



## Scopi e finalità pratiche delle Fire Engineering nello sviluppo di un progetto

Gaetano Coppola – Luciano Nigro  
Jensen Hughes - Milano

Firenze, 21 settembre 2021



# AGENDA



Breve introduzione storica

Cosa possiamo fare e cosa non possiamo fare con la FSE

Cenni sulla legislazione antincendio di riferimento

Gli scenari di incendio

Riferimenti bibliografici - cenni essenziali



## BREVE INTRODUZIONE STORICA



Nella seconda metà del secolo scorso, in varie parti del mondo e con diverse modalità, l'approccio puramente prescrittivo alla sicurezza antincendio inizia a mostrare segni di inadeguatezza.

Ad esempio, nuovi orientamenti progettuali spingevano verso un uso «*multifunzionale*» degli edifici, all'interno dei quali gli occupanti avrebbero potuto muoversi tra spazi a diversa destinazione d'uso: abitativa, lavorativa, commerciale e di intrattenimento, ciascuno dei quali presenta un proprio profilo di rischio di incendio.

Inizia a diffondersi il concetto di *sicurezza equivalente* che è alla base dei principi che regolano l'approccio prestazionale.

Tuttavia le misure prescrittive hanno mostrato di «funzionare» e sostituirle con misure in qualche modo «equivalenti», ispirate ad un approccio prestazionale appare ancora un esercizio di non facile soluzione.



## BREVE INTRODUZIONE STORICA



Il principale problema è rappresentato dalla difficoltà di dimostrare in modo oggettivo «l'equivalenza» tra misure di protezione tra loro alternative, attraverso le quali comporre una strategia antincendio diversa da quella risultante dal sovrapporsi di misure puramente prescrittive.

Peraltro, la sicurezza contro l'incendio si è da sempre sviluppata sulla base di concetti legati al contenuto energetico degli edifici → il carico di incendio come unico parametro su cui basare la strategia antincendio.

Numerosi sono stati i tentativi di “*correggere*” il semplice numero del carico d'incendio per tener conto di altri parametri.

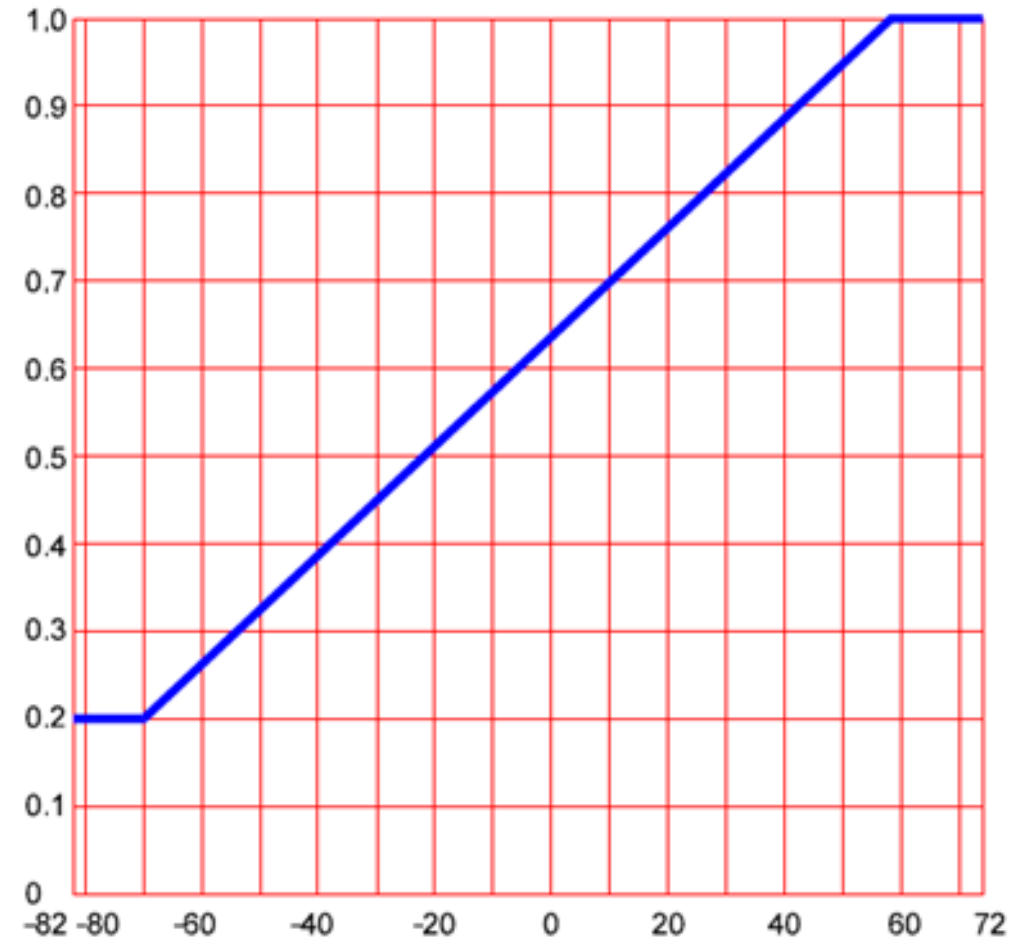
In Italia, la stessa circolare 91 del 1961 era un primo tentativo di correlare il semplice numero “*carico d'incendio*” con le caratteristiche dell'attività.



## BREVE INTRODUZIONE STORICA

Il semplice diagramma qui a fianco correlava la situazione effettiva dell'edificio con il carico d'incendio.

Dal fattore 1 si arrivava fino al fattore 0,2 nella condizione più favorevole.



# Le tabelle della Circ. 91 come esempio



Fattori	Indici di valutazione
<b>1 Altezza dell'edificio e dei piani</b>	
1.1 Altezza totale dell'edificio	
- altezza di gronda fino a 7 m	0
- altezza di gronda oltre 7 fino a 14 m	+2
- altezza di gronda oltre 14 fino a 24 m	+4
- altezza di gronda oltre 24 fino a 30 m	+6
- altezza di gronda oltre 30 fino a 45 m	+10
- altezza di gronda oltre 45 m	+20
1.2. Altezza dei piani in un edificio multipiano	
- fino a 4 m	+2
- oltre 4 fino a 8 m	+1
<b>2. Superficie interna, delimitata da muri tagliafuoco, pareti esterne o pareti antincendio suppletive (schermi, ripari di acqua ecc.)</b>	
- fino a 200 m <sup>2</sup>	0
- oltre 200 fino a 500 m <sup>2</sup>	+2
- oltre 500 fino a 1000 m <sup>2</sup>	+4
- oltre 1000 fino a 2000 m <sup>2</sup>	+6
- oltre 2000 m <sup>2</sup>	+10
<b>3. Utilizzazione dell'edificio e dei locali</b>	
3.1. Materiali infiammabili, come idrogeno, benzina, petrolio, celluloidi e simili	+(5 + 10)
- Materiali facilmente combustibili come paglia, mobili di legno e simili	0
- Materiali poco o difficilmente combustibili, come carta ammassata, oli pesanti da caldaia, carboni minerali e simili	-(5 + 15)
3.2. Destinazione dei locali	
- sale di riunione, locali soggetti ad affollamento, ambulatori e simili	+10
- ospedali, cliniche, scuole e simili	+5
- abitazioni ed uffici	0
3.3. Uscite di soccorso a distanza superiore ai 20 m (1)	+(2 + 4)
<b>4. Pericolo di propagazione</b>	
- distanza dagli edifici circostanti fino a 10 m	+3
- distanza dagli edifici circostanti da 10 a 25 m	+1
- distanza dagli edifici circostanti oltre 25 m	0

Fattori	Indici di valutazione
<b>5. Segnalazione, accessibilità e impianti di protezione antincendio</b>	
5.1. Squadra interna di soccorso	
- con impianto interno di idranti	- 25
- con impianto di estintori	- 15
5.2. Impianto Sprinkler, secondo la portata e la pressione (indici da ridurre ai valori -(3 + 5) in caso di coesistenza con la voce 5.1.)	-(15 + 25)
5.3. Avvisatore automatico in diretto collegamento con la caserma V.V.F. (indice da ridurre al valore - 2 in caso di coesistenza con la voce 5.1. oppure 5.2.)	- 10
5.4. Guardiana permanente con telefono	
- con avvisatore automatico interno ed impianto interno di idranti	- 12
- con avvisatore automatico interno	- 10
- con impianto interno di idranti	- 9
- con estintori oppure con impianto esterno di idranti	- 8
- senza altro corredo	- 7
(Indici da non considerare in caso di coesistenza con la voce 5.1. e da ridurre al valore costante -3 in caso di coesistenza con la voce 5.2.)	
5.5 Impianto interno di idranti senza guardiana (indice da ridurre al valore -2 in caso di coesistenza con le voci 5.1. e 5.2.)	- 4
5.6. Impianto esterno di idranti in prossimità dell'edifici (indice da ridurre al valore -1 in caso di coesistenza con le voci 5.1. e 5.2.)	- 3
5.7. Estintori senza guardiana (indice da ridurre al valore -1 in caso di coesistenza con le voci 5.1. e 5.2.)	- 2
5.8. Tempo richiesto per l'arrivo dei V.V.F.	
- fino a 10 minuti	- 5
- oltre 10 e fino a 15 minuti	- 2
- oltre 15 e fino a 20 minuti	0
- oltre 20 minuti	+5
5.9. Difficoltà di accesso interno non avente rapporto con l'altezza dell'edificio	+(0 + 3)

# BREVE INTRODUZIONE STORICA



- L'Ingegneria Antincendio è una scienza relativamente recente, se paragonata all'ingegneria strutturale o all'ingegneria meccanica che sono parte del patrimonio tecnico ingegneristico da svariati decenni.
- Come per altre discipline, che hanno trovato aree privilegiate dove svilupparsi, così l'ingegneria antincendio ha trovato nei dintorni di Baltimora e presso l'università del Maryland a Washington DC uno dei suoi principali «habitat» naturali.
- Ed ha avuto i suoi profeti, fra i quali voglio qui ricordare solo per un momento **Phil J. Di Nenno**, il fondatore della Hughes Associates Inc. appunto di Baltimora da cui la Jensen Hughes trae origine.
- *Phil was best known as the founding editor of the **SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**, which he edited through four editions. From his college years, Phil had the vision to transform the FPE profession from a specification oriented discipline to a quantitative science-based engineering discipline.*
- **“Phil ebbe la visione di trasformare la professione di Ingegnere Antincendio da una disciplina votata all'applicazione di prescrizioni e specificazioni ad una vera scienza ingegneristica quantitativa.”**

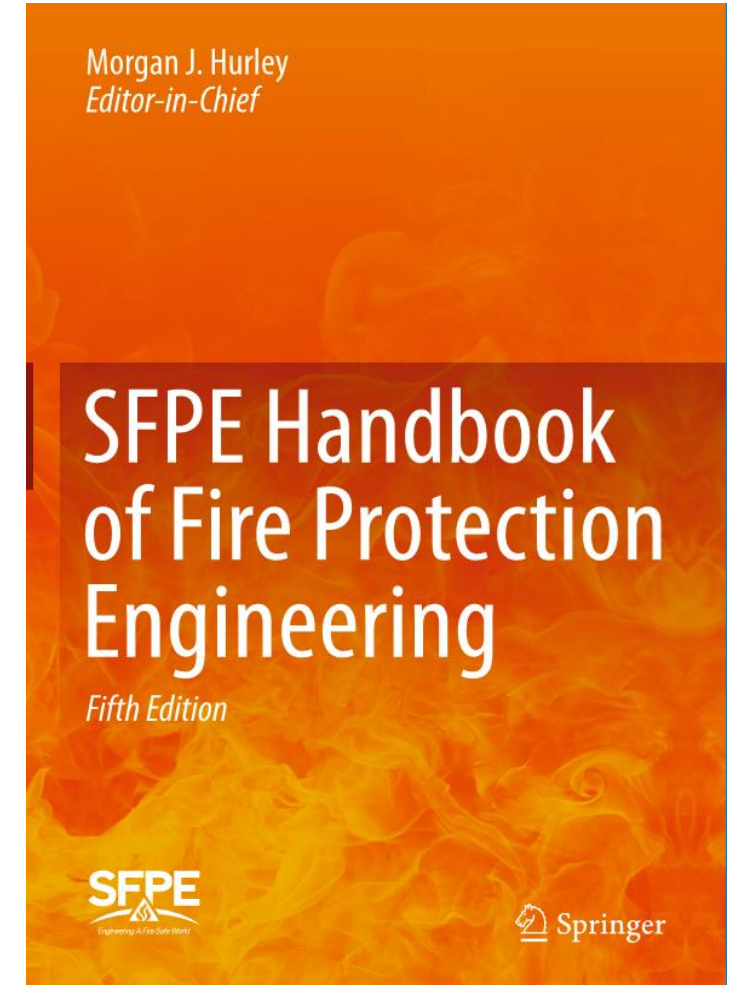


Phil J. Di Nenno – fondatore della HAI



# BREVE INTRODUZIONE STORICA

- Negli Stati Uniti una delle prime manifestazioni dell'ingegneria è la pubblicazione di un Handbook; sono celebri l'Handbook of Chemical Engineering, L'Handbook of Mechanical Engineering, ecc...
- Phil DiNenno (italiano di seconda generazione) ebbe per primo l'idea di pubblicare un Handbook dell'ingegneria antincendio.
- Oggi alla 5<sup>a</sup> edizione, l'SFPE Handbook è probabilmente il compendio più importante delle conoscenze in materia.





# BREVE INTRODUZIONE STORICA

- Potremmo definire l'Ingegneria Antincendio come:

*La disciplina ingegneristica che pretende di applicare i metodi dell'ingegneria allo sviluppo dell'incendio ed al comportamento delle strutture e delle persone coinvolte nell'incendio stesso.*

- Il fenomeno incendio è forse uno dei più complessi fenomeni naturali da studiare per il numero di variabili da considerare e la loro mutua interazione.
- Ancor più lo è la combustione libera in quanto tale.



# COSA POSSIAMO FARE CON LA FSE



- Possiamo calcolare le temperature in ogni punto del dominio (edificio) interessato da un incendio predeterminato e soggetto ad una serie di condizioni al contorno predefinite.
- Possiamo valutare le portate di fumi emesse, la loro diffusione e la visibilità connessa.
- Possiamo dimensionare le portate di estrazione fumi.
- Possiamo identificare il tempo d'intervento di rivelatori e sprinkler.
- Possiamo poi valutare le condizioni di vivibilità nel «contenitore» (*tenability*) specialmente in termini di visibilità.
- Possiamo valutare le condizioni di irraggiamento prodotte dall'incendio su ogni punto del "contenitore".
- Possiamo su tali basi calcolare il tempo disponibile per l'esodo «**ASET**» da confrontare con il tempo di esodo richiesto «**RSET**» nelle valutazioni dell'esodo.

# COSA NON POSSIAMO FARE CON LA FSE



- Non possiamo pretendere che sia il calcolo (numerico o anche analitico) a dare come risultato il valore della potenza rilasciata dall'incendio perché non abbiamo ancora la capacità di modellare il fenomeno incendio (a parte casi elementari).
- Non possiamo verificare la capacità di soppressione o controllo dell'incendio a partire dalla modellazione dell'incendio stesso, perché ancora non è completa la modellazione dell'interazione tra incendio e agenti estinguenti (tranne casi speciali).
- Non possiamo (ancora) valutare la «vivibilità» del contenitore in termini di tossicità dei fumi perché non modelliamo la produzione dei fumi in termini di sostanze emesse (salvo valori sperimentali)



# Cenni sulla legislazione antincendio di riferimento



- Nel nostro ordinamento di Prevenzione Incendi l'approccio ingegneristico è stato regolamentato dal DM 9 maggio del 2007.
- Il DM 9 maggio regola le procedure di presentazione delle pratiche di prevenzione incendi secondo l'approccio ingegneristico.
- La documentazione da presentare è anche indicata dal DM 9 maggio specificando direttamente, e tramite successive circolari, i contenuti dei documenti tecnici.
- Il Sistema di Gestione della Sicurezza Antincendio – SGSA:
  - ⇒ La progettazione antincendio eseguita mediante l'approccio ingegneristico comporta la necessità di elaborare un documento contenente il programma per l'attuazione del sistema di gestione della sicurezza antincendio (di seguito denominato SGSA) tenuto conto che le scelte e le ipotesi poste a base del progetto costituiscono vincoli e limitazioni imprescindibili per l'esercizio dell'attività.
  - ⇒ L'attuazione del sistema di gestione della sicurezza antincendio è soggetta a verifiche periodiche da parte del personale del Corpo nazionale dei vigili del fuoco.



# Cenni sulla legislazione antincendio di riferimento



- Il DM 3.08.2015 - Codice di Prevenzione Incendi aggiornato con DM 12.04.2019 e DM 18.10.2019
- Il Codice è stato concepito per rispondere, tra gli altri, ai seguenti obiettivi:
  - ⇒ Adottare regole meno prescrittive, più prestazionali e flessibili.
  - ⇒ Favorire l'utilizzo dei metodi dell'ingegneria antincendio
- Il Sistema di Gestione della Sicurezza Antincendio – SGSA:
  - ⇒ La progettazione antincendio eseguita mediante l'approccio ingegneristico comporta la necessità di elaborare un documento contenente il programma per l'attuazione del sistema di gestione della sicurezza antincendio (di seguito denominato SGSA) tenuto conto che le scelte e le ipotesi poste a base del progetto costituiscono vincoli e limitazioni imprescindibili per l'esercizio dell'attività.
  - ⇒ L'attuazione del sistema di gestione della sicurezza antincendio è soggetta a verifiche periodiche da parte del personale del Corpo nazionale dei vigili del fuoco.
- In particolare il Codice è suddiviso in 4 sezioni:
  - ⇒ **G** (Generalità),
  - ⇒ **S** (Strategia Antincendio),
  - ⇒ **R** (Regole tecniche Verticali) e infine la sezione
  - ⇒ **M** (Metodi), dedicata proprio alla ingegneria della sicurezza antincendio (Scenari di progettazione prestazionale e sicurezza vita)



# Sezione M-METODI



- La sezione **Metodi** del Codice permette di ricercare soluzioni alternative alle soluzioni conformi, prescrittive della norma, tramite l'Ingegneria della Sicurezza Antincendi.
  - ⇒ L'applicazione dei principi dell'Ingegneria della Sicurezza Antincendio permette di definire soluzioni idonee al raggiungimento di obiettivi progettuali mediante analisi di tipo quantitativo.
  - ⇒ L'analisi ingegneristica è un'analisi iterativa con retroazione, che permette di comprendere gli aspetti dell'attività che determinano sicurezza reale e di garantirne l'effettiva affidabilità. Legando i fenomeni studiati agli obiettivi attesi, confrontandoli quantitativamente con le misure con le quali si affronta il problema.

# M.1 Metodologia

- La metodologia di progettazione prestazionale si compone di due fasi:

- ⇒ Prima fase: **Analisi Preliminare**

In questa fase si arriva a definire i rischi da contrastare e quindi i criteri di quantificazione degli stessi per poi riuscire a effettuare la successiva analisi numerica.

Al termine della quale si arriva ad una **Definizione delle Soluzioni Progettuali (M2)**.

La documentazione di progetto deve essere integrata, per la prima fase, da un sommario tecnico, dove è sintetizzato il processo seguito per individuare gli scenari di incendio di progetto e le soglie di prestazione.

- ⇒ Seconda fase: **Analisi quantitativa**

Confronto dei risultati ottenuti con le soglie di prestazione già individuate, verifiche di sicurezza degli scenari individuati nella fase preliminare.

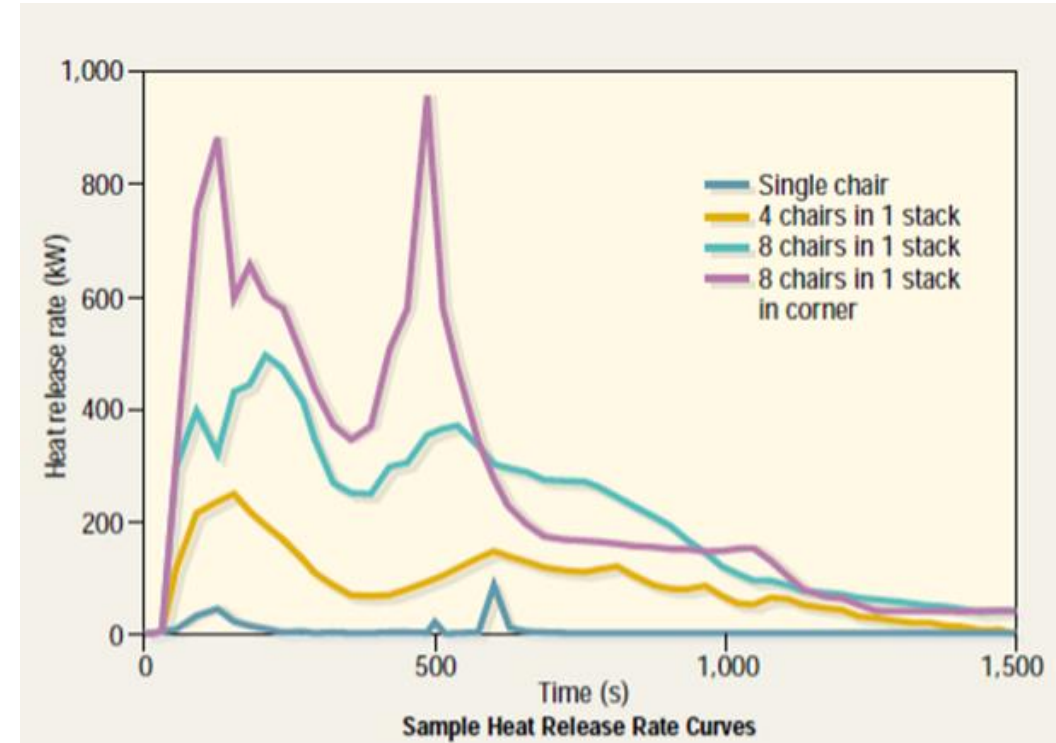
Al termine della quale si arriva alla **Valutazione e Selezione delle Soluzioni Progettuali in funzione della tipologia di problema trattato**:

- Problema Pre-flashover: Salvaguardia della Vita (**M.3**).
- Problema Post-flashover: Stabilità strutturale (**S.2**)

La documentazione di progetto deve essere integrata, per la seconda fase, da: una relazione tecnica con i risultati dell'analisi e il percorso progettuale seguito, quindi deve riflettere il processo che porta alla progettazione antincendio; un programma per la gestione della sicurezza antincendio.

## M.2 Gli scenari di incendio

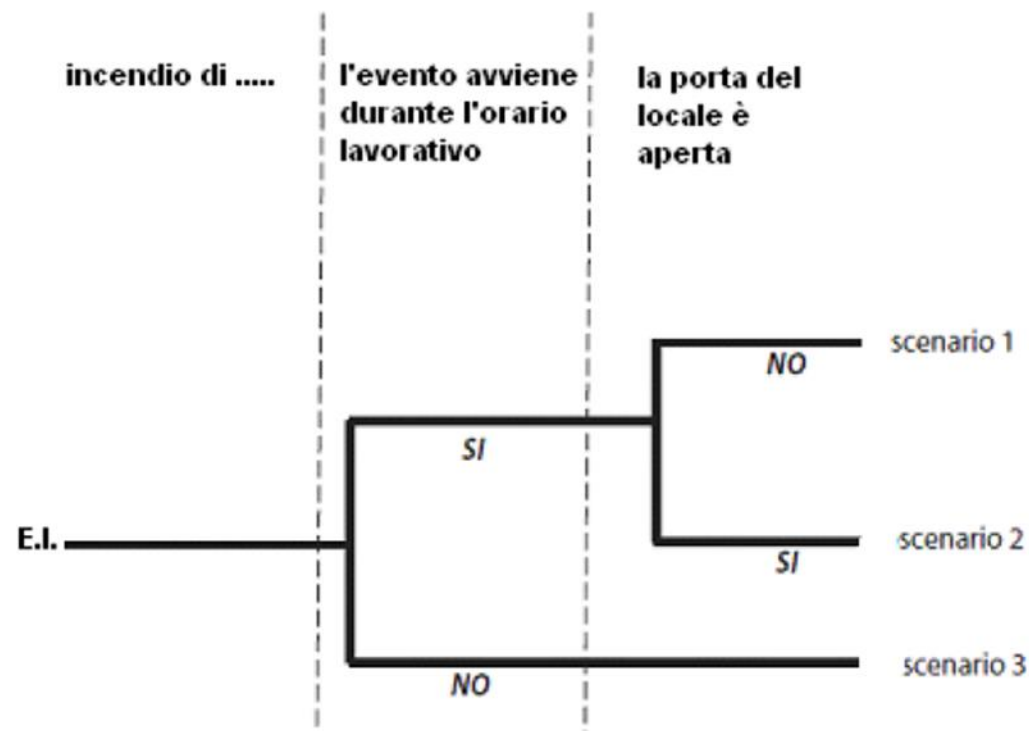
- Gli scenari d'incendio rappresentano la descrizione dettagliata degli eventi che possono ragionevolmente verificarsi in relazione a tre aspetti fondamentali:
  - ⇒ Caratteristiche dell'attività/contenitore: tra queste vi sono tutte le caratteristiche geometriche (superfici, volumi, separazioni), la ventilazione (in termini di posizione e dimensione della aperture di aerazione o dei sistemi meccanici di ventilazione)
  - ⇒ Caratteristiche degli occupanti: a seconda degli obiettivi dell'analisi, il progettista descrive dettagliatamente le caratteristiche della popolazione ospitata nell'attività, che possono influenzare il comportamento e la risposta nei confronti dell'incendio.
  - ⇒ Caratteristiche dell'incendio: questo è l'aspetto più importante e "qualificante" dell'attività di Fire Engineering. L'incendio viene caratterizzato in termini di curva di rilascio di energia – HRR e di emissioni.





## M.2 Gli scenari di incendio

- Per individuare gli scenari di incendio, il progettista sviluppa uno specifico albero degli eventi a partire da ogni evento iniziatore pertinente e credibile. Il processo può essere svolto in maniera qualitativa, oppure in maniera quantitativa se sono disponibili dati statistici desunti da fonti autorevoli e condivise.



## M.2 Gli scenari di incendio



- Una volta definiti gli scenari applicabili allo studio in esame, questi devono essere espressi nei termini quantitativi dettagliati che li caratterizzano.
- Per ciascuno scenario si dovranno identificare le caratteristiche salienti dell'attività, intesa come contenitore attrezzato, e degli occupanti del contenitore.
- Soprattutto dovrà essere identificato l'incendio che caratterizza lo scenario, in termini quantitativi:
  - ⇒ Focolare (HRR)
  - ⇒ Emissioni di fumo (particolato)
  - ⇒ Durata.



# M.2 Gli scenari di incendio

- Nella caratterizzazione dell'incendio abbiamo almeno due «macro» possibilità riconducibili essenzialmente a:
  - ⇒ Metodologia sperimentale: combustione di uno o più oggetti sotto un'apparecchiatura che viene chiamata «Cone Calorimeter» e pertanto occorre materialmente bruciare, nelle condizioni volute, in genere di eccesso d'aria", l'oggetto di cui si vuole ottenere l'HRR.
  - ⇒ Oppure, qualcuno ha già fatto questo esercizio per noi, ed è già disponibile una curva HRR in letteratura. Ad esempio, l'Handbook pubblicato dalla SFPE è una delle fonti più estese di dati relativamente a curve HRR di oggetti.

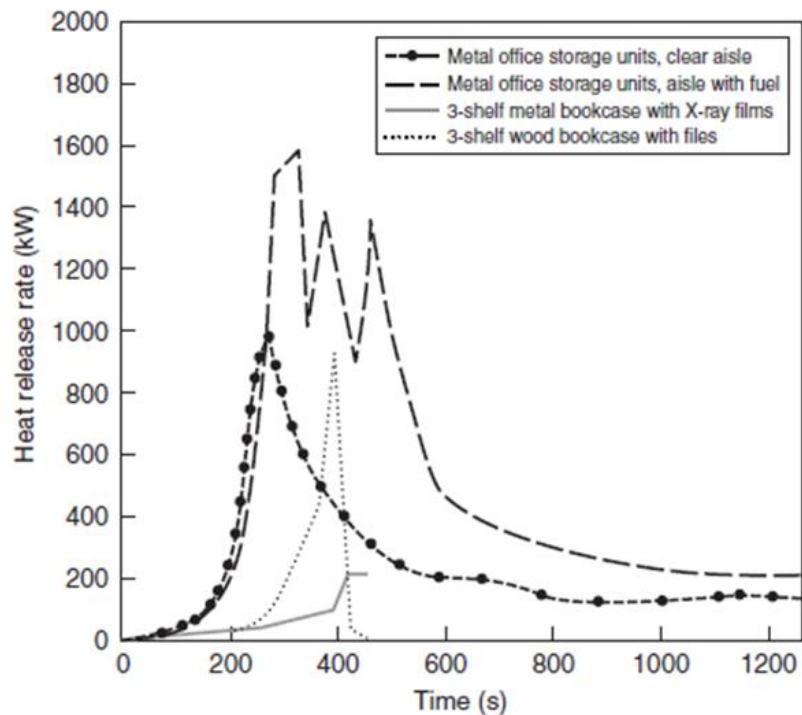


Figure 3-1.13. Storage units.

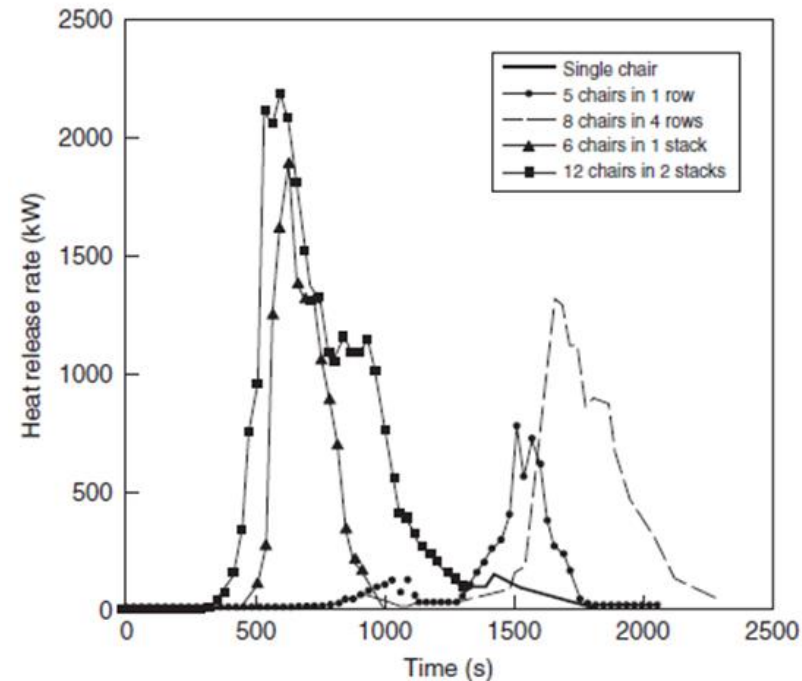


Figure 3-1.15. Stackable chairs, polypropylene with steel frame, no padding.

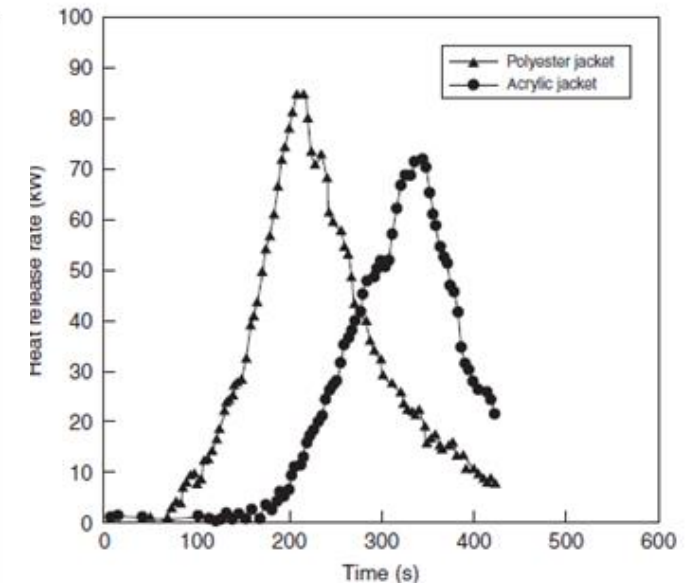


Figure 3-1.19. Two men's jackets.

## M.2 Gli scenari di incendio

- Possiamo talvolta combinare più oggetti, se sono vicini, a partire dalla curva HRR di uno di questi, nota sperimentalmente, e dalla temperatura di accensione.
- Un esempio di questo modo di procedere è dato nella RTV-V6 del Codice per le autorimesse.

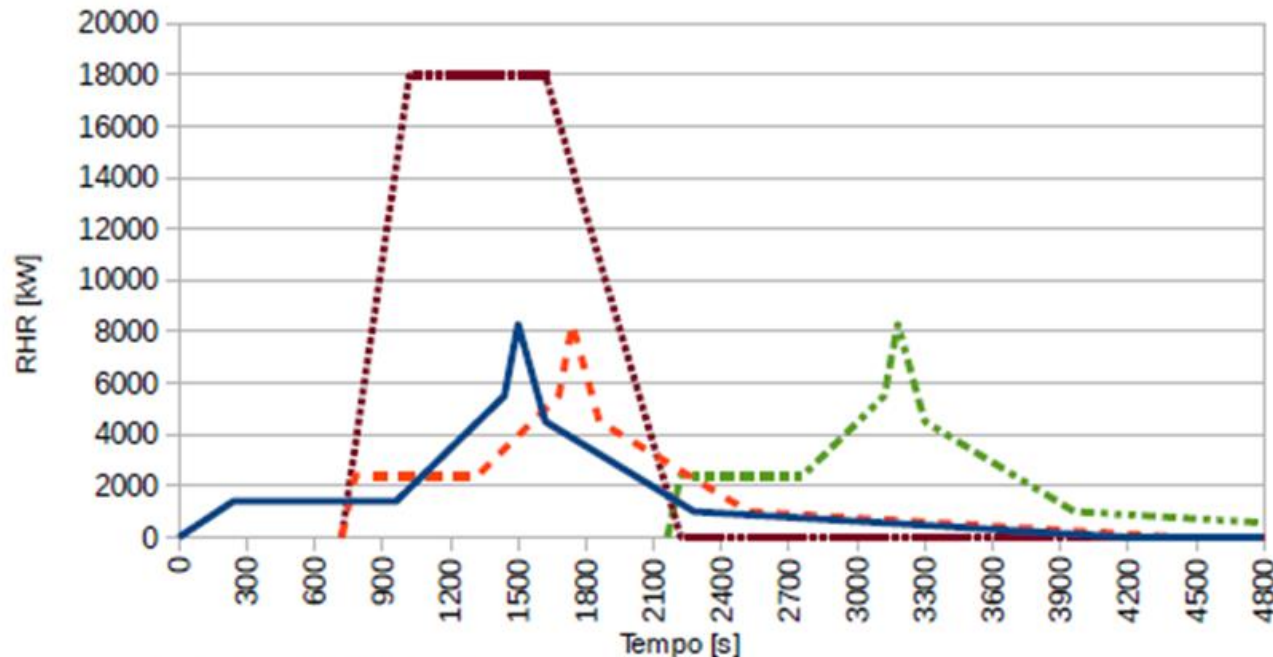


Illustrazione 24-1: Curve RHR(t) per lo scenario S3

S3: scenario 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.

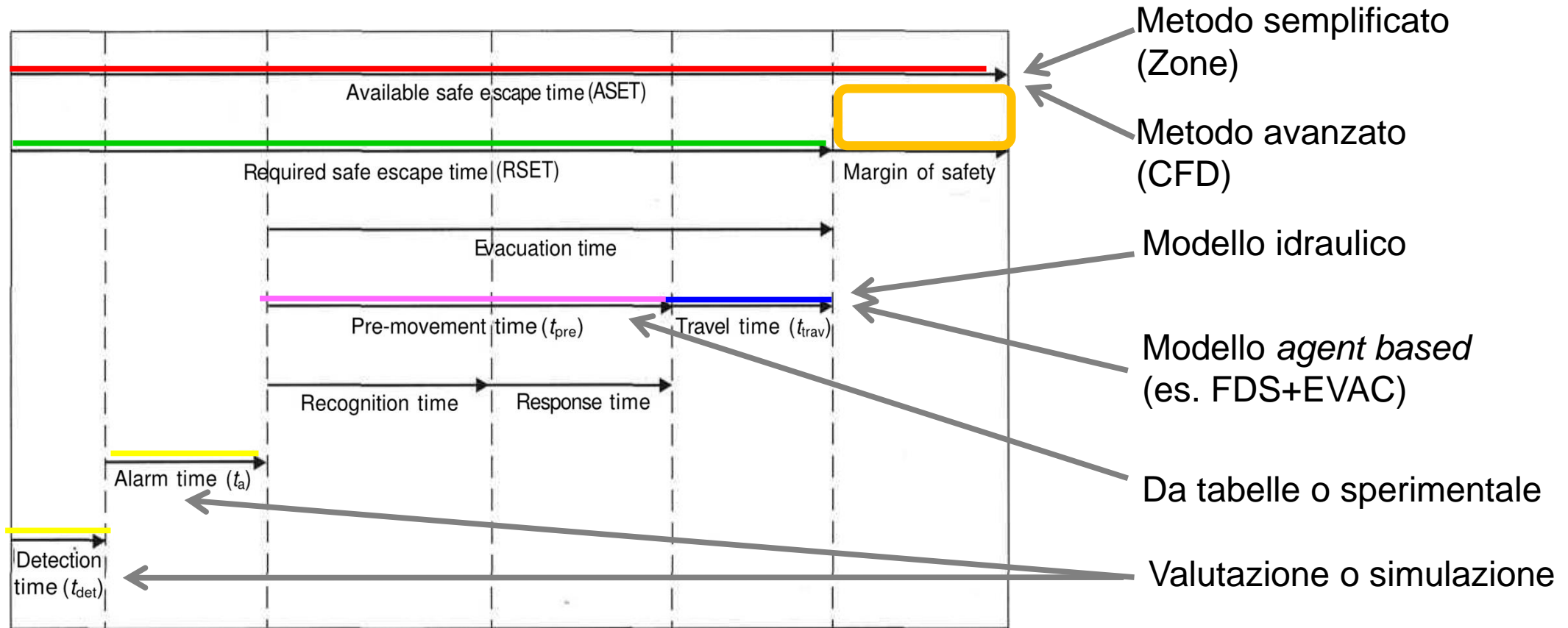
# M.3 Salvaguardia della vita



- Lo scopo è quello di verificare che un edificio, in caso di incendio, sia in grado di mantenere al suo interno, per un certo tempo, condizioni che consentano la sopravvivenza delle persone.
- Per la salvaguardia della vita degli occupanti, i criteri di progettazione sono due:
  - ⇒ **IDEALE**: permanenza degli occupanti in ambienti non investiti dagli effetti dell'incendio;
  - ⇒ **REALE**: **ASET > RSET** dove:
    - **RSET**: tempo richiesto dagli occupanti affinché possano mettersi in salvo;
    - **ASET**: tempo a disposizione degli occupanti per mettersi in salvo.
- Per il calcolo di **RSET (ISO/TR 16738:2009)**  $RSET = \Delta t_{det} + \Delta t_a + \Delta t_{pre} + \Delta t_{tra}$  dove
  - $\Delta t_{det}$ : tempo di rivelazione;  $\Delta t_a$ : tempo di allarme generale;  $\Delta t_{pre}$ : tempo attività di pre-movimento;
  - $\Delta t_{tra}$ : tempo di movimento.
- Per il calcolo di **ASET** vi sono due metodi:
  - ⇒ **Semplificato (ISO/TR 16738:2009)**: Zero Exposure; è sufficiente valutare l'altezza dello strato dei fumi pre-flashover nell'edificio e la T degli stessi.  
Determinazione: analitica o con modelli numerici a zone.
  - ⇒ **Avanzato (ISO 13571:2012)**: ASET globale è il più piccolo tra gli ASET calcolati secondo 4 modelli: dei gas tossici, dei gas irritanti, del calore e dell'oscuramento della visibilità da fumo.  
Determinazione con modelli numerici di campo.



# M.3 Salvaguardia della vita



CONFRONTO tra Scenari di Esodo e Scenari di Incendio

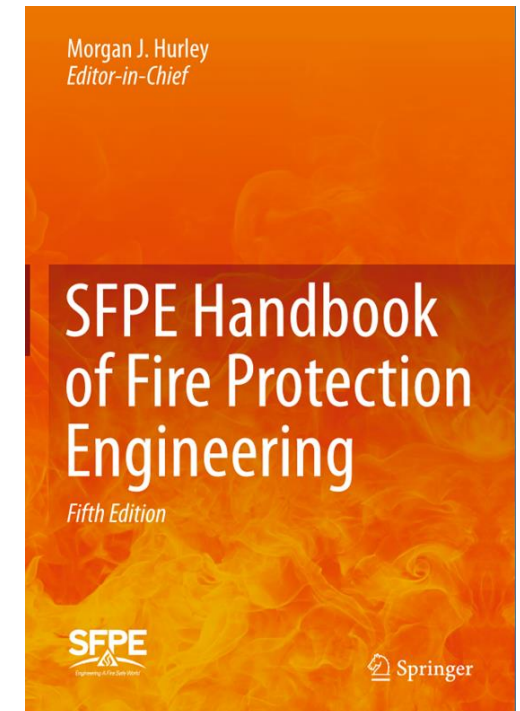
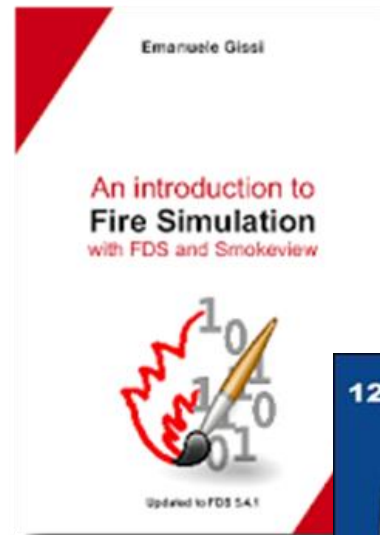
Parametro di riferimento:

$$t_{\text{marg}} \geq 100\% \text{RSET}$$

# Riferimenti bibliografici - cenni essenziali



Come detto, ogni singolo dato utilizzato in questa disciplina deve avere una fonte citata espressamente!



**GRAZIE  
PER  
L'ATTENZIONE**

Gaetano Coppola

[gaetano.coppola@jensenhughes.eu](mailto:gaetano.coppola@jensenhughes.eu)

[info@aiia-sfpe.org](mailto:info@aiia-sfpe.org)

