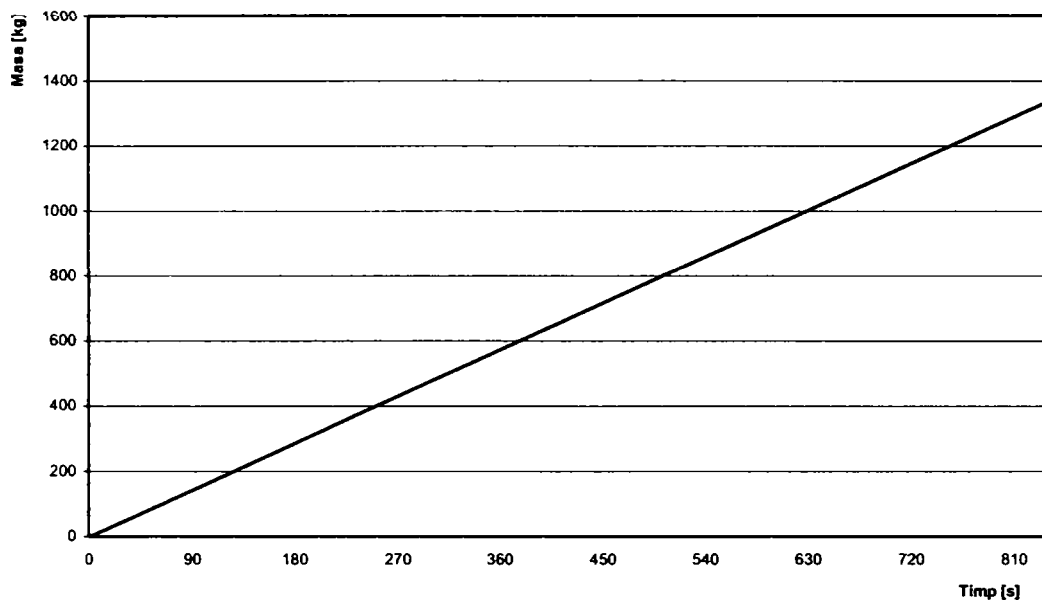


Figura 7.48 Variația masei de apă pe durata simulării incendiului

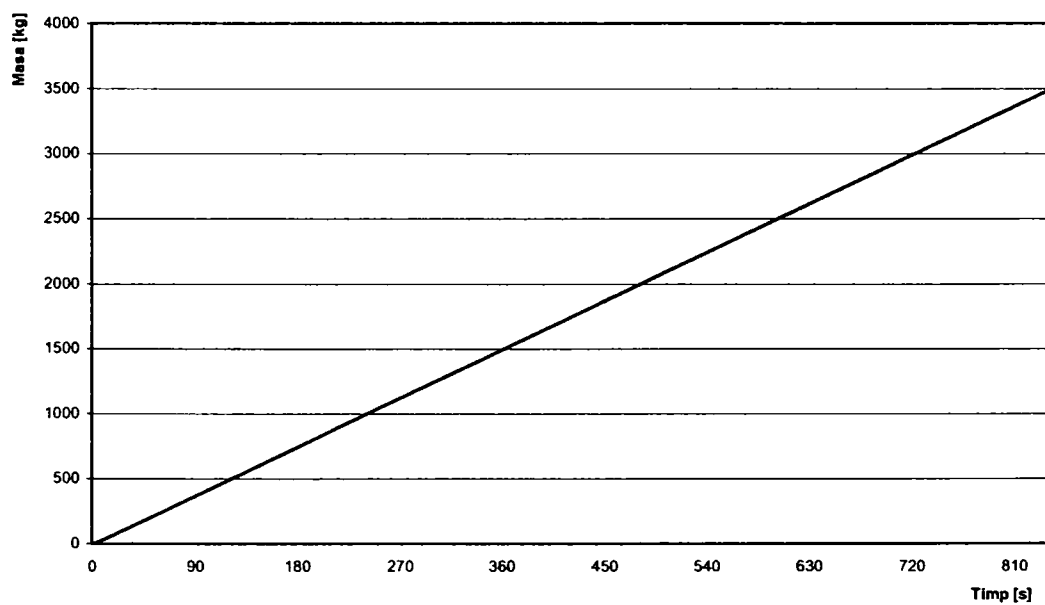


Figura 7.49 Variația masei de dioxid de carbon pe durata simulării incendiului



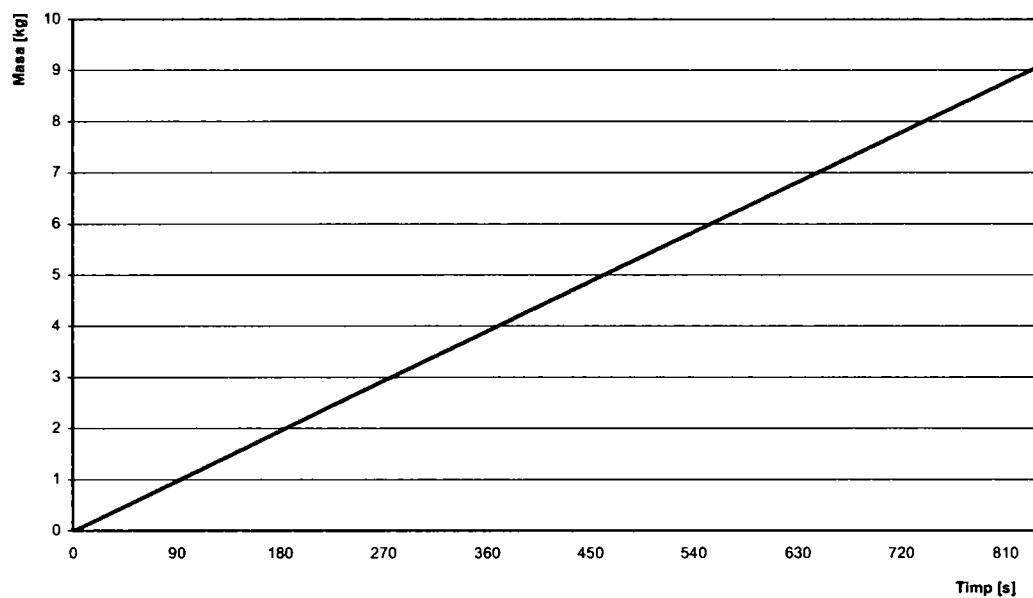


Figura 7.50 Variația masei de monoxid de carbon pe durata simulării incendiului

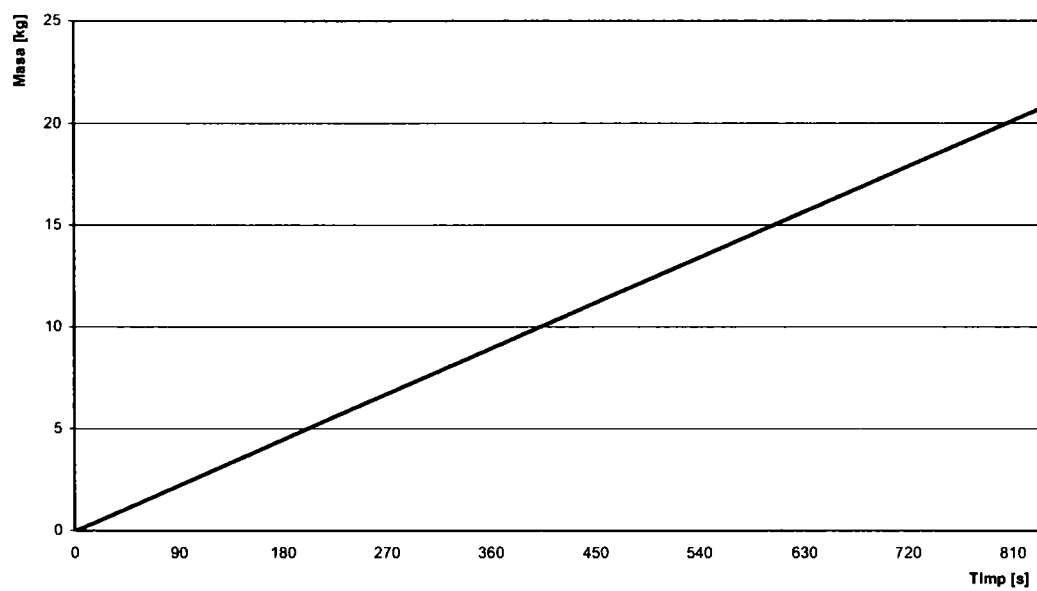


Figura 7.51 Variația masei de funingine pe durata simulării incendiului

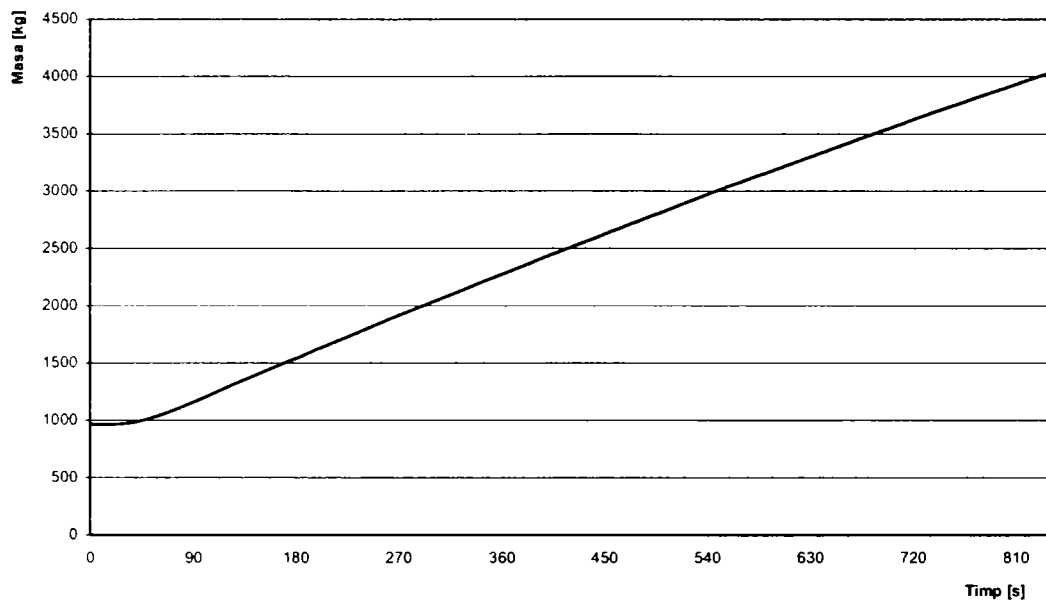


Figura 7.52 Variația masei de vapori de apă pe durata simulării incendiului

În figurile 7.53 - 7.61 sunt prezentate diferite imagini ale clădirii multifuncționale pe parcursul simulării dinamice a incendiului.



Figura 7.53 - Vedere din exteriorul clădirii incendiate la  $t = 415.5$  s de la inițierea incendiului, clădire fără trape de evacuare a fumului



Figura 7.54 - Vedere din exteriorul clădirii incendiate la  $t = 495.5$  s de la inițierea incendiului, clădire fără trape de evacuare a fumului

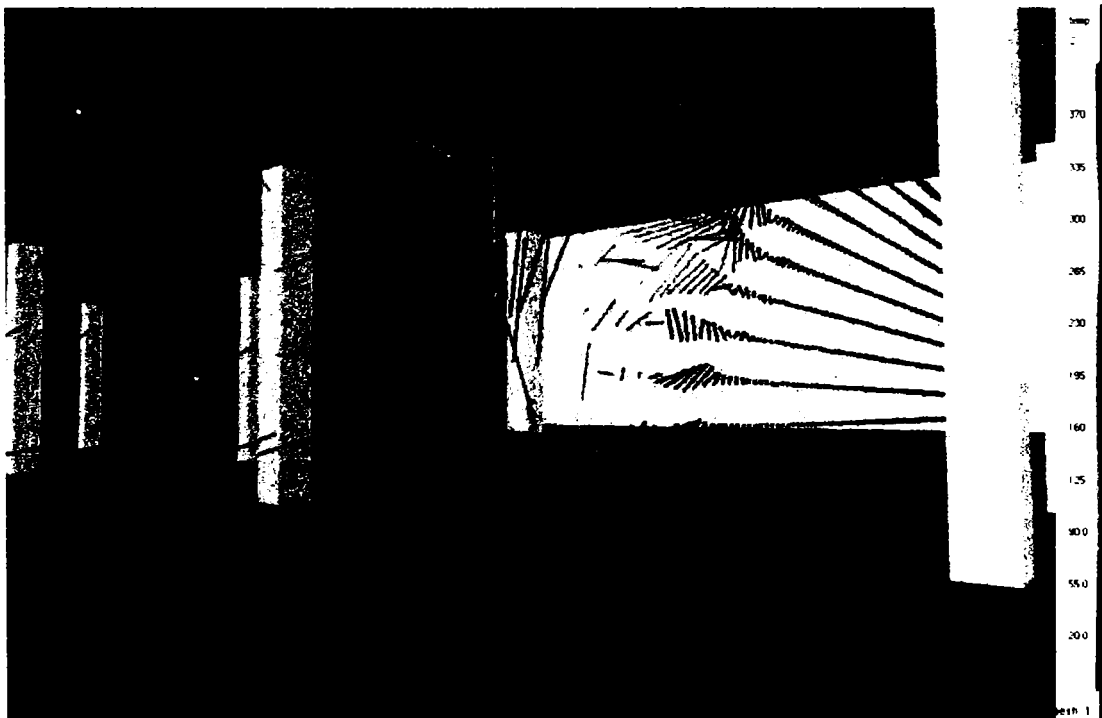


Figura 7.55 - Distribuția temperaturilor în planul  $Y = 39.5$  m la  $t = 430.5$  s de la inițierea incendiului, clădire fără trape de evacuare a fumului

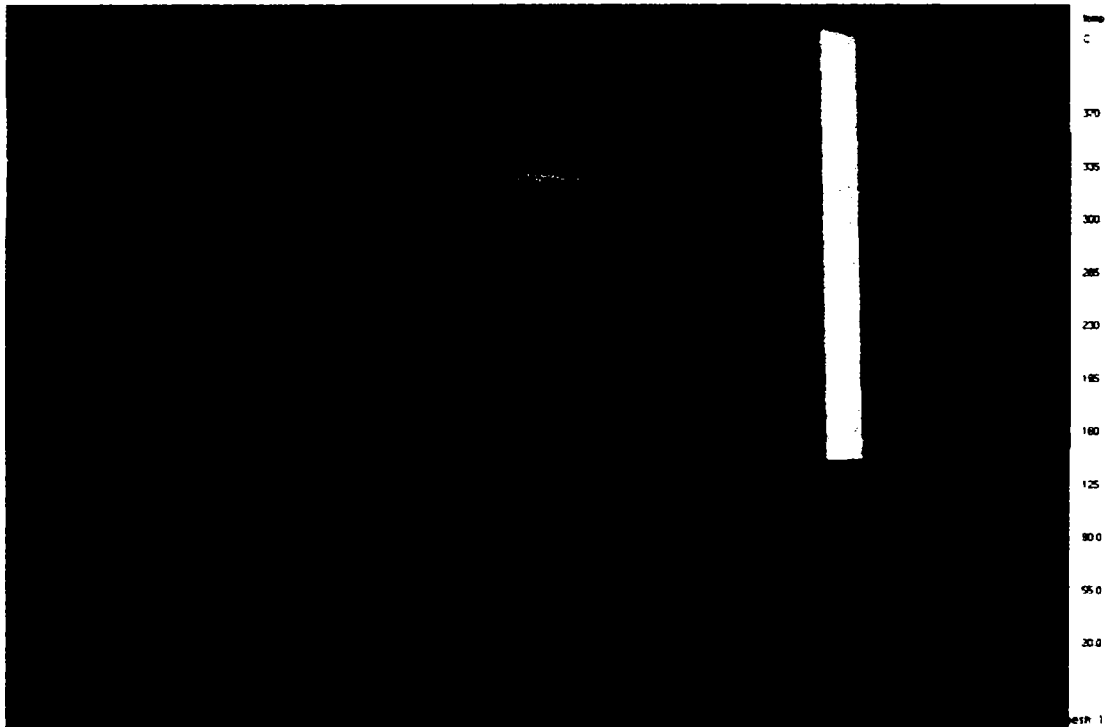


Figura 7.56 - Distribuția temperaturilor în planul  $Y = 39.5$  m la  $t = 303.5$  s de la inițierea incendiului, clădire fără trape de evacuare a fumului

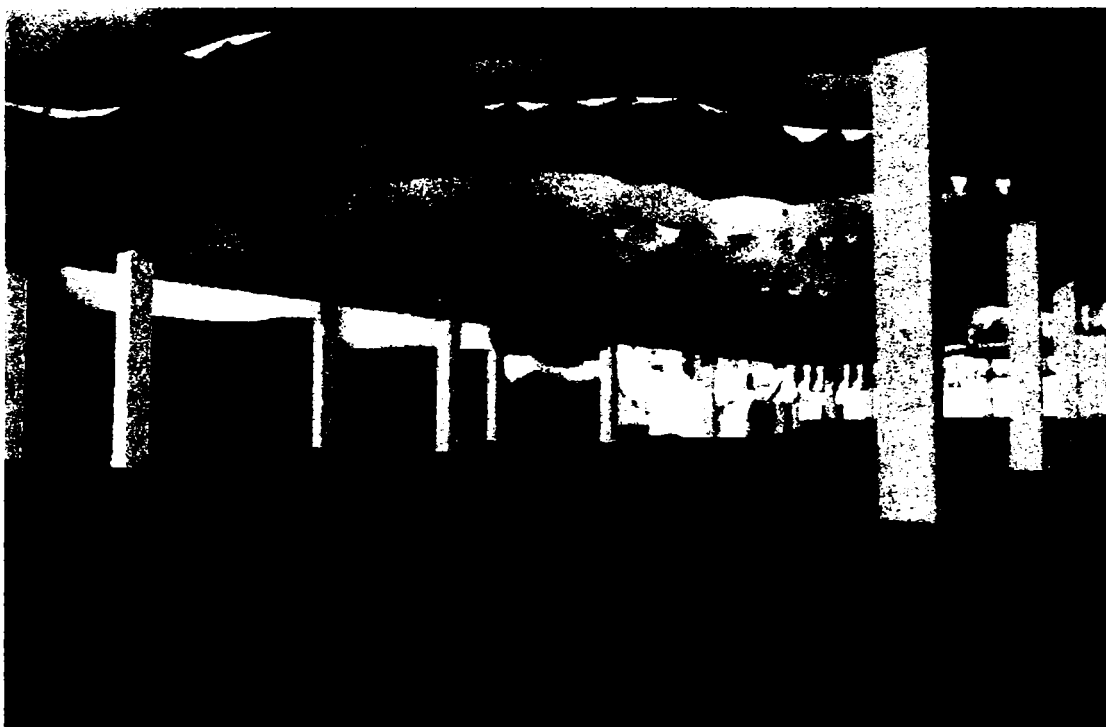
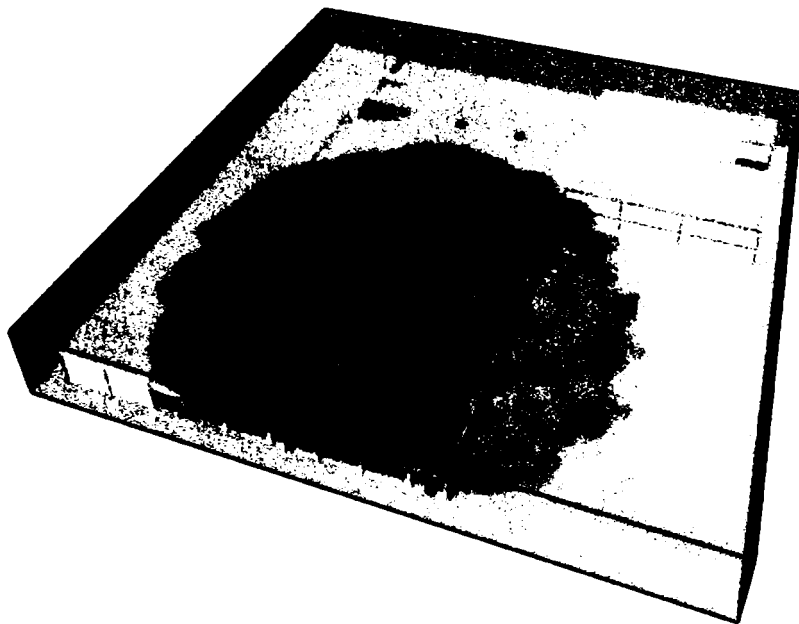


Figura 7.57 - Zonele de temperatură  $T = 100$  °C la  $t = 685.5$  s de la inițierea incendiului (vedere din interior), clădire fără trape de evacuare a fumului



mesh 1

Figura 7.58 - Vedere din exteriorul clădirii incendiate la  $t = 101.0$  s de la inițierea incendiului, clădire cu trape de evacuare a fumului



Figura 7.59 - Distribuția temperaturilor în planul  $Y = 39.5$  m la  $t = 308.5$  s de la inițierea incendiului, clădire cu trape de evacuare a fumului

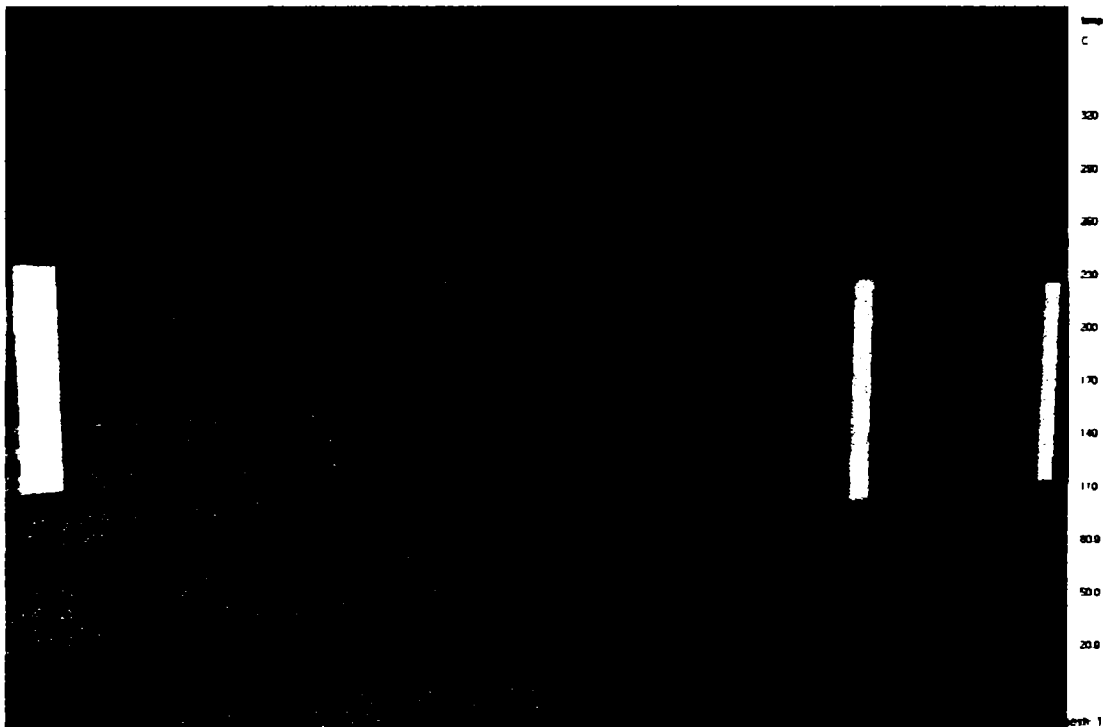


Figura 7.60 - Distribuția temperaturilor în planul  $Y = 39.5$  m la  $t = 310.0$  s de la inițierea incendiului, clădire cu trape de evacuare a fumului



Figura 7.61 - Zonele de temperatură  $T = 100$  °C la  $t = 670.5$  s de la inițierea incendiului (vedere din interior), clădire cu trape de evacuare a fumului

## 7.5 Concluzii și contribuții personale

Modelarea matematică bazată pe modelul hidrodinamic pus la punct de R.G. Rehm, dezvoltat apoi de H.R. Baum și K. McGrattan permite rezolvarea, utilizând programe de calcul specializate, a evoluției în timp a parametrilor arderii (temperatură, efluenți ai incendiului, fluxuri de căldură), pentru un scenariu considerat.

S-a considerat o clădire multifuncțională pentru care s-au elaborat două studii de caz (fără/cu trape pentru evacuarea fumului). În fiecare caz s-a analizat evoluția în timp a incendiului pornind de la patru condiții inițiale comune ambelor situații (trapele de evacuare a fumului se activează automat, simultan cu activarea sprinklerelor; punctul de pornire al incendiului se consideră a fi o casă de marcat aflată în zona magazinului propriu-zis,  $(x,z,y) = (84.0, 33,0, 0,5)$ ; durata de simulare a incendiului este de 900 secunde; temperatura inițială a mediului ambiant se consideră a fi 20 °C, iar presiunea este cea atmosferică).

Pentru aceste studii de caz s-a folosit programul de calcul FDS (Fire Dynamics Simulator) elaborat de NIST (National Institute of Standards and Technology), S.U.A.

# Capitolul 8. CONCLUZII, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI DIRECȚII DE CERCETARE VIITOARE

Apărarea împotriva incendiilor, apărarea vieții, bunurilor și mediului, este o problemă de permanență actualitate care suscită tot mai mult interesul specialiștilor în domeniu, determinată de creșterea complexității proceselor economico-sociale, modernizării și diversificării materialelor și soluțiilor constructive, a necesităților reducerii timpului de realizare a investițiilor și creșterii eficienței economice, concomitent cu îndeplinirea exigențelor de securitate a utilizatorilor.

În procesul amplu al reformei reglementărilor tehnice în domeniul apărării împotriva incendiilor, în scopul armonizării legislației românești cu cea a Uniunii Europene se pune un accent din ce în ce mai mare pe îndeplinirea cerinței esențiale „securitate la incendiu”, potrivit căreia, construcțiile trebuie proiectate și executate astfel încât în cazul inițierii unui incendiu să răspundă următoarelor criterii:

- stabilitatea elementelor portante ale construcției să poată fi estimată pentru o perioadă de timp;
- apariția și propagarea focului și fumului în interiorul construcției să fie limitate;
- propagarea incendiilor la construcțiile învecinate să fie limitată;
- utilizatorii să poată părăsi construcția sau să poată fi salvați prin alte mijloace;
- să fie luată în considerare securitatea echipelor de intervenție.

Pornind de la caracteristicile constructive și funcționale ale clădirilor a căror suprafață desfășurată este de ordinul zecilor de mii de metri pătrați (de regulă, ajungând până la 200.000 mp) și un conglomerat de destinații dintre cele mai diverse (spații comerciale, spații de alimentație publică, restaurante, spații de agrement, săli de conferințe, săli de spectacole, cinematografe, discoteci, săli de expoziție, săli de sport, spații de joacă pentru copii, spații de învățământ și sănătate, spații de cazare, spații de producție\*) și depozitare, spații pentru birouri administrative, spații tehnice și de întreținere, parcaje subterane și supraterane etc.) autorul propune introducerea în reglementările tehnice românești, privind securitatea la incendiu a conceptului de „clădire multifuncțională”.

Concepția privind asigurarea securității la incendiu în clădirile multifuncționale trebuie abordată de la identificarea și evaluarea riscului de incendiu, care în opinia autorului este determinat de:

- suprafața mare construită și desfășurată, ceea ce presupune constituirea mai multor compartimente de incendiu în condițiile unor reticențe de ordin arhitectural;
- diversitatea mare a destinației spațiilor;
- cantitatea mare de materiale combustibile cu valori ridicate ale densității sarcinii termice, de regulă situată între 420 și 840 MJ/m<sup>2</sup> (în unele situații valorile densității sarcinii termice sunt chiar mai mari încălcându-se prevederile scenariilor de securitate la incendiu);
- numărul mare de utilizatori și existența unui public eterogen (copii,



femei gravide, bătrâni, persoane cu dizabilități) și posibilitatea apariției panicii;

- distanțele mari ce trebuie parcurse pe căile de evacuare;
- suprafețe libere mari care favorizează dezvoltarea și propagarea incendiului, a fumului și gazelor fierbinți;
- degajări mari de fum și produselor toxice de ardere;
- posibilitatea de izbucnire și propagare a incendiului în spații ascunse (ghene, canale, tubulaturi etc.)

În aceste condiții măsurile de protecție pasivă și măsurile de protecție activă adoptate trebuie să asigure menținerea unui risc de incendiu efectiv în limite controlabile.

Autorul consideră că se impune o abordare unitară a securității la incendiu, astfel că propune cinci criterii de clasificare a clădirilor în cadrul cărora să fie incluse și clădirile multifuncționale (după materialele de construcție folosite, după destinație / funcționalitate, după volum și regimul de înălțime, după importanța construcției, după riscul de incendiu) care să fie introduse în viitoarele reglementări tehnice privind securitatea la incendiu.

Izbucnirea incendiilor în clădiri multifuncționale este favorizată de o serie de factori specifici, autorul identificând o serie de factori de natură subiectivă și de natură obiectivă care favorizează aprinderea, dezvoltarea și propagarea incendiilor din clădiri multifuncționale astfel:

**a) Factori de natură subiectivă:**

- imposibilitatea organizării într-o concepție unitară a apărării împotriva incendiilor din cauza suprafeței clădirii și fluctuației personalului (salariați ai proprietarului clădirii și ai societăților comerciale care au statutul de chiriaș);
- afluența mare de public eterogen (bărbați, femei, copii, bătrâni, persoane cu dizabilități);
- necunoașterea amplasamentului scărilor de evacuare (în mod curent se folosesc scările rulante);
- posibilitatea instaurării panicii.

**b) Factori de natură obiectivă:**

- suprafața mare construită și desfășurată a clădirii;
- marea diversitate a destinației spațiilor cu diferite densități de sarcină termică, cel mai adesea peste cea stabilită în scenariul de securitate la incendiu;
- existența unor mari deschideri pe orizontală și pe verticală care favorizează propagarea și dezvoltarea incendiului, a fumului și gazelor fierbinți;
- existența unor canale, ghene, tubulaturi care permit izbucnirea și propagarea incendiului pe căi ascunse.

Făcând o analiză pertinentă celor 15 tipuri de surse de aprindere cu care operează pompierii români la completarea rapoartelor de intervenție, autorul, având în vedere și experiența practică, apreciază că această tipologie este greoaie, excesiv de analitică și propune pe de o parte, încadrarea în structurile pompierilor profesioniști, de personal specializat, atestat ca expert în cercetarea și stabilirea cauzelor de incendiu și a surselor de aprindere, iar pe de altă parte o tipologie mai simplă, care să subsumeze mare diversitate a surselor de aprindere în categorii mai largi, astfel:

- surse de aprindere cu flacără;
- surse de aprindere de natură termică;
- surse de aprindere de natură electrică;
- surse de aprindere de natură mecanică;
- surse de aprindere spontană (autoaprindere);
- surse de aprindere naturale.

**Notă:** În această clasificare nu avem în vedere incendiile, exploziile provocate prin acțiune intenționată.

Pe lângă măsurile de protecție pasivă și măsurile de protecție activă întreprinse în faza de proiectare și executare a clădirilor multifuncționale, un rol important în asigurarea securității utilizatorilor, protecției bunurilor și mediului îl reprezintă organizarea din timp (la darea în exploatare) a intervenției pentru stingerea incendiilor izbucnite în clădiri multifuncționale.

Organizarea stingerii incendiilor se realizează prin planurile de intervenție care în principiu vor cuprinde:

- estimarea numărului persoanelor ce se pot afla simultan în clădire și stabilirea căilor de evacuare a lor;
- natura, cantitatea, ordinea de așezare și caracteristicile fizico-chimice ale materialelor combustibile existente;
- locul izbucnirii incendiului și posibilitățile de propagare a acestuia;
- pericolul de explozie și intoxicare pentru oameni;
- ce materiale ard și ce mărfuri periculoase se găsesc în zona incendiată;
- posibilitatea și necesitatea evacuării materialelor neincendiate, locul de depozitare a lor și modul de aducere la îndeplinire a acestei acțiuni;
- necesitatea desfacerii și demolării unor elemente de construcție pentru acces, evacuare și intervenție;
- condițiile care favorizează și cele care îngreuiază acțiunea de stingere;
- existența ascensoarelor de intervenție și posibilitățile de folosire a acestora;
- locul de amplasare a tabloului electric general;
- existența surselor de apă, categoria acestora și distanța până la ele;
- forțele și mijloacele necesare pentru stingerea incendiului, locul de amplasare în dispozitiv și substanțele stingătoare cele mai indicate în raport de compatibilitatea de stingere a materialelor incendiate;
- stabilirea forțelor și mijloacelor necesare pentru intervenție și a principiilor tactice de stingere, misiunile forțelor proprii și a celor cu care se cooperează, asigurarea securității echipelor de intervenție pe principiul „a nu se adăuga la victime”.

Succesul stingerii incendiilor la clădiri multifuncționale este determinat de timpul de răspuns al instalațiilor automate de semnalizare și stingere, de acțiunea hotărâtă a primei intervenții și a forțelor specializate ale pompierilor, și în mod deosebit a condițiilor în care se reușește evitarea panicii și evacuarea utilizatorilor aflați în clădire la momentul izbucnirii incendiului.

Un incendiu într-o clădire multifuncțională este un eveniment grav care poate avea consecințe catastrofale.

Una dintre cele mai grave consecințe o constituie apariția și instaurarea panicii.

La schimbarea condițiilor de mediu – apariția fumului și a produselor toxice de ardere – persoanele intră în stare de neliniște, iar de la neliniște la panică nu este decât un pas; când un număr mare de oameni se află împreună într-o situație critică, panica se transmite rapid de la unul la altul, rezultând de regulă o comportare necontrolată în masă din care cauză apar accidente, soldate cu un număr de victime mai mare decât cel provocat de incendiu.

Autorul a identificat și propune un set de măsuri menite să evite apariția panicii, astfel:

➤ instruirea generală a populației teoretic și practic pentru a acționa în caz de situații excepționale prin: lecții, exerciții și aplicații practice la locul de muncă, expoziții cu teme de prevenire și stingere a incendiilor în locuri publice;

➤ instruirea, organizarea, gruparea pe locuri de muncă, fiecare să cunoască precis ce are de făcut în asemenea situații. Organizarea dezvoltă sentimentul de siguranță și solidaritate, răspunderea în fața grupului, dar și grupul răspunde de individ când se află în situații periculoase;

➤ necesitatea realizării de publicații, desfășurarea unor acțiuni cu tematică de prevenire și stingere a incendiilor în învățământul de toate gradele;

➤ atragerea tinerilor la gestionarea unor acțiuni de prevenire și intervenție în cadrul serviciilor voluntare pentru situații de urgență;

➤ selecționarea celor care conduc activitățile de intervenție: cei care dau dovadă de calm, perseverență, luciditate în situații critice; conducătorii pripiți, dezorientați și înspăimântați fac să apară reacții violente la unele persoane din cadrul colectivului aflat într-o situație critică;

➤ personalul pompierilor profesioniști trebuie să aibă asigurate condițiile materiale și climatul psihic corespunzător pentru îndeplinirea ireproșabilă a misiunilor încredințate: condiție fizică bună (capacitatea de a răspunde la efort îndelungat), cunoștințe tehnice de specialitate, cunoștințe teoretice pentru intervenție.

În același context au fost identificate consecințele proceselor de ardere asupra construcțiilor, materializate în pagube directe și pagube indirecte; pagubele directe constând în deteriorarea clădirii atât prin efectul direct al incendiului cât și prin acțiunea de stingere, iar pagubele indirecte fiind determinate de întreruperea funcționării clădirii potrivit destinației până la îndepărtarea efectelor incendiului.

Un rol important în proiectarea la foc a clădirilor multifuncționale îl au pe lângă măsurile de ordin constructiv (măsuri de protecție pasivă) asigurarea dotării cu instalații adecvate pentru stingerea incendiilor astfel:

**1)** Instalații care utilizează apa la stingerea incendiilor;

**2)** Instalații de stingere rapidă cu substanțe speciale:

- instalații de stingere a incendiilor cu bioxid de carbon;

- instalații de stingere a incendiilor cu azot (IG - 100);

- instalații de stingere a incendiilor, cu substanțe de tip FM200 (HFC – 227 EA);

- instalații de stingere a incendiilor cu inergen (IG – 541);

- instalații de stingere a incendiilor cu argon (IG – 01);

- instalații de stingerea incendiilor cu substanțe tip NAF SIII (HCFC/A);

- instalații de stingere a incendiilor cu substanțe tip ECARO (HFC – 125);

- instalații de stingere a incendiilor cu aerosoli;

- instalații de stingere a incendiilor cu spumă chimică sau mecanică;

- instalații de stingere cu pulberi a incendiilor.

Normativul de siguranță la foc a construcțiilor P 118-99 (neabrogat dar căzut parțial în desuetudine) clasifică materialele și elementele pentru construcție în două grupe – incombustibile și combustibile – materialele combustibile fiind clasificate la rândul lor în patru clase:

- C1 – practic neinflamabile;

- C2 – dificil inflamabile;

- C3 – mediu inflamabile;

- C4 – ușor inflamabile.

În noul sistem de euroclase privind comportarea și reacția la foc a materialelor pentru construcții adoptat în legislația românească în procesul

armonizării cu legislația Uniunii Europene, comportarea la foc este definită prin totalitatea schimbărilor fizice și chimice intervenite, atunci când un material, produs sau ansamblu, este supus acțiunilor unui incendiu, iar reacția la foc, reprezintă contribuția pe care un material, prin propria descompunere, o are la alimentarea unui foc în condiții și împrejurări determinate.

Noul sistem de clasificare, unitar pentru țările membre ale Uniunii Europene, încadrează materialele pentru construcții în șapte clase – A1, A2, B, C, D, E, F – în funcție de comportarea și reacția la foc, iar clasele A2, B, C, D în funcție de prezența picurăturilor particulelor arzânde în trei subclase – s1, s2, s3 – potrivit următoarelor nouă criterii:

- creșterea de temperatură –  $\Delta T$ ;
- pierderea de masă –  $\Delta m$ ;
- durata de persistență a flăcării -  $t_f$ ;
- puterea calorică superioară – PCS;
- viteza de dezvoltare a incendiului – FIGRA;
- degajare totală de căldură –  $THR_{600}$ ;
- propagarea laterală a flăcării – LFS;
- viteza de emisie a fumului – SMOGRA;
- emisia totală de fum -  $TSP_{600s}$ .

Cunoașterea fenomenului arderii, a factorilor care influențează procesul de ardere și a produselor degajate în timpul arderii, sunt elemente importante în stabilirea măsurilor de securitate la incendiu.

Pornind de la elementele fundamentale care stau la baza procesului de ardere, a experienței practice și a analizei punctelor de vedere exprimate în literatura de specialitate, autorul a definit incendiul ca fiind un fenomen aleatoriu, rezultatul unui proces fizico-chimic, desfășurat în anumite condiții, însoțit de emisie de căldură și/sau lumină și alte produse de ardere, care pun în pericol viața, bunurile și mediul, a cărui dezvoltare depinde de coexistența factorilor care l-au generat și pentru a fi stins sunt necesare metode, forțe și/sau mijloace specializate.

Din analiza celor cinci faze ale procesului de dezvoltare a incendiului (faza apariției focarului inițial, faza de ardere lentă, faza de ardere activă, faza de ardere generalizată, faza de regresie) a rezultat faptul că exceptând faza I-a – apariția focarului inițial, celelalte patru faze sunt determinate nemijlocit de cantitatea de material combustibil și afluxul de oxigen în zona de ardere.

Pentru asigurarea conformării la foc a clădirilor multifuncționale, autorul apreciază că se impun respectarea următoarelor reguli:

- respectarea corelației dintre destinație, aria construită și desfășurată și gradul de rezistență la foc;
- asigurarea gradului de rezistență la foc corespunzător riscului de incendiu și categoriei de importanță a clădirii;
- respectarea distanțelor minime de siguranță;
- protejarea golurilor funcționale;
- dimensionarea corectă a căilor de evacuare;
- asigurarea etanșeității căilor de evacuare împotriva pătrunderii fumului și gazelor fierbinți;
- prevederea dispozitivelor pentru evacuarea fumului și gazelor fierbinți;
- asigurarea iluminatului de siguranță și afixarea/montarea indicatoarelor de securitate;
- asigurarea instalațiilor pentru semnalizarea și stingerea incendiilor;
- asigurarea condițiilor corespunzătoare pentru intervenția la stingerea incendiilor.

În asigurarea îndeplinirii cerinței „securitate la incendiu”, un rol important îl au sistemele și dispozitivele pentru detectare, semnalizare, alarmare și alertare în caz de incendiu.

Autorul a acordat o atenție deosebită studierii posibilităților de funcționare în clădirile multifuncționale a instalațiilor de supraveghere, detectie, semnalizare și alarmare la incendiu, într-un sistem integrat care să pună în funcțiune instalații de ventilare/climatizare, evacuare fum și gaze fierbinți, instalații de stingere cu apă sau cu substanțe speciale, acționarea (închiderea/deschiderea) unor clapete obturatoare, funcționarea iluminatului de siguranță, închiderea/deschiderea unor uși pe căile de evacuare etc.

Detectoarele de incendiu se vor alege în funcție de destinația spațiului și natura materialelor combustibile respectiv în funcție de anumiți parametri specifici – fum, flăcără, căldură – caracteristici procesului de ardere.

Indiferent de tipul detectoarelor alese și a modului de prelucrare a datelor, sistemul trebuie să asigure detectarea incendiului în faza de inițiere și să asigure avertizarea respectiv alertarea echipelor de intervenție.

Pentru reducerea timpului de răspuns a forțelor specializate de intervenție (pompieri profesioniști) autorul apreciază ca o necesitate realizarea unor legături directe între centrala de detectie și semnalizare a incendiilor în clădiri multifuncționale cu dispeceratul unic pentru apeluri în situații de urgență.

Din analiza studiilor și cercetărilor privind degajarea produselor de ardere precum și din experiența practică, a rezultat că fumul este mai periculos pentru oameni decât căldura și flăcările deoarece viteza de propagare a fumului pe verticală și orizontală este superioară dezvoltării incendiului, prima consecință negativă reprezentând-o reducerea vizibilității pe căile de evacuare și atingerea concentrație periculoase pentru organismul uman în timp scurt – circa 3 ÷ 4 minute.

În aceste condiții îndeplinirea cerinței securitate la incendiu în clădiri multifuncționale este implicit legată de performanțele sistemelor pentru dirijarea fumului și produselor de ardere în compartimentul incendiat și preîntâmpinarea/limitarea propagării în spațiile adiacente, respectiv asigurarea etanșeității căilor de evacuare.

Evacuarea fumului și gazelor fierbinți se asigură prin tiraj natural-organizat sau prin ventilare mecanică fie realizând circulația aerului în spațiul considerat și evacuarea fumului în raport cu aerul introdus, fie prin diferență de presiune între spațiul protejat și cel incendiat, respectiv printr-o combinație a celor două procedee.

Protecția utilizatorilor împotriva efectelor nocive ale fumului, gazelor fierbinți și produselor de ardere din clădirile multifuncționale se realizează prin asigurarea funcționării optimizate a sistemelor de protecție pasivă și activă împotriva incendiilor; în special se are în vedere detectia în faza inițială, avertizarea, alarmarea, intrarea în funcțiune a instalațiilor de desfumare și de stingere, asigurarea posibilităților de evacuare fluentă și rapidă, asigurarea etanșeității căilor de evacuare și a condițiilor minime de supraviețuire pe traseele acestora.

Autorul a realizat o analiză pe un studiu de caz privind evacuarea fumului și al gazelor fierbinți dintr-o clădire multifuncțională.

A luat în discuție o clădire de gradul II rezistență la foc, compusă din S+P+6E, destinată pentru spații comerciale, birouri administrative și servicii, structurată pe două compartimente de incendiu și a stabilit și dimensionat două sisteme de desfumare:

- desfumarea mecanică prin crearea de suprapresiune în încăperea tampon dintre subsol și parter și în cele două case de scări;

- desfumarea prin tiraj natural organizat pentru holul principal comun de la parter și mezanin.

Comenzile sistemelor de desfumare vor fi automate și manuale, comenzile automate vor fi declanșate de detectoarele de fum și vor fi alimentate prin două circuite electrice, unul de bază și unul de rezervă.

În contextul creșterii exigențelor privind securitatea la incendiu, pe același palier cu preocuparea specialiștilor privind comportarea și reacția la foc a materialelor pentru construcții multifuncționale, se situează găsirea celor mai adecvate metode, forme și mijloace pentru protecția vieții, bunurilor și a mediului, prin împiedicarea apariției incendiilor, limitarea propagării și dezvoltării, respectiv stingerea acestora.

În această direcție, un aspect important îl reprezintă alegerea agentului de stingere și a instalațiilor compatibile, potrivit destinației spațiilor din clădirile multifuncționale, natura și cantitatea materialelor combustibile, numărul maxim al persoanelor care se pot afla la un moment dat în clădire, astfel încât să se obțină un efect optim atât din punct de vedere tehnic cât și economic.

Autorul apreciază că în clădirile multifuncționale pot fi folosite:

- substanțe de stingere prin reducerea temperaturii în zona de ardere;
- substanțe de stingere prin izolare;
- substanțe de stingere prin reducerea conținutului de oxigen;
- substanțe de stingere prin inhibiție chimică.

Fiecărui tip de substanță de stingere îi corespunde o categorie de instalație, astfel:

- instalații cu hidranți de incendiu interiori și exteriori;
- instalații cu sprinklere pentru stingerea incendiilor;
- instalații cu drencere;
- instalații de stingere a incendiilor cu apă pulverizată;
- instalații de stingere a incendiilor cu abur;
- instalații de stingere ultrarapidă a incendiilor cu substanțe speciale.

Având în vedere că în clădirile multifuncționale, cel mai frecvent utilizate sunt instalațiile cu sprinklere autorul, a realizat o analiză pe studii de caz privind optimizarea în proiectare și execuție a instalațiilor de stins incendii cu sprinklere; în analiza comparativă s-a pornit de la reglementările tehnice românești, europene (VdS) și americane (FM Global).

Un rol important în evaluarea unui incendiu real îl reprezintă modelarea matematică bazată pe modelul hidrodinamic pus la punct de R.G. Rehm, dezvoltat apoi de H.R. Baum și K. McGrattan care permite rezolvarea, utilizând programe de calcul specializate, a evoluției în timp a parametrilor arderii (temperatură, efluenți ai incendiului, fluxuri de căldură), pentru un scenariu considerat.

S-a considerat o clădire multifuncțională pentru care s-au elaborat două studii de caz (fără/cu trape pentru evacuarea fumului). În fiecare caz s-a analizat evoluția în timp a incendiului pornind de la patru condiții inițiale comune ambelor situații (trapele de evacuare a fumului se activează automat, simultan cu activarea sprinklerelor; punctul de pornire al incendiului se consideră a fi o casă de marcat aflată în zona magazinului propriu-zis,  $(x,z,y) = (84.0, 33,0, 0,5)$ ; durata de simulare a incendiului este de 900 secunde; temperatura inițială a mediului ambiant se consideră a fi 20 °C, iar presiunea este cea atmosferică).

Pentru aceste studii de caz s-a folosit programul de calcul FDS (Fire Dynamics Simulator) elaborat de NIST (National Institute of Standards and Technology), S.U.A.

Echiparea și dotarea tehnică, minimă obligatorie a clădirilor multifuncționale cu sisteme și instalații de combatere a incendiilor se va realiza conform prevederilor normative în vigoare astfel încât să se asigure o funcționare optimizată având ca rezultat un timp cât mai scurt de răspuns de la izbucnirea incendiului la declanșarea instalațiilor, respectiv, un timp cât mai scurt de dezvoltare liberă a incendiului.

Din analiza și corelarea datelor expuse se conturează ca **direcții de cercetare ulterioară**:

- elaborarea unor norme tehnice pentru proiectarea, execuția și exploatarea sistemelor de prevenire și combatere a incendiilor în clădiri multifuncționale;
- aplicații cu simularea incendiilor în spații populate;
- urmărirea funcționării coordonate a sistemelor de evacuare a fumului;
- optimizarea funcționării integrate a trapelor și sistemelor de ventilare în caz de incendii în clădirile multifuncționale.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Achim A., Florea C. – *Unele considerații privind fulgerul globular*, Lucrările sesiunii de comunicări științifice a studenților din Facultatea de Pompieri, Editura Printech, București, 2004.
- [2] Anghel I. – *Sistemul de protecție la incendiu cu inergen*, Lucrările sesiunii de comunicări științifice a studenților din Facultatea de Pompieri, Editura Printech, București, 2004.
- [3] Baum H. R., Mc. Grattan K. – *Simulation of large industrial outdoor fires*, International Association for Fire safety Science, 1999.
- [4] Bălulescu P. – *Stingerea incendiilor*, Editura Tehnică, București, 1981.
- [5] Bălulescu P., Călinescu V., Iorgulescu C., Măcriș V. – *Noțiuni de fizică și chimie pentru pompieri*, Comandamentul pompierilor, București, 1971.
- [6] Bălulescu P., Crăciun I. – *Agenda pompierului*, Editura Tehnică, București, 1993.
- [7] Bălulescu R. – *Cercetări privind sisteme performante de siguranță la foc pentru clădirile de producție și depozitare și instalațiile aferente acestora – teză de doctorat*, Universitatea Tehnică de Construcții București, Facultatea de Instalații, Catedra de Instalații Hidraulice, Termice și de Protecția Atmosferei, București, 2004.
- [8] Benga M. – *Considerații privind riscurile și efectele incendiilor în clădiri multifuncționale*, referat de doctorat, Timișoara, 2004.
- [9] Benga M. – *Principii de dimensionare a funcționării optimizate a instalațiilor de prevenire și stingere a incendiilor în clădiri multifuncționale*, referat de doctorat, Timișoara, 2005.
- [10] Benga M. – *Principii de dimensionare a funcționării optimizate a instalațiilor de prevenire și stingere a incendiilor în clădiri multifuncționale*, referat de doctorat, Timișoara, 2005.
- [11] Benga M. – *Principii generale privind protecția la foc a clădirilor multifuncționale*, Instalații pentru construcții și confortul ambiental, ediția a 13-a, Asociația Inginerilor de Instalații din România, Editura Politehnica, Timișoara, 2004.
- [12] Benga M. – *Impactul psihologic al incendiului asupra oamenilor*, referat de doctorat, Timișoara, 2005.
- [13] Benga M., Opriș M. – *Acte normative și reglementări în domeniul apărării împotriva incendiilor*, Instalații pentru începutul mileniului trei, Asociația Inginerilor de Instalații din România ș.a., Sinaia, 2002.



- [14] Benga M., Opreș M., Popescu G. – *Protecția oamenilor și a bunurilor materiale împotriva focului*, volumul I, Precizări legislative, Editura Mirton, Timișoara, 2002.
- [15] Bernard M. – *Cine stăpânește aerul, stăpânește focul*, revista Schweizerische Feuerwehr – Zeitung, Geneva, 2004, traducere realizată de Corpul Pompierilor Militari, București, 2004.
- [16] Bodea R. I. – *Considerații privind incendiile în spații închise*, Lucrările sesiunii de comunicări științifice a studenților din Facultatea de Pompieri, Editura Printech, București, 2004.
- [17] Bucur O., Anghel I. – *Aspecte privind protecția stratului de ozon atmosferic*, Lucrările sesiunii de comunicări științifice a studenților din Facultatea de Pompieri, Editura Printech, București, 2004.
- [18] Butler K.M. – *Analytical Model of Pyrolysis for a Finite Thickness Sample on a Semi-Infinite Base*, National Institute of Standards and Technology. Annual Conference on Fire Research: Book of Abstracts. October 28-31, 1996, Gaithersburg, 1996.
- [19] Crăciun I. – *Metoda de determinare a necesității echipării construcțiilor cu instalații automate de semnalizare și stingere a incendiilor*, al XXI-lea Simpozion C.T.I.F., Lisabona, 1998.
- [20] Crăciun I., Calotă S., Lencu V. – *Stabilirea și prevenirea cauzelor de incendii*, Editura Tehnică, București, 1999.
- [21] Crăciun I., Secară V., Calotă S., Niță A., Șerbu T., Gherghinoiu I., Roth M., Vale I., Bălulescu R., Măciucă A. – *Protecția împotriva incendiului – ghid pentru aplicarea normelor generale de prevenire și stingere a incendiilor*, Editura SERVICE POMPIERI, București, 2000.
- [22] Drăgan B. – *Soluții alternative pentru detecția incendiilor*, ALARMA nr. 1/2004 – buletin tehnic al Asociației Române pentru Tehnica de Securitate, București, 2004.
- [23] Drînda G. – *Instalație pentru stingerea incendiilor cu spumă și aer comprimat*, Lucrările sesiunii de comunicări științifice a studenților din Facultatea de Pompieri, Editura Printech, București, 2004.
- [24] Dumitrescu D. – *Rezistența la foc a betonului armat și a betonului precomprimat*, Buletinul Apărarea împotriva incendiilor, București, 1988.
- [25] Flucuș I., Popescu G., Șerban M. – *Principalele acte normative și reglementări tehnice din domeniul apărării împotriva incendiilor și conexe cu acestea*, Editura Printech, București, 2001.
- [26] Furdui C., Stoian V., Dubina D., Pinteș D., Sorin D. – *General Criteria Regarding Fire Protection of Structures* – International Symposium "The Fire Protection of Steel Structures", București, 1999.
- [27] Gamal N.A., Dietsberger M.A., Jones W.W. – *Calculating Flame Spread on Horizontal and Vertical Surface*, Building and Fire Research Laboratory, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, 1994.
- [28] Găitan G., Chiroșca C. – *Primul ajutor psihologic în condiții de apărare locală antiaeriană*, Editura Militară, București, 1970.

- [29] Golovanov N., Popescu G., Dumitrana T., Coatu S. - *Evaluarea riscurilor generate de descărcări electrice*, Editura Tehnică, București, 2000.
- [30] Gunther C., Miller W. - WESTERMANN - Braunschweig 2000
- [31] Huet M. - *Traite pratique de securite. Incendie*, CNPP, Reanville, 1997.
- [32] Kawagoe K - *Estimation of Fire Temperature - Time Curve in Rooms*, Tokyo, B.R.I. 1967.
- [33] Klote J. H., Mike J. A.- *Design of Smoke Control Management Systems*, Atlanta, 1992.
- [34] Marian S., Popa C. - *BONPET - sistem activ de stingere a incendiilor*, Lucrările sesiunii de comunicări științifice a studenților din Facultatea de Pompieri, Editura Printech, București, 2004.
- [35] Mc. Grattan K. - *Fire Dynamics Simulator, Technical Reference Guide*, Washington, 2006.
- [36] Mc. Grattan K., Forney G. - *Fire Dynamics Simulator, User's Guide*, Washington, 2006.
- [37] Olteanu P. - *Noțiuni generale despre siguranța construcțiilor și principii generale de verificare*, Lucrările sesiunii de comunicări științifice a studenților din Facultatea de Pompieri, Editura Printech, București, 2004.
- [38] Opreșan V. - *Materiale de construcții*, Facultatea de Construcții și Arhitectură, Universitatea Tehnică Timișoara, 2001.
- [39] Patankar S. V. - *Numerical Heat Transfer and Fluid flow*, Hemisphere Publishing, New York, 1980.
- [40] Popescu D. - *Sisteme automate de detectare și de alarmare la incendii*, Revista Electricianul, nr. 3/2006.
- [41] Popescu D., Ionescu C. - *Integrarea sistemelor automate de supraveghere și alarmare la incendii în sisteme de gestiune tehnică a clădirilor*, „Risc tehnic - tehnologic. Risc de incendiu”, a III-a Sesiune științifică a Facultății de Pompieri SIGRPROT 2000, București, 2000.
- [42] Popescu D., Ionescu C. - *Supravegherea și alarmarea la incendii - componentă a sistemelor automate din clădiri*, lucrările sesiunii de comunicări științifice a Facultății de Pompieri „SIGRPROT 2001”, Editura Ministerului de Interne, 2001.
- [43] Popescu G., Opreș M., Văscu M. - *Terminologie utilizată în domeniul protecției la incendiu*, Instalații pentru construcții și confortul ambiental, ediția a 13-a, Asociația Inginerilor de Instalații din România, Editura Politehnica, Timișoara, 2004.
- [44] Popescu G., Șerban M., Flucuș I. - *Ghid cu principalele acte normative și reglementări tehnice din domeniul apărării împotriva incendiilor. Documente conexe*, Editura Printech, București, 2003.
- [45] Peter F. - *Protecția activă la foc a clădirilor înalte*, Simpozionul internațional „Siguranța la foc a clădirilor”, Construcții civile și industriale, București, 2003.

- [46] Pitts, W. M. – *Carbon Monoxide Formation Algorithm*, National Institute of Standards and Technology. Fire Research and Safety. 13<sup>th</sup> Joint Panel Meeting. Volume 2. Gaithersburg, 1996.
- [47] Quintiere J. – *A perspective of Compartment Fire Growth*, Combustion Science and Technology, 39, 1984.
- [48] Quintiere J. – *State of Fire Reserch and Safety*, Fire Safety Science – 2<sup>nd</sup> International Symposium, 1989.
- [49] Rehm R. G., Baum H. R. – *The Equation of Motion for Temally Driven, Buoyant Flow*, Journal of Research of the NSB, 83, 1978.
- [50] Retezan A., Dună Ș., Doboși I. – *Considerații privind dimensionarea instalațiilor de stins incendiu*, Conferința de instalații Timișoara, 2004.
- [51] Stubits R. – *Protecția pasivă cu elemente și materiale de construcții din ipsos armat*, Simpozionul „Siguranța la foc a clădirilor”, Revista Construcții civile și industriale, București, 2003.
- [52] Șerbu T., Matea I. – *Instalații automate de semnalizare a incendiilor*, Editura Ministerului Industriei Chimice și Petrochimice, Cluj, 1989
- [53] Thomas W. – *Norme europene cu privire la siguranța la foc*, simpozionul internațional „Siguranța la foc a clădirilor”, Revista „Construcții civile și industriale”, București, 2003.
- [54] Vâscu M. – *Terminologie în domeniul prevenirii și stingerii incendiilor. Domenii conexe*, lucrarea de licență, Academia de Poliție „Alexandru Ioan Cuza”, Facultatea de Pompieri, București, 2004.
- [55] Vintilă S., Dumitrescu L., Crăciun I. , Damian R., Cruceru T., Badea G., Mateescu T., Retezan A., Teodorescu D., Sandu M., Popescu V., Voicu V., Voinescu V.- *Manualul de instalații – Instalații sanitare*, Editura ARTECNO S.R.L., București, 2002.
- [56] Vintilă Ș., Cruceru T., Onciu L., Șerbănescu C. – *Instalații sanitare și de gaze*, Editura Tehnică, 1987.
- [57] Vintilă S., Golgojan I. – *Riscul de incendiu la săli aglomerate*, Revista Instalatorului, nr. 12, 2006.
- [58] Zamfir C., Vintilă Ș., Calotă S., Voiculescu I. – *Securitatea la incendiu în reglementările europene și românești*, Editura FAST - PRINT, București, 2004.
- [59] Zgavarogea I., Dima C. – *Metode inginerești pentru estimarea dezvoltării incendiului și transportul fumului*, SIGPROT 2001 – Lucrările sesiunii de comunicări științifice a Facultății de Pompieri, Ediția a IV-a, București, 2001.
- [60] \*\*\* Constituția României.
- [61] \*\*\* Dicționarul explicativ al limbii române – Academia Română, Institutul de Lingvistică „Iorgu Iordan”, Editura Univers Enciclopedic, 1998.
- [62] \*\*\* Directiva 89/106 CEE referitoare la produsele pentru construcții.

- [63] \*\*\* Ghid pentru proiectarea, executarea și exploatarea dispozitivelor și sistemelor de evacuare a fumului și a gazelor fierbinți din construcții în caz de incendiu – Indicativ GP – 063 – 01, Institutul de proiectare, cercetare și tehnică de calcul în construcții (IPCT-SA).
- [64] \*\*\* Inspectoratul General pentru Situații de Urgență - *Îndrumător cauze de incendiu*, 2007.
- [65] \*\*\* Mercor – Ghid tehnic 2006, Sisteme de eliminare a fumului, de dirijare a căldurii și iluminare prin acoperiș, MERCOR Gdańsk, 2006.
- [66] \*\*\* Normativ pentru proiectarea antiseismică a construcțiilor de locuințe, social-culturale, agrozootehnice și industriale, Indicativ P 100 – 92, INCERC, București, 1994.
- [67] \*\*\* Normativ de siguranță la foc a construcțiilor, ediția a II-a, indicativ P 118-99, Institutul de Proiectare, Cercetare și Tehnică de Calcul în Construcții, 1999.
- [68] \*\*\* Normativ pentru proiectarea și executarea instalațiilor de telecomunicații și semnalizare din clădiri civile și de producție – Indicativ I 18 / 1996.
- [69] \*\*\* Normativ pentru proiectarea, executarea și exploatarea instalațiilor de stingere a incendiilor – indicativ NP 086-05 aprobat de Ordinul Ministerului Transporturilor, Construcțiilor și Turismului nr. 217 din 17 februarie 2005.
- [70] \*\*\* O.M.I. nr. 775/22 iulie 1998 pentru aprobarea Normelor generale de prevenire și stingere a incendiilor, Monitorul oficial, partea I, nr. 384/09.10.1998.
- [71] \*\*\* O.M.I. nr. 87/14.06.2001 pentru aprobarea metodologiei privind identificarea, evaluarea și controlul riscurilor de incendiu.
- [72] \*\*\* Ordinul comun nr. 1822/394 din 7 octombrie 2004 pentru aprobarea *Regulamentului privind clasificarea și încadrarea produselor pentru construcții pe baza performanțelor de comportare la foc*, al Ministerului Transporturilor, Construcțiilor și Turismului și al Ministerului Administrației și Internelor, Monitorul Oficial nr. 90 din 27.01.2005.
- [73] \*\*\* SR 8421-1/1999, Protecția împotriva incendiilor. Vocabular, partea 1: Termeni generali și fenomene ale focului.
- [74] \*\*\* SR EN ISO 13943/2002, Siguranța la foc, Vocabular.
- [75] \*\*\* SR 8421-1/A1/2000, Protecție împotriva incendiilor. Vocabular, partea 1: Termeni generali și fenomene ale incendiului.
- [76] \*\*\* SR 8421-1/1999, Protecția împotriva incendiilor. Vocabular, partea 1: Termeni generali și fenomene ale focului.
- [77] \*\*\* STAS 1478-90 Alimentări cu apă la construcții civile și industriale.
- [78] \*\*\* SC 003-1999 – Soluții cadru pentru instalații automate de stingere a incendiilor tip sprinklere la depozite cu stive înalte.
- [79] \*\*\* Loss Prevention Council - LPC Rules for automatic sprinkler installations.
- [80] \*\*\* National Fire Protection Association (NFPA 13/15/750).

- [81] \*\*\* Factory Mutual – FM.
- [82] \*\*\* Dansk Brand-og Sikringstekniks Institut.
- [83] \*\*\* Norwegian Sprinkler Rules.
- [84] \*\*\* ANPI/NVBB Rules in Belgium.
- [85] \*\*\* FOC 29th Edition Rules.
- [86] \*\*\* Comite Europeen Des Assurances CEA4001.
- [87] \*\*\* BS 5306 part 2 Specification for sprinkler systems.
- [88] \*\*\* EN 12845 Automatic sprinkler systems.
- [89] \*\*\* BS 9251 (DD 251) Sprinkler systems for residential and domestic occupancies.
- [90] \*\*\* *Regulamentul privind clasificarea și încadrarea produselor pentru construcții pe baza performanțelor de comportare la foc* aprobat prin ordinul comun al Ministerului Lucrărilor Publice, Transporturilor și Locuinței, nr. 163/31.01.2003, Ministerului de Interne nr. 399/26.02.2003, Ministerul Industriilor și Resurselor nr. 90/09.02.2003 și Ministerul Administrației Publice nr. 1458/03.03.2003.
- [91] \*\*\* Ministerul Industriei Chimice – *Tehnica de luptă pentru stingerea incendiilor* – lucrare elaborată sub îndrumarea Comandamentului pompierilor și a Serviciului de protecție și igienă a muncii din Ministerul Industriei Chimice, Sibiu, 1976.
- [92] \*\*\* Comandamentul pompierilor – *Termeni și expresii p.s.i.*, Serviciul editorial, 1991.
- [93] \*\*\* [http://en.wikipedia.org/wiki/Arrhenius equation](http://en.wikipedia.org/wiki/Arrhenius_equation)
- [94] \*\*\* <http://mathworld.wolfram.com/LambertsTranscendentalEquation.html>
- [95] \*\*\* [http://en.wikipedia.org/wiki/Ludwig Boltzmann](http://en.wikipedia.org/wiki/Ludwig_Boltzmann)