

Abstract

Costruzioni in legno, comportamento e resistenza al fuoco

Maurizio Piazza, Professore - Università di Trento

Riprendendo un vecchio fascicolo "Feuerverhütung", distribuito in occasione della settimana antincendio 27 aprile – 4 maggio 1930, si può leggere:

"Cosa bisogna conoscere del fuoco?"

Il fuoco scoppia improvvisamente, si diffonde rapidamente ed è difficile da contenere ...

La tecnica ci ha però messo a disposizione mezzi sempre più efficaci per combattere il fuoco.

Dobbiamo solo impiegarli correttamente"

Da allora non si può dire che la situazione sia sostanzialmente cambiata. Se da una parte sono aumentate le cause di possibili incendi (diffusione di conduttori elettrici, uso dei motori a combustione, presenza onnipervasiva di sostanze altamente combustibili di uso corrente) e dall'altra si sono evolute tecniche preventive ed organizzazioni di contrasto del fuoco, resta più che mai valido il richiamo alla conoscenza e al corretto uso di queste tecniche e di queste organizzazioni.

La resistenza al fuoco di una struttura sottoposta ad un determinato sistema di carichi viene definita come il tempo necessario, dall'inizio della sua esposizione all'incendio, affinché si raggiunga una situazione di collasso, parziale o totale. Le prestazioni richieste agli elementi costruttivi sottoposti ad azione di incendio riguardano sia la capacità di conservare la stabilità meccanica, sia la possibilità di opporsi efficacemente alla propagazione del fuoco ed alla trasmissione del calore. Di conseguenza, la resistenza al fuoco viene definita mediante i criteri di stabilità al fuoco (R), di tenuta al fuoco (E) e di isolamento termico (I).

La resistenza al fuoco non è una caratteristica dei materiali ma esprime una prestazione dell'elemento, strutturale o meno, o della struttura nei confronti dell'azione di incendio. Essa dipende, oltre che dalle proprietà fisiche e meccaniche del materiale, dai criteri costruttivi e realizzativi della struttura e quindi anche dalle scelte progettuali effettuate. Si dovranno dunque adottare appropriati criteri di dimensionamento, anche in relazione alle proprietà intrinseche dei singoli materiali utilizzati. Tali problemi sono già evidenti nei casi in cui il materiale presenti una reazione nulla nei confronti del fuoco (materiali incombustibili quali conglomerato cementizio, acciaio, alluminio). I medesimi problemi si complicano quando il materiale costituente l'elemento strutturale presenta invece una certa "reazione" al fuoco: è questo il caso del legno.

L'iter di progetto della struttura nei confronti dell'evento "incendio" identifica due momenti fondamentali: la "richiesta" di resistenza al fuoco e la "prova" (o verifica) della struttura progettata al fine di accertare che essa risponda positivamente a quanto richiesto. I seminari del Modulo "Resistenza al fuoco" saranno volti ad approfondire la fase di "progetto" e di "verifica" della struttura nei confronti della resistenza al fuoco, pur evidenziando (nel caso studio presentato) quali possano essere le "richieste" legate a molteplici istanze.

È comunque evidente che, nell'ambito di una definizione convenzionale di resistenza al fuoco, anche la "richiesta" di resistenza al fuoco della struttura dovrà adeguarsi a tale convenzione. In genere, la resistenza convenzionale richiesta viene definita quantificando i parametri che caratterizzano i

probabili incendi reali e la loro pericolosità, la possibilità di intervento per operazioni di spegnimento, le caratteristiche del fabbricato cui la struttura è destinata, l'importanza delle funzioni che nel fabbricato stesso si svolgono; tutto ciò va messo ovviamente in relazione a predeterminati criteri di sicurezza finale. Nel caso della struttura portante lignea, sarà poi necessario determinare il contributo all'incendio della medesima struttura e, di conseguenza, il suo apporto alla definizione della richiesta di resistenza.

In generale, si può affermare che la resistenza al fuoco non sia una caratteristica intrinseca dei materiali, ma come con essa si cerchi di definire una prestazione globale nei confronti dell'azione di incendio da parte dell'elemento strutturale (o non strutturale) e quindi della struttura nel suo complesso. Le proprietà fisiche e meccaniche del materiale influenzano tale prestazione, ma risultano essere determinanti anche i criteri costruttivi e realizzativi della struttura e quindi anche le scelte progettuali effettuate.

L'evento "incendio" deve essere riguardato come una delle possibili azioni eccezionali sollecitanti la struttura, e l'iter di progetto della struttura nei suoi confronti è del tutto simile a quello svolto per la stessa struttura nelle situazioni di normale utilizzo. Ciò è stato reso possibile anche grazie allo sviluppo di numerosi criteri, direttive e norme, in particolare a livello Europeo. Il Comitato Europeo di Normativa CEN ha infatti preparato, nell'ambito del comitato tecnico TC 127 (sicurezza al fuoco), norme sulla reazione al fuoco dei materiali e sulla resistenza al fuoco dei componenti edilizi, che sono state recepite da tutti gli enti normativi in ambito europeo. Queste norme si occupano principalmente delle prove di comportamento al fuoco e delle conseguenti classificazioni. Le norme sull'effetto del fuoco sulle costruzioni e sui calcoli statici per i diversi materiali, come acciaio, calcestruzzo, legno, strutture miste, sono elaborate invece dal comitato tecnico TC 250 (Eurocodici Strutturali), specificatamente per le parti 1-2 dei medesimi Eurocodici, parti che hanno codificato il procedimento analitico nella valutazione della capacità portante di strutture sottoposte ad incendio.

L'obiettivo del pacchetto di norme europee è, da una parte, di fissare le condizioni-quadro con cui si possano soddisfare i requisiti fissati nella direttiva prodotti da costruzione, dall'altra di rimuovere, tramite una concezione unitaria, le barriere commerciali intraeuropee (introduzione del marchio CE) facilitando così l'attività costruttiva a livello super regionale.

Obiettivi e, entro certi limiti, strumenti della protezione antincendio del legno e delle strutture lignee si possono considerare definiti dalla Direttiva europea sui prodotti da costruzione UE 305/2011, nel quadro del requisito essenziale Sicurezza in caso di incendio. I principi di base comuni ai paesi dell'Unione riguardano la pianificazione e il progetto dell'opera, la sua esecuzione e l'appropriata manutenzione; le proprietà, le prestazioni e gli usi dei prodotti da costruzione. Il complesso di questi requisiti, in funzione anche della destinazione d'uso delle costruzioni, porta alla definizione di una "Strategia per la sicurezza in caso di incendio".

Il modulo didattico prevede innanzitutto la lezione del prof. Andrea Bernasconi, che introduce il problema concentrandosi sugli aspetti concettuali della progettazione. Seguirà la lezione del prof. Maurizio Piazza, che presenterà le basi normative per le verifiche strutturali. Infine la lezione dell'ing. Stefano Castellani illustrerà nel dettaglio il procedimento di prevenzione incendi applicato a uno stabilimento produttivo in legno di grandi dimensioni.

Modulo V

Costruzioni in legno, comportamento
e resistenza al fuoco

Milano, 22 novembre 2018

La struttura in legno e la normativa antincendio

Prof. Maurizio Piazza



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria Civile,
Ambientale e Meccanica





Riferimenti bibliografici di base



EVENTO INCENDIO

PREVENZIONE e SICUREZZA

Insieme integrato di misure di protezione **attiva** e **passiva**

protezione **attiva**



misure adottate al fine di ottenere lo spegnimento dell'incendio nella sua fase iniziale

Es.: sistemi di rivelazione automatica e allarme, indicazioni di vie di fuga, evacuatori di fumo, idranti impianti di estinzione, spinkler etc.

protezione **passiva**



misure adottate al fine di ridurre al minimo i danni dell'edificio durante la fase di incendio generalizzato

- RESISTENZA AL FUOCO
- COMPARTIMENTAZIONE
- REAZIONE AL FUOCO

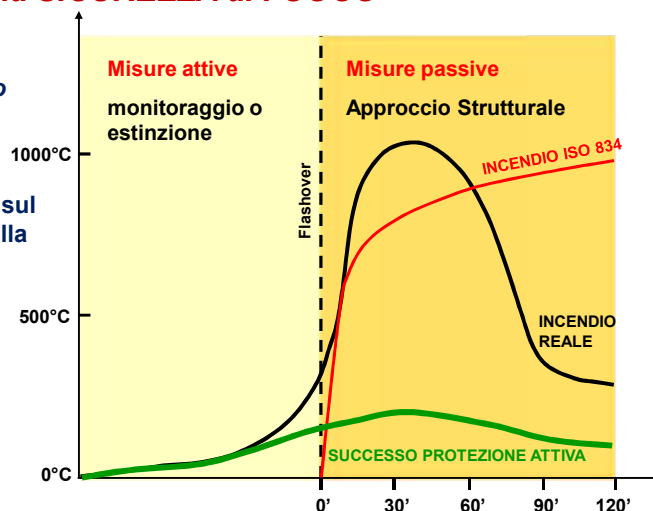
La **resistenza** di materiali, elementi, strutture, si definisce qui in termini di **tempo**.
Es. R 60 (o REI 60) significa che la proprietà indicata è garantita per 60 minuti.

EVENTO INCENDIO

PROGETTO della SICUREZZA al FUOCO

1. Approccio *passivo* (strutturale)

2. Approccio basato sul Monitoraggio e sulla Estinzione



EVENTO INCENDIO

Meccanismo della combustione del legno

<p>Assenza d'aria</p> <p>↑</p> <p>Sorgente di calore</p> <p>↓</p> <p>Presenza d'aria</p>	<p>→</p> <p>Pirolisi + residuo carbonioso</p> <p>→</p> <p>Combustione viva + ceneri</p>	<p>BILANCIO ENERGETICO</p> <p>—</p> <p>≈ 300 Cal/kg</p> <hr/> <p>+</p> <p>≈ 4400 Cal/kg</p>
---	---	--

Esponendo il legno a una sorgente di calore si hanno evoluzioni diverse a seconda della presenza o assenza d'aria (disponibilità o meno di comburente)

EVENTO INCENDIO

Meccanismo della combustione del legno

Si definiscono:

reazione al fuoco

che riguarda il comportamento dei materiali

resistenza al fuoco

che riguarda il comportamento dei manufatti

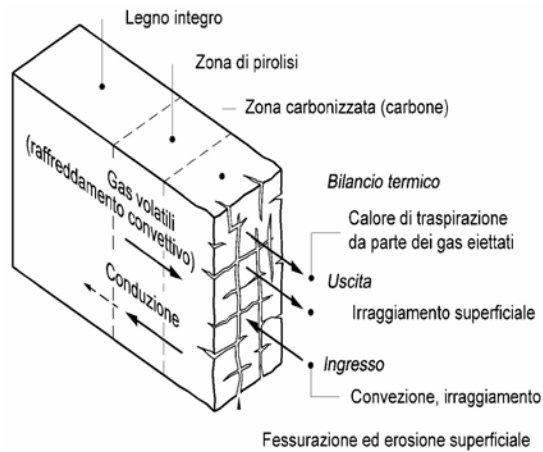
EVENTO INCENDIO

Meccanismo della combustione del legno

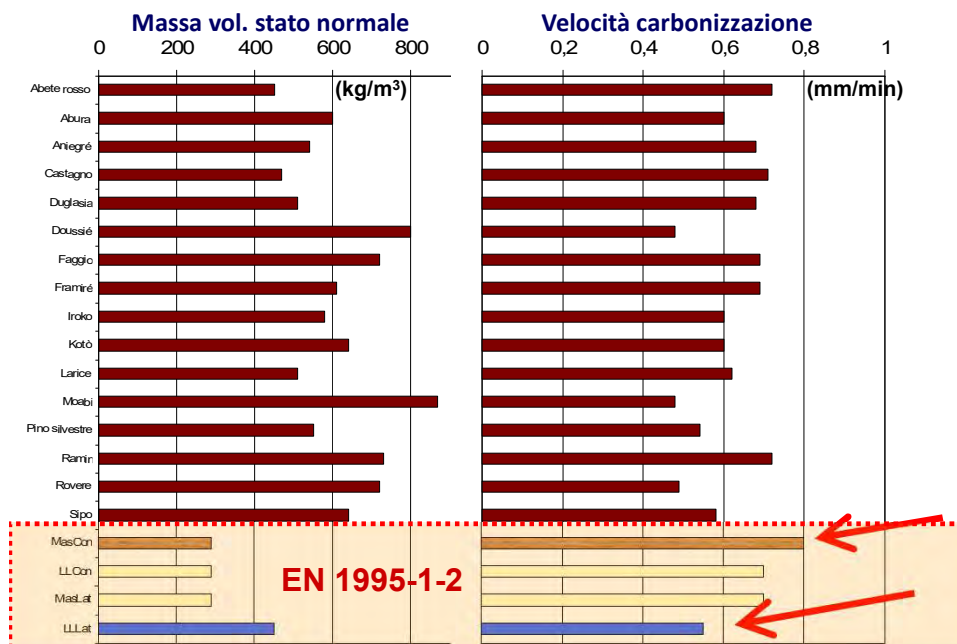
Le sostanze volatili prodotte dalla combustione **si muovono verso l'esterno raffreddando il carbone**, ed è presente anche un contributo di riflessione .

Si raggiunge una situazione quasi stazionaria con **l'equilibrio fra perdita di materia in superficie e arretramento del legno integro**.

Questo avviene a circa 0,6 - 0,7 mm/minuto



La velocità di carbonizzazione non è influenzata dalla classe (resistente) del materiale ma da altri fattori (specie, massa volumica, umidità ...)



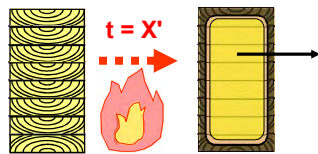
EVENTO INCENDIO

Meccanismo della combustione del legno

Il legno è un cattivo conduttore del calore: durante l'incendio una significativa percentuale di propagazione del calore avviene per trasferimento di massa.

La temperatura del legno rimane invariata appena al di sotto della superficie che limita la zona interessata dalla combustione.

Il legno mantiene praticamente invariate le sue caratteristiche meccaniche fino a temperature dell'ordine di 110 °C – 115 °C .



Durante l'incendio esiste una sezione residua interna a temperature inferiori a 100 °C e quindi **efficace**

EVENTO INCENDIO - APPROCCIO NORMATIVO

Metodo della sezione efficace

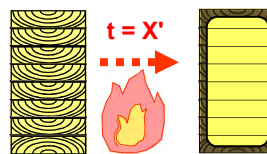
da EN 1995-1-2

prevede il calcolo di una **sezione efficace** ottenuta riducendo la sezione iniziale di una **profondità di carbonizzazione "effettiva" d_{ef}** così calcolata:

$$d_{ef} = d_{char} + k_0 \cdot d_0$$

profondità di carbonizzazione

differenza tra sezione residua ed efficace



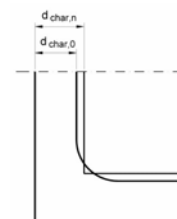
$k_0 = 1$ per $t > 20'$
 $d_0 = 7 \text{ mm}$

7 mm

$d_{char} = \beta_n \cdot t$ → Non si considerano gli "smussi"

$d_{char} = \beta_0 \cdot t$ → Si considerano gli "smussi"

$\beta_0 < \beta_n$



EVENTO INCENDIO - APPROCCIO NORMATIVO

Tabella 7.7 Valori di β_0 e β_n per il legno e materiali derivati da EN 1995-1-2

Materiale	β_0 (mm/min)	β_n (mm/min)
a) Conifere e faggio		
Legno massiccio con massa volumica caratteristica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,80
Legno lamellare incollato con massa volumica caratteristica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,70
b) Latifoglie		
Legno massiccio o lamellare con massa volumica caratteristica di 290 kg/m^3	0,65	0,70
Legno massiccio o lamellare con massa volumica caratteristica $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,50	0,55
c) LVL con massa volumica caratteristica $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,70
d) Pannelli di legno		
pannellature di legno	0,90*	–
compensato	1,00*	–
pannelli derivati da legno (non compensato)	0,90*	–

* Questi valori si applicano a pannelli con massa volumica caratteristica di 450 kg/m^3 e spessore pari a 20 mm: la norma fornisce i metodi per derivare i valori per altri casi.

EVENTO INCENDIO - APPROCCIO NORMATIVO

PROGETTO RESISTENZA AL FUOCO

1. Richiesta resistenza al fuoco → **DEFINIZIONE DI R (REI) DI PROGETTO**

da MARZO 2007

Normativa superata:
Circolare 91 / 1961



2. Verifica resistenza al fuoco → **VERIFICA CHE LE STRUTTURE ABBIANO R (REI) ADEGUATO (approccio strutturale)**

UNI- EN 1995-1-2:2004

EVENTO INCENDIO - APPROCCIO NORMATIVO

1. Richiesta resistenza al fuoco

Decreto 9 marzo 2007

REI	15	20	30	45	60	90	120	180	240	360
------------	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----

carico d'incendio specifico di progetto $q_{f,d}$

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

q_f	[MJ/m ²]	valore nominale del carico d'incendio
δ_{q1}	[1 -2]	dimensione del compartimento
δ_{q2}	[0,8-1,2]	attività svolta nel compartimento
$\delta_n = \prod_i \delta_{ni}$		misure di protezione attiva δ_{ni} [0,6-0,9]

EVENTO INCENDIO - APPROCCIO NORMATIVO

1. Richiesta resistenza al fuoco

Decreto 9 marzo 2007

Carico di incendio specifico di progetto

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

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

dove:

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

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

Tabella 1

EVENTO INCENDIO - APPROCCIO NORMATIVO

1. Richiesta resistenza al fuoco

Decreto 9 marzo 2007

Si prevedono 5 livelli di requisiti di resistenza al fuoco. Da livello I (nessun requisito) al livello V (mantenimento totale della funzionalità dopo l'incendio)

Esempio: Livello III

**MANTENIMENTO DEI
REQUISITI DI RESISTENZA
AL FUOCO PER UN
PERIODO CONGRUO CON
LA GESTIONE
DELL'EMERGENZA**

Carichi d'incendio specifici di progetto ($q_{f,s}$)	Classe
Non superiore a 100 MJ/m ²	0
Non superiore a 200 MJ/m ²	15
Non superiore a 300 MJ/m ²	20
Non superiore a 450 MJ/m ²	30
Non superiore a 600 MJ/m ²	45
Non superiore a 900 MJ/m ²	60
Non superiore a 1200 MJ/m ²	90
Non superiore a 1800 MJ/m ²	120
Non superiore a 2400 MJ/m ²	180
Superiore a 2400 MJ/m ²	240

EVENTO INCENDIO - APPROCCIO NORMATIVO

1. Richiesta resistenza al fuoco

Decreto 9 marzo 2007

δ_{q2} è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione al tipo di attività svolta nel compartimento

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 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

Tabella 2

EVENTO INCENDIO - APPROCCIO NORMATIVO

1. Richiesta resistenza al fuoco

Decreto 9 marzo 2007

$$\delta_n = \prod_i \delta_{ni}$$

è il fattore che tiene conto delle differenti misure di protezione

Sistemi automatici di estinzione		Sistemi di evacuazione automatica di fumo e calore	δ_{hi} Funzione delle misure di protezione				Percorsi protetti di accesso	Accessibilità ai mezzi di soccorso VVF
ad acqua	altro		Sistemi automatici di rivelazione, segnalazione e allarme di incendio	Squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio ¹	Rete idrica antincendio			
δ_{h1}	δ_{h2}	δ_{h3}	δ_{h4}	δ_{h5}	interna	interna e esterna	δ_{h8}	δ_{h9}
0,60	0,80	0,90	0,85	0,90	0,90	0,80	0,90	0,90

Tabella 3

EVENTO INCENDIO - APPROCCIO NORMATIVO

1. Richiesta resistenza al fuoco

Decreto 9 marzo 2007

$$q_f = \frac{\sum_{i=1}^n g_i \cdot H_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$$

valore nominale del carico d'incendio
[MJ/m²]

- g_i massa dell'i-esimo materiale combustibile [kg]
- H_i potere calorifico inferiore i-esimo materiale combustibile [MJ/kg]
(mutuati da letteratura tecnica o secondo UNI EN ISO 1716:2002)
- m_i fattore di partecipazione alla combustione i-esimo materiale combustibile (0,80 per il legno/materiali di natura cellulosica; 1,00 per tutti gli altri materiali combustibili)
- ψ_i fattore di limitazione della partecipazione alla combustione i-esimo materiale combustibile: 0 in contenitore progettato per resistere al fuoco; 0,85 in contenitori non combustibili ma non appositamente progettati per resistere al fuoco; 1 in tutti gli altri casi
- A superficie in pianta lorda del compartimento [m²]

EVENTO INCENDIO - APPROCCIO NORMATIVO

Domanda: quanto legno "strutturale" si contegga in q_f , valore nominale del carico d'incendio specifico?

Circolare Ministero Interni prot. n. P414/4122 sott. 55 del 28 marzo 2008

Direzione Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza tecnica

Nuova procedura di valutazione del carico di incendio associato alle strutture portanti in legno

1. determinare la classe del compartimento prescindendo inizialmente dalla presenza degli elementi strutturali lignei
2. calcolare lo spessore di carbonizzazione degli elementi lignei corrispondente alla classe determinata adottando come valori di riferimento della velocità di carbonizzazione, quelli contenuti in EC5, parte 1.2
3. determinare definitivamente la classe del compartimento, tenendo anche conto del carico d'incendio specifico relativo alle parti di elementi lignei corrispondenti allo spessore di cui al punto precedente che hanno partecipato alla combustione.

EVENTO INCENDIO - APPROCCIO NORMATIVO

1. Richiesta resistenza al fuoco Decreto 9/03/2007 – NTC'18

3. RICHIESTE DI PRESTAZIONE

Livello I.	Nessun requisito specifico di resistenza al fuoco dove le conseguenze della perdita dei requisiti stessi 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 all'esterno della costruzione
Livello III.	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la gestione dell'emergenza
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

EVENTO INCENDIO - APPROCCIO NORMATIVO

1. Richiesta resistenza al fuoco Decreto 9/03/2007 – NTC'18

I livelli di prestazione comportano l'adozione di differenti classi di resistenza al fuoco secondo quanto stabilito ai punti successivi.

Le classi di resistenza al fuoco sono le seguenti:
15; 20; 30; 45; 60; 90; 120; 180; 240; 360.

Esse sono di volta in volta precedute dai simboli indicanti i requisiti che devono essere garantiti, per l'intervallo di tempo descritto, dagli elementi costruttivi portanti e/o separanti che compongono la costruzione.

Tali requisiti, individuati sulla base di una valutazione del rischio d'incendio, sono rappresentati con i simboli elencati nelle decisioni della Commissione dell'Unione Europea 2000/367/CE del 3 maggio 2000 e 2003/629/CE del 27 agosto 2003.

EVENTO INCENDIO - APPROCCIO NORMATIVO

2. Verifica resistenza al fuoco Decreto 9/03/2007 – NTC'18

$$A_{d,fi}(t) \leq R_{d,fi}(t)$$

<p>Effetto delle azioni eccezionali (valori di progetto)</p>	≤	<p>Resistenza al fuoco eccezionali (valori di progetto)</p>
---	---	--

Definizione delle azioni (combinazione eccezionale A)

$$1,0 \cdot G_k + 1,0 \cdot P_k(t) + 1,0 \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + 1,0 \cdot \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (\text{NTC 2018})$$

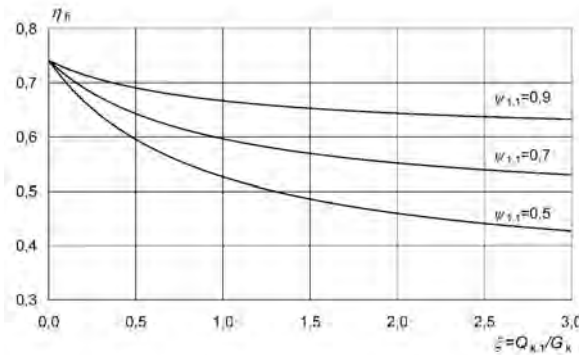
EVENTO INCENDIO - APPROCCIO NORMATIVO

2. Verifica resistenza al fuoco

Decreto 9/03/2007 – NTC'18

Metodi semplificati per determinare le azioni nella combinazione eccezionale

$$F_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot F_d \quad \eta_{fi} = \frac{\gamma_{GA} \cdot G_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}}$$



EVENTO INCENDIO - APPROCCIO NORMATIVO

Determinazione delle proprietà di progetto

da EN 1995-1-2

resistenze

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot \frac{f_k \cdot k_{fi}}{\gamma_{M,fi}}$$

k_{fi} è un coefficiente che consente di passare dai valori caratteristici a temperature ambiente (frattile 5%) a quelli corrispondenti al frattile 20%

legno massiccio	1,25
legno lamellare e pannelli	1,15
LVL	1,1
collegamenti legno-legno	1,15
collegamenti legno-acciaio	1,05

moduli elastici

$$S_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot \frac{S_{05} \cdot k_{fi}}{\gamma_{M,fi}}$$

$\gamma_{M,fi}$ è il coefficiente parziale di sicurezza in situazione di incendio (1,0);

Resistenze collegamenti

$$R_{d,fi} = \eta \cdot \frac{R_k \cdot k_{fi}}{\gamma_{M,fi}}$$

$k_{mod,fi} = 1$ per il metodo della sezione efficace

EVENTO INCENDIO - CONCEZIONE DEI COLLEGAMENTI

LA RESISTENZA AL FUOCO DEI COLLEGAMENTI

Nelle strutture lignee è comune la presenza di collegamenti realizzati con mezzi meccanici, specialmente metallici: questi assumono particolare rilievo nelle realizzazioni in legno lamellare. Data la loro importanza per il comportamento statico complessivo della struttura nella valutazione della resistenza al fuoco occorrerà valutare anche la prestazione dei collegamenti sotto l'azione dell'incendio. Sono infatti spesso proprio i collegamenti realizzati tramite elementi metallici o le parti metalliche della struttura, i punti deboli di una struttura lignea esposta al fuoco.

Gli elementi metallici infatti possono trasmettere il calore anche all'interno della massa lignea (nel caso del collegamento) oppure subire deformazioni termiche incompatibili con la statica globale della struttura (elementi di controvento, elementi tesi in genere, ecc.).



EVENTO INCENDIO - CONCEZIONE DEI COLLEGAMENTI

da EN 1995-1-2

La normativa Europea considera le cosiddette **unioni non protette**, a comportamento statico globalmente simmetrico e conformi alla tabella riportata di seguito, come soddisfacenti alla classe di resistenza R 15.

Elementi di collegamento	$t_{d,fi}$ (min)	Condizione imposta
Chiodi	15	$d \geq 2,8$ mm
Viti	15	$d \geq 3,5$ mm
Bulloni	15	$t_1 \geq 45$ mm
Perni	20	$t_1 \geq 45$ mm
Altri tipi di connettori (secondo EN 912)	15	$t_1 \geq 45$ mm
$t_{fi,d}$	resistenza del collegamento	
t_1	spessore dell'elemento laterale	
d	diametro dell'elemento di collegamento	

EVENTO INCENDIO - CONCEZIONE DEI COLLEGAMENTI

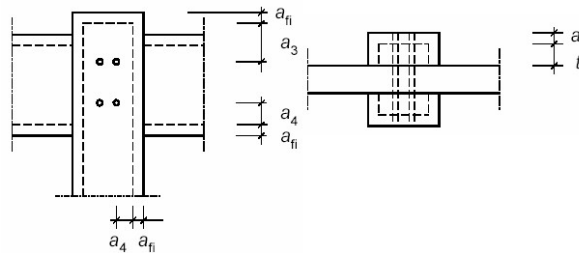
da EN 1995-1-2

Per il progetto, oltre al tempo garantito secondo la tabella, si fa riferimento al tempo richiesto di resistenza t_{req} per quanto riguarda lo spessore dell'elemento collegato e la distanza dai bordi del collegamento (chiodo o spinotto) che deve garantire la prestazione, in condizioni ultime, al tempo richiesto.

Per resistenze richieste $t_{req} \leq 30$ minuti, e per collegamenti che adottino perni, chiodi o viti con teste non sporgenti può essere sufficiente aumentare gli spessori degli elementi lignei laterali, la loro larghezza e la distanza da ciascun bordo dei mezzi di unione della quantità a_{fi} :

$$a_{fi} = \beta_n \cdot k_{flux} \cdot (t_{req} - t_{d,fi})$$

↓ ↓
Velocità di carbonizzazione 1,5



EVENTO INCENDIO - CONCEZIONE DEI COLLEGAMENTI

da EN 1995-1-2

Sistemi di protezione dei collegamenti

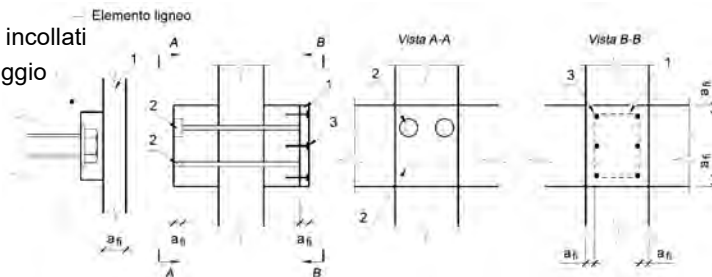
Teste dei bulloni o dei dadi: spessore della protezione $> a_{fi}$ (eq. precedente).

Fissaggi delle protezioni (viti o chiodi): distanza dal bordo $> a_{fi}$
 interasse < 100 mm lungo i bordi
 < 300 mm lontano da essi

Lunghezza di penetrazione di viti o chiodi nel legno non carbonizzato al tempo t_{req} :
 > 6 volte il diametro (pannelli tipo A o H),
 > 10 mm (pannelli tipo F)

Protezione teste bulloni:

- 1) pannelli
- 2) tappi di legno incollati
- 3) chiodi di fissaggio



EVENTO INCENDIO - CONCEZIONE DEI COLLEGAMENTI**Sistemi di protezione dei collegamenti**

Piastre metalliche esterne protette con lastre calcio silicato

**Edifici multipiano in legno e progettazione antincendio**

É in generale molto più importante riuscire a evitare la “propagazione” delle fiamme piuttosto che insistere su altre “prescrizioni”.

Il vero punto dolente delle costruzioni “alte” (non solo di legno) è costituito dai **cavedi** che sono la causa principale di propagazione dell’incendio dai piani bassi a quelli alti.

Grande attenzione deve essere posta per isolare i vari passaggi impiantistici.

Attenzione all’isolamento corretto di eventuali tubazioni “calde” (es. camini, anche se ciò è ben più importante per le case mono- o bifamiliari)

Edifici multipiano in legno e progettazione antincendio

La progettazione va intesa come un insieme organico di

- misure "passive" (es. resistenza strutturale, isolamento)
- misure "attive" (es. sprinkler)

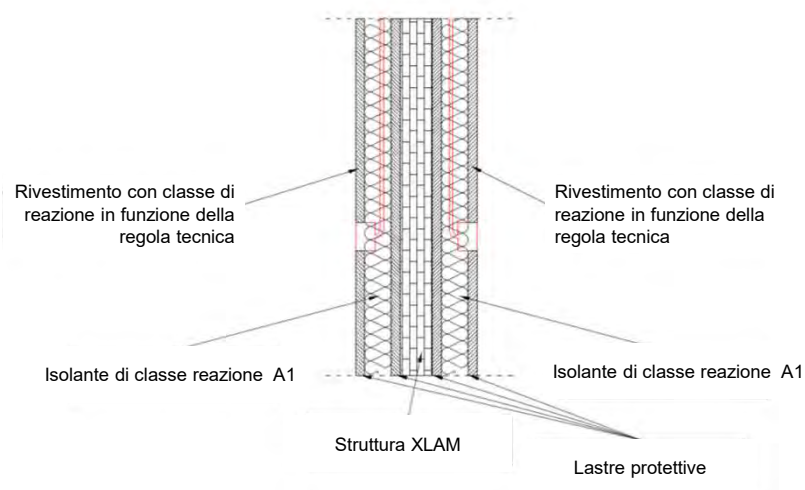
VV.F. di Trento hanno già messo a punto delle linee guida per gli edifici in legno. Interessa la seguente raccomandazione:

Deve essere garantito che le misure adottate per la protezione delle superfici (pannelli isolanti) non possano essere rimosse dall'utente a suo piacimento (considerata la facilità con cui si rimuovono!)

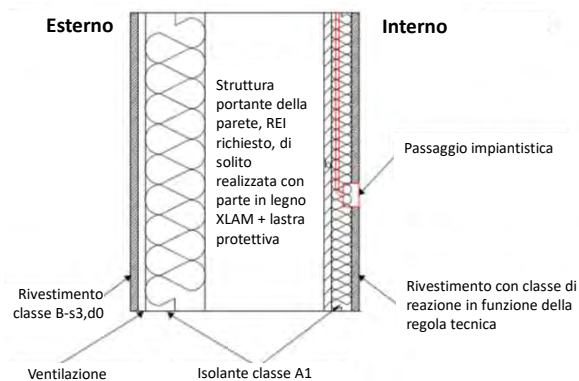
EVENTO INCENDIO - CONCEZIONE DEL PROGETTO

PARETE INTERNA DI COMPARTIMENTAZIONE con caratteristiche REI

Occorre assicurare che le protezioni non siano danneggiate dall'utente



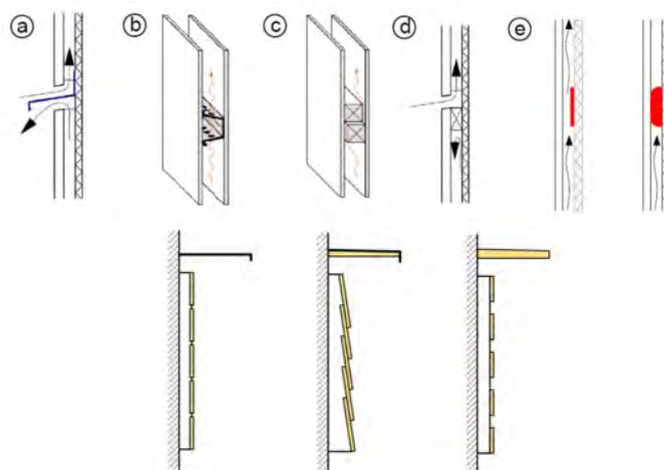
EVENTO INCENDIO - CONCEZIONE DEL PROGETTO, FACCIATE



Pareti esterne ventilate, delicate per la possibile propagazione di incendio

Un possibile suggerimento è quello di utilizzare isolanti in classe A1 per evitare propagazione di incendi all'interno di intercapedini, almeno nel caso in cui i rivestimenti contenitivi degli isolanti non presentino particolari caratteristiche protettive (resistenza e/o reazione al fuoco)

EVENTO INCENDIO - CONCEZIONE DEL PROGETTO: FACCIATE

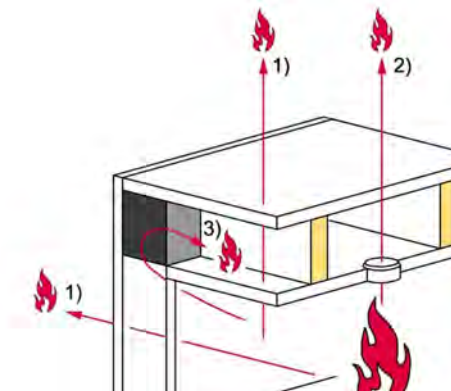


Provvedimenti per rallentare la propagazione dell'incendio in facciata

EVENTO INCENDIO - Provvedimenti per edifici multipiano

Schema dei possibili **percorsi dei fumi e gas caldi** attraverso **strutture separanti** o attraverso i **giunti** tra i diversi elementi componenti la costruzione:

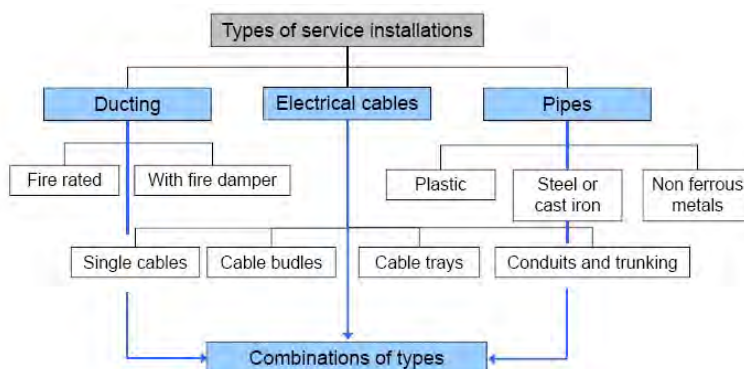
- 1) attraverso l'elemento separante (calcolazione secondo EN 1995-1-2)
- 2) attraverso aperture per installazioni varie (es. elettriche)
- 3) attraverso giunti non a tenuta tra elementi (solaio-solaio, parete-solaio etc.)



adattato da:
Fire safety in timber buildings
 SP Report 2010:19
 ISBN 978-91-86319-60-1

EVENTO INCENDIO - Provvedimenti per edifici multipiano

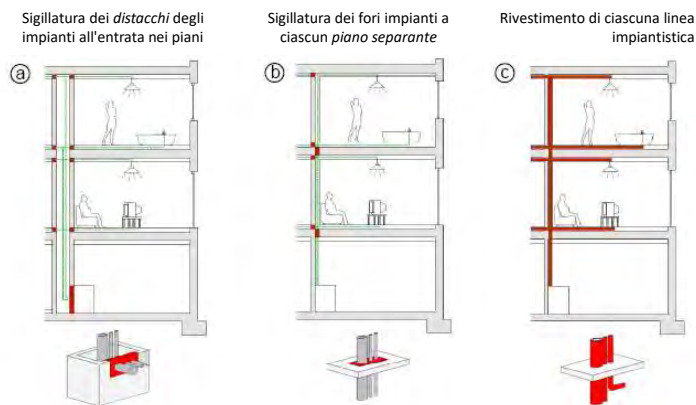
Schema dei possibili **percorsi dei fumi e gas caldi** attraverso aperture, camini, cavedi etc. utilizzati per l'impiantistica



adattato da:
Fire safety in timber buildings
 SP Report 2010:19 - ISBN 978-91-86319-60-1

EVENTO INCENDIO - Provvedimenti per edifici multipiano

Schema dei possibili **percorsi dei fumi e gas caldi** attraverso aperture, camini, cavedi etc. utilizzati per l'impiantistica: possibili provvedimenti.

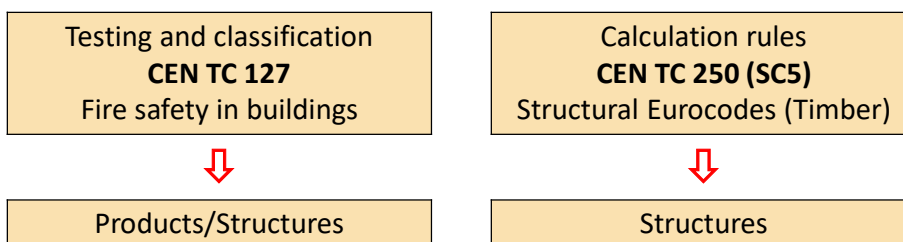


adattato da:
Fire safety in timber buildings
 SP Report 2010:19 - ISBN 978-91-86319-60-1

LA REAZIONE AL FUOCO

REAZIONE AL FUOCO - EUROCLASSI

Principles for European fire standards for building products and relevant European *Technical Committees*



REAZIONE AL FUOCO - EUROCLASSI

Testing and classification of products

Fire testing methods are generally designed to simulate the different phases of the fire process. Consequently, tests on surface linings are conducted using fire sources representative of the incipient and growth phases of a fire. These test methods are referred to as "*reaction to fire*" tests. The purpose is to evaluate the contribution of products and materials to the early stages of a fire in terms of:

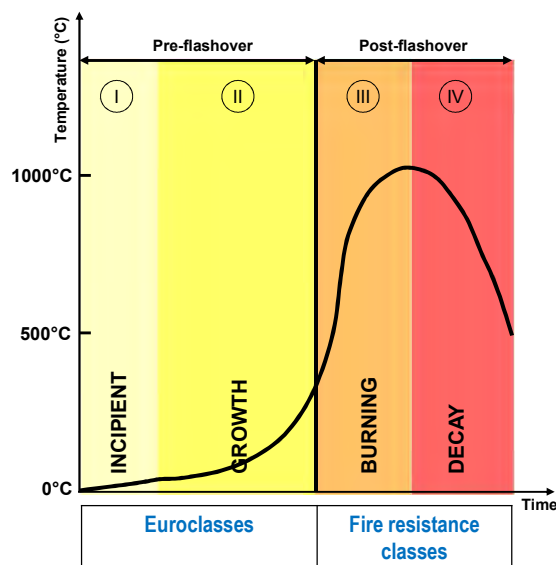
- Ignitability
- Flame spread
- Heat release
- Smoke production
- Occurrence of flaming droplets/particles

Normally reaction to fire tests are carried out in *small* or *intermediate* scale.

Complete building elements (doors, floor structures, partitions etc.) which are used for separating fire compartments are tested for the case of a fully developed fire.

REAZIONE AL FUOCO - EUROCLASSI

Testing and classification of products



REAZIONE AL FUOCO

EU COMMISSION DECISION 2000/147/EC (8 February 2000)

Implementing the Council Directive 89/106/EC as regards the classification of the reaction-to-fire performance of construction products.

The decision introduces **7 classes** of reaction to fire (**A1, A2, B, C, D, E, F**), which take into account mainly:

- *PCS* gross calorific potential
- *FIGRA* fire growth rate
- *THR_{600s}* total heat release
- *t_f* duration of flaming
- *LFS* lateral flame spread
- *F_s* flame spread

Other characteristics considered (within a class) are:

- *SMOGR* smoke growth rate (s1, s2, s3)
- *TSP_{600s}* total smoke production
- flaming droplets/particles (d0, d1, d2)

Class	Test method(s)	Classification criteria	Additional classification
A1	EN ISO 1182 (1) and	AT ≤ 30 °C; and Am ≤ 50 %; and t _f = 0 (i.e. no sustained flaming)	—
	EN ISO 1716	PCS ≤ 2,0 MJkg ⁻¹ (1) and PCS ≤ 2,0 MJkg ⁻¹ (2) and PCS ≤ 1,4 MJm ⁻² (1) and PCS ≤ 2,0 MJkg ⁻¹ (2)	—
A2	EN ISO 1182 (1) or	AT ≤ 50 °C and Am ≤ 50 % and t _f ≤ 20s	—
	EN ISO 1716 and	PCS ≤ 3,0 MJkg ⁻¹ (1) and PCS ≤ 4,0 MJm ⁻² (2) and PCS ≤ 4,0 MJm ⁻² (2) and PCS ≤ 3,0 MJkg ⁻¹ (2)	—
	EN 13823 (SBI)	FIGRA ≤ 120 W.s ⁻¹ and LFS < edge of specimen and THR _{600s} ≤ 7,5 MJ	Smoke production (3), and flaming droplets/particles (4)
B	EN 13823 (SBI) and	FIGRA ≤ 120 W.s ⁻¹ and LFS < edge of specimen and THR _{600s} ≤ 7,5 MJ	Smoke production (3), and flaming droplets/particles (4)
	EN ISO 11925-2 (1) Exposure = 30s	F _s ≤ 150 mm within 60s	
C	EN 13823 (SBI) and	FIGRA ≤ 250 W.s ⁻¹ and LFS < edge of specimen and THR _{600s} ≤ 15 MJ	Smoke production (3), and flaming droplets/particles (4)
	EN ISO 11925-2 (1) Exposure = 30s	F _s ≤ 150 mm within 60s	
D	EN 13823 (SBI) and	FIGRA ≤ 750 W.s ⁻¹	Smoke production (3), and flaming droplets/particles (4)
	EN ISO 11925-2 (1) Exposure = 30s	F _s ≤ 150 mm within 60s	
E	EN ISO 11925-2 (1) Exposure = 15s	F _s ≤ 150 mm within 20s	Flaming droplets/particles (4)
F		No performance determined	

REAZIONE AL FUOCO - EUROCLASSI

Getting classifications

Each manufacturer has to test their products to get

- Reaction to fire classification
- CE-mark

or

CWFT – Classification Without Further Testing

- Products with known and stable fire performance
- Expert Group on Fire / CWFT group review
- Standing Committee on Construction to agree
- Commission Decision
- Publication in Official Journal
- Included in Harmonised product standards

REAZIONE AL FUOCO - EUROCLASSI

CWFT - Structural timber & Glulam

Material	Product detail	Min. density (kg/m ³)	Min. thickness (mm)	Class
Structural timber	Visual and machine graded structural timber with rectangular cross-sections shaped by sawing, planing or other methods or with round cross-sections	350	22	D-s2, d0
Glulam	Glued laminated timber products in accordance with EN 14080	380	40	D-s2, d0

Antincendio - Controllo sul progetto

Essenziale garantire la *qualità* nel progetto e il *controllo* (anche in assenza del *CPI* !)



Limnologen, Växjö, Sweden

Stadthaus, Murray Grove, London

Antincendio - Controllo durante la costruzione

Il corretto montaggio o realizzazione è essenziale.

Es.: porta "REI", se non correttamente installata non garantisce nulla!



La corretta progettazione dei passaggi impiantistici è essenziale per impedire il passaggio di fumi e gas caldi, cioè per impedire la *propagazione*.

E' però necessaria una perfetta installazione, quindi anche il controllo scrupoloso della esecuzione.

Antincendio – Manutenzione e controllo impianti

La manutenzione (soprattutto degli impianti) è fondamentale, indipendentemente dal materiale utilizzato.

Assenza di manutenzione dei camini di evacuazione fumi che hanno provocato un incendio in un edificio con i soli solai lignei!

