

LA SICUREZZA NEI BENI CULTURALI

Mauro Marchini, Ministero per i Beni e le Attività Culturali- dirigente generale del Servizio Tecnico per la Sicurezza del Patrimonio Culturale Nazionale- Via di S. Michele 22 – 00153 Roma

Paolo Iannelli, Ministero per i Beni e le Attività Culturali- ingegnere presso il Servizio Tecnico per la Sicurezza del Patrimonio Culturale Nazionale- Via di S. Michele 22 – 00153 Roma

Caterina Rubino, Ministero per i Beni e le Attività Culturali- ingegnere presso il Servizio Tecnico per la Sicurezza del Patrimonio Culturale Nazionale- Via di S. Michele 22 – 00153 Roma

Sommario

La sicurezza del patrimonio culturale nazionale riguarda sia la *security* che la *safety*, riguarda cioè la salvaguardia degli edifici e del loro contenuto, entrambi beni spesso di inestimabile valore, ma anche la sicurezza fisica degli occupanti (frequentatori, addetti, etc.).

Si tratta di aspetti tra loro molto diversi che rischiano talvolta di entrare in rotta di collisione. Pertanto questa complessa materia, peraltro riguardante insediamenti ed edifici (“opere”) realizzati in un arco temporale misurabile in secoli, se non addirittura in millenni, e perciò non modificabili con interventi strutturali ed impiantistici invasivi, non può essere affrontata soltanto con soluzioni deterministico-prescrittive valide per tutte le situazioni.

Essa richiede un approccio culturale, prima ancora che regolamentare, affatto innovativo.

Fortunatamente in questi ultimi anni, in materia di “sicurezza” nella più ampia accezione del termine, si deve salutare con soddisfazione una lenta, ma irreversibile marcia nella direzione di un approccio pragmatico integrato (“**nuovo approccio**”) che, fissati gli irrinunciabili “requisiti essenziali” che le “opere” di ingegneria (gli insediamenti gli edifici, in una parola i “contenitori”) devono garantire e gli “obiettivi” che, a fronte di ciascun requisito, devono essere soddisfatti, si rivolge ad una mirata “analisi del rischio” e ad una coerente “strategia di sicurezza”, cioè a dire ad un novero di misure preventive, protettive ed organizzative capaci di perseguire quegli obiettivi, anche in occasione delle emergenze correlate alle situazioni di rischio considerate.

In buona sostanza l’acritica cultura dell’*adempimento* si avvia ad essere finalmente sostituita da una più mirata cultura basata sugli obiettivi da raggiungere in concreto, caso per caso.

Questo nuovo approccio, che può essere apprezzato nelle più recenti Direttive comunitarie e nei Disposti legislativi di recepimento nazionali riguardanti le rispettive materie, non si affida a prescrizioni che provengono dall’esterno ma, riconducendo le linee di responsabilità nei confronti del rischio all’interno delle realtà nelle quali esso è presente, non solo e non tanto in capo a singole figure giuridiche, ma anche e soprattutto alla organizzazione nel suo insieme, alle sue regole strategiche ed operative per il perseguimento degli obiettivi di sicurezza, restituisce al “**progetto sicurezza**” la sua centralità.

Si tratta di un approccio che non esclude il rischio, sempre connesso con qualsivoglia attività umana, ma tende a renderlo minimo nella sua residualità talché esso possa essere primariamente “compatibile” con la vulnerabilità del “contenitore” e del “contenuto”, perché di fatto in grado di garantire una “**accettabile**” sicurezza anche in condizioni di emergenza.

Nel seguito delle presenti note si vuole proporre un “possibile” **progetto di sicurezza** in ambito dei “beni culturali”, ma anche una metodologia “credibile” per affrontarlo.

1. GLI OBIETTIVI DELLA SICUREZZA

Per obiettivi della sicurezza si vogliono qui intendere soprattutto le finalità primarie che ogni intervento finalizzato alla sicurezza deve prendere a riferimento in modo mirato e soprattutto integrato.

Essi sono:

- Mitigazione delle “azioni” presenti nel contesto dell’ecosistema territoriale nel quale si trovano gli insediamenti e gli edifici, anche attraverso interventi di analisi, monitoraggio e bonifica;
- Tutela, conservazione, consolidamento degli insediamenti e degli edifici (“contenitori”) anche nei confronti delle “azioni” di cui al punto precedente;
- Tutela, conservazione del “contenuto” degli insediamenti e degli edifici anche in condizioni di emergenza;

- Sicurezza degli “occupanti” (frequentatori ed addetti) anche in condizioni di emergenza;
- Sicurezza dei soccorritori in condizioni di emergenza.

2. L'ANALISI DEI RISCHI

Gli insediamenti costituenti “beni culturali” per le loro specifiche caratteristiche storico- artistiche appartengono più di ogni altro a quella realtà costruita che male ammette un approccio deterministico - prescrittivo e ciò almeno per i seguenti motivi:

- *Esigenze affatto diverse della security e della safety*
- *Destinazione non prevedibile e non prevista in fase di progetto che risale spesso ad epoche storicamente molto lontane da noi e dalla nostra civiltà tecnologica;*
- *Inammissibilità di interventi strutturali ed impiantistici invasivi che andrebbero a snaturare la stessa realtà artistica e storica dell'edificio.*

Fermi restando i requisiti essenziali e gli obiettivi da soddisfare è necessario allora fare ricorso ad un moderno approccio che commisuri di volta in volta la strategia di sicurezza alle specifiche realtà anche attraverso un ampio ricorso a misure di sicurezza equivalenti.

Questo approccio è quello comunemente noto come *analisi dei rischi*.

L'analisi dei rischi è un processo che ha l'obiettivo di fornire una rappresentazione formale della probabilità di danno di un sistema, nella fattispecie di un insediamento culturale, e di fornire le informazioni necessarie per una verifica documentata, motivata e giustificabile della rispondenza delle scelte di progetto per il soddisfacimento dei “*requisiti essenziali*” che detti insediamenti devono garantire e per il raggiungimento degli “*obiettivi di sicurezza*” postulati da ciascun requisito.

L'analisi di rischio implica primariamente la individuazione dell'insieme dei “*pericoli*” e delle “*azioni*” possibili (limitatamente a quelli “credibili”), oggetto dell'analisi stessa, ma anche la “*vulnerabilità*” del sistema considerato ed il “*fattore di esposizione*” nei confronti di detti pericoli e/o azioni.

Infatti è l'interazione dei tre fattori sopra considerati che sostanzia un determinato livello di rischio che peraltro è caratterizzato anche da una frequenza di accadimento e soprattutto dalla magnitudo delle conseguenze.

Quando un rischio (concetto probabilistico) si concretizza in un “*evento*” negativo (certezza) si hanno conseguenti “*scenari*” di emergenza ed in definitiva di danno.

L'analisi del rischio, sotto il profilo metodologico, si avvale pertanto di tecniche di analisi logico-probabilistiche e di tecniche di analisi fenomenologiche.

Le fasi di una compiuta analisi del rischio sono:

- l'individuazione e l'analisi dei pericoli;
- l'individuazione e l'analisi delle corrispondenti vulnerabilità;
- l'individuazione e l'analisi dei fattori di esposizione a ciascun pericolo;
- la valutazione dei rischi;
- la “compensazione” dei rischi;
- la “valutazione” dei rischi residui;
- l'individuazione degli eventi e dei relativi scenari connessi con i rischi residui;
- la mitigazione degli eventi connessi con i rischi residui: i sistemi di protezione attiva;
- la pianificazione e la gestione delle emergenze;
- gli interventi correttivi della strategia.

Purtroppo al riguardo si deve troppo spesso rilevare che vengono spacciate per analisi dei rischi o, peggio ancora, per documenti di valutazione dei rischi, delle mere esercitazioni cartacee, ricche di generici riferimenti teorici, ma che quasi mai si calano nelle singole realtà che avrebbero la pretesa di rappresentare. Così facendo si induce nella committenza la convinzione della inutilità di un tale strumento correndo in ultima analisi il rischio, come spesso avviene, di gettare il bambino con l'acqua sporca.

3. I REQUISITI ESSENZIALI

I *requisiti essenziali* che gli insediamenti e gli edifici, contenitori di “*beni e attività culturali*” devono garantire, possono utilmente essere così schematizzati:

- Sicurezza ambientale
- Sicurezza strutturale
- Sicurezza nell'uso
- Sicurezza antincendio
- Sicurezza in caso d'incendio

3.1. Sicurezza ambientale

Si vogliono qui considerare le “azioni” che l’ecosistema può esercitare sull’insediamento, sugli edifici e sulle sovrastrutture del sistema considerato.

Tra queste si segnalano:

- sismicità
- subsidenza
- vulcanesimo
- bradisismo
- dissesti idrogeologici
- presenza di falde superficiali
- agenti meteo-marini
- ceraunicità
- inquinamento atmosferico
- inquinamento elettromagnetico
- degrado urbanistico
- effetti “domino” dovuti a insediamenti e infrastrutture al contorno
- traffico
- altri

3.2. Sicurezza strutturale

Con l’espressione sicurezza strutturale si vuole intendere la stabilità degli edifici e delle strutture nei confronti di qualsivoglia “azione” comprese quelle ambientali di cui al precedente punto.

Tra queste si segnalano:

- vetustà
- deficienze strutturali
- deficienze nella manutenzione
- azioni conseguenti al sisma
- azioni conseguenti a dissesti idrogeologici
- azioni conseguenti a dissesti meteorologici
- sovraccarichi statici e dinamici
- cantieri, sbancamenti e simili
- vibrazioni
- altri

3.3. Sicurezza nell’uso

Si tratta delle numerose problematiche connesse con la destinazione d’uso e le connesse modalità di fruizione degli insediamenti e degli immobili.

E’ questo il requisito essenziale che investe tutti quegli aspetti della sicurezza che sono regolamentati da Direttive europee e da disposizioni legislative nazionali di più o meno recente emanazione e che non sempre trovano facile composizione per via della natura degli insediamenti e degli edifici.

Le problematiche emergenti sono:

- compatibilità delle destinazione d’uso generale e specifica
- compatibilità della fruibilità da parte di grandi masse (affollamento, gestione flussi)
- barriere architettoniche
- infortuni sul lavoro e malattie professionali
- agenti nocivi (fisici, chimici, biologici)
- microclima
- illuminazione
- rumore
- contenimento energetico
- impianti tecnologici di servizio
 - impianti elettrici
 - impianti termici
 - impianti per la movimentazione interna (elevatori, etc.)
 - impianti distribuzione gas combustibili e gas tecnici

- impianti condizionamento
- impianti e sistemi di protezione attiva
- impianti idrico – sanitari
- impianti per le comunicazioni interne
- impianti e sistemi bus
- macchine, apparecchiature, attrezzature
- lavorazioni
- cantieri
- servizi aggiuntivi
 - cucine
 - ristoranti
 - bar
 - bookshop
 - guardaroba
 - nursery
 - altri
- manifestazioni occasionali
- aree a rischio specifico
- rifiuti solidi urbani e tossico - nocivi
- inquinamento acqua, aria, suolo
- altre

3.4. Sicurezza anticrimine

Con l'espressione sicurezza anticrimine si vuole intendere la tutela del patrimonio culturale con particolare riguardo ai beni mobili nei confronti di "azioni" dolose.

Tra queste si segnalano:

- effrazione
- intrusione
- vandalismi
- taccheggi
- furti
- rapine
- attentati

Nella materia si deve primariamente affermare che gli strumenti disponibili per poter perseguire gli obiettivi di sicurezza non sono molti e soprattutto che la loro messa in atto è di non facile realizzazione.

In buona sostanza essi si riducono a:

- Azione preventiva: riguarda l'attività di intelligence per prevenire l'azione dolosa, le misure per non rendere pagante l'azione dolosa ed infine la certezza e severità delle pene;
- Sbarramenti alla azione dolosa: si tratta delle barriere di protezione passiva (sbarramenti fisici) e ad uomo presente (vigilanza) tra loro integrate;
- Contrasto alla azione dolosa: è questo lo strumento che si affida ai sistemi di protezione attiva basati sulla tecnologia e a tempestivi interventi di repressione ad uomo presente tra loro sinergici.

3.5. Sicurezza in caso di incendio

Il nuovo approccio che in materia di sicurezza, nella più ampia accezione del termine, può essere apprezzato nelle più recenti Direttive comunitarie e nei Disposti legislativi di recepimento nazionali, restituisce al **"progetto sicurezza"** la sua centralità.

Si tratta di un approccio che non esclude il rischio, sempre connesso con qualsivoglia attività umana, ma tende a renderlo minimo nella sua residualità talché esso possa essere primariamente "compatibile" con la vulnerabilità del "contenitore" e del "contenuto", perché di fatto in grado di garantire una **"accettabile"** sicurezza anche in condizioni di emergenza.

Tale approccio non si affida a prescrizioni che provengono dall'esterno, ma riconduce le linee di responsabilità nei confronti del rischio all'interno delle realtà nelle quali esso è presente, alla sua organizzazione, alle sue regole strategiche ed operative per il perseguimento degli obiettivi di sicurezza.

Per obiettivi della sicurezza si vogliono qui intendere soprattutto le finalità primarie che ogni intervento finalizzato alla sicurezza e nella fattispecie alla sicurezza in caso di incendio, deve prendere a riferimento in modo mirato e soprattutto integrato.

In ambito dei beni culturali essi sono:

- Sicurezza degli insediamenti e degli edifici anche in caso di incendio;
- Sicurezza del "contenuto" anche in caso di incendio;
- Sicurezza degli "occupanti" (frequentatori ed addetti) anche in caso di incendio;
- Sicurezza dei soccorritori.

Con l'espressione "sicurezza in caso d'incendio" si vuole intendere, in adesione alla ratio del nuovo approccio, qualcosa di più rispetto alla sicurezza antincendio, volendo con ciò sottolineare la convinzione che la sicurezza deve essere garantita anche in caso ed in occasione di un incendio che non si è saputo o potuto evitare.

E' proprio questo il caso al quale meglio si attaglia l'obbligo della gestione del rischio residuo, postulato dalla filosofia sottesa al nuovo approccio.

Infatti in caso di incendio la necessità di garantire la sicurezza degli occupanti, dei beni mobili e di quelli immobili richiede una strategia di sicurezza complessa e a tutto campo. E' quindi necessario un **progetto sicurezza** che deve fare riferimento ad un percorso costituito da più e diversi momenti, tra i quali si segnalano:

- definire l'incendio (focolaio) di progetto che si vuole affrontare e risolvere;
- provvedere al suo rilevamento tempestivo;
- provvedere all'invio di allarmi mirati;
- provvedere al controllo e/o allo spegnimento con sostanze idonee;
- provvedere all'intervento *ad uomo presente* per verifiche e/o azioni mirate.

E' quasi inutile aggiungere che i singoli momenti in questione sono tra loro fortemente dipendenti.

3.5.1. La caratterizzazione degli incendi di progetto

Si definisce combustione una reazione chimica di ossidazione tra un combustibile ed un comburente con sviluppo di calore, attivata da una energia di innesco.

In particolare un incendio è una combustione, caratterizzata da una emissione di calore e di fiamme, accompagnata da emissione di gas e vapori e da fumo, che si sviluppa rapidamente e senza controllo in uno spazio all'uopo non deputato.

In relazione alle caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze combustibili che partecipano alla combustione, alla energia di innesco ed alle "condizioni al contorno", gli incendi possono assumere andamenti e produrre conseguenze affatto differenti.

Tuttavia è possibile rappresentare schematicamente l'andamento dei fenomeni, potendosi in ogni caso individuare comportamenti equivalenti.

Per un incendio di natura accidentale e non tempestivamente contrastato da azioni di repressione, di norma, possono individuarsi tre fasi.

La fase iniziale del fenomeno è detta di accensione o di ignizione e comprende:

- l'atto dell'accendere (innesco della combustione);
- la fase di sviluppo e di autoaccelerazione della reazione di combustione che generalmente si manifesta con la comparsa delle prime fiamme (accensione dei gas di pirolisi) circoscritte al primo focolaio, la emissione di gas e vapori ad alta temperatura che si diffondono verso i volumi disponibili alla sommità del compartimento interessato;
- la propagazione dell'originario focolaio alle sostanze combustibili più vicine per irraggiamento e/o coinvolgimento diretto;
- una crescente produzione di gas e vapori di combustione e di fumo che vanno a stratificarsi dall'alto verso il basso del volume disponibile aumentando, attraverso scambi convettivi, la temperatura di tutte le sostanze combustibili presenti.

Quando detta temperatura raggiunge e supera la temperatura di autoaccensione di tutte le sostanze combustibili presenti (~500 °C) si raggiungono le condizioni per dar luogo ad un incendio generalizzato a tutto il volume.

Il momento di passaggio dalla prima fase di ignizione a quella di incendio generalizzato è detto punto di "flashover".

Ha così inizio la seconda fase, la fase centrale del fenomeno, che si configura, di norma, con l'incendio stesso, potendosi fino a qui considerare il fenomeno soltanto un "focolaio d'incendio".

A questo momento tutte le superfici vetrate, se presenti e se non di particolari caratteristiche di resistenza al fuoco, sono andate in frantumi talché l'incendio che fino a quel momento poteva, di norma, considerarsi **“controllato dalla ventilazione”** e dalle “caratteristiche geometriche e termiche” del compartimento, assume l'andamento proprio degli incendi **“controllati dal combustibile”**.

Infatti in questa fase l'incendio è ormai governato soltanto o prevalentemente dal “carico d'incendio” e dal “rateo di rilascio del calore” (RHR), caratteristiche proprie delle sostanze presenti, suscettibili di bruciare.

E' in questa fase che si raggiunge e si stabilizza la massima temperatura di combustione.

La terza fase, detta di raffreddamento (autoestinzione), ha luogo dal momento in cui la massima temperatura raggiunta comincia a decadere fino a raggiungere valori al di sotto dei 300 °C valore per il quale la combustione non è più in grado di autosostenersi.

Per via dei diversi parametri sopra ricordati (volume, capacità termica e ventilazione del contenitore, carico d'incendio, velocità di bruciamento delle sostanze suscettibili di bruciare, modalità di stoccaggio, etc.) i tempi di flashover di **incendi accidentali di sostanze combustibili solide** variano, di norma, da qualche minuto (fino a 5 minuti) a poche decine di minuti (fino a 20 minuti).

Si vuole richiamare l'attenzione sul fatto che per i beni culturali è in questo breve lasso di tempo che il problema deve essere affrontato e risolto, infatti, se viene raggiunto e superato il punto di flashover, le azioni da intraprendersi sono di natura diversa ed in ogni caso l'obiettivo non può più essere quello di salvaguardia del contenitore e meno che mai dei beni contenuti, ma soltanto di controllo e confinamento dell'evento. In buona sostanza non sarebbe possibile più evitare danni irrimediabili.

Per la schematizzazione di un incendio sono oggi disponibili molti modelli. Quelli di più vecchia data ed usati soprattutto per la determinazione sperimentale della *resistenza al fuoco* di elementi strutturali sono le curve nominali temperatura tempo.

Tra queste ricordiamo:

- **la curva standard ISO 834 (per gli incendi di materiale cellulosico)**

$$T = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1) \quad (1)$$

- **la “curva di un incendio lentamente crescente”**

$$T = 20 + 154 \cdot t^{0.25} \quad \text{per } t < 20 \quad (2)$$

$$T = 20 + 345 \log_{10}[8 \cdot (t - 20) + 1] \quad \text{per } t > 20 \quad (3)$$

- **la curva di fuoco esterno**

$$T = 20 + 660 \cdot (1 - 0.687e^{-0.32t} - 0.313e^{-3.8t}) \quad (4)$$

- **la curva degli idrocarburi**

$$T = 20 + 1080 \cdot (1 - 0.325e^{-0.167t} - 0.675e^{-2.5t}) \quad (5)$$

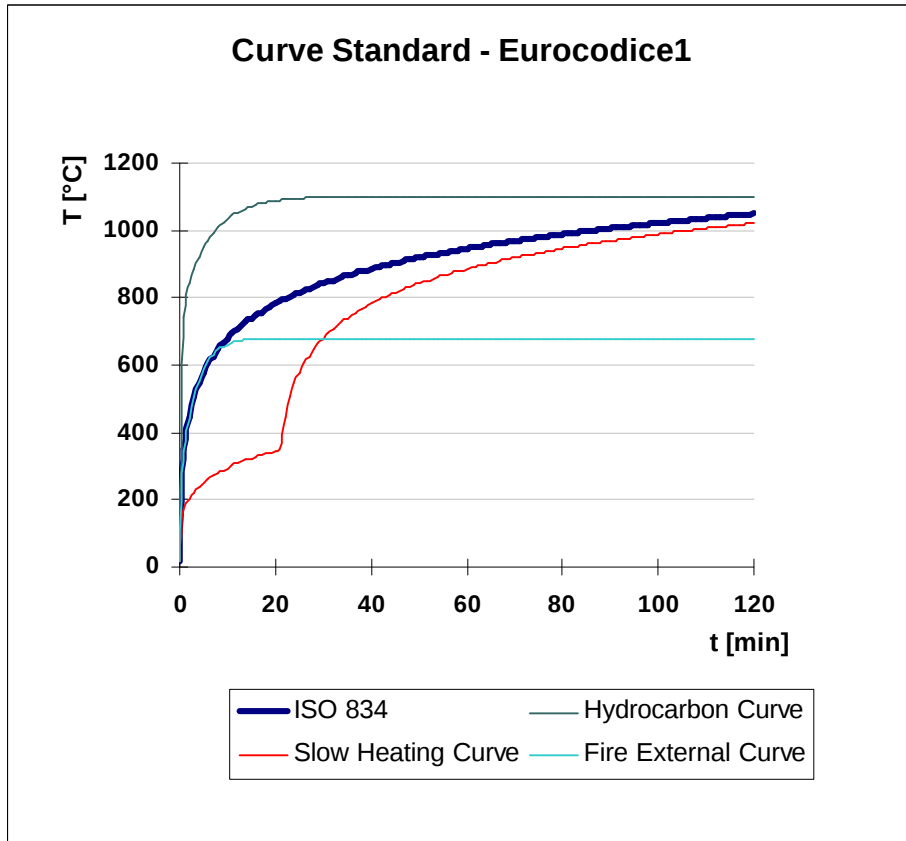


fig. 1-Curve standard T-t secondo l'EC1

Gli incendi possono essere rappresentati anche attraverso curve "parametriche" sostanzialmente caratterizzate da:

- Carico d'incendio
- Geometria del contenitore nel quale si sviluppa l'incendio;
- Proprietà termiche delle pareti che costituiscono la delimitazione d'ambito del contenitore con riguardo alla trasmissione del calore;
- Ventilazione disponibile, che dipende sia dai vani di apertura presenti, sia della capacità di resistenza al fuoco dei materiali di chiusura degli stessi.

Tra queste ricordiamo la curva **CNR 37** e la curva **temperatura-tempo** suggerita dall'**Eurocodice 1** valide per compartimenti di fuoco fino a 100 m² di area del pavimento, senza aperture nel tetto e con altezza massima di 4 m.

L'espressione della curva CNR 37 è:

$$T(t) = \frac{T_m}{t_m} t \left(e^{\left(1 - \frac{t}{t_m}\right)} \right) \quad (6)$$

dove i fattori T_m e t_m dipendono dal carico d'incendio, dalla superficie di ventilazione e dalle caratteristiche termiche dell'edificio.

L'espressione della curva proposta dall'EC1 si caratterizza invece nel tratto ascendente, cioè fino al raggiungimento della temperatura massima, in:

$$J_g = 1325 \left(1 - 0.324e^{-0.2t^*} - 0.204e^{-1.7t^*} - 0.472e^{-19t^*} \right) \quad (7)$$

e nel tratto discendente in:

$$J_g = J_g - 625(t^* - t_d^*) \quad \text{per } t_d^* \leq 0.5 \quad (8)$$

$$J_g = J_g - 250(3 - t_d^*) \cdot (t^* - t_d^*) \quad \text{per } 0.5 < t_d^* < 2 \quad (9)$$

$$J_g = J_g - 250(t^* - t_d^*) \quad \text{per } t_d^* \geq 2 \quad (10)$$

essendo $t^* = t \Gamma$ una variabile dipendente, oltre che dal tempo t , dalla superficie di ventilazione e dalle caratteristiche termiche delle pareti che delimitano il comparto, tramite il fattore Γ ; t_d^* corrisponde al tempo in cui si raggiunge la temperatura massima.

Per cogliere le differenze fra le due formulazioni, si è esaminato il caso di un compartimento di dimensioni 10m x 10m in pianta e di altezza pari a 4m. Si è considerata la presenza di tre superfici vetrate, distinguendo fra il caso in cui i vetri sono integri, e quindi il compartimento è caratterizzato da una superficie di ventilazione ridotta ($A_v = 1.2 \text{ m}^2$), e quello in cui i vetri sono andati in frantumi, realizzando così una superficie di ventilazione ben più estesa ($A_v = 7.2 \text{ m}^2$). Il carico di incendio considerato è pari a 30 kg legna / m^2 .

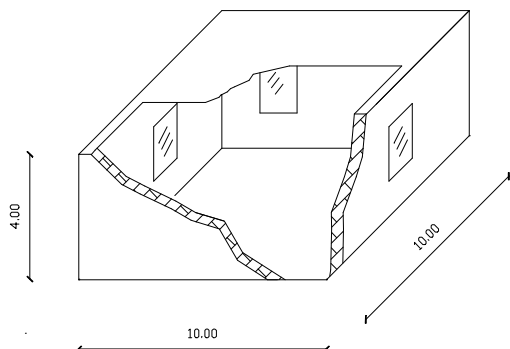


fig. 2- compartimento con i vetri integri

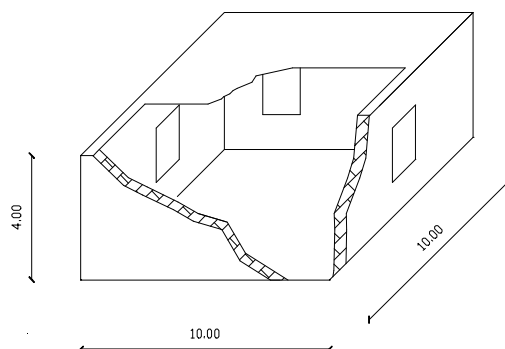


fig. 3- compartimento in assenza di vetri

L'andamento delle curve T-t ottenute con i diversi codici sono riportate nelle figure seguenti

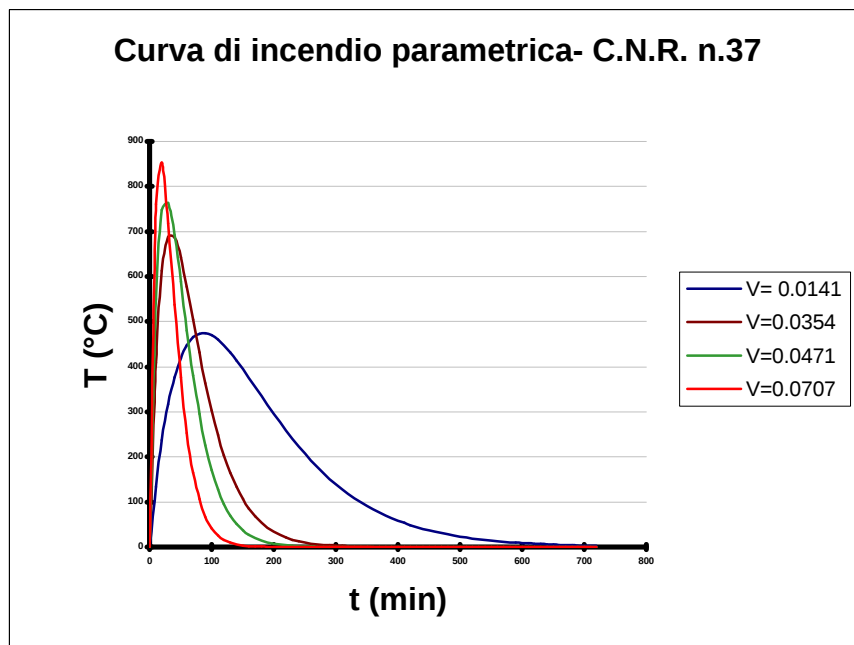


fig. 4-curve T-t secondo CNR 37 per diversi valori del fattore di ventilazione V

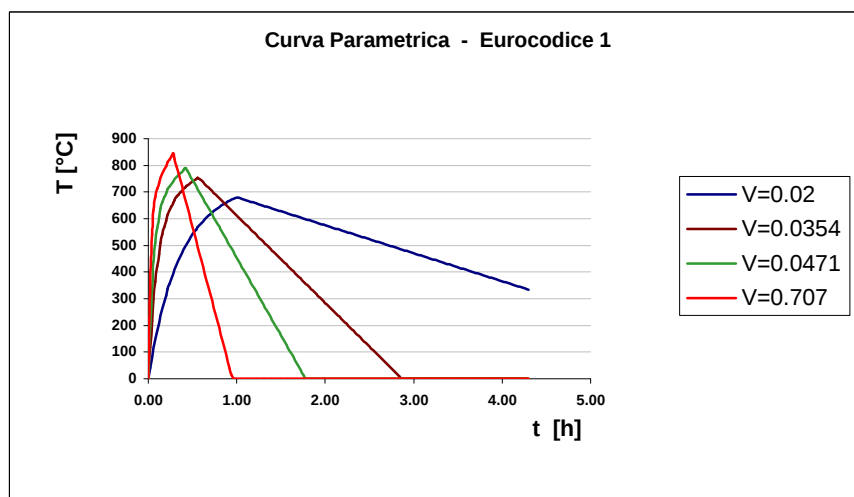


fig. 5-curve T-t secondo EC1 diversi valori del fattore di ventilazione V

Nella tabella seguente vengono riepilogati i dati più significativi ottenuti con le due formulazioni e che sono rappresentati dalla temperatura massima nel compartimento e dal tempo impiegato a raggiungerla.

	CNR 37		EC1	
$A_v[m^2]$	$T[°C]$	$t[min]$	$T[°C]$	$t[min]$
3.6	475	260	680	60
9	688	90	755	35
12	763	30	790	25
18	853	20	845	17

Tab .1- temperature massime e tempi di raggiungimento

Sono infine disponibili modelli per la caratterizzazione dei cosiddetti "incendi reali" (in alternativa agli incendi standardizzati) che permettono di studiare l'evoluzione di un incendio fornendo indicazioni sia sull'andamento nel tempo della temperatura dei gas, sia sulla stratificazione dei gas di combustione e dei fumi nei volumi interessati dall'incendio, indicando per i principali tossici e/o asfissianti (CO , CO_2) la relativa concentrazione.

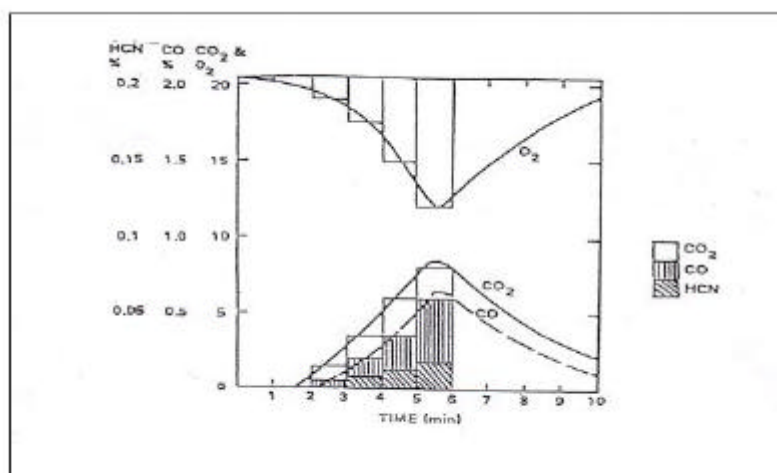


fig. 6- concentrazione di Co e CO_2 nel tempo

L'applicazione di questi modelli richiede una maggiore definizione degli inputs, come la effettiva posizione delle aperture o la natura dei materiali costituenti le pareti, ma soprattutto è importante operare una previsione delle modalità di sviluppo dell'incendio, mediante la definizione della curva di rilascio termico (RHR-tempo), che pertanto deve essere costruita dall'analista. Infatti il carico d'incendio definisce soltanto l'energia complessivamente disponibile sotto forma di materiale suscettibile di bruciare presente nel compartimento, mentre per caratterizzare compiutamente un incendio è di fondamentale importanza conoscere le modalità di rilascio nel tempo di questa energia. In buona sostanza si tratta di definire la potenza (rateo di rilascio di calore RHR) dell'incendio in ogni sua fase. Nella figura che segue sono riportati due andamenti qualitativamente diversi della combustione di uno stesso carico d'incendio.

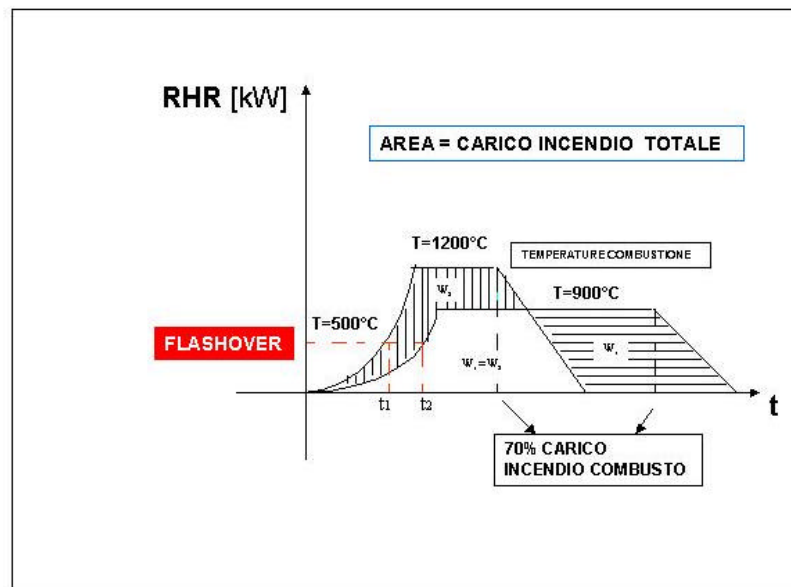
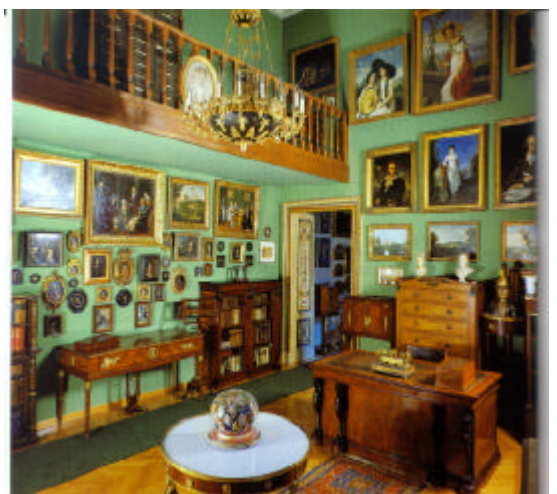


fig. 7- curve RHR a parità di energia

In maniera del tutto arbitraria, ma qualitativamente significativa, nella figura che segue sono state riportate tre curve RHR-tempo per tre diverse tipologie di insediamenti di beni culturali: musei, biblioteche, archivi.



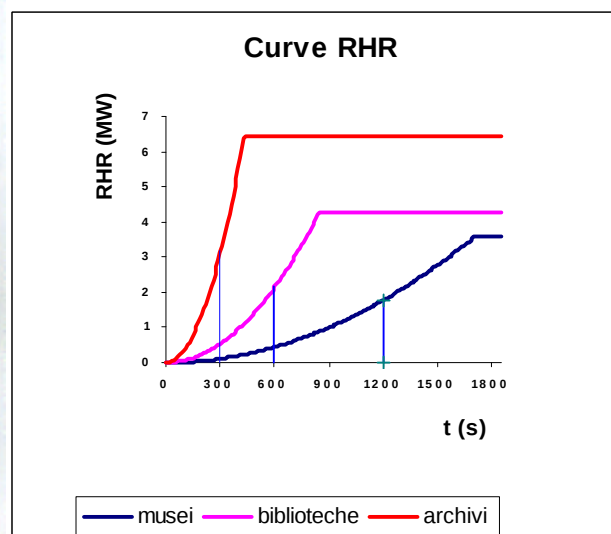


fig. 8- tipiche curve RHR

Tra i molti modelli, anche molto complessi, oggi disponibili si stanno affermando, soprattutto per la loro facile applicazione, i *"modelli a zone"*.

Essi sono basati sulla ipotesi che un dato compartimento può essere suddiviso in zone all'interno delle quali alcuni parametri, in particolare la temperatura, possono essere considerati uniformi.

Nei *"modelli ad una zona"* (one-zone; Ozone) la temperatura è uniformemente distribuita su tutto il compartimento, essi pertanto servono a descrivere l'incendio nella fase di post-flashover.

Nell'ambito dei "beni culturali" i modelli di incendio in questione, attese le esigenze di previsione e di controllo degli eventi qui necessarie, non risultano di grande utilità dovendosi preordinare la gestione delle emergenze prevalentemente nella fase del pre-flashover quando l'incendio è ancora un focolaio.

I *"modelli a più zone"* sono quelli di maggior interesse in quanto sono modelli pre-flashover i cui codici consentono non solo di simulare l'andamento degli incendi già nella prima fase di ignizione, ma anche di stimare la concentrazione dei tossici e degli inquinanti prodotti dalla combustione.

Quest'ultimo aspetto appare assai utile, soprattutto laddove siano previsti rilevanti affollamenti, per la progettazione delle cosiddette "vie di esodo". E' infatti noto come in caso di incendio per la sicurezza delle persone la problematica dei rilasci di sostanze tossiche ed inquinanti (prodotti della combustione) sia spesso prioritaria rispetto a quella dei rilasci di energia (calore);

Un caso particolare dei modelli a zone è rappresentato dai modelli a più volumi in cui gli scambi energetici e di massa avvengono non solo all'interno del contenitore dell'incendio, ma anche verso volumi adiacenti ed intercomunicanti.

Ciò consente di valutare le condizioni di vivibilità degli ambienti durante il corso dell'incendio mediante la previsione della posizione e delle concentrazioni dei prodotti di combustione.

Il più semplice tra i modelli a più zone è il *"modello a due zone"* nel quale il "contenitore" dell'incendio viene diviso nella zona dei gas caldi e nella sottostante zona più fredda. Uno dei codici di calcolo che si basa su un modello a due zone è il CFAST, con cui è stato esaminato lo stesso compartimento descritto in precedenza, ponendo particolare attenzione all'influenza della presenza di un sistema di spegnimento (sprinkler) sull'andamento delle curve temperatura-tempo.

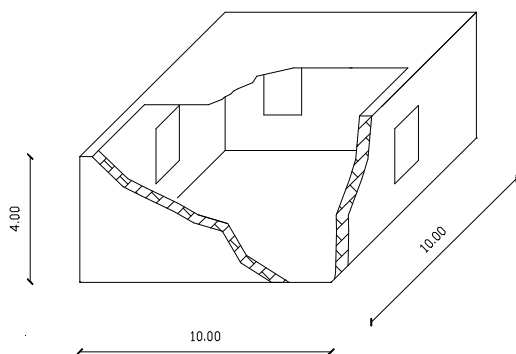


fig.9- compartimento senza sistema di spegnimento

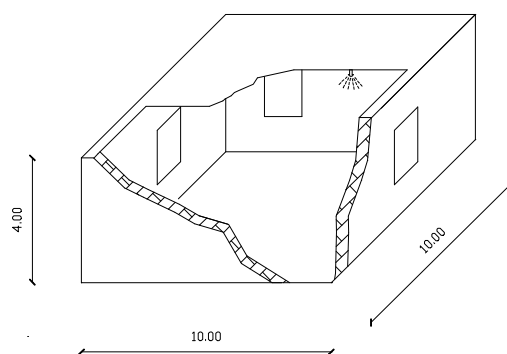


fig.10- compartimento con sistema di spegnimento

Nelle figure seguenti vengono riportate le curve T-t , RHR e l'andamento dell'altezza dei fumi nel tempo nei casi di assenza e presenza di sprinkler.

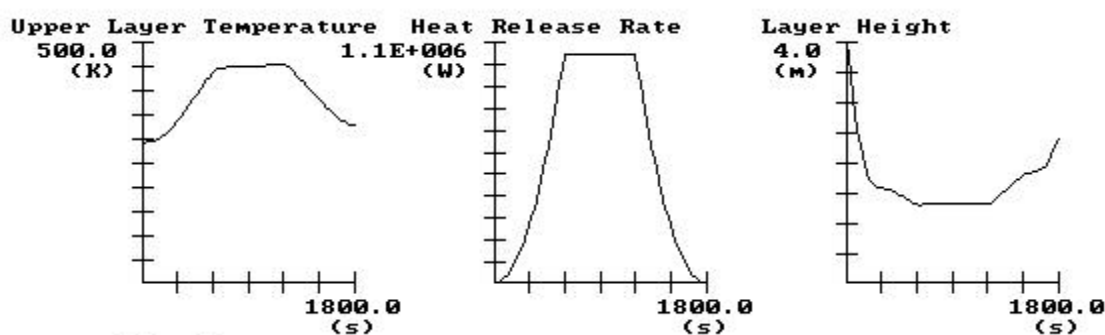


fig. 11- diagrammi in assenza di sprinkler

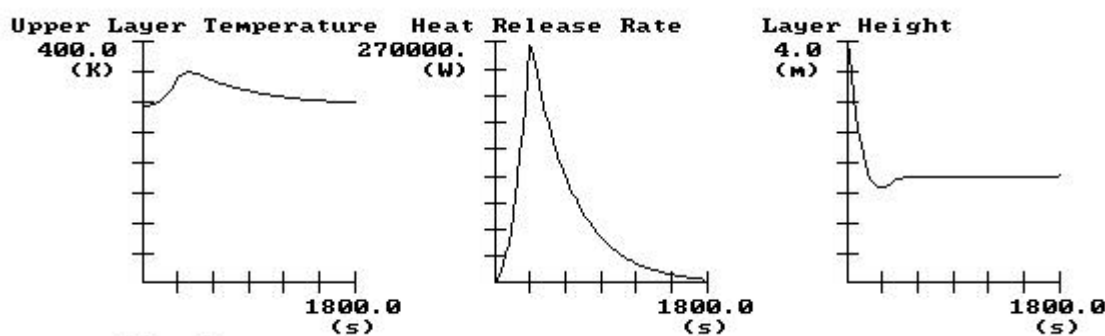


fig. 12- diagrammi in presenza di sprinkler

Al riguardo di simulazioni mediante modelli si deve in ogni caso sottolineare la valenza "qualitativa" della analisi la cui validità in termini "relativi" è indiscutibile, ma che in termini *assoluti* richiederebbe delle conferme sperimentali, per via delle numerose alea di cui è gravata, attualmente non disponibili. In ogni caso soltanto attraverso di essi si potrà ragionevolmente assumere nel progetto l'incendio di riferimento credibile sul quale mirare le misure protettive.

4. LA GESTIONE COMPLESSIVA DEL RISCHIO

Il moderno approccio alla sicurezza, postulato come si è detto anche in ambito europeo, non esclude il rischio, sempre presente in qualsivoglia attività umana, ma tende a minimizzarlo nella sua residualità.

Questo nuovo approccio aiuta a guardare anche alla complessa e non facile problematica della sicurezza in caso d'incendio nell'ambito dei "beni culturali" con razionalità e con realismo pragmatico.

Tale realismo pragmatico non deve essere interpretato tuttavia come foriero di comode deresponsabilizzazioni perché semmai aggiunge un dovere in più, cioè quello che detto rischio residuo deve essere gestito, riconducendo all'interno della attività stessa la responsabilità prima di detta gestione.

La responsabilità in questione non deve essere interpretata soltanto nella individuazione del soggetto giuridico cui fare riferimento, soprattutto in sede penale, ma piuttosto nella necessità cogente di costituire un compiuto sistema organizzativo deputato alla sicurezza.

Il risk management riguarda infatti primariamente l'**organizzazione** che ciascuna struttura si deve dare per la sicurezza, intendendo con ciò, in buona sostanza, gli adempimenti progettuali ed organizzativi necessari per il perseguimento degli obiettivi prefissati, la predisposizione di risorse, il controllo sistematico, le azioni correttive, la formazione e l'addestramento degli addetti, ma anche dei gestori delle emergenze.

Infatti il risk management riguarda anche la **pianificazione** e la **gestione** di quelle emergenze che non abbiamo saputo o potuto prevenire, controllandone primariamente l'evoluzione con l'obiettivo di minimizzarne le conseguenze.

Pianificare l'emergenza significa, in ultima analisi, formulare un piano operativo per la sua gestione. Il piano di emergenza si deve qualificare per il dettaglio della progettazione organizzativa.

Ma il piano di emergenza non può soltanto consistere nella individuazione degli scenari attesi, nella predisposizione delle risorse, nella determinazione delle linee di flusso per la loro attivazione e di chi e che cosa deve fare, ma deve caratterizzarsi anche e soprattutto per la verifica della coerenza e praticabilità delle azioni da attivarsi in ragione di detti scenari. In definitiva occorre valutarne la sua **operabilità**.

Sia attraverso simulazioni, realizzate, come si è visto, mediante modelli matematici più o meno raffinati implementati su calcolatori, sia attraverso concrete sperimentazioni, è possibile verificare se una emergenza è gestibile, cioè se il corrispettivo piano ammette soluzioni, e quindi se quel rischio è "accettabile".

Quando l'evento si verifica si determina una situazione di crisi che deve essere gestita e risolta. I gestori del piano devono pertanto possedere le competenze e le caratteristiche necessarie per la gestione delle emergenze di progetto.

La gestione delle emergenze sarà tanto più efficace quanto più gli scenari di progetto saranno realistici e conservativi e la professionalità dei gestori elevata; investire nella loro qualificazione è quindi di fondamentale importanza.

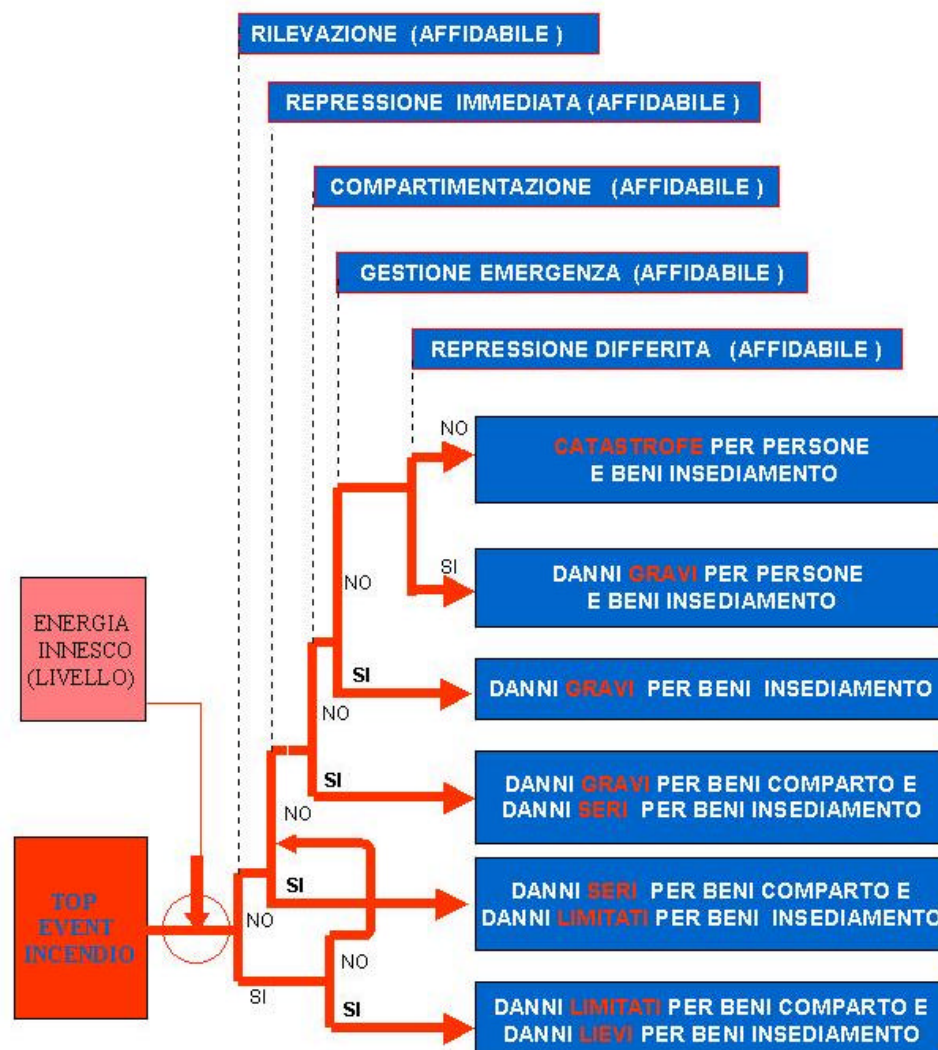
Il piano di emergenza deve prendere in considerazione anche i rapporti con entità esterne: tra queste vanno annoverati prioritariamente i soccorritori professionali.

Infatti l'affidabilità dell'intervento di "repressione differita" degli incendi loro richiesta potrà essere garantita soltanto attraverso un lavoro congiunto di pianificazione, ma anche e soprattutto di verifica mediante esercitazioni congiunte.

Il passaggio di mano della gestione della emergenza dall'interno all'esterno non può prevedere discontinuità, ma deve avvenire in sperimentata sinergia.

L'albero degli eventi che segue vuole rappresentare in modo sintetico un esempio di gestione complessiva del rischio incendio in insediamenti "beni culturali", mettendo in evidenza in che modo il superamento delle diverse barriere protettive conduce a conseguenze via via sempre più gravi.

LA GESTIONE COMPLESSIVA DEL RISCHIO INCENDIO (ALBERO DEGLI EVENTI NEGLI INSEDIAMENTI BENI CULTURALI)



5. LE RISORSE NECESSARIE

- **Legislative (ordinamentali, procedurali)**

Il corpo normativo oggi disponibile nel nostro Paese non consente se non marginalmente un approccio diverso da quello deterministico-prescrittivo tradizionale.

Attesa la rilevanza in termini qualitativi e quantitativi che soltanto in Italia rivestono i beni e le attività culturali si rende necessario farsi promotori anche in sede comunitaria di una attività legislativa mirata e funzionale.

Il nuovo corpo normativo si auspica possa finalmente fondarsi su disposizioni legislative che tengano conto in maniera prevalente del **nuovo approccio** che si caratterizza, come si è già avuto modo di dire, su specifici progetti sicurezza basati essenzialmente sui **requisiti essenziali**, sugli **obiettivi** e sulla **strategia** per una concreta sicurezza.

- **Finanziarie**

Le risorse finanziarie che da ultimo non sono trascurabili, superato l'attuale transitorio necessario per colmare il grave gap esistente in materia di sicurezza dei beni e delle attività culturali, dovranno perdere la caratteristica della straordinarietà, in genere difficilmente gestibile, per assumere quella della ordinarietà, la

sola che consente pianificazioni di medio e lungo periodo razionali anche in un corretto rapporto costo/beneficio.

- **Regolamentari** [**“Regole Tecniche” (T.U.)**] e **Normative** [**“Norme Tecniche” (armonizzate) di impianto e di “prodotto”**]

Con le prime si intendono le disposizioni legislative che, in alcune materie, richiedono che vengano adottate misure protettive minime al fine di garantire la salvaguardia degli insediamenti beni culturali e degli *occupanti* (visitatori e addetti).

Con le seconde si intendono le cosiddette **norme di buona tecnica** di natura formalmente *volontarie*, ma di fatto *obbligatorie* in quanto conferiscono ope legis agli **impianti** ed ai **prodotti** la presunzione di essere conformi alle **regole dell’arte**. In particolare si fa riferimento alle **Norme CEI** ed alle **Norme UNI**.

Le regole tecniche di cui sopra, pur necessarie dovranno tuttavia per il futuro caratterizzarsi per essenzialità distinguendosi per essere:

- *Mirate, perché coerenti con l’analisi del rischio;*
- *Partecipate, perché attraverso il coinvolgimento dei diretti interessati sono influenzate dal sistema che vogliono tutelare anche attraverso una azione di informazione, formazione, addestramento finalizzati alla conoscenza, alla percezione ed al controllo del rischio;*
- *Aperte, perché la sicurezza non è mai un punto di arrivo, ma un continuo punto di partenza;*
- *Integrate, perché tengono conto di altre misure non solo complementari, ma anche talvolta contrapposte;*
- *Globali, perché vanno dalla prevenzione vera e propria alla compensazione del rischio fino alla mitigazione del rischio residuo.*
- Gestionali

Si tratta delle risorse necessarie per ottimizzare il risk management. In buona sostanza esse riguardano:

- **Strutture**
- **Organici**
- **Qualifiche professionali**
- **Know-how (studi, ricerca, sperimentazione, formazione, addestramento, etc.)**