

1. Definizioni

Ai fini della presente norma si fa riferimento ad un **incendio convenzionale di progetto** 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:

- **nominale**: curva adottata per la classificazione delle costruzioni e per le verifiche di resistenza al fuoco di tipo convenzionale;
- **naturale**: curva determinata in base a modelli d'incendio e a parametri fisici che definiscono le variabili di stato all'interno del compartimento.

La **resistenza al fuoco** è una delle fondamentali strategie di protezione da perseguire per garantire un adeguato livello di sicurezza della 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 costruttivo nonché la **capacità di compartimentazione** rispetto all'incendio per gli elementi di separazione sia strutturali, come muri e solai, sia non strutturali, come porte e tramezzi.

La **capacità portante** in caso di incendio è l'attitudine della struttura, di una parte della struttura o di un elemento a conservare una sufficiente **resistenza meccanica** sotto l'azione del fuoco con riferimento alle altre azioni agenti.

La **capacità di compartimentazione** in caso d'incendio è l'attitudine di un elemento costruttivo a conservare, sotto l'azione del fuoco, oltre alla propria stabilità strutturale, un sufficiente **isolamento termico** ed una sufficiente **tenuta** ai fumi e ai gas caldi della combustione, nonché tutte le altre prestazioni se richieste.

Per **compartimento antincendio** si intende una parte della costruzione organizzata per rispondere alle esigenze della sicurezza in caso di incendio e delimitata da elementi costruttivi idonei a garantire, sotto l'azione del fuoco e per un dato intervallo di tempo, la capacità di compartimentazione.

La **classe di resistenza al fuoco** è l'intervallo di tempo in minuti, definito in base al carico di incendio **specifico** di progetto, durante il quale il compartimento antincendio garantisce la capacità di compartimentazione.

Per **carico d'incendio specifico** deve intendersi il potenziale termico netto della totalità dei materiali combustibili contenuti in uno spazio, riferito all'unità di superficie, corretto in base ai parametri indicativi della partecipazione alla combustione dei singoli materiali.

Il **carico d'incendio specifico di progetto** è rappresentato dal carico d'incendio specifico corretto in base ai parametri indicatori del rischio di incendio del compartimento e dei fattori relativi alle misure di protezione presenti. Esso costituisce la grandezza di riferimento per le valutazioni della resistenza al fuoco delle costruzioni.

Per **incendio localizzato** deve intendersi un focolaio d'incendio che interessa una zona limitata del compartimento antincendio, con sviluppo di calore concentrato in prossimità degli elementi costruttivi posti superiormente al focolaio o immediatamente adiacenti.

1 Determinazione del carico di incendio specifico di progetto

Il valore del carico d'incendio specifico di progetto ($q_{f,d}$) è determinato secondo la seguente relazione:

$$q_{f,d} = \Phi \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_h \cdot q_f \quad [\text{MJ/m}^2]$$

dove:

Φ è il fattore che tiene conto dell'altezza media del compartimento secondo l'espressione:

$$\Phi = \left(\frac{6}{H} \right)^{0,3} \leq 1,20 \quad \text{con } H \text{ altezza media del compartimento in metri}$$

δ_{q1} è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione alla dimensione del compartimento e i cui valori sono definiti in tabella 1

Superficie netta in pianta del compartimento (m ²)	δ_{q1}	Superficie netta in pianta del compartimento (m ²)	δ_{q1}
0 – 500	1,00	2.500 – 5.000	1,60
500 – 1.000	1,20	5.000 – 10.000	1,80
1.000 – 2.500	1,40	> 10.000	2,00

Tab. 1

δ_{q2} è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione al tipo di attività svolta nel compartimento e i cui valori sono definiti in tabella 2

Classi di rischio	Descrizione	δ_{q2}
I	Aree che presentano un basso rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	0,80
II	Aree che presentano un moderato rischio di incendio come 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

Tab. 2

$\delta_n = \prod_i \delta_{ni}$ è il fattore che tiene conto delle differenti misure di protezione e i cui valori sono definiti in tabella 3

δ_{ni} , Funzione delle misure di protezione						
Sistemi idrici automatici di estinzione	Sistemi di evacuazione automatica di fumo e calore	Sistemi di rivelazione automatica dell'incendio e allarme	Squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio	Rete idrica antincendio interna e esterna	Percorsi protetti di accesso	Accessibilità ai mezzi di soccorso VF
δ_{n1}	δ_{n2}	δ_{n3}	δ_{n4}	δ_{n5}	δ_{n6}	δ_{n7}
0,65	0,80	0,85	0,70	0,90	0,90	0,90

Tab. 3

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

$$q_f = \frac{\sum_{i=1}^n g_i \cdot H_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} \quad [\text{MJ/m}^2]$$

dove:

g_i	massa dell' i -esimo materiale combustibile	[kg]
H_i	potere calorifico netto (PCI) dell' i -esimo materiale combustibile I valori di H_i dei materiali combustibili possono essere determinati per via sperimentale in accordo con UNI EN ISO 1716:2002 ovvero essere mutuati dalla letteratura tecnica	[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 cellulosica e 1,00 per tutti gli altri materiali combustibili	
ψ_i	fattore di limitazione della partecipazione alla combustione dell' i -esimo materiale combustibile pari a 0 per i materiali contenuti in contenitori appositamente progettati per resistere al fuoco; 0,85 per i materiali contenuti in contenitori non combustibili e non appositamente progettati per resistere al fuoco; 1 in tutti gli altri casi	
A	superficie in pianta netta del compartimento	[m ²]

Qualora, in alternativa alla formula suddetta, si pervenga alla determinazione di q_f attraverso una valutazione statistica del carico di incendio, si deve far riferimento a valori con probabilità di superamento inferiore al 20% .

Lo spazio di riferimento generalmente coincide con il compartimento antincendio considerato e il carico di incendio specifico è quindi riferito alla superficie in pianta netta del compartimento stesso, nell'ipotesi di una distribuzione sufficientemente uniforme del carico di incendio. Qualora nel compartimento siano presenti elevate dissimmetrie nella distribuzione dei materiali combustibili, il valore nominale q_f del carico d'incendio specifico è calcolato anche con riferimento all'effettiva distribuzione dello stesso. Per distribuzioni molto concentrate del materiale combustibile si potrà fare riferimento all'incendio localizzato, valutando, in ogni caso, se si hanno le condizioni per lo sviluppo di un incendio generalizzato.

2 *Scenari e incendi convenzionali di progetto*

Per definire le azioni del fuoco, devono essere determinati i principali scenari d'incendio e i relativi incendi convenzionali di progetto, sulla base di una valutazione del rischio d'incendio.

In linea generale, gli incendi convenzionali di progetto devono essere applicati ad un compartimento dell'edificio alla volta, salvo che non sia diversamente indicato nello scenario d'incendio. In particolare in un edificio multipiano sarà possibile considerare separatamente il carico di incendio dei singoli piani qualora le strutture orizzontali e in particolare i solai posseggano una capacità di compartimentazione adeguata nei confronti della propagazione verticale degli incendi.

A seconda dell'incendio convenzionale di progetto adottato, l'andamento delle temperature negli elementi sarà valutato in riferimento:

- a una curva nominale d'incendio di quelle indicate successivamente, per l'intervallo di tempo di esposizione pari alla classe di resistenza al fuoco prevista, senza alcuna fase di raffreddamento;
- a una curva naturale d'incendio, tenendo conto dell'intera durata dello stesso, compresa la fase di raffreddamento fino al ritorno alla temperatura ambiente.

2.1 *Curve nominali di incendio e classi di resistenza al fuoco*

Le classi di resistenza al fuoco sono le seguenti:

15; 20; 30; 45; 60; 90; 120; 180; 240

Esse sono di volta in volta precedute dai requisiti prestazionali che devono essere garantiti, per l'intervallo di tempo descritto, dagli elementi costruttivi portanti e/o separanti che compongono il compartimento antincendio. Tali requisiti prestazionali, individuati sulla base di una valutazione del rischio d'incendio, sono elencati nelle decisioni della Commissione dell'Unione europea 2000/367/CE del 3 maggio 2000 e 2003/629/CE del 27 agosto 2003.

Ai fini del presente decreto, le classi di resistenza al fuoco sono di norma riferite all'incendio convenzionale rappresentato dalla **curva nominale standard** seguente:

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8 \cdot t + 1) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

dove :

θ_g è la temperatura media dei gas di combustione espressa in $^{\circ}\text{C}$

t è il tempo espresso in minuti.

Nel caso di incendi di quantità rilevanti di idrocarburi o altre sostanze con equivalente velocità di rilascio termico, ed esclusivamente per la determinazione della capacità portante delle strutture, la curva di incendio nominale standard deve essere sostituita con la **curva nominale degli idrocarburi** seguente:

$$\theta_g = 1080(1 - 0,325 \cdot e^{-0,167t} - 0,675 \cdot e^{-2,5t}) + 20 \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Nel caso di incendi sviluppatasi all'interno del compartimento, ma che coinvolgono strutture poste all'esterno, per queste ultime la curva di incendio nominale standard può essere sostituita con la **curva nominale esterna** seguente:

$$\theta_g = 660(1 - 0,687 \cdot e^{-0,32t} - 0,313 \cdot e^{-3,8t}) + 20 \quad [^{\circ}\text{C}]$$

2.2 Curve naturali di incendio

Nel caso in cui il progetto sia condotto con un approccio prestazionale, secondo le indicazioni contenute in specifici provvedimenti emanati dal Ministero dell'interno, la capacità portante e/o la capacità di compartimentazione, in alternativa al metodo che fa riferimento alle classi, può essere verificata rispetto all'azione termica della **curva naturale di incendio**, applicata per l'intervallo di tempo necessario al ritorno alla temperatura ordinaria.

Le curve di incendio naturale dovranno essere determinate per lo specifico compartimento, con riferimento a metodi di riconosciuta affidabilità e facendo riferimento al carico di incendio specifico.

Qualora si adotti uno di questi metodi, deve essere eseguita anche la verifica della capacità portante e/o della capacità di compartimentazione degli elementi costruttivi rispetto all'azione termica della curva di incendio nominale standard con riferimento ai valori indicati nella seconda colonna della tabella 4 (classe minima) in funzione del carico d'incendio specifico di progetto ($q_{f,d}$) definito in 2.

Quale che sia il modello scelto, i valori del carico d'incendio e delle caratteristiche del compartimento, adottati nel progetto per l'applicazione dei metodi suddetti, costituiscono un vincolo d'esercizio per le attività da svolgere all'interno della costruzione.

3 *Richieste di prestazione*

Le prestazioni da richiedere ad una costruzione, in funzione degli obiettivi di sicurezza, sono individuate nei seguenti livelli:

Livello I.	Nessun requisito specifico di resistenza al fuoco dove le conseguenze della perdita dei requisiti siano accettabili o dove il rischio di incendio sia trascurabile
Livello II.	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro
Livello III.	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per tutta la durata dell'incendio
Livello IV.	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento della costruzione
Livello V.	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa

I livelli di prestazione comportano classi di resistenza al fuoco stabilite per i diversi tipi di costruzioni, in base al rischio e alle strategie antincendio adottate.

3.1 *Livello I*

Il livello I di prestazione non è ammesso per le costruzioni che ricadono nel campo di applicazione del presente decreto.

3.2 *Livello II*

Il livello II di prestazione può ritenersi adeguato per le costruzioni isolate destinate ad un'unica attività non aperta al pubblico e ai relativi impianti tecnologici di servizio e depositi, ove si verificano tutte le seguenti condizioni:

- a) Gli eventuali crolli totali o parziali della costruzione non arrecano danni ad altre costruzioni;
- b) Gli eventuali crolli totali o parziali della costruzione non compromettono l'efficacia di elementi di compartimentazione e sistemi antincendio che proteggono altre costruzioni;
- c) Il massimo affollamento complessivo della costruzione non supera le 100 persone e la densità di affollamento media è non superiore a 0,2 pers/m²;
- d) La costruzione non deve essere adibita ad attività che prevedono posti letto;
- e) La costruzione non deve essere adibita ad attività specificamente destinate a malati, anziani, bambini o a persone con ridotte o impedito capacità motorie, sensoriali o cognitive.

Le classi di resistenza al fuoco necessarie per garantire il livello II di prestazione sono le seguenti:

45 ⁽¹⁾	per costruzioni ad un piano fuori terra senza interrati
60 ⁽¹⁾	per costruzioni fino a due piani fuori terra e un interrato

⁽¹⁾ Sono consentite classi inferiori se compatibili con il livello III.

3.3 *Livello III*

Il livello III di prestazione può ritenersi adeguato per tutte le costruzioni rientranti nel campo di applicazione della presente regola tecnica fatte salve quelle per le quali sono richiesti i livelli IV o V.

Le classi di resistenza al fuoco, necessarie per garantire il rispetto dei requisiti prestazionali per tutta la durata dell'incendio convenzionale di progetto, sono date nella terza colonna della tabella 4 (classe di riferimento), in funzione del carico d'incendio specifico di progetto ($q_{f,d}$) definito in 2.

Carichi d'incendio specifici di progetto ($q_{f,d}$)	Classe minima	Classe di riferimento
Non superiore a 200 MJ/m ²	0	15
Non superiore a 300 MJ/m ²	0	20
Non superiore a 450 MJ/m ²	15	30
Non superiore a 600 MJ/m ²	20	45
Non superiore a 900 MJ/m ²	30	60
Non superiore a 1200 MJ/m ²	45	90
Non superiore a 1800 MJ/m ²	60	120
Non superiore a 2400 MJ/m ²	90	180
Superiore a 2400 MJ/m ²	120	240

Tab. 4

3.4 Livelli IV e V

I livelli IV o V possono essere oggetto di specifiche richieste del committente o essere previsti dai capitolati tecnici di progetto. I livelli IV o V di prestazione possono altresì essere richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza.

Per i livelli IV e V resta valido quanto indicato nel Decreto del ministero delle infrastrutture e dei trasporti 14 settembre 2005.

4 Criteri di progettazione degli elementi strutturali resistenti al fuoco

La capacità del sistema strutturale in caso di incendio si determina sulla base della capacità portante propria degli elementi strutturali singoli, di porzioni di struttura o dell'intero sistema costruttivo, comprese le condizioni di carico e di vincolo, tenendo conto della eventuale presenza di materiali protettivi.

Le deformazioni ed espansioni imposte o impedito dovute ai cambiamenti di temperatura per effetto dell'esposizione al fuoco producono sollecitazioni indirette, forze e momenti, che dovranno essere tenuti in considerazione, ad eccezione dei casi seguenti:

- è riconoscibile a priori che esse sono trascurabili o favorevoli;
- è implicitamente tenuto in conto nei modelli semplificati e conservativi di comportamento strutturale in condizioni di incendio.

Le sollecitazioni indirette, dovute agli elementi strutturali adiacenti a quello preso in esame, possono essere trascurate quando i requisiti di sicurezza all'incendio sono valutati in riferimento alla curva nominale d'incendio e alle classi di resistenza al fuoco.

Nel progetto e nelle verifiche di sicurezza all'incendio si dovrà tener conto anche della presenza delle azioni a temperatura ordinaria permanenti e di quelle azioni variabili che sia verosimile

agiscano contemporaneamente all'incendio. Esse dovranno essere prese in conto con i propri coefficienti parziali relativi allo stato limite in esame che di norma è lo stato limite di esercizio con combinazione quasi-permanente.

Non si prende in considerazione la possibilità di concomitanza dell'incendio con altre azioni accidentali.

Per i soli elementi strutturali secondari contenuti in costruzioni che devono garantire il livello III è consentito limitare la richiesta di prestazione al livello II, purché siano verificate tutte le seguenti condizioni:

- a) L'eventuale crollo degli elementi strutturali secondari non compromette la capacità portante di altre parti della struttura;
- b) L'eventuale crollo degli elementi strutturali secondari non compromette l'efficacia di elementi costruttivi di compartimentazione e di sistemi antincendio;
- c) L'eventuale crollo degli elementi strutturali secondari non deve costituire pericolo per gli occupanti e per i soccorritori.