



# L'IMPORTANZA DELLA REAZIONE E DELLA RESISTENZA AL FUOCO

# Obiettivi della sicurezza antincendio

Lo scopo principale della protezione antincendio è di limitare, in caso di incendio, a livelli accettabili:

- LA PROBABILITÀ DI MORTE E LESIONI  
(Difesa della vita)
- DANNI MATERIALI  
(Protezione dei beni)
- DANNI AMBIENTALI  
(Protezione dell'ambiente)

# DIFESA DELLA VITA

L'obiettivo più comune per garantire la sopravvivenza è quello di assicurare adeguate vie di fuga.

Per far ciò è necessario avvertire le persone della presenza di un incendio e fornire idonei **percorsi di evacuazione**, garantendo che siano **liberi dal fuoco e dal fumo** durante il raggiungimento di luoghi sicuri.

In alcuni edifici è necessario garantire la sicurezza a **persone incapaci di fuggire**, come è il caso delle carceri, degli ospedali e dei luoghi di rifugio all'interno dell'edificio.

Le persone negli edifici adiacenti devono essere anch'esse protette, e si devono adottare misure per la sicurezza delle **squadre di soccorso**, che entrano nell'edificio per prestare aiuto o domare l'incendio.

# PROTEZIONE DEI BENI

Tra gli obiettivi della protezione dei beni vi è quello della **protezione della struttura dell'edificio** e del suo contenuto.

Tale protezione deve applicarsi anche agli **edifici circostanti**.

Un ulteriore livello di protezione può essere necessario se è importante il **rapido ripristino ed riutilizzo** dell'immobile dopo l'incendio.

In molti casi un obiettivo cruciale è quello di evitare la perdita di beni intangibili, quali la possibilità di svolgere un'attività oppure **opere d'arte**.

Una perdita sproporzionata alla dimensione dell'incendio originale può avvenire se si verificano danni gravi a “servizi vitali”, quali la distribuzione di energia o le telecomunicazioni.

# PROTEZIONE DELL'AMBIENTE

In molti paesi un ulteriore obiettivo è quello di **limitare i danni ambientali** in caso di incendio grave ed esteso.

Le principali preoccupazioni riguardano le **emissioni di inquinanti gassosi** presenti nel fumo e l'inquinamento dell'acqua utilizzata per lo spegnimento dell'incendio, entrambi con potenziali effetti importanti sull'ambiente.

Il modo migliore per evitare queste emissioni è riuscire a **spegnere l'incendio nella fase iniziale o di limitare fortemente la sua propagazione.**



# DIFESA DALL'INCENDIO

La difesa dall'incendio è un obiettivo di solito raggiungibile attraverso una combinazione di sistemi di protezione dal fuoco, di tipo attivo e passivo.

I **sistemi di protezione attivi** tengono sotto controllo gli incendi o i loro effetti tramite interventi svolti da persone o da dispositivi automatici.

I **sistemi di protezione passivi** tengono sotto controllo gli incendi o i loro effetti tramite sistemi integrati nella struttura dell'edificio o nelle sue parti, senza richiedere particolari operazioni al momento dell'incendio.

# SVILUPPO E CONTROLLO DELL'INCENDIO

	Fase iniziale	Fase di crescita	Fase di combustione stabilizzata	Fase di esaurimento
Comportamento dell'incendio	Riscaldamento del combustibile	Combustione controllata dal combustibile	Combustione controllata dalla ventilazione	Combustione controllata dal combustibile
Comportamento umano	Prevenzione dell'accensione	Spegnimento a mano, fuga	Morte	
Rilevamento	Rilevatori di fumo	Rilevatori di fumo, rilevatori di temperatura		
Controllo attivo	Prevenzione dell'accensione	Spegnimento ad opera dei nebulizzatori o delle squadre antincendio; controllo del fumo	Controllo ad opera delle squadre antincendio	
Controllo passivo		Scelta di materiali incombustibili ed impervi alla propagazione delle fiamme	Scelta di materiali resistenti all'alta temperatura; adozione di strutture atte a contenere l'incendio; progettazione tale da evitare collassi strutturali ad alta temperatura	

# COMPORTAMENTO DELL'INCENDIO

	Fase iniziale	Fase di crescita	Fase di combustione stabilizzata	Fase di esaurimento
Comportamento dell'incendio	Riscaldamento del combustibile	Combustione controllata dal combustibile	Combustione controllata dalla ventilazione	Combustione controllata dal combustibile

Nella **fase iniziale** dello sviluppo di un incendio, ha luogo il riscaldamento del potenziale materiale combustibile. L'accensione costituisce l'inizio della combustione con fiamma, che segna la transizione alla fase di propagazione.

**Fase di crescita:** durante questa fase, la maggior parte degli incendi si propaga lentamente, dapprima alle superfici combustibili, poi più rapidamente man mano che la temperatura aumenta, riscaldando i restanti elementi combustibili grazie all'irraggiamento da parte delle fiamme e dei gas caldi.

Se le temperature degli strati superficiali raggiungono circa 600°C, la velocità di combustione aumenta rapidamente, portando al **flashover** (divampamento generalizzato) che costituisce la transizione alla **fase di combustione stabilizzata**.

La velocità di combustione durante la fase di crescita è in generale funzione della natura delle superfici combustibili che bruciano, mentre durante la fase di combustione stabilizzata le temperature e il flusso di calore radiante all'interno del locale sono così grandi che tutte le superfici esposte bruciano e la potenza termica emessa è di solito funzione della ventilazione disponibile.

In un incendio, è la fase di combustione stabilizzata ad avere il maggior effetto sugli elementi strutturali e sulle parti circostanti il locale. Se il fuoco è lasciato ardere, alla fine i materiali combustibili si esauriscono e le temperature scendono rapidamente durante la **fase di esaurimento**, in cui la velocità di combustione ritorna ad essere più una funzione del materiale combustibile residuo che della ventilazione.



# COMPORTAMENTO UMANO

	Fase iniziale	Fase di crescita	Fase di combustione stabilizzata	Fase di esaurimento
Comportamento umano	Prevenzione dell'accensione	Spegnimento a mano, fuga	Morte	

Le persone presenti nel locale dove si origina l'incendio possono vedere o acquisire con l'olfatto i segni del potenziale incendio durante la fase incipiente, quando il materiale combustibile si sta riscaldando per effetto di qualche fonte di calore.

Molti incendi sono **estinti immediatamente dalle persone presenti** nell'edificio, che evitano il verificarsi di fenomeni di accensione, rimuovendo il materiale combustibile o eliminando la fonte di un eventuale innesco di fiamme.

Dopo l'accensione, l'incendio diventa più evidente, dando agli occupanti, se svegli ed in grado di muoversi, la possibilità di **spegnimento delle fiamme, mentre esse sono ancora contenute**.

Una volta che l'incendio sia cresciuto le fiamme non possono essere spente a mano, ma gli occupanti, se sono in grado di farlo, devono **fuggire**, a condizione che il fumo non abbia bloccato le vie d'uscita.

Nell'incendio di un locale, già durante il periodo di crescita la situazione si fa pericolosa per l'incolumità delle persone ma, **dopo il flashover**, la sopravvivenza non è più possibile a causa delle condizioni estreme di calore, temperatura e gas tossici.

# RILEVAMENTO

	Fase iniziale	Fase di crescita	Fase di combustione stabilizzata	Fase di esaurimento
Rilevamento	Rilevatori di fumo	Rilevatori di fumo, rilevatori di temperatura		

Durante la **fase incipiente** di un incendio, il rilevamento da parte delle persone è possibile mediante la vista e l'olfatto. Il rilevamento automatico prima che le fiamme diventino evidenti è possibile se sono installati rilevatori di fumo.

Dopo l'accensione, un incendio in **crescita** può essere rilevato dagli occupanti o da un rilevatore di fumo o di temperatura, di solito collocato sul soffitto. I rilevatori di fumo sono più sensibili dei rilevatori di temperatura, soprattutto per incendi con molto fumo ma poco fuoco.

# CONTROLLO ATTIVO

	Fase iniziale	Fase di crescita	Fase di combustione stabilizzata	Fase di esaurimento
Controllo attivo	Prevenzione dell'accensione	Spegnimento ad opera dei nebulizzatori o delle squadre antincendio; controllo del fumo	Controllo ad opera delle squadre antincendio	

Con controllo attivo si intende il controllo dell'incendio mediante **interventi effettuati da persone o dispositivi automatici**.

I presidi antincendio utilizzabili sono ad esempio:

- Estintori portatili o carrellati
- Reti di idranti o naspi
- Sistemi sprinkler

Il tipo migliore di protezione antincendio attiva è costituito dall'impianto di nebulizzazione automatico che spruzzi acqua sulla zona del locale posta sotto il sensore dello spruzzatore. Un impianto di nebulizzazione è in grado di spegnere la maggior parte degli incendi e comunque di impedirne la crescita. Per essere utile, un impianto di nebulizzazione deve intervenire tempestivamente in caso d'incendio, poiché il sistema di approvvigionamento idrico è progettato per spegnere solo incendi di una certa dimensione e non può spegnere incendi molto estesi e fuori controllo.

Dopo il flashover il controllo è effettuato solo dalle squadre antincendio

# CONTROLLO PASSIVO

	Fase iniziale	Fase di crescita	Fase di combustione stabilizzata	Fase di esaurimento
Controllo passivo		Scelta di materiali incombustibili ed impervi alla propagazione delle fiamme	Scelta di materiali resistenti all'alta temperatura; adozione di strutture atte a contenere l'incendio; progettazione tale da evitare collassi strutturali ad alta temperatura	

Con il termine di controllo passivo si intende il controllo di un incendio mediante sistemi integrati nella struttura dell'edificio o nelle sue parti, senza richiedere l'intervento di persone o impianti automatici.

Per gli incendi nella **fase di pre-flashover**, il controllo passivo comprende la scelta di materiali adatti per arredamenti e rivestimenti interni, che siano incombustibili o che comunque non favoriscano una rapida diffusione delle fiamme nel periodo di crescita dell'incendio (**REZIONE AL FUOCO DEI MATERIALI**).

Soprattutto durante la fase di post-flashover, il controllo passivo è fornito dalle strutture e dagli infissi, che devono presentare **RESISTENZA AL FUOCO** tale da evitare sia la propagazione delle fiamme, che il collasso strutturale.



# REAZIONE AL FUOCO



## **QUADRO LEGISLATIVO NAZIONALE**

D.M. 26.6.84 **modificato dal** D.M. 03.09.2001

METODOLOGIE DI PROVA E DI CLASSIFICAZIONE  
PROCEDURE PER LA OMOLOGAZIONE

## **QUADRO LEGISLATIVO COMUNITARIO**

DIRETTIVA 89/106/CEE PRODOTTI DA COSTRUZIONE  
PROCEDURE PER LA MARCATURA CE  
DECISIONI CE PER LA CLASSIFICAZIONE EUROPEA  
NORME CEN DI SUPPORTO: METODI DI PROVA E DI  
CLASSIFICAZIONE

## **APPLICAZIONE DELLE EUROCLASSI NEL SISTEMA DI PREVENZIONE INCENDI ITALIANO**

D.M. 10.MARZO.2005 D.M. 15.MARZO.2005

# DEFINIZIONE

**LA REAZIONE AL FUOCO È DEFINITA COME GRADO DI PARTECIPAZIONE DI UN MATERIALE COMBUSTIBILE AL FUOCO AL QUALE È STATO SOTTOPOSTO**

**E' UNA CARATTERISTICA DEL MATERIALE CHE VIENE CONVENZIONALMENTE ESPRESSA IN CLASSI DI REAZIONE AL FUOCO**

**LA CLASSE DI REAZIONE AL FUOCO È UNO STRUMENTO PRESCRITTIVO DI PROTEZIONE PASSIVA NELL'AMBITO DELLA PREVENZIONE INCENDI**

LO **SCOPO** DI UTILIZZARE MATERIALI DI  
ADEGUATA CLASSE DI REAZIONE AL FUOCO È

**RIDURRE LA VELOCITA' DI PROPAGAZIONE  
DELL INCENDIO**

**AFFINCHÉ IL FRONTE DI FIAMMA NON INVESTA ALTRI  
MATERIALI COMBUSTIBILI**

**AUMENTINO I TEMPI DI EVACUAZIONE  
PRIMA DEL FLASH OVER**

Assume rilevanza per i materiali di **rivestimento e arredo**, delle pannellature, dei controsoffitti, delle decorazioni e simili, e si estende anche agli articoli di **arredamento**, ai **tendaggi** e ai tessuti in genere.

La determinazione viene effettuata su basi sperimentali, mediante prove su campioni in laboratorio (*non esistono metodi di calcolo e modelli matematici*).

In relazione a tali prove i materiali sono assegnati alle **classi**:

**0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 (vecchia classificazione)**

con l'aumentare della loro partecipazione alla combustione, a partire da quelli di **classe 0** che risultano **non combustibili**.

Specifiche norme di prevenzione incendi (es. *locali di pubblico spettacolo, alberghi, scuole, ospedali, ecc.*) prescrivono per alcuni ambienti in funzione della destinazione d'uso l'uso di materiali con una determinata classe di reazione al fuoco.

*I laboratori del Dipartimento dei Vigili del Fuoco ed altri privati, riconosciuti, rilasciano a seguito di verifiche sperimentali un certificato di prova, nel quale si certifica la classe di reazione al fuoco del campione di materiale sottoposto ad esame.*

La reazione al fuoco di un materiale può essere migliorata mediante trattamento con apposite vernici o altri rivestimenti, che ne ritarda l'innesco dell'incendio, riducendo inoltre la velocità di propagazione della fiamma e i fenomeni di post-combustione.



*La vecchia normativa italiana basata sulle classi da 0 a 5, è stata recentemente aggiornata, per i prodotti da costruzione, con il nuovo sistema di classificazione europeo che ha introdotto un sistema di classificazione più complesso, che parte dalla **classe A1** (materiali non combustibili, equivalente alla classe 0), classificando i prodotti combustibili con le **Classi A2 - B - C - D - E - F** con l'aumentare della loro partecipazione alla combustione.*

*I decreti attualmente in vigore sono:*

***DM 10/3/2005** modificato dal DM 25/10/2007 "Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali e' prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio";*

***DM 15/3/2005** "Requisiti di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione installati in attività disciplinate da specifiche disposizioni tecniche di prevenzione incendi in base al sistema di classificazione europeo".*

# CLASSI DI REAZIONE AL FUOCO

(D.M. 15.03.2005)

TUTTI I PRODOTTI		PAVIMENTI		ISOLANTI LINEARI		CAVI ELETTRICI	
CLASSE	AGGIUNTIVA	CLASSE	AGGIUNTIVA	CLASSE	AGGIUNTIVA	CLASSE	AGGIUNTIVA
<b>A1</b>	–	<b>A1<sub>FL</sub></b>	–	<b>A1<sub>L</sub></b>	–	<b>A<sub>CA</sub></b>	–
<b>A2</b>	PRODUZIONE FUMO (S1,S2,S3)  GOCCIOLAMENTO (d0, d1,d2)	<b>A2<sub>FL</sub></b>	PRODUZIONE FUMO (S1,S2,S3)  GOCCIOLAMENTO (d0, d1,d2)	<b>A2<sub>L</sub></b>	PRODUZION E FUMO (S1,S2,S3)  GOCCIOLAMENTO (d0, d1,d2)	<b>B1<sub>CA</sub></b>	PRODUZIONE FUMO (S1,S2,S3)
<b>B</b>		<b>B<sub>FL</sub></b>		<b>B<sub>L</sub></b>		<b>B2<sub>CA</sub></b>	GOCCIOLAMENTO (d0, d1,d2)
<b>C</b>		<b>C<sub>FL</sub></b>		<b>C<sub>L</sub></b>		<b>C<sub>CA</sub></b>	ACIDITA' (a1, a2, a3)
<b>D</b>		<b>D<sub>FL</sub></b>		<b>D<sub>L</sub></b>		<b>D<sub>CA</sub></b>	
<b>E</b>	GOCCIOLAMENTO (d0, d1,d2)	<b>E<sub>FL</sub></b>	GOCCIOLAMENTO (d0, d1,d2)	<b>E<sub>L</sub></b>	GOCCIOLAMENTO (d0, d1,d2)	<b>E<sub>CA</sub></b>	–
<b>F</b>	<b>NPD</b>	<b>F<sub>FL</sub></b>	<b>NPD</b>	<b>F<sub>L</sub></b>	<b>NPD</b>	<b>F<sub>CA</sub></b>	<b>NPD</b>

← DECISIONE 2000/147/CE      ↔ DECISIONE 2003/632/CE      ↔ DECISIONE 2006/751/CE →

DECRETO 16  
FEBBRAIO 2007

***RESISTENZA AL FUOCO  
DELLE STRUTTURE***

# RESISTENZA AL FUOCO

La resistenza al fuoco rappresenta il **comportamento** al fuoco degli elementi che hanno funzioni **portanti o separanti**.

Numericamente rappresenta l'**intervallo di tempo, espresso in minuti**, di esposizione dell'elemento strutturale ad un incendio, durante il quale l'elemento costruttivo considerato **conserva i requisiti** progettuali di stabilità meccanica, tenuta ai prodotti della combustione, e di isolamento termico.

La resistenza al fuoco può definirsi come l'attitudine di un elemento da costruzione (componente o struttura) a conservare:

**Stabilità R** - *attitudine di un prodotto o di un elemento costruttivo a conservare la **resistenza meccanica** sotto l'azione del fuoco.*

**Tenuta E** - *attitudine di un prodotto o di un elemento costruttivo a non lasciar passare nè produrre, se sottoposto all'azione del fuoco su un lato, **fiamme, vapori o gas caldi** sul lato non esposto al fuoco.*

**Isolamento termico I** - *attitudine di un prodotto o di un elemento costruttivo a ridurre, entro un dato limite, la trasmissione del **calore**.*



con il simbolo **REI** si identifica un elemento costruttivo che deve conservare, per un determinato tempo, la **stabilità**, la **tenuta** e l'**isolamento termico**;

con il simbolo **RE** si identifica un elemento costruttivo che deve conservare, per un determinato tempo, la **stabilità** e la **tenuta**;

con il simbolo **R** si identifica un elemento costruttivo che deve conservare, per un determinato tempo, la **stabilità**;

*con il simbolo **EI** si identifica un elemento costruttivo che deve conservare, per un determinato tempo, la **tenuta** e l'**isolamento termico**;*

Al fine di garantire la proprietà della struttura di continuare ad assolvere le funzioni durante un incendio devono essere perseguiti i **seguenti obiettivi**:

- Per evitare la propagazione dell'incendio all'interno di un edificio, occorre dividerlo in **compartimenti di incendio**, che evitino la diffusione del fuoco per il tempo d'incendio di progetto.

Tra le molte ragioni che giustificano la suddivisione in compartimenti vi sono l'aumento del tempo disponibile per la fuga, la limitazione dell'area interessata da eventuali perdite umane e di beni, la riduzione degli effetti dell'incendio sulla struttura, la localizzazione dell'incendio (con localizzazione dei rischi, ed isolamento e protezione delle vie di fuga).

Le separazioni sono solitamente costituite da solette e pareti.

- Per proteggere persone o beni anche in altre zone dell'edificio, e comunque per garantire la riparabilità dell'edificio dopo l'incendio, è fondamentale la prevenzione del collasso strutturale. Per evitare il collasso strutturale, gli elementi portanti devono essere dotati di resistenza al fuoco sufficiente a garantire il mantenimento della propria stabilità per il tempo d'incendio di progetto. La prevenzione del collasso è fondamentale per gli elementi portanti e per quegli elementi che sono sia portanti che separatori (cioè destinati a contenere l'incendio).
- Per ridurre la probabilità di propagazione dell'incendio agli altri edifici, le pareti confinanti devono possedere una resistenza al fuoco sufficiente per rimanere in posizione e contenere l'incendio per il tempo d'incendio di progetto.

# RISPOSTA DELLE STRUTTURE ALL'INCENDIO

1) STRUTTURE IN C.A.

2) STRUTTURE IN LEGNO

3) STRUTTURE IN ACCIAIO



# STRUTTURE IN C.A.

## PREGI:

- Incombustibilità
- Bassa conducibilità del calore (1/50 acciaio)
- Sezioni di notevole spessore pertanto durante l'incendio il calcestruzzo non danneggiato mantiene la propria geometria, proteggendo, grazie al copriferro, l'acciaio dell'armatura e permettendo al nucleo interno più freddo di continuare a svolgere la propria funzione strutturale

## DIFETTI:

- Presenza di acqua - fenomeno di "spalling"



# STRUTTURE IN C.A.

## LO SPALLING

I gradienti di pressione di vapore acqueo che si sviluppa nei pori in seguito al riscaldamento causano una diffusione dell'acqua evaporabile e dello stesso vapore. Sia le elevate pressioni nei pori che si sviluppano che le tensioni indotte dalle espansioni non uniformi di volume conducono a micro- e macro-fratture che, da un lato portano ad elevati aumenti della porosità del materiale (per temperature superiori ai 100 °C), dall'altro possono causare lo spacco esplosivo del materiale. L'esplosione proietta pericolose schegge che danneggiano tutto ciò che si trova nelle zone limitrofe e mette a rischio il personale degli impianti e i Vigili del Fuoco impegnati nelle operazioni di spegnimento.

# STRUTTURE IN C.A.

Successivamente il calcestruzzo si contrae perché perde l'acqua di impasto. L'effetto è il lo sgretolamento e distacco del copriferro con la perdita della solidarietà di lavoro fra ferro e calcestruzzo e l'armatura viene esposta al fuoco, con forti conseguenze negative. Il metallo si dilata notevolmente determinando deformazioni che provocano il dissesto o il crollo di componenti strutturali, spesso all'improvviso.

Nel c.a.p. se i ferri precompressi non sono adeguatamente protetti da spessori di cemento o altri materiali coibenti, l'aumento della temperatura provoca l'allungamento dei ferri (con conseguente perdita della pretesione)

# STRUTTURE IN LEGNO

## PREGI:

- Bassa conducibilità
- Sezioni di massa notevole

## DIFETTI:

- Combustibilità Il legno esposto all'azione del fuoco subisce limitate deformazioni, la sua resistenza meccanica diminuisce con la riduzione della sezione resistente.

Il legno si decompone per pirolisi in gas volatili, vapor d'acqua, altri prodotti di combustione e fumo. Il residuo solido è costituito principalmente da uno strato carbonioso esterno. La bruciatura avanza in profondità e sviluppa fratture e bolle. Quindi la profondità dello strato carbonioso è direttamente connessa alla vicinanza ed alla potenza termica dell'incendio.

# STRUTTURE IN ACCIAIO

## PREGI:

- Incombustibilità
- Assenza di acqua

## DIFETTI.

- Alta conducibilità del calore
- Sezioni snelle



# STRUTTURE IN ACCIAIO

## *Effetti dell'incendio sull'acciaio*

L'aumento della temperatura sulle strutture in acciaio provoca dilatazioni rilevanti, e rapide e profonde modifiche delle proprietà meccaniche.

L'acciaio, grazie alla sua grande conduttività e capacità termica, esposto al fuoco può raggiungere temperature di poco superiori a 300°C senza che vengano a determinarsi deformazioni pericolose. Oltre i 300°C la sua resistenza alla rottura diminuisce rapidamente; a 500°C circa l'acciaio perde il 50% della resistenza alla rottura, che quasi si annulla a circa 600°C. Pertanto una struttura in acciaio, esposta senza protezioni all'incendio, può raggiungere il collasso anche nel tempo di 10/20 minuti (per strutture snelle anche in pochi minuti), sia a causa della diminuzione della resistenza meccanica, sia delle sollecitazioni determinate sulle strutture dovute alle dilatazioni.