

LA BIBLIOTECA COMUNALE DI AREZZO VALUTAZIONE PRESTAZIONALE PER LIMITARE L'INVASIVITÀ DELLE MISURE DI SICUREZZA

Stefano Marsella¹, Serena Chieli², Stefano Carrai³

¹Comandante VV.F. di Arezzo, Via Accolti, 35 – 52100 Arezzo

²Comune di Arezzo – Via Tagliamento,3 - 52100 Arezzo

³Comune di Arezzo – Via Tagliamento,3 - 52100 Arezzo



INDICE

| | | |
|----|---|----|
| 0 | BREVE STORIA DEL PALAZZO PRETORIO | 4 |
| 1. | SCOPO DEL PROGETTO IDENTIFICANDO GLI OBIETTIVI DA RAGGIUNGERE | 5 |
| 2. | IDENTIFICAZIONE DEI PERICOLI E RISCHI CONNESSI ALL'INCENDIO E PRIORITA' INDIVIDUATE PER LA PREVENZIONE CON LA NORMATIVA ESISTENTE | 5 |
| 3. | IDENTIFICAZIONE DEI VINCOLI NORMATIVI E ARCHITETTETTONICI PRESENTI | 6 |
| 4. | STUDIO DELLE PROBLEMATICHE RISCONTRATE CON METODI ALTERNATIVI, IN TERMINI PRESTAZIONALI, CON L'AUSILIO DI PROGRAMMI DI SIMULAZIONE (C-FAST) | 6 |
| 5. | VERIFICA DELLA CONGRUENZA DELLE MISURE DI SICUREZZA ANTINCENDIO RAGGIUNTA CON IL METODO PRESTAZIONALE E LE PRESCRIZIONI NORMATIVE | 12 |
| 6. | BIBLIOGRAFIA | 13 |

SOMMARIO

L'approccio tradizionale alla trattazione delle deroghe non consente un'analisi accurata dei problemi di sicurezza dei beni, soprattutto nel caso della protezione dei beni irripetibili che costituiscono il patrimonio culturale italiano. Tra le altre cose, si deve sottolineare che il quadro normativo stesso pare preoccuparsi esclusivamente della tutela della vita umana, obiettivo che, pur dovendo rimanere prioritario nell'attività di prevenzione incendi, non può essere l'unico in un contesto storico ed economico che ruota intorno alla tutela ed alla conservazione del suo patrimonio culturale. I motivi di questa difficoltà risiedono nell'impossibilità di disporre di metodi di valutazione quantitativi degli effetti dell'incendio. In sostanza, il metodo attualmente utilizzato consente solo una valutazione qualitativa della propagazione dell'incendio, e - di fatto - non può fornire indicazioni sulla reale efficacia delle misure di sicurezza scelte, se queste sono adeguate, sottodimensionate o sovrabbondanti. Il problema descritto è particolarmente importante nel settore dei beni culturali, nel quale molto spesso si assiste al fatto che o le misure sono insopportabilmente invasive o, all'opposto, non sono adottate per evitare di stravolgere il bene.

Per superare questo problema, l'approccio prestazionale è particolarmente utile, in quanto consente di verificare se una determinata misura è adatta allo scopo, misurando gli effetti che produce nel caso di un incendio. A questo proposito non si può sottacere il fatto che sia negli Stati Uniti, sia a livello comunitario sono state elaborate delle norme (NFPA914) o delle linee guida finalizzate proprio a migliorare la sicurezza dei beni storici ed artistici attraverso l'approccio prestazionale.

Per illustrare l'applicazione di questo approccio ai beni culturali si descrive nelle linee generali lo studio svolto per verificare l'equivalenza alle misure di sicurezza previste dalla normativa vigente di altre misure che si intendono adottare nell'edificio storico monumentale del Palazzo Pretorio, adibito a biblioteca comunale di Arezzo.

L'attività è svolta in una porzione di un edificio affacciante su Via dei Pileati, nel centro storico della città. Per la posizione centrale che la biblioteca occupa, l'Amministrazione Comunale intende mantenere la sede attuale adeguandola alla normativa. Non vi è comunicazione diretta con altre attività e le strutture di separazione hanno caratteristiche pari a REI120 o superiori. La centrale termica, alimentata a gas metano, si trova in un locale a piano seminterrato con accesso da disimpegno aerato.

Data l'impossibilità di modificare l'aspetto esterno dell'edificio aprendo superfici per la ventilazione in corrispondenza delle finestre monumentali o delle pareti, si è prevista l'installazione di un impianto automatico di spegnimento in grado di controllare il principio di incendio fino all'arrivo dei soccorritori. Le simulazioni svolte dimostrano la compatibilità di tale impianto sia con la tutela della vita umana che con la salvaguardia dell'importante patrimonio librario conservato nell'edificio.

0 .BREVE STORIA DEL PALAZZO PRETORIO



Il Palazzo Pretorio rappresenta uno degli edifici più prestigiosi del centro storico della città [6]. E' un esempio d'architettura aretina medievale e rinascimentale che nasce dall'accorpamento di tre palazzi, esistenti fin dal 1200, delle nobili famiglie guelfe Albergotti, Lodemari e Sassoli. Nel 1209 il Palazzo Albergotti divenne sede del Capitano di Giustizia e nel 1404 il Palazzo Sassoli, acquistato dal Comune, fu destinato a carcere. Nel 1632 anche Palazzo Albergotti fu integralmente acquistato dal Comune ed allora le carceri trovarono maggiori spazi. Il carcere rimase nel Palazzo fino al 1926 quando lo stesso trovò nuova locazione in Via Garibaldi. Da quell'anno iniziò un'opera di ristrutturazione a cura dell'Arch. Giuseppe Castellucci, che permise di ospitare nel palazzo la sede del Museo medievale e della Pinacoteca. Nel 1952 fu istituito il Consorzio per la Gestione della Biblioteca Città d'Arezzo, e due anni dopo il Comune concesse in affitto il Palazzo Pretorio come sede per la biblioteca. Esternamente il palazzo presenta una

caratteristica facciata ornata da stemmi di podestà o capitani. Fu il Comune con una delibera del 1434 a far scolpire e poi esporre sugli edifici pubblici le armi o stemmi di quei podestà o capitani che degnamente avessero svolto il loro compito. Il primo stemma fu posto sulla facciata il 1° Aprile 1434, e molti altri ne seguirono tra il Quattrocento e il Cinquecento. Una vera galleria, artisticamente e araldicamente pregevolissima, che va dagli Aliberti di Catenaria ai Rondinelli, etc.

Al suo interno il palazzo porta i segni delle nuove destinazioni d'uso alle quali l'immobile è stato sottoposto nel corso degli anni, con interventi arbitrari di restauro ed un'empirica riutilizzazione di elementi architettonici e scultorei ad arredo ed ornamento. Un soffitto ligneo seicentesco a cassettoni e rosoni intagliati, rimosso da un monastero cittadino, è stato adattato intorno al 1930 nella sala della Direzione della Biblioteca. A piano rialzato si può ammirare un tabernacolo gotico in pietra, dalla caratteristica cornice ad archetti con appendici lobate, contenente un affresco di scuola spinelliana. Su un'altra parete è stata adattata una modesta mostra in pietra di una credenza a muro risalente alla seconda metà del Quattrocento. In tutte le stanze del palazzo si riscontrano segni della storia con affreschi, soffitti lignei e sculture che destando la fantasia del visitatore portandolo in epoche trascorse.

Biblioteca della Fraternità dei Laici

L'atto di nascita della Biblioteca della Fraternità dei Laici, che costituisce il fondo più antico e prezioso della Biblioteca Città di Arezzo, risale al 1609, quando il medico-filosofo aretino Girolamo Turini, nel 1602, lasciò per testamento alla Fraternità dei Laici 2850 volumi e 15 manoscritti [7]. La Biblioteca incrementò il suo patrimonio librario quando vi confluirono le biblioteche dei conventi soppressi a seguito delle invasioni napoleoniche tra la fine del secolo XVIII e gli inizi del successivo. In seguito confluirono nella Biblioteca Fraternità dei Laici, frutto di acquisti, donazioni, lasciti testamentari, o affidamento in gestione, le biblioteche Redi (1830), Sforzi (1874), Fossombroni (1880), Fineschi (1910), Gamurrini (1920), Burali-Forti (1948) ed altre minori. A differenza di quelle Fineschi, Gamurrini e Burali-Forti, che mantengono una loro identità, le biblioteche Turini, Redi, Sforzi e Fossombroni sono confluite nei Vecchi Fondi Fraternità e sono identificabili attraverso gli ex libris e le note manoscritte di possesso. La consistenza del materiale librario della Fraternità è documentata, negli anni, dagli inventari manoscritti compilati dal 1708 al 1939. Nel 1952 fu costituito il Consorzio per la Gestione della Biblioteca Città di Arezzo fra la Provincia di Arezzo, il Comune di Arezzo, la Fraternità dei Laici [7] e l'Accademia Petrarca di Lettere Arti e Scienze. La Fraternità dei Laici mise a disposizione del Consorzio la maggior parte del suo materiale librario, L'Accademia Petrarca la biblioteca Circolante, la biblioteca Dantesca Passerini, la cui sede però rimase presso l'Accademia, e le biblioteche Occhini e Landucci che le erano state affidate in gestione dal Comune di Arezzo, che n'è il proprietario. La Provincia e il Comune di Arezzo si impegnarono a garantire al Consorzio le risorse economiche necessarie per la conduzione della Biblioteca.

Con la nascita del Consorzio il materiale librario della Biblioteca si accrebbe notevolmente. Negli anni una parte del bilancio fu destinata all'acquisto dei libri in commercio.

Nel 1954 il Comune di Arezzo concesse in affitto il Palazzo Pretorio come sede al Consorzio per l'insediamento della Biblioteca. Nel 1992, a seguito dell'entrata in vigore della L. 142/1990, il Consorzio venne sciolto e per la gestione del servizio bibliotecario fu adottata la forma dell'Istituzione.

Attualmente la biblioteca raccoglie 543 manoscritti, 182 incunaboli e le 2305 edizioni cinquecentesche per una consistenza complessiva di circa 145.000 volumi.

PREMESSA

Per molti anni la progettazione antincendio degli edifici ha avuto come riferimento un insieme di norme prescrittive elaborate in base ad esperienze dirette e/o limitate sperimentazioni specifiche. L'approccio tradizionale non consente un'analisi accurata dei problemi di sicurezza dei beni soprattutto nel caso della protezione dei beni irripetibili che costituiscono il patrimonio culturale italiano. Tra le altre cose si deve sottolineare che il quadro normativo stesso pare preoccuparsi esclusivamente della tutela della vita umana, obiettivo che pur dovendo rimanere prioritario nell'attività di prevenzione incendi non può essere l'unico in un contesto storico ed economico che ruota intorno alla tutela della conservazione del suo patrimonio culturale. In questo contesto si intende conseguire una progettazione più consapevole e attenta alle problematiche di sicurezza antincendio. Come conseguenza degli studi sulle fenomenologie dell'incendio condotti in particolar modo dagli Stati Uniti, oramai da oltre un ventennio sono divenuti disponibili per il progettista nuovi "strumenti" che consentono di effettuare valutazioni specifiche delle condizioni (temperatura, pressione, produzione di gas, produzione di fumi, ecc..) che si sviluppano in un edificio in caso d'incendio. Algoritmi e procedure che si propongono già oggi come valido ausilio per una progettazione basata su verifiche prestazionali. In tale sede si è utilizzato il modellatore d'incendio denominato CFAST sviluppato presso l'istituto N.I.S.T. (National Institute of Standard and Technology). Tale approccio consente anche lo studio e la verifica di rispondenza di soluzioni "alternative" determinanti condizioni usualmente dette, di "sicurezza equivalente"; si provvede ad effettuare verifiche prestazionali solo nei casi in cui per motivazioni diverse non risulti applicabile, attuabile e proponibile il rispetto letterale delle norme cogenti esistenti.

FASI DI PROGETTO

L'aspetto fondamentale da mettere in primo piano consiste nella comprensione delle dinamiche e nell'applicazione di principi scientifici ed ingegneristici per valutare la protezione delle persone, degli immobili e dell'ambiente nei confronti dell'incendio. Le fasi da seguire sono:

- 1) scopo del progetto identificando gli obiettivi da raggiungere;
- 2) identificazione dei pericoli e rischi connessi all'incendio e priorità individuate per la prevenzione con l'applicazione della normativa;
- 3) identificazione dei vincoli normativi e architettonici presenti;
- 4) studio delle problematiche riscontrate con metodi alternativi, in termini prestazionali, con l'ausilio di programmi di simulazione (C-FAST);
- 5) verifica della congruenza delle misure di sicurezza antincendio raggiunta con il metodo prestazionale e le prescrizioni normative.

1. SCOPO DEL PROGETTO IDENTIFICANDO GLI OBIETTIVI DA RAGGIUNGERE

Ai sensi del D.Lgs. 626/94 l'Amministrazione Comunale è chiamata ad adeguare ai fini della sicurezza degli ambienti di lavoro, le caratteristiche edilizie ed impiantistiche di alcuni stabili destinati ad attività pubbliche tra i quali l'edificio in oggetto. L'attività è svolta in una porzione di un edificio affacciante su Via dei Pileati nel centro storico della città. Per la posizione centrale che la Biblioteca occupa l'Amministrazione Comunale intende mantenere la sede attuale adeguandola alla normativa. Oltretutto uno spostamento causerebbe gravi difficoltà sia per reperire un nuovo stabile con caratteristiche adeguate, sia per il trasloco dei libri immagazzinati, non realizzabile in tempi brevi e per questo causa di disagio per il cittadino. La biblioteca è distribuita su tre piani fuori terra, il piano rialzato ospita gli archivi ed è frequentata solo da personale dipendente o ricercatori, con via di fuga indipendente dalle sale lettura. Al piano primo sono poste le sale lettura e gli archivi. Al secondo e ultimo piano sono collocati gli uffici, la presidenza e, in locali a parte, l'appartamento del custode. Non vi è comunicazione diretta con altre attività e le strutture di separazione hanno caratteristiche pari a REI 120 o superiore. La centrale termica, alimentata a gas metano, si trova in un locale a piano seminterrato con accesso da disimpegno.

2. IDENTIFICAZIONE DEI PERICOLI E RISCHI CONNESSI ALL'INCENDIO E PRIORITÀ INDIVIDUATE PER LA PREVENZIONE CON LA NORMATIVA ESISTENTE

Il palazzo pretorio adibito a Biblioteca Comunale di Arezzo oltre ad essere luogo di studio e di ricerca per molti storici, studenti universitari e non, è un edificio pregevole per arte e storia, sottoposto al controllo della Soprintendenza, nel quale sono conservati beni irripetibili che costituiscono il patrimonio culturale italiano. Il rischio incendio oltre ad essere un pericolo per la tutela delle persone è anche una minaccia in un contesto storico economico che ruota intorno alla tutela ed alla conservazione del suo patrimonio culturale. A seguito di sopralluogo da parte di tecnici qualificati si è verificato lo stato delle

strutture e degli impianti e si sono individuate alcune priorità impiantistiche ai fini della sicurezza e della prevenzione incendi. Le priorità individuate si possono così semplificare:

- compartimentazione dei locali a rischio incendio elevato (archivi storici);
- individuazione ad ogni piano delle vie di esodo il più possibile indipendenti tra loro, sicure e dirette;
- installazione di impianto di rilevamento fumi in tutti i locali;
- realizzazione di griglie di aerazione negli archivi;
- installazione di un impianto di spegnimento automatico nei locali con carico d'incendio >50Kg/mq;
- installazione di impianto idrico antincendio realizzato con una rete di nappi chiusa ad anello ed alimentata da una riserva idrica;
- realizzazione di rete idranti esterna;
- messa a norma impianto elettrico;

3. IDENTIFICAZIONE DEI VINCOLI NORMATIVI E ARCHITETTONICI PRESENTI

Nei depositi ha accesso solo personale dipendente a conoscenza del piano d'esodo, della posizione delle uscite e dei presidi antincendio. Il materiale conservato è posto su scaffali metallici a più piani, distanziati tra loro di 70/90 cm. In alcuni locali, per sfruttarne interamente l'altezza, sono installati dei soppalchi di ferro a due/tre piani con accesso da scale di collegamento interposte tra i vari piani. Inoltre i depositi, comunicanti tra loro, sono compartimentati mediante strutture e porte REI 180, munite d'elettromagneti comandati dal sistema di rilevamento fumi interno ai vari locali. In funzione della loro dislocazione le porte, hanno tipologie diverse; scorrevole o normale, ad una o due ante o con senso d'apertura contrario all'esodo. Tale soluzione si rende necessaria per conciliare l'esigenza di protezione antincendio con quella architettonica. Non soli nei depositi ma in tutti i locali, sono installati sensori di fumo con modalità di installazione come indicato nelle norme Uni-VVf 9475. Il carico d'incendio presente all'interno dei locali ha richiesto l'installazione di un impianto a spegnimento automatico. Non potendo installare un impianto a sprinkler, ad acqua, per vari problemi tecnici quali l'impossibilità di posizionare all'interno del complesso un'adeguata riserva idrica, la presenza di materiale danneggiabile dall'acqua, la difficoltà realizzativa della rete di distribuzione (tubazioni di notevole diametro, ancoraggi nei soppalchi di difficile realizzazione, etc), si è ricorso a delle unità di spegnimento tipo ad aerosol a polveri di potassio. Gli autoestinguenti previsti non sono tossici per la salute umana, sono chimicamente stabili e non aggrediscono i materiali conservati. L'allarme può essere dato manualmente o automaticamente quando segnalato da due rilevatori di fumo contemporaneamente. L'attivazione di detti mezzi è fatta manualmente dal direttore della Biblioteca, e in sua assenza dal custode o da persona autorizzata. Lo spegnimento partirà gradualmente, attivando prima gli aerosol del corridoio corrispondente al rilevatore che ha dato l'allarme e poi di quelli limitrofi fino alla contemporanea accensione di tutti gli aerosol di piano e di locale. All'interno e subito fuori la porta d'accesso, sono installati targhe ottico-luminose che segnalano lo stato degli aerosol. Oltre a dette targhe sono presenti un pulsante d'allarme incendio e i pulsanti d'attivazione/disattivazione impianto. La ventilazione naturale dei locali, pari a 1/30 della superficie in pianta, presenta notevoli difficoltà realizzative quali:

- la coesistenza tra la ventilazione e il tipo di sostanza estinguente è incompatibile con il tipo di estinguente scelto;
- l'impossibilità di grigliare le finestre esistenti sottoposte a vincolo dalla Soprintendenza per i Beni Artistici e Storici;
- la ventilazione effettuata con mezzi meccanici in grado di fornire n. 2 ricambi orari necessiterebbe grandi tubazioni con problemi di distribuzione interna.

Anche l'installazione di una rete d'idranti esterni è di difficile realizzazione perché l'immobile non è aggredibile da tutti e quattro i lati, l'acquedotto comunale non è presente in Via dei Pileati e nelle strade limitrofe non presenta la pressione necessaria.

4. STUDIO DELLE PROBLEMATICHE RISCONTRATE CON METODI ALTERNATIVI, IN TERMINI PRESTAZIONALI, CON L'AUSILIO DI PROGRAMMI DI SIMULAZIONE (C-FAST)

Il metodo tradizionale consente solo una valutazione quantitativa degli effetti della propagazione incendi e, di fatto, non può fornire indicazioni sulla reale efficacia delle misure di sicurezza scelte, se queste sono adeguate, sottodimensionate o sovrabbondanti. Il problema descritto è particolarmente importante nel settore dei beni culturali nel quale molto spesso si assiste al fatto che o le misure sono isoportabilmente invasive o, all'opposto non sono adottate per evitare di stravolgere il bene. Nel caso specifico della biblioteca comunale di Arezzo si è cercato di applicare il metodo prestazionale su quegli archivi in cui la normativa vigente, e quindi l'approccio tradizionale, ci imponeva lo stravolgimento della struttura di alcuni locali. Consideriamo in particolare tre scenari d'incendio che si presentano nel palazzo pretorio.

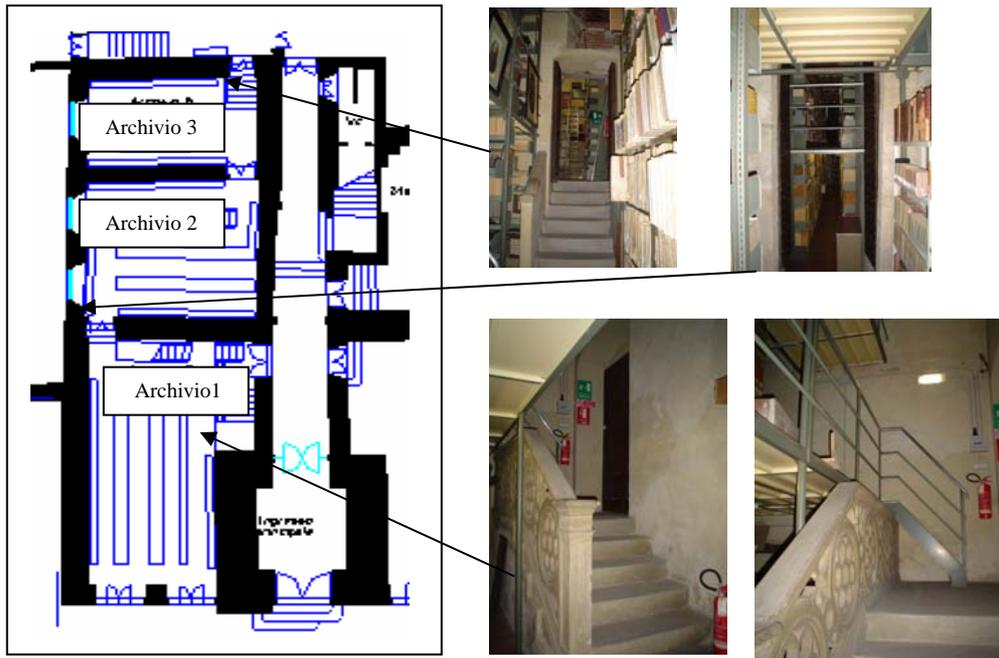
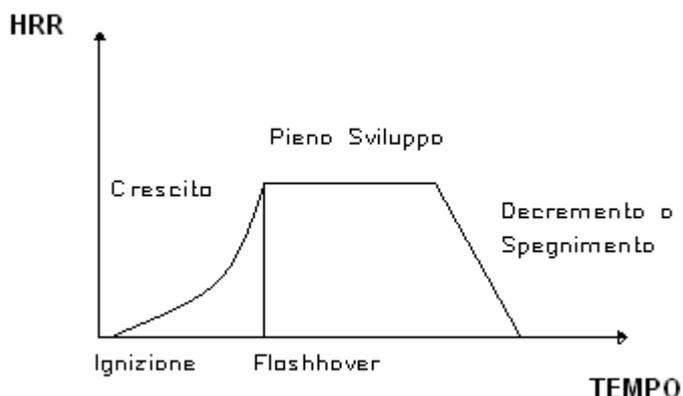


Fig.4.1 Piano rialzato – Archivi storici

Con l'approccio tradizionale i tre archivi dovrebbero essere suddivisi in modo tale da realizzare due compartimenti: l'archivio 3 e 2 il primo compartimento e l'archivio 1 il secondo. La compartimentazione dovrebbe essere effettuata con l'installazione di una porta REI 120 fra archivio 1 e archivio 2 e realizzando una parete in cartongesso in prossimità dell'uscita dall'archivio 1 al corridoio compartimentando la scala. Un intervento di questo tipo è molto costoso e di notevole difficoltà realizzativa. Si imposti ora uno scenario con il modellatore **CFAST** [2] e si osservi il comportamento dei fumi e delle temperature. Da tenere presente che il **CFAST** è un modello previsionale d'incendio del tipo "a zone" ed è costituito da un insieme di procedure finalizzate al calcolo dell'evoluzione delle temperature e della propagazione del fumo e dei gas di combustione dell'intero edificio durante un incendio. L'appartenenza di **CFAST** alla categoria dei modelli denominati "a zone" sta a significare che ogni ambiente compreso nella modellazione viene suddiviso in un piccolo numero di volumi (chiamati strati *layers* o, appunto a "zone") ciascuno dei quali viene considerato avere caratteristiche uniformi al suo interno: la temperatura, le concentrazioni di fumo e gas all'interno di ciascun layer sono assunti cioè essere le stesse in ogni punto. In **CFAST** ogni ambiente è suddiviso in due *Layers* a "zone" la parte alta e la parte bassa dell'ambiente. Ne consegue che le condizioni all'interno del generico ambiente possono solo variare verticalmente (cioè dal pavimento al soffitto) ma non orizzontalmente. Questa ipotesi trova sostegno e fondamento nell'osservazione diretta in quanto, in caso d'incendio, nell'ambiente macroscopicamente, si verifica un'effettiva "stratificazione" in due distinti strati. Sebbene siano presenti ed apprezzabili variazioni delle condizioni all'interno di ciascun layer queste sono generalmente modeste rispetto alle differenze rilevabili tra i distinti strati. **CFAST** si basa sulla risoluzione di un insieme di equazioni che predicono i valori delle variabili di stato (pressione, temperatura e così via..) considerando i flussi di massa e di entalpia per piccoli incrementi di tempo. Queste equazioni derivano dalle equazioni di conservazione dell'energia, della massa e del momento e dalla legge dei gas ideali. La definizione dello scenario d'incendio costituisce una delle fasi del processo progettuale valutando dove e secondo quali modalità potranno svilupparsi eventi d'incendio e quale potrà essere la loro evoluzione. Il primo dato di input da considerare nei modelli a zone è quello di definire e immettere la curva dell'**HRR** (Heart Release Rate – rateo di rilascio termico) descrivente l'incendio. Istante per istante l'incendio produrrà una quantità di energia sotto forma di calore, variabile e funzione del potere calorifero e della velocità di combustione del combustibile presente. Ad ogni istante dell'incendio corrisponderà quindi un valore di potenza termica rilasciata che, espressa in KW deriva dal prodotto di KJ/Kg, potere calorifero del combustibile, per Kg/s, velocità di combustione del materiale interessato. Tale "potenza" o valore istantaneo è detto appunto "rateo di rilascio termico" (Heat Release Rate o **HRR** nella terminologia corrente) dove il termine "rateo" sta ad indicare una quantità di energia rilasciata nell'unità di tempo e l'andamento dei valori che si susseguono caratterizza, univocamente, l'incendio ipotizzato oggetto di studio. La curva di rilascio termico (**HRR**) sarà tipicamente caratterizzata, avvenuta l'ignizione da tre fasi distinte: crescita, pieno sviluppo, decremento o spegnimento. La fase di crescita può essere caratterizzata da incrementi più o meno accentuati nel tempo (cioè da una "pendenza" più o meno elevata) in relazione alle caratteristiche dei



materiali coinvolti: in presenza di materiali con un'elevata velocità di combustione tale primo tratto della curva **HRR** [2] sarà caratterizzato da una pendenza maggiore; al contrario, nel caso di prodotti a lenta combustione (es. carta ammassata...), la pendenza risulterà inferiore. In alcuni casi la fase di crescita potrà anche essere caratterizzata da una successione di tratti a pendenza differenziata come conseguenza del coinvolgimento, in sequenza, di elementi con differenti caratteristiche di combustione. Nel caso specifico si tratterà di materiale cartaceo ammassato in scaffali pertanto la fase di crescita della

curva sarà lenta.

Il modellatore CFAST provvederà a modificare la curva dell'andamento dell'HRR sulla base delle condizioni valutate mediante gli algoritmi di cui dispone, che via via si verificano negli ambienti interessati.

La curva fornita dal modello, rappresenta quindi il potenziale andamento dell'incendio come derivante dallo specifico scenario considerato. L'andamento della curva nell'incendio "reale" potrà subire variazioni per effetto di due fattori: l'intervento di sistemi di spegnimento automatici e/o l'azione delle squadre di soccorso e l'influenza delle condizioni di ventilazione. E' ovvio che questi due fattori incidono notevolmente sull'andamento della curva **HRR** in relazione all'effettiva capacità dei sistemi di spegnimento di contrastare le fiamme sviluppate o comunque controllare la combustione con la ventilazione dei locali variando quindi la quantità di ossigeno. Si definisce in particolare una curva **HRR** a crescita media derivante da applicazioni sperimentali in cui il fuoco può raggiungere picchi elevati in 300 secondi. Una volta definita la curva **HRR** si passa all'immissione dei dati relativi al compartimento individuato: dimensioni, quota del pavimento, materiali costituenti le pareti, pavimento e soffitto. Inoltre saranno definite delle connessioni per flussi orizzontali tra compartimenti adiacenti o con l'esterno: porte e finestre presenti. Una volta caratterizzato lo scenario si definisce il fuoco "principale" (primo ad aver luogo e operante come sorgente d'ignizione per ulteriori focolai) e poi si effettua la simulazione.

1° SCENARIO

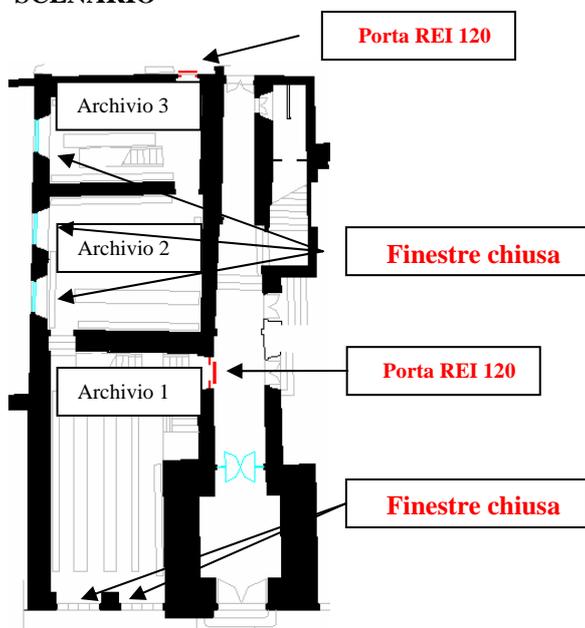


Fig. 4.2. Compartimento piano rialzato

In questo primo scenario si analizza il caso in cui il compartimento, costituito dall'insieme degli archivi 1,2,3, è delimitato da due porte REI 120 verso i corridoi di collegamento e non presenta nessuna apertura di aerazione permanente. Si ha quindi una situazione di questo tipo: l'archivio 1 ha finestre chiuse e ha una porta REI 120 verso il corridoio di comunicazione con l'ingresso principale; l'archivio 2 è permanentemente comunicante con l'archivio 1 e l'archivio 3. Le due finestre presenti sono sempre chiuse; l'archivio 3 è permanentemente comunicante con l'archivio 2 e ha una porta REI 120 verso un corridoio interno e la finestra chiusa. Il tutto come meglio evidenziato nella figura 4.2. Individuato lo scenario che si vuole simulare si immettono le caratteristiche costruttive del compartimento e i materiali presenti nel Modellatore CFAST. Si definiscono poi le porte e le finestre presenti, e, per ciascuna apertura si dovranno fornire: la larghezza (*Width*); la quota della soglia (*Sill*); la quota dell'intradosso dell'architrave (*Soffit*)

Si effettua la prima simulazione supponendo che il fuoco abbia inizio nell'archivio 1.

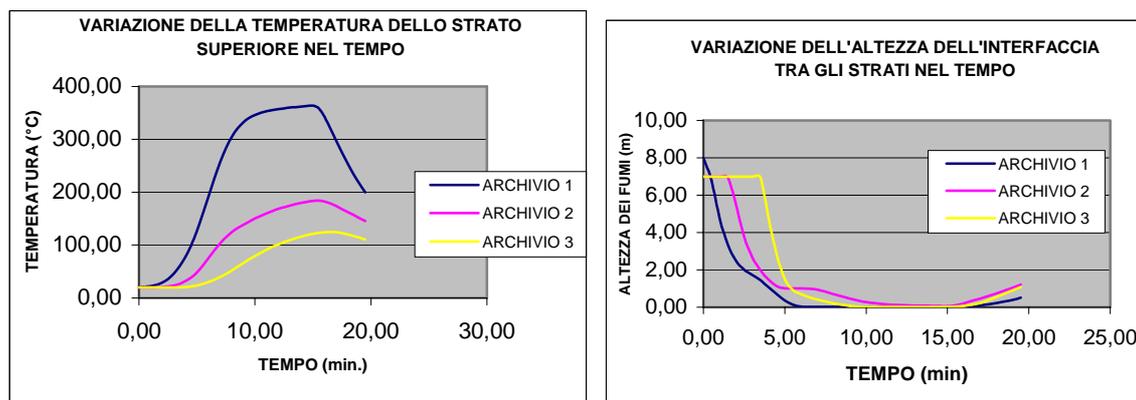


Fig. 4.3 Simulazioni relative al compartimento privo di aperture di aerazione.

I grafici ottenuti sono quelli relativi alle temperature dello strato superiore, ai valori dell'**HRR**, all'altezza dell'interfaccia tra lo strato superiore (interessato dai fumi) e quello inferiore. Trattandosi di tre ambienti in ciascun diagramma saranno presenti tre curve nel diagramma Temperatura/Tempo e Fumi/Tempo:

- la curva blu è rappresentativa dell'archivio 1 ove si raggiungono le temperature più alte poiché è il locale in cui avviene l'ignizione e anche il livello dei fumi dopo pochi minuti è deleterio;
- la curva rosa è rappresentativa dell'archivio 2, qui le temperature raggiunte sono più basse ma il livello dei fumi è ugualmente critico;
- infine la curva gialla rappresentativa dell'archivio 3, locale più distante dal punto di ignizione, in cui le temperature raggiunte si mantengono relativamente basse e il livello dei fumi non arriva mai ad un'altezza pericolosa per eventuali occupanti del locale.

Tali andamenti grafici sono maggiormente specificati valutando la variazione delle seguenti grandezze rispetto al tempo:

- temperatura dello strato superiore – *Upper Layer Temperature* (°C);
- temperatura dello strato inferiore – *Lower Layer Temperature* (°C);
- rateo rilascio termico – *Heat Release Rate* (MW);
- altezza dell'interfaccia tra gli strati – *Layer Height* (m);
- ossigeno presente – *O₂ fraction* (quantità nel volume unitario);
- anidride carbonica presente – *CO₂ fraction* (quantità nel volume unitario);
- ossido di carbonio presente – *CO fraction* (quantità nel volume unitario).

Tale rappresentazione grafica consente di apprezzare, in certa misura, l'andamento e l'evoluzione dei fenomeni; quindi esaminando i risultati di questa prima elaborazione si possono sviluppare alcune considerazioni dalla Fig. 4.3.

La temperatura nell'ambiente in cui si sviluppa l'incendio per effetto della combustione del materiale cartaceo raggiunge una temperatura massima nello strato superiore dei fumi di circa 380°C nell'archivio 1, di 186.5°C nell'archivio 2, e di 100°C nell'archivio 3. Lo strato dei fumi scende rapidamente nei primi 5 minuti sino a toccare il pavimento e si risollewa soltanto a circa 2m dal pavimento a combustione avvenuta. L'ossigeno presente risulta del 13% poco più del limite minimo (10%) ne consegue che la curva HRR riproduce esattamente quella del test d'incendio e raggiunge il picchi elevati. Si può segnalare una quantità minima di monossido di carbonio poiché la sufficiente quantità di ossigeno fa sì che si formi quasi soltanto l'anidride carbonica. Dopo pochi minuti la temperatura raggiunge i 100°C e il livello dello strato dei fumi è a terra; tale flusso rappresenta il pericolo maggiore per gli eventuali occupanti dei locali. In assenza di aperture di aerazioni e di sistemi di spegnimento siamo in una situazione critica sia per eventuali occupanti del locale che per il materiale archiviato. In realtà si potrebbero verificare delle situazioni particolari come ad esempio la rottura di vetri, causa alte temperature, o comunque ci potrebbe essere l'apertura di una porta da parte di qualcuno; già queste evenienze potrebbero modificare in modo rilevante l'andamento del fenomeno intervenendo sulle temperature, nonché sul livello dello strato dei fumi.

2° SCENARIO

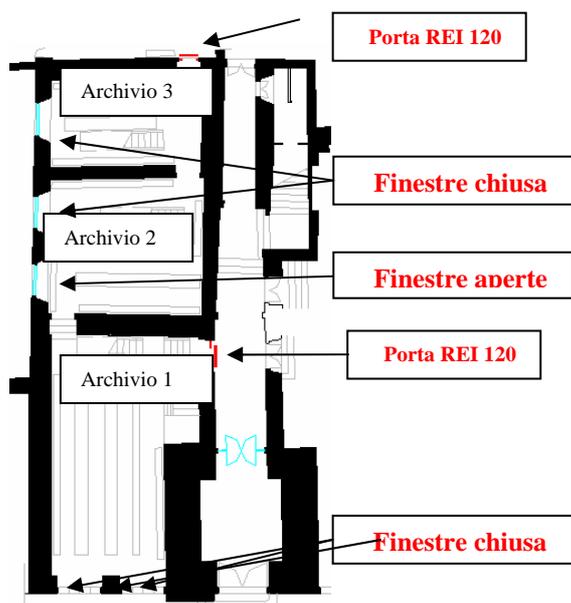


Fig. 4.4. Compartimento piano rialzato

Si analizza il caso in cui il compartimento è sempre delimitato da due porte REI 120 verso i corridoi di collegamento ma presenta aperture di aerazione permanente pari ad 1/30 della superficie in pianta come richiesto nella normativa [3],[4], [5] e un impianto di spegnimento fisso a sprinkler. L'impianto di spegnimento è installato in tutti e tre gli archivi e si attiverà quando saranno raggiunti determinati valori di temperatura.

Si ha quindi una situazione, di cui alla fig. 4.4, compartimento costituito da tre archivi: archivio 1, archivio 2, archivio 3; si considerano aperte alcune finestre tenendo conto del fatto che la superficie in pianta dell'intero compartimento è 145 mq pertanto un aerazione di 1/30 della superficie sarà pari a 4,8 mq. Ripetendo la simulazione sul tale scenario si ottengono i risultati di cui alla fig. 4.5.

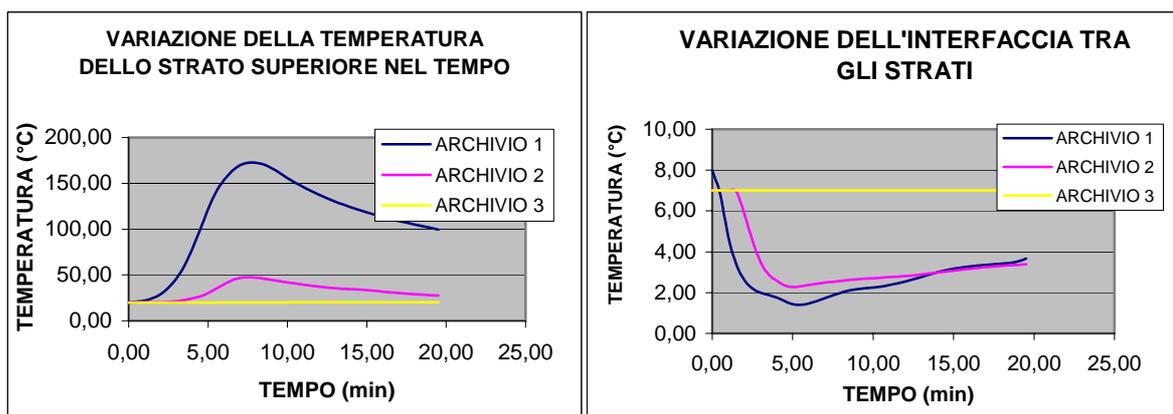


Fig. 4.5 Simulazioni relative al compartimento con aperture di aerazione pari ad 1/30 della superficie in pianta e sistema di spegnimento a sprinkler.

I grafici ottenuti relativi alla temperatura e ai fumi sono notevolmente cambiati. **La temperatura non raggiungerà mai valori elevati grazie alla presenza di un'aerazione permanente; nell'archivio 1, archivio dove avviene l'ignizione, raggiunge un massimo di 180°C nello strato dei fumi, 50°C nell'archivio 2 e rimane invariata a 20°C nell'archivio 3.**

Lo strato dei fumi invece scende rapidamente i primi minuti ma arriva fino ad un minimo di 1,80 metri da terra nell'archivio 1 per poi sollevarsi a combustione avvenuta; nell'archivio 2 lo strato dei fumi arriva a 2m da terra dopo circa 10 minuti mentre nell'archivio 3 rimane invariato.

L'ossigeno presente risulta sempre maggiore al 20% in tutti e tre i locali e quindi con una percentuale non nociva per eventuali occupanti. Si può segnalare una quantità quasi irrilevante di monossido di carbonio poiché la sufficiente quantità di ossigeno fa sì che si formi quasi soltanto l'anidride carbonica.

In questo caso, nel pieno rispetto della vigente normativa, l'esodo può essere effettuato in un lasso di tempo più grande, l'incendio si sviluppa ma appena raggiunta una data temperatura entra in funzione l'impianto di spegnimento a sprinkler che nell'arco di 15 minuti riesce a domare l'incendio.

Con l'intervento dello sprinkler però si può prevedere che i libri presenti e comunque i beni custoditi risultano danneggiati con una grave perdita del patrimonio culturale.

3° SCENARIO

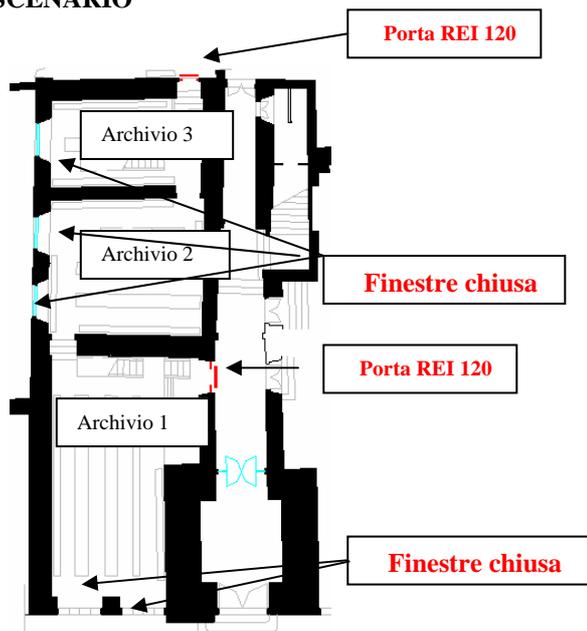


Fig. 4.6. Compartimento piano rialzato

Si analizza il caso in cui all'interno del compartimento vi sia installato un sistema di spegnimento automatico ad Aerosol.

Lo scenario non cambia rispetto al caso 1 e quindi, è da sottolineare l'assenza delle aperture di aerazione. Si ha una situazione di questo tipo: compartimento costituito da tre archivi, Archivio 1, Archivio 2, Archivio 3. Non sono presenti aperture di aerazioni di nessun tipo è installato un sistema di spegnimento automatico a aerosol in tutti e tre gli ambienti, collegati a rilevatori di fumo posti in posizioni strategiche.

In questo caso particolare è stato necessario definire una nuova curva **HRR**, Fig. 4.7, cioè definire quindi il rateo di rilascio di calore, in funzione del tempo, caratteristico del fenomeno incendio in esame.

La curva ci è stata fornita in seguito a prove sperimentali effettuate nel laboratorio di idraulica del Centro Studi del Ministero dell'Interno a Roma.

Con tale prova infatti sono stati rilevati i valori delle quantità di calore prodotte dal fuoco in specifici istanti temporali, contenuti nella durata complessiva del fuoco, configurando così, la curva di rilascio termico caratteristica dell'incendio.

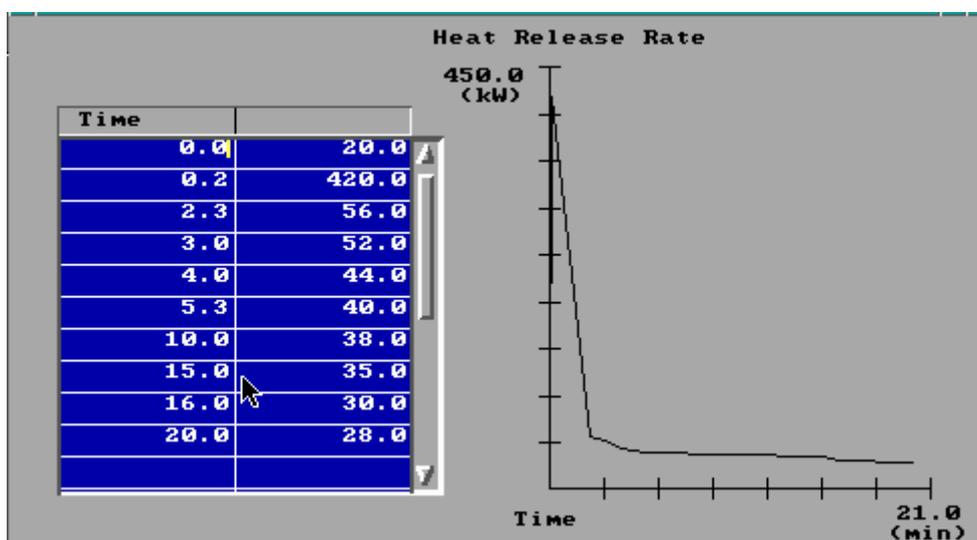


Fig. 4.7 Curva HRR in presenza di agente estinguente ad aerosol.

L'agente estinguente ad aerosol appartiene alla categoria delle polveri secche. Per definizione l'aerosol è un sistema di particelle solide o liquide sospese in un ambiente gassoso. L'azione estinguente dell'aerosol si esplica attraverso l'interruzione della catena di reazione di autocatalisi dell'incendio e quindi agisce per saturazione dell'ambiente. Il compartimento nel quale saranno installati gli erogatori dovrà essere privo di aperture di aerazione e tali estinguenti sono totalmente compatibili con l'ambiente non interferendo in alcun modo nei processi di distruzione dell'ozono. Non sono tossici per la salute umana e non hanno effetto di accumulo organico.

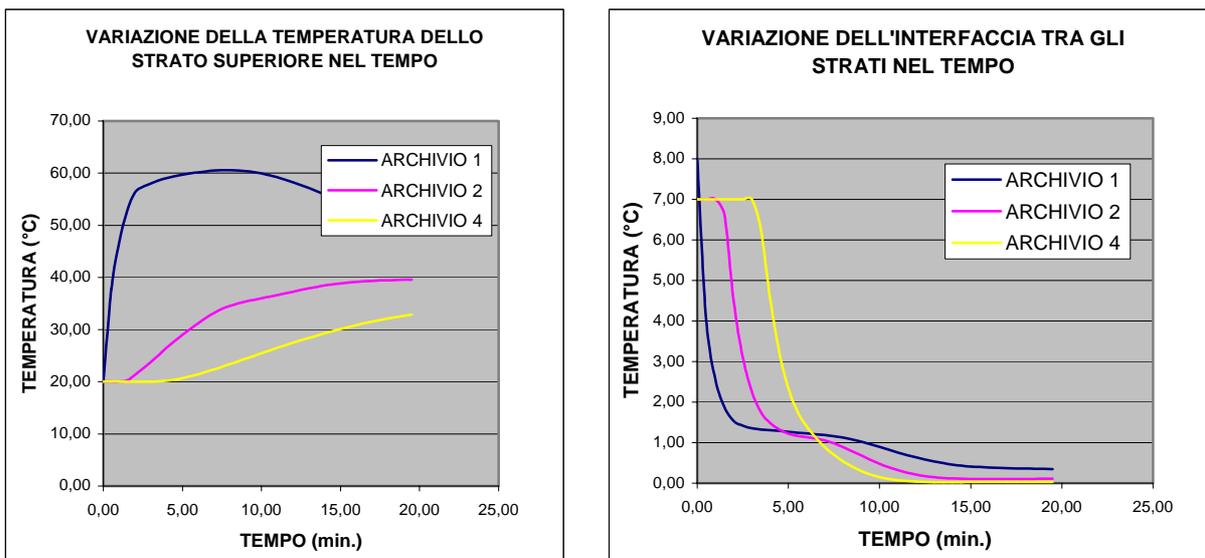


Fig. 4.6 Comportamento del fuoco in presenza di estinguenti ad aerosol.

I risultati ottenuti dalla simulazione sono molto simili a quelli che si presentano nello scenario 2. Il livello di temperatura nello strato dei fumi rimane basso. **La temperatura nei tre archivi rimane sempre molto bassa. Nell'archivio 1, archivio dove avviene l'ignizione, raggiunge un massimo di 61°C nello strato dei fumi, 44°C nell'archivio 2 e rimane invariata a 20°C nell'archivio 3. Lo strato dei fumi tende a calare nei primi minuti ma raggiunge livelli bassi solo dopo i 15 minuti.**

L'ossigeno presente risulta sempre maggiore al 20% in tutti e tre i locali e quindi sempre una percentuale non nociva per eventuali occupanti. Si può segnalare una quantità quasi irrilevante di monossido di carbonio poiché la sufficiente quantità di ossigeno fa sì che si formi quasi soltanto l'anidride carbonica. Il tempo impiegato dal sistema ad aerosol per lo spegnimento del fuoco è di circa 25 secondi ipotizzando ovviamente che il locale sia privo di aperture di aerazione e imponendo che non vi siano eventuali aperture di porte nei primi 10 minuti; tempo necessario affinché non ci sia ripresa di focolai secondari. La presenza di aerosol all'interno del compartimento si manifesta come una densa nebbia grigiasta che comunque sulla base dei componenti chimici riscontrati dalle prove di laboratorio, esso, non emette sostanze tossiche e/o nocive per la salute e per l'ambiente. Inoltre, avvenuto lo spegnimento si potrà apprezzare solo uno strato di polveri depositate nel materiale conservato ma non il danneggiamento del bene.

5. VERIFICA DELLA CONGRUENZA DELLE MISURE DI SICUREZZA ANTINCENDIO RAGGIUNTA CON IL METODO PRESTAZIONALE E LE PRESCRIZIONI NORMATIVE.

Il fine di questo studio è quello di arrivare a soddisfare contemporaneamente nell'edificio in esame due importanti concetti:

- TUTELA DELLA VITA UMANA .
- SALVAGUARDIA DELL'IMMOBILE E DEI BENI CUSTODITI .

Dalle simulazioni di cui sopra risulta evidente l'esclusione a priori del primo scenario, poiché oltre ad essere difforme alla normativa, risulta per ovvi motivi quello che presenta la situazione peggiore. Non disponendo di aperture di aerazione, nei di sistemi di estinzione, il modellatore CFAST ha evidenziato valori preoccupanti; la temperatura ambiente arriva a valori molto elevati, la curva HRR tocca punte molto elevate e nel tempo di cinque minuti lo strato dei fumi è praticamente a terra impedendo l'esodo e quindi un difficile intervento nel locale. Se l'incendio si sviluppasse all'interno di questo scenario sarebbe a rischio non solo il materiale conservato, ma l'intero edificio e con conseguenza deleteria per eventuali occupanti.

Si esaminino quindi i restanti due casi. Il secondo scenario è conforme alla normativa si hanno infatti aperture di aerazione pari a 1/30 della superficie in pianta e un sistema di spegnimento fisso a sprinkler. Sicuramente non ci sono problemi per la tutela della vita umana poiché le vie di esodo sono facilmente raggiungibili in quanto lo strato dei fumi non ostacola la visuale defluendo dalle aperture permanenti. Le temperature si mantengono entro un valore che impedisce l'indebolimento strutturale dei solai dei locali prima dell'intervento dell'impianto automatico. Quello che però andrà quasi totalmente

distrutto è il patrimonio culturale presente negli archivi non solo a causa del fuoco ma per l'acqua gettata dagli sprinkler che rovinerà i libri presenti nei locali rendendoli praticamente inutilizzabili.

Il terzo scenario è quello che si presta maggiormente al tipo di attività in esame in quanto consente, con la presenza di un sistema di spegnimento ad aerosol, sia la salvaguardia delle persone eventualmente presenti che dei beni immagazzinati. Analizzando i risultati ottenuti negli ultimi due scenari si ha che, con la presenza del sistema ad aerosol la temperatura raggiunge un valore di picco di 60°C contro i 180°C che si presentavano nel secondo scenario e in entrambe i casi la percentuale di ossigeno (sempre superiore al 20%) e la percentuale di monoossido di carbonio (sempre molto bassa) si ottengono valori compatibili per la presenza della vita umana. L'unico parametro difficilmente valutabile è lo strato dei fumi poiché non essendoci aerazione permanente il fumo non può defluire man mano che avviene l'estinzione (circa 25 secondi). Da mettere in evidenza comunque che l'azionamento degli estinguenti nei locali interessati sarà susseguente all'attivazione di targhe ottico-acustiche con la dicitura "Evacuare il locale"; le persone eventualmente presenti hanno quindi il tempo di defluire o comunque avvicinarsi ad una uscita e mettersi in luogo sicuro. L'unica prescrizione per tali tipo di estinguenti è quella che comunque una volta attivata la scarica le squadre d'intervento dovranno attendere 10 minuti, come da specifiche delle ditte realizzatrici del prodotto, prima di intervenire per fare in modo che avvenga il completo spegnimento del fuoco e non ci sia il rischio di ripresa di focolai. Confrontando quindi gli ultimi due scenari si può verificare che nel terzo caso si ottengono risultati uguali a quelli richiesti dalla normativa oltre al raggiungimento contemporaneo dei due obiettivi prefissati: **tutela della vita umana e salvaguardia del patrimonio culturale conservato all'interno dei locali**. In particolar modo nel terzo scenario non si presenta la necessità di eseguire interventi troppo invasivi, che rischierebbero di non essere adottati per evitare di stravolgere il bene, in un contesto storico quale si trova la Biblioteca Comunale della Città di Arezzo.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] V. Nuzzolese, Fire Models for Buildings, *OIKEMA s.r.l. (2002)*.
- [2] R.D. Peacock, P. A. Reneke, W. A. Jones, R.W. Bukowski, G. P. Forney, A User's Guide for FAST: Engineering Tools for Estimating Fire Growth and Smoke Transport, *U.S. Department of Commerce, Special publication 921, october 1997*.
- [3] D.P.R 30 giugno 1995 n° 418, *Regolamento concernente norme di sicurezza antincendio per gli edifici di interesse storico-artistico destinati a biblioteche e archivi* (G.U. 7 ottobre 1995 n°235).
- [4] D.P.R. 24 luglio 1996 n°503, *Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici*, (G.U. 27 settembre 1996, n°227, suppl.ord.).
- [5] D.M. 20 maggio 1992 n° 569, *Regolamento contenente norme di sicurezza antincendio per gli edifici storici e artistici destinati a musei, gallerie, esposizioni e mostre* (G.U. 4 marzo 1993 n°52)
- [6] A.Tafi, *Immagine di Arezzo. Guida storico-artistica*, Arezzo, Litostampa Sant' Agnese di V. Badiali - Novara, Ist. Geografico De Agostini 1978, pp. 526 [B]
- [7] "Centro Diagnosi e Conservazione – Arezzo", *Il Palazzo Pretorio di Arezzo. Restauro degli stemmi*, Arezzo, Esselunga 1992, pp. 145 [B: NRB 2082]
- [8] S. Marsella, P. Mirabelli, *Adeguamento Antincendio degli edifici esistenti e del patrimonio culturale*, Legislazione tecnica editrice s.r.l. (marzo 2002)