

L'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
unitamente alla Fondazione dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma,
al Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco e a Fondazione Promozione Acciaio
propone il Seminario tecnico gratuito:

**LA RESISTENZA AL FUOCO
DELLE COSTRUZIONI DI ACCIAIO**
ai sensi delle Norme Tecniche di Prevenzione Incendi
e delle Norme Tecniche per le Costruzioni

martedì 5 novembre 2024 - ore 9:00 / 17:00
Aula Magna, ISA - Istituto Superiore Antincendi, Via del Commercio 13, Roma

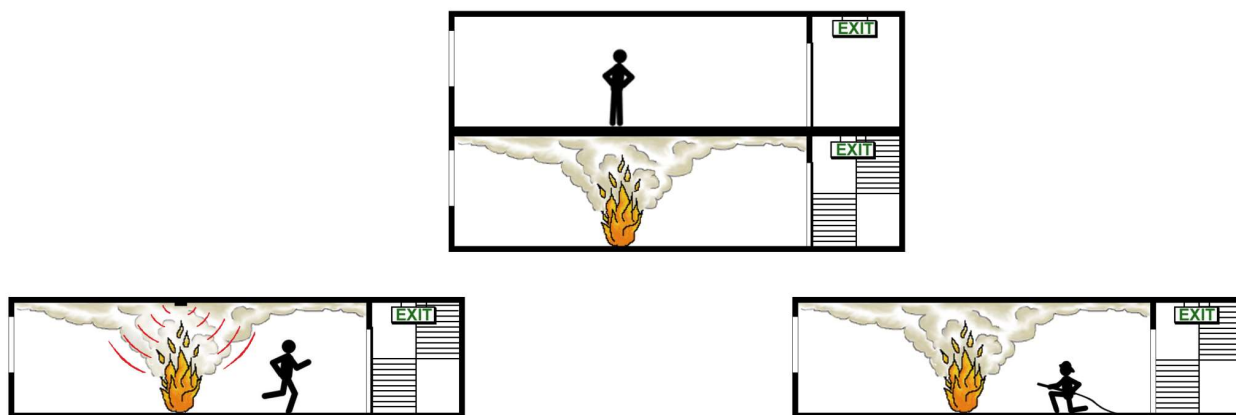
LA PRESTAZIONE DI RESISTENZA AL FUOCO DELLE COSTRUZIONI DI ACCIAIO
soluzioni progettuali conformi ed alternative

ing. Sandro PUSTORINO
SIS Ingegneria
sandro.pustorino@sis-ingegneria.com



Resistenza al fuoco (DM 3 agosto 2015)

Una delle misure antincendio di protezione da perseguire per garantire un adeguato livello di sicurezza di un'opera da costruzione in condizioni di incendio. Essa riguarda la capacità portante in caso di incendio, per una struttura, per una parte della struttura o per un elemento strutturale nonché la capacità di compartimentazione in caso di incendio per gli elementi di separazione strutturali (es. muri, solai, ...) e non strutturali (es. porte, divisori, ...).



Contenuti della presentazione

Le soluzioni progettuali: aspetti principali delle soluzioni conformi ed alternative realizzate con le strutture di acciaio

Le soluzioni progettuali: soluzioni conformi e soluzioni alternative

SOLUZIONI CONFORMI: singoli elementi strutturali



(a) prima della prova



(b) dopo la prova

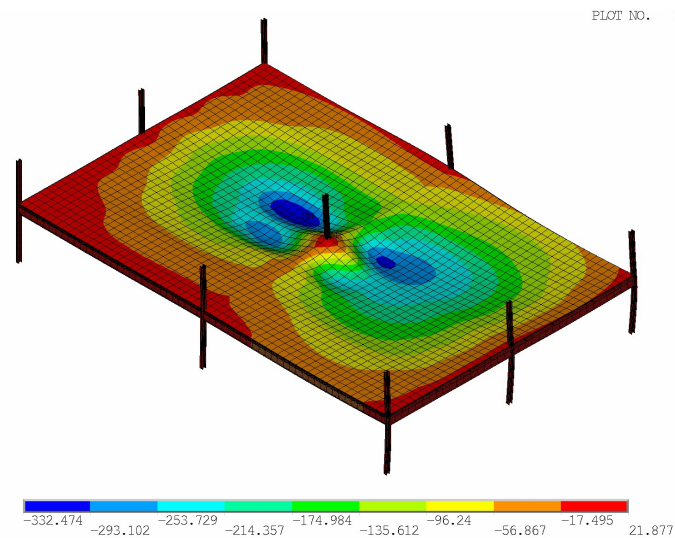
- Metodi di calcolo:
 - tabelle;
 - **metodi semplificati**;
 - metodi avanzati

Le soluzioni progettuali: soluzioni conformi e soluzioni alternative

SOLUZIONI ALTERNATIVE:

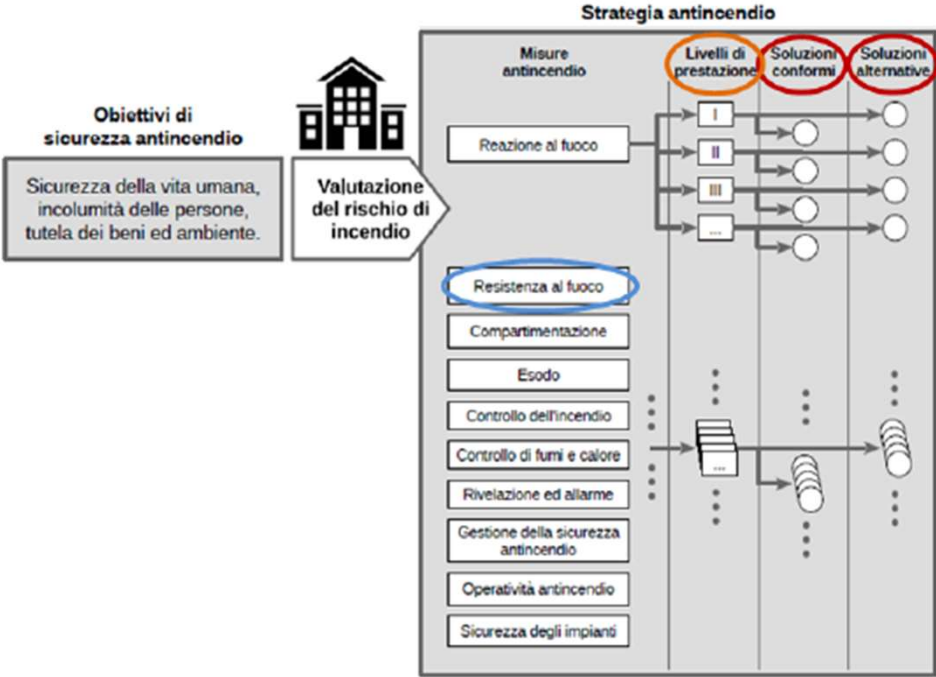
- porzioni di strutture o interi strutture:

- Metodi di calcolo avanzati



Normativa di prevenzione incendi : DM 3 agosto 2015

Approccio prescrittivo → Approccio prestazionale



NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018

Testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni, di cui alla legge 5 novembre 1971, n. 1086, alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, ed al decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186.
Le presenti norme sostituiscono quelle approvate con il decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

1.1 OGGETTO

Le presenti Norme tecniche per le costruzioni definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità.

Esse forniscono quindi i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

Circa le indicazioni applicative per l'ottenimento delle prescritte prestazioni, per quanto non espressamente specificato nel presente documento, ci si può riferire a normative di comprovata validità e ad altri documenti tecnici elencati nel Cap. 12. In particolare quelle fornite dagli Eurocodici con le relative Appendici Nazionali costituiscono indicazioni di comprovata validità e forniscono il sistematico supporto applicativo delle presenti norme.

Resistenza al fuoco: livelli di prestazione

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

Tabella S.2-1: Livelli di prestazione

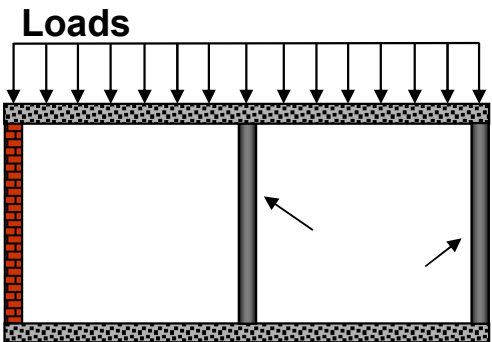
Resistenza al fuoco: criteri e metodi di ingegneria



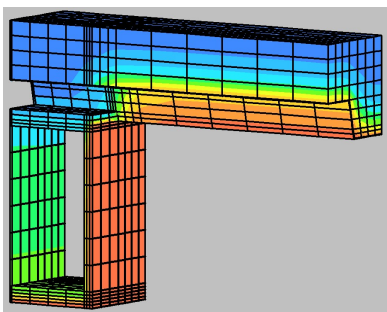
1: Ignition



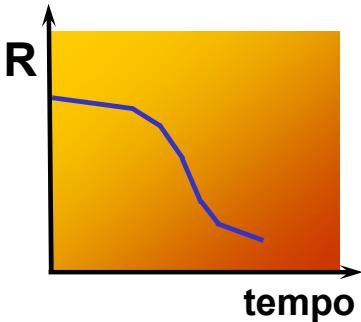
2: Thermal action



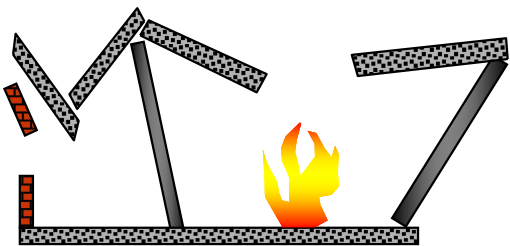
3: Mechanical actions



4: Thermal response



5: Mechanical response



6: Possible collapse

Soluzioni conformi ed alternative: differente azione termica di progetto

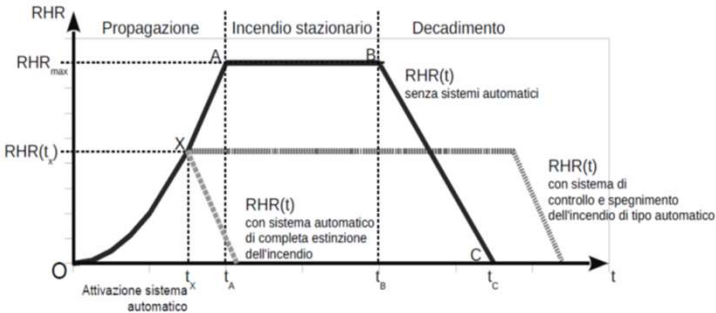
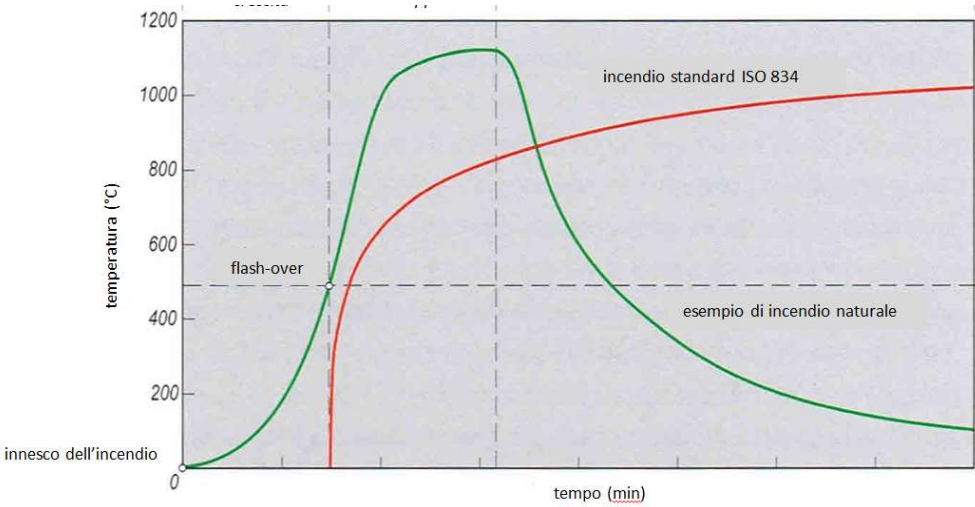
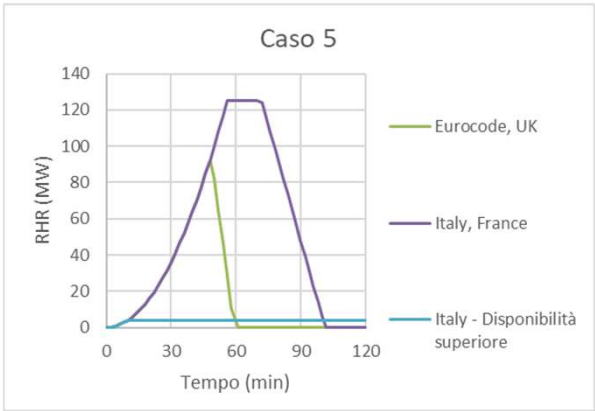


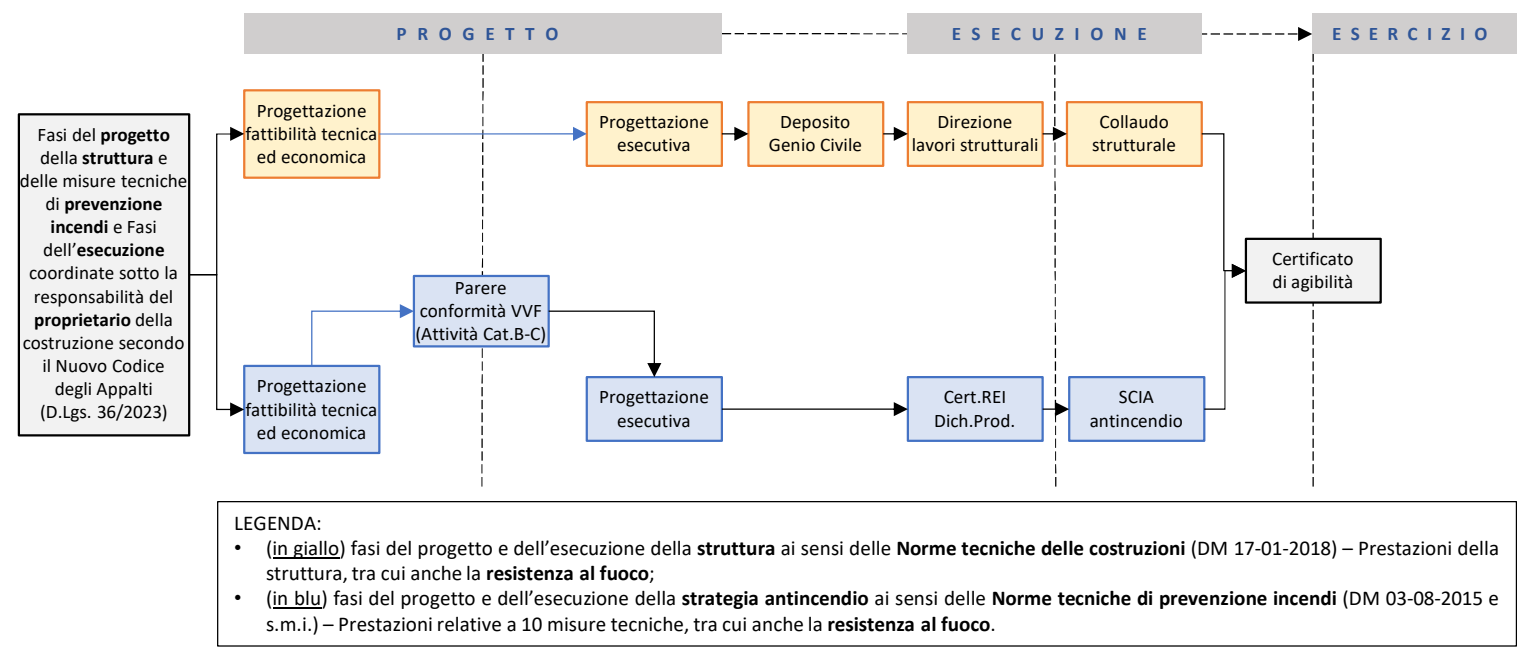
Illustrazione M.2-1: Fasi dell'incendio

DM 03-08-2015: Sezione M

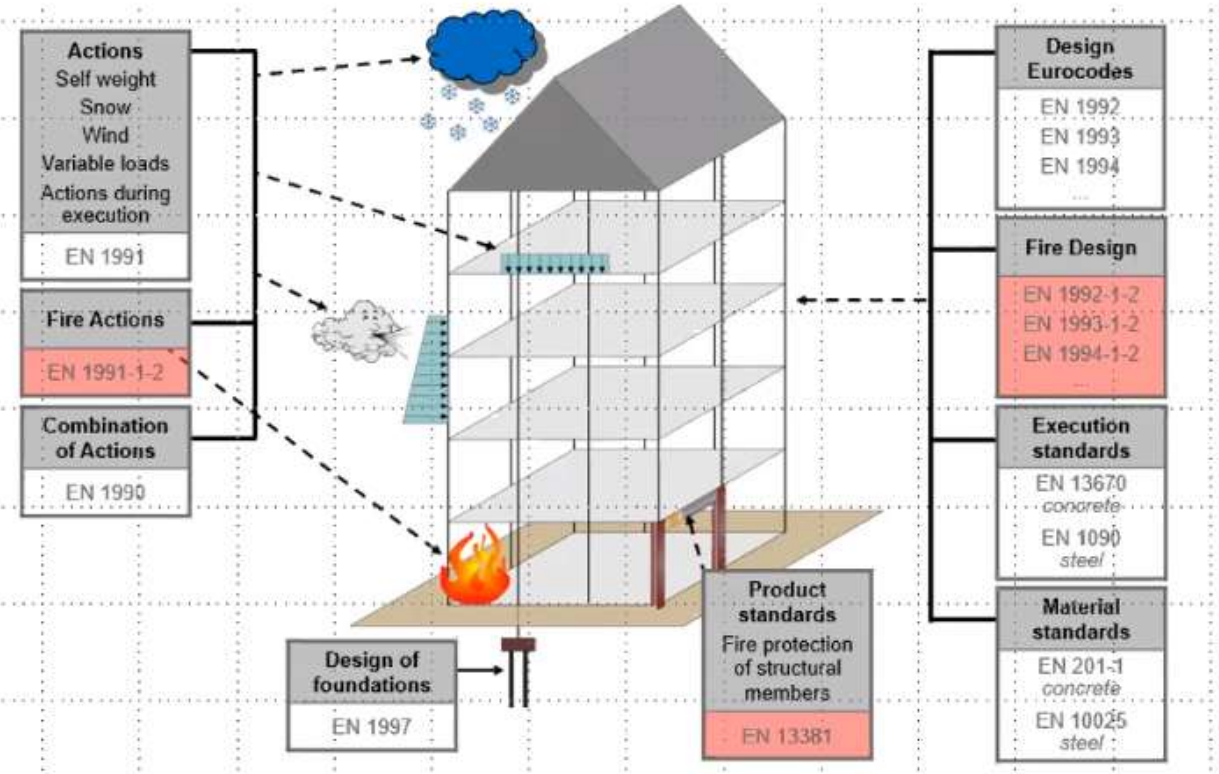


Office: RHR curves of natural design fires

ITER DELLE FASI OPERATIVE (vecchia normativa, prima del 2007-2008)

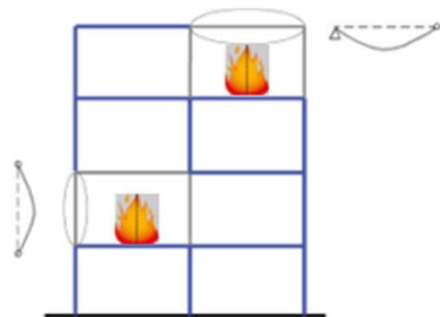


Second generation of the Eurocode (2010-2025)

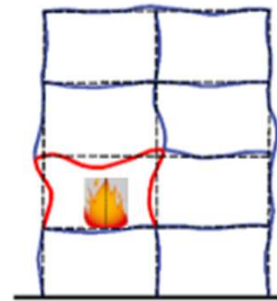


Soluzioni conformi ed alternative: differente analisi strutturale

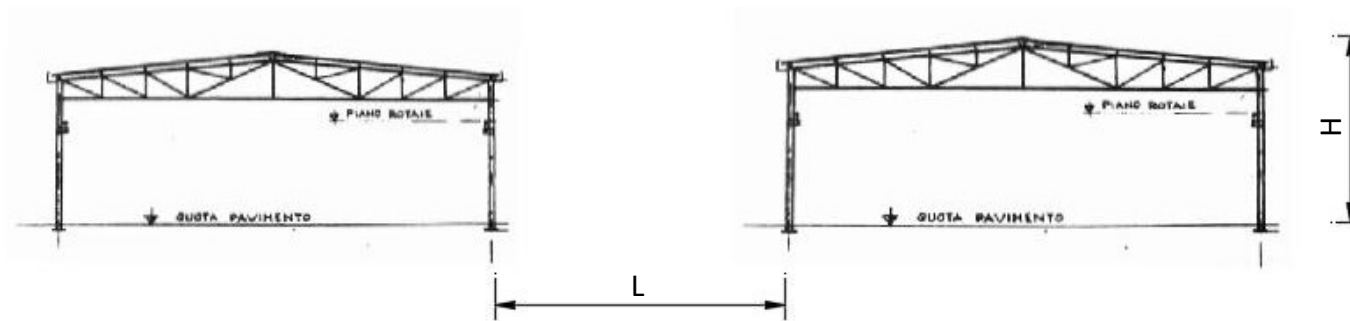
SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA E SOLUZIONI PROGETTUALI	Soluzioni Conformi	Soluzioni alternative
Analisi per singoli elementi	SI	NO
Analisi per parti della struttura	SI	SI
Analisi globale della struttura	SI	SI



Single elements analysis

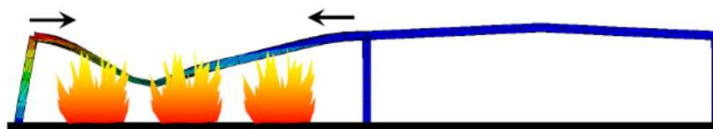


Global analysis

Resistenza al fuoco: **Livello I – Soluzione conforme****S.2.4.1**

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.

$$L > H$$

Resistenza al fuoco: **Livello I – Soluzione alternativa**

Meccanismo di collasso
della struttura di acciaio esposta all'incendio

S.2.4.6

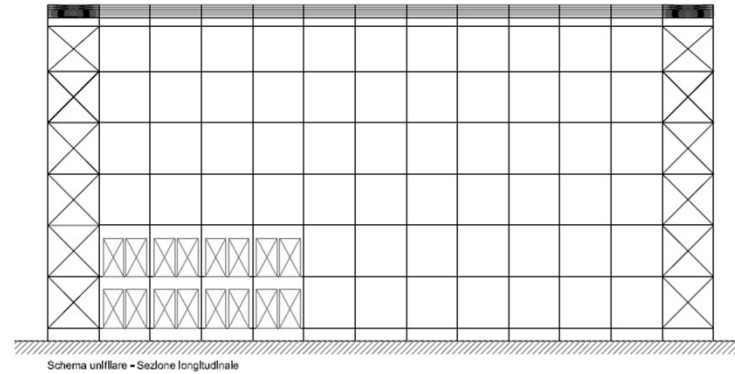
3. Ai fini della verifica dell'assenza di danneggiamento ad altre costruzioni, devono essere adottate soluzioni atte a dimostrare analiticamente, che il meccanismo di collasso strutturale in condizioni di incendio non arrechi danni ad altre costruzioni. Dette verifiche devono essere condotte in base 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.



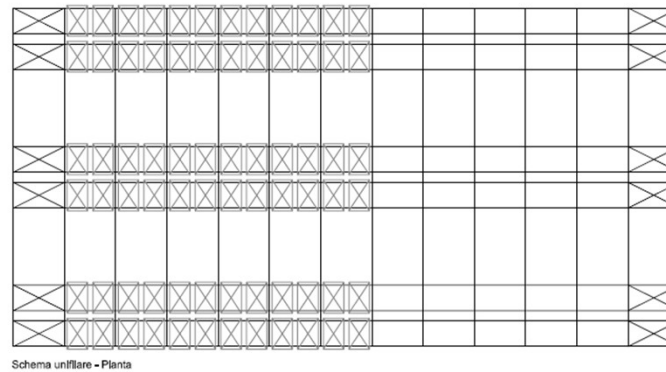
prove sperimentali in scala reale



Magazzino autoportante automatizzato



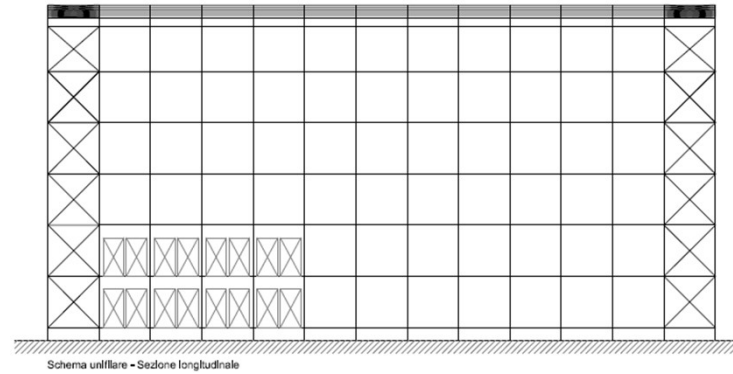
sezione



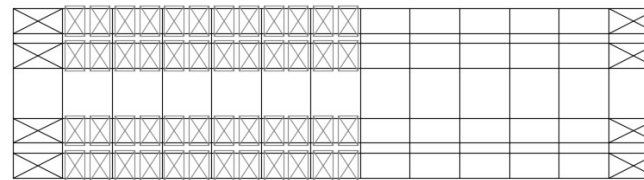
pianta



Magazzino autoportante automatizzato



sezione

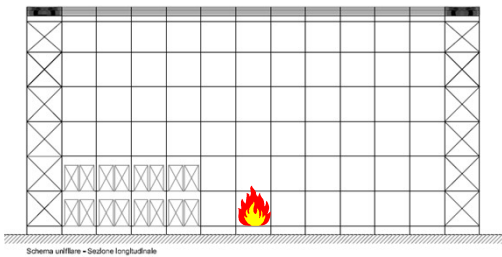


pianta

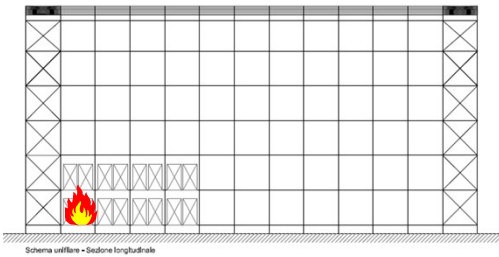
Attenzione:

- in questo caso la verifica del collasso strutturale verso l'interno non corrisponde alla verifica della prestazione!

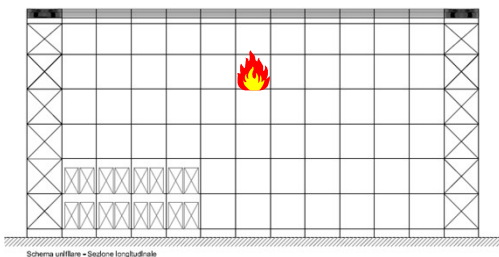
Scenari di incendio di progetto



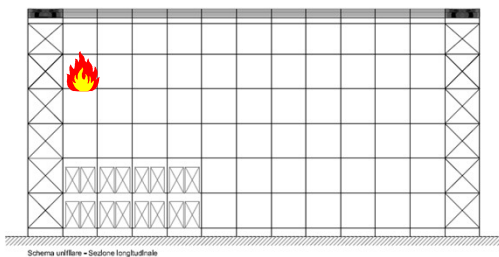
sezione



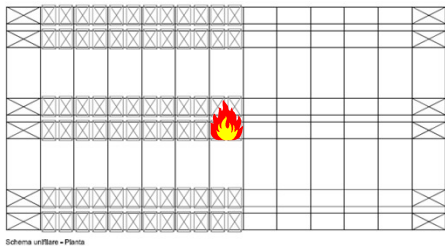
sezione



sezione

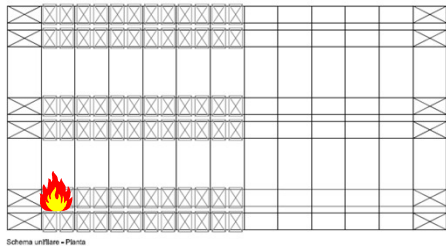


sezione



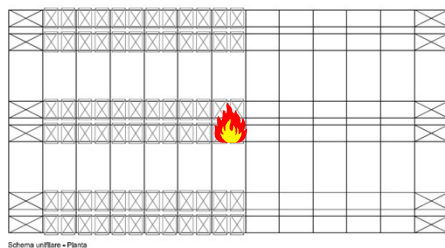
pianta

N. 1



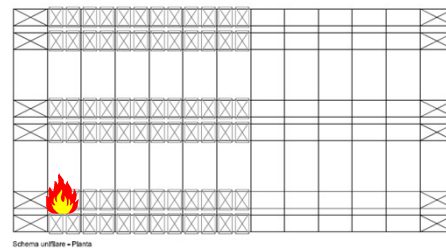
pianta

N. 2



pianta

N. 3



pianta

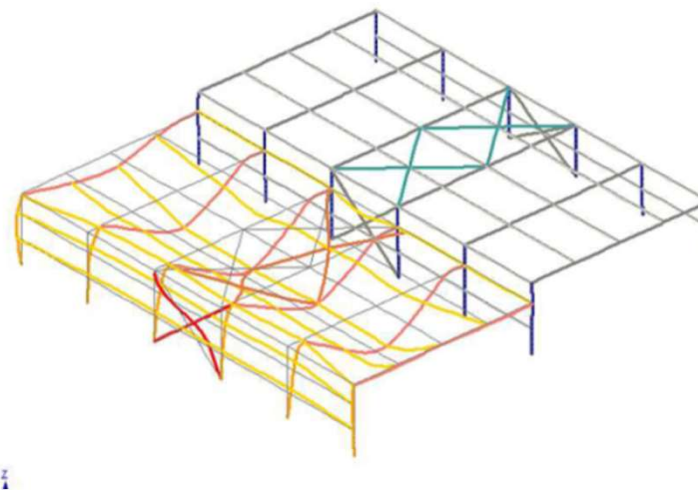
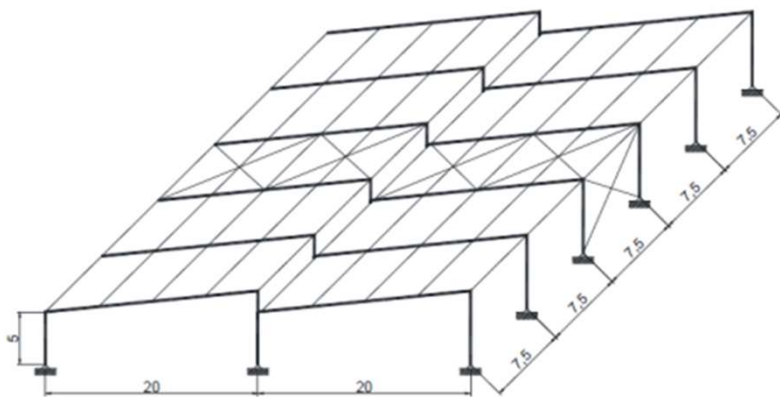
N. 4

Resistenza al fuoco: Livello II – **Soluzione conforme****S.2.4.2**

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.

Soluzione progettuale:

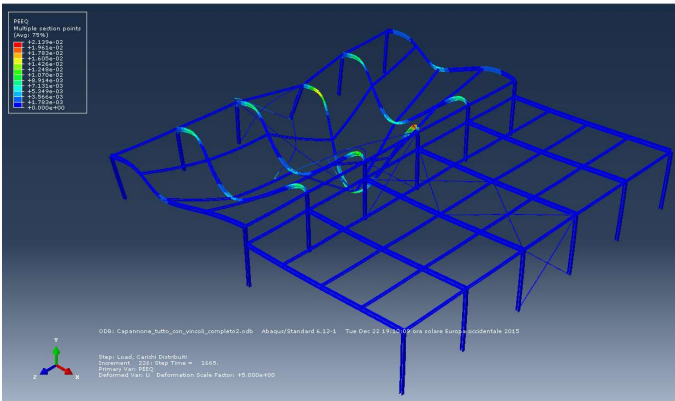
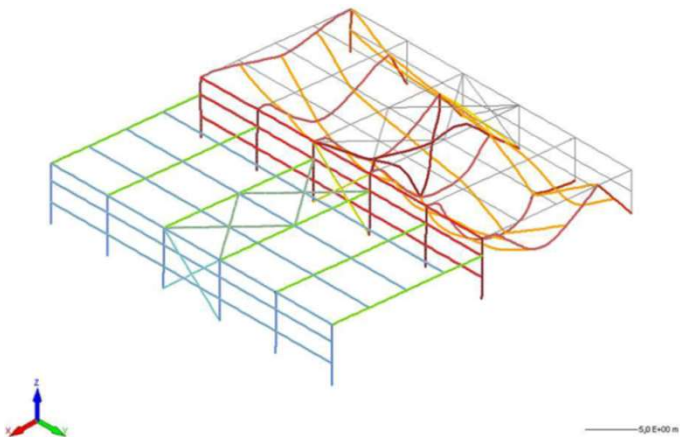
- Strutture di acciaio protette;
- Strutture composte acciaio-calcestruzzo.

Resistenza al fuoco: Livello II – **Soluzione alternativa****S.2.4.7**

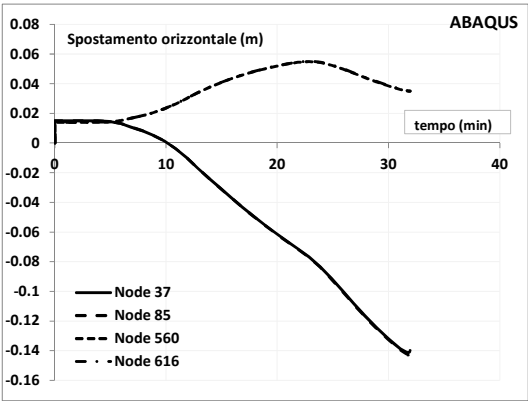
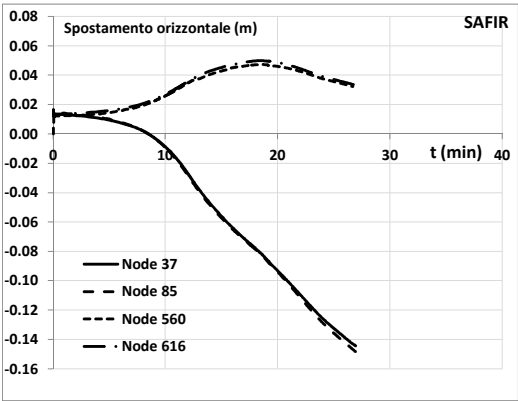
c. mantenimento della capacità portante in condizioni di incendio per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione. La capacità portante deve essere comunque tale da garantire un margine di sicurezza $t_{\text{marg}} \geq 100\% \cdot R_{\text{SET}}$ e comunque ≥ 15 minuti (paragrafo M.3.2.2).

Caso studio: capannone industriale

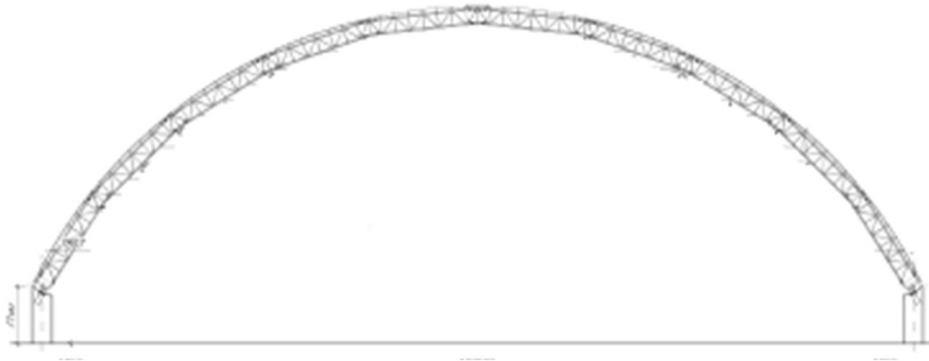
Verifica del livello prestazionale (Liv. II)



Incendio generalizzato (fase della rottura)



Spostamento testa colonna: Safir Vs Abacus



Realizzazioni (richiami di attenzione alla fase del progetto):

- Soluzione conforme: verifica della struttura di acciaio protetta (Livello di prestazione II, min R30)
- Soluzione alternativa: verifica della struttura di acciaio adeguata al livello di prestazione II

Resistenza al fuoco: Livello III – Soluzione conforme

- 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_{fs} come indicato in tabella S.2-3.

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

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

- V.6.5.2 Resistenza al fuoco
1. Con esclusione delle autorimesse isolate, la classe di resistenza al fuoco dei compartimenti (Capitolo S.2) non può essere comunque inferiore a quanto previsto in tabella V.6-1.

2. L'opera da costruzione contenente l'autosilo deve avere indipendenza strutturale rispetto alle altre opere da costruzione e separata con elementi di resistenza al fuoco almeno di classe 120 (capitolo S.2).

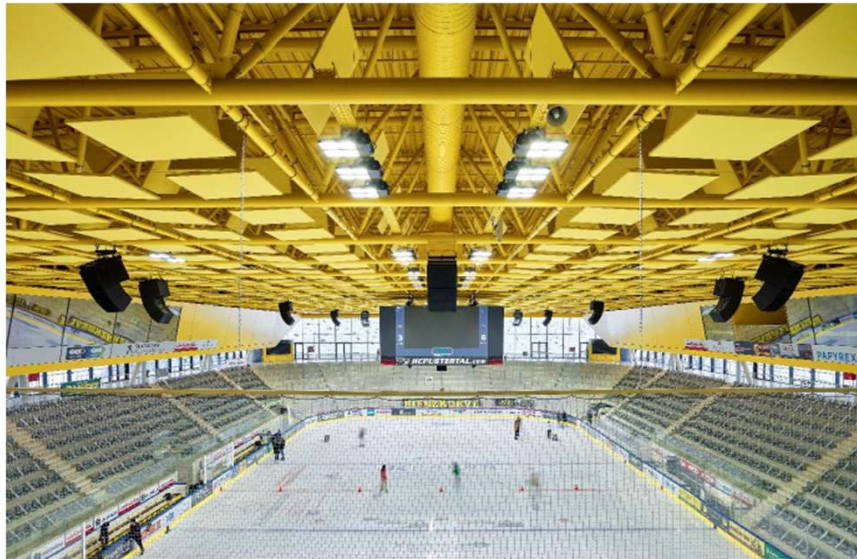
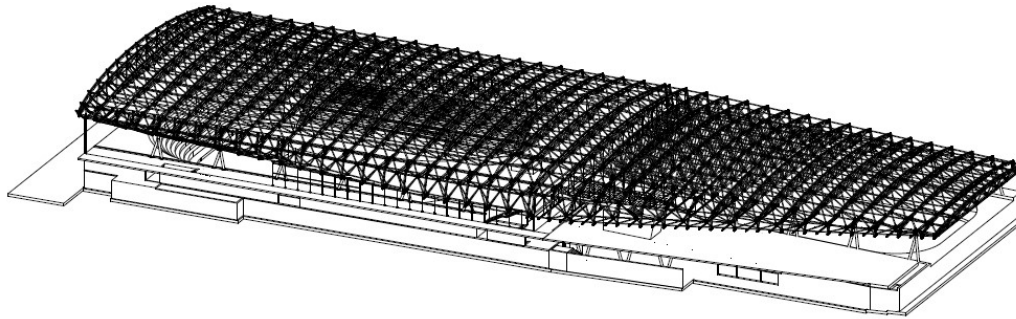
Compartimenti	Classificazione dell'attività			
	SA, SB			SC
	Autorimesse aperte	Autorimesse chiuse		
		HA, HB	HC, HD	
Fuori terra	30	60	90	Resistenza al fuoco secondo capitolo S.2
Interrati	60			

Tabella V.6-1: Classe minima di resistenza al fuoco

Soluzione progettuale:

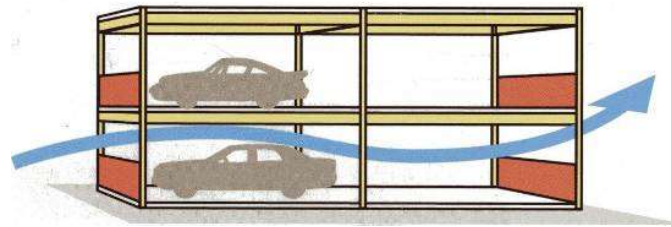
- Strutture di acciaio protette;
- Strutture composte acciaio-calcestruzzo.

Approccio prescrittivo / prestazionale

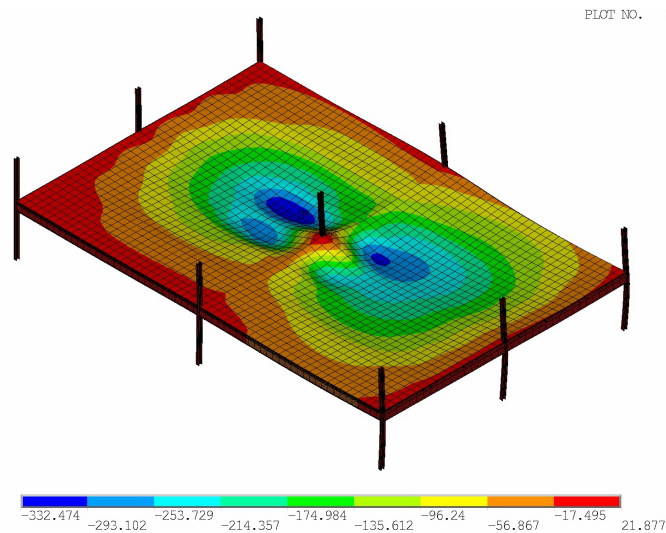


Progetto in presenza di carico di incendio non uniforme

Resistenza al fuoco: Livello III – **Soluzione alternativa**



Prove sperimentali in scala reale



Modelli di calcolo

Caso studio: autorimessa aperta

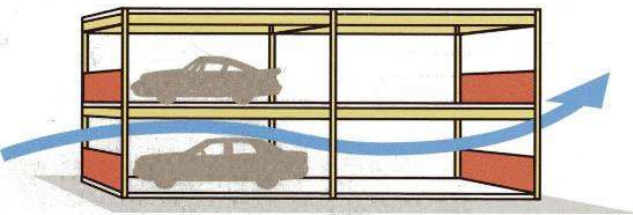


Figura 1 – Le autorimesse aperte

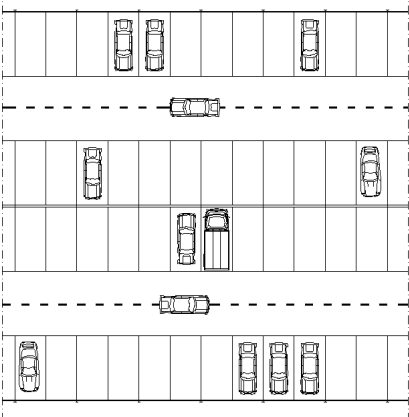


Figura 2 – Schema di riferimento dell'autorimessa

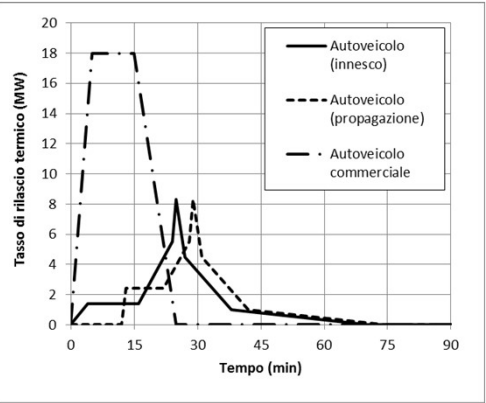


Figura 3 – Schematizzazione in caso di incendio degli autoveicoli

Tempo [min]	Autoveicolo (innesco) [MW]	Tempo [min]	Autoveicolo (propagazione) [MW]	Tempo [min]	Auoveicolo commerciale [MW]
0	0	0	0	0	0
4	1.4	12	0	5	18
16	1.4	13	2.4	15	18
24	5.5	22	2.4	25	0
25	8.3	28	5.5	120	0
27	4.5	29	8.3		
38	1	31	4.5		
70	0	42	1		
120	0	74	0		
		120	0		

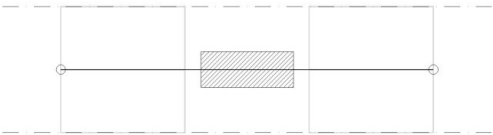


Figura 5 - Scenario di incendio di tipo 1

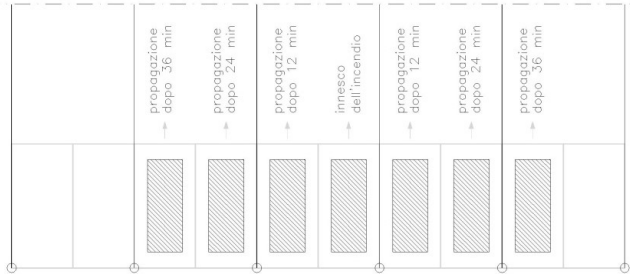


Figura 6 - Scenario di incendio di tipo 2

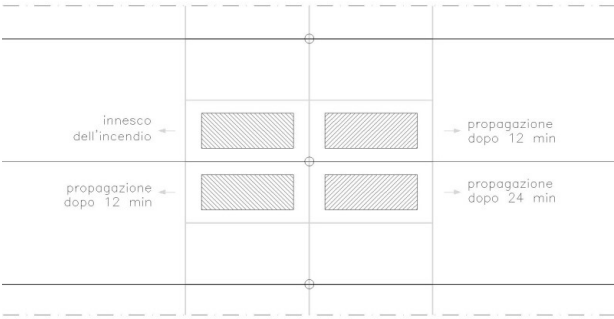
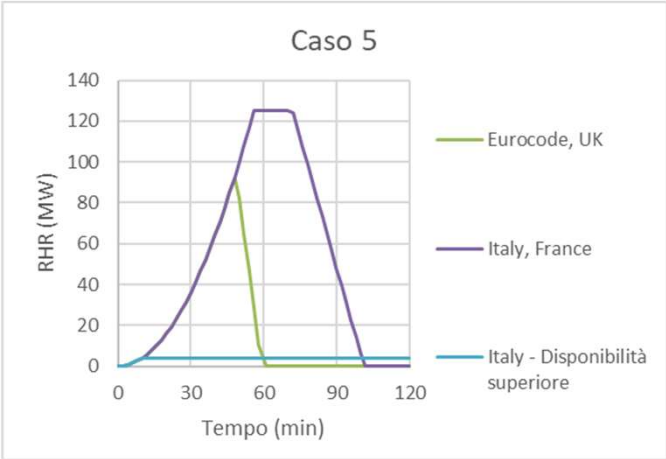
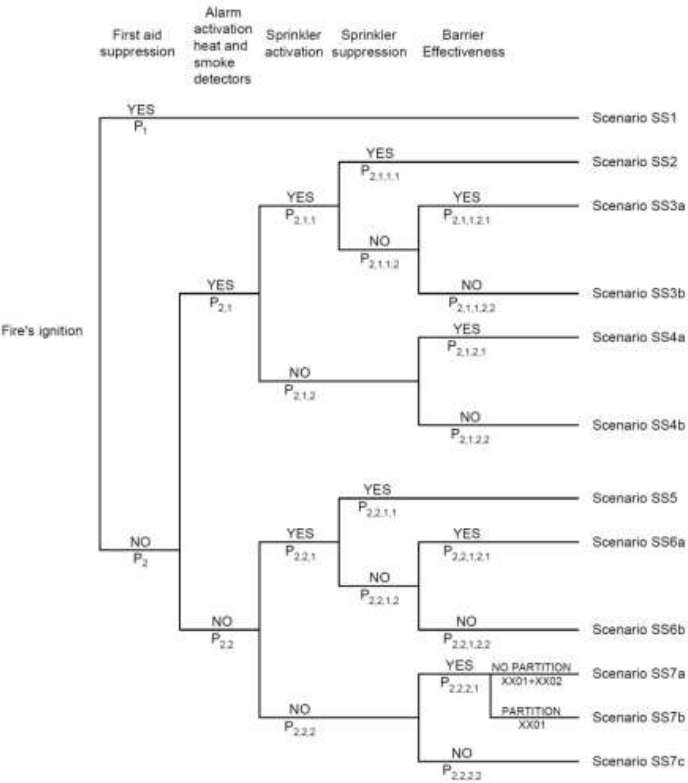


Figura 7 - Scenario di incendio di tipo 3

Resistenza al fuoco e verifica del livello di prestazione: richiami di attenzione alla fase progettuale



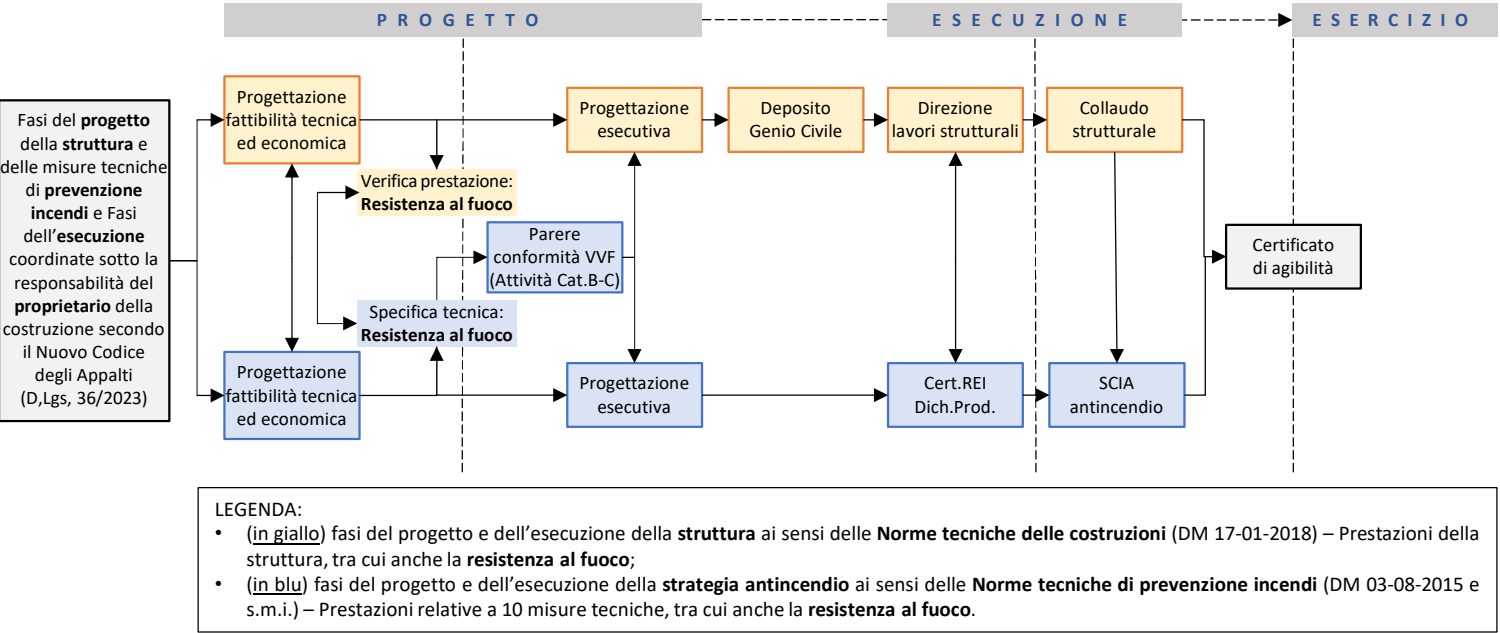
Resistenza al fuoco e verifica del livello di prestazione: richiami di attenzione al progetto



RHR curves of natural design fires

- Approccio nella normativa nazionale e negli Eurocodici:
- prestazione di resistenza al fuoco come requisito essenziale delle costruzioni (ambito normativo)
 - incendi controllati dal funzionamento degli impianti automatici impiegati nel progetto della business continuity (ambito assicurativo)

ITER DELLE FASI OPERATIVE: proposta (sulla base della normativa vigente)



Procedure del progetto di prevenzione incendi e del progetto strutturale

RESISTENZA AL FUOCO: la specifica tecnica nel progetto di prevenzione incendi
(attività in corso)

Soluzioni progettuali conformi

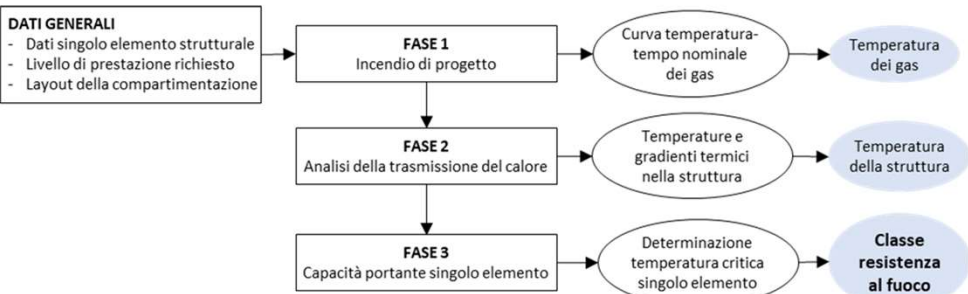


Figura 1 Soluzione progettuale conforme: schema generale della valutazione della resistenza al fuoco

Soluzioni progettuali alternative

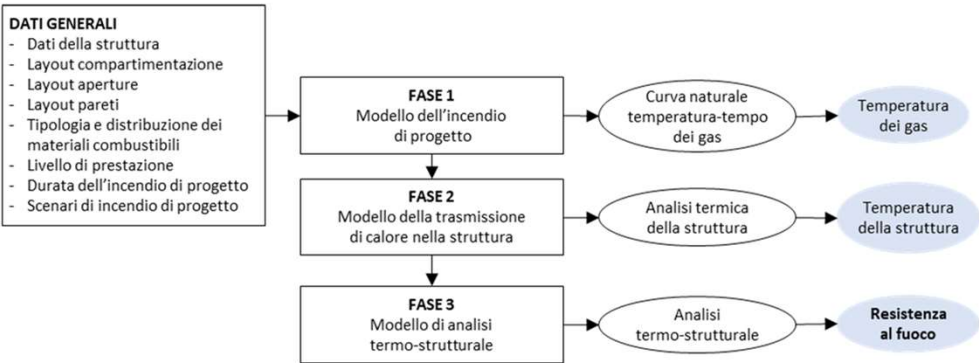


Figura 1 - Soluzione progettuale alternativa: schema generale della valutazione della resistenza al fuoco

L'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
unitamente alla Fondazione dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma,
al Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco e a Fondazione Promozione Acciaio
propone il Seminario tecnico gratuito:

**LA RESISTENZA AL FUOCO
DELLE COSTRUZIONI DI ACCIAIO**
ai sensi delle Norme Tecniche di Prevenzione Incendi
e delle Norme Tecniche per le Costruzioni

martedì 5 novembre 2024 - ore 9:00 / 17:00
Aula Magna, ISA - Istituto Superiore Antincendi, Via del Commercio 13, Roma

LA PRESTAZIONE DI RESISTENZA AL FUOCO DELLE COSTRUZIONI DI ACCIAIO
soluzioni progettuali conformi ed alternative

Grazie per l'attenzione!

ing. Sandro Pustorino

sandro.pustorino@sis-ingegneria.com



Commissione per la Sicurezza
delle Costruzioni in Acciaio
in caso d'Incendio