

VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI SICUREZZA ANTINCENDIO IN EDIFICI A VALENZA ARTISTICA-CULTURALE

Prof. Piero Masini ⁽¹⁾, Ing. Maria Romano ⁽¹⁾, Ing. Giovanni Micunco ⁽²⁾, Ing. Renato Pavia ⁽³⁾,
Ing. Michele Castore ⁽³⁾, Arch. Emanuela Sorbo ⁽³⁾

⁽¹⁾ Politecnico di Bari – D.I.A.C. - Via E. Orabona, 4 – 70125 - Bari

⁽²⁾ Comando Prov.le VV.F. – Bari – Via Tupputi,

⁽³⁾ Libero Professionista

m.romano@poliba.it

SOMMARIO

La simulazione di un incendio in ambiente confinato e l'analisi dell'evoluzione nel tempo dei parametri che lo caratterizzano e degli effetti da esso prodotti, rappresenta, oggi, uno strumento di particolare interesse, in quanto, sulla base del comportamento del sistema, inteso come risposta al fuoco dell'insieme degli elementi strutturali, dei materiali presenti e dei sistemi impiantistici consente di dimostrare l'eventuale raggiungimento dell'obiettivo di sicurezza prefissato, in relazione ai diversi scenari di incendio ipotizzabili.

Le tecniche di analisi computazionale applicate ai sistemi di natura fluidodinamica hanno permesso di definire diversi codici di calcolo, in grado di simulare l'evoluzione temporale di un incendio e di restituire anche in forma grafica le variazioni dei parametri descrittivi del fenomeno in esame.

Nel presente lavoro, rappresentativo di una fase successiva e di maggior dettaglio, è stato considerato quale scenario di sviluppo di incendio la platea del Teatro Petruzzelli di Bari ed è stato utilizzato il Fire Dynamics Simulator, un modello di campo in grado di calcolare e, conseguenzialmente, fornire come dati di uscita, previo opportuno set_up della simulazione, i valori, variabili nel tempo e calcolati in ciascuna delle celle del dominio, di grandezze utili alla comprensione del fenomeno.

Infatti, è stata effettuata la simulazione nell'ipotesi di uno scenario di incendio che consideri l'intervento di un impianto fisso di spegnimento, il sistema di tipo WATER MIST HEIGH PRESSURE (con pressione di esercizio di circa 120 bar). In particolare, dal momento di attivazione dell'impianto sono stati analizzati i risultati ottenuti, in termini di variazione delle stesse grandezze considerate nella prima fase di applicazione del software ed operato il confronto tra i livelli di sicurezza antincendio ottenibili.

Uno degli obiettivi di tale studio è certamente quello di favorire, in integrazione con le procedure di tipo prescrittivo, l'organizzazione della funzione "sicurezza" anche sulla base di un sistema di valutazione di tipo prestazionale, che consideri il comportamento del sistema nello specifico scenario d'incendio considerato.

1. INTRODUZIONE

In un organico ed integrato 'progetto di sicurezza', l'obiettivo da raggiungere è la riduzione ad un valore accettabile del rischio relativo all'attività in esame. Come è noto l'entità del rischio è valutabile attraverso il prodotto della frequenza con la quale avviene l'incidente ipotizzato per la magnitudo, ossia il danno conseguente ad un singolo incidente. Le procedure di riduzione del rischio incendio si esplicano mediante misure che tendono a ridurre la probabilità di accadimento dell'evento (misure di prevenzione) e misure che minimizzano la magnitudo (misure di protezione attiva e passiva).

Il patrimonio edilizio esistente, in particolare se soggetto a vincoli artistici e/o architettonici, non sempre consente di garantire la sicurezza antincendio mediante misure di protezione passiva, ma richiede la necessità di orientarsi verso la conoscenza e la realizzazione di idonei sistemi di protezione attiva, che assicurino affidabilità ed efficacia in caso di emergenza e che preferibilmente utilizzino degli estinguenti in grado di arrecare il minor danno possibile alle cose.

E' bene osservare, inoltre, che la funzione "sicurezza antincendio" è regolamentata da una serie di disposizioni normative, di cui è osservabile la mancata enunciazione del livello di protezione che attraverso l'uso della norma stessa si riesce a conseguire.

I concetti di prestazione attesa e di livello di sicurezza, sono entrati nella logica comune tanto da spingere il progettista ad affrontare il problema del controllo del livello di protezione di una costruzione nei confronti di un evento, l'incendio, che è per definizione aleatorio nella sua espressione, ma è anche statisticamente certo nel suo verificarsi.

Una moderna norma sulla protezione incendio dunque, superando la vecchia impostazione deterministica-prescrittiva, dovrebbe esordire con la dichiarazione degli obiettivi perseguiti e con l'indicazione dei livelli di affidabilità relativi a ciascuno obiettivo.

In tale ottica, la modellazione incendi e la simulazione degli stessi, può consentire, in relazione a determinati obiettivi, di conoscere il livello di sicurezza associato ad un determinato scenario d'incendio sulla base della risposta del sistema.

In questo lavoro si esaminano i risultati della simulazione degli effetti di un impianto water mist ad alta pressione effettuata utilizzando il codice FDS (Fire Dynamics Simulator) sviluppato dal NIST (National Institute of Standard Technology).

2. IL SISTEMA WATER MIST

Nell'ambito degli impianti di spegnimento fissi, gli sprinkler hanno garantito un buon utilizzo delle potenzialità dell'acqua nello spegnimento, ma hanno lasciato irrisolto il problema dei danni e dell'inquinamento causati dalla grande quantità di acqua contaminata che viene prodotta.

La ricerca si è direzionata quindi verso soluzioni capaci di impiegare in modo ancora più efficace l'acqua utilizzata.

Un sistema water mist è un impianto di estinzione incendi ad acqua basato sull'uso di modeste quantità di acqua nebulizzata, la cui normativa di riferimento è la norma NFPA 750, che si limita a definire i sistemi water mist in termini di principio, demandando le specifiche di progetto alla esecuzione di prove d'incendio in scala reale ed al consequenziale utilizzo dei relativi risultati, per la definizione dei parametri principali di progetto, quali il numero e la spaziatura degli ugelli, la pressione di esercizio, la densità di scarica, la densità volumetrica ecc. In altre parole lo standard non dà alcuna indicazione circa i criteri di dimensionamento del sistema né circa il posizionamento degli ugelli, ma rimanda integralmente alle tipologie omologate secondo i protocolli di prova riconosciuti.

Attualmente esistono una molteplicità di istituti internazionalmente riconosciuti (IMO; FACTORY MUTUAL; VDS;...) che predispongono i protocolli di prova per le varie applicazioni di interesse.

La limitazione principale della diffusione dei sistemi water mist consiste, dunque, nella mancanza di specifiche di progetto applicabili alla generalità dei casi reali a causa della scarsa conoscenza del meccanismo di azione del sistema medesimo.

Il meccanismo di estinzione su cui si basa il sistema water mist è piuttosto complesso e tuttora oggetto di ricerca; esso risulta dalla combinazione di almeno tre effetti primari, fra loro complementari e partecipanti in misura diversa allo spegnimento. Essi sono:

- ✓ Raffreddamento: l'acqua essendo erogata in goccioline di piccolo diametro, rende disponibile una maggiore superficie per assorbimento di calore della fiamma derivandone consequenzialmente una forte ed immediata sottrazione di potenza termica dall'alveo dell'incendio ;
- ✓ Inertizzazione dovuta all'evaporazione istantanea dell'acqua: il cambio di stato e l'aumento immediato del volume della singola goccia, comporta consequenzialmente la rarefazione delle molecole di ossigeno per centimetro cubo. L'effetto inertizzante derivato è sensibile solo nelle immediate vicinanze della fiamma non avendosi pertanto una riduzione di ossigeno generalizzata nell'ambiente.
- ✓ creazione di una barriera all'irradiazione di calore verso l'esterno dell'incendio. Infatti, uno dei parametri che alimenta la combustione è l'irraggiamento termico emanato dalla reazione ad alta temperatura delle fiamme. Se l'irraggiamento incontra un materiale combustibile, questo viene riscaldato emanando gas infiammabili. Sperimentalmente è stato dimostrato che diminuendo il diametro delle particelle d'acqua, aumenta la capacità delle stesse di assorbire le radiazioni infrarosse costituendo di conseguenza, un ottimo effetto schermo al calore ed evitando che i materiali scaldati al calore radiante possano prendere fuoco e partecipare all'incendio medesimo.

Questi tre effetti, congiuntamente, creano le condizioni per un'estinzione rapida dell'incendio. La quantità di acqua richiesta è di molto inferiore ad un pari sistema sprinkler o a diluvio. Le portate d'acqua sono, infatti, dell'ordine di 1/10-1/20 di quelle di un sistema sprinkler tradizionale. (Questi dati sono di solo paragone statistico).

3. FIRE DYNAMICS SIMULATOR (FDS)

Fire Dynamics Simulator (FDS) è un modello di campo, sviluppato dal NIST (National Institute of Standards and Technology) che simula l'evoluzione dell'incendio nel tempo e ne definisce gli effetti, attraverso la risoluzione della forma delle equazioni di Navier-Stokes, espressa propriamente per i flussi a bassa velocità - Low Mach Number Form of Navier-Stokes Equations (Rehm and Baum)- dei fumi e gas generati.

La risoluzione numerica delle equazioni che modellano la reazione di combustione ed i fenomeni di trasporto, tenendo conto dinamicamente delle mutue interazioni tra i processi, è effettuata utilizzando il metodo ai volumi finiti, cioè suddividendo il dominio di calcolo in un numero opportuno di volumi di controllo non sovrapposti, i cui centri rappresentano i punti nei quali vengono determinati i valori delle incognite (variabili termodinamiche, concentrazione delle sostanze prodotte a seguito della combustione, visibilità, ecc.). All’FDS è associato Smokeview, un post-processore grafico, che viene utilizzato per visualizzare i dati rilasciati dal programma.

4. MODELLO DI ESTINZIONE INCENDIO IMPLEMENTATO NELL’FDS

Evaporando la gocciolina di acqua subisce una perdita di massa. La velocità di variazione della massa della gocciolina di acqua è governata dalla seguente relazione empirica:

$$\frac{dm_d}{dt} = -2\pi r d S_h \rho D (Y_d - Y_s) \quad (1)$$

ove:

- m_d è la massa della gocciolina di acqua;
- r è raggio della gocciolina;
- ρ è la densità dell’aria;
- D è la diffusività del vapore acqueo in aria;
- Re è il numero di Reynolds
- Sc è il numero di Schmidt
- Y è la frazione in massa del vapore acqueo gli indici d e g si riferiscono alla goccia ed all’aria.
- Sh è il numero di Sherwood che correla il numero di Reynolds col numero di Schmidt secondo la seguente relazione:
- $Sh = 2 + 0.6 Re^{1/2} Sc^{1/3}$

La frazione in mole Y_d è governata dall’equazione di Clausius-Clapeyron

$$X_d = \exp\left[\frac{h_v M_w}{R} \left(\frac{1}{T_b} - \frac{1}{T_d}\right)\right] \quad (2)$$

$$Y_d = \frac{X_d}{X_d(1 - M_a / M_w) + M_a / M_w} \quad (3)$$

ove:

- X_d è la frazione in mole del vapore acqueo in superficie;
- T_d è la temperatura della gocciolina d’acqua;
- T_b è la temperatura di ebollizione acqua;
- h_v è il calore di evaporazione acqua;
- M_w è il peso molecolare del vapore acqueo;
- M_a è il peso molecolare aria;
- R è la costante dei gas;

L’equazione di bilancio energetico per la gocciolina d’acqua è

$$m_d c_w \frac{dT_d}{dt} = A_d h_a (T_g - T_d) - \frac{dm_d}{dt} h_v \quad (4)$$

- c_w è il calore specifico dell’acqua
- T_g è la temperatura del gas
- Pr è il numero di Prandtl in aria (0.7)
- K_a è la conduttività termica in aria
- A_d è l’area della superficie della gocciolina d’acqua
- Nu è il numero di Nusselt pari a: $Nu = 2 + 0.6 Re^{1/2} Pr^{1/3}$ (5)

L'attenuazione della radiazione termica nelle goccioline di acqua, riveste enorme importanza nei sistemi water mist. Detta attenuazione è il risultato di processi di assorbimenti e dispersione della radiazione termica, funzioni a loro volta delle dimensioni delle goccioline di acqua e dell'angolo di incidenza sulla superficie della gocciolina, della radiazione. Il calcolo rigoroso di questo complesso processo di attenuazione è stato implementato applicando la teoria di MIE.

5. APPLICAZIONE DEL SOFTWARE FDS

L'utilizzo del software FDS per la simulazione dello sviluppo di un incendio in un dato ambiente è articolato nelle fasi di seguito riportate:

1. redazione di un file di testo .data, di input, cioè di assegnazione del valore di specifiche variabili, atte a esplicitare le caratteristiche proprie dell'ambiente e di definizione delle relazioni di interdipendenza fra le stesse in modo da:
 - definire il dominio di simulazione;
 - definire l'entità della discretizzazione del dominio di simulazione stabilendo la dimensione della cella computazionale;
 - definire le caratteristiche termo-fisiche dei materiali costruttivi e non;
 - definire i parametri di progetto del sistema water mist utilizzato;
 - implementare geometricamente l'ambiente oggetto della simulazione;
 - definire l'entità dei coefficienti stechiometrici relativi al tipo di reazione derivante dalla combustione dei materiali;
 - definizione del tempo di simulazione;
 - definire lo scenario d'incendio di riferimento;
2. simulazione;
3. analisi dei risultati.

In particolare, in riferimento agli aspetti analizzati nel presente lavoro sono state considerate le variabili:

- GRID IBAR , JBAR, KBAR, per definire le dimensioni, espresse in m ,del dominio di calcolo,
- PDIM XBAR;YBAR ZBAR, per definire il numero di celle computazionali nelle tre direzioni dello spazio cartesiano.
- TIME TWFIN per indicare il tempo di simulazione, espresso in secondi,
- SURF ID per definire le caratteristiche termo fisiche delle superfici.
- OBST XB per definire la posizione dei muri e più in generale di qualsiasi oggetto, mediante la sestupla di coordinate di due vertici opposti, espressa rispetto ad una terna cartesiana di riferimento;
- VENT per la definizione delle caratteristiche di frontiera del dominio di calcolo;
- SPRK per definire la posizione degli sprinkler rispetto alla terna cartesiana di riferimento scelta.

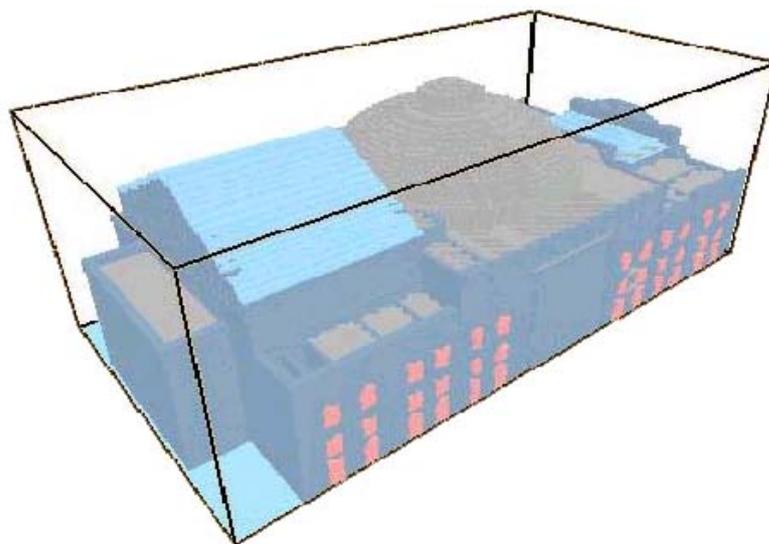
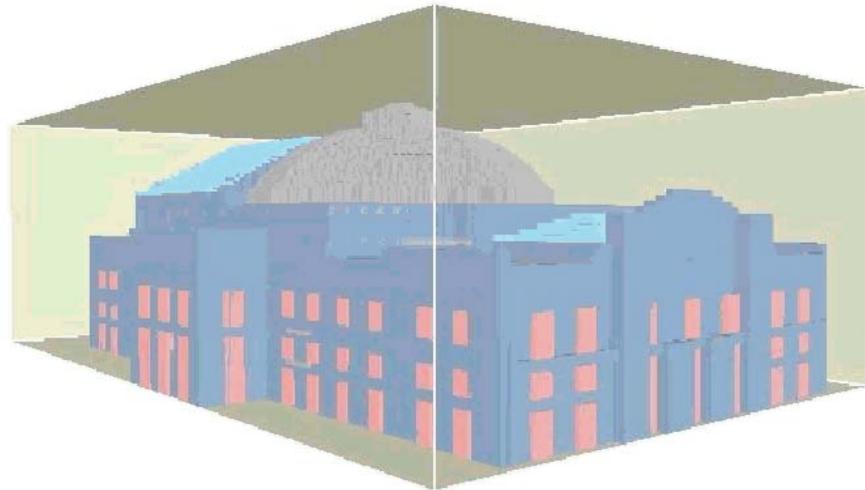
6. CASO DI STUDIO: IL TEATRO PETRUZZELLI

Il presente lavoro ha per oggetto l'analisi dei risultati ottenuti dalla simulazione dello sviluppo di un incendio nella platea del Teatro Petruzzelli di Bari, con e senza intervento dell' impianto di spegnimento water mist ad alta pressione.

Da un punto di vista tipologico, il Teatro si struttura in tre ambiti funzionalmente correlati tra loro cioè il foyer, la platea e il palcoscenico, ove poi la seconda è coperta da una cupola tridentica che ha reso particolarmente impegnativo l'inserimento dei dati di input di discretizzazione geometrica.

✓ **Definizione del dominio fisico della simulazione e sua discretizzazione**

Il dominio di simulazione fisica di dimensioni 79.5x42x32m (variabile PDIM) e' stato discretizzato in volumi elementari di dimensioni 0.50x0.50x0.50 m ciascuno, per un totale pari a 819200 celle computazionali (variabile GRID) . Le fig.1 e 2 che seguono, mostrano alcune viste del Teatro discretizzato.



✓ **Definizione delle caratteristiche termo-fisiche dei materiali**

I materiali costituenti gli elementi costruttivi e non che sono stati considerati sono:

- Legno; per la cupola, per la copertura a padiglione e per gli infissi
- Poliuretano per le poltrone;
- Gesso per le pareti essendo le stesse rivestite con decorazioni in gesso;

I valori delle relative caratteristiche termo - fisiche, riportate in Tabella n.1 sono stati attinti dal data-base presente nel software, nell'ipotesi di disporre, per ciascun materiale, della curva hrr-tempo, determinata sperimentalmente in condizioni ambientali standardizzate e, quindi, del:

- Valore massimo del tasso di rilascio termico (Peak HRR);
- Tempo necessario per raggiungere il valore massimo dell'HRR;
- Valore totale dell'energia rilasciata (Total Energy Lost);

Materiale	Spessore (m)	Temperatura di agnizione (°C)	HRR (KW/m ²)	Conduttività termica KW/mK	Diffusività termica (m ² /s)
Legno	0,013	390	200	0,14	8,3 E - 8
Poliuretano	0,10	370	700	0,14	1,2 E - 6
Gesso	0,013	400	100	0,48	4,1 E - 7

✓ Definizione dei parametri di progetto del sistema water mist usato

Il sistema di protezione attiva adottato per il Teatro Petruzzelli, e di cui si vuole valutare, in questo lavoro l'efficacia di controllo e/o di spegnimento dell'incendio, è un sistema water mist ad alta pressione a teste chiuse, il cui intervento è legato a quello delle singole tesine dotate ciascuna di un elemento termosensibile.

Del sistema water mist usato sono stati considerati alcuni parametri di progetto, forniti dalla ditta costruttrice e determinati a seguito di prove a scala reale effettuate sulla base dei protocolli di prova internazionalmente riconosciuti, riportati nella seguente tabella 2

RTI (indice temporale di risposta è una caratterizzazione della sensibilità termica dell'elemento, cioè rappresenta una misura di quanto rapidamente un sensore raggiunge la sua T di attivazione

✓ Implementazione geometrica del teatro

Fissata una opportuna terna cartesiana di riferimento, sono stati descritti, mediante le coordinate dei due vertici opposti, le pareti dell'edificio e gli altri oggetti presente nell'ambiente mentre per ciascun sprinkler è stata specificata per la terna cartesiana del rispettivo baricentro.

Gli sprinkler , in numero totale di 180, sono stati disposti sia a pavimento, in platea, sia in corrispondenza dei vari livelli, lungo il perimetro dei loggiati. Le fig.3 e 4 mostrano rispettivamente, la pianta del primo livello a quota +0.77m e la sezione longitudinale del Teatro Petruzzelli con ubicazione degli sprinkler.

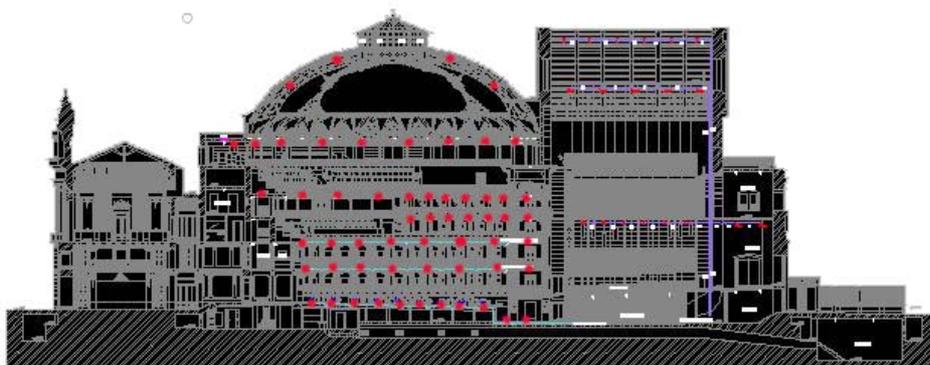


Fig 4. Sezione longitudinale del TEATRO PETRUZZELLI

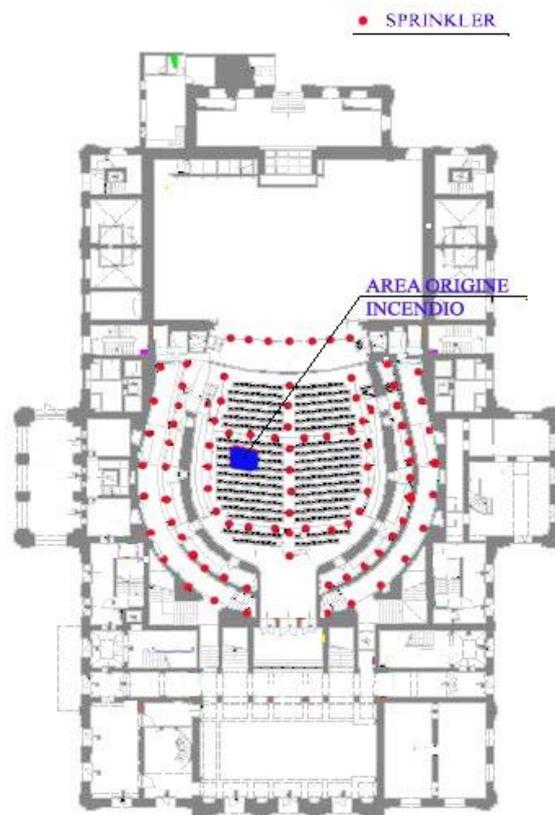


Fig 3. Pianta I livello quota + 0.77m

✓ **Definizione scenario di riferimento**

La simulazione è stata effettuata considerando quale ipotetico scenario d'incendio, quello caratterizzato, da un rilascio termico per unità di superficie (HRR) pari a 6000 KW/m² applicato su un'area d'origine pari a circa 2.5 m² ubicata in platea come mostra la fig 3 e considerando le porte del foyer e d'ingresso principale chiuse.

✓ **Simulazione**

La simulazione, è stata effettuata considerando un intervallo temporale di sviluppo di incendio pari a 600 s ed ha richiesto un tempo di elaborazione pari a 70 ore, utilizzando un computer caratterizzato da un processore con frequenza pari a 2,4 GHZ ed 1GB di una memoria RAM.

7. RISULTATI

FDS è in grado di calcolare e conseguenzialmente fornire come dati di uscita, previo opportuno setup della simulazione, i valori variabili nel tempo e calcolati in ciascuna delle celle del dominio delle grandezze utili alla comprensione del fenomeno "incendio ed all'analisi degli effetti prodotti. In particolare, il software, permette di animare, una alla volta, le grandezze descrittive dell'evoluzione dell'incendio.

Nella simulazione, al fine di una migliore visualizzazione dei risultati, sono state ottenute, utilizzando le variabili SLCF, le animazioni delle grandezze in tabella _3_ sul piano longitudinale e trasversale del Teatro; è stata, invece, utilizzata la variabile BNDF per registrare ed animare alcune grandezze (flusso radiante, flusso convettivo e temperatura) sulle superfici delle pareti.

La variabile PL3D ha permesso di visualizzare i contorni di isovalori di grandezze (fino ad un massimo di cinque) quali temperatura, frazione in massa di ossigeno, fumo, CO, visibilità, ad intervalli regolari di 5 secondi. La Fig. 5 riporta la rappresentazione media delle temperature sul piano longitudinale del teatro ad un istante t pari ad 180 s.

QUANTITA'	UNITA' DI MISURA	QUANTITA'	UNITA' DI MISURA
DENSITA'	Kg/m ³	DIVERGENZA	s ⁻¹
TEMPERATURA	°C	WMPUV	Kg/m ³
U-VELOCITA'	m/s	WATER VAPOR	Kg/Kg
V-VELOCITA'	m/s	OSSIGENO	mol/mol
W-VELOCITA'	m/s	FRAZIONE IN MASSA OSSIGENO	Kg/kg
VELOCITA'	m/s	COMBUSTIBILE	mol/mol
PRESSIONE	Pa	AZOTO	mol/mol
H	(m/s) ²	Water wapor	mol/mol
HRRPUV	KW/m ³	ANIDRIDE CARBONICA	mol/mol
MIXTURE_FRACTION	Kg/Kg	MONOSSIDO DI CARBONIO	mol/mol
VISCOSITA' DINAMICA	Kg/m/s	COEFFICIENTE DI ESTINZIONE	1/m
VISCOSITA' CINEMATICA	m ² /s		

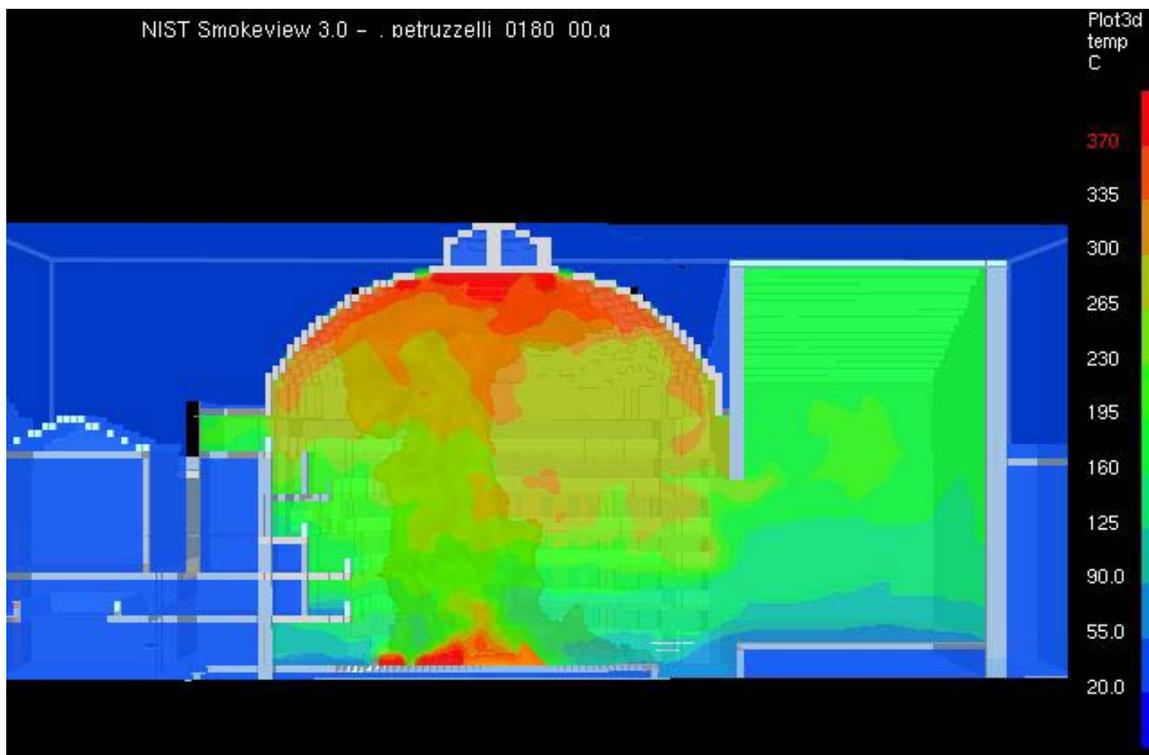


Fig.5 Rappresentazione media delle temperature sul piano

Attenzione particolare è stata rivolta al rateo di rilascio termico (HRR), la cui conoscenza è di fondamentale importanza in quanto fornisce un'indicazione sulle modalità di rilascio del calore nel tempo e sull'eventuale raggiungimento di una condizione di flashover, nonché la massima quantità di energia rilasciata in un istante desiderato, a differenza del carico d'incendio che, trascurando ogni concetto cinetico di valutazione, non consente di definire la storia di un incendio, ma di stabilire la massima quantità di calore prodotta nel caso di combustione completa.

Per quanto riguarda l'HRR, la componente radiante, conduttiva e convettiva dell'energia termica, è stata ottenuta la restituzione in forma numerica in relazione allo scenario d'incendio su descritto con e senza intervento dell'impianto water mist: la variazione nel tempo di tali grandezze è rappresentata nelle Fig. da n. 6 a n. 13

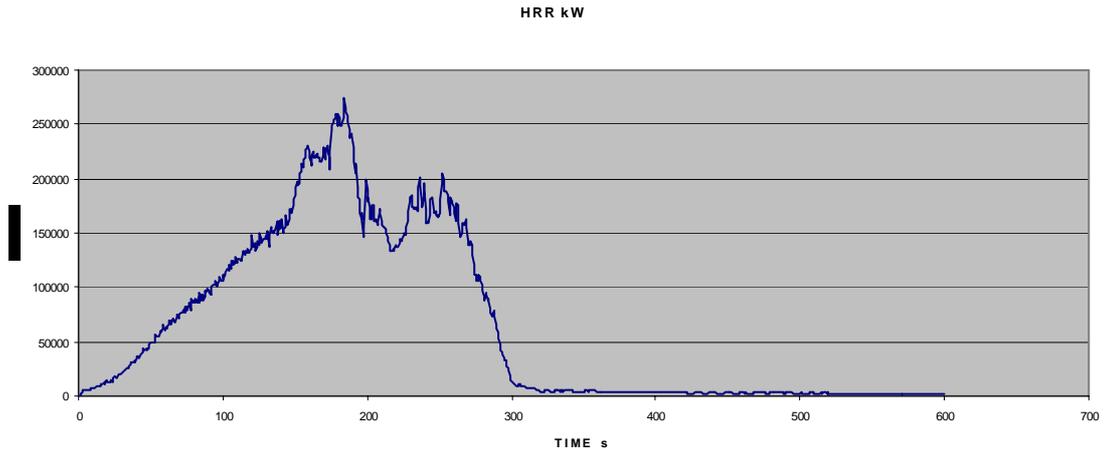


Fig.6 Variazione dell'HRR in assenza di intervento dell'impianto water mist

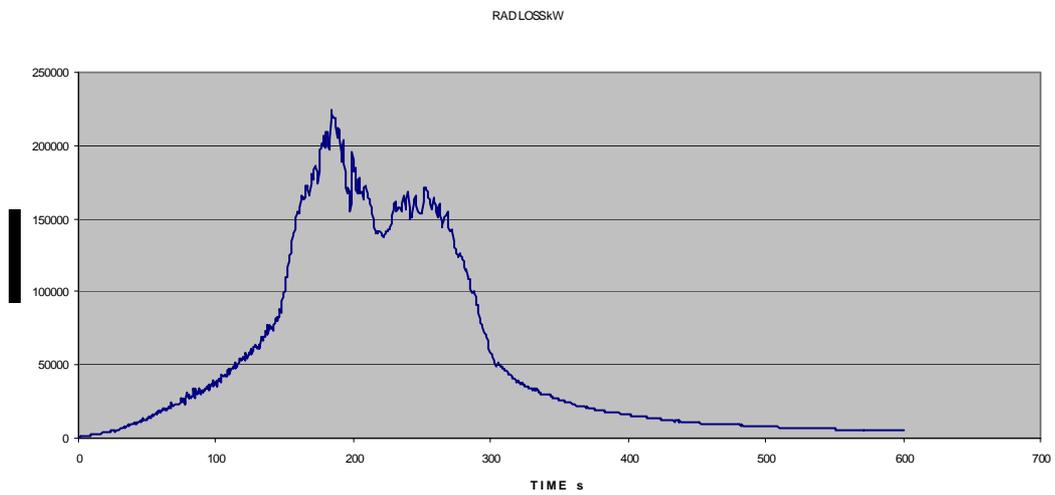


Fig. 7 Variazione della componente radiante in assenza di intervento dell'impianto water mist

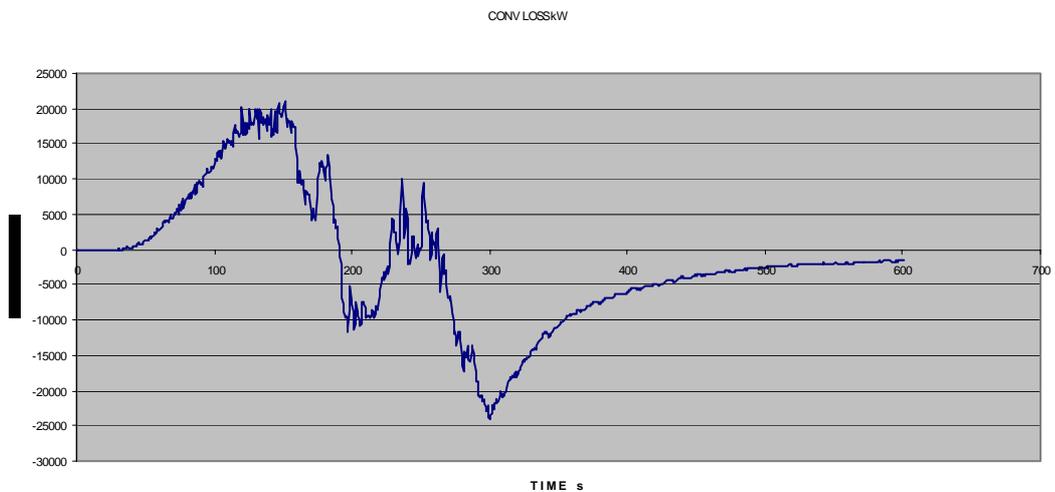


Fig. 8 Variazione della componente convettiva in assenza di intervento dell'impianto water mist

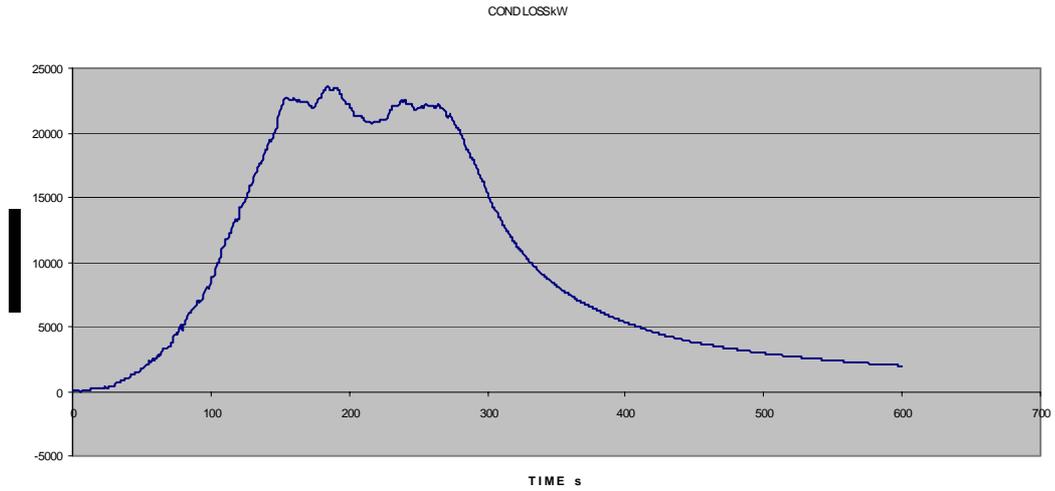


Fig. 9 Variazione della componente conduttiva in assenza di intervento dell'impianto water mist

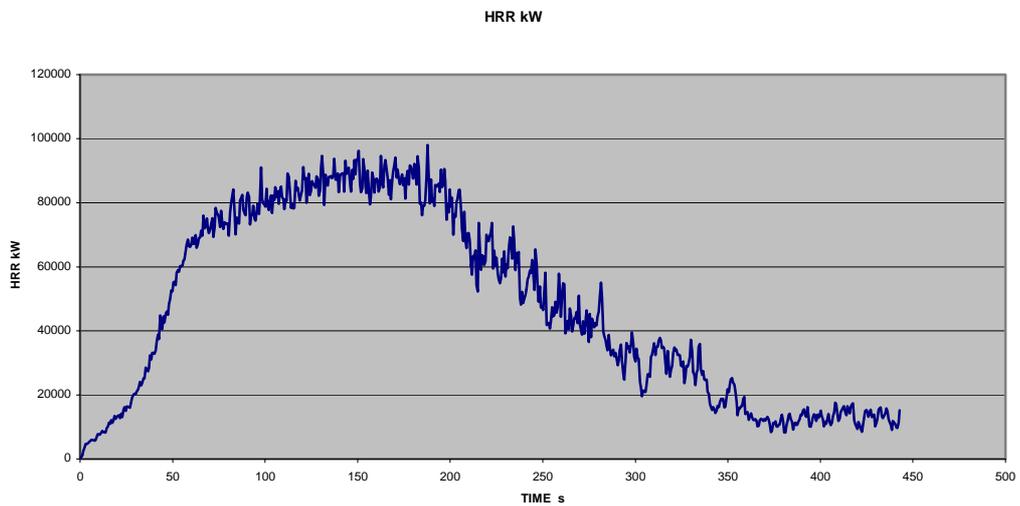


Fig. 10 Variazione dell' HRR nel caso di intervento dell'impianto water mist

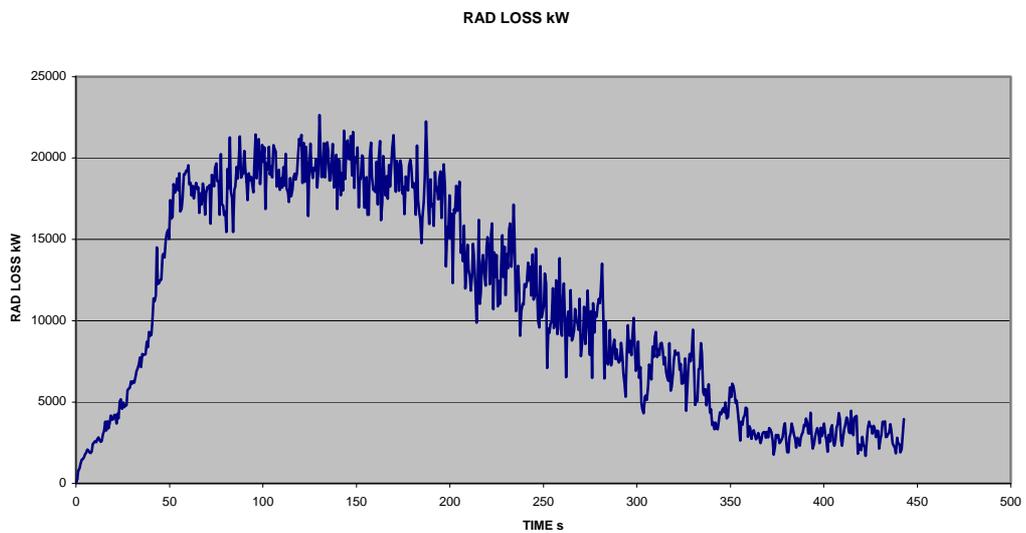


Fig 11 Variazione della componente radiante nel caso di intervento dell'impianto water mist

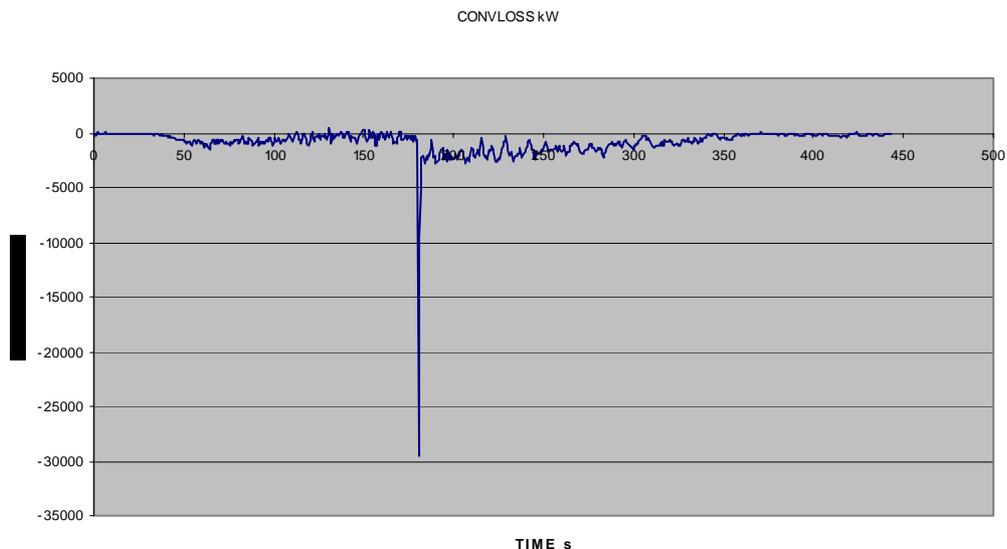


Fig. 12 Variazione della componente convettiva nel caso di intervento dell'impianto water mist

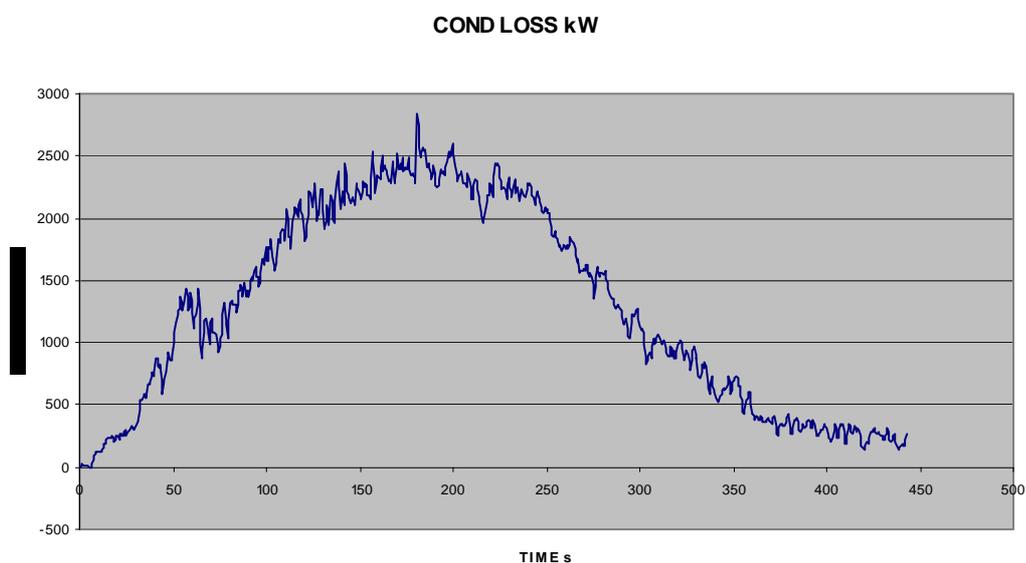


Fig. 13 Variazione della componente conduttiva nel caso di intervento dell'impianto water mist

8. ANALISI DEI RISULTATI

La simulazione ha consentito, entro i limiti propri dei modelli di combustione, di trasporto e di estinzione implementati nell'FDS, di evidenziare i vantaggi che si hanno nell'applicazione di un mezzo di protezione attiva qual è l'impianto water mist high pressure.

Nel seguito è riportato in fig.14 e 15 il confronto fra le curve HRR e fra quelle della potenza radiante ottenute nel caso di intervento o meno dell'impianto di protezione attiva.

L'analisi di tali risultati mostra come l'intervento dell'impianto abbia certamente condizionato lo sviluppo e la propagazione dell'incendio evitando il raggiungimento del flashover che diversamente si avrebbe in assenza di intervento dell'impianto di spegnimento come dimostra la disamina della relativa curva dell'HRR. L'impianto di protezione attiva svolge in sostanza, un'efficace azione di controllo mantenendo l'incendio in uno 'stato di non sviluppo' o comunque di limitate dimensioni e tale da poter essere attaccato ed estinto dalle squadre di emergenza. Si noti inoltre come la potenza radiante abbia subito una fortissima attenuazione tipica caratteristica questa degli impianti water mist.

La simulazione, in relazione allo scenario d'incendio ipotizzato, dimostra poi, come l'intervento dell'impianto water mist non abbia prodotto l'estinzione dell'incendio bensì solo un forte ridimensionamento della fiamma.

CONFRONTO FRA LE CURVE HRR

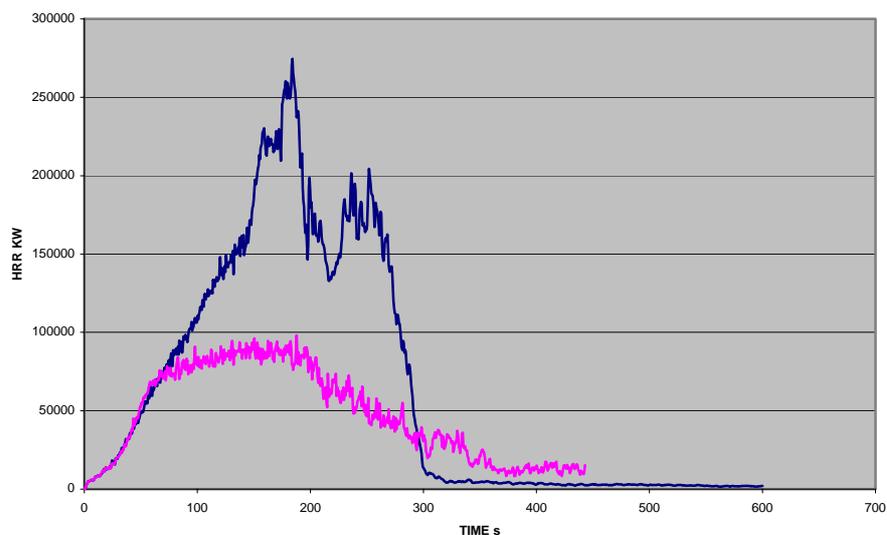


Fig.14 Confronto fra le curve HRR con e senza intervento dell'impianto water mst

CONFRONTO FRA LE POTENZE RADIANTI

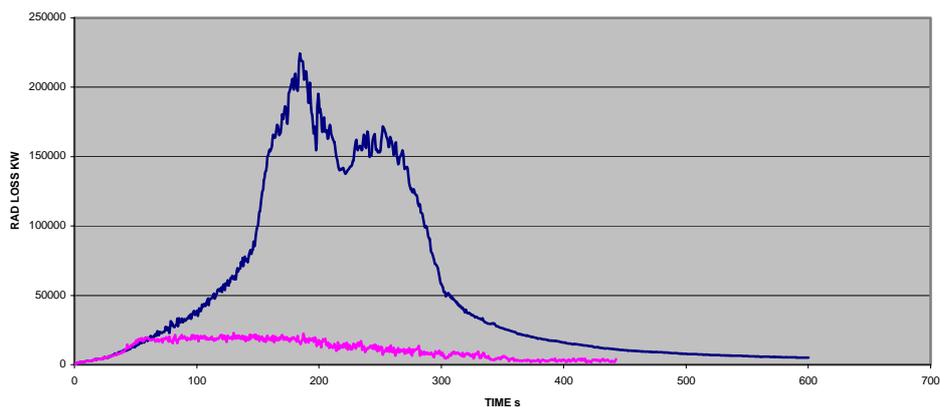


Fig.15 Confronto fra le potenze radianti con e senza intervento dell'impianto water mst

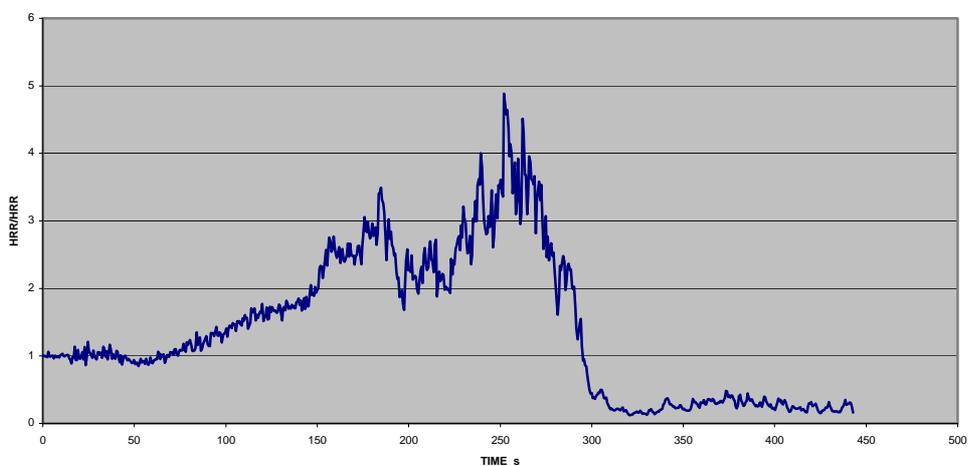


Fig.16 Variazione nel tempo del rapporto fra le potenze HRR in assenza e con intervento dell'impianto

L'analisi dei risultati mostra come l'intervento delle testine avvenga, in relazione al Time response index, in un intervallo di tempo medio pari a 50÷ 60 s: infatti, le due curve dell'HRR coincidono in questo intervallo di tempo per poi discostarsi sempre più. Tale evidenza emerge con più chiarezza, esaminando il rapporto fra le due potenze HRR nei due casi esaminati: il rapporto in parola, si mantiene mediamente pari a 1 nell'intervallo di tempo menzionato, per poi aumentare notevolmente fino ad attingere valori pari a 5 quando cioè in assenza di intervento dell'impianto water mist si raggiunge il flashover.

9. CONCLUSIONI

La simulazione ha mostrato come l'intervento dell'impianto water mist high pressure, evitando il raggiungimento del flashover svolge un'efficace azione di controllo attraverso un forte ridimensionamento dello sviluppo dell'incendio, non comportando però l'estinzione totale.

In sede di progettazione dell'impianto, in un'ottica di continua interazione con la funzione sicurezza, se ne dovrà adeguatamente tenere conto attraverso, per esempio, un infittimento degli sprinkler e cercando di coniugare tale esigenza con la tipologia del Teatro Petruzzelli. La massima altezza del soffitto delle aree protette è certamente una delle limitazioni del sistema water mist e che nel caso del Petruzzelli è una condizione fortemente limitativa essendo lo stesso strutturato su sette livelli prospicienti su una platea circa 500mq, a raggio di curvatura variabile.

I risultati ottenuti sono poi, da contestualizzare nell'ambito dei limiti propri della modellazione incendi: a tale proposito la ricerca, in continua evoluzione, certamente perfezionerà il modello di estinzione incendi implementato nell'FDS auspicando in questo, un approccio di tipo probabilistico.

In definitiva l'analisi del rischio, ha trovato un valido supporto nella simulazione consentendo la stessa di agire sia sulla probabilità di accadimento dell'evento, che sulla magnitudo.

In un'ottica di tipo prestazionale di approccio al problema dell'interazione progettazione - 'funzione di sicurezza antincendio', la simulazione dell'incendio, in relazione allo scenario di incendio ipotizzato, ha consentito di esprimere valutazioni oggettive in ordine all'efficacia del sistema di protezione attiva considerata.

BIBLIOGRAFIA

- [1] **P. Masini, G. Micunco, M. Castore, R. Pavia, M. Romano**, *Valutazione del livello di sicurezza antincendio mediante il Fire Dynamics Simulator. Caso di studio: il Teatro Petruzzelli*, in Atti del Convegno Scientifico Nazionale SICUREZZA NEI SISTEMI COMPLESSI, BARI Ottobre 2003.
- [2] **G.P. Forney and K.B. McGrattan**, *User's Guide for Smokeview Version 3.1: A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data*. Technical Report NISTIR 6980, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, April 2003.
- [3] **K.B. McGrattan, H.R. Baum, R.G. Rehm, G.P. Forney, J.E. Floyd, K. Prasad, and S. Hostikka**, *Fire Dynamics Simulator (Version 3), Technical Reference Guide*. Technical Report NISTIR 6783, 2002 Edition, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, November 2002.
- [4] **Ferziger and Peric**, *Computational Methods for Fluid Dynamics*, Springer-Verlag, New York, 1997.