



**ORDINE degli INGEGNERI della  
PROVINCIA di CAGLIARI**

**Modulo 7 :**

**Approccio ingegneristico e sistema  
di Gestione della sicurezza**



**ORDINE degli INGEGNERI della  
PROVINCIA di CAGLIARI**

# **AGGIORNAMENTO di PREVENZIONE INCENDI**

**7.1 Riferimenti normativi sull'Approccio  
ingegneristico alla sicurezza  
antincendio D.M. 9/5/2007**



# ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

**PREMESSA**



**ORDINE degli INGEGNERI della  
PROVINCIA di CAGLIARI**

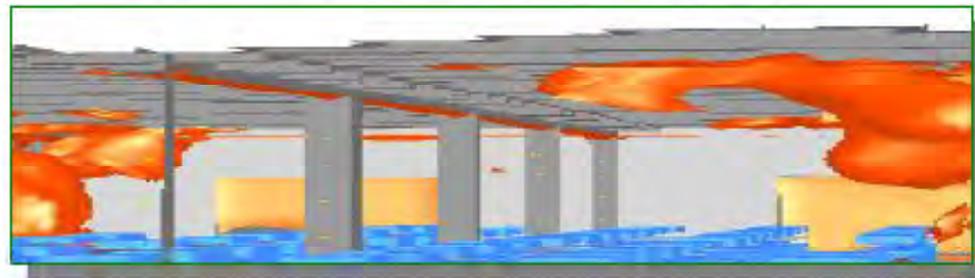


**L'INCENDIO**



## L'Incendio

- L'approccio corretto alla FSE prevede una fase di analisi qualitativa e quantitativa del fenomeno dell'incendio.
- Durante gli incendi in ambienti confinati – enclosure fire – è necessario poter descrivere qualitativamente almeno i seguenti elementi:
  1. Moto del fumo e dei gas di combustione;
  2. temperature raggiunte all'interno del locale





# L'Incendio

- La temperatura raggiunta dai prodotti di combustione è alla base dei moti convettivi dai quali dipende la propagazione dell'incendio all'interno dell'edificio in cui si sviluppa.
- Una prima classificazione degli incendi può essere fatta in funzione della velocità dello sviluppo di prodotti della combustione, di fiamme e di calore nelle prima fase dell'incendio stesso e vengono definiti in:
  1. Incendi a sviluppo lento;
  2. Incendi a sviluppo medio;
  3. Incendi a sviluppo veloce



# L'Incendio

- Gli incendi possono manifestarsi, infine, in due diversi modi:
  1. Con Produzione di Fiamma;
  2. Incendi Covanti (Smoldering fire);



## L'Incendio con produzione di Fiamma

- La combustione si genera mediante reazioni chimiche prevalentemente in fase gassosa;
- Viene emessa radiazione elettromagnetica sia infrarossa che visibile
- Si ha elevata produzione di **energia termica**;
- Si ha elevata emissione di fumo di **colore scuro**;
- Flussi turbolenti gassosi con frequenti variazioni di velocità;
- Formazioni di vortici di varie dimensioni



## L'Incendio covante (Smoldering fire)

- La combustione procede generalmente senza lo sviluppo di fiamme sulla superficie del combustibile;
- La temperatura non è molto elevata e l'incendio procede con velocità tipicamente inferiori ad 1mm/min;
- Scarsa rumorosità ed assenza di rumore;
- Modestissimo apporto termico all'ambiente con l'emissione di fumo di colore chiaro;

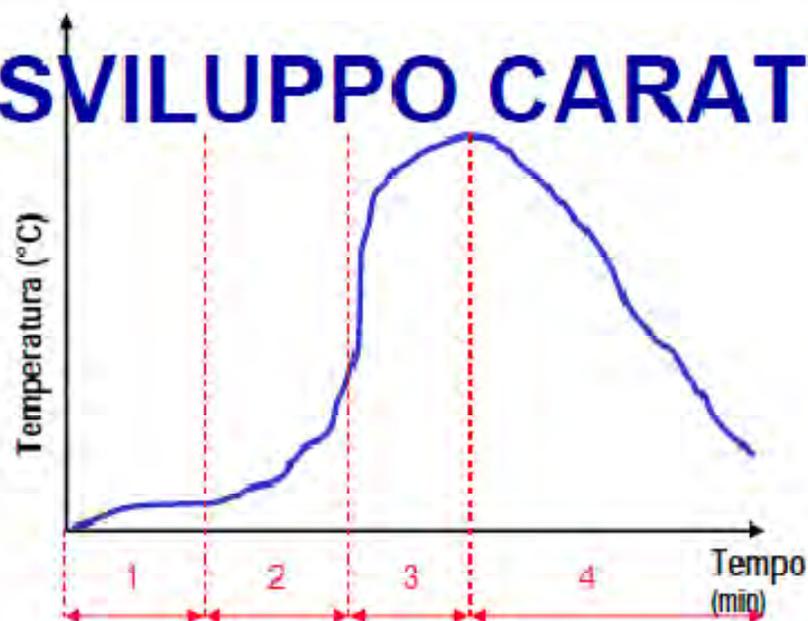


# L'Incendio: FASI DI SVILUPPO CARATTERISTICHE

- Schematicamente si possono distinguere le seguenti 4 fasi caratteristiche nell'evoluzione temporale di un incendio:
  1. Ignizione;
  2. Crescita;
  3. Incendio pienamente sviluppato;
  4. Decadimento.



# L'Incendio: FASI DI SVILUPPO CARATTERISTICHE



Fasi dell'incendio	1 – Innesco	2 – Crescita (Propagazione)	3 – Pieno sviluppo	4 – Decadimento Estinzione
Comportamento dell'incendio	Riscaldamento del materiale combustibile	Combustione controllata dal combustibile	Combustione controllata dalla ventilazione	Combustione controllata dal combustibile
Comportamento umano	Attività di prevenzione	Azione primaria di spegnimento con presidi antincendio; esodo	Morte	
Misure attive impegnate	Rilevatori di fumo	Rilevatori di fumo e calore; impianti sprinklers; intervento VF; sistemi di controllo del fumo	Intervento VF	
Misure passive impegnate	Materiali classificati per reazione al fuoco	Materiali classificati per reazione al fuoco	Strutture resistenti al fuoco, separazione antincendio	



# L'Incendio: 1. L'INNESCO

- La partecipazione all'incendio del combustibile solido dipende dalla pezzatura (es: con un fiammifero brucio un foglio di carta ma non il piano della scrivania);
- La combustione avviene sempre in fase gassosa attraverso il fenomeno della pirolisi: Una sostanza solida sufficientemente riscaldata libera vapori combustibili;



# L'Incendio:

## 1. L'INNESCO

- I prodotti di pirolisi combinati con l'ossigeno bruciano con fiamma e liberano calore che, investendo la superficie solida, comportano l'accelerazione del fenomeno di pirolisi;
- Il tempo di ignizione di una sostanza solida dipende dal flusso termico che la investe e e dalla temperatura che raggiunge la superficie del solido esposta;



# L'Incendio: 1. L'INNESCO

- La pirolisi è più veloce in corpi con bassa inerzia termica:

$$(\rho \cdot c_p \cdot \lambda)^{1/2} \left[ \text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0.5} \cdot \text{K}) \right]$$

*dove*

$\rho$  è la densità del materiale in  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ;

$c_p$  è il calore specifico in  $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ ;

$\lambda$  è conduttività termica in  $\frac{\text{kW}}{\text{m} \cdot \text{K}}$



# L'Incendio: 1. L'INNESCO

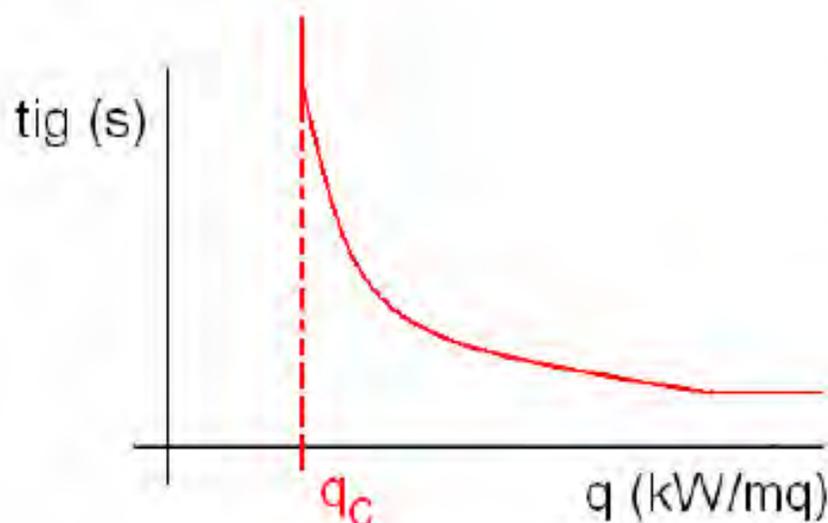
- La pirolisi è più veloce in corpi con bassa inerzia termica:
- Poliuretano, inerzia termica pari a: 41;
- Legno di pino, inerzia termica pari a 500;

**IL POLIURETANO BRUCIA "MEGLIO" DEL  
LEGNO DI PINO;**



# L'Incendio: 1. L'INNESCO

- Si indica con  $t_{ig}$  il tempo, valutato in secondi, di un materiale sul quale incide un flusso radiante  $q$  (kW/mq) per raggiungere la temperatura di ignizione  $T_{ig}$ :



$q_c$ : flusso critico



# L'Incendio: 1. L'INNESCO

Alcuni valori sperimentali (in aria):

Sostanza Combustibile	Tig (K)	qc (kW/mq)
Carta di Giornale	503 229.85°C	10
Legno	493 229.85°C	10
Polietilene (alta densità)	613 339.85°C	15
Polistirene	623 349.85°C	13



## L'Incendio: 2. CRESCITA

- L'incendio cresce in funzione della tipologia, massa, distribuzione spaziale del combustibile;
- NON risente della **ventilazione!**
- La temperatura Media del locale è relativamente bassa (diluzione con l'aria fredda presente);
- Localmente, in prossimità della zona interessata dalla combustione, temperature elevate.



## L'Incendio: 2. CRESCITA

In questa fase si ha:

- Riduzione visibilità a causa dei prodotti della combustione (fumi);
- Produzione di gas tossici irritanti e corrosivi;
- Aumento della velocità di combustione nel tempo;
- Aumento della temperatura e della potenza termica irradiata nell'ambiente.



## L'Incendio: 2. CRESCITA

La propagazione e l'intensità sono influenzati da:

- **Superficie di ventilazione** (rottura di vetri , finestre, elementi di copertura);
- **Proprietà termoisolanti** dei muri e dei solai: più è isolato minore calore viene dissipato all'ambiente circostante, maggiore sarà la T raggiunta all'interno del locale;
- Caratteristiche di partecipazione al fuoco dei materiali di arredo e di rivestimento (**REAZIONE AL FUOCO DEI MATERIALI**), formazione di gocce incandescenti, produzione di gas e fumi tossici;



## L'Incendio: 2. CRESCITA

**OSS:**

Una superficie vetrata avente spessore di 3 mm si rompe a 340°C;

Una superficie vetrata avente spessore di 6 mm si rompe a 450°C.



## L'Incendio: 3. PIENAMENTE SVILUPPATO

In questa fase tutti gli oggetti del locale partecipano alla combustione in quanto anche quelli più lontani raggiungono la Tig!

Il Flashover rappresenta la fase di transizione fra un incendio in crescita ed un incendio pienamente sviluppato;

In questa fase i gas caldi di combustione hanno invaso tutto l'ambiente e si trovano vicino al pavimento (**IRRAGGIAMENTO**);



### L'Incendio: 3. PIENAMENTE SVILUPPATO

Lo sviluppo dell'incendio è  
**FORTEMENTE** influenzato dalla  
**VENTILAZIONE!**

OSS: se non vi è ventilazione  
sufficiente il flashover potrebbe  
non verificarsi (carenza di  
comburente)



## L'Incendio: 3. PIENAMENTE SVILUPPATO

Questa fase è caratterizzata da:

- Forte innalzamento della velocità di combustione;
- Elevato rilascio di calore,  $T$  elevatissime;
- Rilevante crescita di produzione fumo e gas di combustione;



## L'Incendio: 3. PIENAMENTE SVILUPPATO

La Temperatura del locale non è uniforme;

Il pavimento e le parti inferiori dei muri raggiungono una temperatura inferiore alle parti superiori delle pareti e, soprattutto, del soffitto.

A causa del mescolamento dovuto alla forte turbolenza del gas, la differenza di temperatura non è elevata: in generale ci si riferisce alla temperatura media dei gas di combustione (SI POSSONO RAGGIUNGERE 1000°C).



# L'Incendio

## 3. PIENAMENTE SVILUPPATO







## L'Incendio: 4. DECADIMENTO

Dopo l'ignizione di tutti i materiali combustibili, l'incendio tende a rallentare;

Si ha il progressivo esaurimento di combustibile;

Riduzione del flusso termico generato;



## L'Incendio: 4. DECADIMENTO

In letteratura la fase di decadimento inizia quando la  $T_{media}$  scende allo 80% del valore massimo raggiunto nella fase 3.

Si ritiene conclusa quando la  $T_{media}$  scende sotto i  $200^{\circ}\text{C}$  (si escludono inneschi di eventuali materiali combustibili);



# L'Incendio: 4. DECADIMENTO





## ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

La complessa materia della prevenzione incendi può essere approcciata secondo due strategie sostanzialmente differenti.

**un approccio di tipo deterministico / prescrittivo**

**un approccio di tipo ingegneristico / prestazionale (*Fire Engineering*),**



## ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

### un approccio di tipo deterministico / prescrittivo

- si concretizza nella emanazione **di norme estremamente prescrittive** (norme verticali di prevenzione incendi, ove esistenti) tali da rispettare il **livello minimo di sicurezza**
- al ricorso a **strumenti di calcolo molto semplici** (ad es. curva standard d'incendio ISO 834, norme UNI per la valutazione della resistenza al fuoco degli elementi strutturali).

**pregio maggiore :**

estrema **semplicità**, nella garanzia di una certa **omogeneità di applicazione**, nella possibilità di erogare in tempi ragionevoli una **formazione uniforme ed accettabile** ai controllori.

**Limite più evidente**

consiste, invece, **nella rigidità**, talora eccessiva, delle prescrizioni normative e delle procedure di calcolo.



## ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

**un approccio di tipo deterministico / prescrittivo.**

**ESEMPIO**

**D.M. 9 aprile 94:** disciplina le misure di prevenzione e protezione attiva e passiva negli alberghi, indipendentemente dalla tipologia dell'albergo, dell'utilizzo delle strutture , ecc. ecc.

- Alla voce «resistenza al fuoco delle strutture » il decreto prevede:

I requisiti di resistenza al fuoco degli elementi strutturali devono essere valutati secondo le prescrizioni e le modalità di prova stabilite dal D.M. 9 marzo 2007 , **prescindendo dal tipo di materiale impiegato nella realizzazione degli elementi medesimi ( calcestruzzo, laterizi, acciaio, legno massiccio, legno lamellare, elementi compositi)**

**In altre parole**

**non si deve tener conto della tipologia dei materiali, delle condizioni di carico e , conseguentemente , dello stato tensionale e deformativo degli elementi strutturali sottoposti all'azione del fuoco.**

un approccio di tipo deterministico / prescrittivo: comporta **l'applicazione della norma in modo asettico** di una normativa Prescindendo dagli obiettivi che il progettista ha prefissato.



## ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

### un approccio di tipo ingegneristico – prestazionale (*Fire Engineering*)

si basa sulla **predizione** della dinamica evolutiva dell'incendio tramite l'applicazione di **idonei modelli di calcolo fisicamente basati** (*physically sound*). E' importante verificare le **prestazioni** che l'opera deve garantire. (*le persone devono essere fuori del compartimento in cui è presente l'incendio prima che i fumi raggiungano 2 m dal pavimento*)

**Punto di forza:**

di questa seconda strategia è la sua estrema flessibilità, che consente la simulazione di **incendi di complessità** anche molto elevata

**limiti:**

I limiti più evidenti di tale approccio risiedono :

- nella problematica **validazione sperimentale** dei modelli in argomento data la natura distruttiva delle prove che andrebbero condotte;
- nella **spinta preparazione richiesta ai professionisti** ed, ancor più, ai controllori;
- infine, nel caso di **raffinati modelli di campo**, in un onere calcolativo non sempre sostenibile con i PC di comune diffusione.

esempio

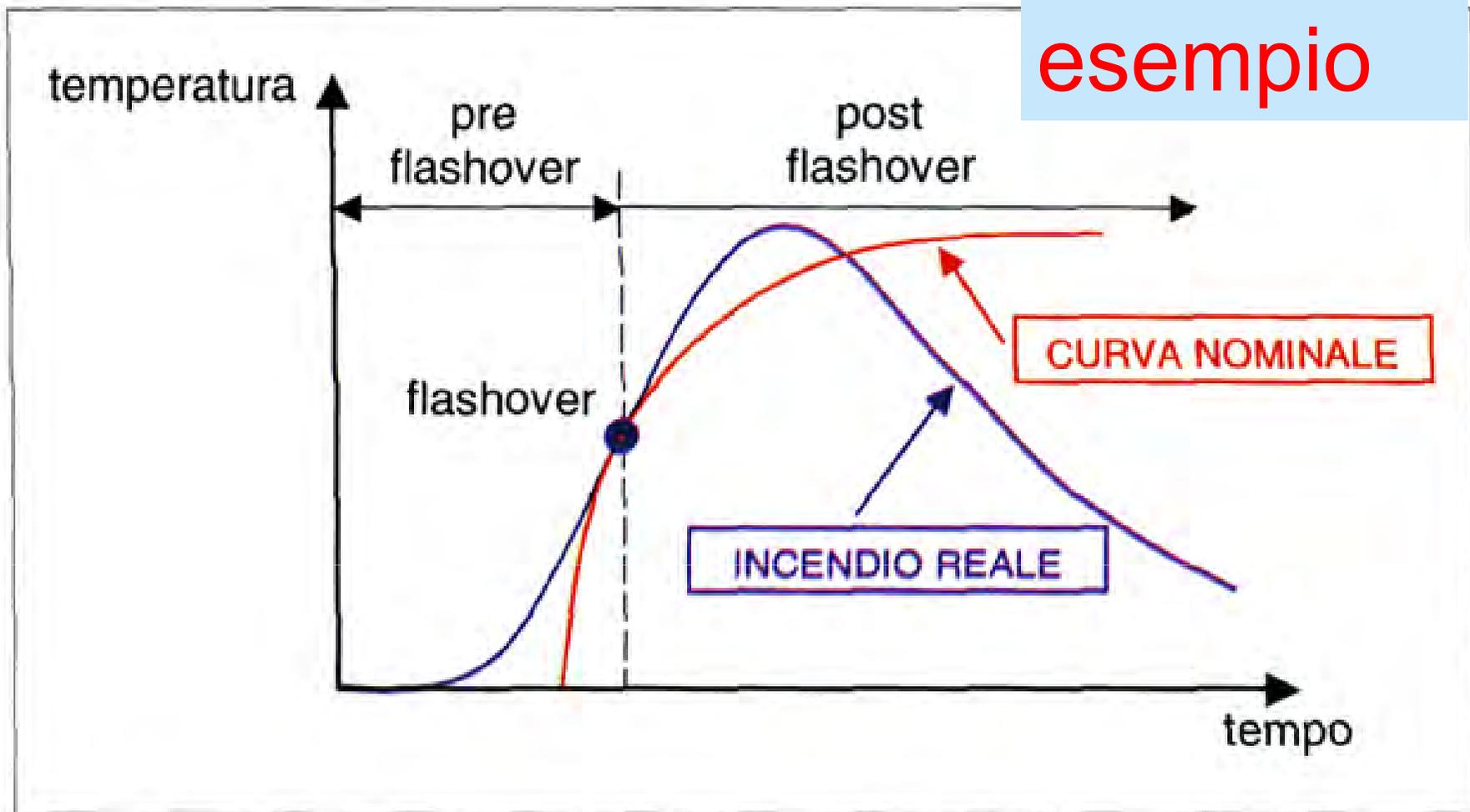
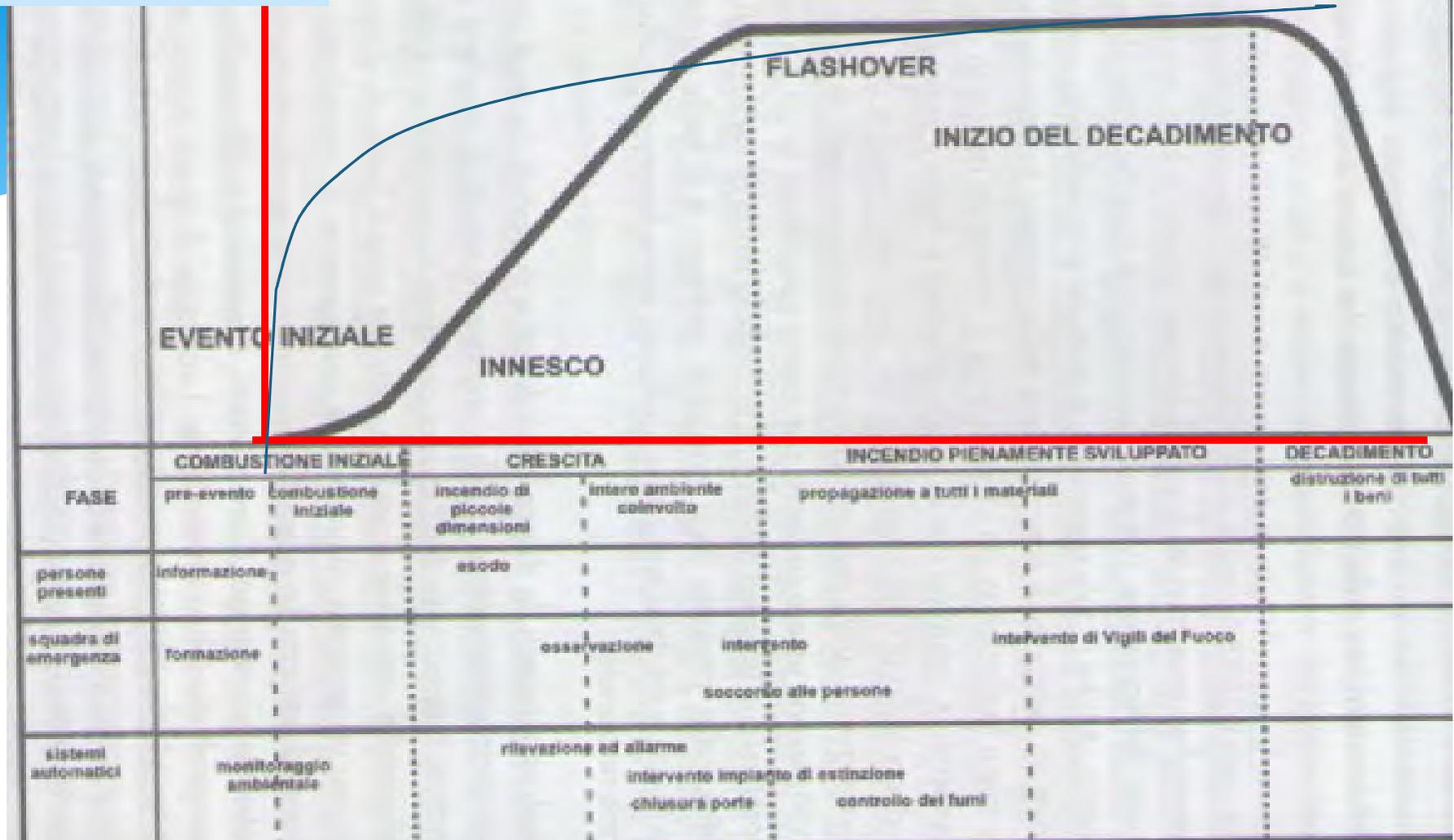


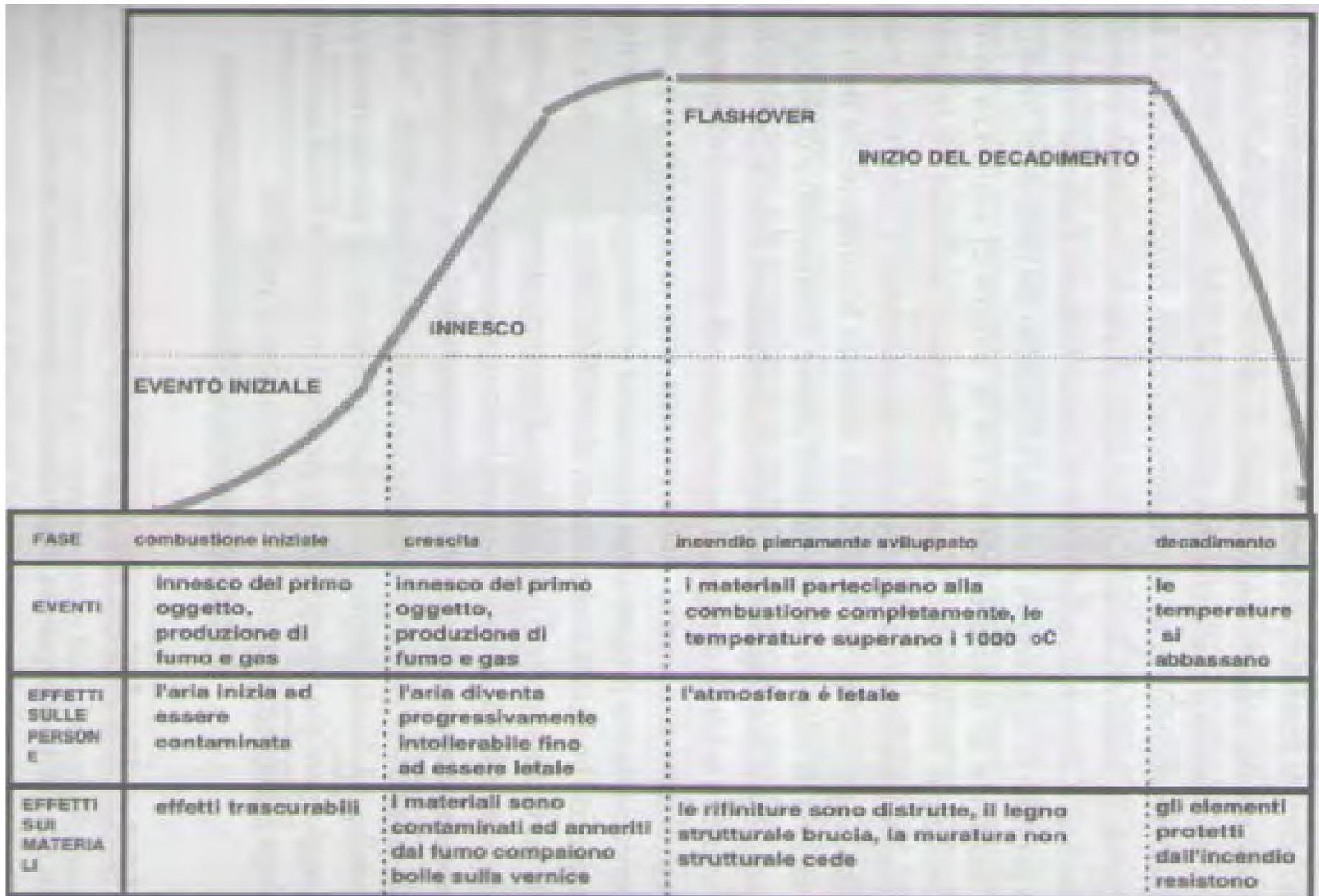
Fig. 4.18 Raffronto tra curve nominali e curve di incendio reali.

Alla curva di **incendio standard**, l'approccio prestazionale sostituisce una curva di incendio legata alle specifiche caratteristiche dell'ambiente nel quale si sviluppa l'incendio (Superficie, altezza, proprietà dei materiali di rivestimento e di quelli combustibili. Le condizioni di ventilazione. )

# esempio



**Le attività delle persone durante l'incendio :** Alla curva di incendio standard, l'approccio prestazionale sostituisce una curva di incendio legata alle specifiche caratteristiche dell'ambiente nel quale si sviluppa l'incendio (Superficie, altezza, proprietà dei materiali di rivestimento e di quelli combustibili.. )



**Effetti dell'incendio sulle persone e sui beni.** L'approccio prestazionale consente la previsione degli effetti dell'incendio su persone e beni, non solo in termini qualitativi o generali, ma aderenti alle specifiche caratteristiche dell'ambiente e dei materiali che partecipano alla combustione



## ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

### VALUTAZIONE DEL GRADO DI SICUREZZA ANTINCENDIO

**Per le attività soggette** ai controlli di prevenzione incendi **le specifiche regole tecniche** di prevenzione incendi emanate dal Ministero dell'Interno **stabiliscono i requisiti minimi** che esse devono possedere **e lasciano**, quindi, **esigui margini di discrezionalità** ai professionisti ed ai responsabili delle attività **sulle misure di sicurezza antincendio** da intraprendere





## ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

### VALUTAZIONE DEL GRADO DI SICUREZZA ANTINCENDIO

In altre parole .....

**il legislatore esegue preventivamente l'analisi del rischio ed impone l'esecuzione di azioni **preventive e protettive** idonee a compensare il rischio esistente e **fissa**, pertanto, **il livello di sicurezza antincendio** che si ritiene accettabile e che resta **determinato dal puntuale rispetto della regola tecnica** di prevenzione incendi di riferimento.**





## ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

### VALUTAZIONE DEL GRADO DI SICUREZZA ANTINCENDIO

I regolamenti di prevenzione incendi così come le norme tecniche sono basati su:

#### – Esperienza diretta in casi reali

- Studi approfonditi sugli incendi accaduti per comprenderne le cause e soprattutto individuarne i fattori peggiorativi.

– Test d'incendio in scala reale

– Prove su materiali ed impianti.

