

ARTICOLO DI PUNTOSICURO

Anno 20 - numero 4306 di Martedì 11 settembre 2018

Codice di prevenzione incendi: la resistenza al fuoco delle strutture

La resistenza al fuoco può essere considerata la principale delle misure di strategia antincendio individuate dal Codice di prevenzione incendi. Le definizioni, i livelli di prestazione, gli indici di rischio e il carico d'incendio.

Il **Codice di prevenzione incendi** rappresenta una nuova metodologia per la valutazione dei rischi di incendio, già utilizzata da anni nei paesi anglosassoni, che consente di pervenire alla soluzione più idonea, con una tecnica molto performante, in funzione della strategia antincendio adottata e delle misure effettivamente messe in campo dal progettista.

Sono possibili soluzioni conformi, direttamente applicabili dal professionista, ed anche soluzioni alternative, per le quali il professionista dovrà giustificare le scelte effettuate mediante idonee valutazioni analitiche. E' anche ammessa la soluzione in deroga, qualora le soluzioni conformi o le soluzioni alternative non consentono di condurre alla risoluzione del problema.

Pubblicità

<#? QUI-PUBBLICITA-MIM-[USB031] ?#>

Il Codice si applica a determinate attività artigianali ed industriali del decreto del Presidente della Repubblica 1° agosto 2011, n. 151 ma anche ad alcune attività di tipo civile, quali gli uffici, gli edifici scolastici, gli alberghi e le autorimesse, di cui sono state recentemente pubblicate le relative regole tecniche verticali.

La **resistenza al fuoco** può essere considerata la principale delle misure di strategia antincendio individuate dal Codice di prevenzione incendi ed ha la finalità di garantire la capacità portante delle strutture in condizioni di incendio ed anche la capacità di compartimentazione, per un tempo minimo necessario al raggiungimento degli obiettivi di sicurezza di prevenzione incendi.

Si applicano le seguenti **definizioni**:

Resistenza al fuoco	una delle misure antincendio di protezione da perseguire per garantire un adeguato livello di sicurezza di un'opera da costruzione in condizioni di incendio. Essa riguarda la capacità portante in caso di incendio, per una struttura, per una parte della struttura o per un elemento strutturale nonché la capacità di compartimentazione in caso di incendio per gli elementi di separazione strutturali (es. muri, solai, ...) e non strutturali (es. porte, divisori, ...)
Capacità portante in caso di incendio	attitudine della struttura, di una parte della struttura o di un elemento strutturale, a conservare una sufficiente resistenza meccanica sotto l'azione del fuoco, tenendo conto delle altre azioni agenti

Capacità di compartimentazione in caso d'incendio	attitudine di un elemento costruttivo a conservare, sotto l'azione del fuoco, un sufficiente isolamento termico ed una sufficiente tenuta ai fumi e ai gas caldi della combustione, nonché tutte le altre prestazioni se richieste
Carico di incendio	potenziale termico netto della totalità dei materiali combustibili contenuti in uno spazio, corretto in base ai parametri indicativi della partecipazione alla combustione dei singoli materiali. Limitatamente agli elementi strutturali di legno, è possibile considerarne il contributo tenendo conto del fatto che gli stessi devono altresì garantire la conseguente resistenza al fuoco. Tale contributo deve essere determinato tramite consolidati criteri di interpretazione del fenomeno. Il carico di incendio è espresso in MJ; convenzionalmente 1 MJ è assunto pari a 0,057 kg di legna equivalente
Carico d'incendio specifico	carico di incendio riferito all'unità di superficie lorda di piano, espresso in MJ/m ²
Carico d'incendio specifico di progetto	carico d'incendio specifico corretto in base ai parametri indicatori del rischio di incendio del compartimento antincendio e dei fattori relativi alle misure antincendio presenti. Esso costituisce la grandezza di riferimento per le valutazioni della resistenza al fuoco delle opere da costruzione
Classe di resistenza al fuoco	intervallo di tempo espresso in minuti, definito in base al carico di incendio specifico di progetto, durante il quale il compartimento antincendio garantisce la resistenza al fuoco. E' riferita ad una curva di incendio nominale
Incendio convenzionale di progetto	incendio definito attraverso una curva di incendio che rappresenta l'andamento, in funzione del tempo, della temperatura media dei gas di combustione nell'intorno della superficie degli elementi costruttivi. La curva di incendio di progetto può essere: a. nominale: curva adottata per la classificazione delle opere da costruzione e per le verifiche di resistenza al fuoco di tipo convenzionale; b. naturale: curva determinata in base a modelli d'incendio e a parametri fisici che definiscono le variabili di stato all'interno del compartimento antincendio.
Elementi non portanti di opere da costruzione	elementi strutturali che, nella combinazione di carico eccezionale per le verifiche strutturali antincendio, come indicato nelle Norme tecniche per le costruzioni, sono sottoposti al solo peso proprio ed all'azione termica dovuta all'esposizione al fuoco. Fanno eccezione quegli elementi che concorrono alla definizione del metodo di analisi strutturale (es. controventi verticali nei telai a nodi fissi)
Elementi strutturali principali	elementi strutturali il cui cedimento per effetto dell'incendio comprometta almeno una delle seguenti capacità: a. capacità portante degli altri elementi strutturali della costruzione in condizioni di incendio; b. efficacia di elementi costruttivi di compartimentazione; c. funzionamento dei sistemi di protezione attiva; d. esodo in sicurezza degli occupanti; e. sicurezza dei soccorritori.
Elementi strutturali secondari	tutti gli elementi strutturali non principali

Alle opere da costruzione possono essere attribuiti cinque distinti livelli di prestazione per la resistenza al fuoco, riportati nella seguente tabella:

Livello di prestazione	Descrizione
I	Assenza di conseguenze esterne per collasso strutturale.
II	

	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione.
III	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la durata dell'incendio.
IV	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento della costruzione.
V	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa.

Livelli di prestazione per la resistenza al fuoco

L'attribuzione dei **livelli di prestazione** alle attività a rischio avviene sostanzialmente sulla base degli **indici di rischio R_{vita}** ed **R_{beni}** , individuati come di seguito specificato:

Caratteristiche prevalenti degli occupanti ? _{occ}		Velocità caratteristica prevalente dell'incendio ?,			
		1 lenta	2 media	3 rapida	4 ultra-rapida
A	Gli occupanti sono in stato di veglia ed hanno familiarità con l'edificio	A1	A2	A3	A4
B	Gli occupanti sono in stato di veglia e non hanno familiarità con l'edificio	B1	B2	B3	Non ammesso
C	Gli occupanti possono essere addormentati	C1	C2	C3	Non ammesso
Ci	? in attività individuale di lunga durata	Ci1	Ci2	Ci3	Non ammesso
Cii	? in attività gestita di lunga durata	Cii1	Cii2	Cii3	Non ammesso
Ciii	? in attività gestita di breve durata	Ciii1	Ciii2	Ciii3	Non ammesso
D	Gli occupanti ricevono cure mediche	D1	D2	Non ammesso [1]	Non ammesso
E	Occupanti in transito	E1	E2	E3	Non ammesso

Individuazione di R_{vita}

L'indice R_{beni} è invece calcolato in funzione dell'importanza dell'opera, se di natura strategica o di natura vincolata:

		Opera da costruzione vincolata	
		No	Si
Opera da costruzione strategica	No	1	2
	Si	3	4

Individuazione di R_{beni}

I criteri per l'attribuzione dei **livelli di prestazione** alle attività soggette sono riportati nella tabella che segue:

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	<p>opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate tutte le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti e strutturalmente separate da esse e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni ad altre opere da costruzione; • adibite ad attività afferenti ad un solo responsabile dell'attività e con i seguenti profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> • R_{beni} pari a 1; • $R_{ambiente}$ non significativo; • non adibite ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto.
II	<p>opere da costruzione o porzioni di opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate tutte le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti; • strutturalmente separate da altre opere da costruzione o comunque tali che l'eventuale cedimento strutturale della porzione non arrechi danni alle medesime; • adibite ad attività afferenti ad un solo responsabile dell'attività e con i seguenti profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> • R_{vita} compresi in A1, A2, A3, A4; • R_{beni} pari a 1; • $R_{ambiente}$ non significativo; • densità di affollamento non superiore a 0,2 persone/m²; • non prevalentemente destinate ad occupanti con disabilità; • - aventi piani situati a quota compresa tra -5 m e 12 m.
III	Opere da costruzione non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV, V	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza.

E' da notare l'immediato vantaggio del Codice di prevenzione Incendi che ammette il livello I di prestazione per le caratteristiche di resistenza al fuoco delle strutture, in contrapposizione alla norma vigente del decreto del Ministro dell'interno 9 marzo 2007, che invece non consente, nell'ambito delle attività soggette al controllo dei Vigili del fuoco, la realizzazione di simili strutture, destinate al crollo in caso di incendio secondo una precisa previsione progettuale. È il caso, ad esempio, dei magazzini metallici autoportanti, completamente automatizzati, per i quali la protezione antincendio delle strutture non è possibile o conveniente.

Le soluzioni progettuali conformi previste dalla normativa, in funzione dei livelli di prestazione, sono esposte di seguito:

Livello di prestazione I

Deve essere interposta una *distanza di separazione* su spazio a cielo libero verso gli altri edifici, il cui valore è ricavato secondo il metodo analitico o tabellare indicati al paragrafo relativo alla compartimentazione e non deve comunque risultare inferiore alla massima altezza della costruzione. Per valori di carico di incendio inferiore a 60 MJ/m² la distanza di separazione è di 3,50 m. Per il livello I di prestazione non è richiesta alle strutture alcuna prestazione minima di resistenza al fuoco.

Livello di prestazione II

Deve essere interposta una distanza di separazione su spazio a cielo libero verso gli altri edifici, come previsto per il livello di prestazione I. Le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni saranno verificate in base agli incendi convenzionali di progetto. La classe minima di resistenza al fuoco deve essere pari almeno a 30 o inferiore, qualora consentita dal livello di prestazione III per il carico di incendio specifico di progetto $q_{f,d}$ del compartimento in esame.

Livello di prestazione III

Devono essere verificate le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli incendi convenzionali di progetto. La classe minima di resistenza al fuoco è ricavata per compartimento in relazione al carico di incendio specifico di progetto $q_{f,d}$ come indicato nella seguente tabella:

Carico di incendio specifico di progetto $q_{f,d}$	Classe minima di resistenza al fuoco
? 200 MJ/m ²	Nessun requisito
? 300 MJ/m ²	15
? 450 MJ/m ²	30
? 600 MJ/m ²	45
? 900 MJ/m ²	60
? 1200 MJ/m ²	90
? 1800 MJ/m ²	120
? 2400 MJ/m ²	180
> 2400 MJ/m ²	240

Classe minima di resistenza al fuoco

Livello di prestazione IV

Per la verifica della capacità portante in condizioni di incendio si applicano le soluzioni conformi valide per il livello di prestazione III. Il Codice richiede il controllo del danneggiamento di tutti gli elementi di compartimentazione sia orizzontali che verticali ad esclusione delle chiusure dei varchi (porte, serrande e barriere passive) e la verifica dei seguenti limiti di deformabilità nelle condizioni di carico termico e meccanico previste per le soluzioni conformi del livello III:

- $?_{v,max}/L = 1/30$ rapporto tra massima inflessione $?_{v,max}$ e la luce L degli elementi caricati verticalmente come travi e solai;

- $?_{v,max}/L = 1/30$ rapporto tra massima inflessione $?_{v,max}$ e la luce minima L degli elementi a piastra;

- $?_{v,max}/h = 1/30$ rapporto tra il massimo spostamento di interpiano $?_{h,max}$ e l'altezza di interpiano h.

I giunti tra gli elementi di compartimentazione devono essere in grado di assecondare i movimenti previsti in condizioni di incendio ed è possibile impiegare giunti lineari testati in base alla **norma EN 1366-4**, caratterizzati dalla percentuale di movimento (M%) idonea.

Ai fini della capacità di compartimentazione, gli elementi di chiusura dei vani di comunicazione fra compartimenti devono essere a tenuta di fumo (EI S200) e le pareti devono essere dotate di resistenza meccanica (M) aggiuntiva, per una classe determinata come per il livello di prestazione III.

livello di prestazione V

Ai fini della verifica della capacità portante in condizioni di incendio, della deformabilità (per il danneggiamento strutturale) e della compartimentazione si applicano le prescrizioni valide per il livello di prestazione IV. Il Codice non fornisce soluzioni conformi per la verifica ai fini della funzionalità degli impianti.

Sono ammesse soluzioni alternative per tutti e cinque i livelli di prestazione.

La valutazione del carico di incendio specifico di progetto è effettuata utilizzando la formula già nota, che era stata individuata dal decreto del Ministro dell'interno 9 marzo 2007, di seguito riportata:

$$q_{f,d} = \gamma_{q1} \cdot \gamma_{q2} \cdot \gamma_n \cdot q_f$$

dove:

$q_{f,d}$ carico d'incendio specifico di progetto [MJ/m²]

γ_{q1} fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione alla dimensione del compartimento

Superficie lorda del compartimento (m ²)	γ_{q1}
A < 500	1,00
500 ≤ A < 1.000	1,20
1.000 ≤ A < 2.500	1,40
2.500 ≤ A < 5.000	1,60
5.000 ≤ A < 10.000	1,80
A ≥ 10.000	2,00

Parametri per la definizione del fattore γ_{q1}

γ_{q2} fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione al tipo di attività svolta nel compartimento e i cui valori sono definiti nella tabella seguente

Classi di rischio	Descrizione	γ_{q2}
I	Aree che presentano un basso rischio di incendio in termini di probabilità di innescio, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo	0,80

	dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	
II	Aree che presentano un moderato rischio di incendio in termini di probabilità d'innesco, velocità di propagazione di un incendio e possibilità di controllo dell'incendio stesso da parte delle squadre di emergenza	1,00
III	Aree che presentano un alto rischio di incendio in termini di probabilità d'innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	1,20

Parametri per la definizione del fattore ψ_i

q_f è il valore nominale del carico d'incendio specifico da determinarsi secondo la formula:

$$q_f = \frac{\sum_i g_i H_i m_i \psi_i}{A} \quad [\text{MJ}/\text{m}^2]$$

dove:

g_i è la massa dell'*i*-esimo materiale combustibile [kg];

H_i è il potere calorifico inferiore dell'*i*-esimo materiale combustibile [MJ/kg];

m_i fattore di partecipazione alla combustione dell'*i*-esimo materiale combustibile, pari a 0,80 per il legno e altri materiali di natura cellulosa e 1,00 per tutti gli altri materiali combustibili;

A è la superficie lorda del piano del compartimento [m²]

ψ_i è il fattore di limitazione della partecipazione alla combustione dell'*i*-esimo materiale combustibile, i cui valori sono indicati nella tabella seguente:

ψ_i	Fattore di limitazione della partecipazione alla combustione dell' <i>i</i> -esimo materiale combustibile
0	per i materiali contenuti in contenitori appositamente progettati per resistere al fuoco per un tempo congruente con la classe di resistenza al fuoco (es. armadi resistenti al fuoco per liquidi infiammabili, ...);
0,85	per i materiali contenuti in contenitori non combustibili, che conservino la loro integrità durante l'esposizione all'incendio e non appositamente progettati per resistere al fuoco (es. fusti, contenitori o armadi metallici, ...);
1	in tutti gli altri casi (es. barattoli di vetro, bombolette spray, ...);

Fattori di limitazione della partecipazione alla combustione

$\psi_n = \psi_i \psi_{ni}$ fattore che tiene conto delle differenti misure antincendio

Una delle misure innovative del calcolo del carico d'incendio è rappresentata dai valori dei coefficienti relativi alle misure antincendio che, rispetto ai valori della precedente normativa, sono differenziati - questa volta correttamente - in funzione dei livelli di prestazione delle misure di protezione attiva che il professionista ha previsto nella realizzazione dell'opera. I valori dei coefficienti sono indicati nella tabella che segue:

Misura antincendio minima		?_{ni}	
Controllo dell'incendio con livello di prestazione III	rete idranti con protezione interna	? _{n1}	0,90
	rete idranti con protezione interna ed esterna	? _{n2}	0,80
Controllo dell'incendio con livello minimo di prestazione IV	sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna	? _{n3}	0,54
	altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna	? _{n4}	0,72
	sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna ed esterna	? _{n5}	0,48
	altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna ed esterna	? _{n6}	0,64
Gestione della sicurezza antincendio, con livello minimo di prestazione II e con la presenza continuativa degli addetti antincendio durante le 24 ore		? _{n7}	0,90
Controllo di fumi e calore, con livello di prestazione III		? _{n8}	0,90
Rivelazione ed allarme, con livello minimo di prestazione III		? _{n9}	0,85
Operatività antincendio, con soluzione conforme per il livello di prestazione IV		? _{n10}	0,81

Parametri per la definizione dei fattori ?_{ni}

L'applicazione della **metodologia di calcolo del carico d'incendio**, secondo il Codice di prevenzione Incendi, consente di ridurre notevolmente il valore di resistenza al fuoco da attribuire alle strutture, con un notevole risparmio di oneri per la ristrutturazione dei fabbricati a fronte della realizzazione di impianti antincendio con migliori prestazioni. È questo un caso molto ricorrente nella pratica tecnica, in quanto risulta molto difficile, oltre che oneroso, l'adeguamento di una struttura esistente che richiede, nella maggioranza dei casi, anche il fermo della produzione in quanto i lavori di ristrutturazione per la resistenza al fuoco non sono spesso compatibili con la continuità lavorativa.

A titolo di esempio, la previsione di applicare tutte le misure antincendio, secondo i pertinenti livelli di prestazione, consente di ridurre il valore del carico di incendio specifico di progetto fino al 76% del valore originario. Ne consegue che a fronte di un valore di carico di incendio specifico di progetto di 1.210 MJ/m², a cui corrisponde una classe 120, la compensazione con specifiche misure e impianti di protezione attiva consente di ridurre il valore del carico di incendio a 290 MJ/m², corrispondenti ad una classe pari a 15: in questo caso particolare non sarà necessario realizzare opere di protezione ai fini della resistenza al fuoco.

Claudio Giacalone*

* Claudio Giacalone è il Comandante dei Vigili del fuoco di Alessandria. E' stato Comandante di Belluno, Dirigente Addetto al Comando di Milano ed è stato componente del gruppo di lavoro per la predisposizione del decreto del Presidente della Repubblica 1° agosto 2011, n. 151 e del nuovo Codice di prevenzione incendi. Nell'ambito della speciale Commissione di Vigilanza Integrata per EXPO 2015, ha curato la valutazione dei progetti e le verifiche di sicurezza dei padiglioni nazionali ed esteri dell'esposizione universale di EXPO Milano 2015.



Questo articolo è pubblicato sotto una [Licenza Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).