

L'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio

Gli scenari di incendio nel processo prestazionale

Stefano Marsella CNVVF

Roma, Istituto Superiore Antincendi, 6 novembre 2007



gli scenari di incendio

- **Cosa sono gli scenari**
- **Gli elementi che caratterizzano gli scenari**
- **Il processo di individuazione degli scenari**

Cosa sono gli scenari di incendio

Cosa sono gli scenari

La definizione del DM 9 maggio 2007:

- scenario di incendio: 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. Deve inoltre definire l'ambiente nel quale si sviluppa l'incendio di progetto ed i sistemi che possono avere impatto sulla sua evoluzione, come ad esempio eventuali impianti di protezione attiva.



Cosa sono gli scenari di incendio

- Uno scenario di incendio è la rappresentazione della possibile evoluzione dell'incendio
- In particolare, rappresenta gli incendi più gravi ragionevolmente ipotizzabili

Cosa sono gli scenari



Cosa sono gli scenari di incendio

Cosa sono gli scenari

Esempio di scenario di incendio (1):

- Edificio per uffici non aperto al pubblico. Presenza di locali destinati a deposito ed archivio.
- Lo scenario di incendio selezionato prevede che un innesco involontario coinvolga un materiale a curva di crescita media in un locale non presidiato da impianti automatici di rilevazione o di spegnimento ne' frequentato dal personale. Si ipotizza che le aperture verso gli ambienti dell'edificio siano aperte, ma non le finestre verso l'esterno. Il personale che interviene non è in grado di utilizzare gli idranti e le persone che si trovano nell'edificio conoscono le vie di esodo alternative a quelle utilizzate per la normale attività



Cosa sono gli scenari di incendio

Esempio di scenario di incendio (2):

- Deroga in un albergo di grandi dimensioni relativa ad una prescrizione sulle vie di esodo.
- Uno degli scenari di incendio prevede che un innesco involontario coinvolga un materasso in una stanza ubicata in prossimità dell'accesso al vano scala. Il locale è presidiato da impianti automatici di rilevazione. Si ipotizza che la porta verso il corridoio dell'edificio rimanga aperta, ma non le finestre verso l'esterno. Il personale che interviene non è in grado di utilizzare gli idranti e le persone che si trovano nell'edificio non conoscono le vie di esodo alternative a quelle utilizzate per la normale attività

Cosa sono gli scenari



Cosa sono gli scenari di incendio

- Lo scenario costituisce la condizione di sollecitazione dell'opera di cui si valuta la sicurezza.
- Il processo prestazionale si basa sul confronto tra le prestazioni previste dalla norma e quelle sviluppate dall'opera



Si possono delineare tre passaggi:

- Definizione delle prestazioni minime
- Definizione della sollecitazione a cui è soggetta l'opera
- Valutazione quantitativa che consente il confronto tra risposta dell'opera e prestazioni minime

Cosa sono gli scenari di incendio

- Questa parte è stabilita da decreti o da norme di diversa natura.
- In molti settori della sicurezza, le sollecitazioni a cui è soggetta l'opera sono stabilite da decreti o da norme (es. carichi statici)



Come si individuano gli scenari di incendio

- Lo scopo di questa parte del processo è quella di individuare lo o gli scenari più gravi ragionevolmente ipotizzabili

In termini di DM 9 maggio 2007...

Come di individuano gli scenari

Come si individuano gli scenari di incendio

... nel processo di individuazione degli scenari di incendio di progetto, devono essere valutati gli **incendi realisticamente ipotizzabili** nelle condizioni di esercizio previste, scegliendo i più gravosi per lo sviluppo e la propagazione dell'incendio, la conseguente sollecitazione strutturale, la salvaguardia degli occupanti e la sicurezza delle squadre di soccorso. A tal fine risultano determinanti, tra l'altro, le seguenti condizioni: stato, tipo e quantitativo del **combustibile**; configurazione e posizione del combustibile; tasso di crescita del fuoco e picco della potenza termica rilasciata (**HRR max**); tasso di sviluppo dei prodotti della combustione; caratteristiche dell'**edificio** (geometria del locale, condizioni di ventilazione interna ed esterna, stato delle porte e delle finestre, eventuale rottura di vetri, ecc.); condizioni delle **persone** presenti (affollamento, stato psico-fisico, presenza di disabili, ecc.).

Come di individuano gli scenari



- Il decreto chiede di sviluppare la valutazione di un incendio selezionando uno scenario che si presume sia quello che sviluppa l'incendio più gravoso
- In altri termini, si deve essere in grado di prevedere quale combinazione di eventi è quella più pericolosa

Come di individuano gli scenari



Individuazione degli scenari di incendio: gli elementi che caratterizzano la combustione dei materiali

Gli elementi che caratterizzano la combustione

- La proprietà più importante di un combustibile è il calore sviluppato nella combustione (**H**), misurato in un apparato standard. Il **potere calorifico** è largamente reperibile in letteratura.
- In generale, i combustibili liquidi vaporizzano completamente quando bruciano e l'unica forma di combustione è quella con fiamma.

Come di individuano gli scenari

Gli elementi che caratterizzano la combustione

- I combustibili solidi, invece, vaporizzano parzialmente o si decompongono per produrre vapori infiammabili, chiamati anche **prodotti di pirolisi**. Questi vapori si miscelano con l'aria. La parte rimanente è cenere.
- Il rischio principale da cui ci si protegge in caso di incendio è legato alla combustione con fiamma, per cui un secondo parametro importante da controllare ai fini della sicurezza è il calore necessario a produrre vapori (L).

Come di individuano gli scenari

Gli elementi che caratterizzano la combustione

- Nei liquidi il valore di L è quello necessario per portare il liquido ad una data temperatura (alla quale va aggiunto il calore latente di vaporizzazione). La sua determinazione è relativamente semplice.
- Nei solidi il processo implica la decomposizione chimica e la vaporizzazione e necessita di una misura diretta (si usano test con calore radiante e la velocità di perdita di materiale). La sua determinazione è relativamente complessa in quanto dipende da diversi fattori (spessore, orientamento, flusso termico ecc.)

Come di individuano gli scenari

Gli elementi che caratterizzano la combustione

- Il rapporto H/L è fondamentale per la continuità della combustione. Se non esistono fonti esterne, deve essere > 1 .
- Anche la dimensione della fiamma prodotta dipende fortemente dal rapporto H/L
- Rapporti elevati producono fiamme grandi e combustione veloce mentre valori bassi producono fuochi prolungati ed effetti in profondità sulle strutture

combustibile	H/L
PVC (grani)	6.66
nylon	13.10
methanolo	16.50
Schiuma polistirolo	20.51
polipropilene	21.37
Polistirolo (grani)	23.04
Polietilene (grani)	24.84
stirene	63.30
eptano	92.83
Quercia rossa	2.96
Poliuretano rigido	6.54
...	..

Come di individuano gli scenari

Gli elementi che caratterizzano la combustione

L'innesco

- Perché si manifesti la combustione devono essere presenti dei gas infiammabili (o i prodotti di pirolisi), una miscela con aria e una fonte di innesco o una temperatura in grado di dare luogo alla combustione spontanea.
- Gli studi sulle percentuali di aria necessaria comprendono anche i valori di energia dell'innesco.
- Di solito, l'energia necessaria cresce se ci si allontana dalla miscela stechiometrica, mentre i limiti si allargano al crescere della temperatura della miscela (un innesco di grandi dimensioni può condurre a questo stesso effetto).

Come di individuano gli scenari

Gli elementi che caratterizzano la combustione

- In generale, per i piccoli inneschi (elettrici, scintille) i **vapori infiammabili** sono innescati da una energia di circa 3 MJ*.
- L'innescò di un **liquido infiammabile** richiede il passaggio alla fase vapore e la formazione di una miscela aria-vapore. La temperatura che conduce a questo passaggio è ampiamente nota (**temperatura di infiammabilità, flash-point**), e per i liquidi a basso *flash point* a temperatura ambiente bastano piccoli inneschi.
- si deve tenere presente che l'energia necessaria per l'innescò del liquido è diversi ordini di grandezza superiore a quella di innescò dei vapori.

Come di individuano gli scenari

Gli elementi che caratterizzano la combustione

- Perché la combustione dei **solidi** ed i **liquidi combustibili** sia continua, non è sufficiente che la sostanza sia portata alla temperatura di produzione dei vapori. È necessario che la fiamma sia alimentata dai vapori che provengono dalla superficie del combustibile. Perché questo avvenga la temperatura della sostanza deve superare il **fire point**, che è un po' superiore alla temperatura di infiammabilità

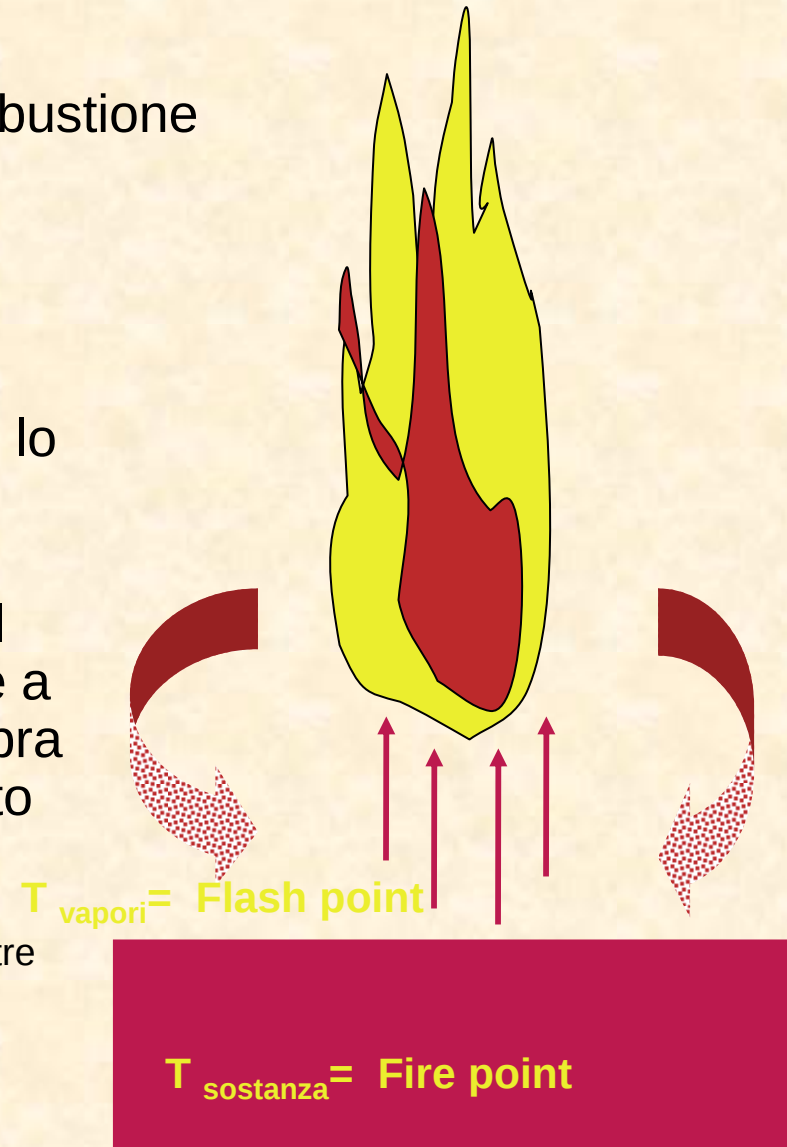
La **determinazione** del fire point dipende dal flusso minimo di vapori che consentono la sussistenza della fiamma. Pertanto, dipende, oltre che dalla sostanza, anche dalla geometria e dalla concentrazione di ossigeno.



T= Fire point

Gli elementi che caratterizzano la combustione

- Anche dopo l'avvio della combustione, la rimozione dell'innesco potrebbe determinare lo spegnimento della fiamma.
- Tutto dipende dalla quantità di calore che la fiamma trasferisce al combustibile. Se tale calore riesce a mantenere il combustibile al di sopra del *fire point* la combustione si auto mantiene
- Per i liquidi infiammabili la misura avviene in recipienti riscaldati lentamente ($5-6^{\circ}\text{C}/\text{min}$), mentre per i solidi si espone la sostanza ad un flusso radiante ed innescando i vapori con piccole sorgenti. Se il flusso termico è elevato, sarà importante la valutazione dello spessore della sostanza.



Tornando al processo prestazionale...



- Il processo di controllo della sicurezza antincendi svolto dai Vigili del Fuoco fa parte di un procedimento amministrativo
- L'attività e la documentazione di questo procedimento devono quindi rispettare i presupposti di tutti gli altri procedimenti amministrativi

principio	contenuto	Applicazione nei procedimenti di prevenzione incendi
legalità	afferma la corrispondenza dell'azione amministrativa alle prescrizioni di legge	Il processo prestazionale aumenta questa capacità in quanto consente effettivamente di misurare il livello di sicurezza conseguito
oggettività	Capacità di operare indipendente dall'interpretazione del singolo	Il processo prestazionale aumenta questa capacità in quanto le valutazioni sono compiute sulla base di modelli e di dati consolidati
trasparenza	Capacità di dimostrare la regolarità di tutte le fasi del procedimento	Il processo prestazionale aumenta questa capacità in quanto consente di legare ogni fase del processo a valutazioni fondate su valori numerici
qualità	Capacità di rispondere ai bisogni del cittadino	Il processo prestazionale aumenta questa capacità in quanto evita le risposte non adeguatamente motivate, ivi compresi i casi in cui le proposte sono fuori standard ma tecnicamente accettabili
imparzialità	in senso attivo si configura come l'obbligo di identificare e valutare da parte della PA tutti gli interessi coinvolti in modo che la scelta finale si atteggi a risultato coerente e consapevole di una completa rappresentazione dei fatti e degli interessi in gioco.	La maggiore proceduralizzazione del procedimento di deroga assicura che siano prese in considerazione tutte le istanze in gioco
buona amministrazione	indica l'obbligo per i funzionari di svolgere il lavoro secondo le modalità più idonee ed opportune al fine della efficacia, efficienza, speditezza ed economicità dell'azione amministrativa, con il minor sacrificio degli interessi particolari dei singoli	La possibilità di verificare la correttezza delle proposte sulla base di criteri oggettivi consente di svolgere l'azione amministrativa nel modo più vicino alle esigenze dei cittadini
buon andamento	trovano attuazione attraverso la responsabilità	La responsabilità degli atti in questo caso, assunta nella piena consapevolezza delle scelte
principio di ragionevolezza,	Il nel quale confluiscono i principi di eguaglianza, imparzialità e buon andamento, indica che l'azione amministrativa deve adeguarsi ad un canone di razionalità operativa, al fine di evitare decisioni arbitrarie ed irrazionali.	La giustificazione numerica delle scelte, essa stessa canone di razionalità

Il processo di selezione degli scenari

- Per selezionare lo o gli scenari di incendio più gravi realisticamente ipotizzabili, il professionista deve svolgere un'analisi dell'opera che parte dal momento del progetto
- Nell'analisi, deve raccogliere la maggior parte di informazioni possibili. Le informazioni mancanti devono essere oggetto di ipotesi e di successiva attuazione attraverso lo strumento del SGSA

La selezione degli scenari



Il processo di selezione degli scenari

Come si selezionano gli scenari? Esistono due metodi:

- quello definito dall'SFPE e adottato dal DM 9 maggio 2007. Questo metodo investe la capacità professionale del valutatore e dell'Organo di controllo. Consente di svolgere analisi puntuali della sicurezza. Si fonda sul giudizio esperto.
- Quello degli scenari predefiniti, adottato dalla norma NFPA 101. Questo metodo prevede la valutazione di ogni edificio rispetto a 8 scenari predefiniti (alcuni sono multipli). Solleva dalla responsabilità di decidere ma è molto gravoso e non consente di svolgere analisi ritagliate sulla specificità dei singoli edifici.

La selezione degli scenari



Il processo di selezione degli scenari

Come si selezionano gli scenari secondo il DM 9 maggio 2007?

- ❑ per selezionare gli scenari si deve definire l'obiettivo del progetto.
- ❑ L'obiettivo del progetto è sempre quello della sicurezza delle persone, ma:
 1. Deve sempre essere valutato alla luce dei vincoli esistenti;
 2. Deve essere esplicitato in termini puntuali. Ad esempio...

La selezione degli scenari

Scopo del progetto	Meta del progetto	Obiettivo del progetto	Prestazione da controllare
Ampliamento dell'edificio. • Natura dei vincoli (beni culturali, urbanistici, tecnici ecc.); • Figure interessate al processo (gestore, costruttore, manutentore, assicurazioni ecc.)	Assicurare che in caso di incendio non si verifichino decessi nell'ambiente di inizio dell'incendio e lesioni alle persone che si trovano in altre parti dell'edificio	Limitare le lesioni (livello di esposizione ad agenti tossici, all'irraggiamento) delle persone che si trovano nell'ambiente di origine dell'incendio	Livello dei fumi, visibilità vie di esodo % CO, HCl, HCN ecc, livello di esposizione all'irraggiamento ecc.

Scopo del progetto	Meta del progetto	Obiettivo	Prestazione
Ampliamento dell'edificio. - Natura dei vincoli (beni culturali, urbanistici, tecnici ecc.); - Figure interessate al processo (gestore, costruttore, manutentore, assicurazioni ecc.)	Assicurare che in caso di incendio non si verifichino decessi nell'ambiente di inizio dell'incendio e lesioni alle persone che si trovano in altre parti dell'edificio	Limitare le lesioni (livello di esposizione ad agenti tossici, all'irraggiamento) delle persone che si trovano nell'ambiente di origine dell'incendio	Livello dei fumi, % CO, Hcl, HCN ecc, livello di esposizione all'irraggiamento

Informazioni sui parametri da controllare in quanto più rilevanti ai fini degli obiettivi di sicurezza

Natura degli eventi più gravi per gli obiettivi posti ipotizzabili

Esperienza professionale
Dati statistici
Dati storici
=
Giudizio esperto

Ipotesi degli eventi da valutare

Scenari

In sintesi:

- ✓ La selezione degli scenari è un passo di estrema criticità del processo prestazionale
- ✓ Per selezionare gli scenari più gravi si deve chiarire prima l'obiettivo del progetto
- ✓ Per selezionare gli scenari si deve possedere la conoscenza più completa di quello che sarà l'opera una volta realizzata
- ✓ Per selezionare gli scenari si deve essere in grado di prevedere l'evoluzione di un incendio
- ✓ Per selezionare gli scenari si deve possedere una conoscenza adeguata delle cause e dell'evoluzione degli incendi accaduti
- ✓ Tutto il processo di selezione deve essere documentato e giustificato

La selezione degli scenari



Esempio di individuazione di uno scenario (esemplificazione a scopo didattico):

Nuova struttura del locale smistamento bagagli di un terminal aeroportuale.

- **scopo del progetto:** ampliamento della struttura nel rispetto del livello di sicurezza attuale, in presenza di vincoli particolari
- **meta del progetto:** in caso di incendio, il personale che si trova all'interno deve potersi allontanare autonomamente e nessun prodotto della combustione deve raggiungere gli ambienti adiacenti
- **obiettivo del progetto:** mantenere sotto le soglie stabilite dalle norme l'irraggiamento e le % di gas tossici e nocivi
- **dati relativi all'opera:** il personale conosce la struttura, capacità di mobilità normali, il sistema di allarme è oggetto di manutenzione adeguata, esistono vincoli dovuti alla security sulle vie di esodo, il sistema antincendi è oggetto di manutenzione adeguata, ma c'è impossibilità di conoscere la natura di quello che può bruciare, aperture di ventilazione normali...



- **dati storici:** nei casi registrati di incendio di strutture aeroportuali (ad esempio, Dusseldorf, 1995) gli incendi hanno riportato conseguenze gravi
- **Giudizio esperto:** si ritiene necessario verificare il comportamento della struttura rispetto ad un incendio con curva di crescita veloce che determina l'attivazione degli impianti sprinkler. Tale attivazione non determina lo spegnimento dell'incendio ma solo il suo controllo nella fase iniziale a causa della propagazione rapida al materiale presente. I dispositivi che garantiscono la compartimentazione rispetto alla restante parte del terminal funzionano correttamente. L'incendio si verifica durante le ore notturne, ipotizzando che in tale periodo i tempi di decisione e di attivazione sono più lunghi del normale.



Fine

