

PRELEGAREA 4

PERFORMANȚA PRODUSELOR PENTRU CONSTRUCȚII CU ROL ÎN SECURITATEA LA INCENDIU

4.1 Generalități privind performanța de securitate la incendiu a construcțiilor

4.1.1 Analiza de performanță

Performanța sistemelor tehnice

Analiza de performanță a unui sistem tehnic stabilește calitatea sau performanța acestuia.

Performanța sistemului tehnic este răspunsul complex al acestuia, analizabil după criteriile de performanță specifice scopului pentru care el a fost proiectat.

Nivelul de performanță al sistemului tehnic indică măsura în care sistemul atinge obiectivele pentru care a fost proiectat, corespunzător fiecărui criteriu de performanță specific și în condițiile de referință precizate, permițând încadrarea sistemului tehnic în una dintre clasele de performanță.

De asemenea, performanța sistemului tehnic este dată, pe de o parte, de *performanța componentelor sale* (componente considerate independente) și, pe de altă parte, de *performanța ansamblului* (componentele considerate în interacțiune).

Performanța construcției

Performanța construcției este dată de realizarea și menținerea nivelurilor de performanță pe întreaga durată de existență a acesteia, pentru fiecare dintre cerințele esențiale (care pot fi tratate ca și criterii de performanță), stipulate, pentru România, în legea 10/1995 actualizată, privind calitatea în construcții:

- a) rezistență mecanică și stabilitate;
- b) securitate la incendiu;
- c) igienă, sănătate și mediu înconjurător;
- d) siguranță și accesibilitate în exploatare;
- e) protecție împotriva zgomotului;
- f) economie de energie și izolare termică;
- g) utilizare sustenabilă a resurselor naturale.

Performanța construcției poate fi tratată și pentru fiecare cerință esențială în parte; astfel, putem discuta despre *performanța de securitate la incendiu a construcției*, care este dată de:

- performanța produselor pentru construcții cu rol în securitatea la incendiu;
- performanța întregului ansamblu construit.

Performanța produselor pentru construcții cu rol în securitatea la incendiu poate fi analizată pentru *categoriile de performanță*. Pentru fiecare categorie de performanță și grup de produse pentru construcții cu rol în securitatea la incendiu se definesc *clasele de performanță*, încadrarea în una dintre clase făcându-se după nivelul de performanță, măsurat prin încercări la foc standardizate, pentru fiecare criteriu de performanță specificat.

4.1.2 Scenarii de referință

Pentru evaluarea performanței la foc a *materialelor și/sau elementelor de construcții* sau, după noile norme europene, a *produselor pentru construcții cu rol în securitatea la incendiu, condițiile de referință* sau, după noile norme europene, *scenariul de referință* sunt definite de o curbă temperatură-timp ce descrie evoluția temperaturii gazelor la suprafața produsului și care este reprezentarea grafică a diferitelor niveluri ale acțiunii termice; curba este un *model de incendiu*, numit și *model convențional sau nominal*, care poate fi:

- curba temperatură-timp ISO 834;
- curba incendiului exterior;
- curba armonizată a hidrocarburilor;
- curba incendiului mocnit etc..

Curba temperatură-timp ISO 834, relația 4.1 și figura 4.1: modelul acțiunii termice care corespunde incendiului ajuns până în faza de incendiu generalizat (post-flashover),

$$T = 345 \times \log_{10}(8t + 1) + 20 \quad (4.1)$$

unde: T este temperatura gazelor, în $^{\circ}\text{C}$;

t - durata expunerii termice, în *minute*.

Curba incendiului exterior, relația 4.2 și figura 4.1: modelul acțiunii termice în cazul unui incendiu ieșind prin fereastră, dezvoltat liber și care afectează fața exterioară a peretelui unei construcții,

$$T = 660 \times (1 - 0,687^{-0,32t} - 0,313^{-3,8t}) + 20 \quad (4.2)$$

unde: T este temperatura gazelor, în $^{\circ}\text{C}$;

t - durata expunerii termice, în *minute*.

Curba armonizată a hidrocarburilor, relația 4.3 și figura 4.1: modelul acțiunii termice în cazul unui incendiu mai sever (cu o viteză mai mare de creștere a temperaturii decât cea dată de curba standardizată ISO 834),

$$T = 1080 \times (1 - 0,325^{-0,167t} - 0,675^{-2,5t}) + 20 \quad (4.3)$$

unde: T este temperatura gazelor, în $^{\circ}\text{C}$;

t - durata expunerii termice, în *minute*.

Curba incendiului mocnit, relația 4.4: modelul acțiunii termice care corespunde incendiului ajuns până în faza de incendiu dezvoltat (pre-flashover):

$$T = 154 \times t^{0,25} + 20, \text{ pentru } 0 < t \leq 21 \quad (4.4)$$

$$T = 660 \times (1 - 0,687^{-0,32t} - 0,313^{-3,8t}) + 20, \text{ pentru } t > 21$$

unde: T este temperatura gazelor, în $^{\circ}\text{C}$;

t - durata expunerii termice, în *minute*.

Incendiul semi-natural: modelul acțiunii termice corespunzător contactului direct cu flacăra, cu transferul căldurii prin convecție; corespunde expunerii în încercarea SBI (cu un singur obiect arzând) și se utilizează în cazul sistemelor ușoare pentru plafoane suspendate, cu o inerție termică mică.

Nivelul constant al temperaturii: modelul acțiunii termice (utilizat suplimentar) în cazul unor elemente de construcții, la evaluarea:

- nivelului etanșeității la fum al ușilor, 200°C ;
- performanței la incendiu a planșelor supraîncălzite, 500°C ;

- rezistenței la funingine a coșurilor pentru fum, 1000⁰C.

Scenarii de incendiu extreme. În cazul unor obiective speciale (tuneluri pentru trafic, centrale nucleare etc.), specificațiile tehnice pot impune scenarii de incendiu extreme și modelul convențional al acțiunii termice să fie dat de curbe nominale caracteristice acestor situații.

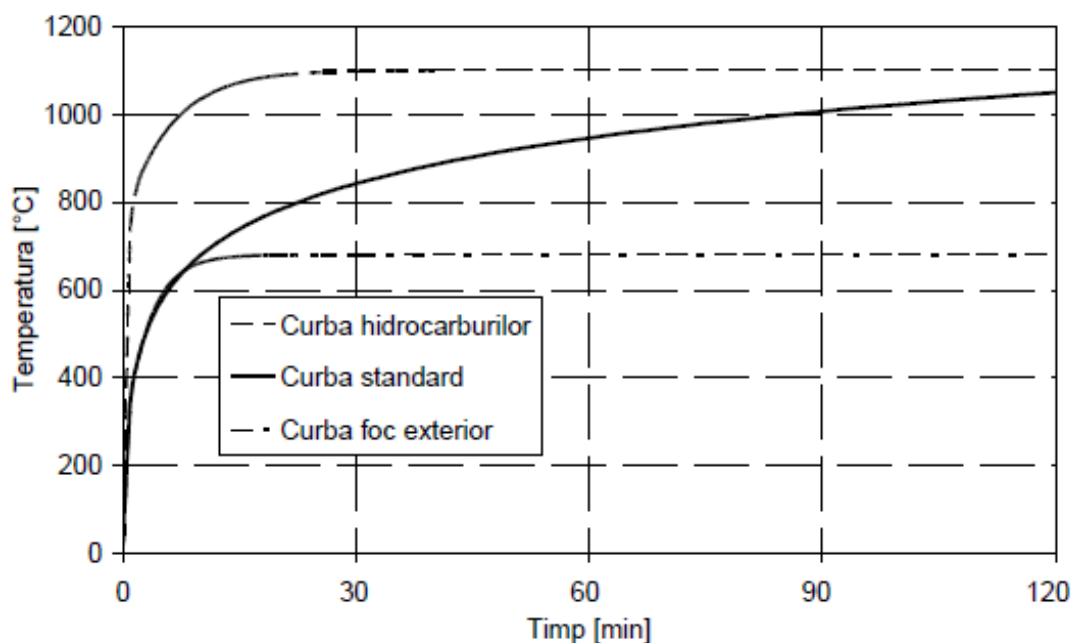


Figura 4.1 Modele pentru incendiu convenționale/nominale

4.2 Clasificarea românească (tradițională) a materialelor și elementelor de construcții din perspectiva securității la incendiu

Generalități

Comportarea la foc, în România, P 118-99, se putea defini ca totalitatea schimbărilor fizice și chimice intervenite atunci când un material, produs sau ansamblu este supus acțiunilor unui incendiu standard.

4.2.1 Combustibilitatea materialelor și elementelor de construcții

Clase de combustibilitate privind materialele și elementele de construcții

Combustibilitatea materialelor și/sau elementelor de construcții, în România, P 118-99, se putea defini ca și capacitatea acestora de a se aprinde și arde în continuare, contribuind la creșterea cantității de căldură dezvoltată de incendiu; această capacitate se stabilea pe baza unor încercări experimentale standardizate și asigura încadrarea într-o clasă de combustibilitate (definită ca și caracteristica unui material sau element de construcții, exprimată prin nivelul parametrilor specifici determinați în urma unor încercări la foc standardizate).

În diferite țări au fost (posibil că mai sunt încă) diferite metode pentru încercările la foc standardizate privind combustibilitatea materialelor sau elementelor de construcții cu rol în securitatea la incendiu și, corespunzător, clasificări și încadrări diferite ale acestor produse; astfel, puteau fi identificate diferențe până și la nivelul modului notării claselor de combustibilitate: M0÷M4 (Franța), A1, A2, B1÷B3 (Germania), 0÷4 (Anglia); încadrarea materialelor sau elementelor de construcții cu rol în securitatea la incendiu într-o clasă de

combustibilitate putea diferi de la o țară la alta, atât sub aspectul formei, cât și al conținutului; ca urmare, libera circulație și evaluarea unitară a performanțelor la foc a produselor pentru construcții cu rol în securitatea la incendiu putea fi afectată.

Din punctul de vedere al combustibilității, în România, materialele și elementele de construcții (STAS 11357) puteau fi:

- *incombustibile*, încadrabile, tradițional în România, în *clasa de combustibilitate C0* (cele care sub acțiunea focului sau a temperaturilor înalte nu se aprind, nu ard mocnit și nu se carbonizează);

- *combustibile*, încadrabile, tradițional în România, în una dintre *clasele de combustibilitate C1÷C4* (cele care, sub acțiunea focului sau temperaturilor înalte, se aprind, ard mocnit sau se carbonizează).

În România (tradițional), materialele și elementele combustibile de construcții cu rol în securitatea la incendiu se încadrau, după *capacitatea de inflamare a lor* (a ușurinței de aprindere și a contribuției la dezvoltarea incendiului), în una dintre *clasele de combustibilitate*:

- *C1, practic neinflamabile*;
- *C2, dificil inflamabile*;
- *C3, mediu inflamabile*;
- *C4, ușor inflamabile*.

Clasificarea (având caracter empiric) se baza pe metode aplicate unei epruvete prelevate din produsul respectiv și indiferent de posibila utilizare finală.

Materialele și elementele combustibile de construcții dintre clasele *C1* și *C2* constituiau (tradițional) grupa materialelor denumite *greu combustibile*, caracterizate prin aceea că arderea, mocnirea sau carbonizarea are loc numai în cazul existenței unei surse exterioare cu foc sau temperatură mare, încetând după îndepărtarea acesteia.

Elementele de construcții se considerau incombustibile sau combustibile după caracteristicile materialelor implicate, dar și după modul inserării lor în structura elementului.

În România (tradițional), pentru materialele și elementele combustibile de construcții cu rol în securitatea la incendiu se utilizau și *clase de combustibilitate echivalente* (SR CEI 364-3+A1), astfel:

- *CA1* pentru *C0*;
- *CA2a* pentru *C1*;
- *CA2b* pentru *C2*;
- *CA2c* pentru *C3*;
- *CA2d* pentru *C4*.

Clase de combustibilitate privind lichidele combustibile

Lichidele combustibile, după temperatura inflamabilității vaporilor, se încadrează în una dintre *clasele de combustibilitate*, P 118-99:

- *LI*, pentru lichide cu temperatura de inflamabilitate mai mică sau egală cu 28⁰C;
- *LII*, pentru lichide cu temperatura de inflamabilitate cuprinsă între 28⁰C și 55⁰C;
- *LIII*, pentru lichide cu temperatura de inflamabilitate cuprinsă între 55⁰C și 100⁰C;
- *LIV*, pentru lichide cu temperatura de inflamabilitate mai mare de 100⁰C.

Clase de periculozitate privind materialele și substanțele depozitate

Materialele și substanțele depozitate se încadrează în una dintre *clasele de periculozitate*, P 118-99:

- *P1, fără periculozitate*:
 - materiale incombustibile care nu pot da naștere la reacții periculoase, fără ambalaje (în vrac) sau în ambalaje incombustibile; exemple: minereuri, produse și piese metalice (inerte), ciment, nisip, beton, materiale de construcții refractare, azbest, legume,

fructe, carne, conserve în cutii metalice sau borcane, lichide incombustibile (inerte) îmbuteliate etc.;

- *P2, cu pericolozitate redusă (A÷C):*

- *A*, materiale din clasa *P1* în ambalaje cu combustibilitate redusă; exemple: minereuri și alte materiale inerte în saci sau butoaie combustibile, piese metalice în folii sau prelate greu combustibile, piese metalice, elemente din beton, azbociment pe palete din lemn, lichide incombustibile sau conserve în ambalaje incombustibile în navete sau lădițe combustibile ori pe palete din lemn etc.;

- *B*, materiale care se aprind greu, cu o viteză redusă de ardere și care nu au o putere calorifică mare; exemple: aparate electrice, obiecte executate din bachelită și rășini fenolice, melamină, piei brute, baloturi de lână (spălată și uscată), zahăr brut și cereale în vrac sau în saci, produse de panificație, tutun în butoaie;

- *C*, lichide incombustibile inerte, în ambalaje combustibile; exemple: lapte, apă minerală în butelii din plastic, cutii din carton etc.;

- *P3, cu pericolozitate medie (A÷C):*

- *A*, materiale din clasele *P1* și *P2* ambalate în cutii din carton;

- *B*, materiale cu combustibilitate medie (care se încadrează în clasele *P4* și *P5*) și cu putere calorifică de cel mult 27,3 J/kg, în orice fel de ambalaje, cu excepția celor din materiale plastice spongioase; exemple: mobilă (fără garnituri din burete din cauciuc sau plastic) și obiecte masive din lemn, butoaie din lemn goale (fără reziduuri periculoase), bambus, produse din ebonită, fibre animale (lână, mătase naturală, păr etc.) și fibre artificiale cu combustibilitate redusă (poliamidice, poliesterice, poliacrilice și polivinilice), țesături și confecții executate din asemenea fibre, fibre vegetale toarse gros, saltele și perne (fără burete din cauciuc sau materiale plastice), articole din piele, cărți, papetărie, negru de fum (ambalat în saci sau granulat), amidon, făină din cereale, zahăr cristalizat, paste făinoase și alte articole de băcănie (ambalate în pungi), tutun, ceai, legume uscate, grăsimi etc.;

- *C*, lichide combustibile cu temperatura de inflamabilitate mai mare de 100°C, în ambalaje incombustibile care pot fi introduse în cutii din carton; exemple: vopsele pe bază de ulei în cutii, borcane, butoaie și similare; produse farmaceutice combustibile în cutii, bidoane, sticle, damigene etc., lubrifianti și glicoli în butoaie sau bidoane, uleiuri vegetale în butoaie sau sticle etc.;

- *P4, cu pericolozitate mare (A÷F):*

- *A*, materiale și produse din clasele *P1÷P3*, în ambalaje din materiale plastice spongioase;

- *B*, materiale combustibile cu viteză mare de ardere sau cu o putere calorifică mai mare de 23,7 J/kg, indiferent de forma de ambalare; exemple: lemn în formă de tocătură și talaș, fibre vegetale (în, cânepă, bumbac), fibre artificiale cu o putere calorifică mai mare de 27,3 J/kg, confecții executate din asemenea fibre, saltele sau plăpumi cu umpluturi din burete, cauciuc sau materiale plastice spongioase, fibre textile, vată, paie, zegras, împletituri din nuiele; celuloză; carton; hârtie, cauciuc brut sau prelucrat; materiale plastice sau obiecte confecționate din acestea (altfel decât sub formă de fibre) care nu sunt menționate în clasa *P3*;

- *C*, materiale și produse incombustibile care pot suferi deteriorări importante în urma acțiunii temperaturilor înalte, a apei sau gazelor corosive, indiferent de natura ambalajelor; exemple: aparatură electrică și electronică având relee și contacte sensibile necapsulate, tuburi electronice, utilaje și aparate de înaltă precizie, bijuterii, medicamente și produse cosmetice etc.;

- *D*, materiale și produse care, sub efectul temperaturii, degajă cantități importante de gaze corosive, indiferent de natura ambalajelor; exemple: policlorură de vinil, teflon și rășini epoxidice, acid clorhidric, clorură de var etc.;

- *E*, lichide combustibile din *clasa P3* în ambalaje combustibile; exemple: lichide ambalate în butoaie din carton, bidoane sau canistre din materiale plastice;

- *F*, lichide inflamabile cu temperaturi de inflamabilitate cuprinse între 50°C și 100°C, în ambalaje incombustibile ce pot fi introduse în cutii din carton; exemple: carburanți Diesel, motorină, păcură, smoală, uleiuri pentru acționări hidraulice și de ungere, uleiuri minerale, cerneală tipografică etc.;

- *P5*, cu *periculozitate deosebit de mare (A÷H)*:

- *A*, materiale instabile care se pot descompune exploziv la temperatura normală, materiale care pot exploda sub efectul încălzirii, frecării, lovirii sau șocurilor de detonație, obiecte pirotehnice indiferent de modul de ambalare; exemple: acid acrilic, acid cianhidric nestabilizat, acid percloric anhidru, apă oxigenată concentrată, clorat de amoniu, hidrazină anhidră, acetilenă, acetiluri (de argint, cupru etc.), anhidră cromică, azotat de amoniu sau potasiu, bioxid de clor, hidroxilamină, nitroetan, nitroceluloză uscată, peroxizi (de acetyl, benzoil, zinc), chibrituri cu fosfor alb, muniție explozivă sau incendiară, explozivi, corpuri pentru artificii, rachete etc.;

- *B*, materiale care, la contactul cu alte materiale, pot da naștere la reacții explozive sau se pot aprinde indiferent de modul de ambalare; exemple: acetonă, acid acetic, acid fluorhidric anhidru, amoniac, etilendiamină, peroxizi de potasiu sau sodiu etc.;

- *C*, materiale susceptibile să se autoaprindă, indiferent de modul de ambalare; exemple: carton asfaltat în roluri, cărbune bituminos, deșeuri din cauciuc sau lână, făină din lucernă și/sau din pește, fosfor alb, îngrășăminte organice umede, mangal, semințe de in etc.;

- *D*, substanțe oxidante capabile să inițieze aprinderea materialelor combustibile la contactul cu acestea, indiferent de modul de ambalare; exemple: acid azotic, clorhidric, sulfuric, brom, clor, erbicide, iod, salpetru (azotat de potasiu) etc.;

- *E*, materiale care, sub efectul căldurii, degajă cantități mari de gaze combustibile sau toxice, indiferent de modul de ambalare; exemple: acrilonitril, alcaloizi, amine, acetonă, anilină, cloroform, clorură de metil, esteri, iod, iodați, piridină, tetrabrommetan, acetat de plumb, butadienă, fosfor, sulfat de metil etc.;

- *F*, materiale care, în contact cu apa, se aprind și degajă temperaturi capabile să aprindă materialele combustibile din imediata vecinătate sau degajă gaze combustibile, indiferent de modul de ambalare; exemple: amidă alcalină, amestecuri aluminotronice, bariu, calciu, carbură de calciu (carbide), hidroxid de calciu (var nestins), hidrură de aluminiu, calciu etc.; magneziu metalic sau aliaje cu conținut mai mare de 30% (masa de magneziu), potasiu metalic, sodiu metalic, plutoniu, titan, uraniu, zinc pulverulent;

- *G*, recipiente cu gaze comprimate, indiferent de modul de ambalare; exemple: recipiente fixe sau transportabile cu gaze sub presiune, recipiente de tip *Spray* etc.;

- *H*, substanțe sau materiale solide care au o putere calorică mai mare de 33,6 MJ/kg sau sunt caracterizate de o ardere deosebit de intensă; exemple: lichide combustibile cu temperatura de inflamabilitate mai mică de 55°C, gaze combustibile indiferent de modul de ambalare, celuloid și obiecte din celuloid, peliculă pe bază de nitroceluloză, peroxilină, bicromat de sodiu, clorați (de calciu, potasiu, bariu etc.), permanganat de sodiu, calciu sau zinc, peroxizi de potasiu, sodiu, plumb, petrol lampant, benzină, sulfură de carbon, toluen, țiței, acetonă, gazolină, alcool etilic etc.; propan, butan, propilenă, hidrogen, butadienă, gaz de furnal, metan etc..

4.2.2 Rezistența la foc a elementelor de construcții

Clase de rezistență la foc privind elementele de construcții

Rezistența la foc a elementului de construcții, în România, P 118-99, se putea define ca aptitudinea acestuia de a-și păstra, într-un timp determinat, *capacitatea portantă, izolarea termică și etanșeitățile* stabilite prin încercări standardizate.

Rezistența la foc a elementelor de construcții, pentru fiecare criteriu de performanță (capacitate portantă, izolare termică, etanșeitate la foc), se cuantifica în *ore și minute*:

- rezistența la foc după criteriul capacității portante, fiind durată de la începutul încercării până la momentul în care elementul capătă deformații maxime admise, se prăbușește sau, în cazul elementelor metalice, se atinge temperatura critică (specificată în prescripțiile tehnice sau în tema experimentului), nemaiputând îndeplini rolul destinat în cadrul construcției;

- rezistența la foc după criteriul izolării termice, fiind durată până la care se atinge una din următoarele situații limită:

- temperatura medie a feței neexpuse depășește temperatura inițială cu peste 140°C;

- temperatura maximă atinsă în oricare dintre punctele feței neexpuse depășește cu peste 180°C temperatura inițială sau, indiferent de mărimea temperaturii inițiale, temperatura maximă ajunge la 220°C;

- rezistența la foc după criteriul etanșeității, fiind durată până la care în elementul încercat se formează fisuri, crăpături sau deschideri prin care trec flăcările sau gazele fierbinți ce aprind vata din bumbac sau până la care apar flăcări susținute pe partea neexpusă minimum 10 s.

Condițiile de referință în cazul determinării rezistenței la foc în cuptorul pentru încercări sunt realizate de menținerea unui program termic care se desfășoară după *curba temperatură-timp ISO 834*, relația 4.1.

Metoda pentru determinarea rezistenței la foc (STAS 7771 -1/1981 și -2/1982) consta, în principiu, în determinarea timpului (numit *limita de rezistență la foc, LRF*), în care elementul de construcții expus acțiunii focului, după un program termic standardizat (vezi condițiile de referință), îndeplinea unul sau mai multe dintre criteriile specificate; acestea nu se raportau la valori standardizate.

Clasele de rezistență la foc pentru elementele de construcții sunt expresia nivelului acoperitor al rezistenței la foc a produsului pentru un grup al criteriilor de performanță și pot fi:

- clasele pentru încadrarea elementelor de construcții a căror limită a rezistenței la foc se determină după toate trei criteriile, luându-se în considerare, acoperitor, valoarea cea mai mică, se notează cu *REI-ore și minute (rezistent la foc)*;

- clasele pentru încadrarea elementelor de construcții a căror limită a rezistenței la foc se determină după criteriul capacității portante, se notează cu *R-ore și minute (rezistent la foc)*;

- clasele pentru încadrarea elementelor de construcții a căror limită a rezistenței la foc se determină după criteriul etanșeității, se notează cu *E-ore și minute (etanș la foc)*.

Liste cu elemente de construcții care au fost încercate la foc (și pentru care au fost stabilite limite ale rezistenței la foc) au fost puse la dispoziție de INCERC București; exemple sunt prezentate în tabelele 4.1a÷4.1c.

Tabelul 4.1a Limita de rezistență la foc pentru pereți din cărămidă plină

Grosime nominală (cm)	LRF (h și min.)	
	Netencuit	Tencuit
6,3	1 h 30'	2 h 40'
11,5	2 h 40'	4 h
24,0	7 h	7 h

Tabelul 4.1b Limita de rezistență la foc pentru pereți din cărămidă cu goluri verticale

<i>Grosime nominală (cm)</i>	<i>LRF (h și min.)</i>	
	<i>Netencuit</i>	<i>Tencuit</i>
8,8	2 h 30'	4 h
11,5	3 h 30'	5 h
14,0	4 h 30'	6 h
24,0	7 h	7 h
29,0	7 h	7 h

Tabelul 4.1c Limita de rezistență la foc pentru pereți din B.C.A.

<i>Grosime (cm)</i>	<i>LRF (h și min.)</i>
6,0	1 h
7,5	1 h 45'
10,0	2 h 45'
12,0	4 h
15,0	7 h
20,0	7 h
24,0	7 h

4.3 Clasificarea europeană a produselor pentru construcții cu rol în securitatea la incendiu

Genealități

Există o directivă europeană, referitoare la produsele pentru construcții (*DPC*), care stabilește reguli cu valabilitate generală, pe teritoriul Comunității Europene, privind libera circulație a produselor pentru construcții: *cerințele esențiale, specificațiile tehnice de referință, sistemele pentru evaluarea conformității, organizarea instituțională necesară*. Hotărârea Guvernului României nr. 622/2004 privind stabilirea condițiilor pentru introducerea pe piață a produselor pentru construcții preia prevederile DPC.

Modalități pentru aplicarea DPC au fost ulterior stabilite prin decizii ale Comisiei Europene. Directiva Consiliului European și deciziile Comisiei Europene fac parte din categoria reglementărilor comunitare a căror transpunere în legislația națională a Statelor Membre și a țărilor candidate (din perspectiva integrării) este obligatorie. Dintre decizii, șapte se referă la sistemul euroclaselor privind cerința securității la incendiu și condițiile clasificării produselor pentru construcții din punctul de vedere al acestei cerințe. Dintre acestea, enumerăm ca fiind de interes în cadrul prelegerii:

- Decizia Comisiei nr. 00/147/CE, 2000, referitoare la clasificarea performanțelor privind reacția la foc a produselor pentru construcții;
- Decizia Comisiei nr. 00/367/CE, 2000, referitoare la clasificarea performanțelor privind rezistența la foc a produselor pentru construcții;
- Decizia Comisiei nr. 00/553/CE, 2000, privind performanțele la incendiu din exterior a învelitorilor pentru acoperiș.

Cerințele esențiale sunt explicitate în Documentele Interpretative (*DI*).

În aceste documente este abordată și noua concepție europeană privind testarea și clasificarea produselor pentru construcții aflate în situația de incendiu; astfel, DI 2 la DPC indică, drept măsuri principale aplicate în Statele Membre, pentru respectarea cerinței securitatea la incendiu:

- limitarea inițierii și propagării focului și fumului în camera focarului prin limitarea contribuției la foc a produselor pentru construcții și
- asigurarea stabilității la foc a construcției pentru un timp (normat).

Aceste două aspecte implică analiza produselor pentru construcții cu rol în securitatea la incendiu din punctul de vedere al:

- performanței de reacție la foc;
- performanței de rezistență la foc.

Procedurile de încercare a produselor pentru construcții cu rol în securitatea la incendiu (standardizate) demarează cu *precizarea scenariilor de referință și a condițiilor de utilizare finală* pentru produsul analizat, continuă cu *stabilirea nivelului de performanță pentru fiecare criteriu de performanță* (prin încercări la foc standardizat) și se finalizează cu *încadrarea în clasa sau clasele de performanță* pentru produsul respectiv.

Scenariile de referință reproduc situații ale unor incendii reale (elaborate pe baza cercetărilor în domeniul termodinamicii incendiului); acestea caracterizează situația riscului la incendiu utilizată pentru o metodă de încercare sau un anume sistem de clasificare.

Condițiile utilizării finale sunt, în mod convențional, date de ansamblul condițiilor specifice în care produsul urmează a fi încorporat într-o construcție; astfel, termenul se referă la o utilizare concretă a unui produs, în legătură cu toate aspectele care influențează contribuția la foc a lui în diferite situații ale incendiului (cantitatea, orientarea, metoda punerii în operă a produsului, poziția acestuia în raport cu alte produse adiacente etc.).

Nivelul de performanță la foc al unui produs pentru construcții este măsura în care, în condițiile unui anumit scenariu de referință, acel produs pentru construcții satisface unele criterii de performanță privind securitatea la incendiu (impuse prin specificații tehnice).

Clasa de performanță la foc a produsului este expresia cantitativă formulată în termenii performanței pentru contribuția la foc a produsului, în condițiile utilizării finale, și este consecința existenței nivelurilor diferite privind performanța produselor.

Raportul clasificării trebuie să detalieze fundamentarea și rezultatele procedurii clasificării, având conținutul și formatul din standardele specifice. El este întocmit de un organism recunoscut/desemnat/notificat sau de producător, responsabil pentru efectuarea încercărilor, potrivit sistemului atestării conformității și aplicabil produsului respectiv (SR EN 13501/1). Datele fundamentării și domeniul aplicării unei clasificări acordate trebuie să fie înscrise în informațiile *marcajului CE* (succint și complet).

4.3.1 Performanța de reacție la foc a produselor pentru construcții

Generalități

Contribuția la foc (concept nou propus de Comunitatea Europeană în vederea caracterizării produselor pentru construcții cu rol în securitatea la incendiu) vine să lărgescă conținutul conceptului *combustibilitatea la foc*, prin adăugarea fluxului de căldură degajat, a fumului și gazelor de ardere emise, a radiației de căldură, a propagării flăcării etc..

Performanța de reacție la foc a unui produs pentru construcții vizează inițierea și propagarea incendiului în camera focarului și reducerea contribuției produselor pentru construcții la dezvoltarea incendiului.

Clasificarea privind performanța de reacție la foc apreciază contribuția produsului la alimentarea unui foc la care este expus, în condiții specificate.

Clase de reacție la foc privind produsele pentru construcții

Scenariile de referință reproduc situația unui incendiu inițiat într-o cameră, care se poate dezvolta și, eventual, poate atinge flashover-ul; astfel, se pot identifica următoarele pentru:

- inițierea incendiului: prin aprinderea unui produs pe o suprafață limitată, cu o flăcără mică;
- dezvoltarea incendiului ce poate atinge flashover-ul: prin aprinderea unui singur produs în colțul camerei, generând flux de căldură pe suprafețele adiacente (metoda SBI);
- incendiul generalizat: prin contribuția la incendiu a tuturor produselor combustibile.

Metodele de încercare, stabilite ca standarde de referință aplicabile suprafeței produselor și acoperirii pardoselilor, sunt cele cu privire la:

- incombustibilitate: SR EN ISO 1182;
- determinarea puterii calorifice superioare: SR EN ISO 1716;
- un singur produs arzând - SBI: SR EN ISO 13823, figura 4.2a;
- aprinzibilitate în contactul direct cu flăcără mică: SR EN ISO 11925-2, figura 4.2b;
- reacția la foc în prezența sursei de căldură radiantă: SR EN ISO 9239-1, figura 4.2c.

Criteriile privind performanța de reacție la foc sunt:

- creșterea temperaturii (ΔT);
- pierderea de masă (Δm);
- durata persistenței flăcării (T_f);
- puterea calorifică superioară (PCS);
- viteza de dezvoltare a incendiului ($FIGRA$);
- cantitatea totală de căldură degajată (THR_{600s});
- propagarea laterală a flăcării (LFS);
- viteza emisiei de fum ($SMOGRA$);
- cantitatea totală de fum emis (TSP_{600s});
- propagarea flăcării (F_s).

Niveluri diferite ale performanței privind reacția la foc a produselor permit încadrarea acestora în clase de performanță privind reacția la foc.

Clasele privind performanța de reacție la foc, pe grupe de produse, sunt prezentate în continuare (EN 13501).

Produse pentru construcții (cu excepția pardoselilor):

- principale:

A1, produse care nu contribuie la foc în nici o fază a incendiului, care satisfac automat toate cerințele celorlalte clase (nu are loc flashover), cu eliberare ne semnificativă a fumului și fără producerea picăturilor sau particulelor arzânde;

A2, produse care, în cazul unui incendiu în faza dezvoltată, nu contribuie semnificativ la sarcina termică și dezvoltarea acestuia (nu are loc flashover), cu eliberarea fumului și producerea picăturilor sau particulelor arzânde;

B, condiții mai severe decât la clasa *C* (nu are loc flashover), cu eliberarea fumului și producerea picăturilor sau particulelor arzânde;

C, suplimentar față de *clasa D*: produse care, la acțiunea unui singur produs arzând, prezintă o propagare limitată a flăcării laterale (are loc flashover în mai puțin de 20 minute la $HRR=700kW$), cu eliberarea fumului și producerea picăturilor sau particulelor arzânde;

D, suplimentar față de *clasa E*: produse capabile să reziste o perioadă lungă la acțiunea unei flăcări mici și să suporte acțiunea termică a unui singur produs arzând, cu o degajare limitată de căldură (are loc flashover în mai puțin de 5 minute la $HRR=900kW$), cu eliberarea fumului și producerea picăturilor sau particulelor arzânde;

E, produse capabile să reziste pentru scurt timp la acțiunea unei flăcări mici fără propagarea semnificativă a flăcării (are loc flashover în mai puțin de 2 minute la $HRR=900kW$), cu eliberare semnificativă a fumului și producerea picăturilor sau particulelor arzânde;

F, produse pentru care nu se determină performanțe și care nu pot fi clasificate *A1*, *A2*, *B*, *C*, *D*, *E*;



a.

(MPA Otto-Graff-Institute fire department test laboratory)



b.

(www.sandwichbau.com)



c.

Figura 4.2 Instalații de testare a reacției la foc a produselor pentru construcții

- suplimentare (cazul produselor încadrabile în clasele A2, B, C, D):
 - s1*, emisie mică de fum;
 - s2*, emisie limitată de fum;
 - s3*, nu se cer limitări pentru emisia de fum;
 - d0*, fără picături/particule arzânde;
 - d1*, picături/particule care nu persistă peste o durată dată;
 - d2*, nu se cer limitări pentru producerea de picături/particule arzânde.

Produse pentru pardoseli:

- principale:

A1_{FL}, A2_{FL}, B_{FL}, C_{FL}, D_{FL}, E_{FL}, F_{FL};

- suplimentare (cazul produselor încadrabile A2_{FL}, B_{FL}, C_{FL}, D_{FL}): *s1, s2*.

Produse termoizolante pentru tubulatură liniară:

- principale:

A1_L, A2_L, B_L, C_L, D_L, E_L, F_L.

- suplimentare (cazul produselor încadrabile A2_L, B_L, C_L, D_L, E_L): *s1, s2, s3, d0, d1, d2*.

Echivalența claselor de combustibilitate și reacție la foc privind produsele pentru construcții cu rol în securitatea la incendiu

Pentru a soluționa diferențele cu privire la utilizarea claselor de combustibilitate (tradiționale în România) și claselor de reacției la foc (impuse prin aderarea la Comunitatea Europeană) s-a emis un act normativ care completează actul normativ 1822/394/2004 care stipulează:

- clasele de combustibilitate definite în *Normativul de siguranță la foc a construcțiilor P118-99*, se înlocuiesc cu clasele de reacție la foc, după modul utilizării finale a produsului pentru construcții;

- clasele de combustibilitate prevăzute în alte reglementări specifice au caracter informativ și se înlocuiesc, obligatoriu, cu clasele de reacție la foc, cum se prezintă în tabelul 4.2.

4.3.2 Performanța de rezistență a foc a produselor pentru construcții

Generalități

Performanța de rezistență la foc a unui produs pentru construcții (SR EN 13501/2) vizează aptitudinea acestuia de a-și păstra, un timp determinat, *stabilitatea la foc/capacitatea portantă și/sau izolarea termică și/sau etanșeitatea la foc* și, eventual, *orice altă funcție impusă* specificată la o încercare la foc standardizată.

Clasificarea privind performanța de rezistență la foc apreciază menținerea stabilității elementelor portante ale unei construcții, precum și a altor funcții în situația de incendiu, o durată determinată.

Clase de rezistență la foc privind produsele pentru construcții

Scenariile de referință reproduc situațiile unor incendii reale, definite prin curbe temperatură-timp, precum:

- curba temperatură-timp ISO 834;
- curba incendiului mocnit;
- nivelul constant al temperaturii.

Metodele de încercare, stabilite ca standarde de referință, au la bază determinarea timpului în care produsul pentru construcții expus acțiunii focului, după un program termic standardizat, îndeplinește unul sau mai multe dintre criteriile de performanță specificate și sunt (parte dintre ele):

- încercarea de rezistență la foc: SR EN ISO 1363/1/2/3;
- încercarea de rezistență la foc a elementelor de construcții neportante: SR EN ISO 1364/1/2;
- încercarea de rezistență la foc a elementelor de construcții portante: SR EN ISO 1365/1/2/3/4;
- încercarea de rezistență la foc pentru instalații tehnice: SR EN ISO 1366/1/2/5;
- încercarea de rezistență la foc pentru uși și sisteme pentru închidere: SR EN ISO 1634/1/3;
- metode pentru determinarea contribuției la rezistența elementelor structurale la foc: SR EN ISO 13381/4/5/6/7.

Criteriile privind performanța de rezistență la foc (SR EN 13501/2 și SR EN ISO 13943) sunt:

- principale:
 - capacitatea portantă la foc (*R*), figura 4.3a,b;
 - izolarea termică la foc (*I*);

- etanșeitatea la foc (E), figura 4.4;
- radiația termică (W), opțional.

Tabelul 4.2 Echivalența claselor de combustibilitate și de performanță privind reacția la foc

<i>Clasa combustibilității</i>	<i>Clasa performanței reacției la foc</i>	
C0 (CA1)	A1	-
	A2	S1, d0
C1 (CA2a)	A2	S1, d1
		S2, d0
		S2, d1
		S3, d0
		S3, d1
		B
	S1, d1	
	S2, d0	
	S2, d1	
	C2 (CA2b)	C
S3, d1		
S1, d0		
S1, d1		
S2, d0		
S2, d1		
C3 (CA2c)	D	S3, d0
		S3, d1
		S1, d0
		S1, d1
		S2, d0
		S2, d1
C4 (CA2d)	A2	S3, d0
		S3, d1
		S3, d2
	B	S1, d2
		S2, d2
		S3, d2
	C	S1, d2
		S2, d2
		S3, d2
	D	S1, d2
		S2, d2
		S3, d2
	E	d2
	F	-

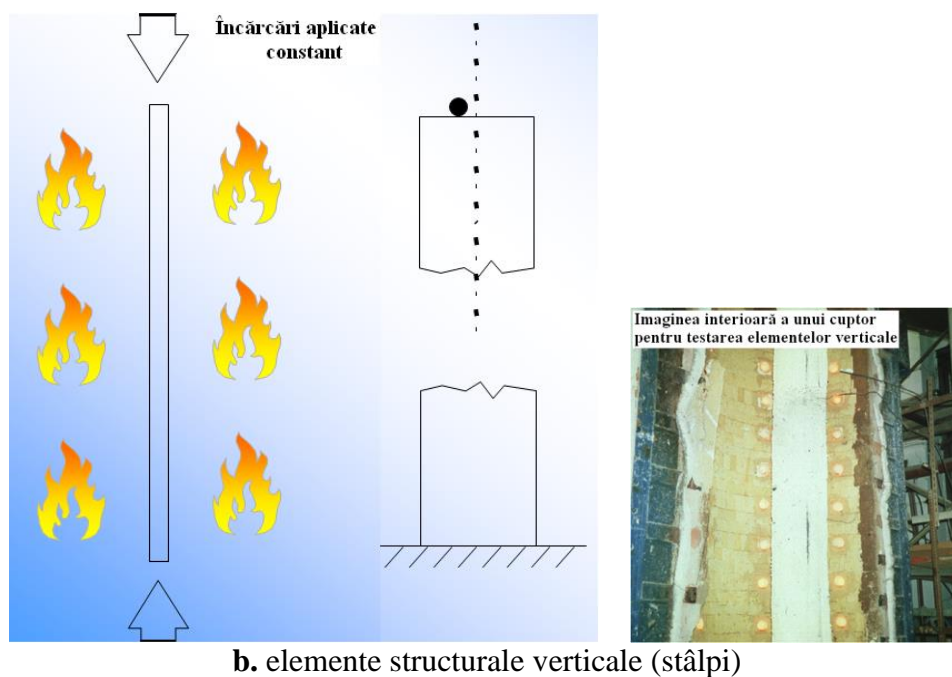
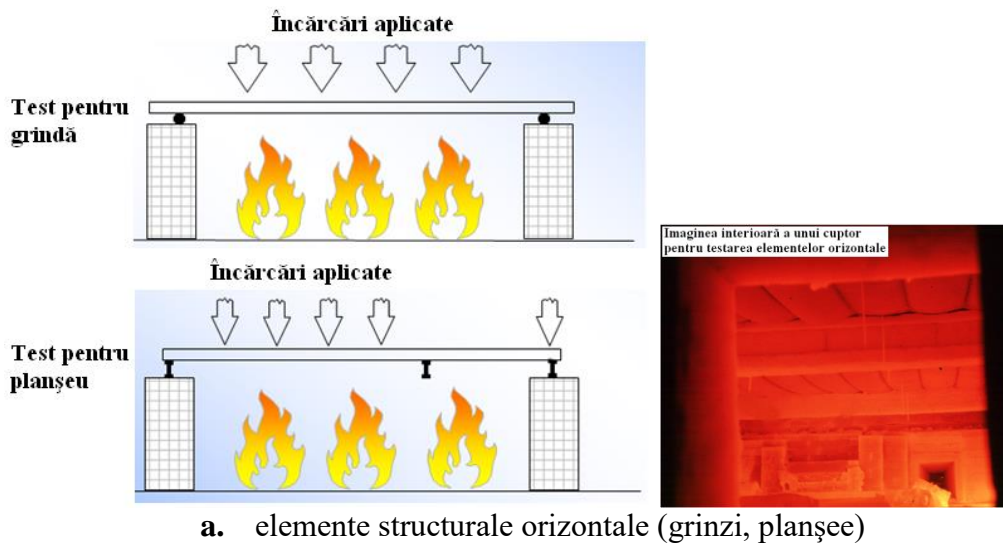


Figura 4.3b Testarea rezistenței la foc a elementelor structurale (după *Fire resistance and fire testing, Sheffield University, 2002*)



Figura 4.4 Testarea etanșeității la foc a elementelor de construcții (www.egolf.org.uk, 2013)

- complementare:
 - acțiunea mecanică (*M*);
 - închiderea automată (*C*);
 - etanșeitatea la fum (*S*);
 - continuitatea în alimentarea cu curent electric și/sau transmisia semnalului pe durata incendiului (*P* sau *PH*);
 - rezistența la arderea funinginii (*G*);
 - capacitatea de protecție la foc a acoperirilor (*K*);
 - durata stabilității la temperatură constantă (*D*);
 - durata stabilității la curba standard temperatură-timp (*DH*);
 - funcționalitatea ventilatoarelor electrice pentru fum și gaze fierbinți (*F*);
 - funcționalitatea mijloacelor pentru evacuare naturală a fumului și gazelor fierbinți (*B*).

Niveluri diferite ale performanței rezistenței la foc a produselor permit încadrarea acestora în clasele de performanță privind rezistența la foc.

Clasele privind performanța de rezistență la foc a produselor pentru construcții (și forma raportului clasificării) sunt detaliate în SR EN 13501/2) sunt expresia nivelului acoperitor al performanței de rezistență la foc a produsului referitor la un grup al criteriilor performanței. Clasele sunt exprimate prin simbolurile care indică criteriile avute în vedere (litere), timpul asigurării performanței (numere) și criteriile complementare avute în vedere (litere).

Performanța este dată de durata pentru care este îndeplinit criteriul respectiv, exprimată în *minute*, încadrabilă în următoarele module standardizate: 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 360; rezultatele încercărilor se rotunjesc la valoarea inferioară cea mai apropiată inclusă în modulele standardizate.

Clasele privind performanța de rezistență la foc pot fi:

- în cazul elementelor portante:

- *REI-ttt*, cu îndeplinirea simultană a criteriilor capacității portante, etanșeității și izolării termice la foc;

- *RE-ttt*, cu îndeplinirea simultană a criteriilor capacității portante și etanșeității la foc;

- *R-ttt*, cu îndeplinirea criteriului capacității portante la foc;

- în cazul elementelor neportante:

- *EI-ttt*, cu îndeplinirea simultană a criteriilor etanșeității și izolării termice la foc;

- *E-ttt*, cu îndeplinirea criteriului etanșeității la foc.

Clasificările se aplică produselor pentru construcții, fiecare având standarde de metodă pentru încercarea de rezistență la foc, specifice, grupabile în:

- elemente portante fără rol în separarea la incendiu: pereți, planșee, acoperișuri, grinzi, stâlpi, balcoane, scări, pasarele;

- elemente portante cu rol în separarea la incendiu, cu sau fără vitraje, accesorii, furnituri: pereți, planșee, plafoane;

- produse și sisteme utilizate la protejarea elementelor portante sau a unor părți ale construcției: plafoane fără rezistență la foc proprie, acoperiri, tencuieli pentru protecție, ecrane;

- elemente neportante, cu sau fără vitraje, accesorii, furnituri: pereți despărțitori, plafoane rezistente la foc, fațade, pereți cortină, pereți exteriori, pardoseli supraînălțate, elemente pentru etanșarea trecerilor și rosturilor, uși rezistente la foc, uși antifum, obloane, protecții pentru goluri de trecere a benzilor rulante și a sistemelor pentru transport pe șină, conductelor și canalelor tehnice, etanșărilor liniare, etanșărilor pentru străpungeri, coșuri;

- acoperiri cu rol în protecția la foc (la pereți și plafoane);

- uși la ascensoare;

- sisteme de controlul al fumului și căldurii etc..

4.3.3 Performanța la foc exterior a acoperișurilor și învelitorilor de acoperiș

Generalități

Performanța la foc a acoperișurilor/învelitorilor de acoperiș vizează limitarea extinderii incendiilor la vecinătăți prin acoperișuri/învelitorile de acoperiș.

Clasificarea performanței la foc exterior a acoperișurilor sau învelitorilor de acoperiș apreciază comportarea unui acoperiș sau a unei învelitori de acoperiș pentru situația în care, în condițiile utilizării finale, este expus(ă) la un incendiu din afara construcției.

Clase de performanță la foc exterior privind acoperișurile sau învelitorile de acoperișuri

Scenariile de referință reproduc situațiile unor incendii reale la nivelul acoperișurilor sau învelitorilor de acoperiș; astfel, au în vedere că *incendiile la acoperiș* diferă fundamental comparativ cu incendiile din interior, prin sursele inițierii, modul dezvoltării și propagării etc..

Inițierea incendiului se poate face de la interior sau exterior.

Inițierea din interior are loc în cazul propagării la acoperiș a incendiilor de la etajele superioare sau poduri, propagarea având loc în toate direcțiile, cu o mare rapiditate din cauza materialelor combustibile și a unor factori favorizanți precum: existența curenților ascendenți ai aerului (cazul luminatoarelor), acumularea gazelor arse fierbinți sub plafon (care conțin încă produse combustibile), absența unor ecrane rezistente la foc etc.; de regulă, se degajă fum, gaze toxice și căldură în cantități mari, fumul inundând rapid etajele superioare, casa scării etc..

În propagarea incendiului prin acoperiș, în lungul coamei și cornișei acestuia intervin doi factori esențiali:

- combustibilitatea învelișului exterior;
- existența vântului (care activează arderea, exceptând cazul când vântul este violent).

În cazul acoperișurilor cu învelitori combustibile, incendiul cuprinde cu rapiditate întreaga suprafață a acestora. În momentul ieșirii flăcărilor la suprafața acoperișului are loc o dezvoltare bruscă a arderii, cauzată de afluxul aerului proaspăt în cantitate mare care întreține și intensifică arderea, manifestându-se cu violență (flăcări înalte, fum intens).

Curenții de aer formați ridică la înălțime bucăți aprinse din material sau scânteii care sunt transportate la distanțe mari de gazele calde sau vânt, putând iniția noi incendii (ca rezultat al apariției unor surse externe pentru inițierea incendiilor).

Radiația flăcărilor care ies prin acoperiș facilitează aprinderea acoperișurilor încă intacte din vecinătăți, apoi accelerează propagarea flăcării.

Când hidroizolația arde, incendiul se propagă în timp scurt pe întreaga suprafață a acoperișului, ulterior pătrunde în masa combustibilă și distruge elementele portante, creând posibilitatea prăbușirii lor. Picăturile topiturii pot genera noi focare de incendiu, prin căderea pe materialele combustibile.

Curenții convecției ce se deplasează de la clădirea incendiată spre clădirile vecine favorizează propagarea incendiului și furnizează un aport termic suplimentar din care rezultă o scădere a timpului expunerii necesar pentru inflamarea interioarelor încăperilor sau învelitorilor combustibile.

Propagarea scânteilor și materialelor aprinse furnizează un aport termic suplimentar unor materiale inflamabile aduse deja la o temperatură apropiată de cea a autoaprinderii și poate iniția noi focare. Distanța la care incendiul poate fi transmis, prin diverse corpuri aprinse, variază funcție de direcția vântului și natura acoperișurilor.

Specificitatea incendiului în cazul acoperișurilor și învelitorilor de acoperiș a impus selectarea a trei situații caracteristice pentru incendiu:

- inițierea incendiului de la corpuri arzânde;
- inițierea incendiului de la corpuri arzânde și vânt;

- inițierea incendiului de la corpuri arzânde, vânt și căldură radiantă.

Metoda de încercare, stabilită ca standard de referință, este:

- încercarea de rezistență la foc: SR EN ISO 1187.

Criteriile privind performanța la foc exterior a acoperișurilor pot fi grupate corespunzător metodelor standardizate ale încercării:

Metoda 1 (B): evaluează performanța acoperișului afectat de corpuri arzânde (se aplică unui acoperiș construit):

- propagarea ascendentă a focului la interior și exterior;
- propagarea descendentă a focului la exterior și interior;
- propagarea laterală a focului la exterior și interior;
- lungimea maximă arsă la interior și exterior;
- apariția fragmentelor sau picăturilor arzânde:
 - de la fața expusă;
 - penetrând acoperișul;
 - penetrarea acoperișului;
 - completă și izolată;
 - sumând toate străpungerile complete.

Metoda 2 (BW): evaluează performanța acoperișului (nedenivelat) afectat de corpuri arzânde, în condițiile pentru vânt (se aplică unei învelitori de acoperiș cu suport):

-după lungimea termodegradabilă a învelitorii de acoperiș și substrat:

- considerând valoarea medie pentru viteza vântului 2 m/s;
- considerând valoarea medie pentru viteza vântului 4 m/s;
- considerând valoarea maximă pentru ambele viteze ale vântului.

Metoda 3 (BWR): evaluează performanța acoperișului (nedenivelat) afectat de corpuri arzânde, în condițiile vântului și căldurii radiante suplimentare, metoda având și o variantă în două trepte (se aplică unui acoperiș construit), determinându-se:

- timpul de propagare a focului în exterior (T_E);
- timpul de penetrare a focului (T_P).

Clasele privind performanța la foc exterior a acoperișurilor pot fi grupate corespunzător metodelor standardizate de încercare (SR EN 13501-5/2006):

Metoda 1: $B_{ROOF} (B)$, $F_{ROOF} (B)$;

Metoda 2: $B_{ROOF} (BW)$, $F_{ROOF} (BW)$;

Metoda 3.1: $B_{ROOF} (BWR)$, $C_{ROOF} (BWR)$, $D_{ROOF} (BWR)$, $F_{ROOF} (BWR)$;

Metoda 3.2: $B_{ROOF} (BWR)$, $C_{ROOF} (BWR)$, $D_{ROOF} (BWR)$, $E_{ROOF} (BWR)$, $F_{ROOF} (BWR)$.

4.3.4 Performanța la foc a sistemelor de controlul al fumului

Generalități

Concepția europeană privind securitatea la incendiu se referă și la diferitele tipuri de instalațiilor (utilitare și care asigură protecția activă la incendiu).

Abordarea performanței instalațiilor cu rol în securitatea la incendiu dintr-o construcție se face după rolul lor funcțional în cadrul clădirii, în situația de incendiu (instalații electrice, de încălzire, de gaze, cabluri electrice etc.) și vizează:

- contribuția la propagarea incendiului și, în acest caz, interesează performanța de reacție la foc;

- durata pentru care pot să asigure funcția la care au fost proiectate și executate și, în acest caz, interesează performanța de rezistență la foc.

Nu au fost, încă, elaborate decizii ale Comisiei Europene privind instalațiile, din cauza efortului mare necesar pentru realizarea unui consens: diversitatea mare a tipurilor instalațiilor, numărul mare al producătorilor, complexitatea mare a abordărilor fenomenologice pentru

stabilirea criteriilor și parametrilor adecvați în vederea clasificărilor, progresul tehnic permanent etc.; cu toate acestea, standardele europene prevăd un sistem de clasificare privind rezistența la foc a unor instalații precum *sistemele de controlul al fumului* (conducte de controlul al fumului, clapete de fum, bariere de fum, ventilatoare mecanice de evacuarea fumului și căldurii, inclusiv conectorii, mijloace de evacuare naturală a fumului și căldurii).

Clase de performanță la foc privind sistemele de control al fumului

Scenariile de referință reproduc situațiile unor incendii reale specifice sistemelor de controlul al fumului, și pot fi date de:

- curba standardizată temperatură-timp (incendiu post-flashover);
- curba incendiului mocnit;
- nivelul constant al temperaturii.

Metodele de încercare, stabilite ca standarde de referință, sunt următoarele:

- încercarea de rezistență la foc: SR EN ISO 1363/1/2/3;
- încercarea de rezistență la foc pentru instalații: SR EN ISO 1366/1/2.

Criteriile privind performanța la foc a componentelor sistemelor de controlul al fumului sunt prezentate în continuare:

- etanșeitatea la foc (*E*);
- izolarea termică (*I*);
- etanșeitatea la fum (*S*);
- durata stabilității la temperatură constantă (*D*);
- durata stabilității la curba temperatură-timp (*DH*);
- funcționalitatea ventilatoarelor electrice de fum și căldură (*F*);
- funcționalitatea mijloacelor de evacuare naturală a fumului și căldurii (*B*).

Clasele privind performanța la foc a componentelor sistemelor de control al fumului (SR EN 13501-4-2007) sunt aplicabile:

- conductelor sistemelor de control al fumului monocompartmentat: E₃₀₀, E₆₀₀;
- conductelor sistemelor de control al fumului multicompartimentat: EI(30, 60, etc.);
- clapetelor de fum rezistente la foc monocompartment: E₆₀₀, E₆₀₀S;
- clapetelor de fum rezistente la foc multicompartiment: E, EI;
- barierele de fum: D₆₀₀, DH;
- ventilatoarelor mecanice de evacuare a fumului și căldurii: F₂₀₀ 120, F₃₀₀ 60, F₄₀₀ 90, F₆₀₀ 60, F₈₄₂ 30;
- mijloacelor de evacuare naturală a fumului și căldurii: B₃₀₀ 30, B₆₀₀ 30.

4.4 Comportarea principalelor materiale de construcții în situația de incendiu

Generalități

Sunt cunoscute influențele și consecințele distructive pe care le are incendiul asupra construcțiilor și echipamentelor. Oricare ar fi materialele din care sunt executate, în situația incendiului, ele sunt solicitate suplimentar, comparativ cu situația normală a exploatării, și aceste solicitări sunt avute în vedere la verificarea elementelor de construcții. Aproape toate construcțiile, prin materialele din care sunt executate, sunt afectate, mai mult sau mai puțin, de incendiu.

Experiența demonstrează că elementele de construcții își pierd capacitatea portantă din cauza temperaturilor ridicate ce se produc pe perioada desfășurării incendiului (distrugerii locale, modificări ale parametrilor termo-mecanici, transformări structurale etc.).

Un efect negativ asupra materialelor și elementelor de construcții îl are și folosirea nerațională a apei la stingerea incendiilor care poate conduce, în final, și la prăbușirea lor (prin

scăderea capacității portante, mai ales în condițiile (unde este cazul) existenței procesului fizico-chimic de deshidratare-rehidratare, și prin încărcarea suplimentară).

În timpul stingerii incendiilor nu este recomandabil să se stropască cu apă, pentru a fi răcite, elementele de construcții realizate cu materiale anorganice (piatra, betonul), pentru că la suprafața acestora are loc o variație bruscă a temperaturii care conduce la apariția fisurilor și, ulterior, la desprinderea straturilor superficiale (în grosime de 3-4 cm și mai mult). Acesta poate fi și cazul planșeelor din beton armat care, în unele situații, pot prezenta fisuri pe toată grosimea lor.

Din acest motiv, la stingerea unui incendiu, răcirea elementelor de construcții trebuie să se facă uniform și treptat; spre exemplu, la început, când elementul structural este încălzit la temperatura provocată de incendiu, răcirea se va face încet cu spumă sau apă în cantități mici și, ulterior, după reducerea temperaturii la 350-500°C, se poate utiliza apa pentru răcire în cantități mari, sub formă de jet, ploaie sau pulverizată.

Un efect suplimentar al utilizării neraționale a apei poate fi cel al supraîncărcării unor elemente structurale din construcție cu aceasta, cum ar fi planșeele aflate într-o configurație care să rețină apa în cantități mari (fără posibilitatea de scurgere a acesteia).

4.4.1 Zidăria și materialele constitutive

Zidăria cu blocuri din piatră. Piatra naturală, material tradițional de construcții (poate cel mai vechi, din perspectiva primelor adăposturi umane, peșterile), alături de cea artificială (granitul, calcarul, betonul, azbestul, materialele ceramice etc.), sunt considerate incombustibile, deși s-ar părea că nu sunt influențate de variația temperaturii când aceasta are valori mari, în cazul incendiilor, la nivelul materialului au loc diverse procese care duc la scăderea rezistenței și la degradare. Astfel, dacă după acțiunea temperaturilor ridicate se secționează un stâlp din piatră, se poate constata că partea cea mai caldă este spre exteriorul acestuia pe o adâncime de ordinul centimetrilor (stratul superficial), temperatura scăzând mult cu adâncimea (măsurată spre interiorul stâlpului). Efectul este dilatarea părții încălzite în raport cu miezul, mai rece, care se opune; rezultatul este apariția forfecării la limita interioară a stratului superficial și desprinderea acestuia de pe elementul de construcții; acest fapt depinde esențial de caracteristicile materialului constitutiv al elementului, spre exemplu, viteza de desprindere a stratului superficial este cu atât mai mare cu cât rezistențele mecanice ale materialului sunt mai scăzute (comportare defavorabilă în situație de incendiu).

Zidăria cu blocuri din ceramică. Acest proces apare și în cazul blocurilor ceramice (cărămizilor), dar temperatura la care apare procesul desprinderii stratului superficial este mult mai mare (materialul constitutiv este argila vitrifiată). Datorită procesului tehnologic prin care se obține, cărămida obișnuită din argilă, supusă la temperaturi de până la 700-900°C pe o singură față, se comportă bine în condițiile incendiului (degradarea acesteia se produce în jurul temperaturii de 1000°C).

Elementele ceramice din argila arsă, destinate realizării zidărilor, se încadrează în euroclasa de reacție la foc A1 și sunt practic incombustibile. S-a constatat că pereții având 38 cm din cărămidă pot rezista la foc aproximativ 180 de minute și cei având 30 cm grosime fac față cu succes focului 120 de minute. Așadar, rezistența mecanică, capacitatea portantă, etanșeitatea și izolarea termică a elementelor de construcții sunt asigurate în cazul expunerii la incendiu, iar elementele ceramice, datorită componentelor naturale, nu emană gaze nocive sau fum.

Zidăria cu blocuri din BCA. Blocurile din BCA (beton celular autoclavizat) sunt realizate din materii prime naturale, pur minerale, și se încadrează în clasa reacției la foc A1. Aceasta înseamnă că materialul este incombustibil și neinflamabil, constituind o barieră împotriva extinderii focului. Există blocuri pentru zidărie a căror rezistență la foc ajunge la 120 minute pentru pereți având 15 cm grosime. În consecință, nu apar fisuri în material, rosturile și îmbinările rămân intacte, iar dilatarea blocurilor este minimă. Pe lângă faptul că sunt materiale

ecologice, blocurile din zidărie, având calitate superioară, nu emană fum și nu produc gaze nocive în timpul arderii.

4.4.2 Betonul

Betonul, piatră artificială (combinație de ciment, agregat și apă) care ocupă un loc aparte în ponderea materialelor de construcții, în condițiile incendiului se degradează prin exfoliere și despicare, precum și prin reducerea semnificativă a rezistenței materialului datorită temperaturii excesive. Prin exfolierea betonului cauzată de foc (la temperaturi de $400\div 500^{\circ}\text{C}$), armătura poate să fie descoperită și, din cauza supraîncălzirii, va pierde din rezistență și elasticitate. Despicarea poate să apară când vaporii din interiorul betonului (datorați umidității) își măresc volumul, producându-se, mai întâi, fisurarea și, ulterior, dislocarea unor bucăți din material. De asemenea, despicarea poate să apară, din cauza dilatării termice, la o suprafață exterioară a unui element comprimat (cazul stâlpilor, pereților structurali sau elementelor structurale precomprimate).

Efectul temperaturii ridicate asupra rezistenței betonului este mic și neglijabil sub 250°C , dar peste 300°C se pot pune în evidență pierderi apreciable ale rezistenței. Betonul supraîncălzit, în cazul unui incendiu, suferă o pierdere privind rezistența la compresiune, care continuă să scadă și în cursul răcirii. Dacă temperatura nu depășește 300°C , în mare măsură rezistența se restabilește. Betonul încălzit la sub 500°C se rehidratează în timpul răcirii și, treptat, redobândește cea mai mare parte a rezistenței inițiale (aproximativ 90%); în cazul temperaturii de scurtă durată, va avea loc o revenire lentă la rezistența inițială.

Altfel spus, sub acțiunea temperaturilor ridicate, betonul își păstrează rezistența mecanică până la aproximativ 600°C ; peste 800°C , betonul pierde 70÷80% din rezistența mecanică inițială.

Umiditatea betonului este cel mai important factor care influențează comportarea la temperaturi ridicate. Astfel, pierderea rezistenței la temperatură ridicată este mai mare la betonul umed (saturat cu apă) decât la betonul uscat.

Betoanele mai slabe suferă o pierdere a rezistenței mai mică față de betoanele mai rezistente; 400°C constituie o limită superioară pentru betoane, deoarece betonul supraîncălzit pe o durată semnificativă se va deteriora în timpul răcirii care urmează în aer liber.

Cu creșterea temperaturii, betonul își schimbă și culoarea; astfel, la aproximativ 300°C devine roz, la $500\div 600^{\circ}\text{C}$ devine gri (și friabil) iar la 1200°C devine galben (cu suprafață fisurată, adică sinterizează).

Armăturile (din oțel) din betonul precomprimat vor pierde aproximativ 20% din rezistență la 300°C și nu revin la rezistența inițială în timpul răcirii.

Sub acțiunea focului, partea expusă a elementului se dilată mai mult decât partea opusă a acestuia, conducând la o curbare a elementului. Rezistența la întindere a betonului și a armăturii situate pe partea secțiunii expusă la foc scade cu creșterea temperaturii; când rezistența oțelului, sub efectul temperaturii ridicate, scade până la valoarea efortului/solicitării din armătură (rezultat al încărcărilor), se produce cedarea din încovoiere.

4.4.3 Oțelul

Construcțiile din metal, în situația incendiului, se încălzesc foarte repede, ajungând până la temperaturi critice. Studiul proprietăților mecanice ale oțelurilor (și în general, ale metalelor cum este și aluminiul) constituie o problemă importantă atât din punctul de vedere al comportării lor în condițiile incendiului cât și din cel al utilizării la instalațiile care funcționează la temperaturi ridicate. Spre exemplu, în cazul oțelurilor obișnuite, utilizate la construcții, rezistența mecanică crește cu temperatura până la aproximativ 250°C , după care, dacă aceasta crește în continuare, se reduce (la 500°C cu 50% și la 600°C cu 70÷80%); în consecință, oțelul neprotejat poate fi utilizat în condiții sigure (fără pierderi semnificative privind modulul de elasticitate și

rezistența materialului) până la aproximativ 400°C, la temperaturi ajungând la aproximativ 600°C devenind inutilizabil din cauza deformațiilor mari, chiar și sub greutatea proprie.

Rezistențele mecanice ale oțelului sunt diminuate de creșterea temperaturii și datorită transformărilor de la nivelul rețelei cristaline: la aproximativ 700°C, oțelul cu conținut redus în elementele alierii trece din ferită (cu sistemul cristalinizării cubic centrat) în austenită (cu sistemul cristalinizării cubic cu fețe centrate) și la aproximativ 1500°C oțelul nu este decât o soluție lichidă de carbon în fier (tabelul 4.3).

Tabelul 4.3 Temperatura de topire a unor metale și aliaje (S. Calotă și colectivul, 2009)

Nr crt.	Metalul	Temperatură topire (°C)	Nr crt.	Metalul	Temperatură topire (°C)
1	staniu (cositor)	232	7	bronz	1000
2	plumb	327	8	aur	1064
3	zinc	419	9	cupru	1083
4	aluminiu	659	10	fontă	1200÷1350
5	alamă	900	11	nichel	1462
6	argint	961	12	fier	1530

Transformările structurale atrag modificări ale proprietăților mecanice. Astfel, creșterea temperaturii are ca efect reducerea rezistenței la forfecare (care antrenează o majorare a alungirii și stricțiunii la rupere), precum și reducerea rezistenței la întindere și a limitei elasticității (concomitent).

Temperatura critică (numită și *temperatura de cedare*) corespunde momentului în care capacitatea portantă a elementului structural metalic (la această temperatură) devine egală cu efortul/solicitarea (rezultat al încărcărilor) de la nivelul acestuia. Temperatura critică la elementele de construcții metalice este, tradițional, aproximativ 550°C, dar poate atinge și valori mai mari, 700÷800°C, funcție de modul rezemării și încărcării elementului structural (stâlp, grindă panșeu etc.).

4.4.4 Lemnul

Lemnul este unul din cele mai vechi și mai folosite materiale din lume, cu multe avantaje ca material de construcții. Lemnul este un material natural (combinație de polimeri naturali cu greutate moleculară mare: 25% semiceluloză, 50% celuloză și 25% lignină), neomogen și anizotrop, curat, ușor de folosit, rezistent și cu o greutate specifică relativ mică. Majoritatea esențelor de lemn sunt practice la operații de îmbinat (prin cuie, adezivi sau alte tipuri de conectori), la vopsire sau tratare, fiind dintotdeauna unul dintre materialele principale de construcții.

Comparativ cu metalul, lemnul se comportă mai bine în timpul unui incendiu. Când este expus la foc, un element structural din lemn își păstrează capacitatea portantă un timp mai îndelungat decât metalul. Un element din metal neprotejat își pierde repede capacitatea și cedează în urma încărcărilor, în timp ce lemnul își pierde capacitatea portantă treptat, odată cu micșorarea secțiunii ca urmare a carbonizării.

Proprietățile lemnului (mai ales cele termice) sunt influențate de temperatură, densitate (300÷800 kg/m³), conținutul umidității (fiind un material higroscopic), orientarea fibrelor și compoziția chimică.

La aproximativ 110°C are loc deshidratarea, care influențează viteza carbonizării (lemnul ud și dens conduce la reducerea vitezei carbonizării, aproximativ 2,5 cm/oră, iar cel uscat la mărirea vitezei carbonizării, dublând-o) și începe degajarea substanțelor volatile; către 150°C,

lemnul capătă o culoare gălbuie și degajarea volatilelor se intensifică, pentru ca apoi, până la aproximativ 210⁰C, să devină maroniu.

La aproximativ 200⁰C, lemnul începe să se termodegradeze, generând substanțe volatile inflamabile (constituenții lemnului generează volatile după cum urmează: la 200÷260⁰C semiceluloza, la 240÷350⁰C celuloza și la 280÷500⁰C lignina) care se aprind în aer.

La peste 300⁰C, structura fizică este afectată mai întâi la suprafață, unde apar fisuri în cărbune, perpendicular pe fibră, favorizând degajarea volatilelor și, apoi, lărgirea acestora; la aproximativ 350⁰C, lemnul este transformat în cărbune, cu o densitate aproximativ uniformă.

La 400÷450⁰C, parte din lemn se transformă în cărbune, proporția fiind 15÷20% (majoritatea provenind din conținutul ligninei).

Lemnul, în situația incendiului, nu se va aprinde până la temperatura de 250⁰C. Odată aprins, de obicei se carbonizează la exterior cu 0,64 mm/minut viteză medie, și asta în cazul unui incendiu sever. Cărbunele rezultat reușește să izoleze în continuare elementul structural din lemn, făcând ca limita expunerii să poată crește.

În cazul elementelor din lemn lamelar, după 30 de minute de foc doar 19 mm din secțiune este carbonizată, lăsând cea mai mare parte din secțiune intactă.

În U.S.A., elementele din lemn lamelar sunt larg acceptate ca una dintre cele mai eficiente și puțin costisitoare căi pentru îndeplinirea criteriilor de rezistență la foc, normate prin codurile de practică.

4.4.5 Sticla utilizată la ferestre

Mărimea incendiilor este limitată și de cantitatea oxigenului disponibil. În majoritatea cazurilor, cantitatea oxigenului dintr-o cameră vine, în mare măsură, prin ușile și ferestrele deschise sau neetanșe și, într-o mică măsură prin sistemul ventilării (golurile construcției).

Într-un incendiu se întâmplă ca ferestrele închise anterior să fisureze și să crape. Evoluția incendiului poate fi influențată de spargerea ferestrelor; astfel, devine de interes dacă și când sticla se va sparge, în special la ferestrele tip termopan.

Există cel puțin două situații tipice de expunere la căldură a sticlei implicate în incendii:

- fereastră expusă la încălzire pe o singură față, caz în care temperatura locală a gazelor și cea radiantă sunt destul de apropiate, spargerea geamurilor prin șoc termic având loc la o diferență de temperatură de aproximativ 70⁰C între fața caldă și cea rece;

- fereastră expusă unui incendiu din exterior, caz în care diferența la expunere între partea de sus și partea de jos a ferestrei poate fi relativ mică; încălzirea este, de obicei, datorată radiației (temperatura locală a gazelor poate fi apropiată de cea a mediului înconjurător, din moment ce fereastra nu este spălată de flăcări în mod direct și există un flux convectiv care răcește în lungul ferestrei).

La aproximativ 700⁰C, sticla prezintă ușoare deformări, la aproximativ 800⁰C deformările se amplifică și marginile vii se rotunjesc, pentru ca apoi, la aproximativ 850⁰C, să apară primele semne ale topirii sticlei, aceasta topindu-se efectiv la aproximativ 900⁰C, când se formează topituri ce se solidifică în timp.

S-a identificat faptul că marginea protejată a sticlei joacă rolul predominant în controlul fisurării (Keski-Rahkonen).

Rezistența la foc a unei ferestre este influențată, în principal, de comportamentul geamurilor la temperaturi ridicate. Rezistența la foc a unei ferestre cu cadru din PVC este, în general, mai mare decât cea a ferestrelor cu cadre din lemn. Materialele din PVC au proprietăți bune la foc și ramele din PVC ale ferestrelor oferă o performanță satisfăcătoare la incendii, în comparație cu alte materiale.

Există o teorie pentru estimarea apariției primei fisurări la geamuri, dar nu este relevant pentru ventilația incendiului, fiind foarte dificil să se prevadă când se va sparge sticla, într-o situație a unui incendiu real. Există factori, cum ar fi dimensiunile ferestrei, tipul cadrului,

grosimea sticlei, defectele sticlei și gradientul vertical al temperaturii, care au un efect considerabil asupra momentului în care se va sparge sticla.

Geamurile fumurii sau cele cu panouri pentru insecte cresc cu aproximativ 21% fluxul de căldură necesar fisurării. Aceste informații pot fi utile în estimarea riscului aprinderii în interiorul unei clădiri de la radiațiile exterioare.

Ferestrele duble sau triple rezistă mult mai mult într-un incendiu fără a se sparge. Astfel, la o fereastră dublă, radiațiile transmise prin primul ochi al sticlei sunt transmise numai în regiunile spectrale unde cel de-al doilea ochi al sticlei nu le absoarbe. Consecința este că cel de-al doilea ochi al sticlei nu este încălzit ca primul ochi al sticlei care este în continuare supus încălzirii. Acest aspect conduce la faptul că cel de-al doilea geam niciodată nu se va sparge într-un incendiu de scurtă durată. Rezultate experimentale confirmă acest raționament: au fost expuse două tipuri de ferestre duble într-o cameră incendiată (cu geam din sticlă având 6 mm grosime), temperatura în cameră ajungând la aproximativ 750°C, și nici un geam nu s-a spart (Shields, Silcock și Hassani).

În general, cercetările studiază geamurile cu grosimi având 6 mm, demonstrând că se pot sparge după 7 minute, prin expunere la căldură radiantă cu un flux de 23 kW/m² (aproximativ 770°C).

Geamuri cu sticlă foarte groasă se folosesc în multe clădiri comerciale.

Există felurite ochiuri din sticlă rezistente la foc. Cele tradiționale sunt cele armate cu sârmă. În prezent, multe ochiuri din sticlă rezistentă la foc nu sunt cu fir din sârmă, acestea fiind, de obicei, structuri multistrat care includ straturi polimerice intermediare.

Ferestrele din material plastic (policarbonat) sunt, deseori, utilizate la vehicule pentru transport și la clădirile școlilor.

Spargerea geamurilor este influențată și de materialul cadrului ferestrei; astfel s-a constatat (Mowrer) că, la ferestrele cu cadru din policlorură de vinil, rama are tendința să cedeze înainte de a se sparge geamurile. Cedările cadrelor din policlorură de vinil au fost observate când fluxurile căldurii au crescut de la 8 kW/m² la 16 kW/m². De asemenea, s-a constatat că sticla înrămată în cadre din aluminiu a prezentat o fisurare mult mai târzie decât geamurile tradiționale cu cadru din lemn (McArthur).

Bibliografie

1. C. Zamfir, Șt. Vintilă, S. Calotă, I. Voiculescu, Securitatea la incendiu în reglementările europene și românești, Editura FAST-PRINT, București, 2004.
2. Elena Axinte, Elemente compuse oțel-beton (suport de curs), Iași, 2010.
3. F. Vițelaru, Contribuții privind evacuarea fumului și persoanelor din clădiri etajate pentru birouri (teză de doctorat), Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" din Iași, 2011.
4. S. Calotă, G. Temian, V. Știru, G. Duduc, I. P. Golgojan, Manualul pompierului, Editura Imprimeriei de Vest, Oradea, 2009.
5. V. Moisuc, Comportarea la foc a principalelor elemente de construcții (lucrare master), Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" din Iași, 2011.
6. C. Mircea, Ana Cosma, Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Construcții și Economia Construcțiilor, București-Filiala Cluj-Napoca, Durabilitatea elementelor și structurilor de beton precomprimat, 2005 (www.incerc-cluj.ro).
7. T. Pamfil, I. Popescu, V. Neagoe, Șt. Ciucă, Manualul pompierilor, Redacția publicațiilor pentru construcții, 1972.
8. ***, Hotărârea Guvernului nr. 622/2004 privind stabilirea condițiilor de introducere pe piață a produselor pentru construcții, București, 2004.
9. ***, Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții (actualizată), București, 1995.
10. ***, Normativ de Siguranță la foc a construcțiilor, indicativ P 118-99, ediția II-a, I.P.C.T. SA, București, 1999.

11. ***, Ordinul nr. 1822/394 din 7.10.2004 pentru aprobarea Regulamentului privind clasificarea și încadrarea produselor pentru construcții pe baza performanțelor de comportare la foc (actualizat), București, 2004.