



**MINISTERO DELL'INTERNO
DIPARTIMENTO DEI VIGILI DEL FUOCO
DEL SOCCORSO PUBBLICO E DELLA DIFESA CIVILE**



**CORSO DI AGGIORNAMENTO IN MATERIA DI PREVENZIONE INCENDI
FINALIZZATO AL MANTENIMENTO DELLA DESCRIZIONE DEI PROFESSIONISTI NEGLI
ELENCHI DEL MINISTERO DELL'INTERNO È ART. 7 DM 5/8/2011**

PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

**La metodologia prestazionale e la valutazione del rischio
nell'ingegneria antincendio**

*Ing. Fabio Sassu
Dirigente Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di
Nuoro*

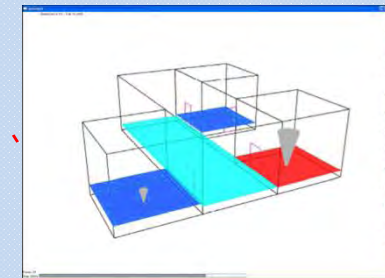
“ Approccio prestazionale

• tutti i sistemi devono rimanere in funzione in caso di incendi

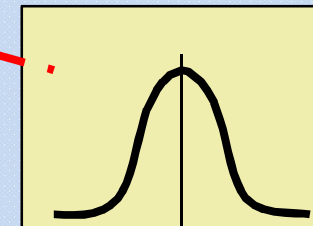
“ Approccio prescrittivo

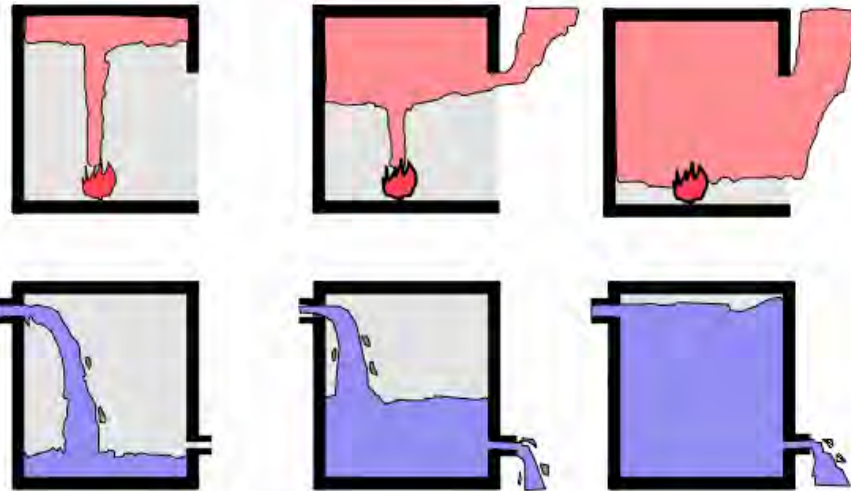
• i corridoi non devono essere lunghi più di 30 m

“ Approccio deterministico

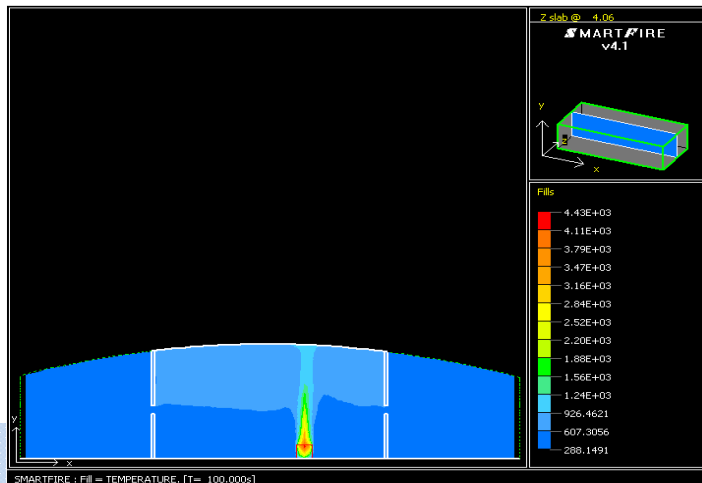


“ Approccio probabilistico





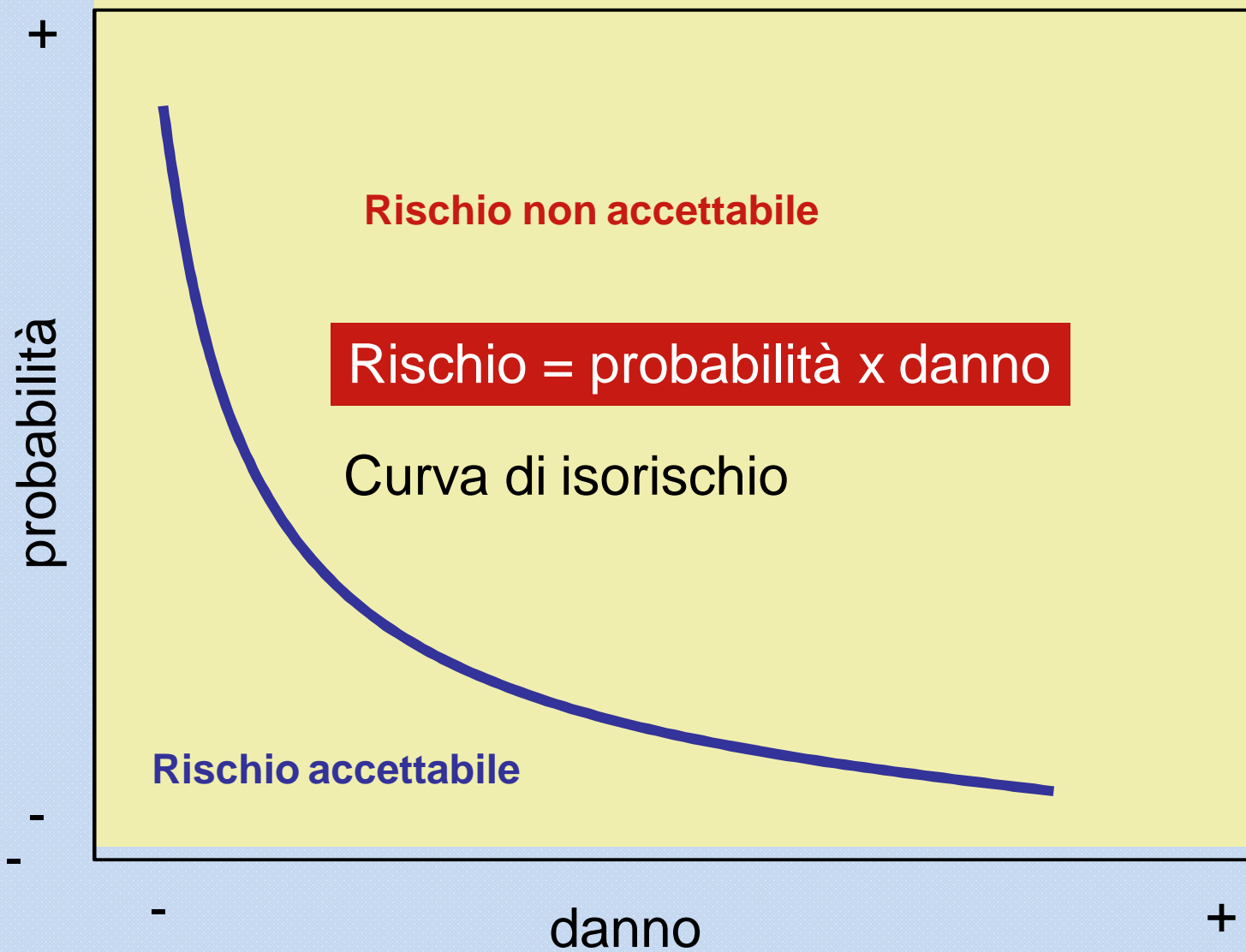
Analogia idraulica del processo di flashover - Immagine tratta da S. Marsella, L. Nassi *Approccio prestazionale e Ingegneria antincendio*, Roma EPC 2006



Software di simulazione dell'incendio - Immagine tratta da L. Nassi S. Marsella *sicurezza antincendio per i beni culturali*, UTET 2008

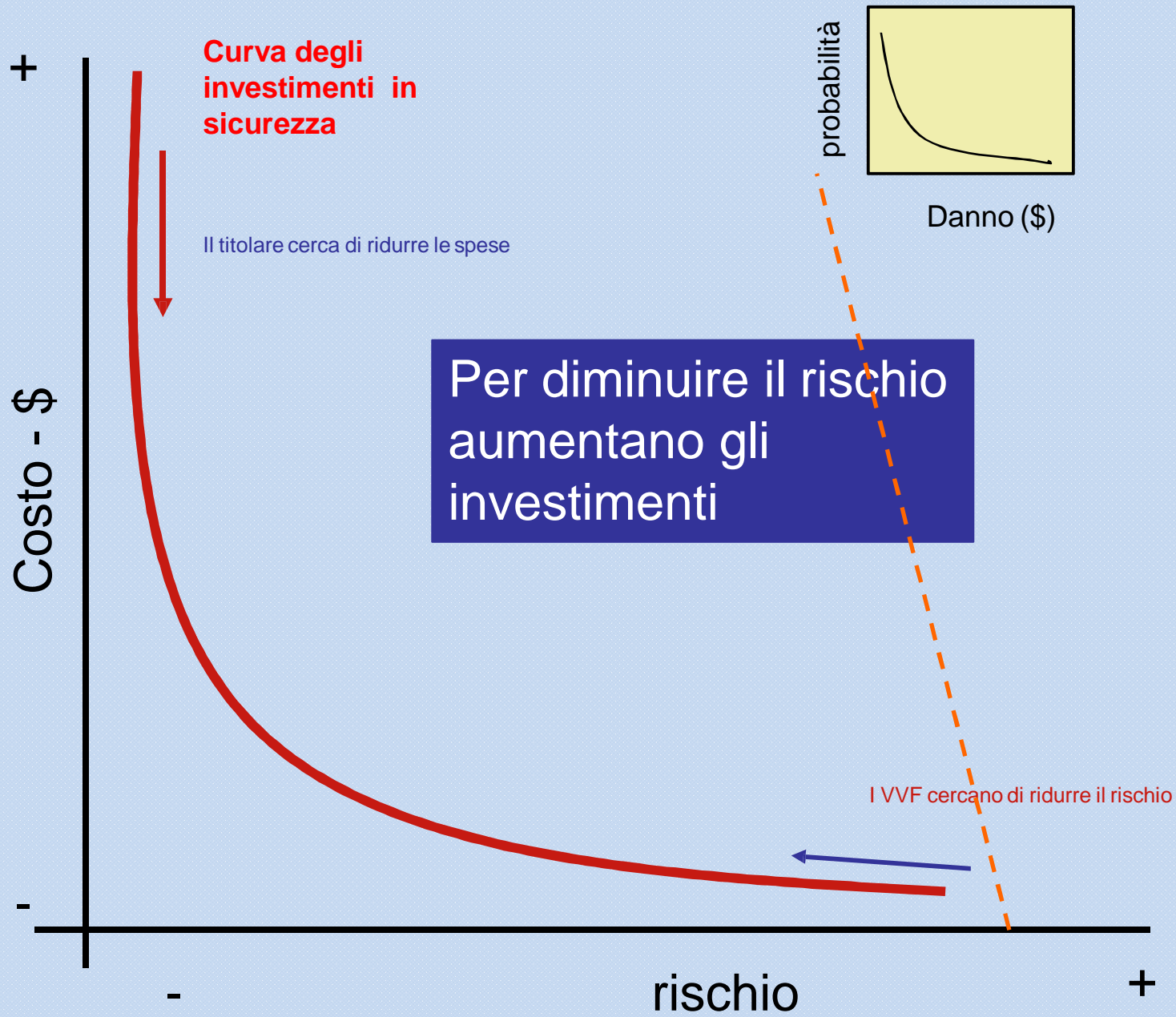
“ **Diso dell'Ingegneria antincendio non si riduce alla conoscenza dei modelli e dei software di simulazione degli incendi**

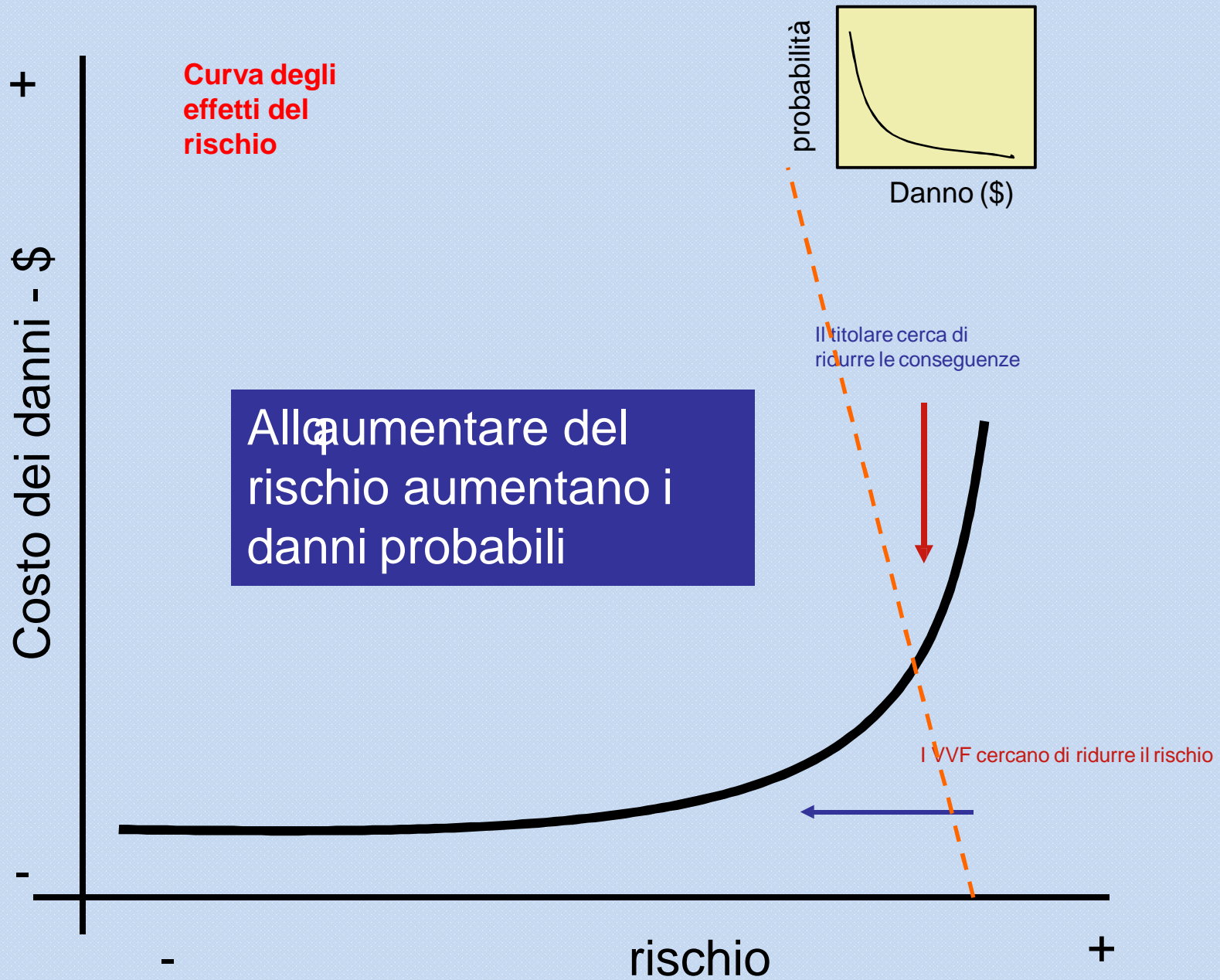
“ **La prima fase del processo è quella della decisione sugli incendi da simulare**

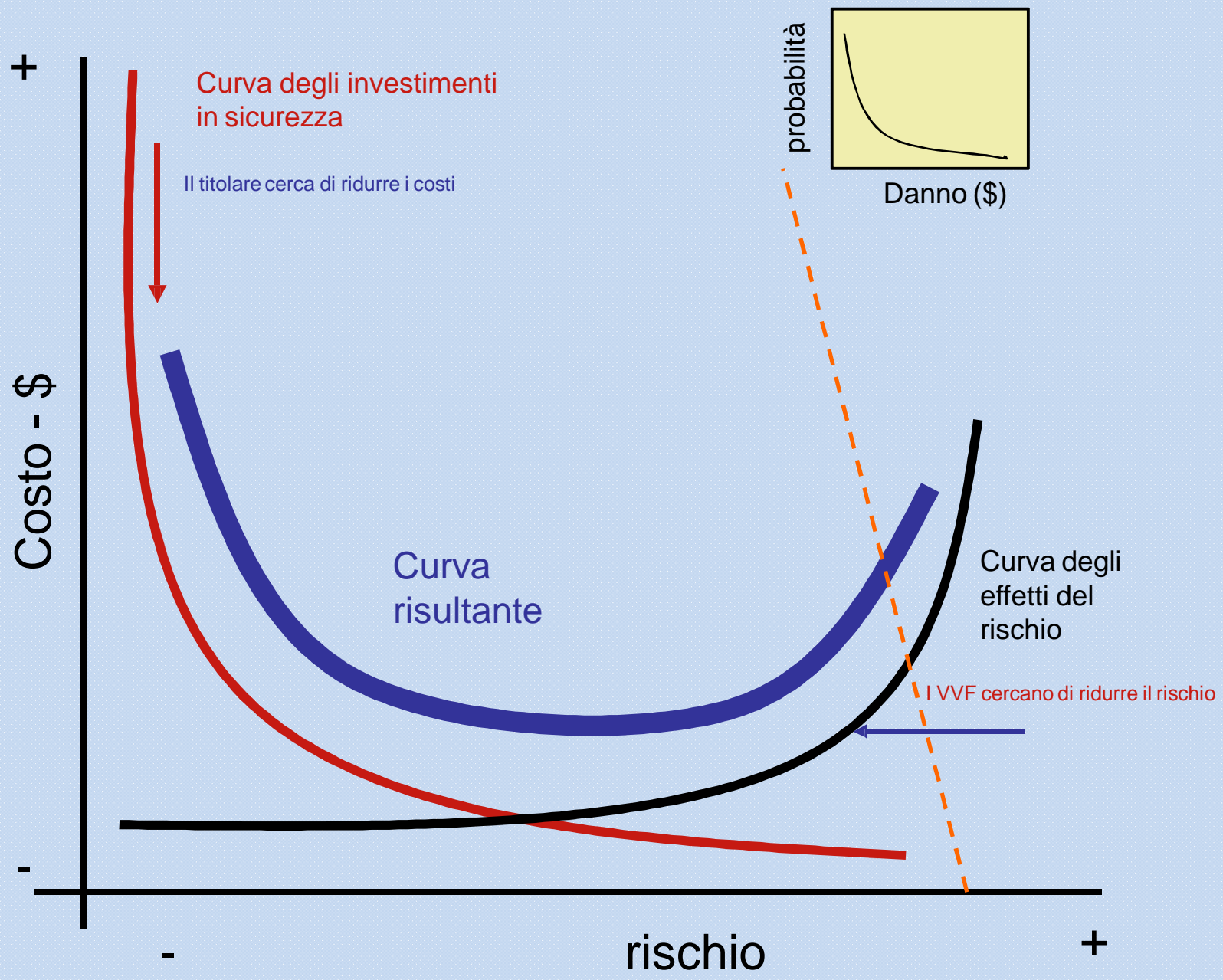


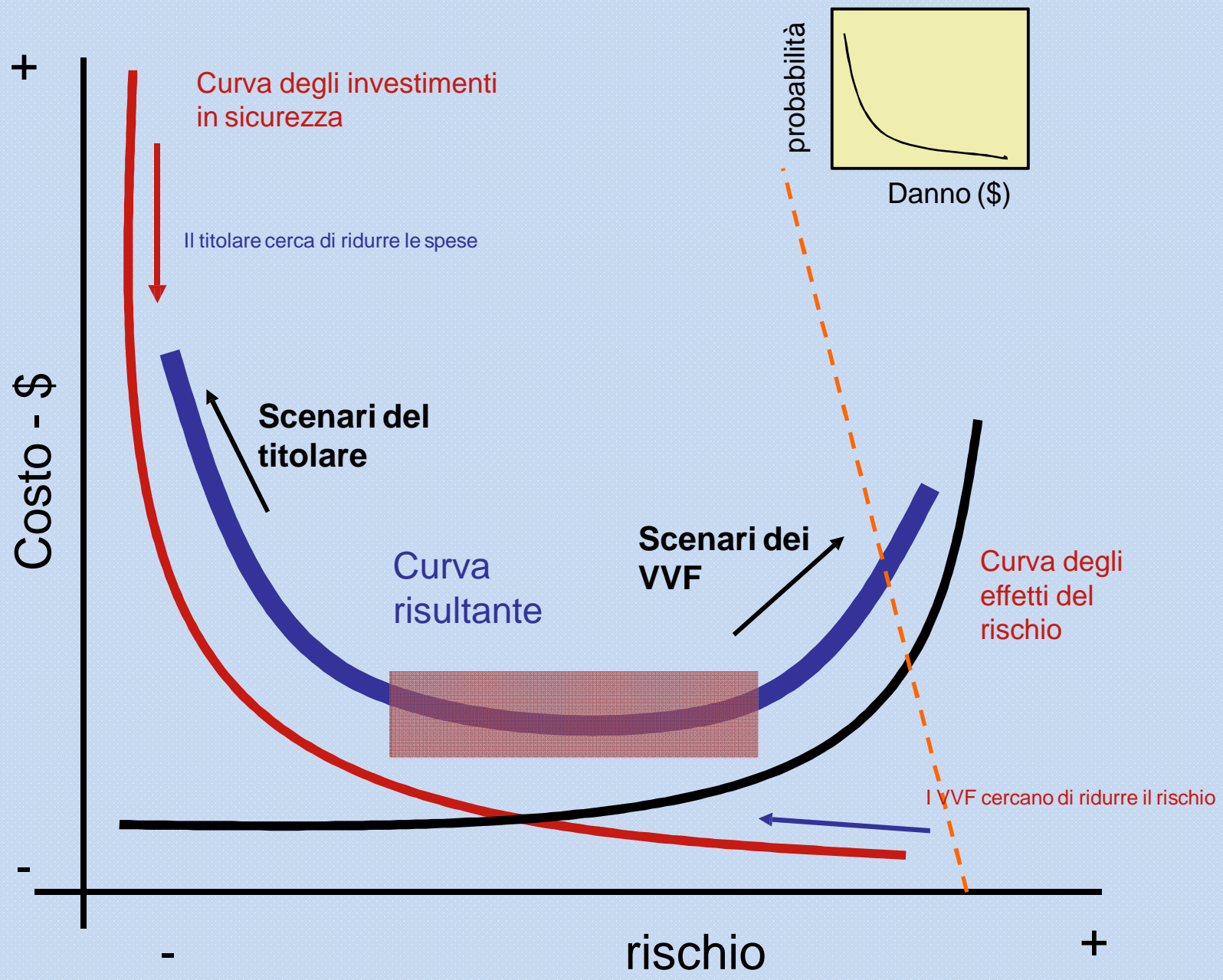
Blaise Pascal
1623-1662

La teoria della probabilità non è in fondo che buon senso ridotto a calcolo; essa permette di valutare con esattezza ciò che le menti illuminate sentono per una specie di istinto senza rendersene conto...".
Così si esprimeva, circa due secoli fa, Blaise Pascal

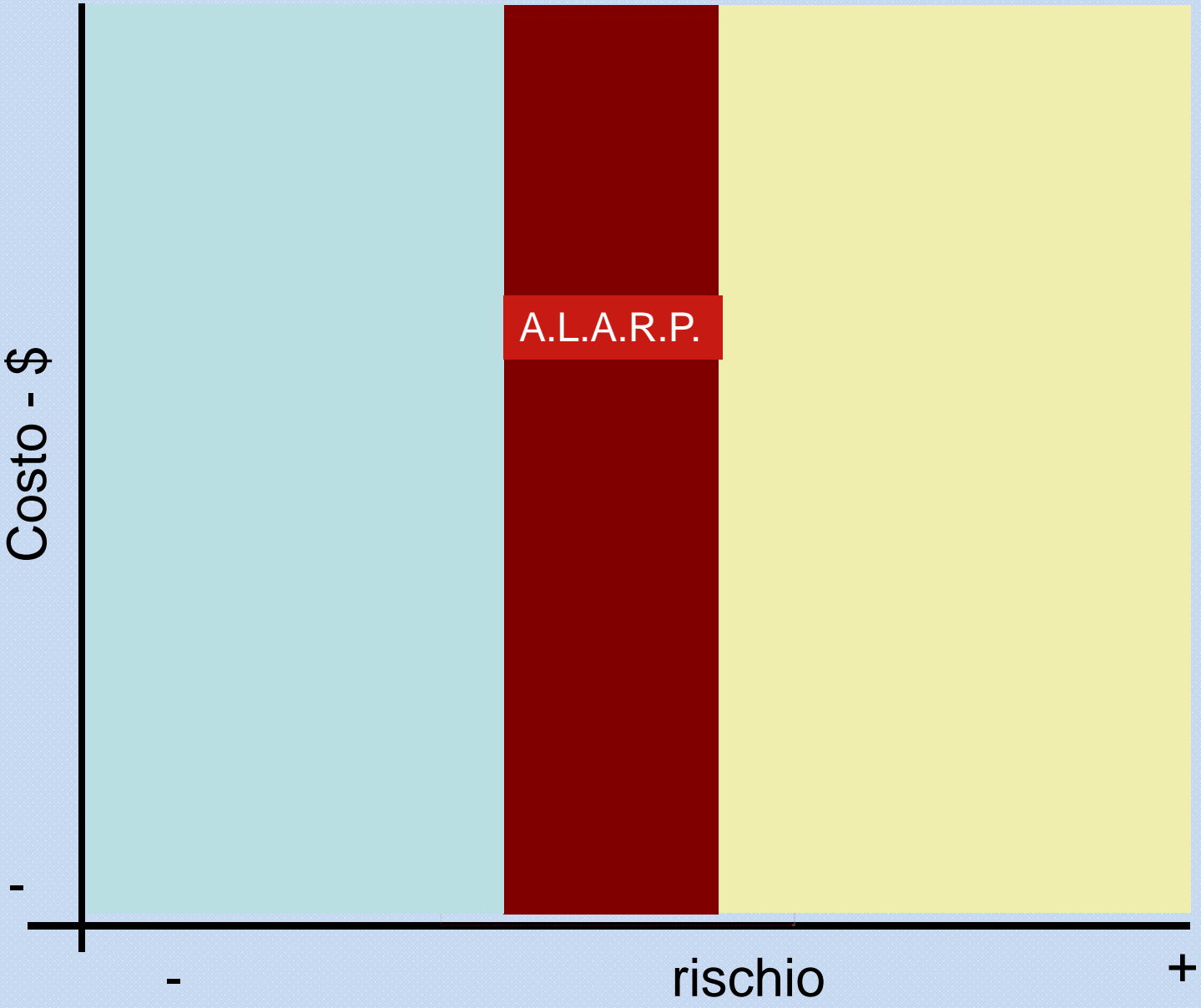






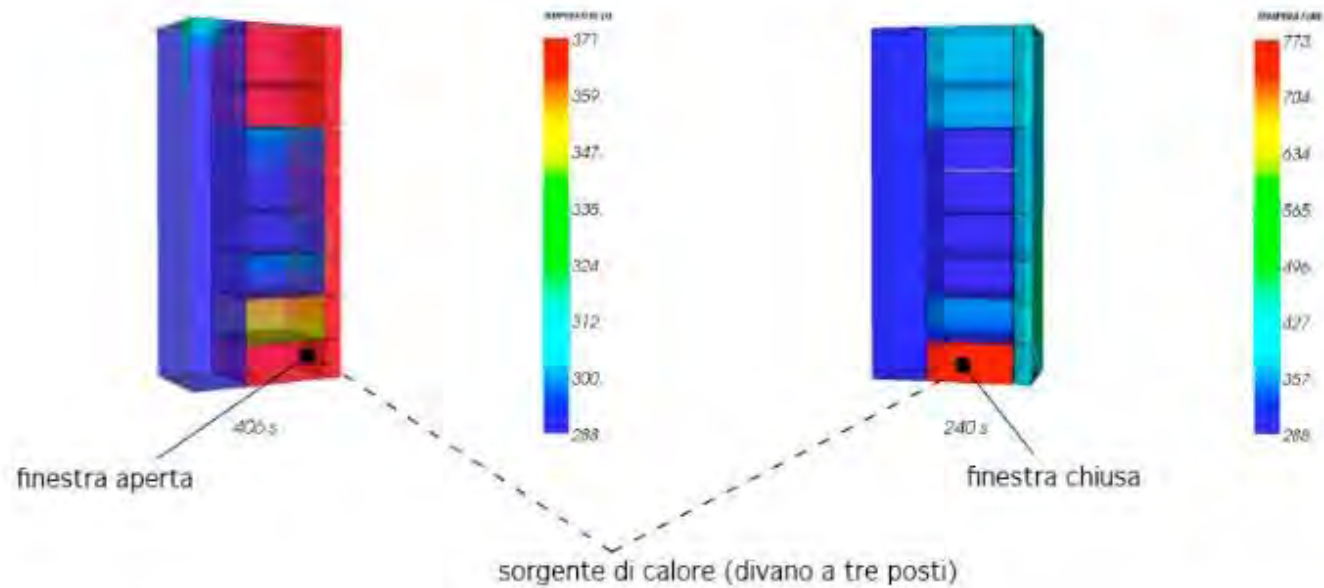


A.L.A.R.P. (As Low As Reasonably Practicable)



gli scenari di incendio

- “ **Cosa sono**
- “ **Gli elementi che li caratterizzano**
- “ **Il processo di individuazione**



Simulazioni di una combustione che si sviluppa al piano terra e che si propaga nel vano scala - confronto tra evoluzione dell'incendio con finestra dell'ambiente di origine verso l'esterno aperta e chiusa.

Semplificazioni: vano scala privo di gradini, strutture non partecipanti alla trasmissione del calore, finestra resistente all'incendio ecc.

Cosa sono gli scenari

Appare evidente che quando si sceglie un incendio da modellare con i SW di simulazione, si deve tenere conto anche del fattore probabilistico, e cioè che:

- “ Gli eventi più gravi e più probabili non si stabiliscono soggettivamente ma devono scaturire dai dati oggettivi a disposizione
- “ In particolare, gli impianti di protezione attiva o i sistemi di gestione potrebbero non funzionare come previsto

Cosa sono gli scenari di incendio

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 puo' 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

Cosa sono gli scenari di incendio

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 non 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

Cosa sono gli scenari di incendio

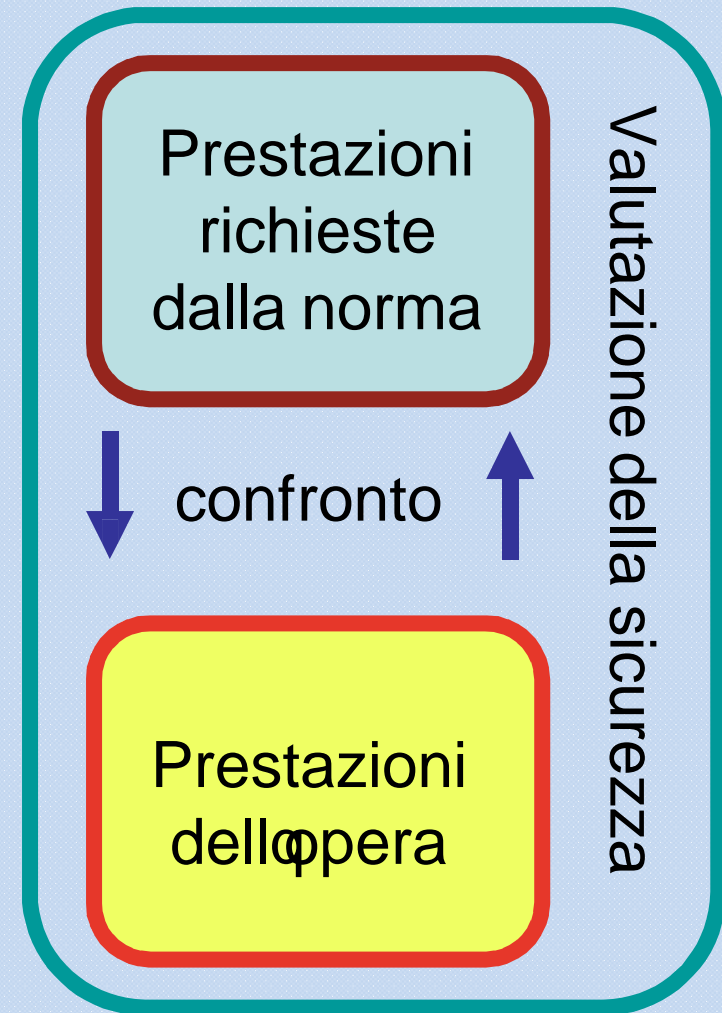
Esempio di scenario di incendio (2):

- “ 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 del 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 nel 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



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)



- “ Il processo di controllo della sicurezza antincendi è un processo che fa parte di un procedimento amministrativo
- “ Le attività e la documentazione di questo procedimento devono quindi rispettare i presupposti dei procedimenti amministrativi

Cosa sono gli
scenari

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 è 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 è essa stessa canone di razionalità

Cosa sono gli scenari

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 si 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 si 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

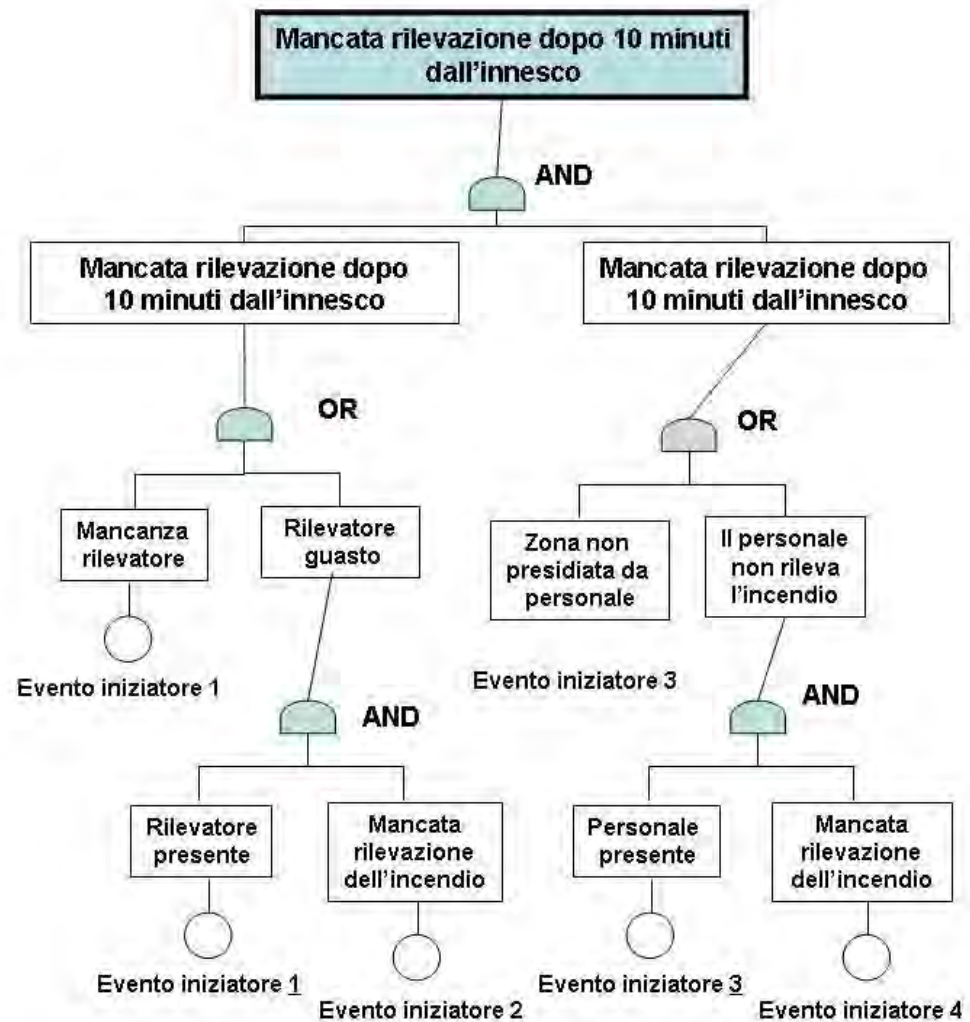
Come di individuano gli scenari

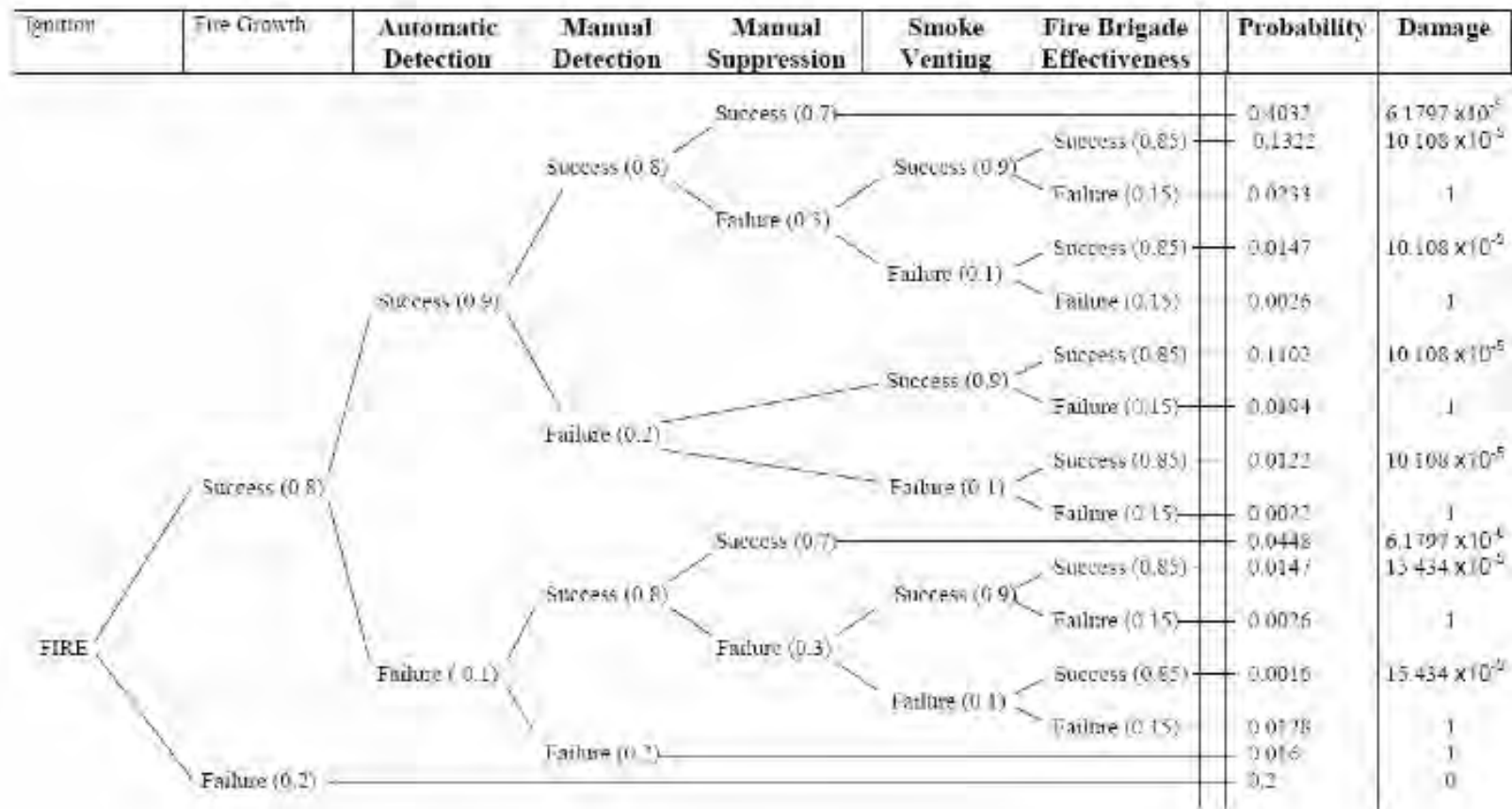
Il processo di selezione degli scenari

- “ 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
- “ Nella 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

“ Uno dei mezzi utilizzabili è l'albero dei guasti





oppure altre tecniche come:

- “ **What if? Analysis**
- “ **Valutazione costo benefici**
- “ **Analisi storica**
- “ **Esame dei dati statistici**

Table A.1 — Probability of fire starting

Occupancy	Probability of fire per year	
	a	b
Industrial buildings		
Food, drink and tobacco	0.001 1	0.60
Chemical and allied	0.006 9	0.46
Mechanical engineering and other metal goods	0.000 86	0.56
Electrical engineering	0.006 1	0.59
Vehicles	0.000 12	0.86
Textiles	0.007 5	0.35
Timber, furniture	0.000 37	0.77
Paper, printing and publishing	0.000 069	0.91
Other manufacturing	0.008 4	0.41
All manufacturing industry	0.001 7	0.53
Other occupancies		
Storage	0.000 67	0.5
Shops	0.000 066	1.0
Offices	0.000 059	0.9
Hotels, etc.	0.000 08	1.0
Hospitals	0.000 7	0.75
Schools	0.000 2	0.75

$$F = a A^b$$

Frequenza di innesco

Tratta da: BSI PD 7974-7:2003 È probabilistic risk assessment

Table A.2 — Overall probability of fire starting in various types of occupancy

Occupancy	Probability of fire starts per occupancy y^{-1}
Industrial	4.4×10^{-2}
Storage	1.3×10^{-2}
Offices	6.2×10^{-3}
Assembly entertainment	1.2×10^{-1}
Assembly non-residential	2.0×10^{-2}
Hospitals	3.0×10^{-1}
Schools	4.0×10^{-2}
Dwellings	3.0×10^{-3}

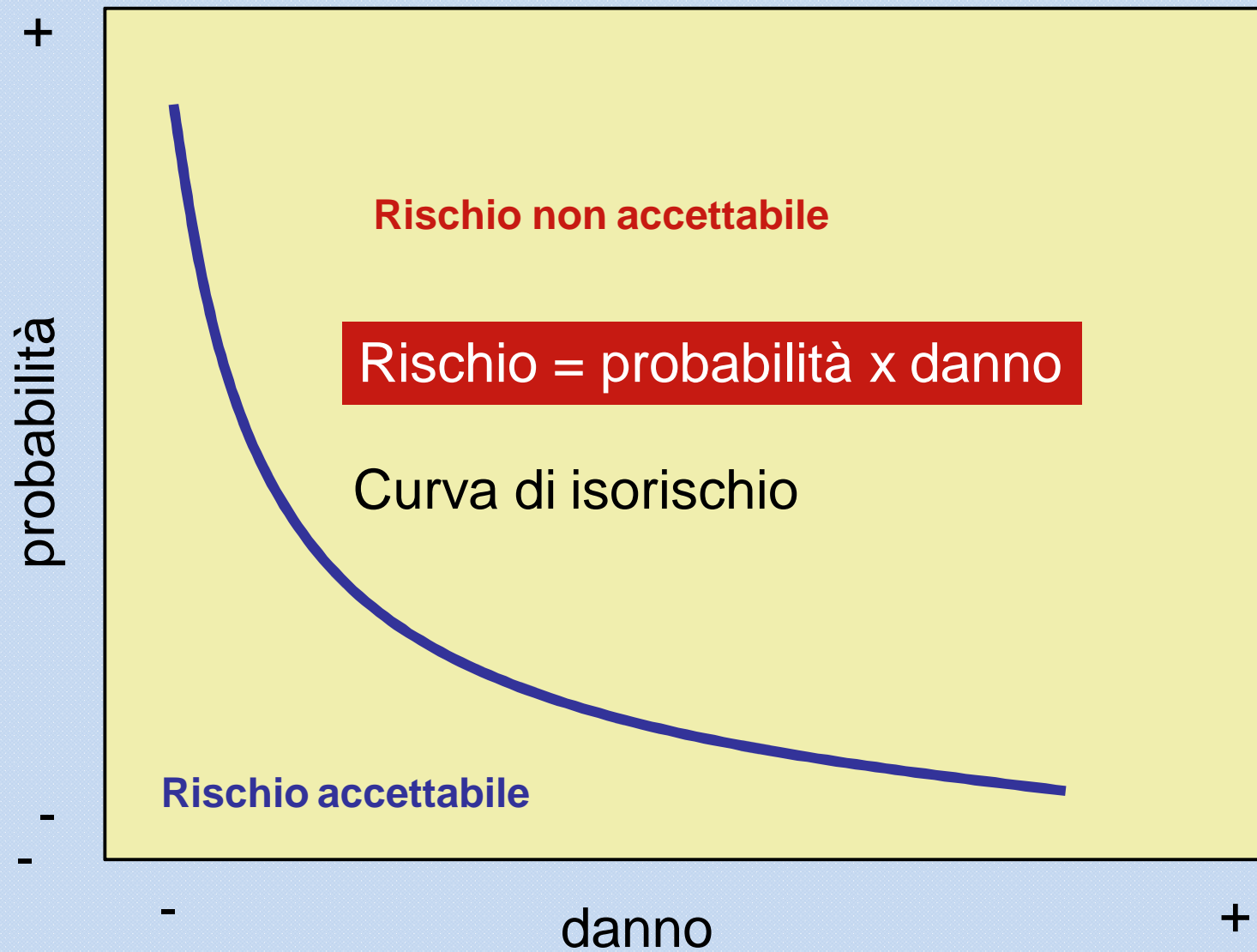
Probabilità assoluta

Table A.3 — Probability of fire starting within given floor area for various types of occupancy

Occupancy	Probability of fire starting $y^{-1}m^{-3}$
Offices	1.2×10^{-6}
Storage	3.3×10^{-5}
Public assembly	9.7×10^{-5}

Probabilità per m^3

Tratta da: BSI PD 7974-7:2003 È probabilistic risk assessment



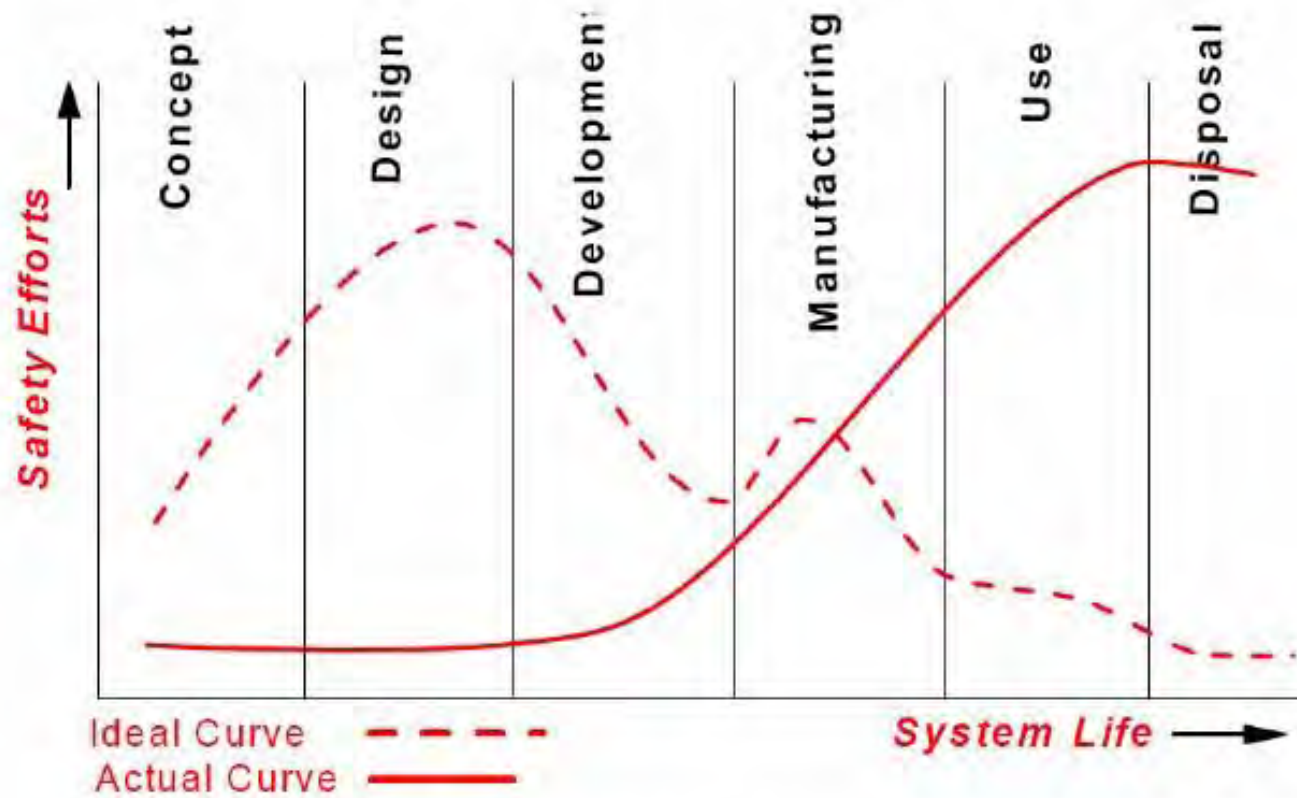
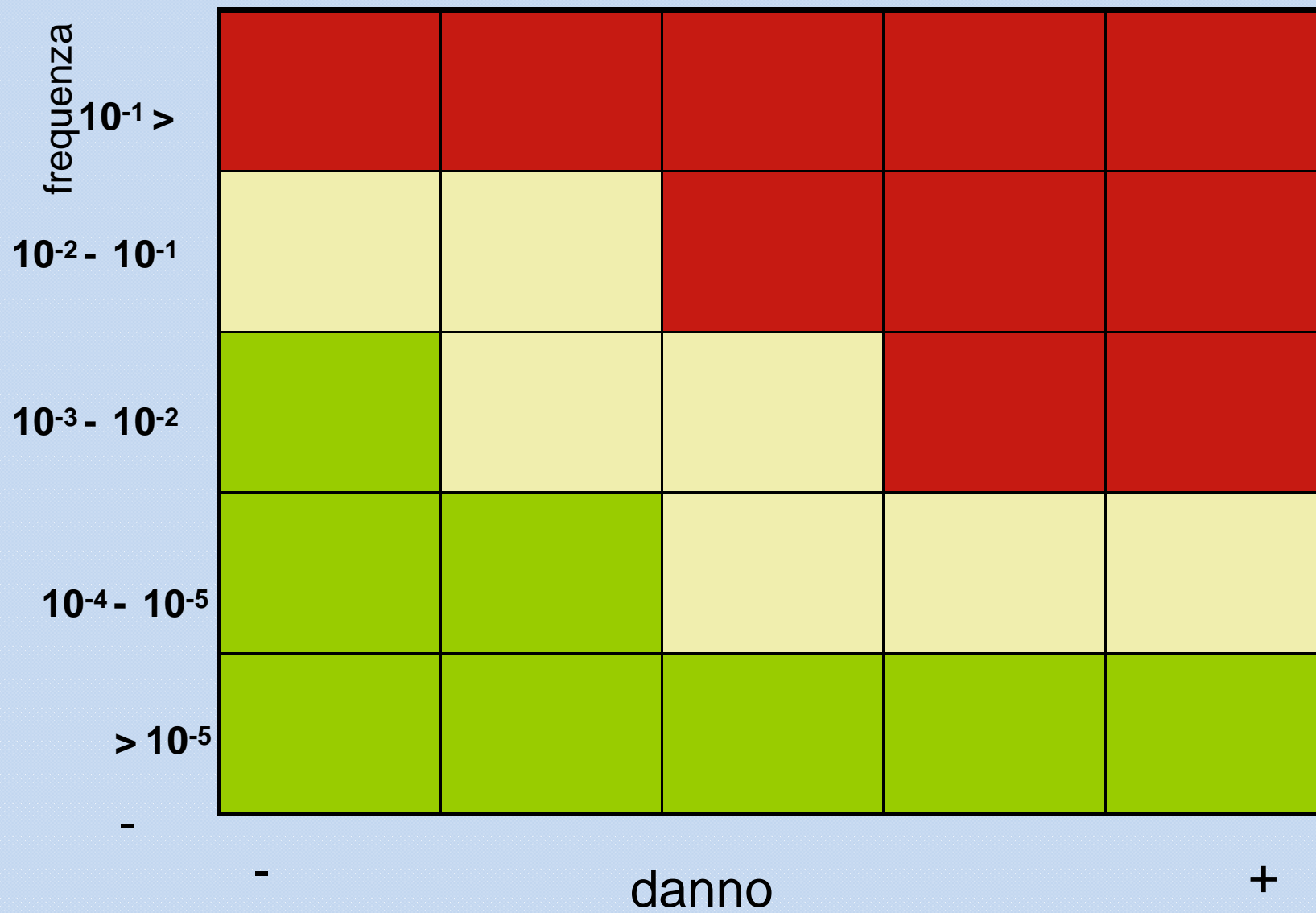


Figure 2. Safety Efforts during System Life Cycle



“ Tutti questi strumenti servono a dare la consapevolezza di operare correttamente nel processo verso la analisi degli eventi più gravi probabili

Il processo di selezione degli scenari

Per utilizzare questi strumenti è necessaria una conoscenza approfondita del progetto:

- “ per selezionare gli scenari si deve definire l'obiettivo del progetto.
- “ L'obiettivo del progetto è quello della sicurezza delle persone, ma deve essere esplicitato in termini puntuali. Ad esempio

La selezione degli scenari

Scopo del progetto	Meta del progetto	Obiettivo del progetto	Prestazione da controllare
<p>Ampliamento dell'edificio. "Natura dei vincoli (beni culturali, urbanistici, tecnici ecc.); "Figure interessate al processo (gestore, costruttore, manutentore, assicurazioni ecc.)</p>	<p>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</p>	<p>Limitare le lesioni (livello di esposizione ad agenti tossici, all'irraggiamento) delle persone che si trovano nell'ambiente di origine dell'incendio</p>	<p>Livello dei fumi, visibilità vie di esodo % CO, HCl, HCN ecc, livello di esposizione all'irraggiamento ecc.</p>

La selezione degli scenari

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



Strumenti di analisi
 Dati statistici
 Dati storici
 +
 Giudizio esperto



Ipotesi degli eventi da valutare



Scenari

La selezione degli scenari

Soglie di accettabilità

SOGLIE DI ACCETTABILITÀ		
Specie	Soglia di accettabilità	Descrizione
Visibilità	10 m	Visibilità per oggetti illuminati da fonti esterne, corrispondente a circa 25 m per sorgenti luminose (es. segnali retroilluminati)
Temperatura	50 °C	In condizioni di umidità relativa inferiore al 50% corrisponde ad un tempo di tollerabilità di 2 ore
Anidride carbonica	0.5 %	Limite di sicurezza per esposizione prolungata (la concentrazione del 3 % induce il raddoppio della frequenza respiratoria)
Monossido di carbonio	500 ppm	Allucinazioni dopo 60-90 minuti (1000 ppm provocano perdita di coscienza in un'ora; 4000 ppm sono letali in 30 minuti)
Ossigeno	15 %	Primi segni di affaticamento
Flusso termico	2.0 kW/m ²	Esposizione tollerabile per tempi pari a diversi minuti (l'esposizione solare raggiunge 1 kW/m ² ; 4 kW/m ² generano bruciature cutanee in tempi brevi)

Come deve operare il professionista?

1. **analisi del contesto ed acquisizione del massimo delle informazioni**
2. **Analisi storica**
3. **Analisi delle statistiche**
4. **Utilizzo degli strumenti FMEA** (Failure modes and effects analysis), **albero dei guasti ecc.**
5. **Giudizio esperto**

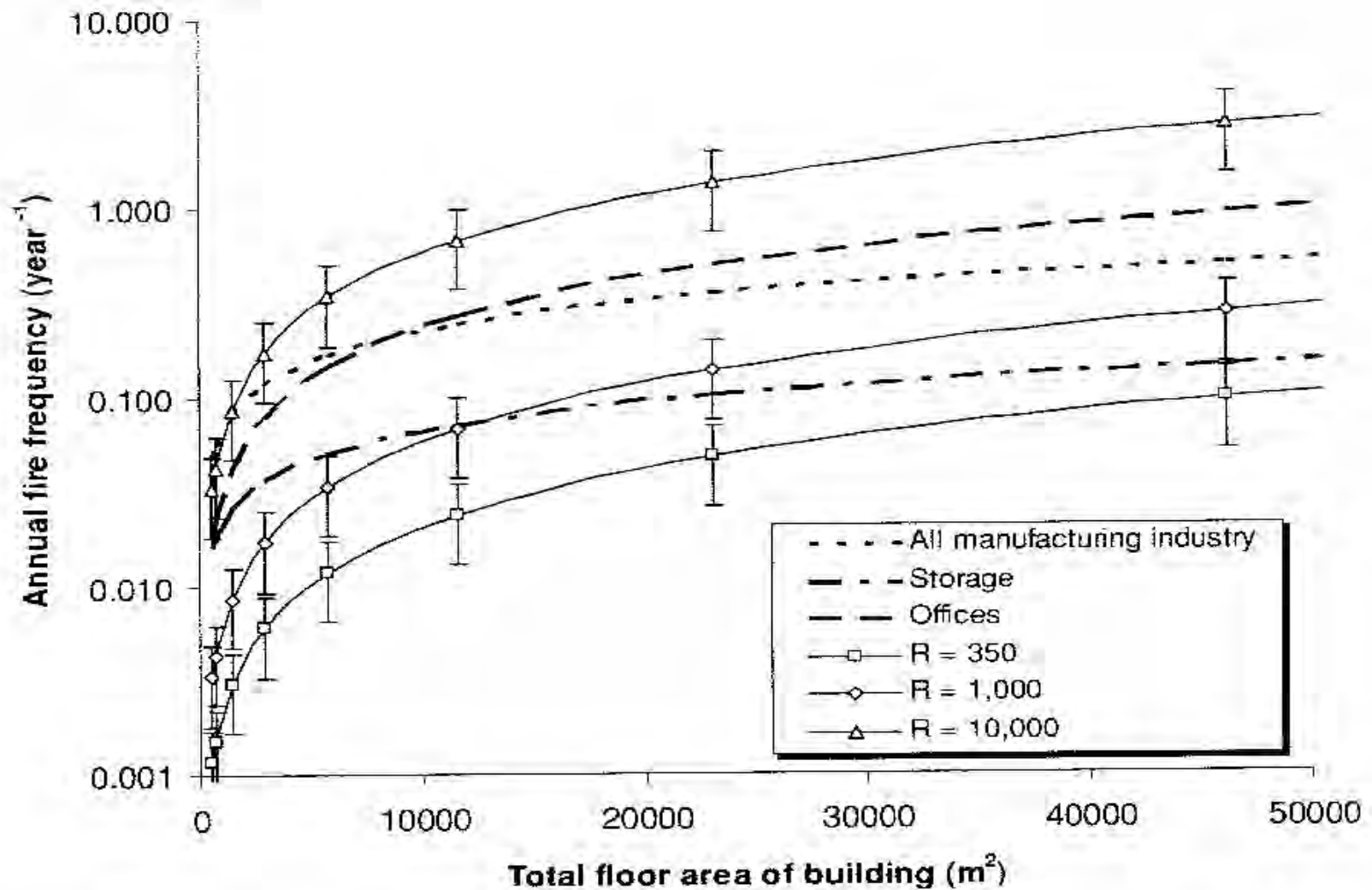
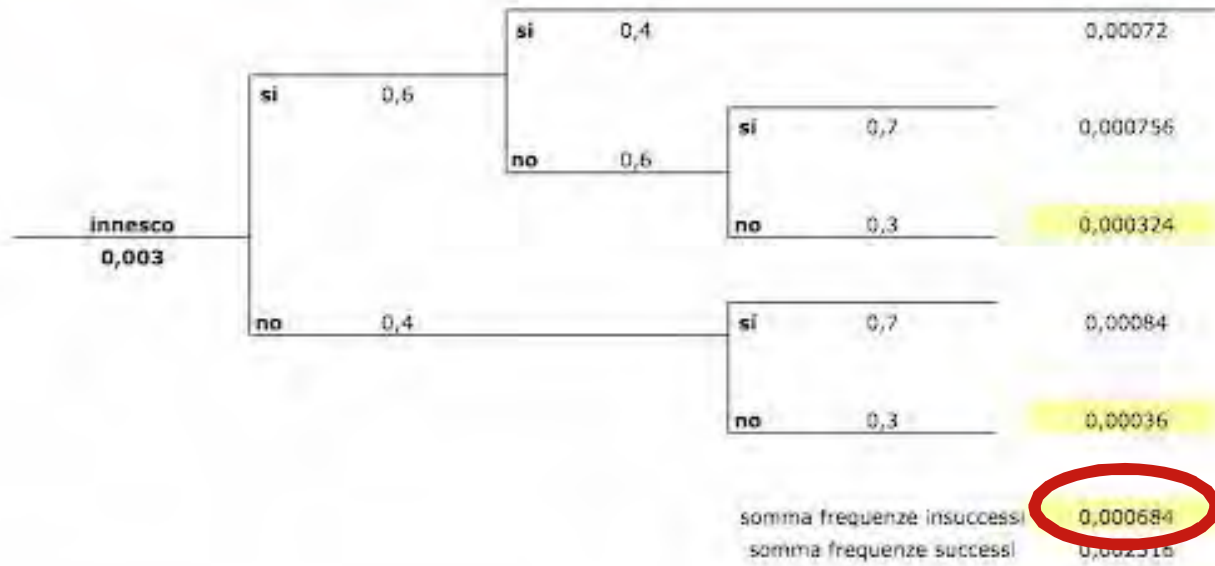


Figure 7. Comparison of fire frequencies between general and parking buildings.

Il principio di incendio è segnalato immediatamente?	l'intervento umano ha successo?	l'impianto di estrazione funziona?	risultato frequenza
--	---------------------------------	------------------------------------	------------------------

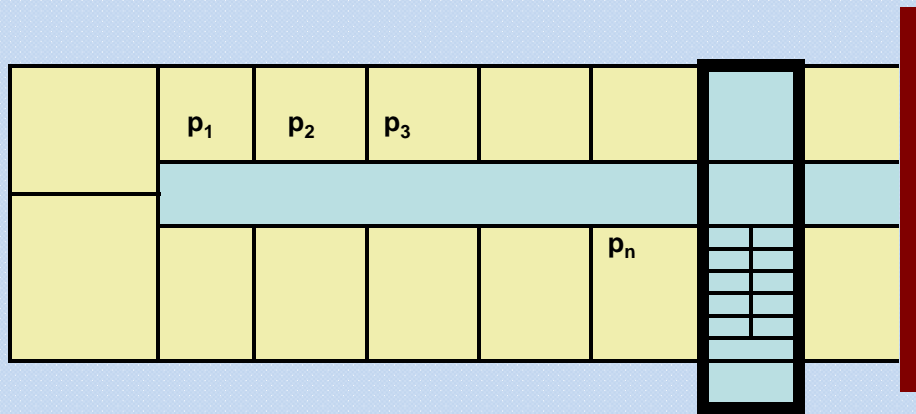


In sintesi:

- “ La selezione degli scenari è un passo di estrema criticità del processo
- “ 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, delle probabilità di accadimento e dell'evoluzione degli incendi accaduti

” Esercitazione 1

Deroga per la lunghezza di un corridoio cieco in un albergo

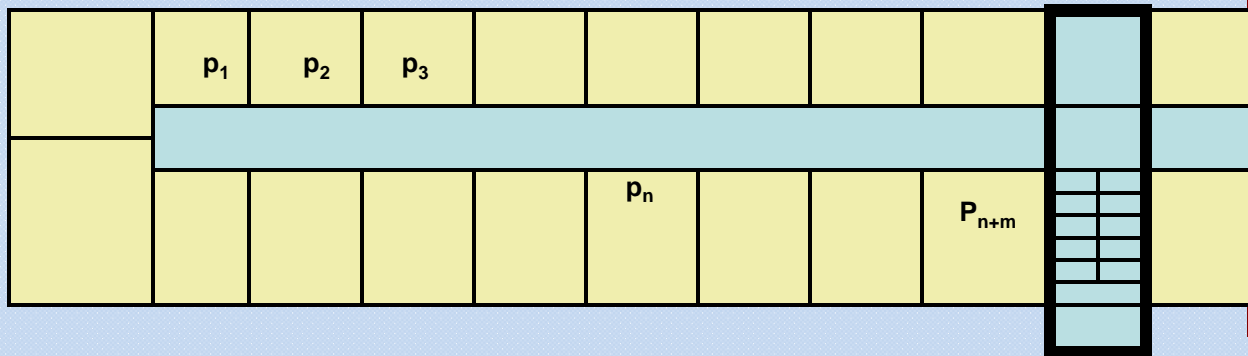


$$FED_{calore} = \sum_{t_1}^{t_2} \frac{q^{1,33}}{1,33} \Delta t + \sum_{t_1}^{t_2} \frac{T^{3/4}}{5 \cdot 10^7} \Delta t$$

Effetti del calore (dipendenza dal tempo e dal calore prodotto)

$$FED = \sum_{t_1}^{t_2} \frac{[CO]}{35000 ppm \cdot min} \Delta t + \sum_{t_1}^{t_2} \frac{e^{([HCN]^{1,43})} C_i}{220 min} \Delta t$$

Tossicità gas (dipendenza dalla concentrazione)

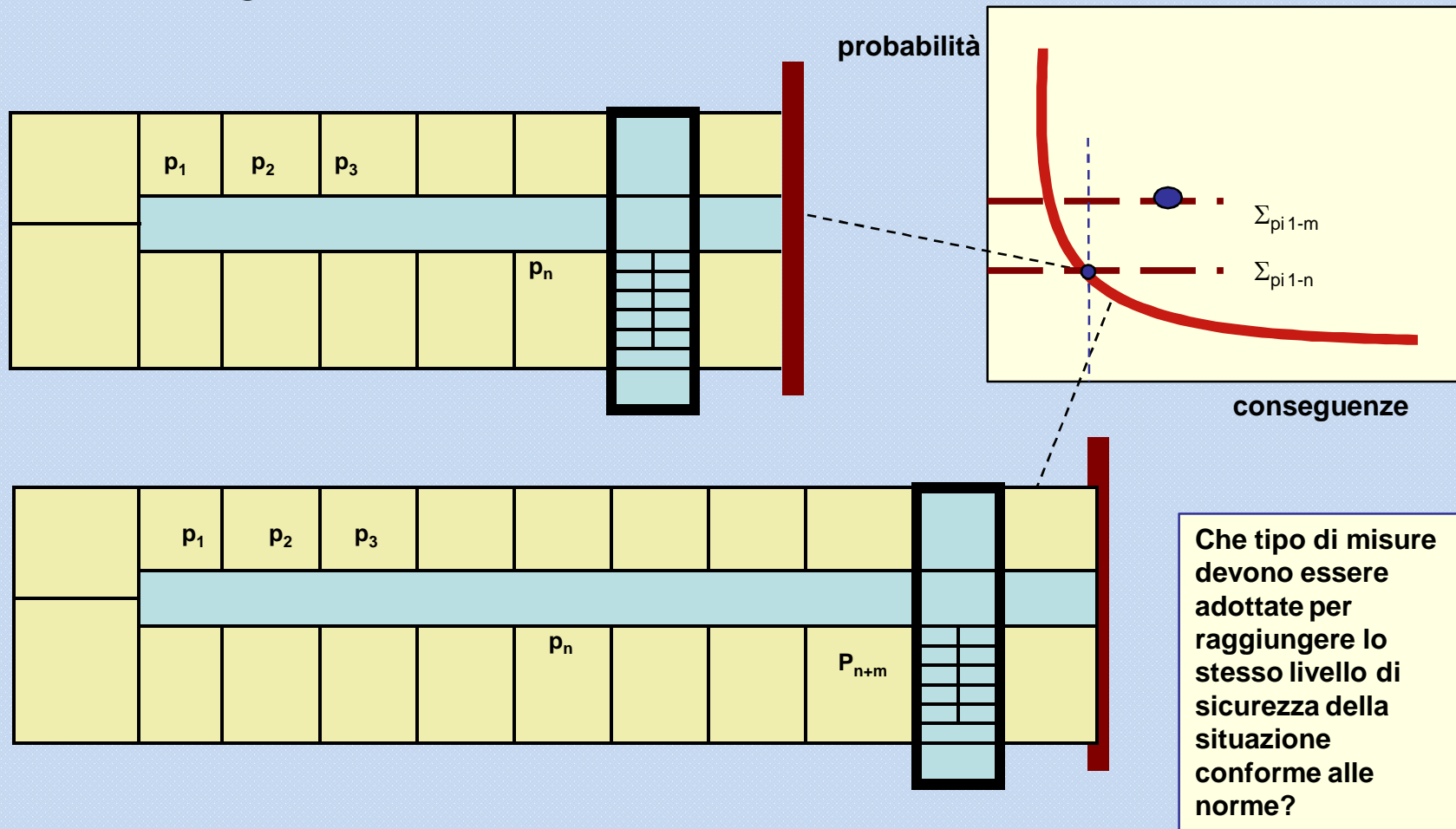


$$\frac{I_{\lambda}}{I_{\lambda}^0} = 10^{-DL}$$

Intensità ottica (dipendenza dalla densità del fumo D)

” Esempio 1

Deroga per la lunghezza di un corridoio cieco in un albergo



” Esempio 2

Analisi di rischio in un edificio postale

L'edificio è descritto dai seguenti parametri:

- edificio ad L di 200 m² - 2 uscite - altezza 5 m
- 20 utenti + 8 dipendenti con addestramenti semestrali
- Rivestimenti combustibili, R 15-20 min

Sulla base dell'analisi del locale e dei dati storici si ipotizzano due possibilità di incendio, dovuti a stufette portatili:

- incendio nella parte di smistamento plichi, dovuta a stufette portatili (picco a 400 kW/m² - curva rapida), che può propagarsi ad altri sacchi;
- Incendio negli uffici amministrativi, dovuto a lampada che innesca un cestino rifiuti (140 kW)

Scenario 1: zona smistamento posta - curva rapida (0,047 kW/m²) fino a 2 MW. Dopo 5 minuti si propaga ad altri sacchi fino a giungere a 4 MW e poi fino al flashover;

Scenario 2: zona amministrativa - crescita media (0,012 kW/m²) fino a 140 kW. Dopo 3 minuti si propaga alle tende e raggiunge 2 MW con curva rapida. L'incendio è controllato dalla ventilazione.

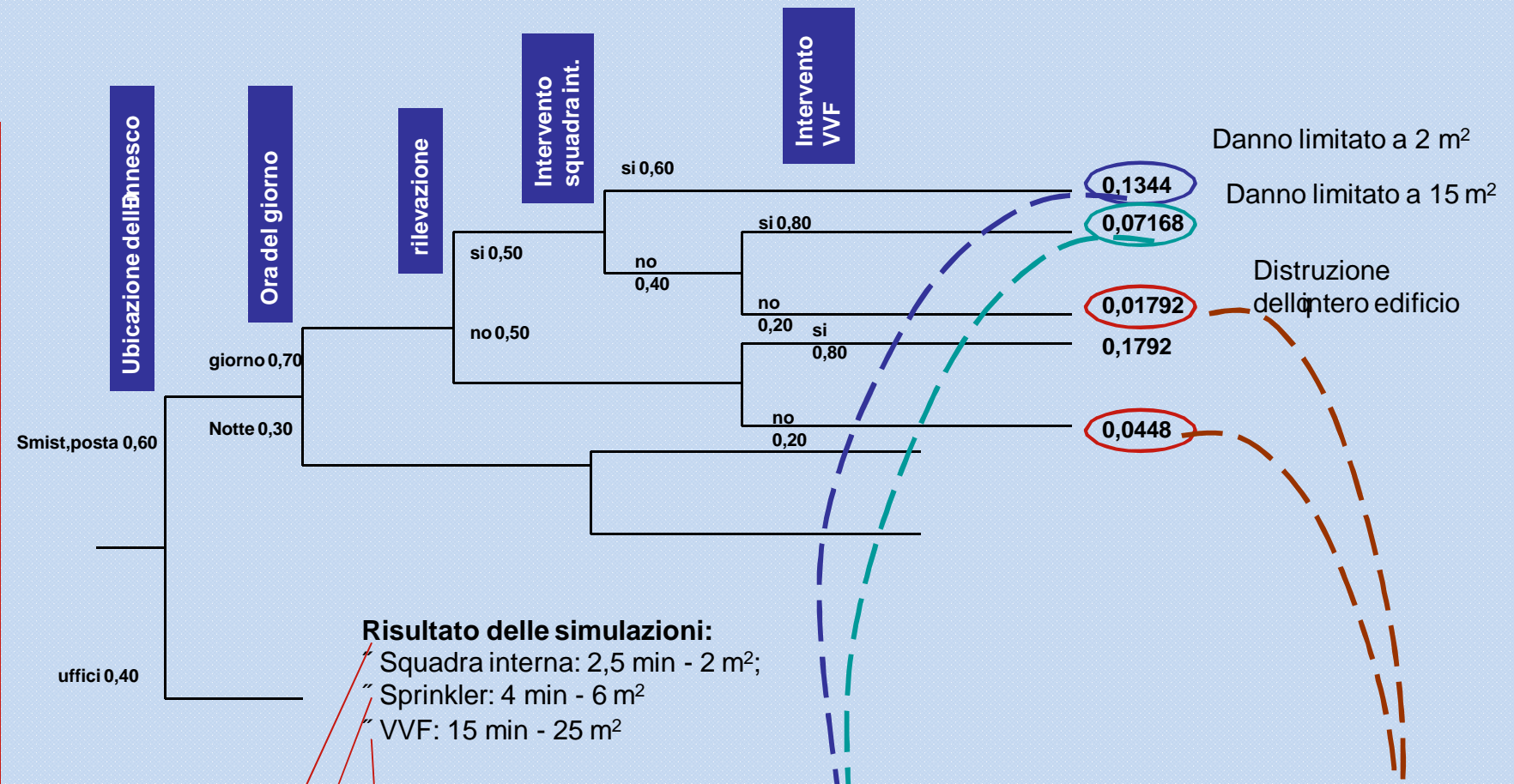
Obiettivi del committente: dato che gli obiettivi di sicurezza delle persone sono ampiamente raggiungibili in ragione del numero limitato delle persone, si chiede (considerando che la struttura non può sopportare temperature superiori a 300°C):

- probabilità di danni irreversibili (10 m²) inferiori al 5%;
- probabilità di danni irreversibili al 25% dell'edificio inferiori al 10% per un dato incendio.

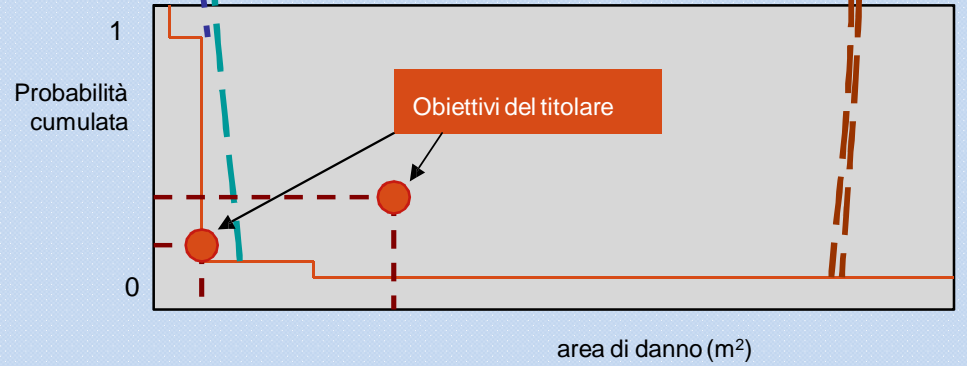
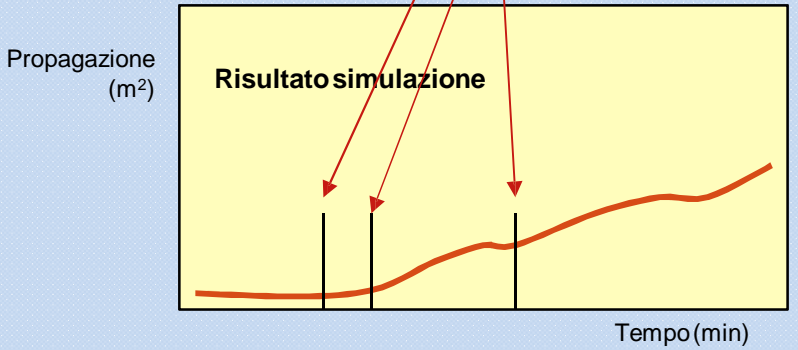
Costruire l'albero degli eventi, assegnando coefficienti a:

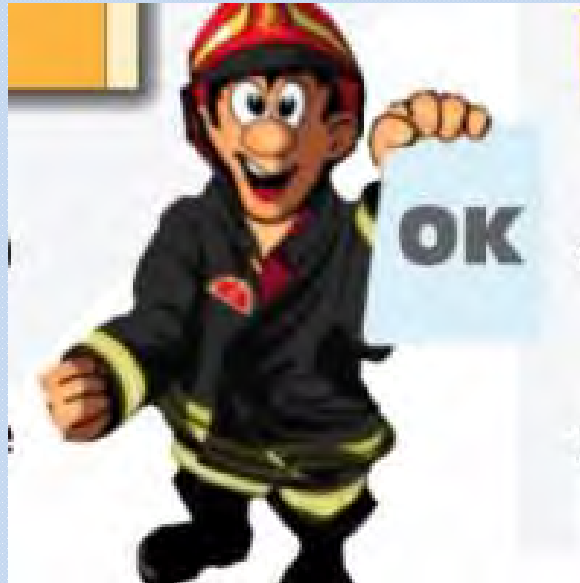
- ora del giorno in cui ha inizio l'incendio (giorno o notte)
- successo della rilevazione automatica
- successo della squadra aziendale
- successo dello sprinkler
- successo dei VVF

Simulazione in assenza di impianto sprinkler



Risultato delle simulazioni:
 Squadra interna: 2,5 min - 2 m²;
 Sprinkler: 4 min - 6 m²
 VVF: 15 min - 25 m²





Grazie per la cortese attenzione