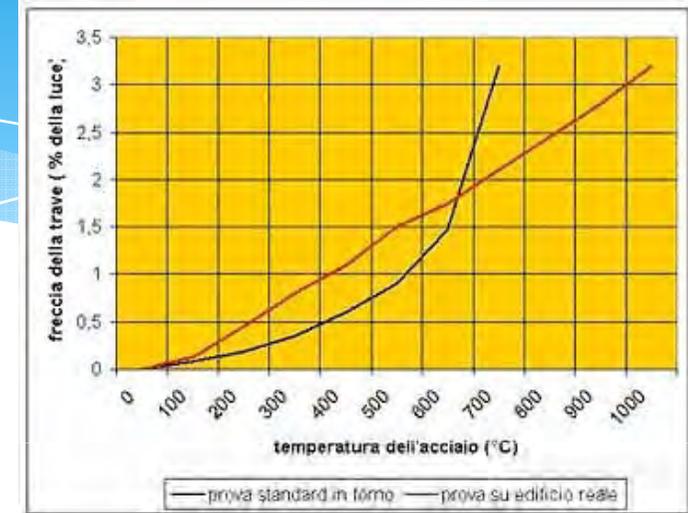


VALUTAZIONE DEL GRADO DI SICUREZZA ANTINCENDIO

Test d'incendio e prove:

- **Test sui materiali** per verificarne il comportamento in caso d'incendio e definire le caratteristiche che essi devono avere per poter dare la prestazione attesa (resistenza al fuoco, reazione al fuoco, ecc...)
- **Test sugli impianti** di rivelazione, controllo e spegnimento atti a definire le caratteristiche dei sistemi di protezione in relazione alle diverse tipologie d'incendio possibili





ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA DI CAGLIARI

Tale approccio, di natura **prescrittiva**, si riferisce a quasi tutti i possibili casi che in realtà si possono riscontrare e generalmente risulta **conservativo**.

Il rispetto delle norme e la conseguente verifica di conformità, infatti, **risolve la maggior parte dei casi**, ma esistono diverse situazioni nelle quali tale soluzione non è percorribile o non è soddisfacente.



ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

L'approccio prestazionale, nella sicurezza antincendio, non è contrapposto a quello prescrittivo.

IL METODO PRESCRITTIVO presenta delle **limitazioni** in tutti i casi in cui le esigenze delle parti interessate non siano immediatamente contemplate dalla normativa tecnica di riferimento.





ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

Casi di attuabilità dell'approccio prestazionale (F.S.E.)

- 1) Ambito del restauro dei beni culturali e della pianificazione territoriale;
- 2) Nella pianificazione e gestione delle aree industriali a rischio di incidente rilevante;
- 3) Nell'ottenimento delle deroghe di prevenzione incendi;
- 4) Nella progettazione delle attività territoriale prive di norme tecniche specifiche.





ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA DI CAGLIARI

In tali ambiti, quando la
realizzazione di

determinati interventi

risulta impossibile è

necessario ricercare

ulteriori provvedimenti,

attraverso una approfondita analisi del rischio incendio, volti a

conferire all'attività **un grado di sicurezza equivalente** a quello

stabilito dalle norme vigenti.





ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA DI CAGLIARI

La maggior parte dei tecnici e dei professionisti che applicano le proprie competenze alle questioni di sicurezza antincendio prima o poi si trova nella condizione di dover cercare risposte non solo nelle norme ma anche **nell'applicazione delle relazioni che governano la fisica e la chimica della combustione.**





ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

L'approccio prestazionale e la Fire Safety Engineering

L'approccio prestazionale permette di raggiungere al meglio tali **obiettivi del titolare dell'attività**, perché consente di **misurare l'effetto che le misure di sicurezza avranno sull'evoluzione dell'incendio.**

Ci si può basare sui criteri che formano l'ingegneria della sicurezza antincendio, espressione con cui si traduce il corrispondente **Fire Safety Engineering (FSE).**





ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

L'approccio prestazionale e la Fire Safety Engineering : applicazione

Lo **sviluppo di software di calcolo strutturale ed impiantistico**, di simulazione dell'incendio e

del comportamento umano in caso di emergenza ,
consente l'elaborazione di metodi di analisi



per lo studio del « fenomeno incendio » prevedendone
lo sviluppo, la propagazione e gli effetti sulle persone,
le strutture ed i beni.



ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

L'approccio prestazionale e la Fire Safety Engineering : applicazione

Nel campo dei **rischi di incidenti rilevanti**, possono esser simulati e calcolati **gli effetti degli incidenti** legati a fenomeni di rilascio di sostanze tossiche, infiammabili, esplosive e in genere pericolose, al fine di consentire alle autorità competenti l'adozione delle misure ritenute necessarie per mitigare il rischio.





ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

L'approccio prestazionale e la Fire Safety Engineering: applicazione

Nel campo delle **deroghe di prevenzione incendi,**

- laddove le norme di tipo prescrittivo non sono applicabili, in quanto concepite per una molteplicità di attività e quindi difficilmente adattabili a casi particolari. (*edifici di particolare pregio artistico, edifici esistenti, edifici con una particolare complessità volumetrica , ecc. ecc.)*
- Laddove i **vincoli urbanistici, architettonici, strutturali, produttivi** rendono impossibile il rispetto delle norme prescrittive vigenti.





**ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di
CAGLIARI**

Approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio”

- In Italia le applicazioni della **Fire Safety Engineering** (**FSE**) ai fini della Prevenzione Incendi sono regolate dal D.M. 09/05/2007 “Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio”



ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

Il decreto 9 maggio 2007 ("direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio"), emanato a brevissima distanza temporale dagli altri due rilevanti decreti riguardanti **la resistenza al fuoco (DM 16 febbraio 2007 e DM 9 marzo 2007)**, segna indubbiamente un passo epocale nell'attività nazionale di prevenzione degli incendi.

**MINISTERO DELL'INTERNO
DECRETO 16 febbraio 2007**

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

**MINISTERO DELL'INTERNO
DECRETO 9 marzo 2007**

Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco

**MINISTERO DELL'INTERNO
DECRETO 9 MAGGIO 2007**

Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio





ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

Il D.M. 09/03/2007 “Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco”,

ha introdotto in alternativa ai metodi che fanno riferimento alle Classi (R90, REI120, ...) **un metodo per determinare la Curva Naturale di Incendio** al fine del calcolo analitico della resistenza al fuoco delle strutture





ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

Esso introduce, per la prima volta in Italia, il cosiddetto **“approccio ingegneristico” alla sicurezza antincendio** delineando aspetti completamente nuovi rispetto al vecchio metodo di tipo **prescrittivo**, finora adottato dal legislatore.

D.M.09/03/2007 –NOVITA’

- Nuova definizione del carico di incendio**
- Introduzione delle richieste di prestazione**
- Definizione degli scenari di incendio**
- Metodo prescrittivo ~ Metodo prestazionale**



ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

D.M.09/03/2007 –NOVITA' : Nuova definizione del carico di incendio

Carico specifico di progetto è espresso da:

$$q_{f,d} = d_{q1} \cdot d_{q2} \cdot d_n \cdot q_f$$

d_{q1} fattore che tiene conto del rischio di incendio in funzione della dimensione del compartimento

d_{q2} fattore che tiene conto del rischio di incendio in funzione del tipo di attività svolta nel compartimento

Il carico specifico di incendio q_f si determina:

3 Con riferimento ai materiali

$$q_f = \frac{\sum_{i=1}^n g_i \cdot H_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A} \quad [\text{MJ/m}^2]$$

g_i [kg]
massa dell' i -esimo materiale combustibile

H_i [kJ/kg]
potere calorifico inferiore dell' i -esimo materiale combustibile. I valori di H_i dei materiali combustibili possono essere determinati per via sperimentale in accordo con UNI EN ISO 1716:2002 ovvero essere mutuati dalla letteratura tecnica.



ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

D.M.09/03/2007 –NOVITA’: Introduzione delle richieste di prestazione

La classe del compartimento è determinata in base al livello di prestazione richiesto alla costruzione.

Livelli di prestazione

I	Nessun requisito specifico di resistenza al fuoco dove le conseguenze della perdita dei requisiti stessi siano accettabili o dove il rischio di incendio sia trascurabile
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 gestione dell'emergenza
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



ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

D.M.09/03/2007 –NOVITA': Introduzione delle richieste di prestazione

Il livello I non è ammesso per le costruzioni che ospitano attività soggette ai controlli di prevenzione incendi

Il livello II di prestazione può ritenersi adeguato per le costruzioni fino a due piani fuori terra ed un piano interrato, isolate – eventualmente adiacenti ad altre purché strutturalmente e funzionalmente separate – destinate ad un'unica attività non aperta al pubblico e ai relativi impianti tecnologici di servizio e depositi, ove si verificano tutte le seguenti ulteriori condizioni:

- a) Le dimensioni della costruzione siano tali da garantire l'esodo in sicurezza degli occupanti
- b) Gli eventuali crolli totali o parziali della costruzione non arrecano danni ad altre costruzioni;
- c) Gli eventuali crolli totali o parziali della costruzione non compromettono l'efficacia di elementi di compartimentazione e sistemi antincendio che proteggono altre costruzioni;
- d) Il massimo affollamento complessivo della costruzione non supera le 100 persone e la densità di affollamento media è non superiore a 0,2 pers/m²;
- e) La costruzione non deve essere adibita ad attività che prevedono posti letto;
- f) La costruzione non deve essere adibita ad attività specificamente destinate a malati, anziani, bambini o a persone con ridotte o impedito capacità motorie, sensoriali o cognitive.



ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

D.M.09/03/2007 –NOVITA’: Introduzione delle richieste di prestazione

Il livello III di prestazione può ritenersi adeguato per tutte le costruzioni, fatte salve quelle per le quali sono richiesti i livelli IV o V.

Le classi di resistenza al fuoco sufficienti a garantire il livello III di prestazione dipendono dal valore assunto dal carico di incendio specifico di progetto.

Nelle costruzioni che ospitano attività soggette ai controlli di prevenzione incendi le classi necessarie per garantire il livello III di prestazione sono stabilite dal legislatore

Carichi d'incendio specifici di progetto	Classe
Non superiore a 100 MJ/m ²	0
Non superiore a 200 MJ/m ²	15
Non superiore a 300 MJ/m ²	20
Non superiore a 450 MJ/m ²	30
Non superiore a 600 MJ/m ²	45
Non superiore a 900 MJ/m ²	60
Non superiore a 1200 MJ/m ²	90
Non superiore a 1800 MJ/m ²	120
Non superiore a 2400 MJ/m ²	180
Superiore a 2400 MJ/m ²	240



ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

D.M.09/03/2007 –NOVITA’: Introduzione delle richieste di prestazione

I livelli IV o V possono essere oggetto di specifiche richieste del committente o essere previsti dai capitolati tecnici di progetto.

I livelli IV o V di prestazione possono altresì essere richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza.

Per garantire il livello IV le costruzioni devono essere oggetto delle seguenti verifiche:

- Capacità portante mantenuta per tutta la durata dell'incendio;
- Regime deformativo contenuto;
- Capacità portante residua che consenta interventi di ripristino.

Per garantire il livello V le costruzioni devono essere oggetto delle seguenti verifiche:

- Capacità portante mantenuta per tutta la durata dell'incendio;
- Regime deformativo trascurabile;
- Capacità portante residua adeguata alla funzionalità immediata della costruzione.



ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

D.M.09/03/2007 –NOVITA': Definizione degli scenari di incendio

4. SCENARI E INCENDI CONVENZIONALI DI PROGETTO

1. Per definire le azioni del fuoco, devono essere determinati i **principali scenari d'incendio e i relativi incendi convenzionali di progetto**, sulla base di una valutazione del rischio d'incendio.
2. In linea generale, gli **incendi convenzionali di progetto** devono essere applicati ad un compartimento dell'edificio alla volta, salvo che non sia diversamente indicato nello scenario d'incendio.

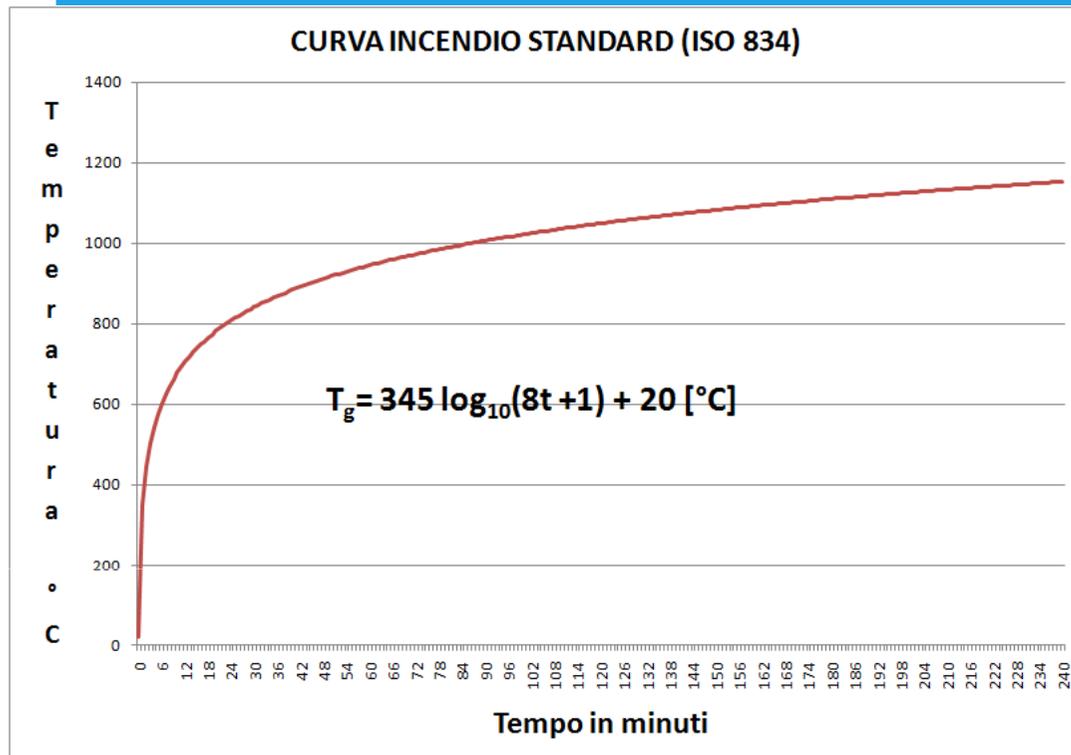


ORDINE degli INGEGNERI della PROVINCIA di CAGLIARI

D.M.09/03/2007 –NOVITA': Metodo prescrittivo ~ Metodo prestazionale

1. Nel caso in cui il progetto sia condotto con **un approccio prestazionale**, secondo le indicazioni contenute in specifici provvedimenti emanati dal Ministero dell'interno, **la capacità portante e/o la capacità di compartimentazione**, in alternativa al metodo che fa riferimento alle classi, può essere verificata rispetto all'azione termica della **curva naturale di incendio**, applicata per l'intervallo di tempo necessario al ritorno alla temperatura ordinaria, da determinarsi attraverso:
 - **modelli di incendio sperimentali oppure,**
 - **modelli di incendio numerici semplificati oppure,**
 - **modelli di incendio numerici avanzati.**

APPROCCIO PRESCRITTIVO: curva nominale d'incendio



Curva nominale: curva adottata per la classificazione delle costruzioni e per le verifiche di resistenza al fuoco **di tipo convenzionale;**

curva nominale di incendio : per l'intervallo di esposizione pari alla classe di resistenza al fuoco prevista, senza alcuna fase di raffreddamento;

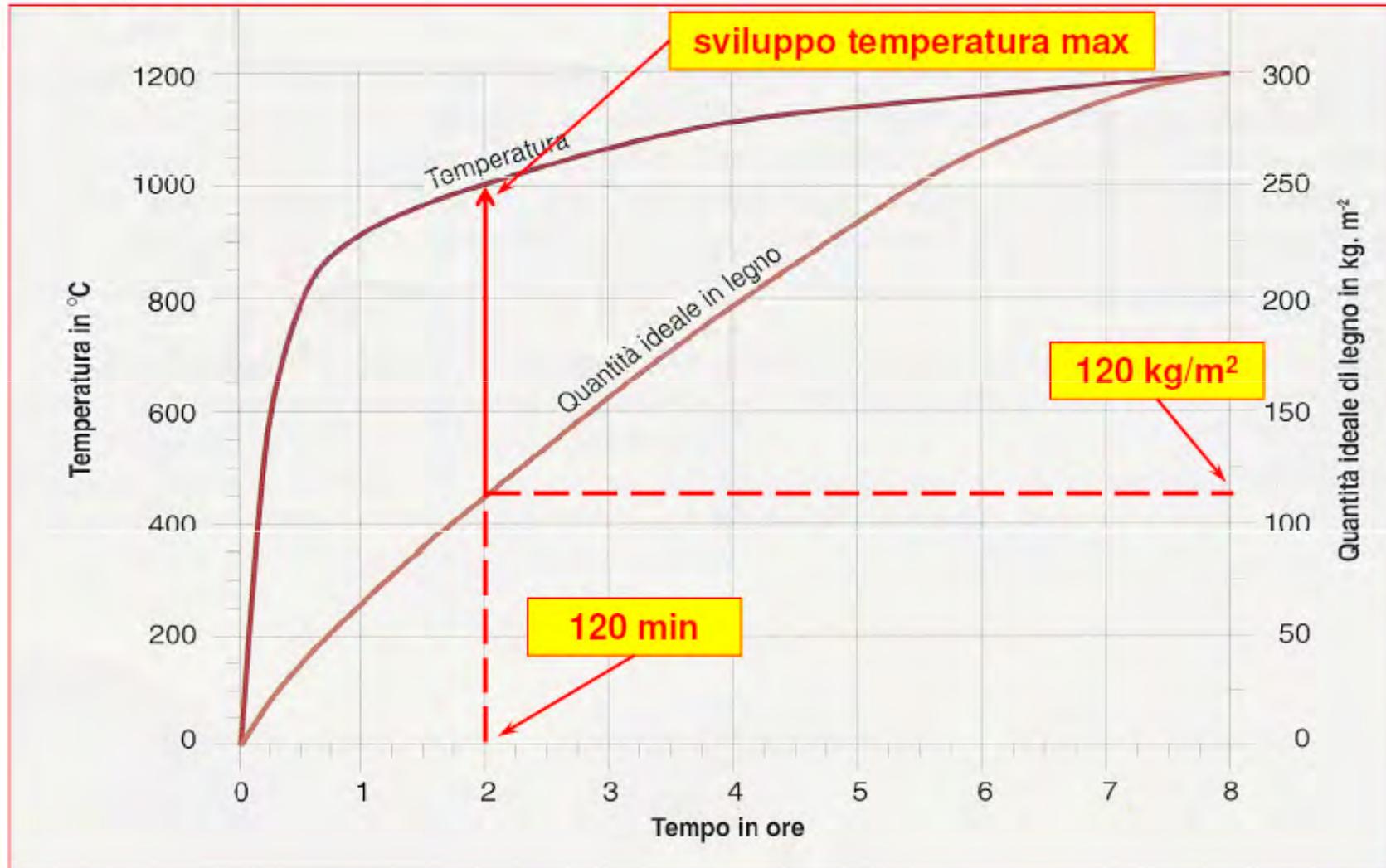
Nel caso di incendi di quantità rilevanti di **idrocarburi o altre sostanze con equivalente velocità di rilascio termico**, ed esclusivamente per la determinazione della capacità portante delle strutture, la **curva di incendio nominale standard** deve essere sostituita con la **curva nominale degli idrocarburi** seguente:

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

Nel caso di incendi sviluppatisi **all'interno del compartimento**, ma che coinvolgono **strutture poste all'esterno**, per queste ultime la curva di incendio nominale standard può essere sostituita con la curva nominale esterna seguente:

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

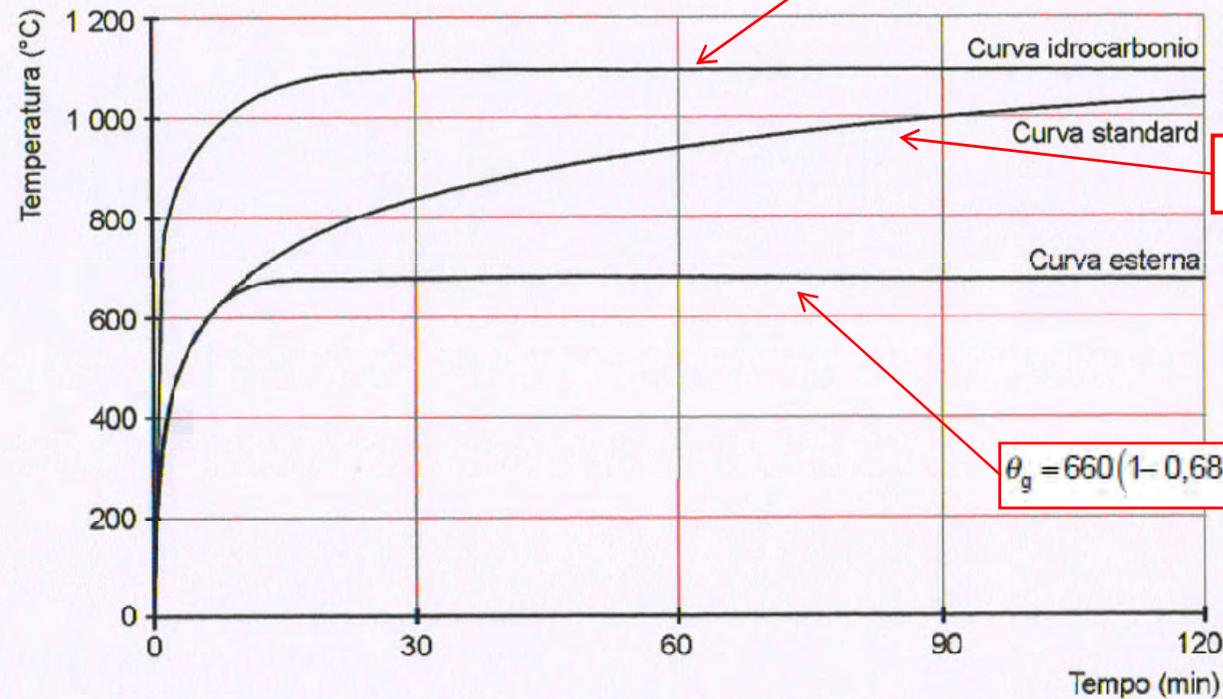
CURVA T-t post flashover, incendio controllato dal combustibile (*curve sperimentali di Geilinger & Kolbrunner, "antenate" della ISO 834 curve*) - Zürich, 1950



Curve nominali di incendio

UNI EN 1991-1-2;
DM 09/03/07;
DM 14/01/08

$\theta_g(t)$ è l'unico dato di output, indipendente dai "parametri" del compartimento e con distribuzione spazialmente uniforme



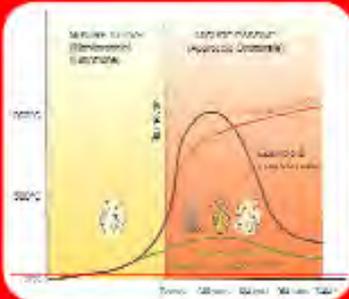
$$\theta_g = 1080(1 - 0,325 \cdot e^{-0,167t} - 0,675 \cdot e^{-2,5t}) + 20$$

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

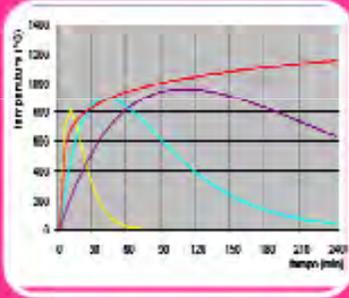
$$\theta_g = 660(1 - 0,687 \cdot e^{-0,32t} - 0,313 \cdot e^{-3,8t}) + 20$$

Tre curve nominali temperatura/tempo definite analiticamente per un tempo pari alla classe di riferimento.

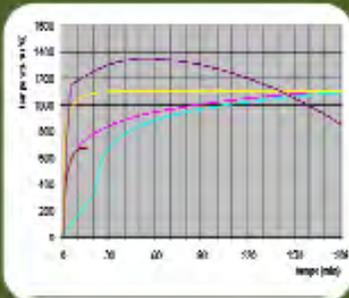
CURVE NOMINALI T-t alcune osservazioni (1)



Le curve sono convenzionali, post flashover, e quindi vengono impiegate solo per aspetti relativi ad impieghi di tipo passivo.

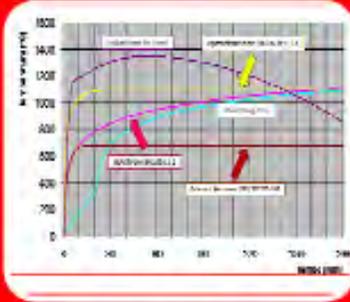


rappresentano l'involuppo di tutte le possibili condizioni di incendio nel compartimento.

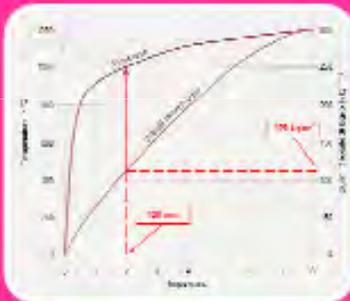


l'incremento repentino di temperatura in ambiente, dopo il flashover, è giustificato dalla rapidità del fenomeno che può considerarsi pressochè adiabatico.

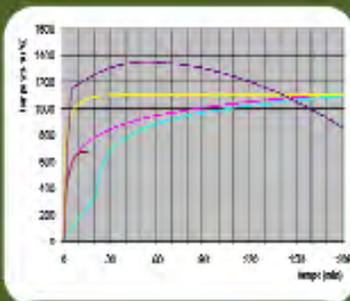
CURVE NOMINALI T-t alcune osservazioni (2)



la fine dell'incendio coincide con lo sviluppo della temperatura massima in ambiente.



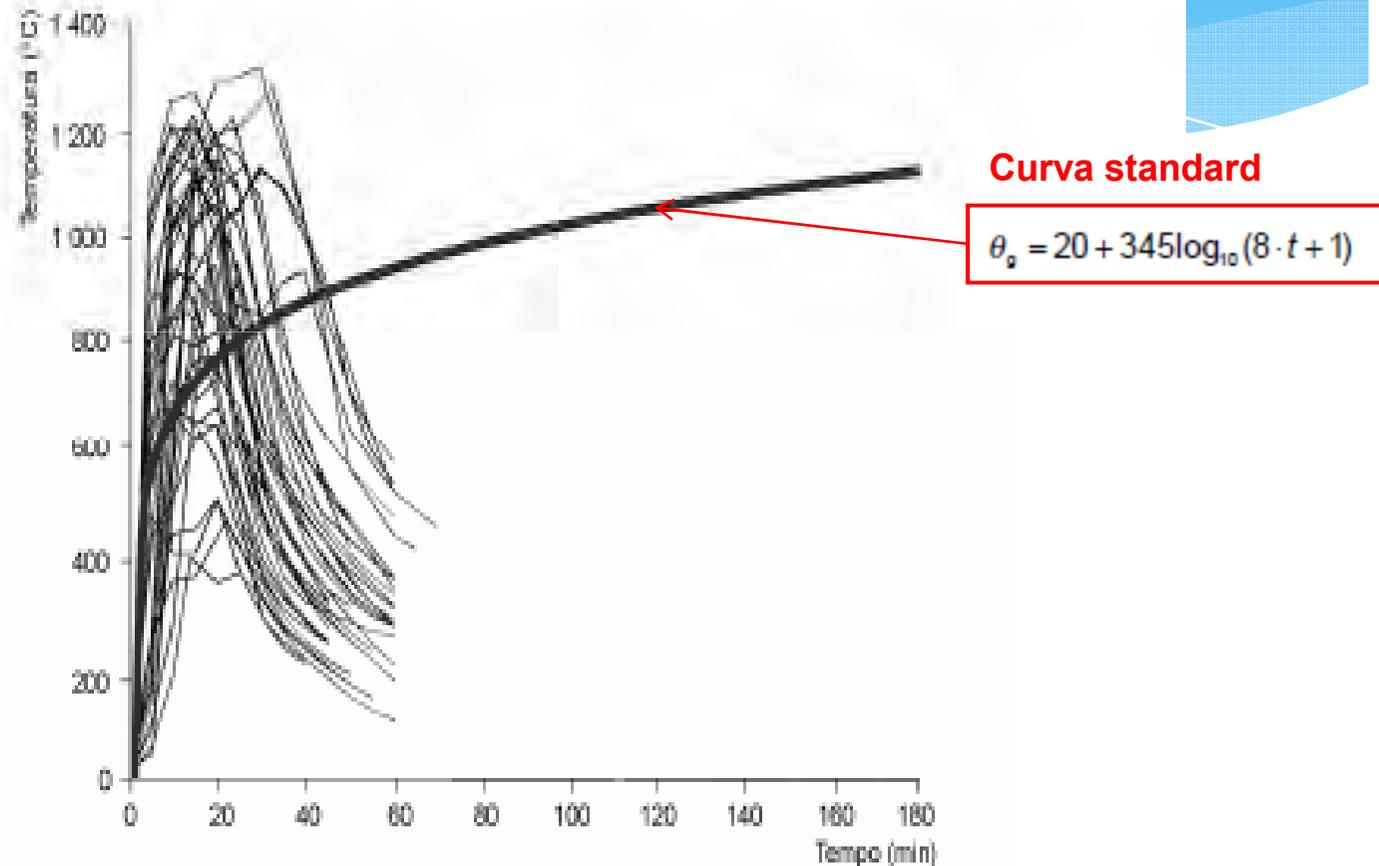
la velocità di combustione media sul periodo vale quindi 1 kg/sm^2 corrispondenti a c.ca $18,42 \text{ MW/m}^2$.



qualsiasi compartimento con qualsiasi combustibile sviluppa lo stesso andamento della curva T - t.

APPROCCIO PRESCRITTIVO: curva naturale d'incendio

L'incendio: curve temperatura-tempo reali e curva standard



Curva naturale: curva determinata in base a modelli d'incendio e a parametri fisici che definiscono le variabili di stato all'interno del compartimento.

NOVITA' INTRODOTTE DAL dm 9 Maggio 2007

Carico di incendio
specifico

LIVELLO DI
PRESTAZIONE

Carico di incendio
specifico di progetto

CLASSE DELL'EDIFICIO

DM 9/3/2007

PRESTAZIONI DI RESISTENZA
AL FUOCO DELLE
COSTRUZIONI

DM 9/5/2007

DIRETTIVE PER L'ATTUAZIONE
DELL'APPROCCIO INGEGNERISTICO
ALLA SICUREZZA ANTINCENDIO

SCENARIO DI
INCENDIO

INCENDIO
CONVENZIONALE (curva
nominale/curva naturale)

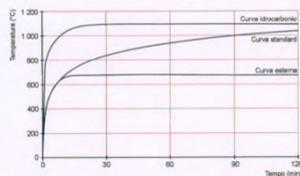
INCENDIO
NATURALE

DM 16/2/2007

CLASSIFICAZIONE DI RESISTENZA AL FUOCO DI PRODOTTI
ED ELEMENTI COSTRUTTIVI DI OPERE DA COSTRUZIONE

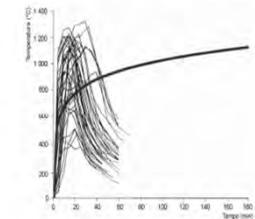
DETERMINAZIONE DELLA
CAPACITA' DEL SISTEMA
STRUTTURALE

Curve nominali di incendio

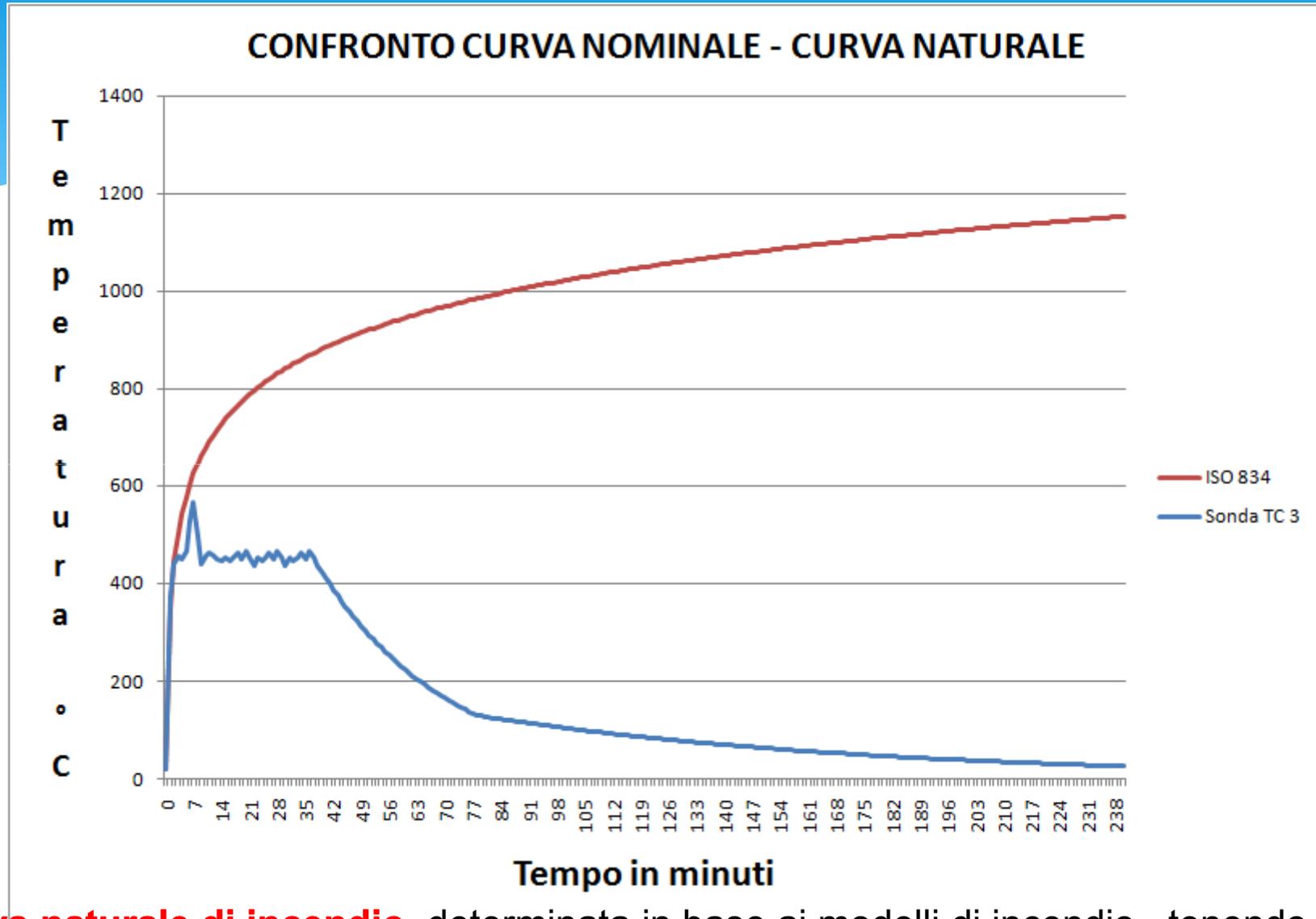


Tre curve nominali temperatura/tempo definite analiticamente per un tempo pari alla classe di riferimento.

L'incendio: curve temperatura-tempo reali e curva standard



APPROCCIO PRESTAZIONALE: curva naturale d'incendio(9/3/2007)



curva naturale di incendio, determinata in base ai modelli di incendio, tenendo conto dell'intera durata dello stesso, compresa la fase di raffreddamento, sino al ritorno alla temperatura ambiente

APPROCCIO PRESCRITTIVO e PRESTAZIONALE

I modelli di incendio previsti da EN1991-1-2

APPROCCIO PRESCRITTIVO:

- ▶ relazioni temperatura-tempo: incendi nominali
- ▶ incendio standard
- ▶ incendio da idrocarburi
- ▶ incendio esterno

APPROCCIO PRESTAZIONALE (INGEGNERISTICO):

- ▶ relazioni temperatura-tempo: curve parametriche
- ▶ modelli a zona (per incendi pre-flashover: incendi localizzati)
- ▶ modelli di fluidodinamica computazionale (CFD)

2. NATURALI

(approccio prestazionale)

2.1 semplificati: hanno campo di applicazione limitato e condizionato, basato su parametri fisici (O , A_f , b), non tengono conto nell'evoluzione dell'incendio dei sistemi di spegnimento automatico.

- 2.1.1 curve parametriche:

curva app. A UNI EN 1991-1-2:

$$\theta_g(t) = 20 + 1325(1 - 0,324 e^{-0,2t^*} - 0,204 e^{-1,7t^*} - 0,472 e^{-19t^*})$$

- 2.1.2 curve boll. n° 37 CNR (superate dal DM 09.03.07):

$$\theta_g(t) = q_{max} t/t_{max} e^{(1-t/t_{max})}$$

- 2.1.3 curve da incendio localizzato:

curva app. C UNI EN 1991-1-2

2. NATURALI

(approccio prestazionale)

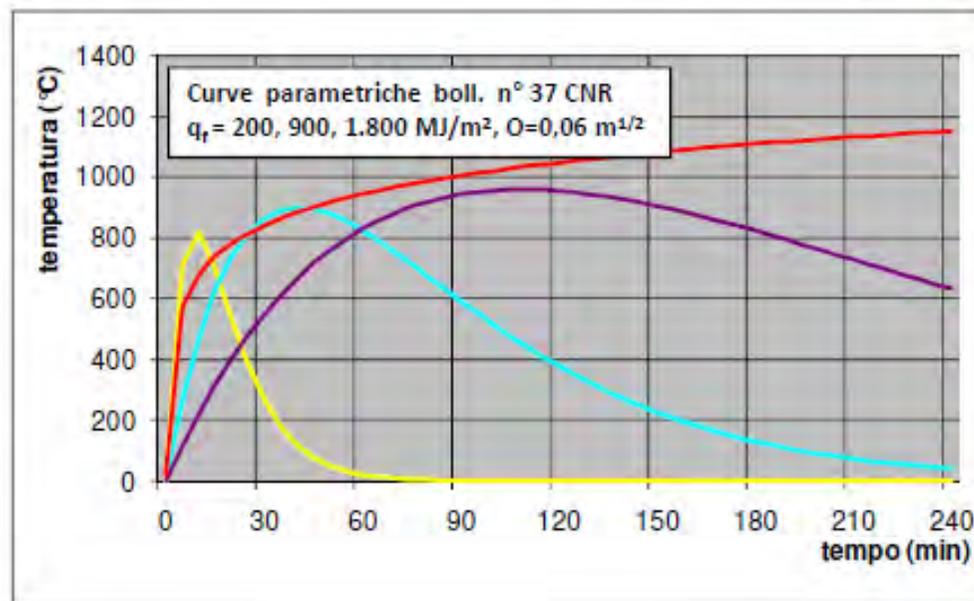
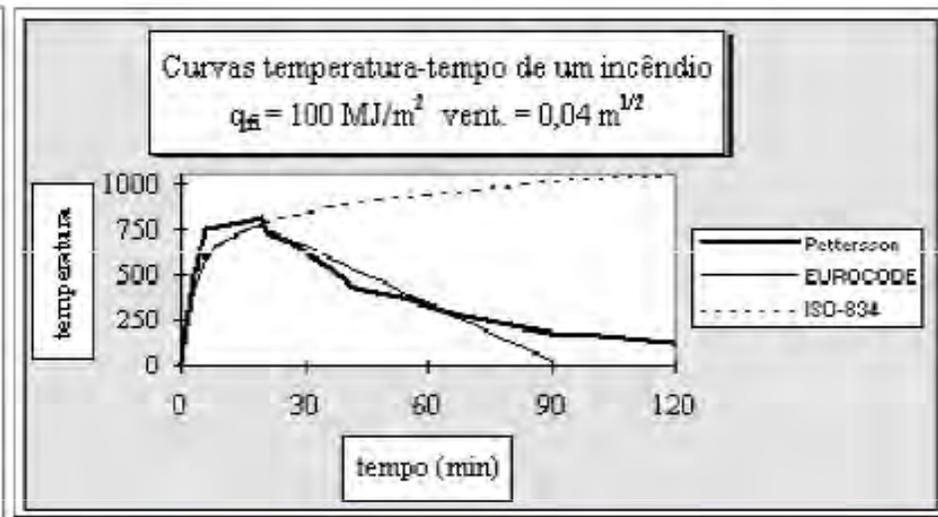
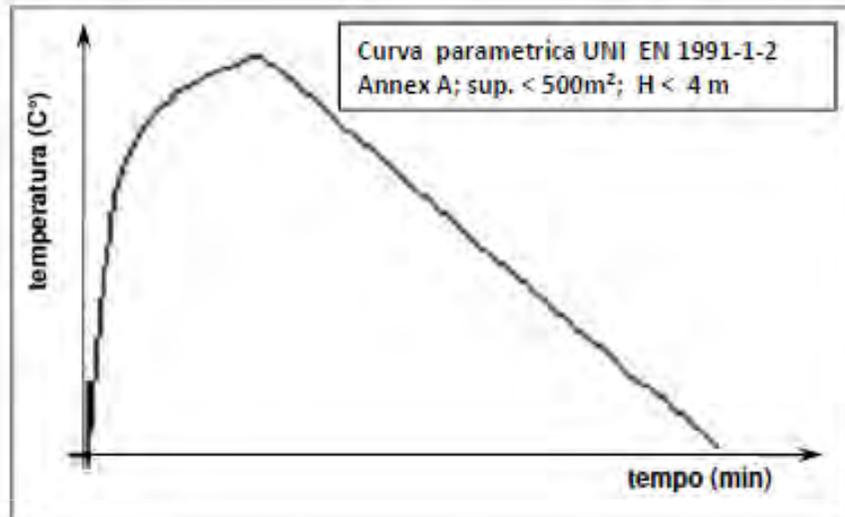
2.2 avanzati: non hanno “teoricamente” limiti applicativi, sono basati sulle curve di rilascio termico **RHR (t)**, tengono conto dell'intervento di sistemi automatici di spegnimento.....

-2.2.1 monozona: $\theta_g(t)$ con distribuzione spazialmente uniforme.

-2.2.2 bizona: strato superiore con $\theta_{1g}(t)$ e strato inferiore con $\theta_{2g}(t) < \theta_{1g}(t)$ e con distrib. uniforme della temperatura nei due strati.

-2.2.3 di fluidodinamica computazionale CFD (o di campo): $\theta_g(t,x,y,z)$; $v(t,x,y,x)$; $\rho(t,x,y,z)$

MODELLI DI FUOCO NATURALI SEMPLIFICATI



I MODELLI DI FUOCO NATURALI SEMPLIFICATI:

- HANNO UN CAMPO DI APPLICAZIONE LIMITATO;

-LE CURVE DIPENDONO DAI PARAMETRI:

1. carico specifico d'incendio q_f (MJ/m²);
2. opening factor O (m^{1/2});
3. inerzia termica delle pareti $b = \sqrt{\rho c \lambda}$
J/(m² s^{1/2} °C).

