



Direzione Regionale
dei Vigili del Fuoco
Soccorso Pubblico e Difesa Civile
CAMPANIA



IL NUOVO CODICE DI PREVENZIONE INCENDI: cosa è cambiato?

9 DICEMBRE 2015 ore 14:30

UNIONE degli INDUSTRIALI della PROVINCIA di NAPOLI - Napoli, Piazza dei Martiri, 58

APPLICAZIONI DELL'APPROCCIO INGEGNERISTICO ALLA SICUREZZA STRUTTURALE ANTINCENDIO

Prof. Ing. Emidio Nigro

**Di.St. - Dipartimento di Strutture per
l'Ingegneria e l'Architettura
Università di Napoli Federico II**

E-mail: emidio.nigro@unina.it

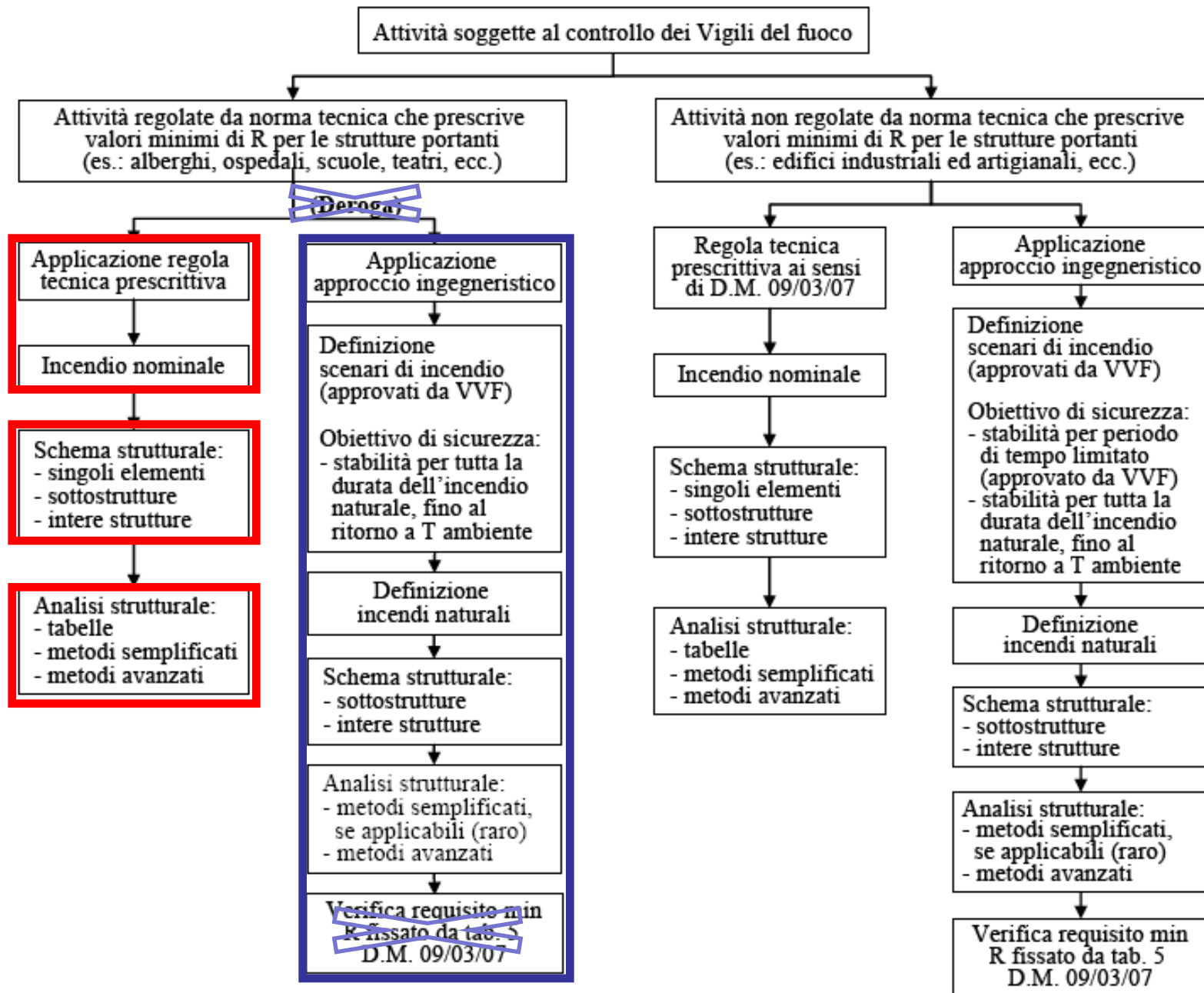


www.promozioneacciaio.it

in collaborazione con:

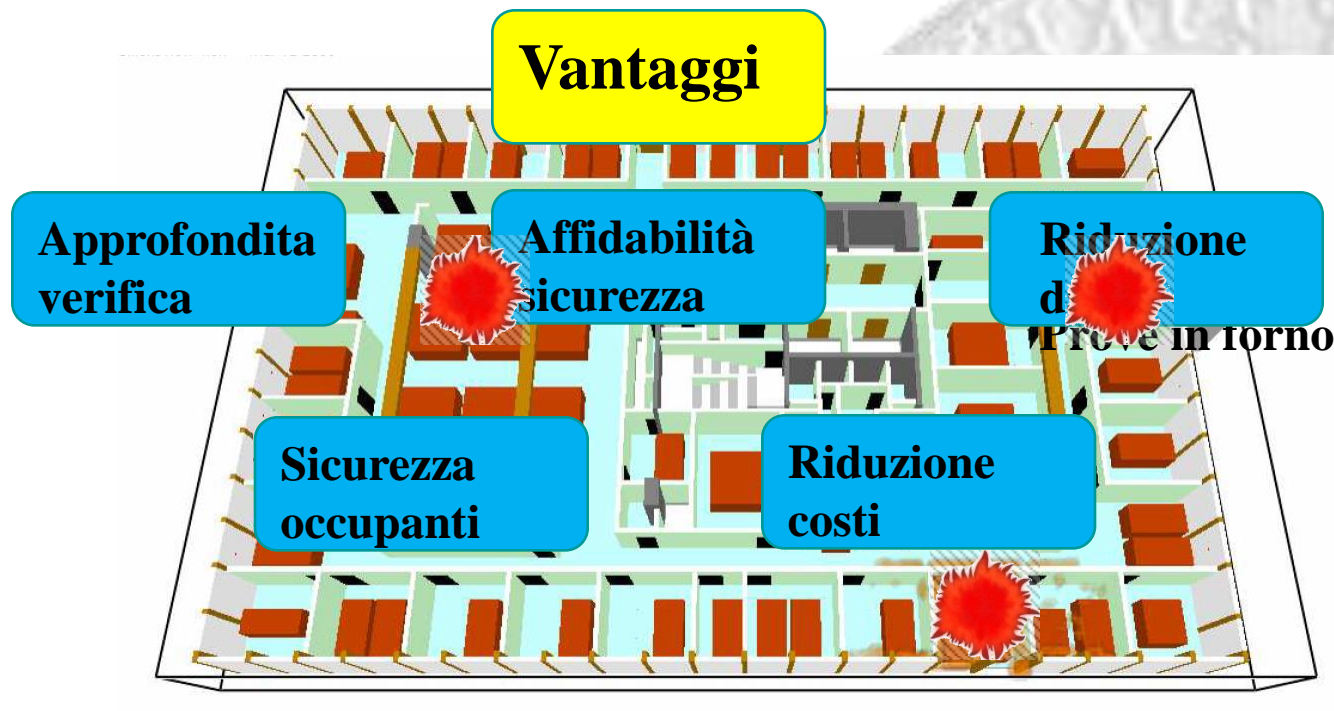
Ing. Giuseppe Cefarelli, Ing. Anna Ferraro, Ing. Domenico Sannino

Schema valutazione sicurezza strutturale



Approccio ingegneristico

- Metodo paritetico e alternativo all'approccio di tipo tradizionale (approccio prescrittivo).
- Analisi con l'utilizzo di incendi naturali.
- Definizione degli scenari di incendio di progetto. Uno scenario d'incendio è una descrizione qualitativa del corso di un incendio nel tempo, identificando gli eventi chiave che caratterizzano l'incendio e lo differenziano tra tutti gli altri incendi possibili.

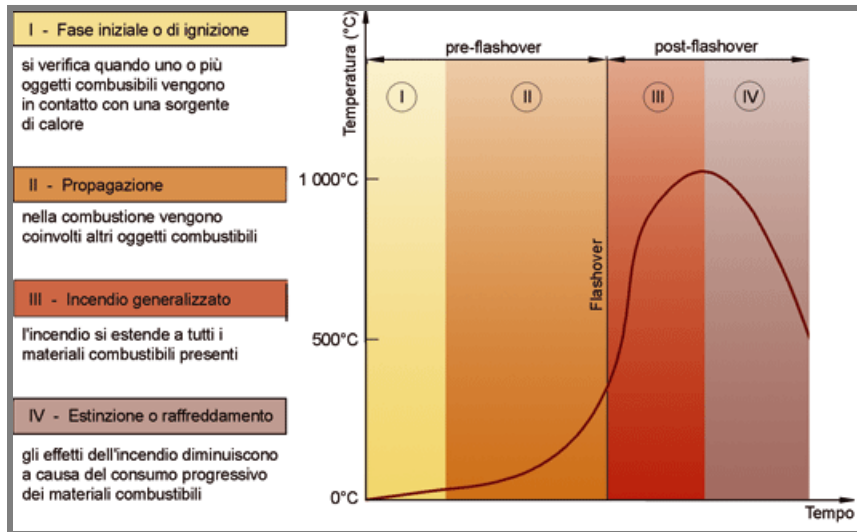


Approccio ingegneristico vs prescrittivo

- Metodo paritetico e alternativo all'approccio di tipo tradizionale (approccio prescrittivo).

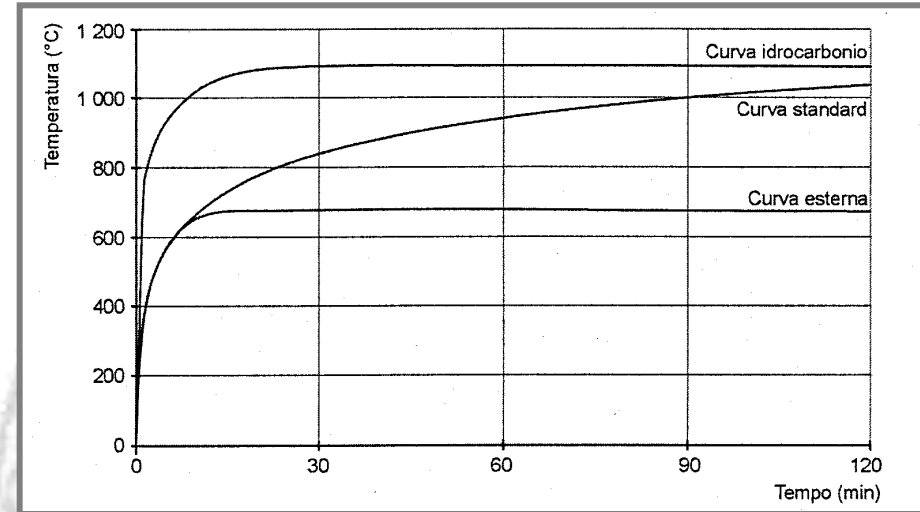
Approccio ingegneristico

Analisi con l'utilizzo di incendi naturali.

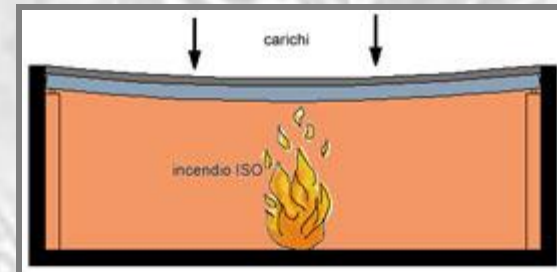


Approccio prescrittivo

Analisi con incendi nominali



Prove in forno



L'azione incendio – NTC 2008

NTC2008 (§3.6: Azioni eccezionali)

Le azioni eccezionali sono quelle che si presentano in occasione di eventi quali incendi, esplosioni ed urti ...

La sicurezza strutturale in caso di incendio – NTC 2012

NTC2012 (§2.1: PRINCIPI GENERALI)

In particolare, secondo quanto stabilito nei capitoli specifici, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

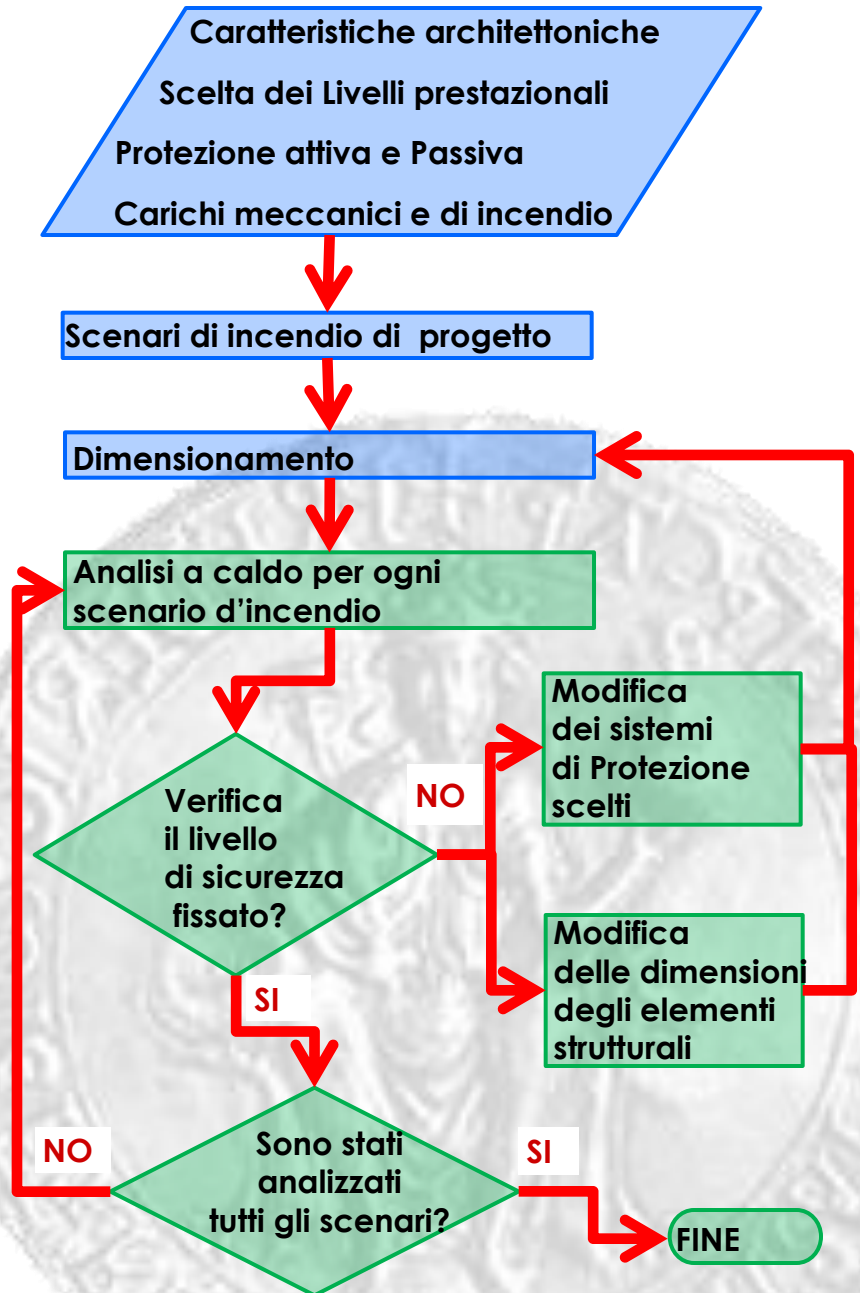
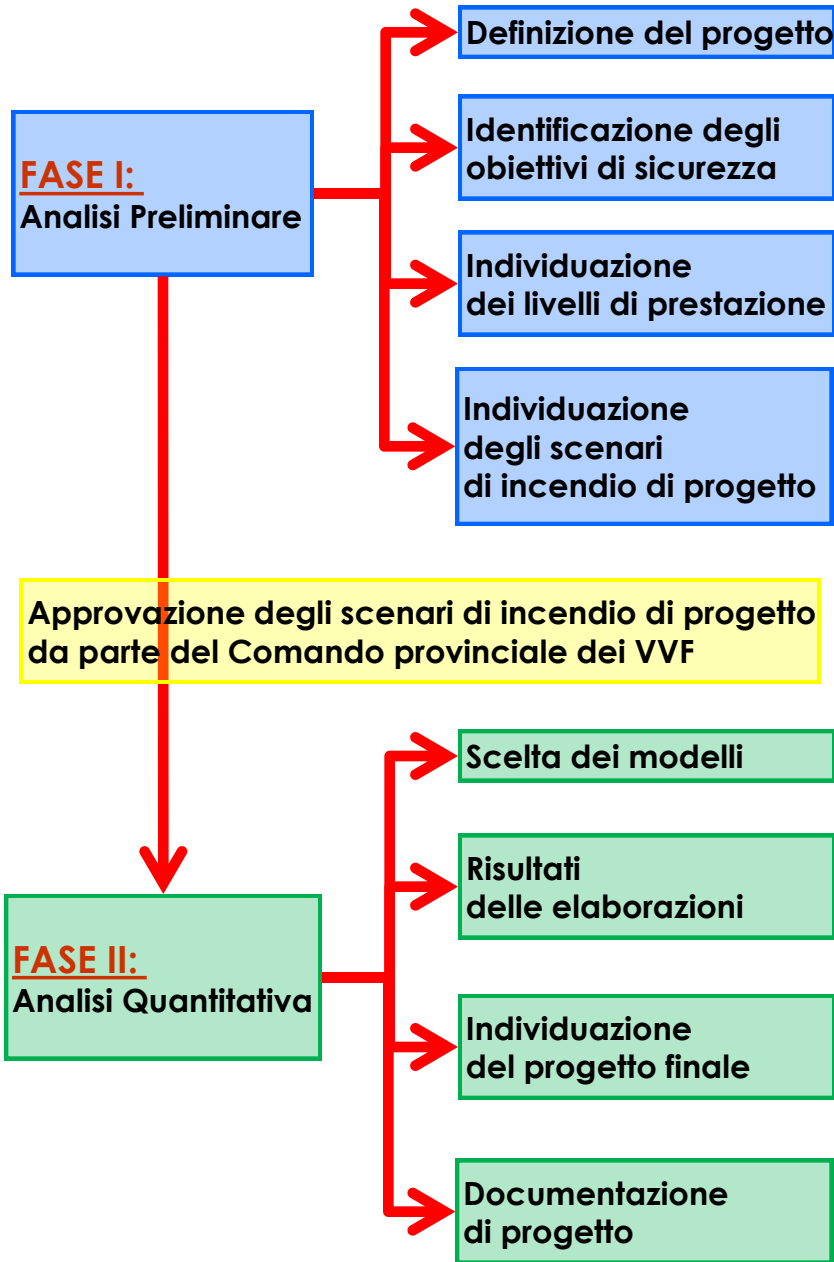
- *sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): ... ;*
- *sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): ...;*
- *sicurezza antincendio: capacità di garantire le prestazioni strutturali previste in caso d'incendio, per un periodo richiesto;*
- *durabilità: ... ;*
- *robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle di possibili cause innescanti eccezionali quali incendio, esplosioni e, urti.*

NTC2012 (§2.2.5: VERIFICHE)

Le opere strutturali devono essere verificate:

- a) *per gli stati limite ultimi che possono presentarsi, in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni;*
- b) *per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese;*
- c) *quando necessario, nei confronti degli effetti derivanti dalle azioni termiche connesse con lo sviluppo di un incendio.*

Approccio ingegneristico



RICHIESTE DI PRESTAZIONE IN CASO DI INCENDIO

Le nuove Norme Tecniche di Prevenzione Incendi (D.M. 03/08/2015) modificano lievemente i livelli di prestazione per la resistenza al fuoco:

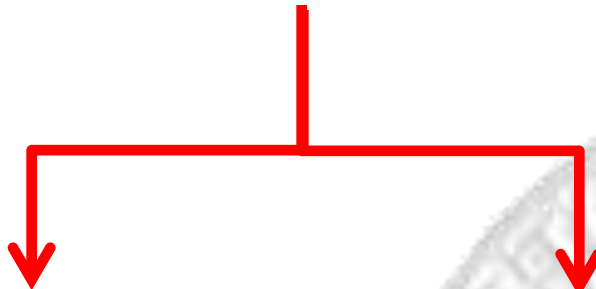
Livello di prestazione	Descrizione
I	Assenza di conseguenze esterne per collasso strutturale
II	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione.
III	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco 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 per la resistenza al fuoco



Criteri di scelta degli scenari

Lo “Scenario di incendio” è la descrizione qualitativa dell’evoluzione di un incendio che individua gli eventi chiave che lo caratterizzano e che lo differenziano dagli altri incendi. Chiaramente gli scenari possibili in un edificio sono innumerevoli. Tra questi scenari sarà effettuata la scelta di quelli che vengono definiti scenari di incendio di progetto



Fire Risk Assessment

$$R = P \times C$$

La valutazione del Rischio R connesso a ciascuno scenario di incendio, ottenuto dal prodotto della Probabilità P di accadimento dello scenario per i Danni C (conseguenze) che lo stesso scenario può provocare (*ISO/DS 16733*).

Approccio EN1991-1-2 (Annex E)

I fenomeni capaci di modificare lo sviluppo dell’incendio sono considerati attraverso coefficienti riduttivi del carico di incendio.

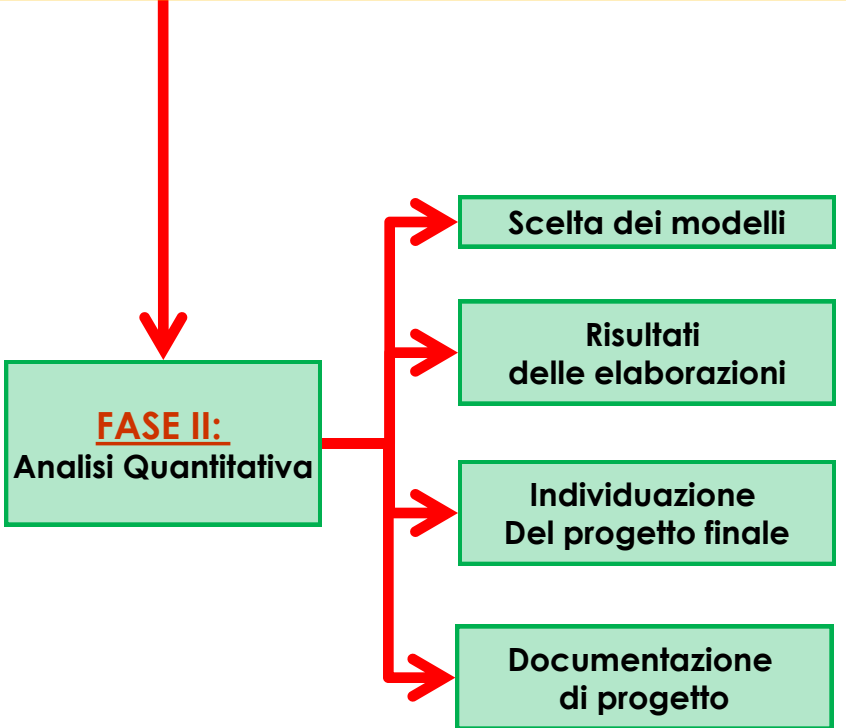
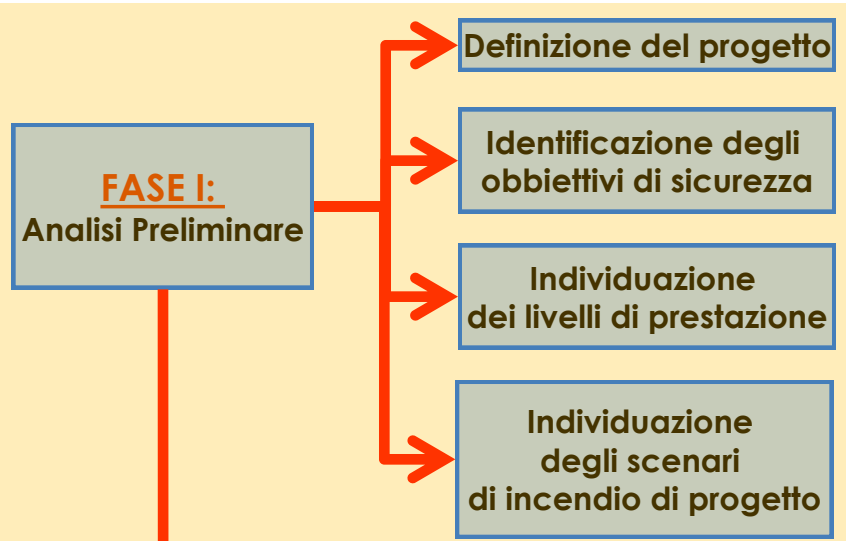
Applicazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza strutturale in condizioni di incendio - Il Progetto C.A.S.E. per L'Aquila.

E. Nigro, G. Cefarelli, A. Ferraro, E. Cosenza, G. Manfredi

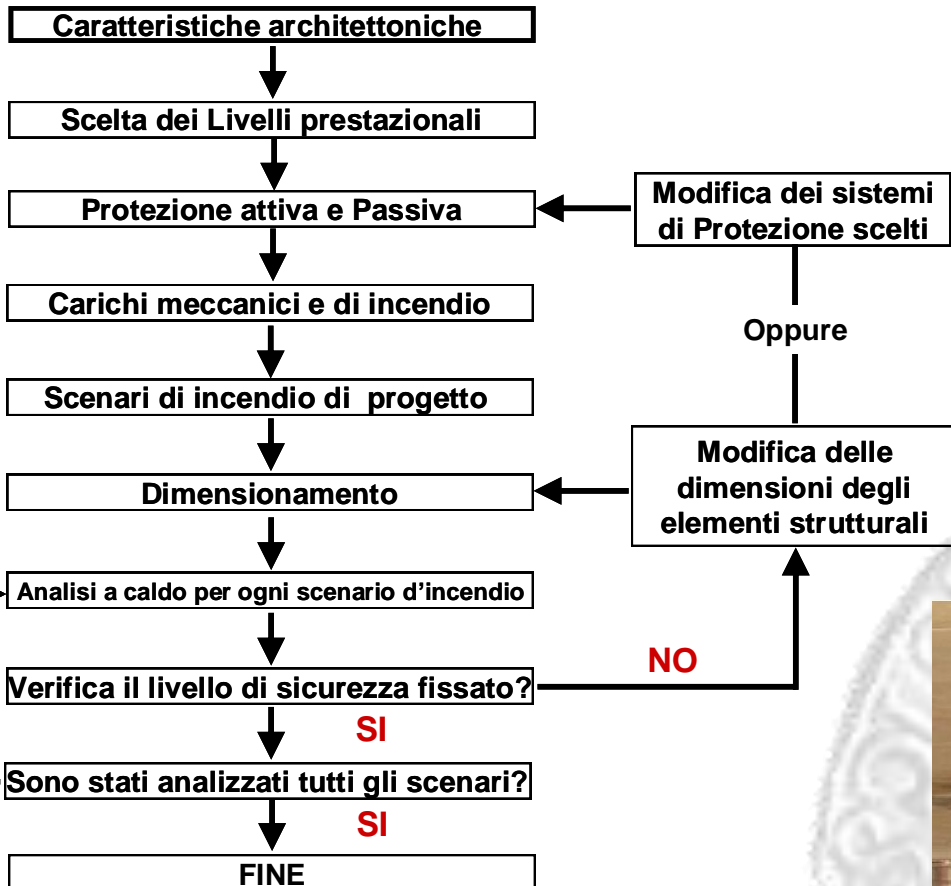


D.I.ST. - Dipartimento di Ingegneria **ST**rutturale
Università degli Studi di Napoli "Federico II"

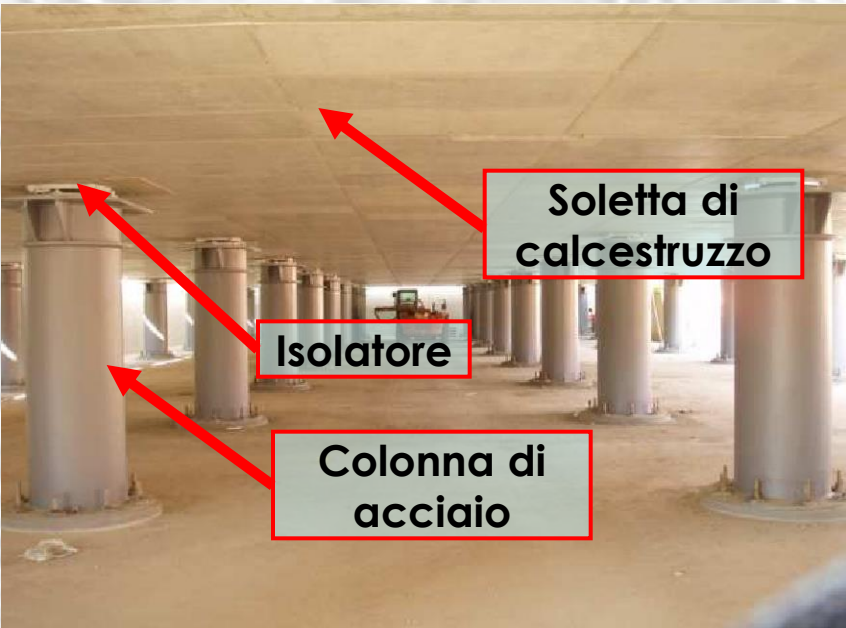
D.M. 09/05/2007: Approccio ingegneristico



Caso studio: Autorimesse del Progetto C.A.S.@E. per L'Aquila



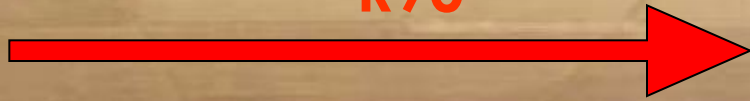
Autorimessa



Le colonne in acciaio delle autorimesse, sono realizzate con un **tubo cavo di acciaio caratterizzato dalla presenza di un capitello sommitale**, utile per la ripartizione del carico trasferito dall'isolatore sismico interposto tra la colonna e la piastra isolata in c.a. e per il sollevamento.

Caso Studio FSE: Caratteristiche architettoniche e geometriche

Norma Prescrittiva (D. M. 01/02/1986)
34 posti auto **R90**



58 m



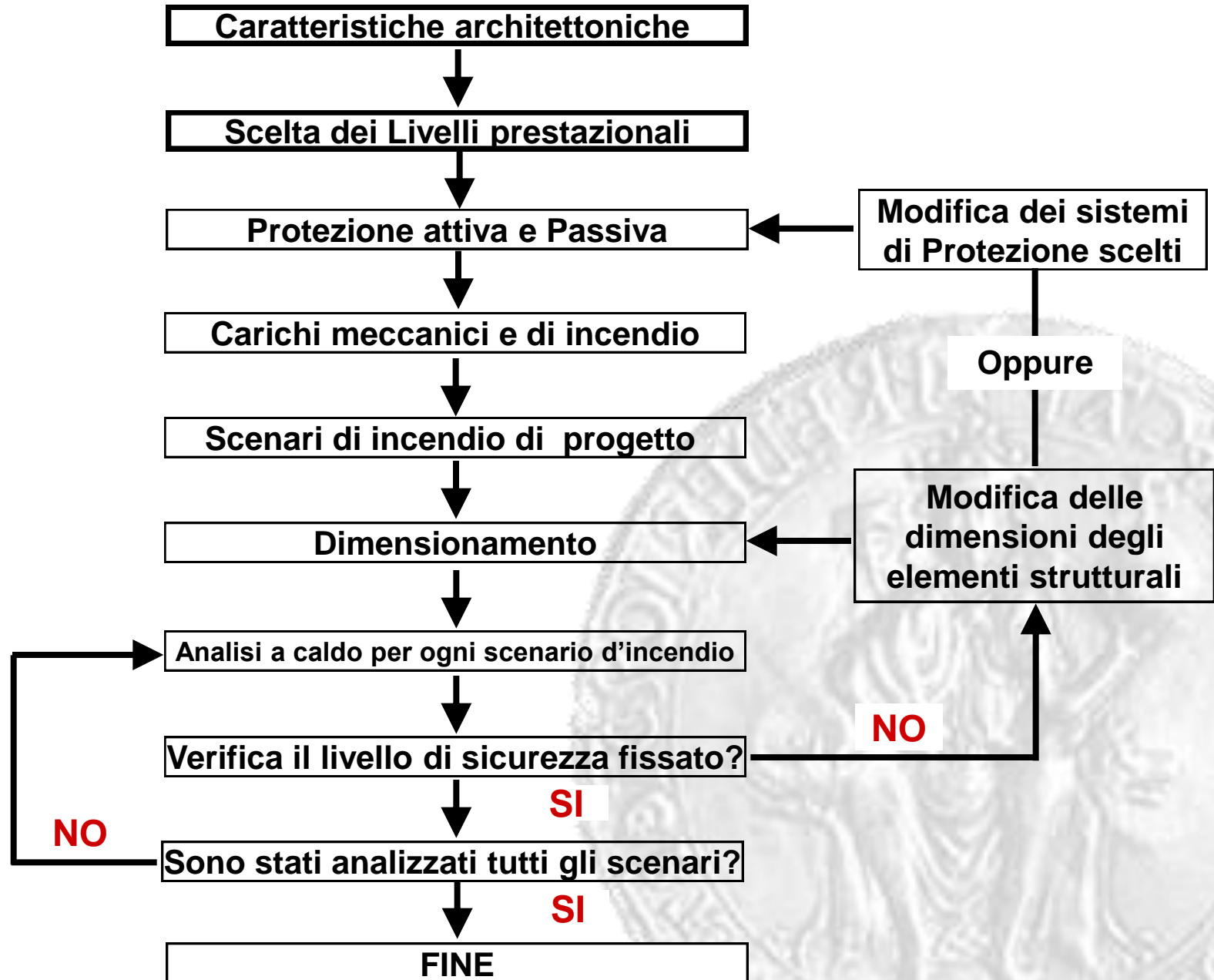
Autorimesse CHIUSE
Valutazione delle prestazioni della struttura in assenza di sistemi di protezione passiva attraverso la FSE

Possibilità di 22 m
La zona adibita ad autorimesse può essere completamente aperta sui quattro lati ovvero parzialmente chiusa su uno o più lati. Pertanto tra i vari casi esaminati sono presenti sia autorimesse di tipo aerato sia di tipo completamente chiuso e diverse condizioni intermedie.

Autorimesse AERATE



FSE: Layout



Caso Studio FSE: Livelli Prestazionali

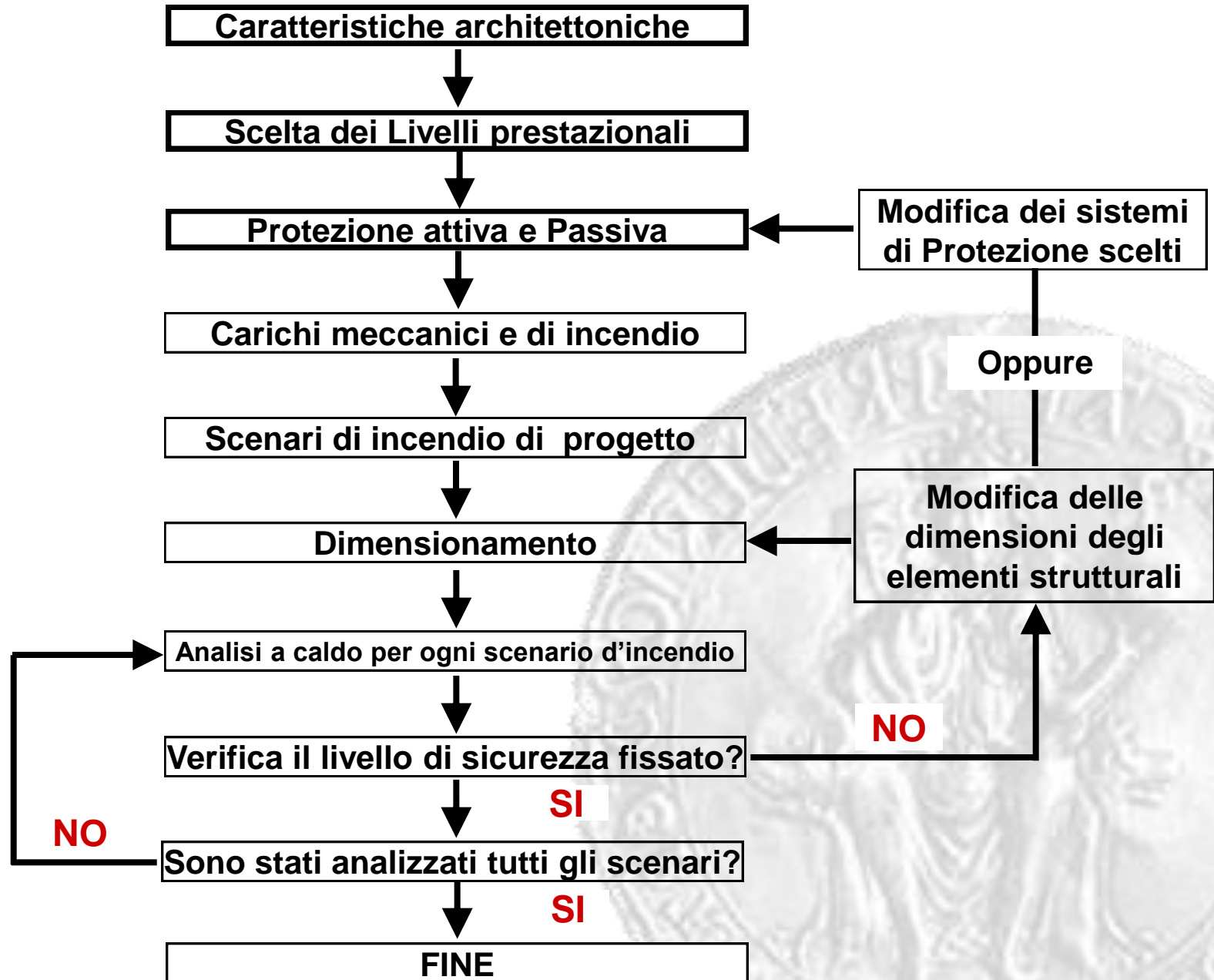
Secondo le indicazioni delle *Norme tecniche per le costruzioni 2008* il progettista può scegliere 5 livelli di prestazione:

- ✓ **Livello I:** nessun requisito specifico di resistenza al fuoco dove le conseguenze del crollo delle strutture siano accettabili o dove il rischio d'incendio sia trascurabile.
- ✓ **Livello II:** requisiti di resistenza al fuoco delle strutture per un periodo sufficiente a garantire l'evacuazione degli occupanti in un luogo sicuro.
- ✓ **Livello III:** Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco delle strutture per un periodo congruo con la gestione dell'emergenza.
- ✓ **Livello IV:** requisiti di resistenza al fuoco delle strutture per garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento delle strutture stesse.
- ✓ **Livello V:** requisiti di resistenza al fuoco delle strutture per garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità delle strutture stesse.








Al fine di **limitare il danneggiamento delle finiture e delle sovrastrutture** lo spostamento verticale relativo non deve superare il valore limite, assunto cautelativamente pari ad $L/200$ (5.0 ‰), essendo L la distanza tra due pilastri adiacenti ($L=6000\text{mm}$).



FSE: Layout



Caso Studio FSE: Dispositivi di Protezione Attiva e Passiva


<p>Sistema di rilevazione fumi e Allarme: Permette di riconoscere un evento di incendio fin dalle sue prime fasi, rendendo più facile la fase di evacuazione e l'intervento delle squadre di soccorso.</p>	
<p>Indicazione vie di fuga: È essenziale per garantire la sicurezza delle operazioni di esodo delle persone.</p>	
<p>Evacuatori di fumo: Permettono l'allontanamento dei gas nocivi, facilitano le operazioni di esodo delle persone, limitano la propagazione dell'incendio, rendono più sicuro l'intervento delle squadre di soccorso.</p>	
<p>Sistema di Estintori ed Idranti: Sono strumenti essenziali per permettere lo spegnimento di un incendio e per garantire l'efficacia dell'intervento delle squadre di soccorso.</p>	
<p>Sprinkler: Intervengono nelle fasi iniziali dell'incendio, limitandone l'estensione.</p>	

**Dimensionamento
 Ai sensi del D.M. 01-02-1986**

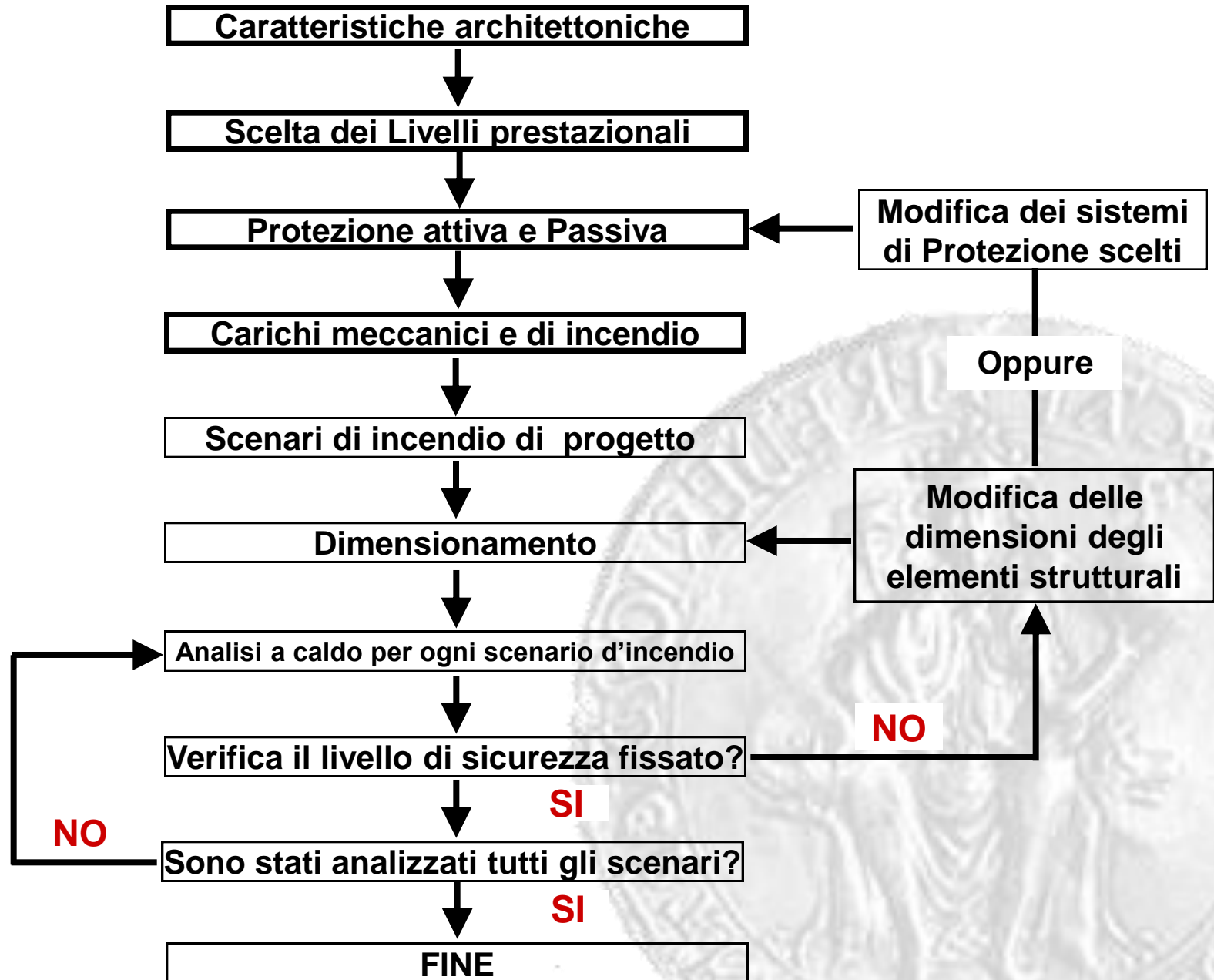
<p>Capacità portante: Garantisce la stabilità degli elementi portanti di una costruzione durante l'incendio.</p>	
<p>Compartimentazione: Impedisce la propagazione di fumi e calore all'esterno dell'ambiente in cui si sviluppa l'incendio.</p>	

**Verifiche strutturali
 in caso di incendio**

**Le varie autorimesse
 sono separate delle altre
 attività mediante pareti e
 solai REI120**

<p>Reazione al fuoco: Caratterizza la combustione di un dato materiale e rappresenta la velocità di propagazione della fiamma e la produzione di gas tossici.</p>	
---	--

FSE: Layout



Caso Studio FSE: Carico meccanico e carico di incendio

Combinazione di carico in caso di incendio

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (2008) classificano l'incendio tra le **azioni eccezionali**; pertanto le azioni meccaniche da considerare per le verifiche di resistenza in caso d'incendio sono definite dalla **combinazione di carico per azioni eccezionali**:

$$F_d = A_d + G_{k1} + G_{k2} + \sum_{i=1}^n \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Carico di incendio

Il carico di incendio rappresenta il **potenziale termico netto della totalità dei materiali combustibili contenuti in uno spazio**, corretto in base ai parametri indicativi della partecipazione alla combustione dei singoli materiali. Il carico di incendio è espresso in MJ

Carico di incendio specifico di progetto ($q_{f,d}$)

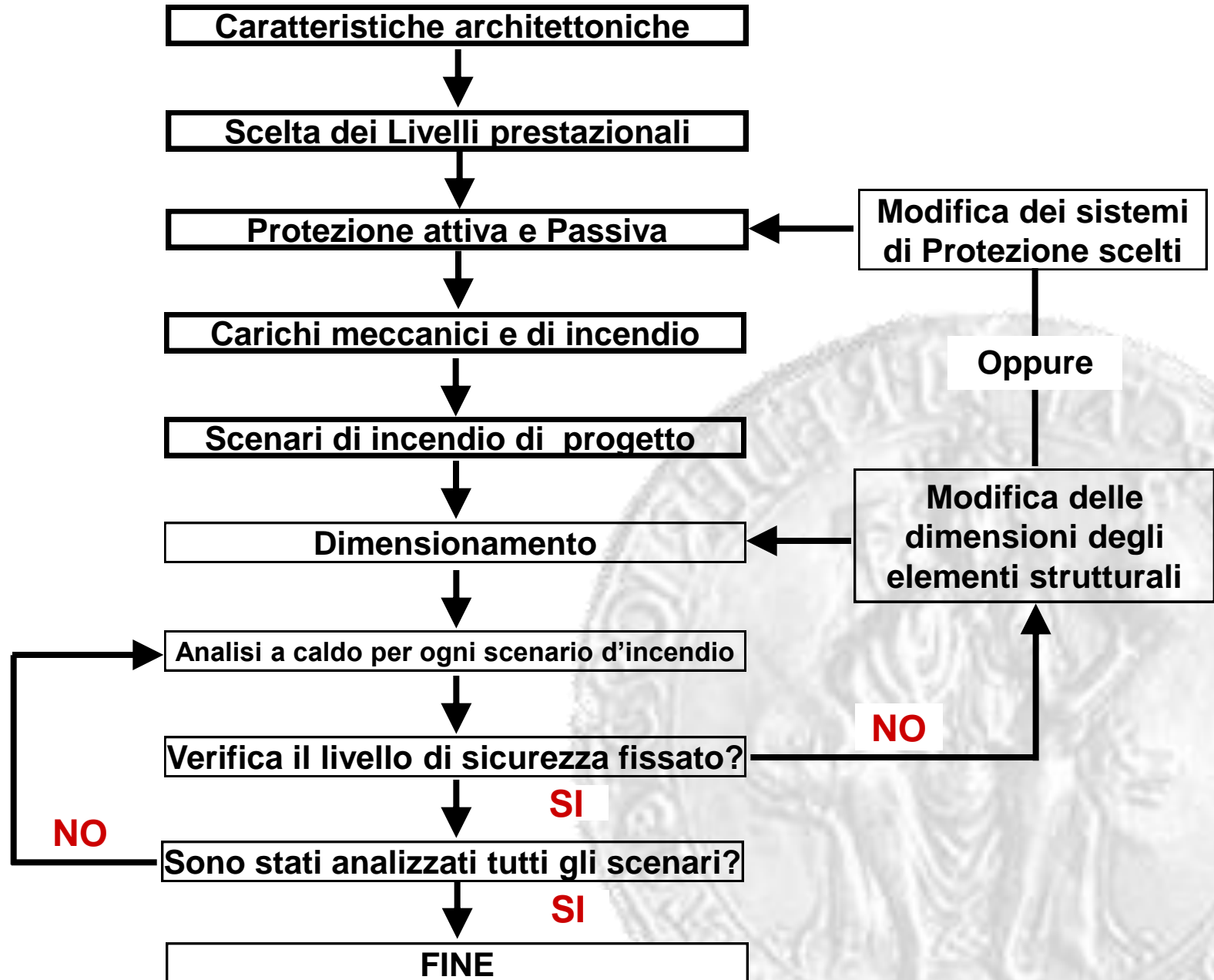
Il carico di incendio specifico di progetto rappresenta **carico d'incendio specifico corretto in base ai parametri indicatori del rischio di incendio del compartimento e dei fattori relativi alle misure di protezione presenti**. Esso costituisce la grandezza di riferimento per le valutazioni della resistenza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

$$q_{f,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot q_f$$



Carico di incendio specifico (q_f)

FSE: Layout



Caso Studio FSE: Scenari di incendio

Lo **scenario d'incendio** è la descrizione qualitativa dell'evoluzione di un incendio che individua gli eventi chiave che lo caratterizzano e che lo differenziano dagli altri incendi. Di solito può comprendere le seguenti fasi: innesco, crescita, incendio pienamente sviluppato, decadimento (EN1991-1-2).

Letteratura tecnica di riferimento

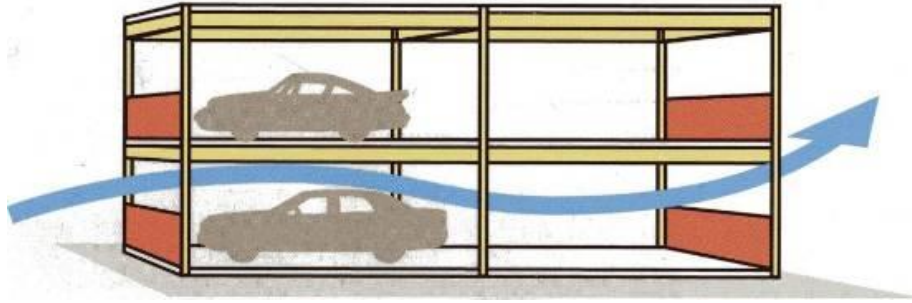
CEC Agreement 7215 - PP/025: *“Demonstration of Real Fire Tests in Car Parks and High Buildings”*, Ricerca condotta dal CITCM (Francia), PROFIL-ARBED Recherches (Lussemburgo) e TNO (Paesi Bassi), conclusa nel 2001.

Linee Guida INERIS: *“Parcs de stationnement en superstructure largement ventiles. Avis d'expert sur les scénarios d'incendie”*, Rapporto Finale del 2001 di INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques) e del CTICM (Centre Technique Industriel de la Construction Metallique).

REPORT PARCHEGGI: *“Approccio ingegneristico per la sicurezza strutturale in caso di incendio di parcheggi aerati realizzati con struttura di acciaio”*, Rapporto Interno Finale del 2010. Commissione per la Sicurezza delle Costruzioni di Acciaio in caso di Incendio.

Caso Studio FSE: Scenari di incendio – Autorimesse Aperte

I Parcheggi ampiamente ventilati

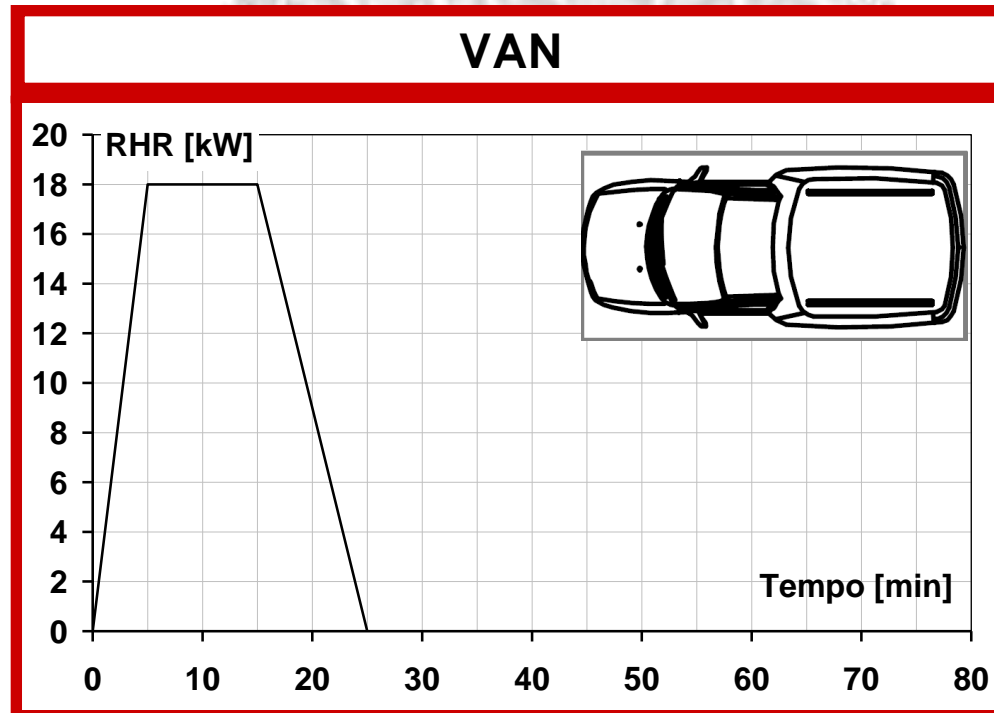


- ad ogni livello le aperture sono poste almeno su due facciate opposte;
- la superficie di apertura sia almeno 50% della superficie delle pareti su cui si trovano;
- la distanza tra facciate opposte aperte sia inferiore a 75 m;
- la superficie di apertura ad ogni livello > 5% della superficie in pianta del livello.

CEC Agreement 7215 - PP/025:

La ricerca si è sviluppata in tre parti:

✓ **Test al Calorimetric Hood.**



Caso Studio FSE: Carico di incendio specifico

CEC Agreement 7215 - PP/025

Calorimetric hood

Tipo	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 5
Peugeot	106	306	406	605	806
Renault	Tingo-Clio	Megane	Laguna	Safrane	Espace
Citroen	Saxo	ZX	Xantia	XM	Evasion
Ford	Fiesta	Escort	Mondeo	Scorpio	Galaxy
Opel	Corsa	Astra	Vectra	Omega	Frontera
Fiat	Punto	Bravo	Tempra	Croma	Ulysse
Wolkswagen	Polo	Golf	Passat	-	Sharan
Potenziale calorifico	6000 MJ	7500 MJ	9500 MJ	12000 MJ	



Consistenza del Parco Autoveicoli circolante in Abruzzo secondo l'Alimentazione e la Cilindrata al 31/12/2008

Regione	Alimentazione	Alimentazione	Alimentazione	Alimentazione	TOTALE
ABRUZZO	TOTTE	93.40%	100%	100%	818 677

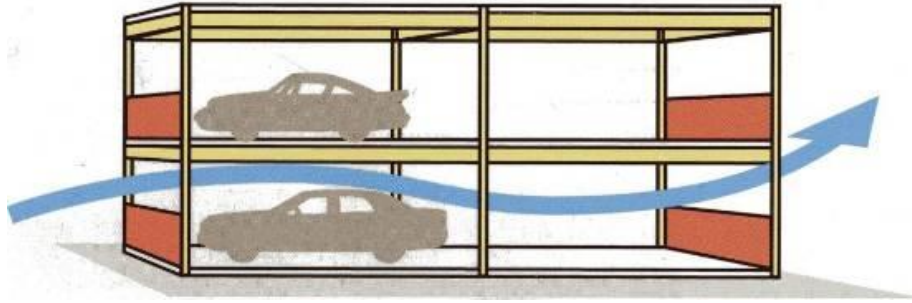
A variare il riferimento alle auto di categoria 3 ed ai veicoli commerciali (VAN) con potere calorifico di 9500 MJ contenenti 250 kg di materiale facilmente infiammabile (potere calorifico di 40 MJ/kg) si ottiene un riferimento a valori con probabilità di superamento inferiore al 20% (ovvero fragile 80%) con quanto previsto dal punto 2, comma 2, dell'allegato al D.M. 9 marzo 2007.



$$q_f = \frac{19500 \text{ MJ}}{1276 \text{ m}^2} = 268.08 \text{ MJ/m}^2$$

Caso Studio FSE: Scenari di incendio – Autorimesse Aperte

I Parcheggi ampiamente ventilati



- ad ogni livello le aperture sono poste almeno su due facciate opposte;
- la superficie di apertura sia almeno 50% della superficie delle pareti su cui si trovano;
- la distanza tra facciate opposte aperte sia inferiore a 75 m;
- la superficie di apertura ad ogni livello > 5% della superficie in pianta del livello.

CEC Agreement 7215 - PP/025:

La ricerca si è sviluppata in tre parti:

✓ **Test al Calorimetric Hood.**

✓ **Indagini statistiche.**

✓ **Prove al vero.**



Sono stati eseguiti test in scale reale su un parcheggio in struttura composta di acciaio-clacestrutto costruito a Vernon (Francia).

Germania:

Facendo variare le condizioni al contorno si sono ricavati

il tipo di autovetture:

I TEMPI DI PROPAGAZIONE dell'incendio

TRA UN'AUTO e QUELLA ADIACENTE

tempi di spegnimento;

Caso Studio FSE: Scenari di incendio – Autorimesse Aperte

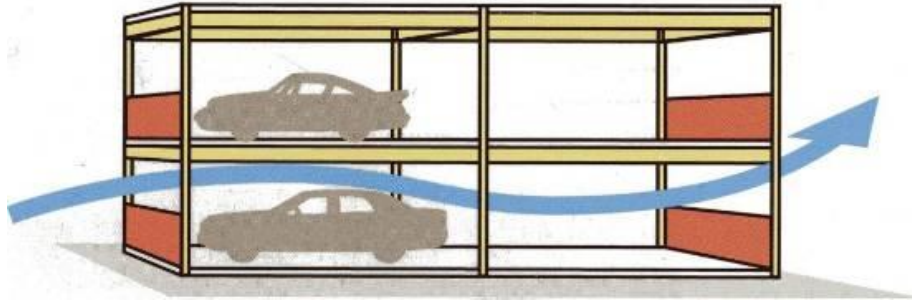
Test al vero a Vernon

62 min



Caso Studio FSE: Scenari di incendio – Autorimesse Aperte

I Parcheggi ampiamente ventilati



- ad ogni livello le aperture sono poste almeno su due facciate opposte;
- la superficie di apertura sia almeno 50% della superficie delle pareti su cui si trovano;
- la distanza tra facciate opposte aperte sia inferiore a 75 m;
- la superficie di apertura ad ogni livello > 5% della superficie in pianta del livello.

CEC Agreement 7215 - PP/025:

La ricerca si è sviluppata in tre parti:

✓ **Test al Calorimetric Hood.**

✓ **Indagini statistiche.**

✓ **Prove al vero.**



LINEE GUIDA INERIS

I possibili casi di incendio sono
incendi di tipo localizzato
Tempo di propagazione 12 min

Caso Studio FSE: Scenari di incendio – Autorimesse Chiuse

I Parcheggi parzialmente e completamente chiusi

Tra le varie autorimesse del Progetto C.A.S.@E. sono presenti anche casi in cui i rapporti di ventilazione non sono quelli delle autorimesse ampiamente ventilate. In tali condizioni i possibili casi di incendio sono:

- ✓ Incendi di tipo localizzato.
- ✓ Incendi di tipo generalizzato.

In ambito Europeo è stata condotta una campagna di indagini:

CEC Agreement 7215 - PP/025:

✓ **Indagini statistiche.**



Report degli interventi delle squadre di soccorso in incendi avvenuti in alcuni paesi Europei, tra cui la Francia Germania:

- i casi di incendio rispetto ai falsi allarmi;
- il tipo di autovetture;
- il numero di autovetture adiacenti;
- tempi di spegnimento;

✓ **Prove al vero.**



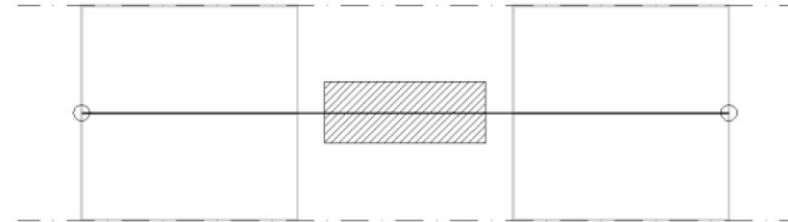
Tempo di propagazione 6 min

Stralcio Codice PI (Versione 120) - RTV Autorimesse

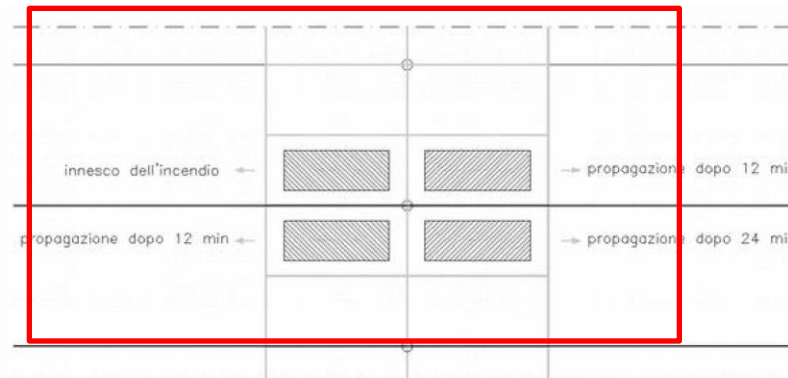
Scenari per la verifica della capacità portante in caso di incendio



Scenario S2



Scenario S1



Scenario S3

Tempo dopo l'innesco [s]	0	240	960	1440	1500	1620	2280	4200
RHR(t) [kW]	0	1400	1400	5500	8300	4500	1000	0

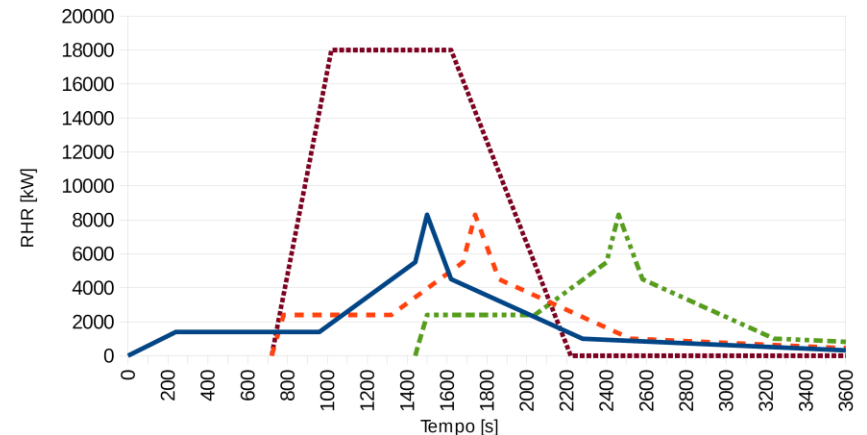
Curva RHR(t) per autoveicolo (primo innesco, $RHR_{max} = 8300$ kW)

Tempo dopo l'innesco [s]	0	60	600	960	1020	1140	1800	3720
RHR(t) [kW]	0	2400	2400	5500	8300	4500	1000	0

Curva RHR(t) per autoveicolo (propagazione al successivo veicolo, $RHR_{max} = 8300$ kW)

Tempo dopo l'innesco [s]	0	300	900	1500
RHR(t) [kW]	0	18000	18000	0

Curva RHR(t) per autoveicolo commerciale (primo innesco e propagazione al successivo veicolo, $RHR_{max} = 18000$ kW)

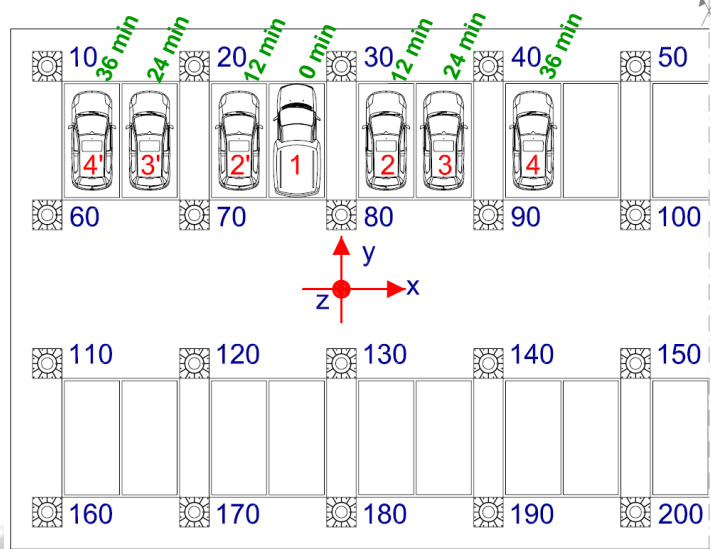


Caso Studio FSE: Scenari di incendio di progetto

✓ Scenari di tipo localizzato - Pre-flashover Secondo quanto indicato dalla Linea guida INERIS.

SCENARIO L1: 7 autoveicoli, composti da un VAN centrale e 6 auto ai lati dello stesso, che bruciano con un tempo di propagazione di 12 min a partire dal VAN .

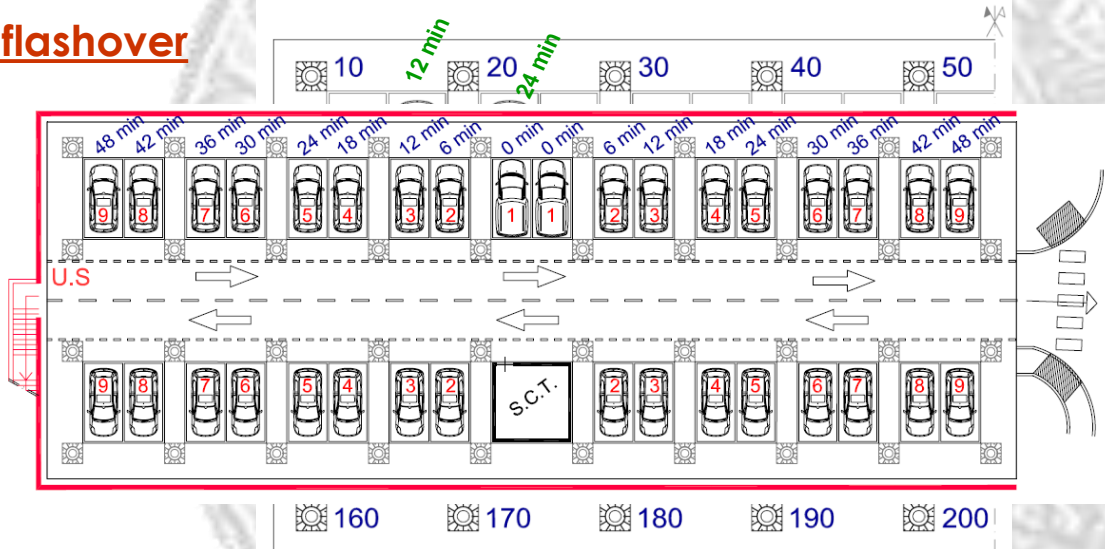
SCENARIO L2: 4 autoveicoli, costituiti da un VAN e 3 auto, che circondano una colonna e bruciano con un tempo di propagazione di 12 min a partire dal VAN



Tempo di propagazione 12min.

✓ Scenari di tipo generalizzato - Post-flashover

SCENARIO D1: 34 autoveicoli, composti da 2 VAN in posizione centrale e 32 auto nei rimanenti stalli, che bruciano con un tempo di propagazione di 6 min a partire dai 2 VAN in successione di gruppi composti da 4 auto per volta



Tempo di propagazione 6 min.

Caso Studio FSE: Modelli di incendio

UNI EN 1991 Part 1-2

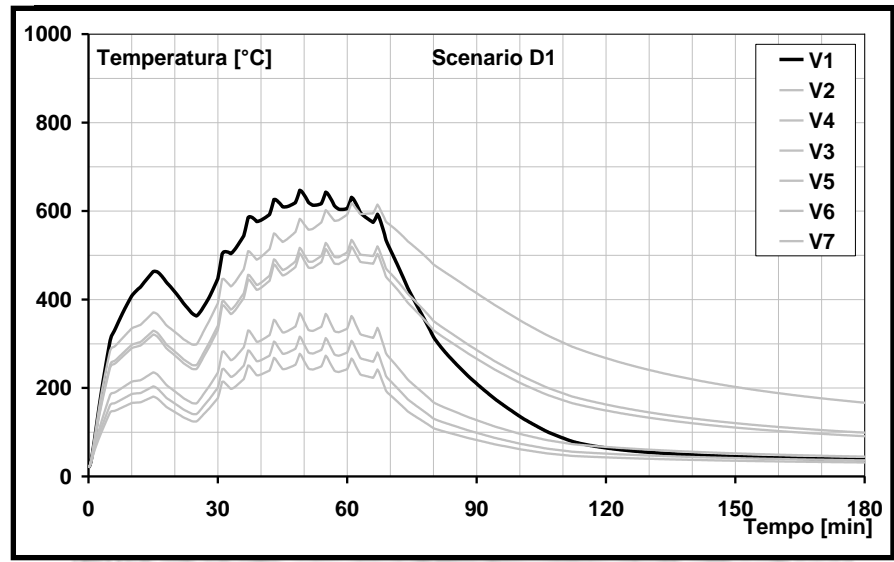
✓ Modelli a zone.

Modello ad una zona [Annex D]

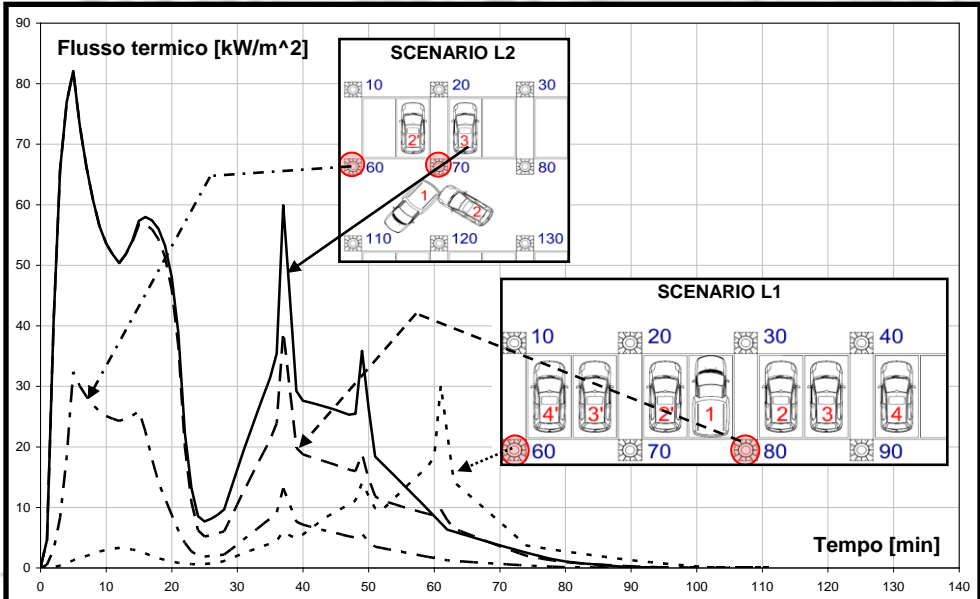
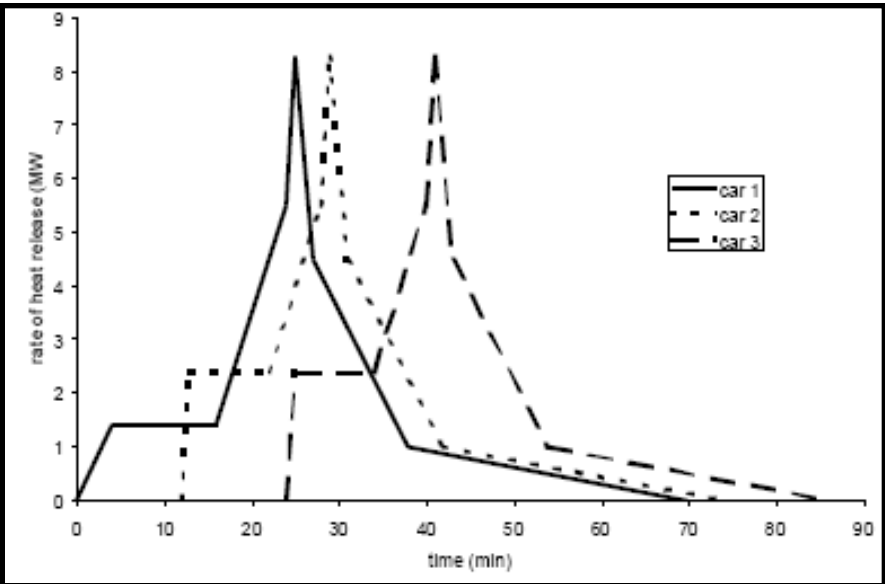
✓ Incendio Localizzato.

Metodo di Hasemi [Annex C]

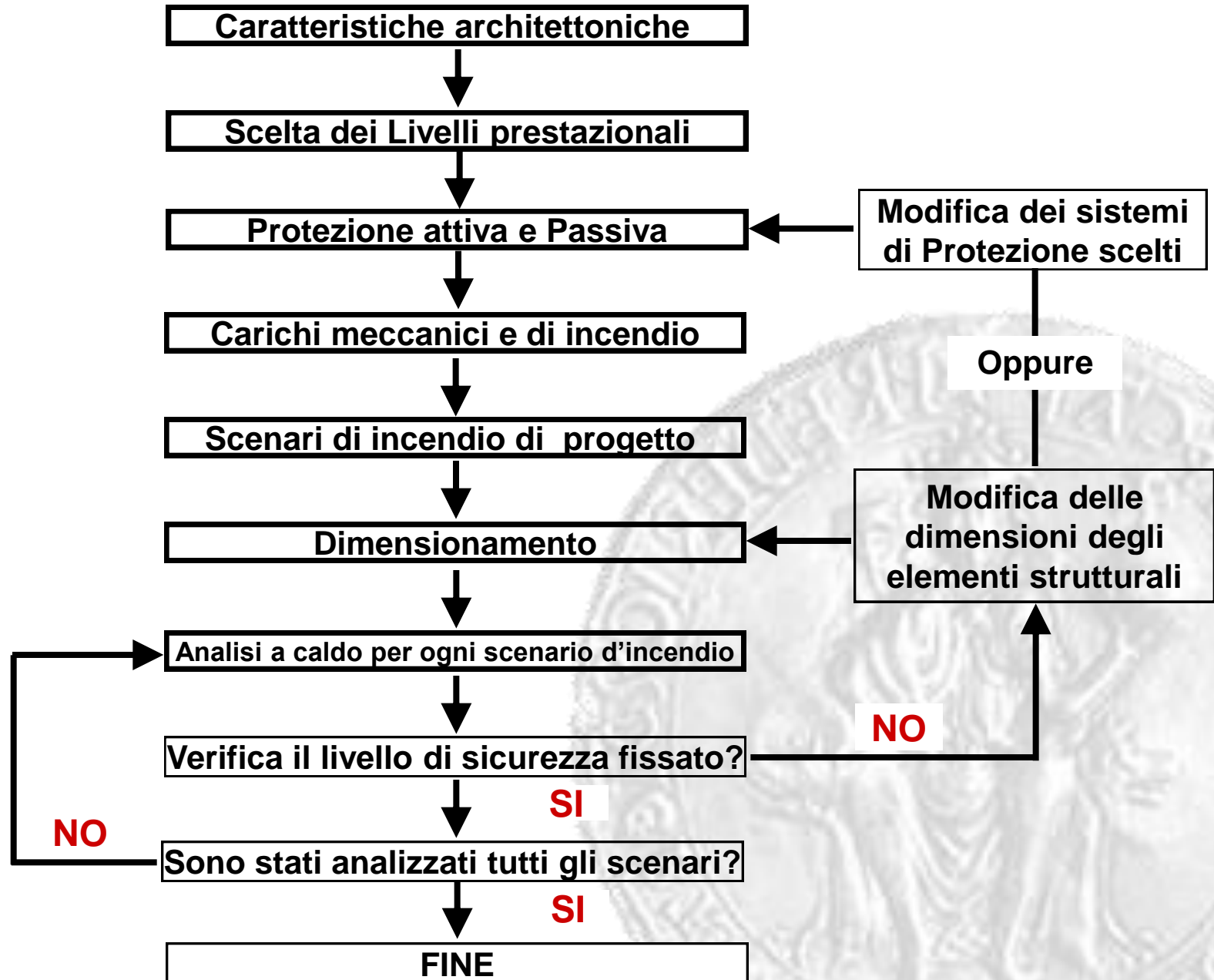
Curva di Rilascio termico RHR



Flusso Termico negli elementi strutturali



FSE: Layout



Caso Studio FSE: Analisi termomeccanica

Analisi termica

Incendio Localizzati



Assegnazione flussi termici

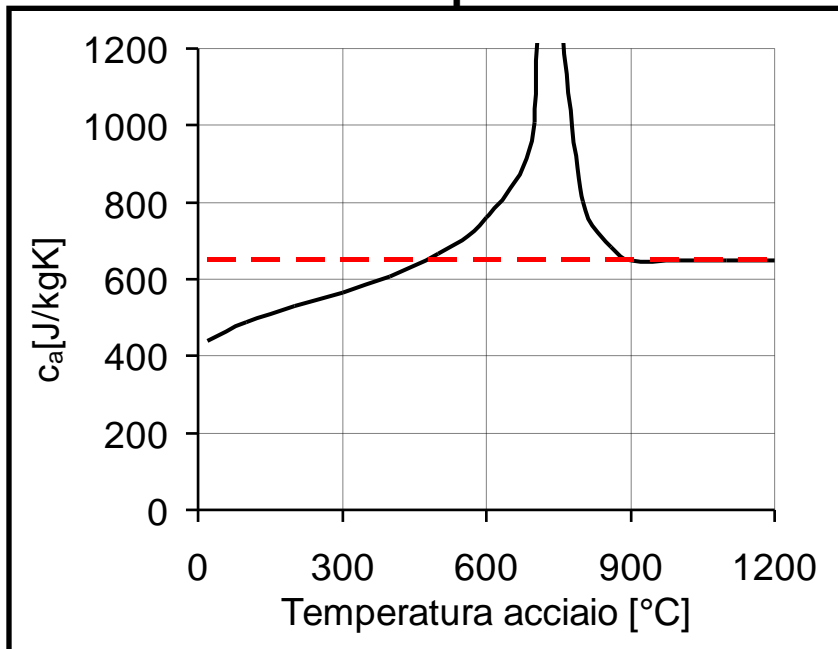
Incendio Generalizzato



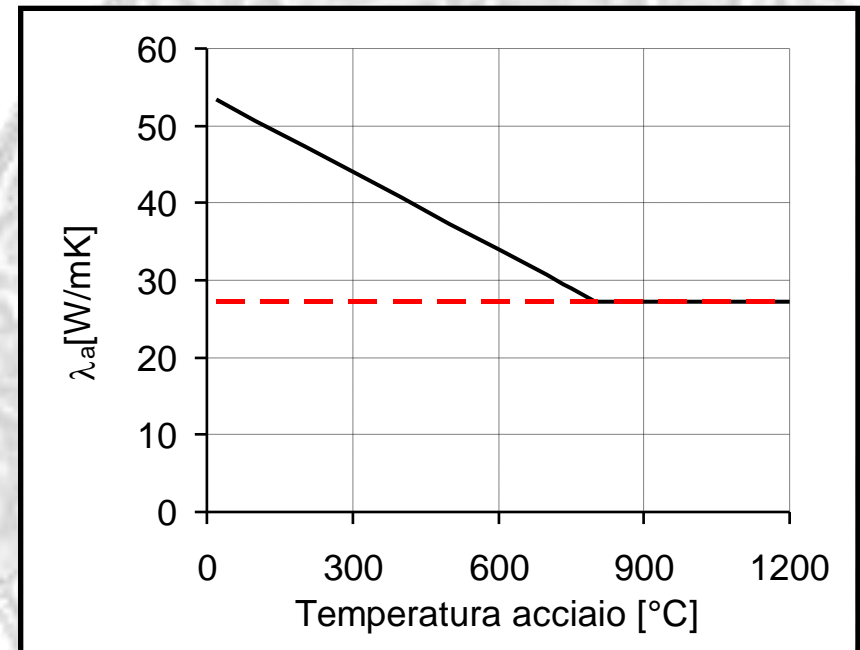
Assegnazione curva temperatura-tempo

Proprietà termiche acciaio (EN1993-1-2)

Calore specifico



Conducibilità termica



Caso Studio FSE: Analisi termomeccanica

Analisi Meccanica

Incendio Localizzati

Incendio Generalizzato

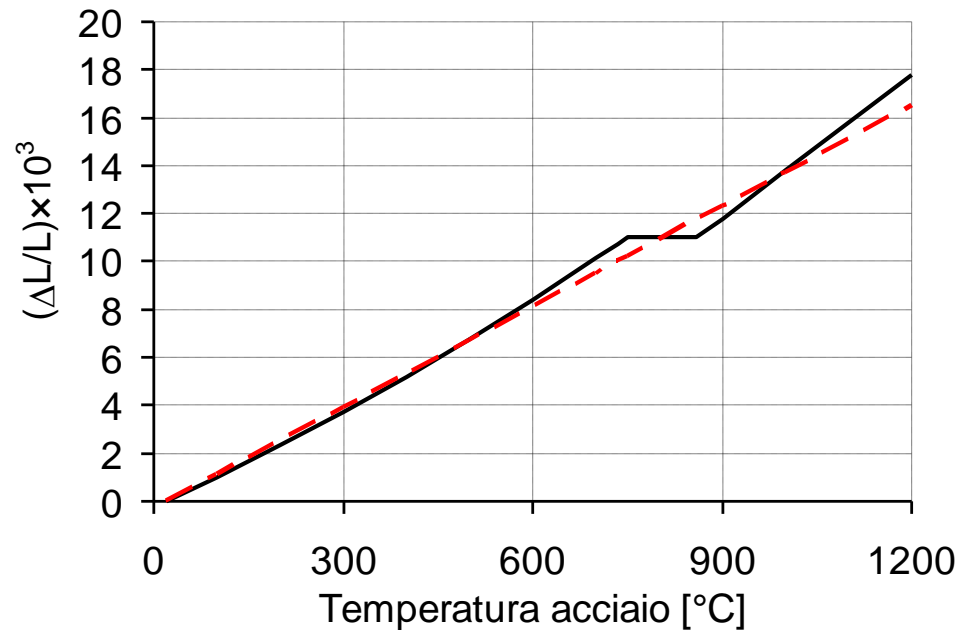


Assegnazione rispettivi campi termici
ottenuti dall'analisi termica

Proprietà meccaniche acciaio (EN1993-1-2)

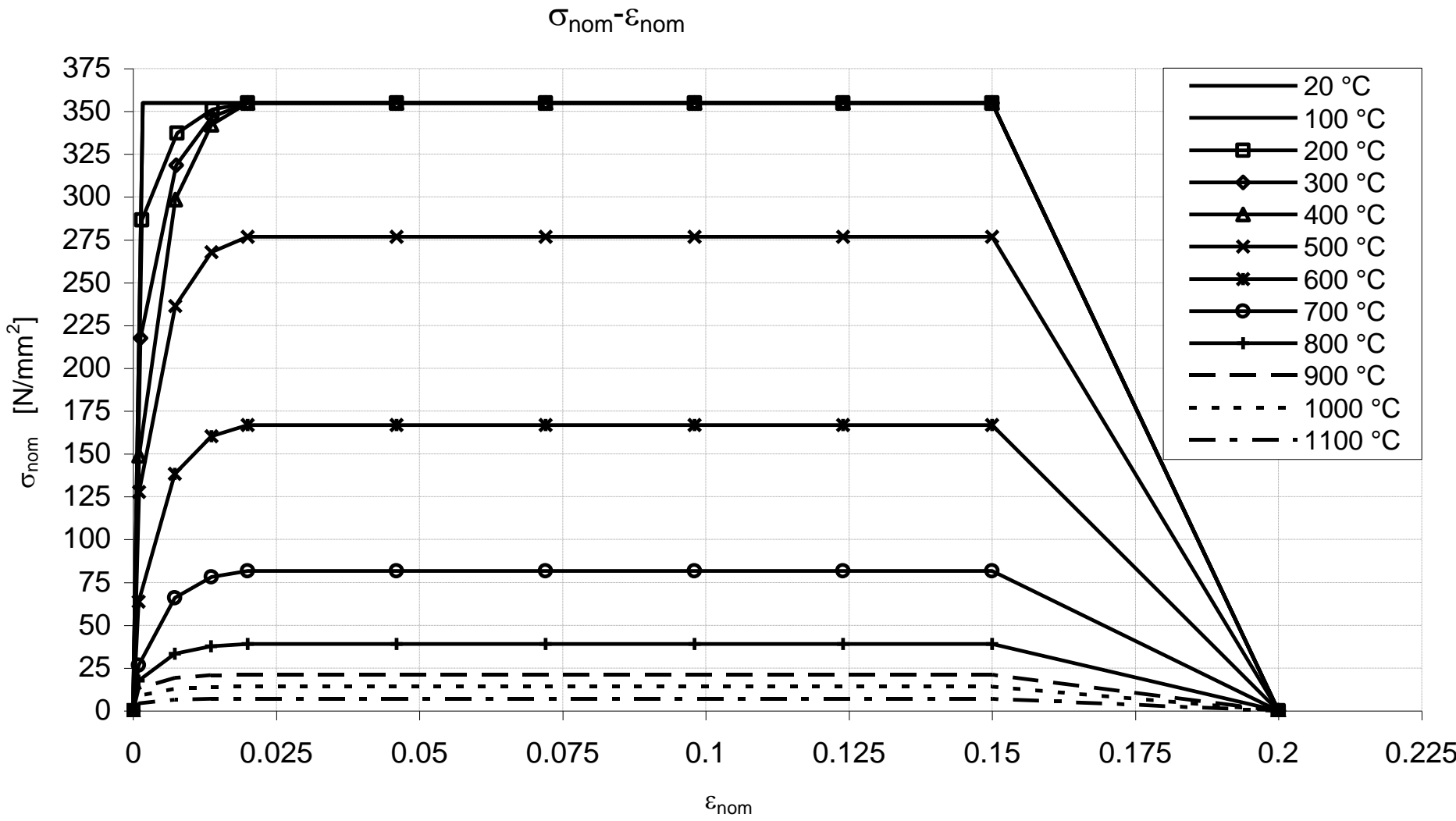
Espansione termica

Legami costitutivi



Caso Studio FSE: Analisi termomeccanica

Legami costitutivi



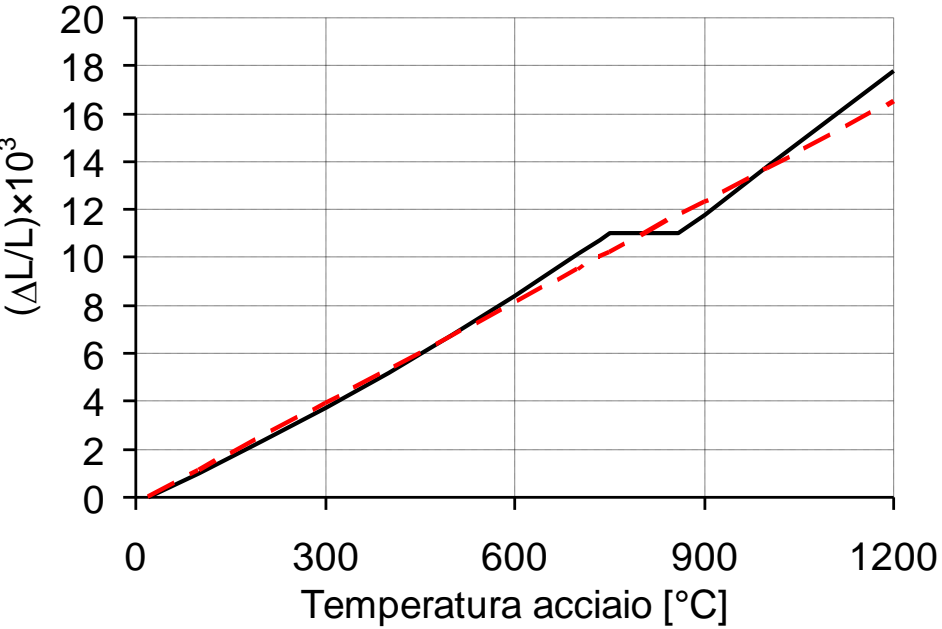
Caso Studio FSE: Analisi termomeccanica

Analisi Meccanica

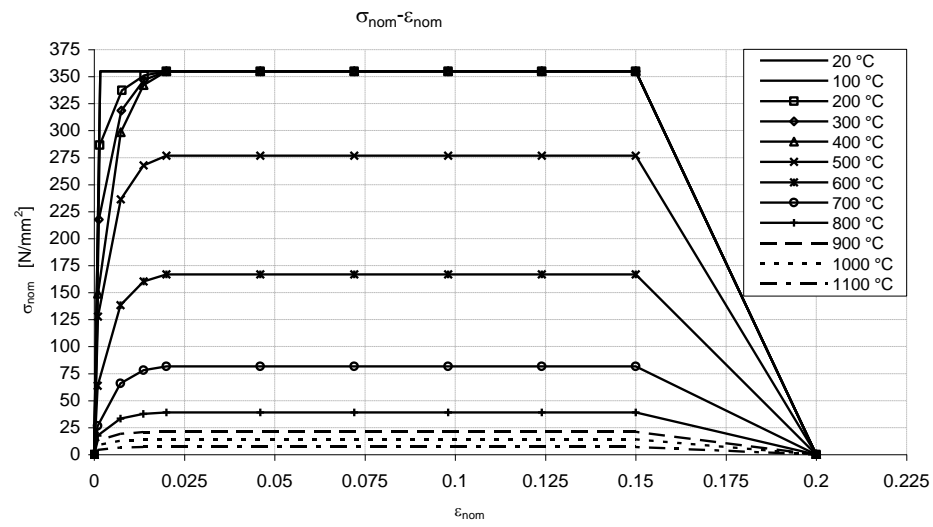


Proprietà meccaniche acciaio (EN1993-1-2)

Espansione termica



Legami costitutivi



Caso Studio FSE: Analisi termomeccanica

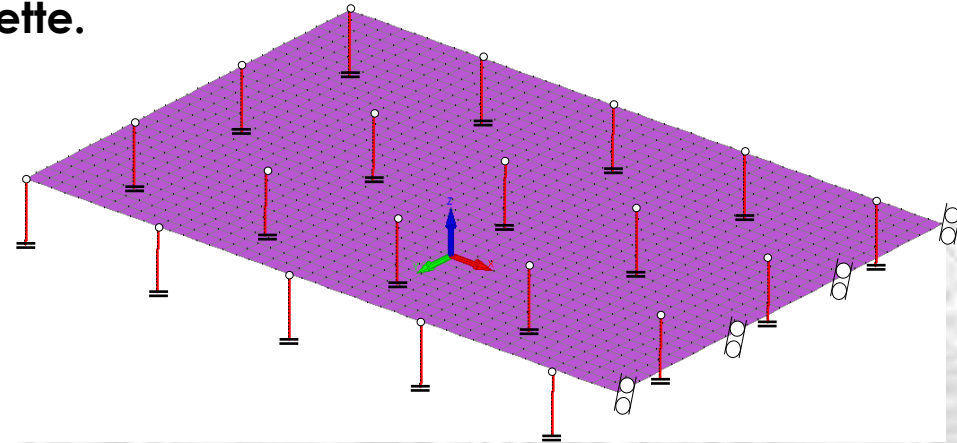
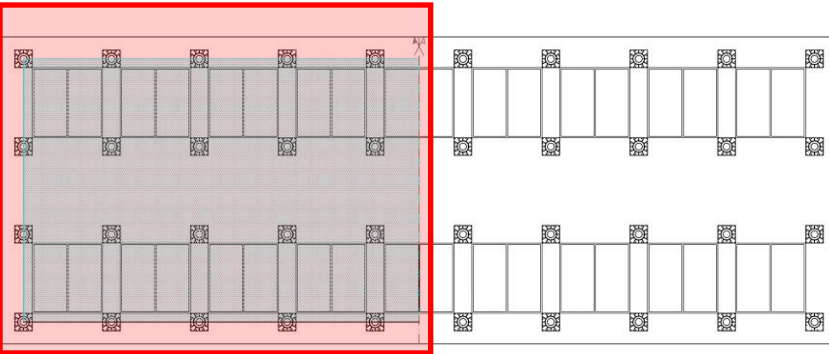
Analisi non lineare in grandi spostamenti

✓ Analisi Globali.



SAFIR 2007

Al fine di ridurre l'onere computazionale si è deciso di effettuare un'analisi per sottostrutture. La SOTTOSTRUTTURA è stata definita con lo scopo di cogliere al meglio le rigidità attivate dalle dilatazioni termiche indotte dall'incendio, che insieme a queste ultime determinano l'entità delle azioni indirette.



	Materiale	Tipo di elemento finito	Tipo di sezione	Spessore (mm)
Colonna	Acciaio S355	BEAM	Circolare cava Desterno = 800mm	15
Soletta	Calcestruzzo C30/37	SHELL	Piena	500

Caso Studio FSE: Analisi termomeccanica

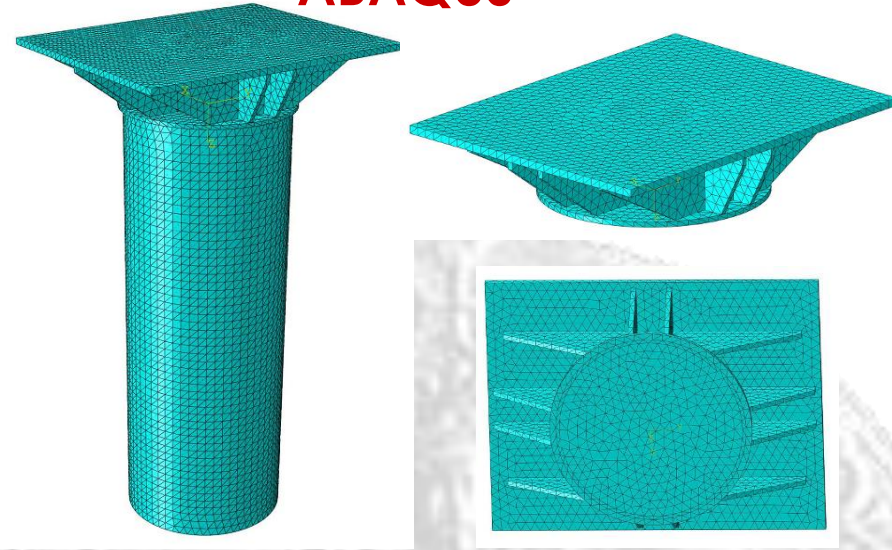
Analisi non lineare in grandi spostamenti

✓ **Analisi di dettaglio.**



Al fine di calcolare in modo più accurato i campi termici e la distribuzione di tensioni nei capitelli e di valutare l'eventuale presenza di fenomeni di instabilità locale nel fusto della colonna, caratterizzata da valori di snellezza locale D/t elevati

ABAQUS

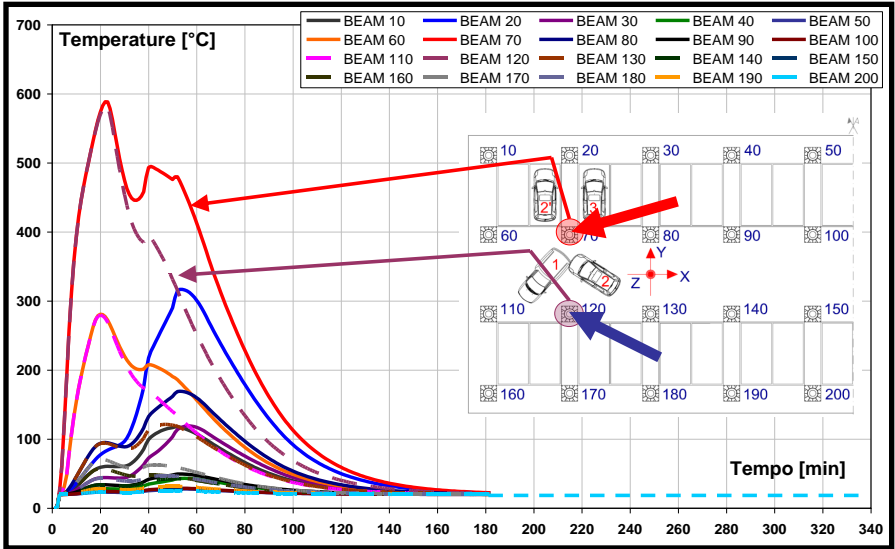


	Tipo di elemento finito	Caratteristiche elemento finito
Analisi termica	ABAQUS element DC3D4	elementi tetraedrici a 4 nodi lineari
Analisi meccanica	ABAQUS element C3D10	elementi tetraedrici a 10 nodi con ordine geometrico quadratico

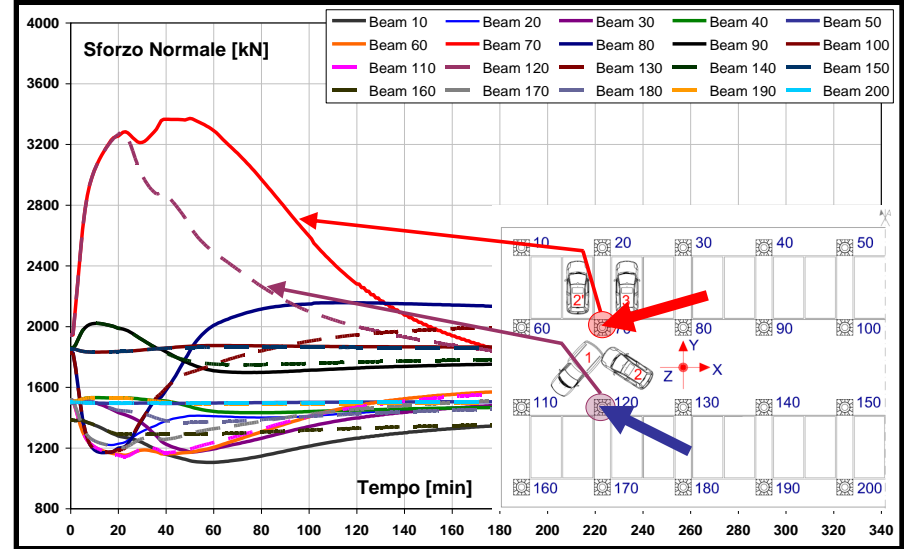
Per ciascuno scenario di incendio, in testa alla colonna è stato applicato un carico corrispondente allo sforzo normale ottenuto con l'analisi globale

Caso Studio FSE: Risultati Analisi Globali

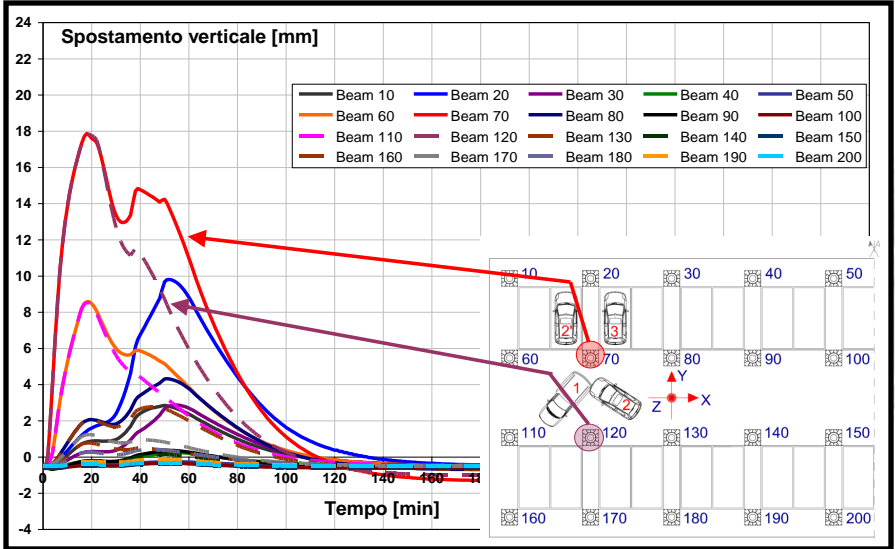
TEMPERATURE



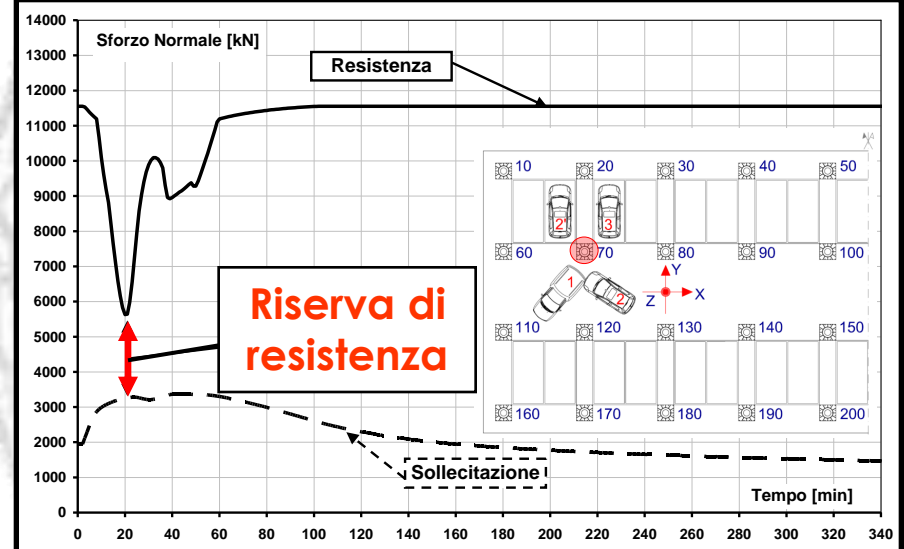
SFORZO NORMALE



SPOSTAMENTO TESTA COLONNE



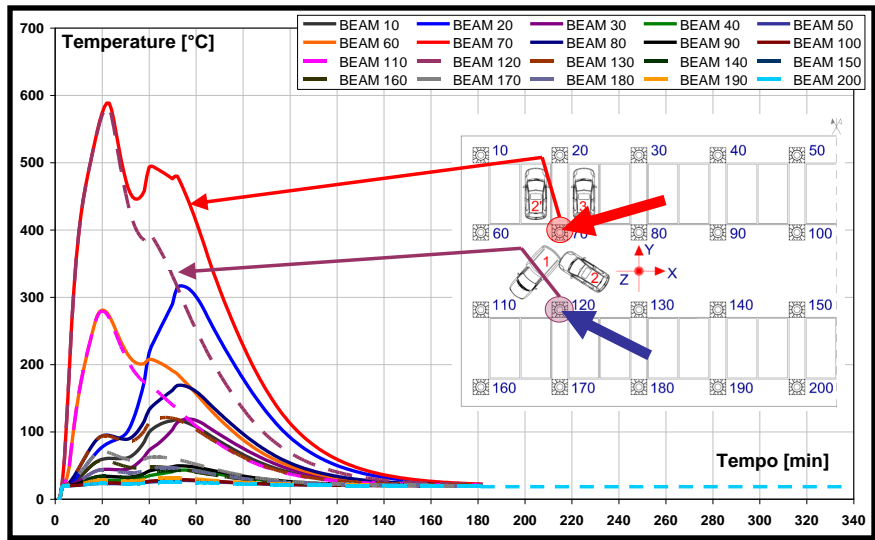
VERIFICA DI STABILITA'



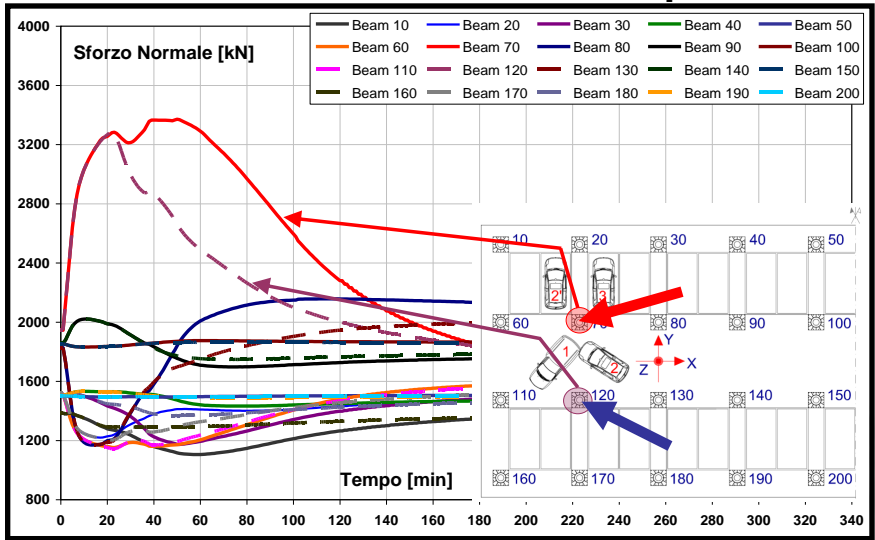
Caso Studio FSE: Risultati Analisi Globali

Scenario di incendio L2 – Analisi globali

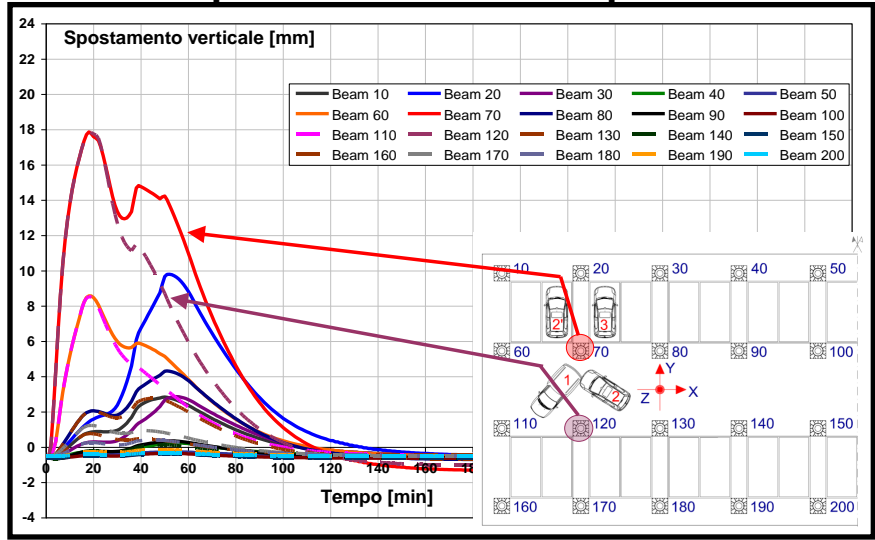
Temperatura vs tempo



Sforzo normale vs tempo



Spostamento vs tempo

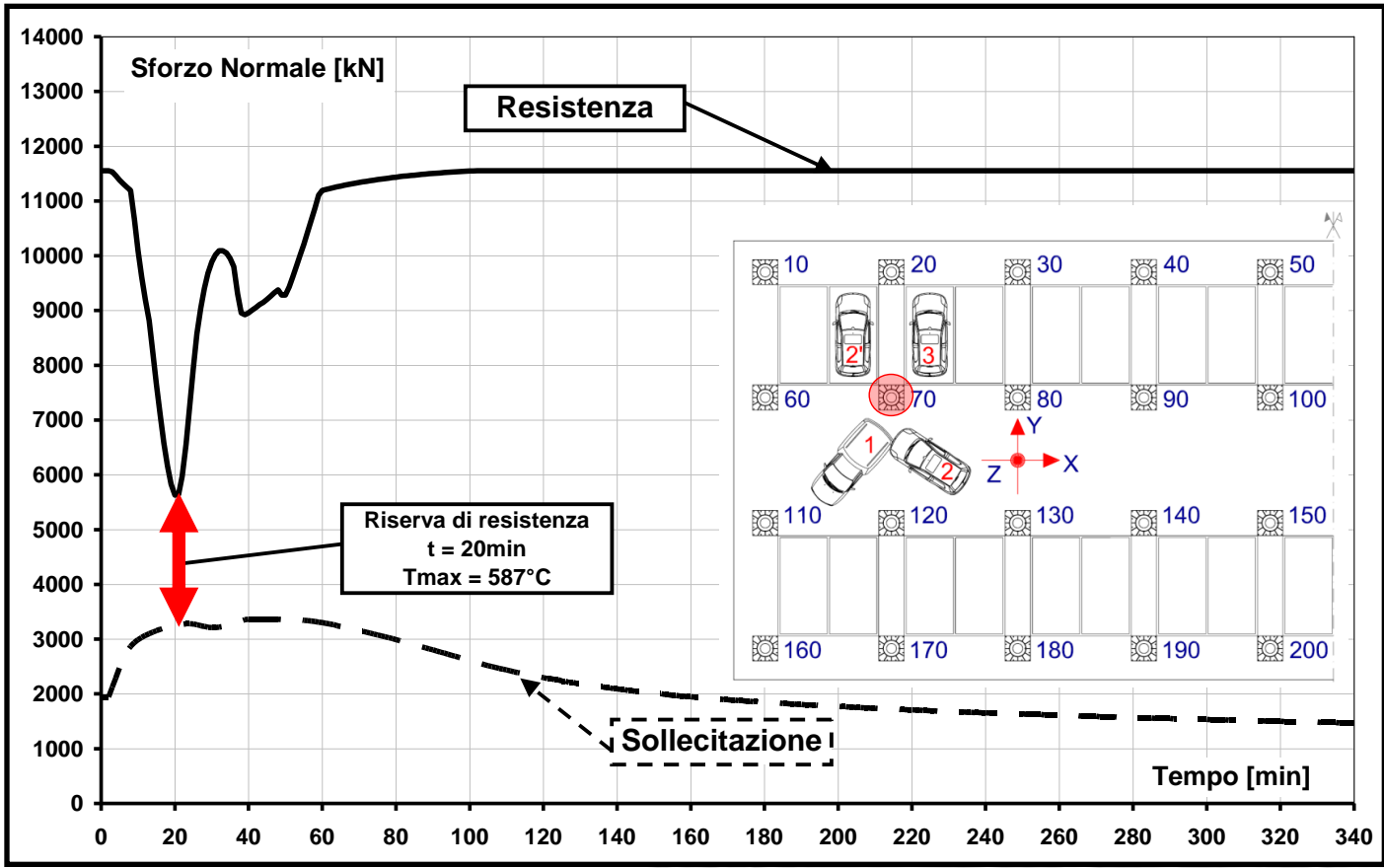


- La **temperatura massima** raggiunta nelle colonne non eccede **600°C**
- Per effetto della **curvatura termica della soletta** lo **sforzo normale** di queste colonne aumenta,
- Lo sforzo normale è quindi amplificato dagli **allungamenti termici differenziali** delle colonne, esposte a differenti condizioni termiche, vincolate dalla rigidità tagliante della soletta.
- Gli **spostamento delle colonne seguono**, in generale, **l'andamento delle temperature**.

Caso Studio FSE: Risultati Analisi Globali

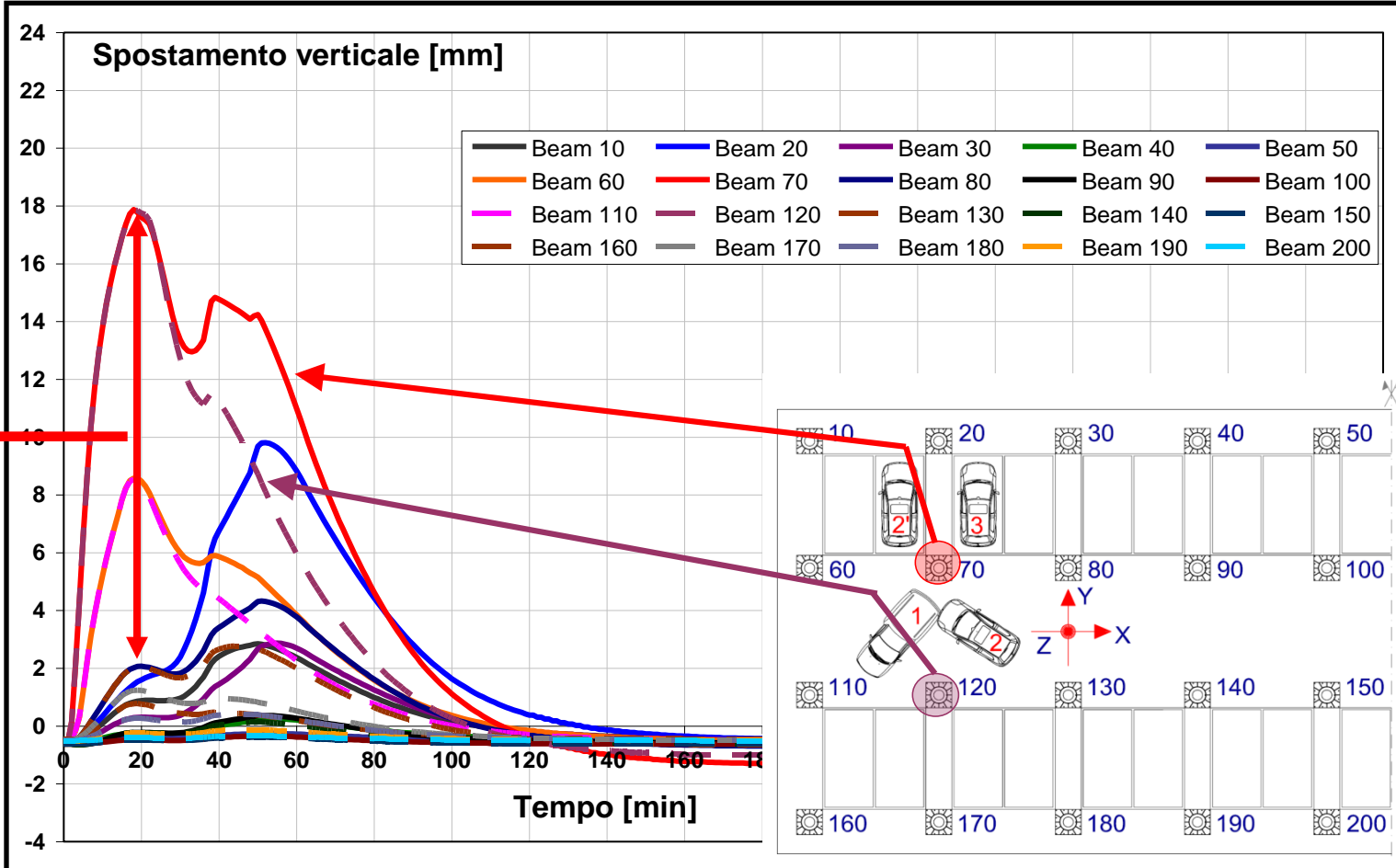
Lo sforzo normale resistente della colonna, valutato in accordo con EN1993-1-2, è stato confrontato con lo sforzo normale durante l'esposizione all'incendio.

Sforzo normale resistente vs time



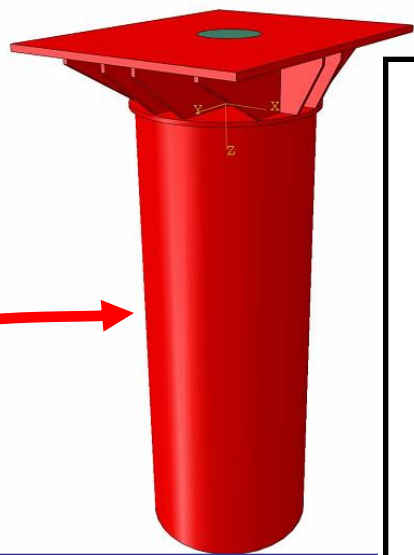
Caso Studio FSE: Risultati Analisi Globali

SPOSTAMENTO TESTA COLONNE

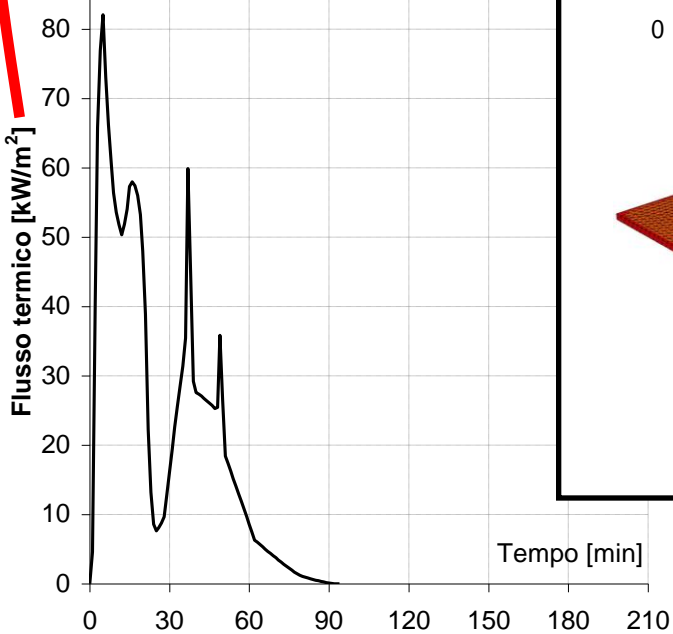


Il **massimo spostamento differenziale**, durante tutto il tempo di esposizione all'incendio, si registra al tempo di circa 20 minuti tra le colonne 120 e 130. Il suo valore è pari a 16mm e corrisponde al **2.6 ‰ < 5.0 ‰**.

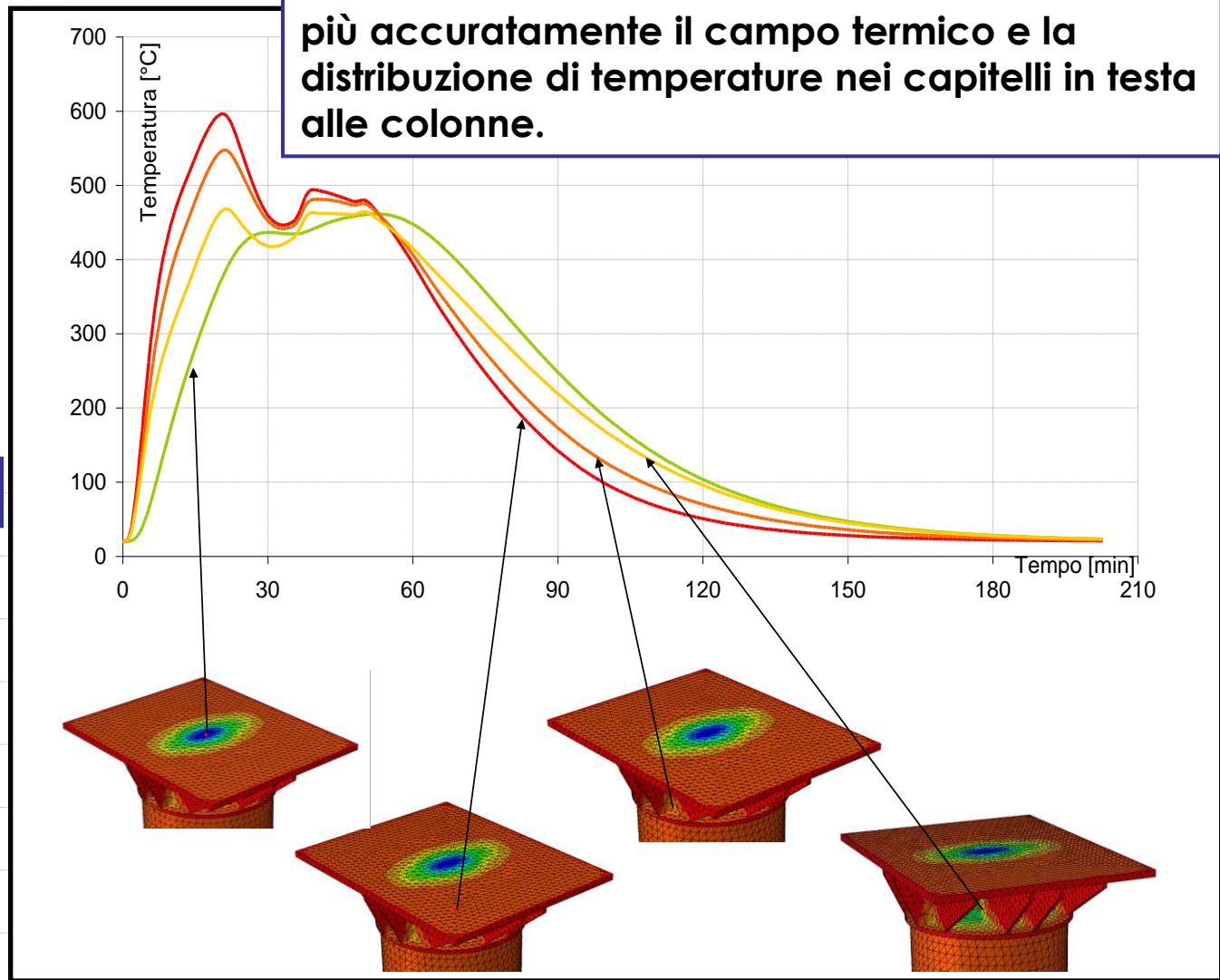
Caso Studio FSE: Risultati Analisi di dettaglio



Scenario di incendio L2

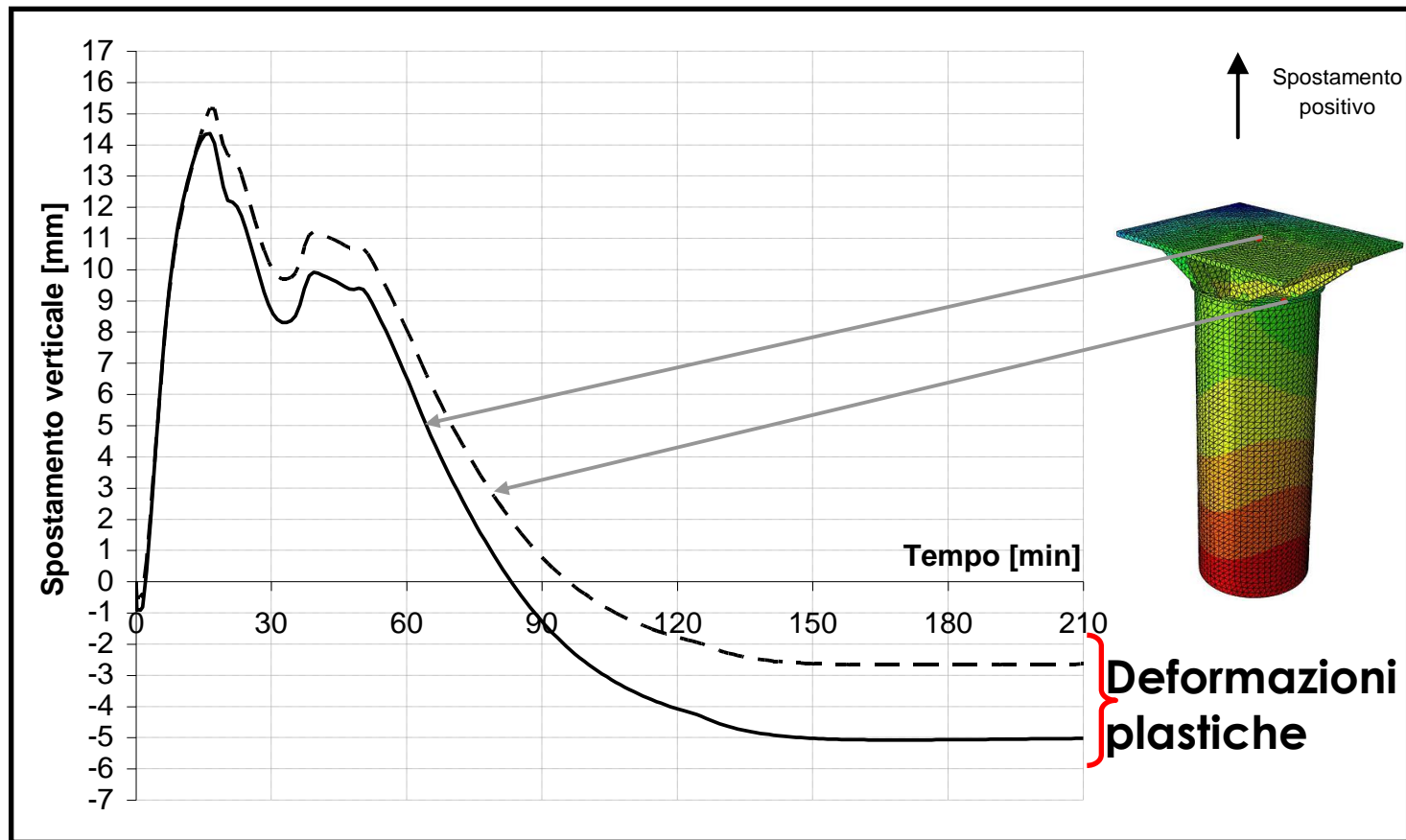


Le analisi termiche 3D consentono di calcolare più accuratamente il campo termico e la distribuzione di temperature nei capitelli in testa alle colonne.



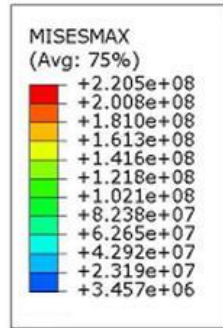
Caso Studio FSE: Risultati Analisi di dettaglio

- Lo spostamento in sommità della colonna è molto simile a quello ottenuto nelle analisi strutturali globali.
- Lo spostamento finale è circa 5mm nella zona centrale del capitello e circa 2mm sulla testa del tubo: ciò è dovuto alle **deformazioni plastiche**.

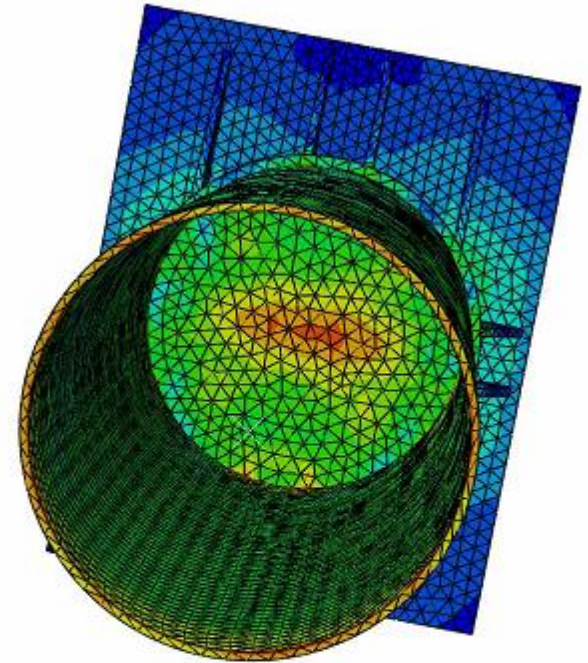
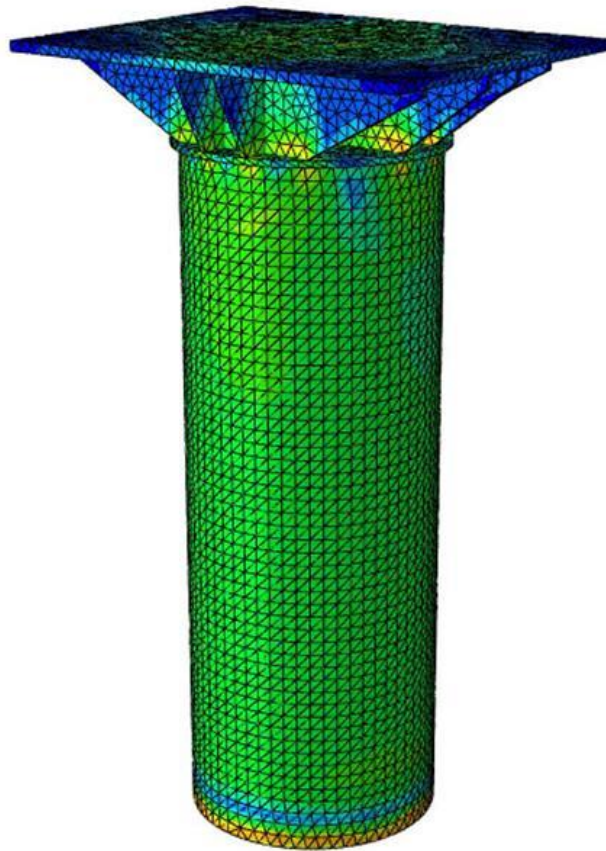


Caso Studio FSE: Risultati Analisi di dettaglio

Distribuzione delle **tensioni equivalenti alla Von Mises**
al tempo di esposizione all'incendio di 1250 s



Tensioni espresse in N/m^2



Caso Studio FSE: Verifica Tabella 5 DM 09-03-2007

(N.B.: Non più necessaria con le nuove Norme Tecniche P.I.)

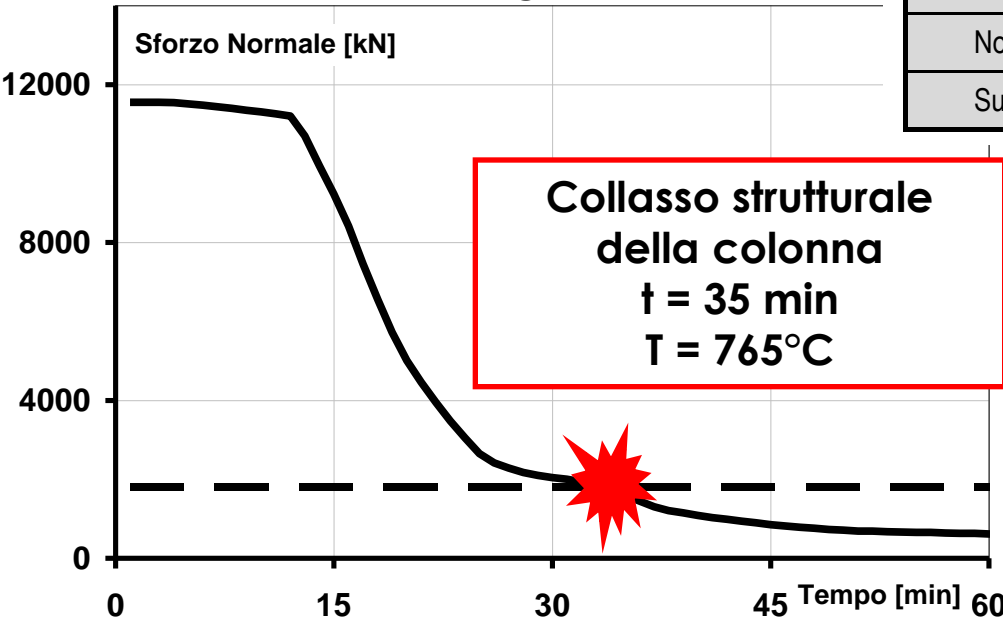
Ai sensi del punto 4.2, comma 3, dell'allegato al D.M. Min. Interno del 9 marzo 2007, qualora il progettista applichi la FSE, deve essere comunque eseguita la verifica della capacità portante degli elementi costruttivi rispetto all'azione termica della curva di incendio ISO 834, con riferimento alle classi minime dedotte in funzione del carico d'incendio specifico di progetto ($q_{f,d}$)

$$q_{f,d} = 340 \text{ MJ/m}^2$$

Carichi d'incendio specifici di progetto ($q_{f,d}$)	Classe
Non superiore a 300 MJ/m ²	0
Non superiore a 450 MJ/m ²	15
Non superiore a 600 MJ/m ²	20
Non superiore a 800 MJ/m ²	30
Non superiore a 1200 MJ/m ²	45
Non superiore a 2000 MJ/m ²	60
Non superiore a 2400 MJ/m ²	90
Superiore a 2400 MJ/m ²	120

Classe di resistenza minima richiesta
R15

Al fine di effettuare la verifica della classe minima, si procede con il metodo per singoli elementi, verificando che la colonna soggetta ai carichi della combinazione di carico quasi permanente sia in grado di resistere ad un incendio di tipo standard



Collasso strutturale della colonna
t = 35 min
T = 765°C

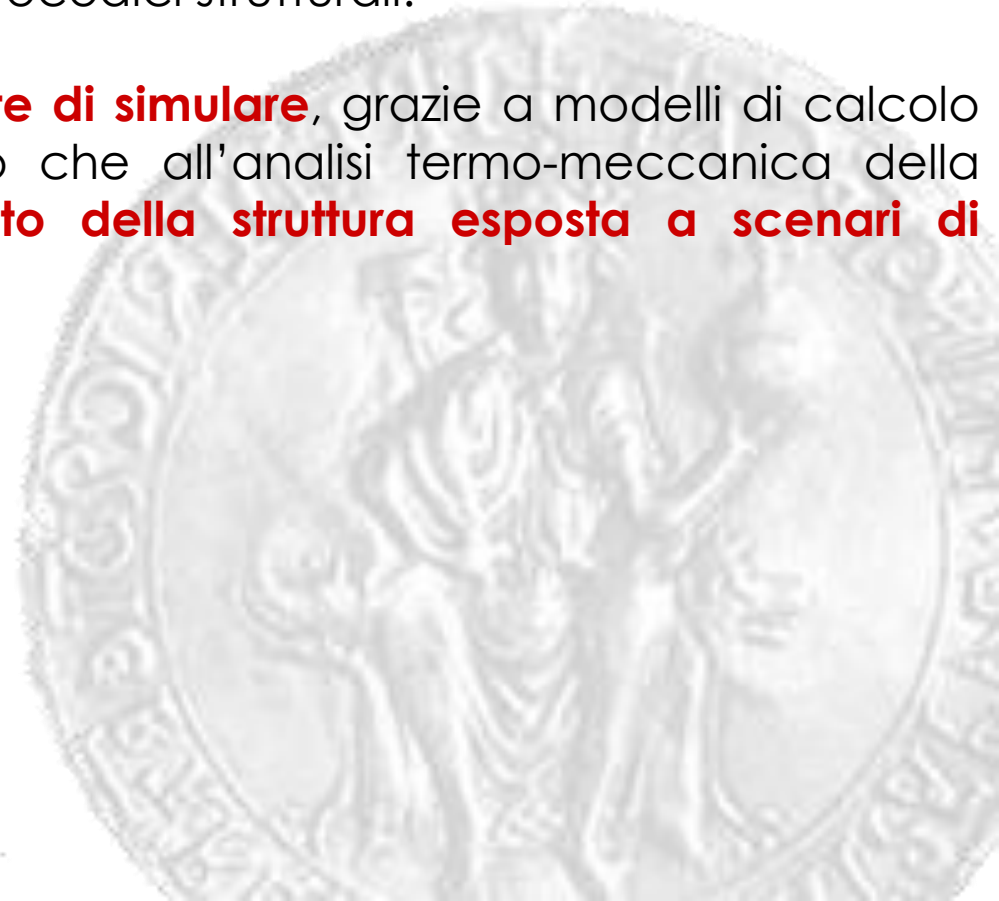
Classe di resistenza della Struttura

R30

Verifica Soddisfatta

Conclusioni

- ✓ **Le disposizioni normative nazionali** (Norme Tecniche per le Costruzioni, 2008; D.Min. Interno del 09/03/2007 e del 09/05/2007 ed ora il D.M. 03/08/2015- Norme Tecniche di Prevenzione Incendi) **consentono l'applicazione dell'approccio ingegneristico per la sicurezza strutturale in condizioni di incendio** (FSE). Le normative nazionali trovano il naturale completamento operativo nelle parti fuoco degli Eurocodici strutturali.
- ✓ **L'approccio ingegneristico consente di simulare**, grazie a modelli di calcolo avanzati applicati sia all'incendio che all'analisi termo-meccanica della struttura, **il "reale" comportamento della struttura esposta a scenari di incendio "naturale"**.



Conclusioni

- ✓ **L'applicazione dell'approccio ingegneristico alle autorimesse è consentito proprio dalla possibilità di definire scenari di incendio adeguati**, grazie anche ai risultati di importanti lavori di ricerca teorica e sperimentale condotti in ambito europeo. Tali scenari possono essere di tipo localizzato o generalizzato a seconda della geometria del compartimento e delle aperture e, quindi, delle condizioni di ventilazione.
- ✓ **I modelli di calcolo termo-meccanico avanzato**, basati su analisi non lineari nei grandi spostamenti, **consentono di valutare le sollecitazioni aggiuntive indotte dal gradiente termico ed eventuali deformazioni residue, che mediante l'approccio prescrittivo classico non è possibile controllare pienamente**, in quanto tale approccio si basa sull'adozione di una curva di incendio standard sempre crescente e quindi non realistica (sebbene spesso cautelativa) e consente d'altro canto l'utilizzo di modelli di calcolo semplificati, quali ad esempio l'analisi strutturale di singoli elementi.

LA FACOLTA' D'INGEGNERIA DELL'UNIVERSITA' DI NAPOLI
RETTORE GIUSEPPE TESAURO - PRESIDE LUIGI TOCCHETTI
CONSECRA AGLI STUDI LA NUOVA SEDE
CONTINUANDO E RINNOVANDO
LA LUMINOSA IMMUTATA TRADIZIONE
CHE PER OLTRE CENTOCINQUANT'ANNI DALL'ORIGINARIA
SCUOLA D'APPLICAZIONE DEGLI INGEGNERI DI PONTI E STRADE
FONDATA NEL MARZO DEL 1818
HA EDUCATO ALLE SEVERE DISCIPLINE
GENERAZIONI DI GIOVANI
CONTRIBUENDO
AL PROGRESSO DELLA SCIENZA E DELLA TECNICA
PER LO SVILUPPO DELLA NAZIONE E DELLA SOCIETA'
PER UNA MAGGIORE SOLIDARIETA' UMANA



GRAZIE PER L'ATTENZIONE