ORDINE DEGLI INGEGNERI PROVINCIA DI MODENA

“CODICE DI PREVENZIONE INCENDI: VERIFICHE SPERIMENTALI ED ANALITICHE DI RESISTENZA AL FUOCO. PROCEDURE PER SOLUZIONI ALTERNATIVE ”.

Ing. Michele Barberi
Modena, 27 APRILE 2021

PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO

MINISTERO DELL'INTERNO

Decreto 16 febbraio 2007 (GU 29 marzo 2007 n. 74 - Suppl. Ordinario n. 87) Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione.

Decreto 3 agosto 2015
(G.U. 20 agosto 2015, n. 192 – SO n. 51)
Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139 e s.m.
(CODICE DI PREVENZIONE INCENDI)

CODICE DI PREVENZIONE INCENDI

RISCHIO VITA

Il profilo di rischio Rvita è attribuito in relazione ai seguenti fattori:

- δocc: caratteristiche prevalenti degli occupanti;

Nota Per "prevalenti" si intendono le caratteristiche degli occupanti che per numerosità e tipologia sono più rappresentativi dell'attività svolta nell'ambito considerato in qualsiasi condizione d'esercizio. Ad esempio, un ufficio in cui vi sia modesta presenza solo occasionale e di breve durata di pubblico può essere classificato δocc = A.

- δα: velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio, riferita al tempo tα in secondi, impiegato dalla potenza termica per raggiungere il valore di 1000 kW.

Nota Per "prevalente" si intende la caratteristica rappresentativa del rischio di incendio in qualsiasi condizione d'esercizio. Ad esempio, la presenza nelle attività civili di limitate quantità di prodotti infiammabili per la pulizia adeguatamente stoccati non è considerata significativa e dunque neanche prevalente.

PRESUPPOSTO DEL CODICE: COMPARTIMENTAZIONE DI AMBITI CON RVITA DIFFERENTI.
NON E' CORRETTO PROGETTUALMENTE INCREMENTARE ARTIFICIOSAMENTE RVITA DI AMBITI A RISCHIO INFERIORE PER EVITARNE LA COMPARTIMENTAZIONE.

Caratteristiche prevalenti degli occupanti δ_{occ}		Esempi
A	Gli occupanti sono in stato di veglia ed hanno familiarità con l'edificio	Ufficio non aperto al pubblico, scuola, autorimessa privata, centro sportivo privato, attività produttive in genere, depositi, capannoni industriali
B	Gli occupanti sono in stato di veglia e non hanno familiarità con l'edificio	Attività commerciale, autorimessa pubblica, attività espositiva e di pubblico spettacolo, centro congressi, ufficio aperto al pubblico, ristorante, studio medico, ambulatorio medico, centro sportivo pubblico
C	Gli occupanti possono essere addormentati: [1]	
Ci	• in attività individuale di lunga durata	Civile abitazione
Cii	• in attività gestita di lunga durata	Dormitorio, residence, studentato, residenza per persone autosufficienti
Ciii	• in attività gestita di breve durata	Albergo, rifugio alpino
D	Gli occupanti ricevono cure mediche	Degenza ospedaliera, terapia intensiva, sala operatoria, residenza per persone non autosufficienti e con assistenza sanitaria
E	Occupanti in transito	Stazione ferroviaria, aeroporto, stazione metropolitana
[1] Quando nel presente documento si usa C la relativa indicazione è valida per Ci, Cii, Ciii		

Tabella G.3-1: Caratteristiche prevalenti degli occupanti

δ_α	t_α [1]	Criteri
1	600 s lenta	Ambiti di attività con carico di incendio specifico $q_f \leq 200$ MJ/m^2, oppure ove siano presenti prevalentemente materiali o altri combustibili che contribuiscono in modo trascurabile all'incendio.
2	300 s media	Ambiti di attività ove siano presenti prevalentemente materiali o altri combustibili che contribuiscono in modo moderato all'incendio.
3	150 s rapida	Ambiti con presenza di significative quantità di materiali plastici impilati, prodotti tessili sintetici, apparecchiature elettriche e elettroniche, materiali combustibili non classificati per reazione al fuoco (capitolo S.1). Ambiti ove avvenga impilamento verticale di significative quantità di materiali combustibili con 3,0 m < h ≤ 5,0 m [2]. Stoccaggi classificati HHS3 oppure attività classificate HHP1, secondo la norma UNI EN 12845. Ambiti con impianti tecnologici o di processo che impiegano significative quantità di materiali combustibili. Ambiti con contemporanea presenza di materiali combustibili e lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
4	75 s ultra-rapida	Ambiti ove avvenga impilamento verticale di significative quantità di materiali combustibili con h > 5,0 m [2]. Stoccaggi classificati HHS4 oppure attività classificate HHP2, HHP3 o HHP4, secondo la norma UNI EN 12845. Ambiti ove siano presenti o in lavorazione significative quantità di sostanze o miscele pericolose ai fini dell'incendio, oppure materiali plastici cellulari/espansi o schiume combustibili non classificati per la reazione al fuoco.
A meno di valutazioni più approfondite da parte del progettista (es. dati di letteratura, misure dirette, ...), si ritengono *non significative* ai fini della presente classificazione almeno le quantità di materiali nei compartimenti con carico di incendio specifico $q_f \leq 200$ MJ/m^2. [1] Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio. [2] Con h altezza d'impilamento.		

Tabella G.3-2: Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio

ESEMPIO : UFFICI NON APERTI AL PUBBLICO RVITA A2 O A3
UFFICI APERTI AL PUBBLICO B2 O B3

Individuazione delle soluzioni progettuali

Livello di prestazione (*performance requirement*): specificazione oggettiva della prestazione richiesta all'attività per realizzare la misura antincendio.

1. Per ogni *livello di prestazione* di ciascuna misura antincendio sono previste diverse *soluzioni progettuali*.
2. Sono definite tre tipologie di *soluzioni progettuali*:

a. soluzioni conformi;

b. soluzioni alternative;

c. soluzioni in deroga.

Soluzione conforme (*deemed to satisfy provision*): soluzione progettuale di immediata applicazione nei casi specificati, che garantisce il raggiungimento del collegato livello di prestazione.

Soluzione alternativa (alternative solution): soluzione progettuale alternativa alle soluzioni conformi. Il professionista antincendio è tenuto a dimostrare il raggiungimento del collegato livello di prestazione impiegando uno dei metodi di progettazione della sicurezza antincendio ammessi.

Soluzione in deroga: soluzione progettuale per la quale è richiesta l'attivazione del procedimento di deroga, così come previsto dalla normativa vigente. Il progettista è tenuto a dimostrare il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza antincendio impiegando uno dei metodi di progettazione della sicurezza antincendio ammessi.

G.2.6.5.2 Applicazione di soluzioni alternative

Le soluzioni alternative definite dal Codice di prevenzione Incendi sono, in atto, applicabili alle sole attività in Categoria B e C di cui al DPR 151/2011 in quanto devono essere sottoposte a valutazione del progetto.

SI ESAMINANO DI SEGUITO GLI ASPETTI DI RESISTENZA AL FUOCO

CAPITOLO S.2 RESISTENZA AL FUOCO

LIVELLO DI PRESTAZIONE 1

I	Assenza di conseguenze esterne per collasso strutturale

Criterio di attribuzione

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate *tutte* le seguenti condizioni: • 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 o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima; • adibite ad attività afferenti ad un solo *responsabile dell'attività* e con profilo di rischio R_{beni} pari ad 1; • non adibite ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto.

APPLICABILE PER LO PIU' A DEPOSITI, IMPIANTI

S.2.4.1 Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1. Deve essere interposta *distanza di separazione* su spazio a cielo libero non inferiore alla massima altezza della costruzione verso altre opere da costruzione e verso il confine dell'area su cui sorge l'attività medesima.
2. Deve essere limitata la propagazione dell'incendio verso le altre opere da costruzione o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima, adottando le soluzioni indicate al paragrafo S.3.4.1.
3. Non è richiesta all'opera da costruzione alcuna prestazione minima di capacità portante in condizioni di incendio, o di compartimentazione interna.

ESEMPIO DEPOSITO ISOLATO DI INFIAMMABILI.
NELLE SOLUZIONI CONFORMI PER LIVELLO DI PRESTAZIONE I:
1.DISTANZA DI SEPARAZIONE VERSO ALTRE OPERE DI COSTRUZIONE E VERSO IL CONFINE NON INFERIORE AD H,
2.LIMITAZIONE PROPAGAZIONE VERSO ALTRE OPERE DI COSTRUZIONE IMPONENDO UN VALORE PARI A 12,6 KW/M2 QUALE SOGLIA DI IRRAGGIAMENTO TERMICO INCIDENTE SUL BERSAGLIO PRODOTTO DALL'INCENDIO
3. NESSUNA PRESTAZIONE MINIMA DI CAPACITA' PORTANTE.

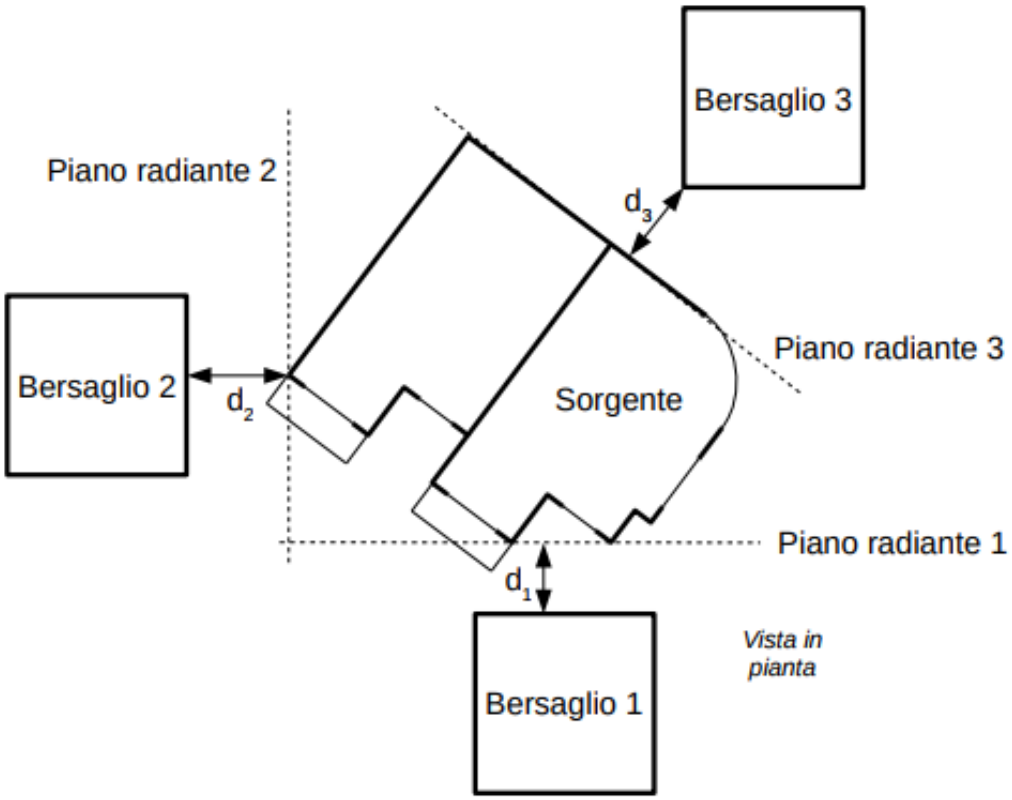


Illustrazione S.3-1: Determinazione del piano radiante, vista in pianta delle costruzioni

LIVELLO DI PRESTAZIONE II –

II	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione.

criteri di attribuzione

II	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:
	• compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti;
	• strutturalmente separate da altre opere da costruzione e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni alle stesse o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima; oppure, in caso di assenza di separazione strutturale, tali che l'eventuale cedimento della porzione non arrechi danni al resto dell'opera da costruzione o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima;
	• adibite ad attività afferenti ad un solo *responsabile dell'attività* e con i seguenti profili di rischio:
	  ○ R_{vita} compresi in A1, A2, A3, A4;
	  ○ R_{beni} pari ad 1;
	• densità di affollamento ≤ 0,2 persone/m^2;
	• non prevalentemente destinate ad occupanti con disabilità;
	• aventi piani situati a quota compresa tra -5 m e 12 m.

APPLICABILE A OPERE DI COSTRUZIONI O LORO PORZIONI DI OPERE STRUTTURALMENTE SEPARATE DA ALTRE OPERE DI COSTRUZIONE O CHE NON ARRECHINO LORO DANNO IN CASO DI CEDIMENTO STRUTTURALE ; PER ATTIVITA' SENZA PRESENZA DI PUBBLICO.
PIANI TRA -5 E + 12M.

S.2.4.2 Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

1. Deve essere interposta *distanza di separazione* su spazio a cielo libero come previsto per il livello di prestazione I.
2. Devono essere verificate le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli incendi convenzionali di progetto come previsto al paragrafo S.2.5.
3. 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.

ESEMPIO 1: EDIFICIO MULTIPIANO ISOLATO DELLA STESSA ATTIVITA' IN RVITA A : POSSIBILE. DISTANZA DA CONFINI E DA ALTRE OPERE DI COSTRUZIONE > H.

ESEMPIO 2: EDIFICIO ISOLATO COSTUTUITO DA DUE CORPI DI FABBRICA UNO IN RVITA A ED UNO IN RVITA B DELLA STESSO RESPONSABILE COMPARTIMENTATI FRA LORO: DIMOSTRARE CHE IL CEDIMENTO DEL PRIMO CORPO DI FABBRICA NON ARRECHI DANNO AL SECONDO. DISTANZA DELL'INTERO EDIFICIO DA CONFINI E DA ALTRE OPERE DI COSTRUZIONE > H.

SI RICORDI CHE (CAPITOLO S.3) E' POSSIBILE REALIZZARE UN UNICO COMPARTIMENTO SU PIU' PIANI FINO A QUOTA 12 M. SUCCESSIVAMENTE IL DISLIVELLO MASSIMO FRA I PIANI DEL DEL COMPARTIMENTO DEVE ESSERE MINORE A 7 M E SE DI RVITA B DEVE ESSERE DOTATO DI IMPIANTO A PIOGGIA.

LIVELLO DI PRESTAZIONE II

SOLUZIONI CONFORMI

DISTANZA DA CONFINI E DA ALTRE OPERE DA COSTRUZIONE > H

NELLE SOLUZIONI CONFORMI PER IL LIVELLO DI PRESTAZIONE II OCCORRE EFFETTUARE LA VERIFICA DI RESISTENZA AL FUOCO (CURVE CONVENZIONALI DI INCENDIO) PER LA CLASSE 30 OD INFERIORE SE COMPATIBILE CON IL CARICO D'INCENDIO.

VIGILI
DEL FUOCO
VIGILI
DEL FUOCO

LIVELLO DI PRESTAZIONE III

III	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la durata dell'incendio.

APPLICABILE AD ATTIVITA' CON O SENZA PRESENZA DI PUBBLICO, AD ELEVATO AFFOLLAMENTO, CON UNO O PIU' RESPONSABILI DI ATTIVITA', ANCHE DI ELEVATA ALTEZZA, STRUTTURALMENTE NON INDIPENDENTI

III	Opere da costruzione non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.

S.2.4.3 Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

1. Devono essere verificate le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli incendi convenzionali di progetto come previsto al paragrafo S.2.5.
2. 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 in tabella S.2-3.

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

Tabella S.2-3: Classe minima di resistenza al fuoco

NELLE SOLUZIONI CONFORMI PER IL LIVELLO DI PRESTAZIONE III OCCORRE VERIFICARE LA RESISTENZA AL FUOCO DELLE STRUTTURE E DELLE OPERE DI COMPARTIMENTAZIONE IN RELAZIONE AL CARICO D'INCENDIO IN BASE ALLE CURVE CONVENZIONALI DI INCENDIO.

LIVELLO DI PRESTAZIONE IV E V

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.

CRITERI DI ATTRIBUZIONE.

IV, V	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per opere da costruzione destinate ad attività di particolare importanza.

SOLUZIONI CONFORMI

S.2.5 Verifica delle prestazioni di resistenza al fuoco con incendi convenzionali di progetto

L'andamento delle temperature negli elementi deve essere valutato per l'*intervallo di tempo di esposizione* pari alla *classe minima di resistenza al fuoco* prevista per ciascun livello di prestazione.

In generale, la classe di resistenza al fuoco di elementi orizzontali di separazione deve essere coerente con quella del compartimento sottostante.

Curve nominali d'incendio

Curva Standard (ISO 834)

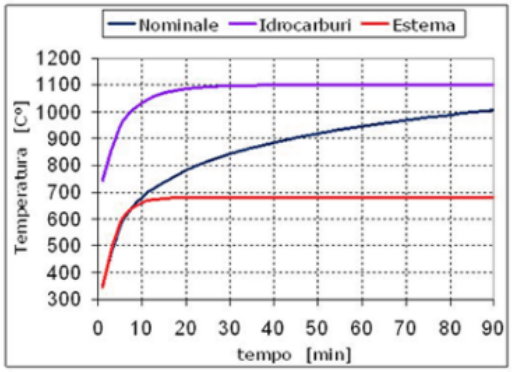
$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10} (8t + 1)$$

Curva da Idrocarburi

$$\theta_g = 1080(1 - 0{,}325\, e^{-0{,}167t} - 0{,}675\, e^{-2{,}5t}) + 20$$

Curva da Esterni

$$\theta_g = 660\,(1 - 0{,}687\, e^{-0{,}32t} - 0{,}313\, e^{-3{,}8t}) + 20$$



Curve di incendio nominali

S.2.8 Criteri di progettazione strutturale in caso di incendio

S.2.8.1 Criteri generali

1. 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.

2. Le deformazioni ed espansioni imposte o impedite dovute ai cambiamenti di temperatura per effetto dell'esposizione al fuoco producono sollecitazioni indirette, forze e momenti nei singoli elementi strutturali, che devono essere tenuti in considerazione, ad eccezione dei seguenti casi:

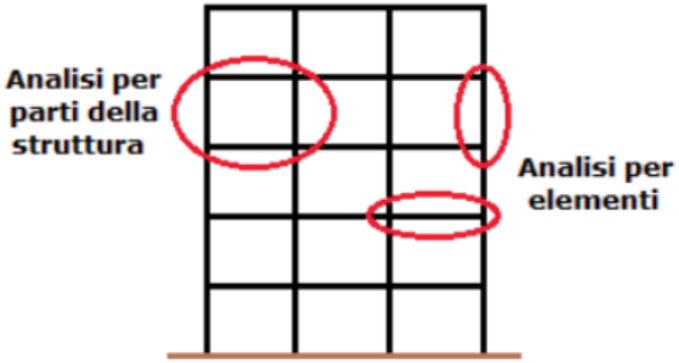
a. è riconoscibile a priori che esse sono trascurabili o favorevoli;

b. i requisiti di sicurezza all'incendio sono valutati in riferimento ad una curva nominale d'incendio di cui al paragrafo

Soluzioni conformi: **possono essere adottate con riferimento alla capacità portante propria di elementi strutturali singoli,**

Soluzioni alternative : capacità portante di **porzioni di struttura o dell'intero sistema strutturale**, a meno di verificare a priori che, per la particolare struttura in oggetto, l'effetto delle deformazioni ed espansioni dovute ai cambiamenti di temperatura sia trascurabile.

3. Nel progetto e nelle verifiche di sicurezza all'incendio si deve tenere conto della combinazione dei carichi per azioni eccezionali prevista dalle vigenti NTC.



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*.

PER GLI ELEMENTI STRUTTURALI SECONDARI È SUFFICIENTE LA VERIFICA DEL LIVELLO DI PRESTAZIONE II .

ESEMPI: TETTOIA NON INSERITA IN VIE DI ESODO E NON SOPRASTANTE A VIE DI ESODO ED IL CUI COLLASSO NON IMPLICHI LA DISTRUZIONE DI IMPIANTI ANTINCENDIO; PASSERELLE TECNICHE ACCESSIBILI PER SOLA MANUTENZIONE.

S.2.8.3 Strutture vulnerabili in condizioni di incendio

Nota Tipici esempi di sistemi costruttivi vulnerabili nei confronti dell'incendio sono: tensostrutture, strutture pressostatiche, strutture strallate, membrane a doppia o semplice curvatura, coperture geodetiche, strutture in lega di alluminio, allestimenti temporanei in tubo e giunto, tunnel mobili, …
STRUTTURE VULNERABILI IN CASO D'INCENDIO GENERALMENTE IDONEE PER LIVELLI DI PRESTAZIONE I O II:
distanza da altre opere da costruzione e da confini > H

S.2.10 Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione

2. Le prestazioni di resistenza al fuoco dei prodotti e degli elementi costruttivi possono essere determinate in base ai risultati di:

a. prove,
b. calcoli,
c. confronti con tabelle.

IN BASE A PROVE
RAPPORTI DI CALSSIFICAZIONE DI PRODOTTI ED ELEMENTI COSTRUTTIVI IN BASE A PROVE:

norma EN 13501 .

Il rapporto di classificazione è il documento, redatto in conformità ai modelli previsti nella norma EN 13501 da parte del laboratorio di prova, che attesta, sulla base di uno o più rapporti di prova, la classe del prodotto o dell'elemento costruttivo oggetto della prova.

In caso di prodotti testati in base alle norme della serie EN 13381 il rapporto di classificazione è sostituito dal rapporto di valutazione.
Rivestimenti, pannelli, intonaci, vernici e schermi protettivi dal fuoco
EN 13501-2; EN 13381-2,3,4,5,6,7,8
Ad esempio per le vernici intumescenti viene emesso il rapporto di valutazione.
Dal rapporto di valutazione il progettista ricava lo spessore del protettivo in base a:

- **caratteristiche geometriche della struttura da proteggere**
- **Temperatura critica della struttura da proteggere.**

Exova Warringtonfire
Holmesfield Road
Warrington
WA1 2DS
United Kingdom

T : +44 (0) 1925 655 116
F : +44 (0) 1925 655 419
E : warrington@exova.com
W: www.exova.com

Testing. Advising. Assuring.

Title:

Assessment of the ability of an Intumescent Coating known as Promapaint SC3 to Protect Structural Steel in Accordance with the Numerical Regression Method Defined in EN 13381-8: 2010.

WF Report No:

327033

Prepared for:

Promat Research and Technical Centre,
Bormstraat 24,
2830 Tisselt,
Belgium,

Date:

28th March 2013

Estratto

È stata intrapresa, conformemente al metodo della regressione numerica definito nell'Allegato E di EN 13381-8: 2010, una valutazione della capacità della pittura intumescente PROMAPAINT® SC3 di proteggere colonne cave d'acciaio.

La valutazione WF344794 riguarda la resistenza al fuoco fino a 120 minuti per colonne a sezione cava e temperature dell'acciaio compresa fra 350°C e 750°C. I principi primari della valutazione e i risultati sono stati riassunti in questo estratto.

I dati di input che hanno formato le basi della valutazione sono stati generati da prove in accordo con EN 13381-8: 2010 effettuati su una colonna alta e una caricata con spessore di massima protezione e da un numero di sezioni senza carico soggette alle condizioni di riscaldamento specificate in questa norma.

I risultati dell'analisi soddisfacevano i criteri di accettabilità definiti in EN 13381-8: 2010.

Valido fino al: 1 ottobre 2019
Questo estratto avrà piena validità solo quando letto unitamente alla Rapporto di valutazione WF344794.

Proprietà Promat

Procedura di Valutazione

Principi

La valutazione è stata effettuata conformemente ai requisiti specificati in EN 13381-8: 2010. Gli aspetti più salienti sono riassunti come segue :

Le sezioni alte e caricate forniscono prova delle proprietà di adesione del rivestimento (comunemente indicata come «stickability») in condizioni standard di prova di resistenza al fuoco.

I dati termici forniti dalle sezioni alte e cave sono stati confrontati con i dati termici generati dalla loro sezione equivalente di riferimento (stessa dimensione della sezione e stesso spessore nominale di protezione) per consentire la correzione dell'adesione dei dati della sezione corta. In ciascun caso è stata utilizzata la temperatura caratteristica (temperatura media+temperatura massima/2).

Sono stati generati fattori di correzione per ogni temperatura di progetto conformemente ai principi forniti nell'Allegato D Tabella D1 della norma. Il fattore appropriato di correzione è stato applicato ai dati di prova della sezione corta e i dati corretti sono stati usati per l'analisi.

Metodo della regressione numerica

L'analisi ha adottato l'equazione di regressione numerica definita nell'Allegato E di EN 13381-8: 2010. Questa è fornita come segue:

$$t = a_0 + a_1 d_p + a_2 \frac{d_p}{A_m/V} + a_3 \theta_a + a_4 d_p \theta_a + a_5 d_p \frac{\theta_a}{A_m/V} + a_6 \frac{\theta_a}{A_m/V} + a_7 \frac{1}{A_m/V}$$

dove
t è il tempo di resistenza al fuoco (minuti)
da a_0 a a_7 sono i coefficienti di regressione
d_p è lo spessore di protezione (mm)
A_m/V è il fattore di sezione (m^{-1})
θ_a è la temperatura dell'acciaio (°C)

Commenti specifici sulle colonne cave

Come richiesto dalla norma due colonne alte protette con il massimo spessore nominale di rivestimento sono state inizialmente testate per determinare quale particolare forma, circolare o rettangolare procurasse la prestazione più gravosa.

La prova ha mostrato che le colonne cave rettangolari e circolari erano pressoché identiche attraverso le temperature di progetto e iniziavano a mostrare differenze a temperature elevate quando il rivestimento intumescente sulla sezione rettangolare iniziava a staccarsi. Questo ha fornito informazioni circa le proprietà di adesione corrispondenti alla forma. Il richiedente della prova ha deciso che nel complesso le sezioni rettangolari procurano una prestazione più gravosa. Di conseguenza, la forma rettangolare è stata scelta per la prova con i requisiti di carico forniti nella norma.
Successivamente, una colonna caricata e una colonna alta rettangolare cava e le equivalenti sezioni di riferimento sono state testate nello stesso forno e queste sezioni sono state usate per determinare i fattori di correzione di adesione da applicare ai dati di prova della colonna corta cava senza carico.

Dati della Prova / Fattori di Correzione

I dati utilizzati nell'analisi sono riassunti in WF344794. I dettagli di ciascun campione, cioè il fattore di sezione (il rapporto del perimetro riscaldato con l'area trasversale – A/V), lo spessore di protezione, la temperatura dell'acciaio e la durata del riscaldamento necessario alle sezioni per raggiungere le temperature dell'acciaio specificate derivate dalla prova delle sezioni non caricate sono stati utilizzati come dati di input per l'analisi.

La temperatura media per sezioni è stata determinata come richiesto da EN 13381-8: 2010.

I dati della prova elencati in WF344794 sono stati corretti per »il fattore di adesione« a ogni temperatura di progetto conformemente a EN 13381-8: 2010 confrontando le prestazioni della sezione caricata o sezione alta e la sua sezione corta equivalente di riferimento.

In tutti i casi la temperatura caratteristica definita in EN 13381-8: 2010 come temperatura media più la massima temperatura divisa per due è stata usata per la correzione dei dati.

Estensioni consentite

I principi di valutazione di EN 13381-8: 2010 permette l'estrapolazione per lo spessore e il fattore di sezione pertanto la valutazione è considerata appropriata entro la fascia seguente di spessore e fattori di sezione. Le estensioni consentite sono elencate in WF 344794.

Limiti di Applicabilità

Il metodo di protezione dovrebbe essere come descritto nell'appropriata Rapporto di prova.

Conclusioni

Una valutazione sulla capacità della pittura PROMAPAINT® SC2 di proteggere colonne cave d'acciaio è stata intrapresa conformemente al metodo della regressione numerica definito nell'Allegato E di EN 13381-8: 2010.

La valutazione riguarda i periodi di resistenza al fuoco fino a 120 minuti, e le temperature dell'acciaio compresa fra 350°C e 750°C.

I dati che costituiscono la base della valutazione sono stati generati da prove conformi a EN 13381-8: 2010 effettuate su una colonna alta e una caricata con massimo spessore di protezione e da un numero di sezioni senza carico soggette alle condizioni di riscaldamento specificate in questa norma.

I risultati dell'analisi soddisfacevano i criteri di accettabilità definiti in EN 13381-8: 2010.

Risultati

I risultati dell'analisi sono forniti nell'appendice di questo estratto.

Riassunto dei Dati Primari di Supporto

WF N. 319017, 334415 WF Gent N. 16325

Relazioni riguardanti la resistenza al fuoco conformemente a EN 13381-8: 2010 effettuate su sezioni alte e caricate e da prove su sezioni senza carico sottoposte alle condizioni di riscaldamento specificate in questa norma.

I dettagli appropriati delle sezioni di prova sono riassunti nel corpo di questo Rapporto.

Le prove sono state finanziate da Promat Research and Technical Centre.

Proprietà Promat

Firmatari

Jifeng Yuan *
Ingegnere Capo Gruppo Protezione Strutturale

Emissione Estratto: 12 dicembre 2014. Questa copia è stata prodotta da un file elettronico formato.pdf che è stato fornito da Exova Warringtonfire al richiedente della Rapporto e deve essere riprodotto solo integralmente. Estratti o compendi di relazioni non devono essere pubblicati senza il permesso di Exova Warringtonfire : la copia pdf fornita è l'unica versione autentica di questo documento. Tutte le versioni pdf di questa Rapporto portano le firme autentiche dello staff responsabile di Exova Warringtonfire.

proprietà Pomat

Appendice : Tabelle dei risultati

Tabella 1: Sezioni Colonna Cava 30 Minuti

Fattore di Sezione fino a m⁻¹	Spessore (mm) Necessario per una Temperatura di Progetto di								
	350°C	400°C	450°C	500°C	550°C	600°C	650°C	700°C	750°C
45	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
50	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
55	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
60	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
65	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
70	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
75	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
80	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
85	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
90	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
95	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
100	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
105	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
110	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
115	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
120	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
125	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
130	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
135	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
140	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
145	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
150	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
155	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
160	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
165	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
170	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
175	2.008	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
180	2.054	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
185	2.100	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
190	2.124	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
195	2.189	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
200	2.230	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
205	2.271	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
210	2.309	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
215	2.347	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
220	2.383	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
225	2.418	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
230	2.452	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
235	2.486	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
240	2.516	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
245	2.547	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
250	2.577	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
255	2.605	2.022	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
260	2.633	2.055	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
265	2.660	2.078	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
270	2.687	2.105	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
275	2.712	2.131	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
280	2.737	2.154	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
285	2.761	2.181	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
290	2.785	2.205	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
295	2.808	2.228	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
300	2.830	2.251	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
305	2.852	2.273	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
310	2.873	2.295	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
315	2.893	2.316	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
320	2.913	2.337	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
325	2.933	2.357	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
330	2.952	2.377	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
335	2.971	2.396	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
338	2.981	2.407	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989

Lo spessore è solo intumescente

proprietà Pomat

Tabella 2: Sezioni Colonna Cava 60 Minuti

Fattore di Sezione fino a m^{-1}	Spessore (mm) Necessario per una Temperatura di Progetto di								
	350°C	400°C	450°C	500°C	550°C	600°C	650°C	700°C	750°C
45	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
50	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
55	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
60	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
65	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
70	2.128	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
75	2.340	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
80	2.538	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
85	2.724	2.119	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
90	2.898	2.282	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
95	3.062	2.438	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
100	3.217	2.585	2.080	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
105	3.364	2.726	2.189	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
110	3.501	2.859	2.309	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
115	3.631	2.987	2.430	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
120	3.756	3.109	2.546	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
125	3.873	3.225	2.658	2.066	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
130	3.984	3.336	2.766	2.168	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
135	4.091	3.443	2.869	2.262	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
140	4.192	3.545	2.969	2.355	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
145	4.289	3.642	3.065	2.446	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
150	4.381	3.736	3.158	2.533	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
155	4.470	3.827	3.247	2.617	2.081	1.989	1.989	1.989	1.989
160	4.554	3.914	3.333	2.699	2.126	1.989	1.989	1.989	1.989
165	4.635	3.997	3.417	2.779	2.202	1.989	1.989	1.989	1.989
170	4.713	4.078	3.497	2.858	2.274	1.989	1.989	1.989	1.989
175	4.788	4.155	3.575	2.931	2.344	1.989	1.989	1.989	1.989
180	4.859	4.230	3.651	3.002	2.413	1.989	1.989	1.989	1.989
185	4.928	4.302	3.724	3.074	2.479	1.989	1.989	1.989	1.989
190	4.994	4.372	3.794	3.143	2.544	1.989	1.989	1.989	1.989
195	5.058	4.439	3.863	3.207	2.608	2.091	1.989	1.989	1.989
200	5.120	4.504	3.929	3.274	2.669	2.149	1.989	1.989	1.989
205	5.179	4.567	3.994	3.337	2.730	2.206	1.989	1.989	1.989
210	5.236	4.628	4.056	3.399	2.789	2.261	1.989	1.989	1.989
215	5.291	4.687	4.117	3.459	2.846	2.316	1.989	1.989	1.989
220	5.345	4.744	4.176	3.517	2.902	2.369	1.989	1.989	1.989
225	5.397	4.799	4.234	3.573	2.956	2.421	1.989	1.989	1.989
230	5.448	4.853	4.289	3.629	3.010	2.472	1.989	1.989	1.989
235	5.494	4.905	4.344	3.683	3.062	2.522	1.989	1.989	1.989
240	5.541	4.955	4.396	3.736	3.113	2.570	1.989	1.989	1.989
245	5.586	5.004	4.448	3.787	3.163	2.618	1.989	1.989	1.989
250	5.630	5.053	4.498	3.837	3.212	2.665	1.989	1.989	1.989
255	5.672	5.099	4.547	3.886	3.259	2.711	2.019	1.989	1.989
260	5.713	5.143	4.594	3.933	3.306	2.756	2.066	1.989	1.989
265	5.753	5.187	4.640	3.980	3.352	2.800	2.099	1.989	1.989
270	5.792	5.230	4.685	4.024	3.396	2.843	2.139	1.989	1.989
275	5.830	5.271	4.729	4.070	3.440	2.886	2.177	1.989	1.989
280	5.866	5.312	4.772	4.113	3.483	2.927	2.216	1.989	1.989
285	5.902	5.351	4.814	4.156	3.525	2.968	2.252	1.989	1.989
290	5.936	5.389	4.855	4.197	3.566	3.008	2.289	1.989	1.989
295	5.970	5.427	4.895	4.238	3.606	3.048	2.325	1.989	1.989
300	6.003	5.463	4.934	4.278	3.644	3.086	2.361	1.989	1.989
305	6.035	5.499	4.972	4.317	3.685	3.124	2.395	1.989	1.989
310	6.066	5.533	5.009	4.355	3.723	3.161	2.430	1.989	1.989
315	6.096	5.567	5.046	4.392	3.760	3.198	2.463	1.989	1.989
320	6.126	5.600	5.081	4.428	3.796	3.234	2.496	1.989	1.989
325	6.154	5.632	5.116	4.464	3.832	3.269	2.529	1.989	1.989
330	6.182	5.664	5.150	4.499	3.867	3.304	2.561	1.989	1.989
335	6.210	5.695	5.184	4.534	3.902	3.338	2.593	1.989	1.989
338	6.225	5.712	5.202	4.553	3.921	3.357	2.610	1.989	1.989

Lo spessore è solo intumescente.

Tabella 3: Sezioni Colonna Cava 90 Minuti

Fattore di Sezione fino a m^{-1}	Spessore (mm) Necessario per una Temperatura di Progetto di								
	350°C	400°C	450°C	500°C	550°C	600°C	650°C	700°C	750°C
45	2.389	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
50	2.706	2.082	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
55	3.086	2.434	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
60	3.434	2.763	2.216	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
65	3.757	3.062	2.489	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
70	4.057	3.333	2.762	2.172	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
75	4.337	3.595	2.997	2.397	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
80	4.599	3.849	3.233	2.612	2.092	1.989	1.989	1.989	1.989
85	4.844	4.081	3.458	2.818	2.286	1.989	1.989	1.989	1.989
90	5.076	4.311	3.673	3.017	2.462	2.021	1.989	1.989	1.989
95	5.291	4.524	3.878	3.208	2.637	2.183	1.989	1.989	1.989
100	5.496	4.727	4.076	3.392	2.807	2.340	1.989	1.989	1.989
105	5.688	4.919	4.263	3.569	2.971	2.492	1.989	1.989	1.989
110	5.870	5.103	4.443	3.739	3.130	2.641	2.059	1.989	1.989
115	6.043	5.278	4.615	3.903	3.284	2.785	2.188	1.989	1.989
120	6.206	5.445	4.781	4.062	3.434	2.925	2.314	1.989	1.989
125	6.362	5.604	4.941	4.215	3.579	3.061	2.437	1.989	1.989
130	6.509	5.757	5.094	4.362	3.719	3.194	2.557	2.002	1.989
135	-	5.903	5.241	4.505	3.855	3.323	2.674	2.108	1.989
140	-	6.043	5.383	4.643	3.987	3.449	2.789	2.211	1.989
145	-	6.177	5.520	4.777	4.115	3.572	2.901	2.312	1.989
150	-	6.306	5.652	4.906	4.240	3.692	3.010	2.411	1.989
155	-	6.430	5.779	5.031	4.361	3.808	3.117	2.508	1.989
160	-	-	5.902	5.153	4.479	3.922	3.222	2.603	1.989
165	-	-	6.021	5.272	4.593	4.033	3.326	2.696	1.989
170	-	-	6.135	5.384	4.705	4.141	3.424	2.788	2.029
175	-	-	6.246	5.493	4.813	4.247	3.523	2.877	2.107
180	-	-	6.352	5.600	4.919	4.350	3.618	2.966	2.183
185	-	-	6.456	5.707	5.022	4.451	3.712	3.052	2.257
190	-	-	-	5.809	5.122	4.550	3.805	3.137	2.331
195	-	-	-	5.908	5.220	4.648	3.896	3.220	2.403
200	-	-	-	6.004	5.316	4.740	3.983	3.302	2.474
205	-	-	-	6.097	5.409	4.832	4.070	3.383	2.544
210	-	-	-	6.188	5.499	4.922	4.155	3.461	2.613
215	-	-	-	6.276	5.588	5.010	4.238	3.539	2.681
220	-	-	-	6.362	5.676	5.096	4.319	3.616	2.748
225	-	-	-	6.446	5.759	5.180	4.399	3.690	2.814
230	-	-	-	6.528	5.841	5.263	4.478	3.764	2.879
235	-	-	-	-	5.922	5.344	4.555	3.836	2.942
240	-	-	-	-	6.001	5.423	4.631	3.907	3.005
245	-	-	-	-	6.078	5.501	4.706	3.977	3.067
250	-	-	-	-	6.153	5.577	4.778	4.046	3.128
255	-	-	-	-	6.227	5.651	4.849	4.114	3.188
260	-	-	-	-	6.299	5.724	4.919	4.180	3.247
265	-	-	-	-	6.370	5.796	4.988	4.246	3.306
270	-	-	-	-	6.439	5.866	5.056	4.310	3.363
275	-	-	-	-	6.506	5.934	5.123	4.374	3.420
280	-	-	-	-	-	6.004	5.188	4.438	3.476
285	-	-	-	-	-	6.068	5.252	4.498	3.531
290	-	-	-	-	-	6.133	5.316	4.558	3.586
295	-	-	-	-	-	6.197	5.378	4.618	3.639
300	-	-	-	-	-	6.260	5.439	4.676	3.692
305	-	-	-	-	-	6.321	5.499	4.734	3.744
310	-	-	-	-	-	6.382	5.558	4.791	3.795
315	-	-	-	-	-	6.441	5.616	4.847	3.846
320	-	-	-	-	-	6.499	5.673	4.902	3.896
325	-	-	-	-	-	-	5.729	4.957	3.945
330	-	-	-	-	-	-	5.785	5.010	3.994
335	-	-	-	-	-	-	5.839	5.063	4.042
338	-	-	-	-	-	-	5.869	5.093	4.069

Lo spessore è solo intumescente.

Tabella 3: Sezioni Colonna Cava120 Minuti

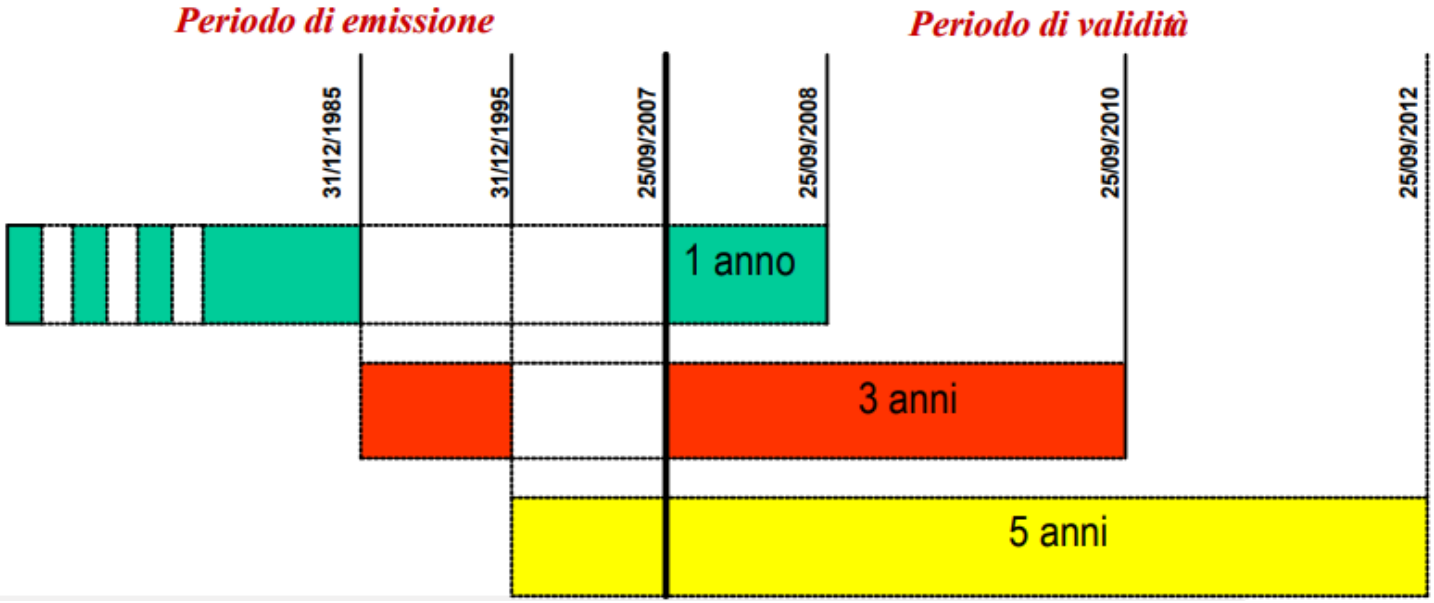
Fattore di Sezione fino a m-1	Spessore (mm) Necessario per una Temperatura di Progetto di								
	350-C	400-C	450-C	500-C	550-C	600-C	650-C	700-C	750-C
45	3.888	3.137	2.565	2.020	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
50	4.311	3.522	2.914	2.330	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989
55	4.778	3.954	3.310	2.685	2.179	1.989	1.989	1.989	1.989
60	5.211	4.369	3.685	3.025	2.486	2.073	1.992	1.989	1.989
65	5.613	4.738	4.041	3.348	2.780	2.343	1.989	1.989	1.989
70	5.986	5.097	4.379	3.659	3.064	2.603	2.070	1.989	1.989
75	6.334	5.434	4.701	3.957	3.337	2.856	2.296	1.989	1.989
80	-	5.753	5.007	4.242	3.601	3.101	2.515	2.002	1.989
85	-	6.054	5.299	4.516	3.856	3.339	2.728	2.213	1.989
90	-	6.340	5.578	4.779	4.102	3.569	2.936	2.400	1.989
95	-	-	5.844	5.031	4.339	3.793	3.139	2.583	1.989
100	-	-	6.099	5.274	4.569	4.010	3.336	2.762	2.100
105	-	-	6.343	5.509	4.791	4.221	3.529	2.937	2.251
110	-	-	-	5.734	5.006	4.427	3.717	3.108	2.400
115	-	-	-	5.952	5.214	4.626	3.900	3.276	2.546
120	-	-	-	6.161	5.416	4.820	4.079	3.440	2.689
125	-	-	-	6.364	5.612	5.009	4.253	3.600	2.830
130	-	-	-	-	5.802	5.192	4.424	3.757	2.968
135	-	-	-	-	5.986	5.371	4.590	3.911	3.104
140	-	-	-	-	6.164	5.545	4.753	4.062	3.237
145	-	-	-	-	6.338	5.715	4.912	4.210	3.368
150	-	-	-	-	6.507	5.881	5.067	4.356	3.497
155	-	-	-	-	-	6.042	5.219	4.497	3.623
160	-	-	-	-	-	6.199	5.368	4.637	3.747
165	-	-	-	-	-	6.353	5.513	4.775	3.870
170	-	-	-	-	-	6.503	5.656	4.907	3.990
175	-	-	-	-	-	-	5.795	5.039	4.108
180	-	-	-	-	-	-	5.931	5.168	4.224
185	-	-	-	-	-	-	6.065	5.296	4.338
190	-	-	-	-	-	-	6.196	5.419	4.451
195	-	-	-	-	-	-	6.324	5.541	4.561
200	-	-	-	-	-	-	6.449	5.661	4.670
205	-	-	-	-	-	-	-	5.779	4.777
210	-	-	-	-	-	-	-	5.894	4.882
215	-	-	-	-	-	-	-	6.008	4.986
220	-	-	-	-	-	-	-	6.120	5.088
225	-	-	-	-	-	-	-	6.229	5.189
230	-	-	-	-	-	-	-	6.337	5.288
235	-	-	-	-	-	-	-	6.443	5.386
240	-	-	-	-	-	-	-	-	5.481
245	-	-	-	-	-	-	-	-	5.576
250	-	-	-	-	-	-	-	-	5.669
255	-	-	-	-	-	-	-	-	5.761
260	-	-	-	-	-	-	-	-	5.851
265	-	-	-	-	-	-	-	-	5.940
270	-	-	-	-	-	-	-	-	6.028
275	-	-	-	-	-	-	-	-	6.115
280	-	-	-	-	-	-	-	-	6.200
285	-	-	-	-	-	-	-	-	6.284
290	-	-	-	-	-	-	-	-	6.367
295	-	-	-	-	-	-	-	-	6.449
300	-	-	-	-	-	-	-	-	6.530
305	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Lo spessore è solo intumescente.

NON SONO PIU' UTILIZZABILI I RAPPORTI DI PROVA EMESSI AI SENSI DELLA CIRCOLARE 91/1961 SIA CHE SI PROCEDA ATTRAVERSO IL CODICE DI PREVENZIONE INCENDI, SIA CHE SI PROCEDA ATTRAVERSO I CRITERI GENERALI DI PREVENZIONE INCENDI.

Art. 5. Norme transitorie

1. I rapporti di prova di resistenza al fuoco rilasciati ai sensi della circolare MI.SA. (Ministero dell'interno – Servizi Antincendi) 14 settembre 1961, n. 91, dal laboratorio di Scienza delle costruzioni del Centro Studi ed Esperienze del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco ovvero da laboratorio autorizzato ai sensi del decreto del Ministro dell'interno 26 marzo 1985, decadono, ai fini della commercializzazione dei prodotti ed elementi costruttivi oggetto delle prove, secondo i seguenti termini:



Tali termini di scadenza furono poi ritenuti validi per opere i cui progetti fossero stati presentati prima delle suddette scadenze.

S.2.14 Modalità per la classificazione in base ai risultati di calcoli

1. I metodi di calcolo della resistenza al fuoco hanno l'obiettivo di consentire la progettazione di elementi costruttivi portanti, separanti o non separanti, resistenti al fuoco anche prendendo in considerazione i collegamenti e le mutue interazioni con altri elementi, sotto specifiche condizioni di esposizione al fuoco e at-traverso il rispetto di criteri prestazionali e l'adozione di particolari costruttivi.
2. Le condizioni di esposizione al fuoco sono definite in specifici regolamenti e basate sugli scenari di incendio di progetto in essi prescritti o su quelli attesi. Nei medesimi regolamenti sono definite le combinazioni di carico da considerare agenti insieme all'azione del fuoco e i coefficienti di sicurezza sui materiali e sui modelli.
3. I metodi di calcolo da utilizzare ai fini del presente documento sono quelli contenuti negli Eurocodici di seguito indicati, completi delle appendici contenenti i parametri definiti a livello nazionale (NDPs):

a. EN 1991-1-2 "*Azioni sulle strutture - Parte 1-2: Azioni generali - Azioni sulle strutture esposte al fuoco*";
b. EN 1992-1-2 "*Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio*";
c. EN 1993-1-2 "*Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio*";
d. EN 1994-1-2 "*Progettazione delle strutture miste acciaio calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio*";
e. EN 1995-1-2 "*Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio*";
f. EN 1996-1-2 "*Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio*";
g. EN 1999-1-2 "*Progettazione delle strutture di alluminio - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio*";

4. I metodi di calcolo di cui al comma 3 possono necessitare della determinazione, al variare delle temperature, **dei parametri termofisici dei sistemi protettivi eventualmente presenti sugli elementi costruttivi portanti. In questi casi i valori che assumono detti parametri vanno determinati esclusivamente attraverso le prove indicate nel paragrafo S.2.13. Elaborazioni numeriche dei valori di detti parametri, che esulano dall'ambito delle prove indicate nel paragrafo S.2.13 o dalle norme citate nel comma 3, non sono valide ai fini della verifica della resistenza al fuoco degli elementi costruttivi portanti.**

I PARAMETRI TERMOFISICI PER CALCOLI NON POSSONO ESSERE RICAVATI DA RAPPORTI DI PROVA NON PIU' VALIDI

NON SONO PIU' VALIDE LE UNI 9502, 9503, 9504

LETTERA – CIRCOLARE 4638 del 5 aprile 2013: OGGETTO: Pubblicazione in Gazzetta Ufficiale degli Annessi Nazionali degli Eurocodici.

Sulla Gazzetta Ufficiale n. 73 del 27 marzo 2013 (Supplemento Ordinario n. 21) è stato pubblicato il decreto del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti 31 luglio 2012 recante "Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici".

Con l'entrata in vigore di tale decreto, prevista in data 11 aprile 2013, si dà completa attuazione a quanto previsto al punto C.3 dell'Allegato C al decreto del Ministro dell'Interno 16 febbraio 2007, cessando, quindi, la possibilità di impiego delle norme UNI 9502, 9503 e 9504 per il calcolo di resistenza al fuoco di elementi costruttivi rispettivamente in cemento armato, acciaio e legno.

Numero norma	Titolo	Recepimento	Errata corrrige
UNI EN 1991-1-2:2004	Eurocodice 1 Azioni sulle strutture - Parte 1-2: Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco	EN 1991-1-2:2002	EC 1-2010 EC 2-2013
UNI EN 1992-1-2:2005	Eurocodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio	EN 1992-1-2:2004	
UNI EN 1993-1-2:2005	Eurocodice 3 Progettazione delle strutture di acciaio Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio	EN 1993-1-2:2005	EC 1-2007 EC 2-2011
UNI EN 1994-1-2:2014	Eurocodice 4 Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio	EN 1994-1-2:2005/A1:2014 EN 1994-1-2:2005	
UNI EN 1995-1-2:2005	Eurocodice 5 Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio	EN 1995-1-2:2004	EC 1-2008 EC 2-2010
UNI EN 1996-1-2:2005	Eurocodice 6 Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio	EN 1996-1-2:2005	EC 1-2011
UNI EN 1999-1-2:2007	Eurocodice 9 Progettazione delle strutture di alluminio - Parte 1-2: Progettazione strutturale contro l'incendio	EN 1999-1-2:2007	EC 1-2010

ESEMPIO TRAVE IN SEMPLICE APPOGGIO DA VERIFICARE IN CLASSE 60 E, SE NECESSARIO, TRATTARE CON PROTETTIVI.

La verifica di resistenza al fuoco della struttura sottoposta ad incendio viene eseguita seguendo due fasi:
a) la determinazione delle azioni agenti sulla stessa;
b) l' applicazione di metodi di calcolo (semplificati o avanzati) o sperimentali.
Le azioni agenti sulle strutture sottoposte ad incendio sono di due tipologie: meccanica e termica.

Il valore dell' azione di progetto $F_{fi,d}$, in caso d'incendio (sia essa una forza o un momento) conformemente alle prescrizioni dettate nel par. S.2.5.1.3, nelle NTC 2018 e nel d.m. 31 luglio 2012 è pari a:

$$F_{fi,d} = G_K + SA_d(t) + \Psi_{2,i} \times Q_{Ki}$$

dove:

- **G_K è il valore caratteristico delle azioni permanenti**
- **$SA_d(t)$ sono i valori di progetto delle azioni derivanti dall' esposizione alla curva nominale d'incendio standard (ad esempio, eventuali sollecitazioni iperstatiche causate da dilatazioni termiche contrastate);**

Si escludono fenomeni legati ad azioni dinamiche e sollecitazioni iperstatiche dovute a dilatazioni termiche contrastate se la valutazione è effettuata in riferimento alla curva nominale d'incendio standard.

- **Q_{Ki} è il valore caratteristico dell' azione variabile (sovraccarico accidentale secondaria);**
- **$\Psi_{2,i}$ è il coefficiente parziale relativo all'azione variabile, per combinazione dei carichi per azione eccezionale.**

Azioni agenti durante l'evento incendio.
Combinazione eccezionale di carico prevista dalle NTC per **SLU** con azioni eccezionali di progetto A_d (comb. quasi permanente):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \ldots$$

Tabella 2.5.I – *Valori dei coefficienti di combinazione*

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

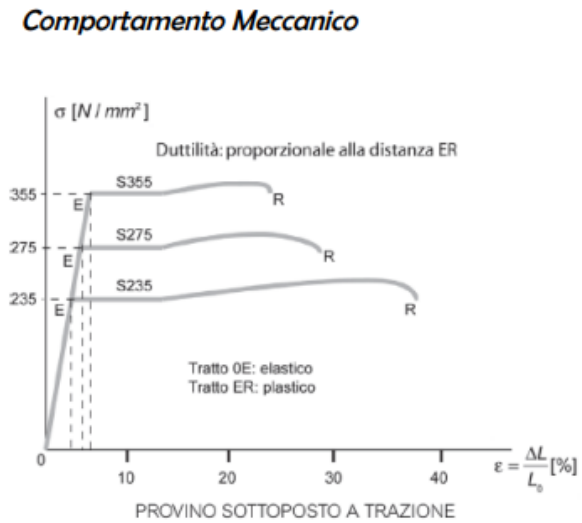
SI PROCEDE AL CALCOLO DELLA TEMPERATURA CRITICA
occorre verificare che la temperatura del materiale nell'intervallo di tempo richiesto sia inferiore al valore critico determinante il collasso:

$$\theta < \theta_{cr} \text{ al tempo } t \text{ richiesto}$$

Una struttura in acciaio soggetta all'azione dell'incendio riduce la propria capacita portante fino ad arrivare, dopo un certo tempo, al collasso.
Questo fenomeno e governato da parametri fondamentali quali la temperatura dell' elemento strutturale, il salto termico, il coefficiente di trasmissione termica e il fattore di sezione A/V (rapporto tra la superficie esposta al fuoco ed il proprio volume) e la classe di duttilità.

CLASSIFICAZIONE DI DUTTILITA'

La classificazione di una sezione trasversale dipende dai rapporti dimensionali di ciascuno dei suoi elementi compressi; questi includono ogni elemento della sezione, che sia parzialmente o totalmente compresso, a causa di una forza assiale o di un momento flettente, per la combinazione di carico considerata.



Fg.1 – Andamenti qualitativi per acciai da carpenteria con diverse resistenze (materiali con spessori non maggiori di 16 mm).

Le sezioni in acciaio possono subire fenomeni di imbozzamento/ instabilità locale e vengono così suddivise in funzione della capacità di rotazione plastica:

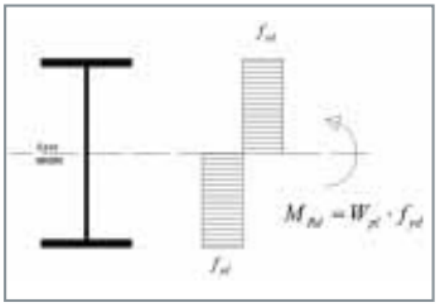
CLASSE 1- sezioni per le quali può aversi completa formazione di una cerniera plastica;
CLASSE 2- sezioni per le quali è prevista la completa formazione di una cerniera plastica, ma con limitata capacità di deformazione;
CLASSE 3- sezioni per le quali, a causa di fenomeni di instabilità locale, non è possibile la ridistribuzione plastica delle tensioni nella sezione ed il momento ultimo coincide con quello elastico convenzionale;
CLASSE 4- sezioni per le quali a causa di importanti fenomeni d'instabilità locale, il momento ultimo è minore di quello al limite elastico convenzionale;
Per sezioni di classe 4 la temperatura raccomandata è di 350°C

ELEMENTI INFLESSI

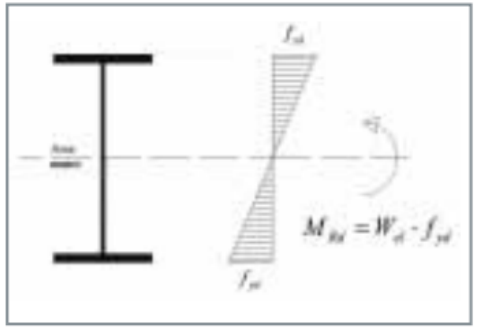
CALCOLO DEL MOMENTO RESISTENTE

Se la sezione retta dell'elemento è di classe 1 o 2, MRd è il momento resistente plastico

della sezione;



se la sezione retta dell'elemento è di classe 3, MRd corrisponde al momento al limite elastico o di snervamento della sezione.



La temperatura critica Tcr di un elemento strutturale, con sezioni di classe 1, 2 o 3, si determina in funzione del grado μ0 di utilizzazione dell'acciaio, definito dalla seguente espressione (vedi par. 4.2.4 della norma UNI EN 1993-1-2):

$\mu 0 = E_{fi,d} / R_{fi,d,0}$

dove:

• $E_{fi,d}$ è la sollecitazione indotta dall'azione di progetto, in caso d' incendio, ipotizzata costante nel tempo che, per una sollecitazione di flessione, viene rappresentata dal momento flettente di progetto;

• $R_{fi,d,0}$ è la resistenza di progetto in caso d' incendio calcolata per l' istante iniziale (t = 0), coincidente con il valore del momento flettente resistente allo stato limite ultimo di collasso, adottando un coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_{M,fi}$ per le proprietà meccaniche dell' acciaio pari ad 1.

4.2.6. VERIFICHE PER SITUAZIONI PROGETTUALI ECCEZIONALI

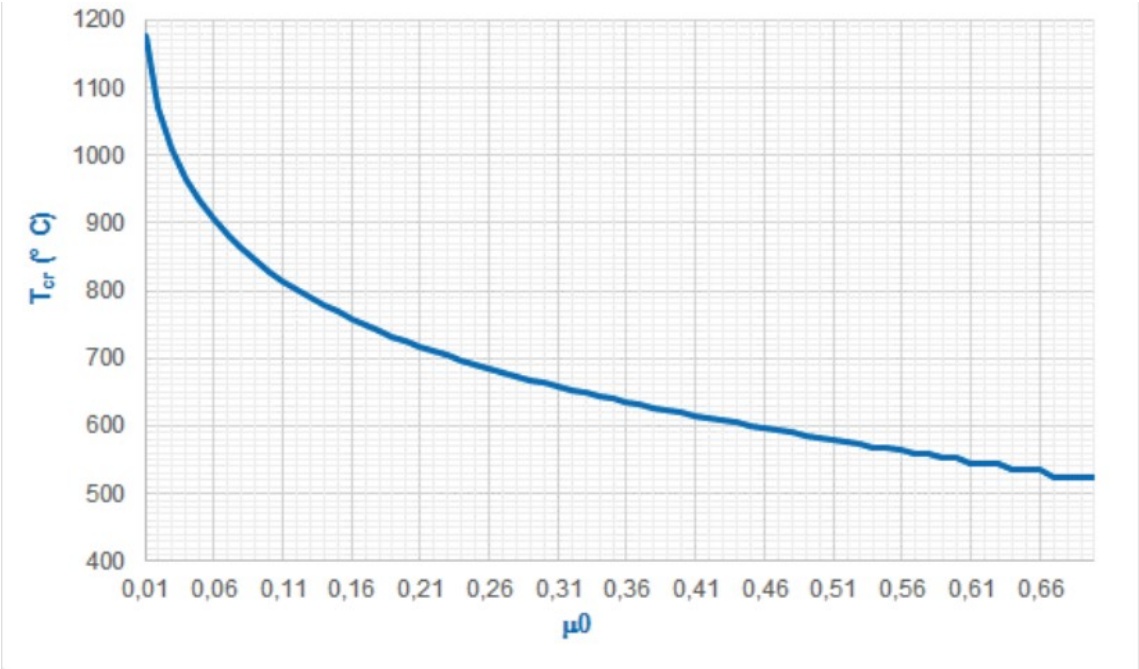
Per situazioni progettuali eccezionali, il progetto dovrà dimostrare la robustezza della costruzione mediante procedure di scenari di danno per i quali i fattori parziali γ_M dei materiali possono essere assunti pari all'unità.

4.2.11. RESISTENZA AL FUOCO

Le verifiche di resistenza al fuoco potranno eseguirsi con riferimento a UNI EN 1993-1-2, utilizzando i coefficienti γ_M (§ 4.2.6) relativi alle combinazioni eccezionali.

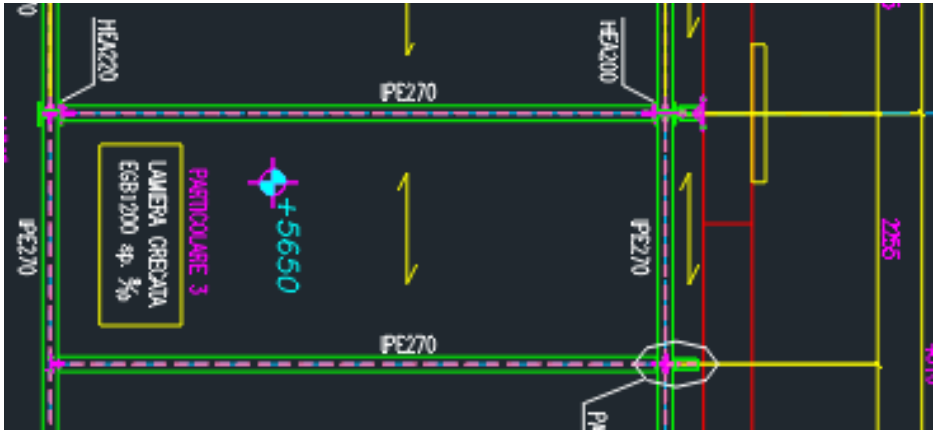
La temperatura critica Tcr, in °C, per valori di μ0 non inferiori a 0,013, può determinarsi, nell' ipotesi di temperatura uniforme nella sezione, avvalendosi della seguente relazione:

$$T_{cr} = 39{,}19 \times \ln\left[\left(\frac{1}{0{,}9674 \times \mu_0^{3{,}833}} - 1\right)\right] + 482$$



Per sezioni di classe 4 la temperatura raccomandata è di 350°C

Elemento inflesso IPE 270



Schema statico : trave semplicemente appoggiata

Acciaio S275

Luce 5,55 m

Interasse 2,25 m

G (pesi propri e portati)= 500 daN/mq

Qk (Accidentali uffici aperti al pubblico) = 300 daN/mq

Carichi agenti in caso d'incendio= (G1 + G2)500 + 0.3 * 300 (Qk)= 590 daN/mq

qfi,d= 590 * 2,25= 1.327,5 daN/m

Sollecitazioni in caso d'incendio

Mfi,d = qfi,d * l^2/8 = 5.019,61 daNm= 501.961 daNcm

Designazione nominale	Dati statici												Classificazione					
													Flessione			Compressione		
	I_y cm^4	$W_{el.y}$ cm^3	$W_{pl.y}$ cm^3	i_y cm	A_{yz} cm^2	I_z cm^4	$W_{el.z}$ cm^3	$W_{pl.z}$ cm^3	i_z cm	s_s mm	I_t cm^4	I_wx10^{-3} cm^6	S 235	S 355	S 460	S 235	S 355	S 460
IPE 270	5 790	428.9	484.0	11 23	22.14	419 9	62 20	96.95	3 02	44.57	15.94	70.58	1	1	1	2	3	4

Profilato IPE 270 Acciaio S235 Classe 1 Wpl= 484 cm^3

Momento resistente PER PROFILATI DI CLASSE 1, 2 al tempo t= 0

Mr,d,0 = Wpl*2350 = 484 * 2350 =1.137.400 daNcm

Per sezioni di classe 3 il modulo di resistenza da considerare sarebbe stato 428,9 cm^3

μ0= Mfi,d/Mr,d,0= 0,44

Temperatura critica

$$\theta_{a,cr} = 39{,}19 \ln\left[\frac{1}{0{,}9674\,\mu_0^{3.833}} - 1\right] + 482$$

Table 4.1: Critical temperature $\theta_{a,cr}$ for values of the utilization factor μ_0

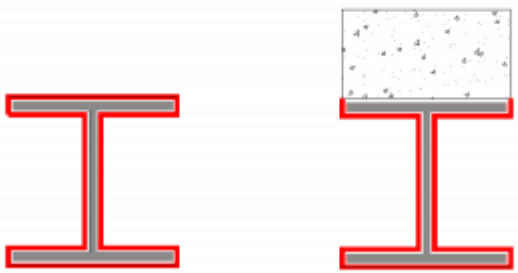
μ_0	$\theta_{a,cr}$	μ_0	$\theta_{a,cr}$	μ_0	$\theta_{a,cr}$
0,22	711	0,42	612	0,62	549
0,24	698	0,44	605	0,64	543
0,26	685	0,46	598	0,66	537
0,28	674	0,48	591	0,68	531
0,30	664	0,50	585	0,70	526
0,32	654	0,52	578	0,72	520
0,34	645	0,54	572	0,74	514
0,36	636	0,56	566	0,76	508
0,38	628	0,58	560	0,78	502
0,40	620	0,60	554	0,80	496

Nel ns. caso Θcr = 605 °C.

Nota 2 Il limite θ_{crit} può essere scelto nell'appendice nazionale. Si raccomanda il valore θ_{crit} = 350 °C.

FATTORE DI SEZIONE

Fattore di sezione "A/V" = perimetro esposto al fuoco/ area della sezione trasversale



Profilato IPE *270* A/V = 227 m^{-1} A/V = 197 m^{-1}

Dall'esame del normogramma si evidenzia come dopo 12 minuti la temperatura del profilato non protetto raggiunge la Tcritica.- Fonte: Promoacciai

Tabella C: Valori dei fattori di sezione di profili laminati (m^{-1})

Protette				
IPE				
IPE 80 A	437	509	317	389
IPE 80	369	429	270	330
IPE A 100	389	452	286	349
IPE 100	334	387	247	300
IPE A 120	370	428	271	329
IPE 120	311	360	230	279
IPE A 140	354	409	260	314
IPE 140	291	335	215	259
IPE A 160	332	382	245	295
IPE 160	269	310	200	241
IPE A 180	308	354	227	274
IPE 180	253	291	188	226
IPE O 180	226	260	168	202
IPE A 200	283	326	210	253
IPE 200	235	270	176	211
IPE O 200	212	244	158	190
IPE A 220	260	298	193	231
IPE 220	221	254	165	198
IPE O 220	200	230	149	179
IPE A 240	240	276	178	214
IPE 240	205	236	153	184
IPE O 240	185	213	139	167
IPE A 270	230	265	171	205
IPE 270	197	227	147	176
IPE O 270	170	195	127	152
IPE A 300	216	248	160	192
IPE 300	188	216	139	167
IPE O 300	163	187	121	145
IPE A 330	199	228	149	178
IPE 330	175	200	131	157
IPE O 330	152	175	114	137
IPE A 360	183	211	138	165
IPE 360	163	186	122	146
IPE O 360	142	162	107	127
IPE A 400	176	200	133	158
IPE 400	152	174	116	137
IPE O 400	135	154	103	122
IPE A 450	165	187	127	149
IPE 450	143	162	110	130
IPE O 450	122	138	94	110
IPE A 500	152	172	118	138
IPE 500	134	151	104	121
IPE O 500	114	129	89	104
IPE A 550	142	160	111	129
IPE 550	124	140	97	113
IPE O 550	108	121	85	98
IPE A 600	131	147	103	119
IPE 600	115	129	91	105
IPE O 600	93	104	73	85
750 x 137	128	144	101	116
750 x 147	120	134	94	109
750 x 173	102	114	81	93
750 x 196	91	102	72	83
HP				
HP 200x43	181	219	112	150
HP 200x53	145	176	90	121
HP 220x57	143	174	88	119
HP 260x75	129	156	80	108
HP 260x87	111	135	70	94
HP 305x79	147	178	91	121
HP 305x88	132	159	81	109
HP 305x95	122	148	76	101
HP 305x110	106	129	66	88
HP 305x126	94	113	58	78
HP 305x149	80	97	50	67
HP 305x180	67	81	42	56
HP 305x186	65	79	41	55
HP 305x223	55	67	35	47
HP 320x88	128	155	81	108
HP 320x109	111	135	70	94
HP 320x117	98	119	62	83
HP 320x147	80	96	51	68
HP 320x184	65	78	42	55
HP 360x84	162	196	98	132
HP 360x109	126	153	77	103
HP 360x133	104	126	64	86
HP 360x152	92	111	56	76
HP 360x174	81	98	50	67
HP 360x180	78	95	49	65
HP 400x122	116	141	70	95
HP 400x140	102	124	61	83
HP 400x158	91	111	55	76
HP 400x176	82	100	50	67
HP 400x194	75	91	46	62
HP 400x213	69	84	42	57
HP 400x231	64	77	39	53
Non protette				

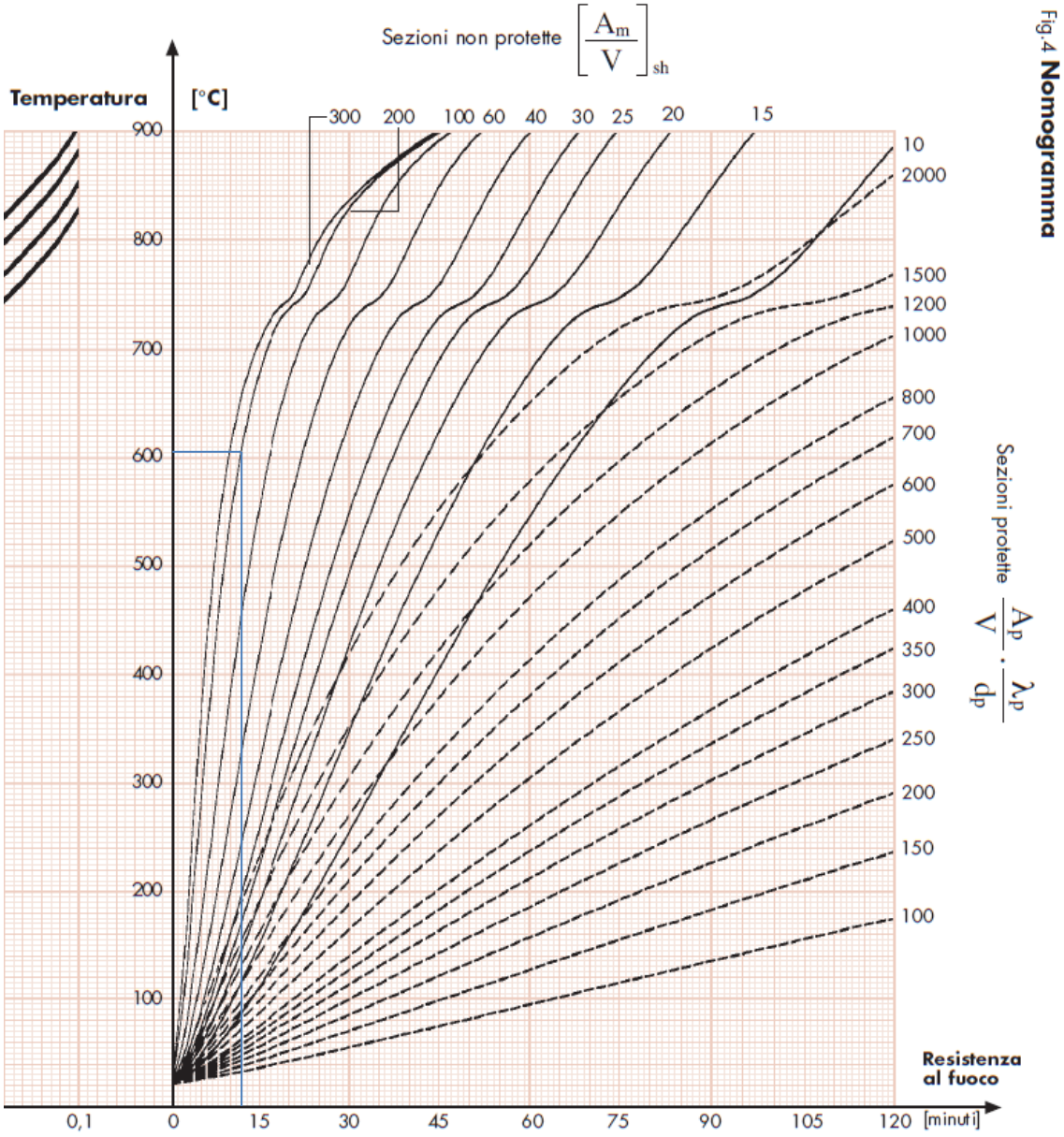
Protette				
HD				
HD 260x54,1	176	214	108	146
HD 260x68,2	141	171	88	117
HD 260x93,0	106	127	66	88
HD 260x114	86	104	55	73
HD 260x142	71	86	46	60
HD 260x172	59	72	39	51
HD 320x74,2	152	184	95	127
HD 320x97,6	117	141	74	98
HD 320x127	91	110	58	77
HD 320x158	74	89	48	63
HD 320x198	60	72	39	51
HD 320x245	50	60	33	43
HD 320x300	42	50	28	36
HD 360x134	104	125	63	85
HD 360x147	95	114	58	78
HD 360x162	87	105	53	71
HD 360x179	79	95	49	65
HD 360x196	72	87	45	60
HD 400x187	78	94	47	64
HD 400x216	69	82	42	56
HD 400x237	63	76	38	52
HD 400x262	57	69	35	47
HD 400x287	52	63	32	43
HD 400x314	48	58	30	40
HD 400x347	44	53	28	37
HD 400x382	40	49	25	34
HD 400x421	37	45	23	31
HD 400x463	34	41	22	29
HD 400x509	31	38	20	27
HD 400x551	29	35	19	25
HD 400x592	28	33	18	23
HD 400x634	26	31	17	22
HD 400x677	25	30	16	21
HD 400x744	23	27	15	20
HD 400x818	21	25	14	18
HD 400x900	19	23	13	17
HD 400x990	18	22	12	16
HD 400x1086	17	20	11	15
Non protette				

Protette				
UPE				
UPE 80	291	341	209	258
UPE 100	278	322	204	248
UPE 120	259	298	195	233
UPE 140	247	282	187	223
UPE 160	235	267	180	212
UPE 180	225	254	173	203
UPE 200	213	240	165	193
UPE 220	198	223	155	180
UPE 240	188	211	148	171
UPE 270	178	199	142	163
UPE 300	153	171	124	141
UPE 330	138	153	113	128
UPE 360	130	144	107	121
UPE 400	120	133	100	112
UPN				
UPN 80	250	291	186	227
UPN 100	239	276	185	222
UPN 120	223	255	174	206
UPN 140	210	240	167	196
UPN 160	200	228	160	188
UPN 180	193	218	154	179
UPN 200	182	205	148	171
UPN 220	171	192	139	160
UPN 240	163	183	134	154
UPN 260	154	173	126	145
UPN 280	149	167	123	141
UPN 300	145	162	119	136
UPN 320	116	130	98	111
UPN 350	123	135	103	116
UPN 380	125	138	107	120
UPN 400	117	129	99	111
Non protette				

Protette				
HE				
HE 100 AA	290	355	181	245
HE 100 A	217	264	138	185
HE 100 B	180	218	115	154
HE 100 M	96	116	65	85
HE 120 AA	296	361	182	247
HE 120 A	220	267	137	185
HE 120 B	167	202	106	141
HE 120 M	92	111	61	80
HE 140 AA	281	342	172	233
HE 140 A	208	253	129	174
HE 140 B	155	187	98	130
HE 140 M	88	106	58	76
HE 160 AA	244	297	150	203
HE 160 A	192	234	120	161
HE 160 B	140	169	88	118
HE 160 M	83	100	54	71
HE 180 AA	229	279	141	190
HE 180 A	187	226	115	155
HE 180 B	131	159	83	110
HE 180 M	80	96	52	68
HE 200 AA	211	258	130	175
HE 200 A	174	211	108	145
HE 200 B	122	147	77	102
HE 200 M	76	92	49	65
HE 220 AA	200	243	122	165
HE 220 A	161	195	99	134
HE 220 B	115	140	72	97
HE 220 M	73	88	47	62
HE 240 AA	185	225	114	154
HE 240 A	147	178	91	122
HE 240 B	108	131	68	91
HE 240 M	61	73	39	52
HE 260 AA	176	214	108	146
HE 260 A	141	171	88	117
HE 260 B	105	127	66	88
HE 260 M	59	72	39	51
HE 280 AA	168	204	104	139
HE 280 A	136	165	84	113
HE 280 B	102	123	64	85
HE 280 M	59	71	38	50
HE 300 AA	158	192	97	131
HE 300 A	126	153	78	105
HE 300 B	98	118	60	80
HE 300 M	50	60	33	43
HE 320 AA	152	184	95	127
HE 320 A	117	141	74	98
HE 320 B	91	110	58	77
HE 320 M	50	60	32	43
HE 340 AA	147	177	94	123
HE 340 A	112	134	72	94
HE 340 B	88	106	57	75
HE 340 M	50	60	34	43
HE 360 AA	142	170	92	120
HE 360 A	107	128	70	91
HE 360 B	86	103	56	73
HE 360 M	51	61	34	44
HE 400 AA	135	161	90	115
HE 400 A	101	120	68	87
HE 400 B	82	97	56	71
HE 400 M	52	62	36	45
HE 450 AA	133	156	91	114
HE 450 A	96	113	66	83
HE 450 B	79	93	55	69
HE 450 M	53	62	38	47
HE 500 AA	130	152	91	113
HE 500 A	92	107	65	80
HE 500 B	76	89	54	67
HE 500 M	55	63	39	48
HE 550 AA	125	145	88	108
HE 550 A	90	104	65	79
HE 550 B	76	88	55	67
HE 550 M	56	64	41	50
HE 600 AA	120	138	86	106
HE 600 A	89	102	65	79
HE 600 B	75	86	56	67
HE 600 M	57	65	42	51
HE 600x337	49	56	37	44
HE 600x399	42	48	32	38
HE 650 AA	118	135	88	105
HE 650 A	87	100	65	78
HE 650 B	74	85	56	66
HE 650 M	58	66	44	52
HE 650x340	50	57	38	45
HE 650x407	43	49	33	39
HE 700 AA	114	129	86	102
HE 700 A	85	96	64	76
HE 700 B	72	82	55	65
HE 700 M	59	67	45	53
Non protette				

Protette				
HE 700x352	51	58	39	46
HE 700x418	44	50	34	40
HE 800 AA	108	122	84	98
HE 800 A	84	94	66	76
HE 800 B	72	81	57	66
HE 800 M	60	66	48	55
HE 800x373	52	59	41	48
HE 800x444	44	50	35	41
HE 900 AA	101	113	81	93
HE 900 A	81	90	65	74
HE 900 B	70	78	57	65
HE 900 M	62	69	50	57
HE 900x291	54	60	43	49
HE 900x466	45	51	37	42
HE 1000 AA	98	108	79	90
HE 1000x249	88	97	71	81
HE 1000 A	81	89	66	74
HE 1000 B	70	78	57	65
HE 1000 M	64	70	52	59
HE 1000x393	57	63	47	53
HE 1000x495	54	60	44	50
HE 1000x438	51	57	42	48
HE 1000x494	46	51	38	43
HE 1000x586	39	44	33	37
HL 920x345	69	79	52	62
HL 920x368	65	74	49	59
HL 920x390	62	70	46	55
HL 920x420	58	66	43	51
HL 920x449	54	61	41	48
HL 920x491	50	56	37	44
HL 920x537	46	52	35	41
HL 920x588	42	48	32	37
HL 920x656	38	43	29	34
HL 920x725	35	39	26	31
HL 920x787	32	37	25	29
HL 920x979	27	30	20	24
HL 1000 AA	82	92	63	73
HL 1000 A	76	85	58	68
HL 1000 B	66	74	51	59
HL 1000 M	60	67	46	54
HL 1000x443	55	63	43	50
HL 1000x483	51	58	40	46
HL 1000x539	46	52	36	42
HL 1000x554	45	51	35	41
HL 1000x591	42	48	33	39
HL 1000x642	39	44	31	36
HL 1000x748	34	38	27	31
HL 1000x883	29	33	23	27
HL 1100 A	76	85	59	68
HL 1100 B	67	75	52	60
HL 1100 M	61	68	47	55
HL 1100 R	53	59	42	48
UC				
UC 152x152x23	252	304	156	208
UC 152x152x30	195	235	122	162
UC 152x152x37	161	194	101	134
UC 203x203x46	168	202	104	139
UC 203x203x52	150	180	93	124
UC 203x203x60	131	158	82	109
UC 203x203x71	112	135	71	95
UC 203x203x86	94	113	60	79
UC 254x254x73	132	160	82	109
UC 254x254x89	110	133	69	91
UC 254x254x107	93	112	59	77
UC 254x254x132	76	92	48	64
UC 254x254x167	62	74	40	52
UC 305x305x97	120	145	75	99
UC 305x305x118	100	120	62	83
UC 305x305x137	87	105	54	72
UC 305x305x158	76	91	48	63
UC 305x305x198	63	74	39	52
UC 305x305x240	52	62	33	44
UC 305x305x283	45	54	29	38
UC 356x368x129	108	130	66	88
UC 356x368x153	92	111	56	75
UC 356x368x177	80	96	49	66
UC 356x368x202	71	85	44	58
UC 356x406x235	63	76	39	52
UC 356x406x287	52	63	32	43
UC 356x406x340	45	54	28	37
UC 356x406x393	39	48	25	33
UC 356x406x467	34	41	22	29
UC 356x406x551	29	35	19	25
UC 356 x406x634	26	31	17	22
Non protette				

Fig.4 **Nomogramma**



\

Per determinare la variazione della temperatura T, in funzione del tempo t di esposizione all' incendio nell'elemento strutturale di acciaio, protetto dal fuoco, occorre procedere, risolvendo le equazioni del transitorio termico, impiegando i valori dei parametri termofisici derivanti dalle valutazioni ricavate applicando le norme EN 13381-4 (protettivi di tipo passivo) o EN 13381-8 (protettivi di tipo reattivo):

$$\Delta T = \frac{\lambda_p}{d_p \times \rho_a \times c_a} \times \frac{A_p}{V} \times \frac{(T_g - T)}{\left(1 - \frac{\Phi}{3}\right)} \times \Delta t - (e^{\Phi/10} - 1) \times \Delta T_{g,t}$$

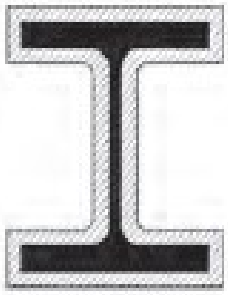
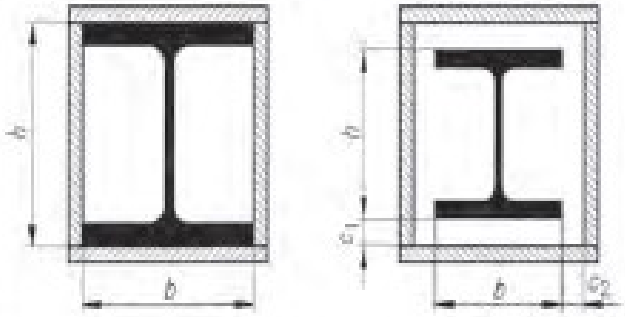
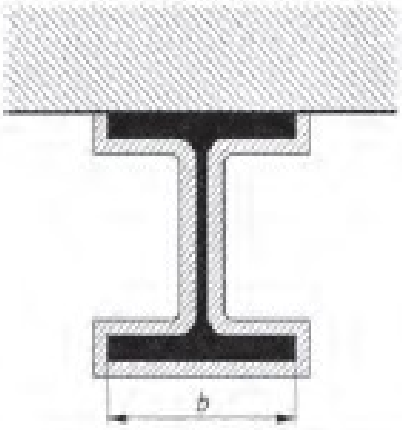
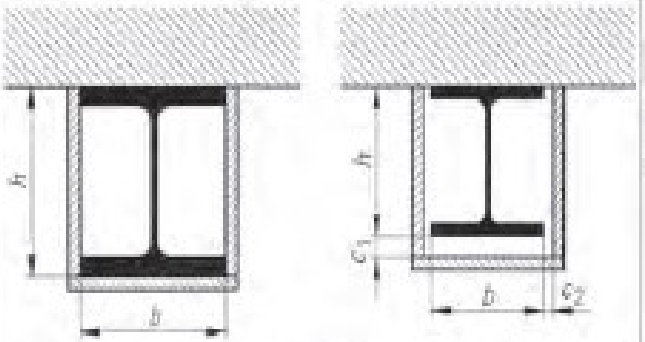
dove:

- Δt, in °C, individua l'aumento di temperatura dell'elemento di acciaio, *protetto*, nell'intervallo di tempo ΔT di esposizione all'incendio, espresso in secondi; tale intervallo deve essere inferiore a 30, per un'accettabile valutazione dei risultati;
- T_g è la temperatura, in °C, dei gas dei gas nel comparto al tempo t; è rappresentata con la nota curva nominale d'incendio standard (ISO 834);
- $\Delta T_{g,t}$ = è l'incremento della temperatura dei gas nell'intervallo di tempo da t a t+Δt (°C);
- ρ_a è la massa volumica dell'acciaio in condizioni d'incendio (pari a 7850 kg/m^3);
- c_a è il calore specifico dell'acciaio in condizioni d'incendio;
- d_p = spessore del materiale protettivo in m;
- ρ_p = densità del materiale protettivo in kg/m^3;
- c_p = calore specifico del materiale protettivo, costante con la temperatura in J/kg °C;
- λ_p è la conduttività termica del materiale protettivo in W/m°C;
- A_p/V è il fattore di sezione dell'elemento strutturale protetto, in m^{-1}, dato dal rapporto tra la superficie interna di contatto dell'elemento ed il volume dello stesso.

con:

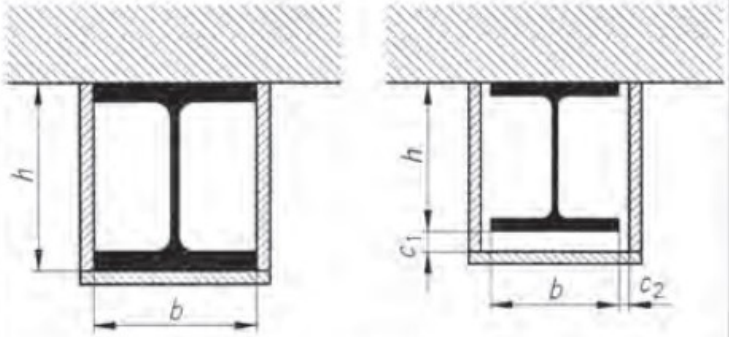
- $\Phi = \frac{\rho_p \times c_p}{\rho_a \times c_a} \times d_p \times \frac{A_p}{V}$

Fattore di sezione A_p/V per elementi di acciaio isolati da materiale di protezione al fuoco

Disegno	Descrizione	Fattore di sezione (A_p/V)
	Rivestimento aderente di spessore uniforme	$\frac{\text{perimetro dell'acciaio}}{\text{area della sezione trasversale di acciaio}}$
	Rivestimento scatolare di spessore uniforme[1]	$\frac{2\,(b+h)}{\text{area della sezione trasversale di acciaio}}$
	Rivestimento aderente di spessore uniforme, esposto al fuoco su tre lati	$\frac{\text{perimetro dell'acciaio} - b}{\text{area della sezione trasversale di acciaio}}$
	Rivestimento scatolare di spessore uniforme[1] esposto al fuoco su tre lati	$\frac{2h+b}{\text{area della sezione trasversale di acciaio}}$

1) Le dimensioni di gioco c_1 e c_2 non dovrebbero normalmente eccedere $h/4$.

Ipotizzando un rivestimento scatolare

	Rivestimento scatolare di spessore uniforme[1] esposto al fuoco su tre lati	$\frac{2h + b}{\text{area della sezione trasversale di acciaio}}$

1) Le dimensioni di gioco c_1 e c_2 non dovrebbero normalmente eccedere $h/4$.

Si ha Ap/V= (2*0,27 + 0.135)/(45,95*10^{-4}) = 146,90 m^{-1}

La soluzione dell'equazione soprariportata è laboriosissima .

PIù SEMPLICEMENTE POTREMO OPERARE PER VIA SPERIMENTALE UTILIZZANDO I RAPPORTI DI VALUTAZIONE DEI PROTETTIVI, DETERMINATI SECONDO LE NORME VIGENTI, AVENDO NOTE LA TEMPERATURA CRITICA E IL RAPPORTO A/V.

PROTEZIONE CON LASTRE IN CALCIO SILICATO –

Rapporti di Valutazione: **2017-Efectis-R001834 – 2017-Efectis-R002321 – 2017-Efectis-R002323**
in accordo alla norma **EN 13381-4**

Nel caso in esame, se il protettivo viene applicato in aderenza al profilo A/V 197 m^{-1} ;

T crit =605 °C : occorre applicare una lastra da 20 mm .

Se con protezione scatolare A/V= 146,9 m^{-1} ; T crit =605 °C : occorre applicare una lastra sp. 15 mm

Tabella 2 - Spessore di protettivo R60 per pilastri e travi a sezione aperta e chiusa

R 60	Spessore di protettivo (mm)								
	Temperatura di progetto (C°)								
A_p/V [m^{-1}]	350	400	450	500	550	600	650	700	750
0	12	12	12	12	12	12	12	12	12
46	12	12	12	12	12	12	12	12	12
50	12	12	12	12	12	12	12	12	12
60	15	12	12	12	12	12	12	12	12
70	20	15	12	12	12	12	12	12	12
80	20	15	15	12	12	12	12	12	12
90	20	20	15	12	12	12	12	12	12
100	25	20	20	15	12	12	12	12	12
110	25	20	20	15	15	12	12	12	12
120	25	20	20	20	15	12	12	12	12
130	25	25	20	20	15	15	12	12	12
140	25	25	20	20	15	15	12	12	12
150	25	25	25	20	20	15	15	12	12
160	25	25	25	20	20	15	15	12	12
170	15+15	25	25	20	20	20	15	12	12
180	15+15	25	25	20	20	20	15	15	12
190	15+15	25	25	25	20	20	15	15	12
200	15+15	25	25	25	20	20	20	15	12
210	15+15	15+12	25	25	20	20	20	15	12
220	15+15	15+12	25	25	20	20	20	15	15
230	15+15	15+15	25	25	25	20	20	20	15
240	15+15	15+15	25	25	25	20	20	20	15
250	20+12	15+15	25	25	25	20	20	20	15
260	20+12	15+15	15+12	25	25	20	20	20	15
270	20+12	15+15	15+12	25	25	20	20	20	20
280	20+12	15+15	15+12	25	25	25	20	20	20
290	20+12	15+15	15+12	25	25	25	20	20	20
300	20+12	15+15	15+12	25	25	25	20	20	20
310	20+12	15+15	15+12	25	25	25	20	20	20
320	20+12	15+15	15+12	25	25	25	20	20	20

PROTEZIONE CON VERNICI INTUMESCENTI

Legenda tecnica

1. Elemento in acciaio
2. Pittura intumescente PROMAPAINT®-SC3

Rapporto di valutazione: **WARRINGTONFIRE 327033 – 344794 – 357541**
in accordo alla norma **EN 13381-8**

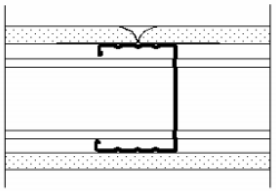
A/V 197 m^{-1} ; T crit =605 °C

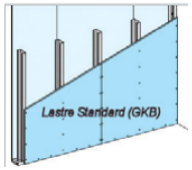
Occorre applicare uno spessore di 0,682 mm di vernice intumescente.

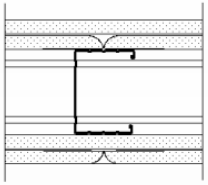
Tabella 3.1 - Spessore di protettivo R60 per travi a sezione aperta esposte su 3 lati

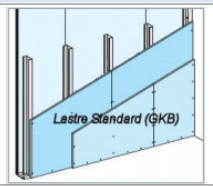
R 60	Spessore di protettivo (mm)								
	Temperatura di progetto (C°)								
A_p/V [m-1]	350	400	450	500	550	600	650	700	750
67	1,335	0,948	0,636	0,418	0,220	0,188	0,188	0,188	0,188
70	1,372	0,987	0,678	0,463	0,268	0,188	0,188	0,188	0,188
75	1,420	1,037	0,732	0,521	0,330	0,188	0,188	0,188	0,188
80	1,463	1,082	0,779	0,571	0,383	0,209	0,188	0,188	0,188
85	1,500	1,121	0,820	0,615	0,429	0,258	0,188	0,188	0,188
90	1,534	1,155	0,857	0,653	0,470	0,302	0,188	0,188	0,188
95	1,564	1,186	0,890	0,688	0,506	0,340	0,200	0,188	0,188
100	1,591	1,214	0,919	0,718	0,539	0,374	0,236	0,188	0,188
105	1,616	1,239	0,945	0,746	0,568	0,404	0,268	0,188	0,188
110	1,638	1,262	0,969	0,771	0,594	0,432	0,296	0,188	0,188
115	1,658	1,283	0,990	0,794	0,618	0,457	0,322	0,202	0,188
120	1,677	1,302	1,010	0,814	0,640	0,479	0,346	0,227	0,188
125	1,695	1,319	1,028	0,833	0,659	0,500	0,368	0,249	0,188
130	1,711	1,335	1,045	0,851	0,678	0,519	0,388	0,270	0,188
135	1,725	1,350	1,061	0,867	0,695	0,537	0,406	0,289	0,188
140	1,739	1,364	1,075	0,882	0,710	0,553	0,423	0,307	0,202
145	1,752	1,377	1,088	0,896	0,725	0,568	0,438	0,323	0,218
150	1,764	1,389	1,101	0,909	0,738	0,582	0,453	0,338	0,234
155	1,775	1,400	1,112	0,921	0,751	0,595	0,467	0,352	0,249
160	1,786	1,411	1,123	0,932	0,762	0,607	0,479	0,365	0,262
165	1,796	1,421	1,133	0,943	0,773	0,619	0,491	0,377	0,275
170	1,805	1,430	1,143	0,952	0,784	0,630	0,502	0,389	0,287
175	1,814	1,439	1,152	0,962	0,793	0,640	0,513	0,400	0,298
180	1,822	1,447	1,160	0,971	0,802	0,649	0,522	0,410	0,308
185	1,830	1,455	1,169	0,979	0,811	0,658	0,532	0,419	0,318
190	1,837	1,462	1,176	0,987	0,819	0,667	0,540	0,428	0,327
195	1,844	1,469	1,183	0,994	0,827	0,675	0,549	0,437	0,336
200	1,851	1,476	1,190	1,001	0,834	0,682	0,557	0,445	0,345
205	1,857	1,482	1,197	1,008	0,841	0,689	0,564	0,453	0,353
210	1,864	1,488	1,203	1,014	0,848	0,696	0,571	0,460	0,360
215	1,869	1,494	1,209	1,020	0,854	0,703	0,578	0,467	0,367
220	1,875	1,500	1,214	1,026	0,860	0,709	0,584	0,474	0,374
225	1,880	1,505	1,220	1,032	0,866	0,715	0,590	0,480	0,381
230	-	1,510	1,225	1,037	0,871	0,721	0,596	0,486	0,387
235	-	1,515	1,230	1,042	0,876	0,726	0,602	0,492	0,393
240	-	1,519	1,234	1,047	0,881	0,731	0,607	0,497	0,399
245	-	1,524	1,239	1,052	0,886	0,736	0,612	0,503	0,404
250	-	1,528	1,243	1,056	0,891	0,741	0,617	0,508	0,409
255	-	1,532	1,247	1,060	0,895	0,745	0,622	0,513	0,414
260	-	1,536	1,251	1,064	0,899	0,750	0,626	0,517	0,419
265	-	1,540	1,255	1,068	0,904	0,754	0,631	0,522	0,424
270	-	1,543	1,259	1,072	0,907	0,758	0,635	0,526	0,428
275	-	1,547	1,262	1,076	0,911	0,762	0,639	0,530	0,432
280	-	1,550	1,266	1,079	0,915	0,766	0,643	0,534	0,436
285	-	1,553	1,269	1,083	0,918	0,769	0,647	0,538	0,440
290	-	1,556	1,272	1,086	0,922	0,773	0,650	0,542	0,444
295	-	1,560	1,275	1,089	0,925	0,776	0,654	0,545	0,448
300	-	1,562	1,278	1,092	0,928	0,779	0,657	0,549	0,451
305	-	1,565	1,281	1,095	0,931	0,783	0,660	0,552	0,455
310	-	1,568	1,284	1,098	0,934	0,786	0,663	0,555	0,458
315	-	1,571	1,287	1,101	0,937	0,789	0,667	0,558	0,461
320	-	1,573	1,289	1,103	0,940	0,791	0,669	0,561	0,464
325	-	1,576	1,292	1,106	0,942	0,794	0,672	0,564	0,467
330	-	1,578	1,294	1,108	0,945	0,797	0,675	0,567	0,470
335	-	1,580	1,297	1,111	0,947	0,799	0,678	0,570	0,473

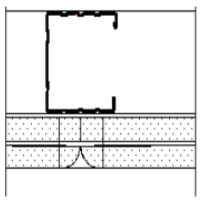
EVOLUZIONE DEI RAPPORTI DI PROVA PER PARETI IN CARTONGESSO

	45	1	**PARETE W111** • orditura metallica 50x40 mm. • rivestimento 1+1 lastra GKB 12,5 mm.	• **3804-32-81** • del 15/03/83 • CSEA Roma Capannelle	**25/09/2008**

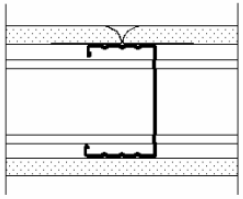
	**EI30**	**A2-s1,d0**	**PARETE W111** • orditura metallica C 50x47 mm. • rivestimento 1+1 lastra GKB 12,5 mm • **Hmax= 3,00 m**	• **06/32301111** • Orig. Applus • 20/09/2006 • Traduzione	**CERTIFICATO EUROPEO (*)**

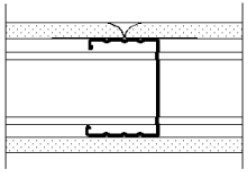
	120	1	**PARETE W112** • orditura metallica 50x40 mm. • rivestimento 2+2 lastre GKB 12,5 mm.	• **3804-34-81** • del 15/03/83 • CSEA Roma Capannelle	**25/09/2008**

	**EI 60**	**A2-s1,d0**	**PARETE W112** • orditura metallica C 50x50 mm • rivestimento 2+2 lastre GKB 12,5 mm • **Hmax= 6,20 m**	• **07-A-234** • EFECTIS • 30/08/2007	**CERTIFICATO EUROPEO (*)**

	**120**	**0**	**SETTO AUTOPORTANTE W625** • orditura metallica 50x47x0.6 mm. Interasse 400mm rivestimento 2 FIREBOARD da 25 mm.	• **147692/2221RF** • del 08/05/01 • Istituto Giordano Bellaria	**25/09/2012**

	EI 120	**A1**	**SETTO AUTOPORTANTE W625** • orditura metallica C 75x50x0,6 mm • rivestimento 2 lastre Fireboard® 25 mm • BOTOLE • **Hmax= 4,00 m**	• **7235/06** • Applus • 01/12/2006	**CERTIFICATO EUROPEO (*)**

	**120**	**0**	**SOFFITTO AUTOPORTANTE KNAUF FIREBOARD** • orditura metallica 75x50 - int. 400 mm. • rivestimento 1+1 lastra FIREBOARD 20 mm.	• **97907/1532RF** • del 12/04/96 • Istituto Giordano Bellaria	**25/09/2012**

	**EI 120**	**A1**	**CONTROSOFFITTO AUTOPORTANTE D117** • orditura metallica 75x50 - int. 400 mm. • rivestimento 1+1 lastra FIREBOARD 25 mm. • **DOPPIA BOTOLA**	• **Istituto Giordano** • Rapporto di prova in elaborazione	**CERTIFICATO EUROPEO (*)** **NUOVO !**

IN GENERALE SI PUO' NOTARE UNA CLASSE INFERIORE, A PARITA' DI PRODOTTO, CON RAPPORTI DI CLASSIFICAZIONE ESEGUITI SECONDO LE NUOVE NORME.

SOLUZIONI ALTERNATIVE

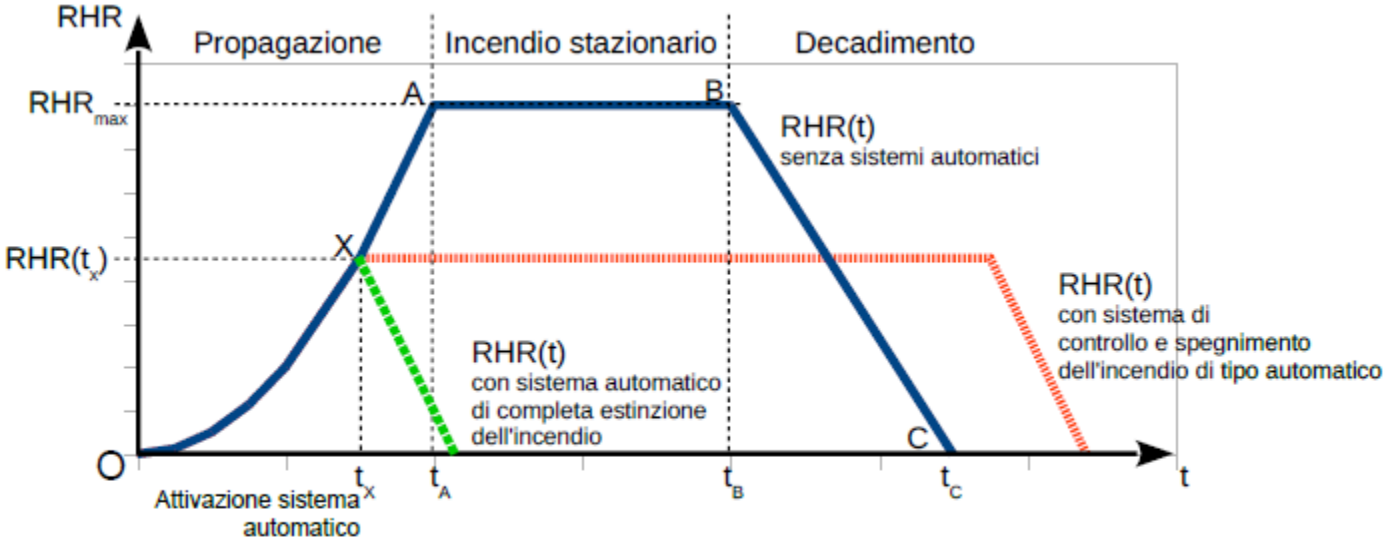
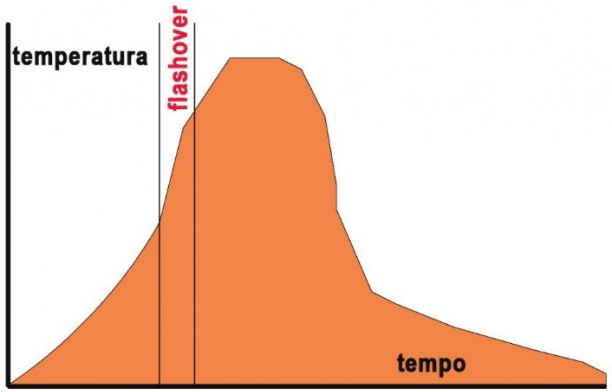


Illustrazione M.2-1: Fasi dell'incendio

CURVA RHR (*RATE OF HEAT RELEASE*), POTENZA TERMICA PRODOTTA DAL FOCOLARE AL VARIARE DEL TEMPO RHR(T).

La definizione originale sul flashover

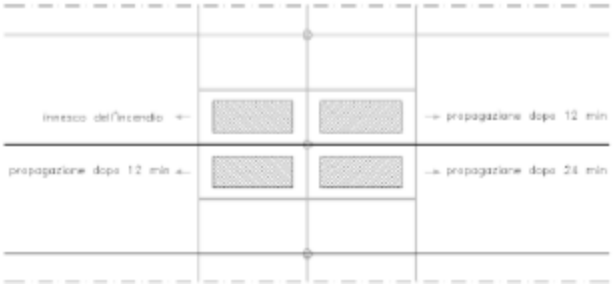
In un incendio di un compartimento può avvenire uno stato dove la totale radiazione termica della piuma di fuoco, gas caldi e confini del compartimento caldi come muri e soffitto generano prodotti infiammabili di pirolisi dalle superfici del combustibile esposto all'interno del compartimento. Data una fonte d'ignizione, questo darà luogo all'improvvisa transizione sostenuta di un fuoco crescente ad un fuoco pienamente sviluppato.... Questo stato è chiamato flashover.



La curva nominale e adottata per la classificazione delle costruzioni e per le verifiche di resistenza al fuoco di tipo convenzionale; essa rappresenta essenzialmente la fase post flashover (incendio pienamente sviluppato), senza considerare le fasi di innesco, propagazione e raffreddamento.

La curva naturale viene determinata in base a modelli d'incendio, e a parametri fisici, che definiscono le variabili di stato all'interno del compartimento; essa agisce sugli elementi costruttivi per l'intera durata dell'incendio, compresa la fase di raffreddamento, fino al ritorno alla temperatura ambiente.

ESEMPIO INCENDIO DI VEICOLI



Scenario S3: caratterizzato dall'incendio di 4 veicoli posti intorno ad una colonna. L'incendio si avvia da uno di essi, dopo 12 minuti si propaga a 2 veicoli, dopo ulteriori 12 minuti si propaga all'ultimo veicolo; uno dei veicoli deve essere un autoveicolo commerciale.

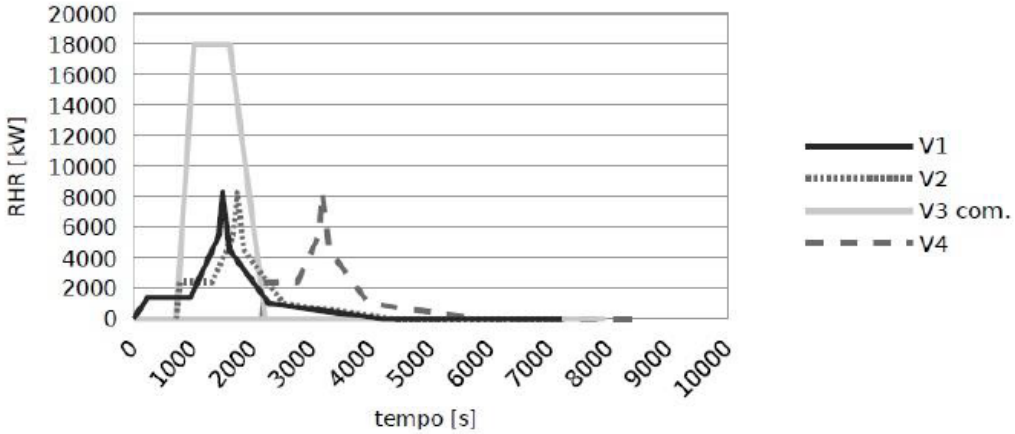
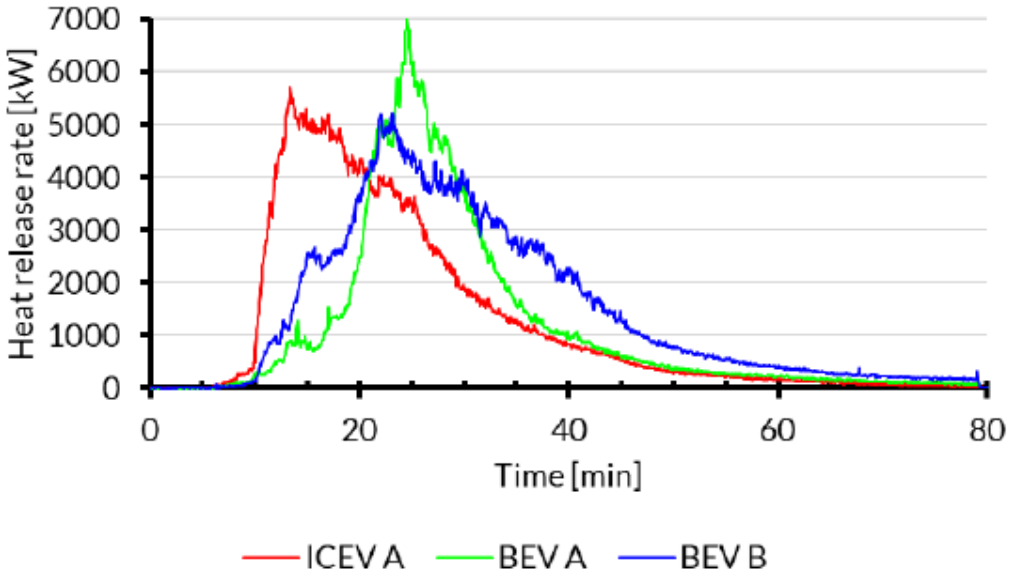


Illustrazione V.6-2: Curve RHR(t) per lo scenario S3

Nell'illustrazione V.6-2 si riportano a titolo esemplificativo le curve RHR(t) nel caso dello scenario di incendio di progetto S3, supponendo che il secondo veicolo ad incendiarsi sia un *veicolo commerciale*. (Fonte : Codice di Prevenzione Incendi)

L'incendio in un singolo veicolo si esaurisce in circa 70 min.

Test antincendio su veicoli a grandezza naturale:
(Bev A furgone elettrico; Bev B piccola auto familiare elettrica; ICEV A furgone diesel)
Fonte: RISE Research Institutes of Sweden, Division Safety & Transport - Borås, Svezia



Anche in questo caso l'incendio si estingue in 70 / 80 minuti.

Dall'integrale della curva RHR si ottiene il calore sviluppato.
Nel calcolo del carico d'incendio un veicolo familiare ha un impatto superiore rispetto ad un furgone vuoto.

$$Q = \int RHR \, dt$$

- **Durata degli incendi naturali**. Spesso, in maniera errata, si confondono la durata di un incendio naturale con la classe di resistenza al fuoco; quest'ultima è riferita unicamente a curve nominali (vedasi la definizione di classe al punto G.1.12), mentre la durata degli incendi naturali non ha alcuna relazione con la classe e dipende, invece, dal livello di prestazione, come di seguito esplicitato:
  - per il livello I sarà necessario procedere alle analisi termo-strutturali fino al collasso della struttura o, in assenza, fino alla durata da stabilire in funzione di quanto contenuto al punto M.2.5;
  - per il livello II vale quanto contenuto al punto precedente, fatto salvo che sarà necessario dimostrare che la struttura non collassi fino ad un tempo pari a: $\underline{max\{RSET+100\%\cdot RSET,\ 15\ minuti\}}$, ai sensi del punto S.2.4.7;
  - per il livello III è sempre necessario effettuare analisi termo-strutturali per una durata da stabilire in funzione di quanto contenuto nel punto M.2.5, al fine di verificare il mantenimento della capacità portante in caso d'incendio per l'intera sua durata;
  - per i livelli IV e V vale quanto riportato al punto precedente, fermo restando che le analisi termo-strutturali saranno finalizzate a verificare non solo il mantenimento della capacità portante in caso d'incendio per l'intera sua durata, ma anche il non superamento dei limiti stabiliti (in funzione del livello di prestazione) su deformazioni e spostamenti.

S.2.4.6 Soluzioni alternative per il livello di prestazione I

1. Sono ammesse *soluzioni alternative*, costituite da:
   a. compartimentazione rispetto ad altre costruzioni;
   b. assenza di danneggiamento ad altre costruzioni o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività, per effetto di collasso strutturale.
2. Ai fini della verifica della compartimentazione rispetto ad altre costruzioni, sono ritenute idonee le soluzioni conformi o alternative indicate per il livello di prestazione II della misura antincendio compartimentazione (capitolo S.3);
3. Ai fini della verifica dell'assenza di danneggiamento ad altre costruzioni, devono essere adottate soluzioni atte a dimostrare analiticamente, che il meccanismo di collasso strutturale in condizioni di incendio non arrechi danni ad altre costruzioni. Dette verifiche devono essere condotte in base agli scenari di incendio di progetto ed ai relativi incendi convenzionali di progetto rappresentati da curve naturali di incendio secondo il paragrafo S.2.6.
4. Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato *livello di prestazione* il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.7.
5. In tabella S.2-4 sono riportate alcune modalità *generalmente accettate* per la progettazione di soluzioni alternative. Il progettista può comunque impiegare modalità diverse da quelle elencate.

SOLUZIONI ALTERNATIVE PER LIVELLO DI PRESTAZIONE I: PER ESEMPIO IN CASO DI DISTANZA DA ALTRE OPERE DA COSTRUZIONE INFERIORE AD H OCCORRE VERIFICARE *LA COMPARTIMENTAZIONE* E L'ASSENZA DI DANNEGGIAMENTO AD ALTRI FABBRICATI OD OLTRE IL CONFINE IN CASO DI COLLASSO (COLLASSO IMPLOSIVO).

Oggetto della soluzione	Modalità progettuale
Verifica dell'assenza di danneggiamento ad altre costruzioni	Si dimostri *analiticamente* che il meccanismo di collasso dell'opera da costruzione sia di tipo *implosivo* utilizzando, ad esempio, uno o più degli accorgimenti tecnici di seguito elencati che consentano di *guidare* la modalità di collasso: • adozione di criteri di gerarchia di resistenza al fuoco (es. assegnazione di sovraresistenza al fuoco alle strutture perimetrali dell'opera da costruzione rispetto a quelle interne, …); • distribuzione spaziale dei carichi di incendio verso zone interne; • adozione di forme strutturali convenienti (es. con inclinazione verso l'interno, …); • adozione di *elementi chiave* in posizione opportuna; • impiego di sistemi automatici per il controllo dell'incendio a *disponibilità superiore*; • impilaggio piramidale dei materiali combustibili stoccati; • adozione di vincoli che agevolino il collasso implosivo.

Tabella S.2-4: Modalità progettuali per soluzioni alternative, livello di prestazione I

- **Collasso implosivo sulle strutture in condizioni d'incendio**. In alcuni casi sono state tratte conclusioni semplicistiche ed affrettate in merito al collasso implosivo con riferimento ad analisi su singoli elementi basate sulla sola resistenza, anche di singole membrature, senza individuare l'effettivo meccanismo di collasso in condizioni d'incendio in termini cinematici; ciò può portare a soluzioni non corrette dal punto di vista tecnico. Pertanto, le relative valutazioni in tale complesso ambito devono essere fondate su una corretta, seppur molto complessa, analisi termo-strutturale, nella quale il cimento termico sia stato correttamente valutato in termini di scenari d'incendio di progetto, tenendo conto delle fondamentali preliminari e conseguenti misure gestionali, e valutando, altresì, anche lo stato di sollecitazione e di deformazione al variare di gradienti termici negli elementi in funzione del tempo, in modo da definire il cinematismo di collasso e dimostrare che, nelle condizioni di incendio considerate, esso sia implosivo o meno.

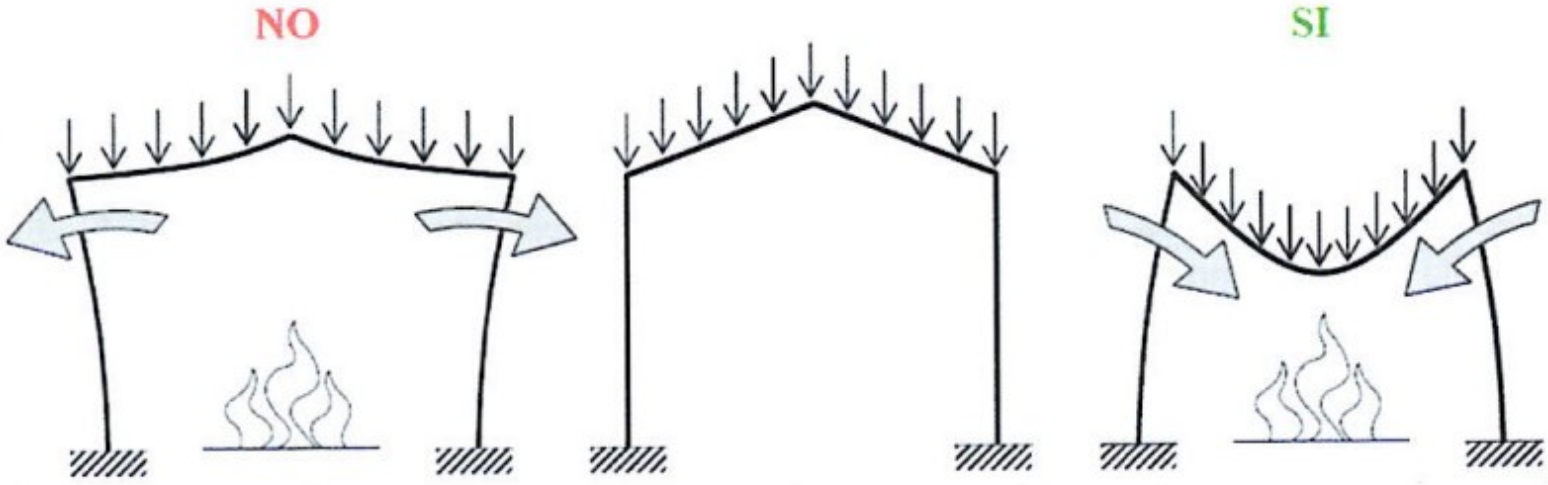


Figura 5.13 - Schema del possibile meccanismo di collasso degli elementi strutturali di una costruzione in presenza d'incendio

S.2.4.7 Soluzioni alternative per il livello di prestazione II

1. Sono ammesse *soluzioni alternative*, costituite da:
   a. compartimentazione rispetto ad altre costruzioni;
   b. assenza di danneggiamento ad altre costruzioni o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività, per effetto di collasso strutturale;
   c. mantenimento della capacità portante in condizioni di incendio per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione. La capacità portante deve essere comunque tale da garantire un margine di sicurezza $t_{marg} \geq 100\% \cdot RSET$ e comunque ≥ 15 minuti (paragrafo M.3.2.2).
2. Per la verifica della compartimentazione e dell'assenza di danneggiamento in caso di collasso strutturale, si utilizzano le soluzioni alternative previste per il livello di prestazione I di resistenza al fuoco.
3. Per la verifica del mantenimento della capacità portante in condizioni di incendio, le soluzioni alternative si ottengono verificando le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli scenari di incendio di progetto ed ai relativi incendi convenzionali di progetto rappresentati da curve naturali di incendio secondo il paragrafo S.2.6.
4. Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato *livello di prestazione* il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.7.

AD ESEMPIO NEL CASO DI DISTANZE DA ALTRI EDIFICI INFERIORI AD H NELLE SOLUZIONI ALTERNATIVE PER LIVELLO DI PRESTAZIONE II <u>OCCORRE VERIFICARE:</u>

- **<u>LA COMPARTIMENTAZIONE RISPETTO ALLE ALTRE OPERE DA COSTRUZIONI</u>**
- **<u>L'ASSENZA DI DANNEGGIAMENTO AD ALTRI FABBRICATI OD OLTRE CONFINE IN CASO DI COLLASSO</u>**
- **<u>IL COLLASSO NON AVVENGA PRIMA DELL'EVACUAZIONE DELLA STRUTTURA.</u>**

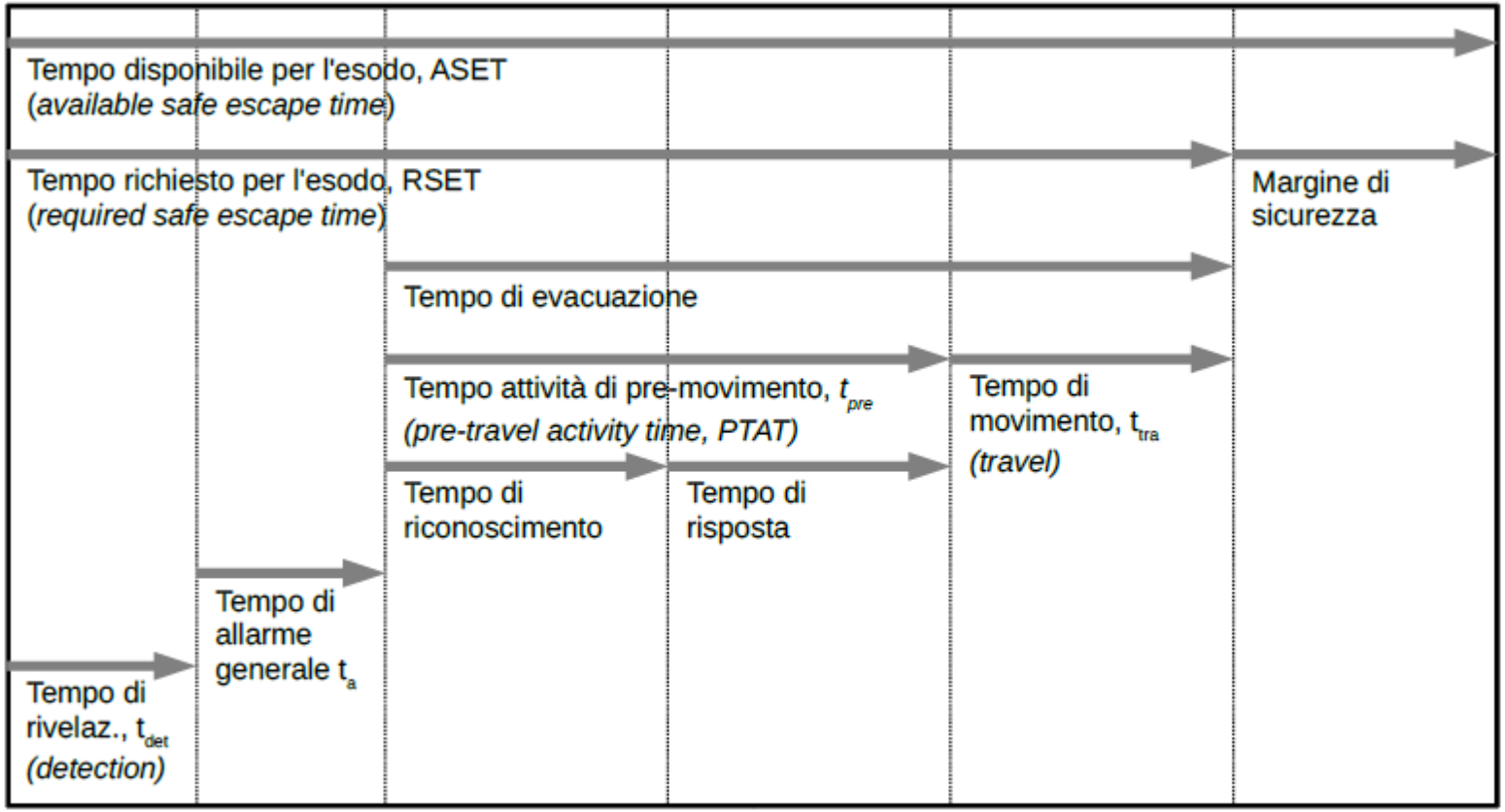


Illustrazione M.3-1: Confronto tra ASET ed RSET

OCCORRE VERIFICARE IL MANTENIMENTO DI CAPACITA' PORTANTE CON UN MARGINE DI SICUREZZA PARI A = 2 *RSET E COMUNQUE > 15 MINUTI

S.2.4.8 Soluzioni alternative per il livello di prestazione III

1. Sono ammesse *soluzioni alternative*.
2. Le soluzioni alternative per il livello di prestazione III si ottengono verificando le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli scenari di incendio di progetto ed ai relativi incendi convenzionali di progetto rappresentati da curve naturali di incendio secondo il paragrafo S.2.6.
3. Per la verifica della *capacità di compartimentazione* all'interno dell'attività sono possibili soluzioni alternative.
4. Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato *livello di prestazione* il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.7.
5. In tabella S.2-5 sono riportate alcune modalità *generalmente accettate* per la progettazione di soluzioni alternative. Il progettista può comunque impiegare modalità diverse da quelle elencate.

Oggetto della soluzione	Modalità progettuale
Verifica della capacità di compartimentazione all'interno dell'attività	Il progettista valuta l'impiego di sistemi di controllo dell'incendio a *disponibilità superiore* al fine di dimostrare la capacità di compartimentazione interna (es. sistemi di controllo del fumo e calore, …)

Tabella S.2-5: Modalità progettuali per soluzioni alternative, livello di prestazione III

NELLE SOLUZIONI ALTERNATIVE PER LIVELLO DI PRESTAZIONE III OCCORRE VERIFICARE IL MANTENIMENTO

DELLA CAPACITA' PORTANTE PER L'INTERA DURATA DELL'INCENDIO.

GRAZIE DELL’ATTENZIONE