

Prevenzione degli Incendi per il Patrimonio Archivistico e Bibliotecario: criticità e soluzioni – ROMA

11 aprile 2017 – APPROCCIO PRESTAZIONALE PER LA PROTEZIONE DEGLI EDIFICI STORICI



Fire Safety Engineering
L'approccio ingegneristico
alla sicurezza antincendio
applicato al Calcolo delle vie di
esodo negli edifici storici

Dott. Ing. Nicola Clemeno APPI - SOS ARCHIVI



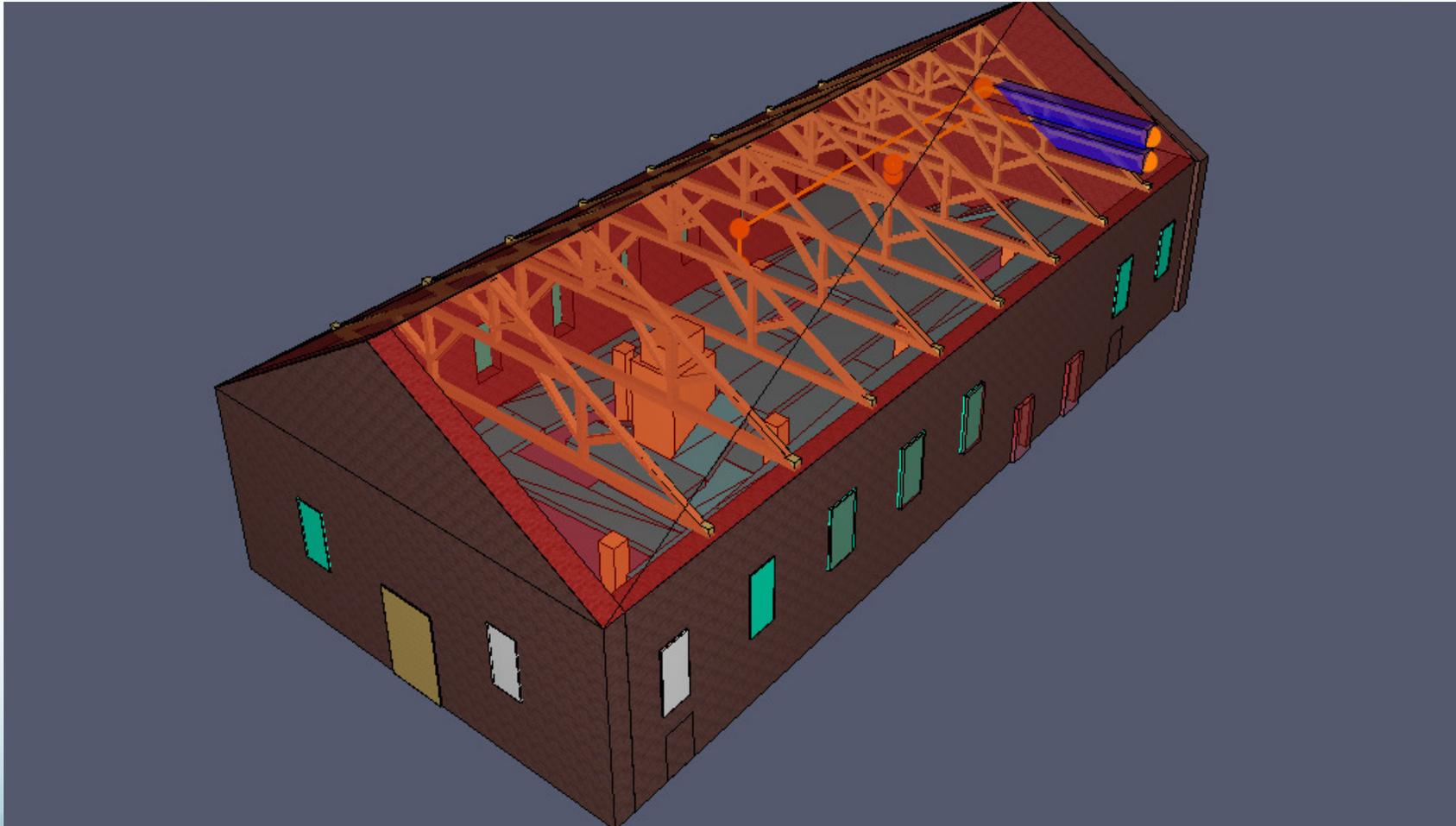
PROGETTO DI DEROGA AL DM n° 569 20 MAGGIO 1992

Progetto del 2008 - Applicazione del DM 9 MAGGIO 2007 per la presentazione del progetto di DEROGA;

- Attività 72 (Vecchia attività 90) – Edifici sottoposti a tutela ai sensi del D.lgs 22/01/2014 n° 42, aperti al pubblico, destinati a contenere biblioteche ed archivi, musei, gallerie, esposizioni e mostre, nonché qualsiasi altra attività contenuta ne presente allegato.

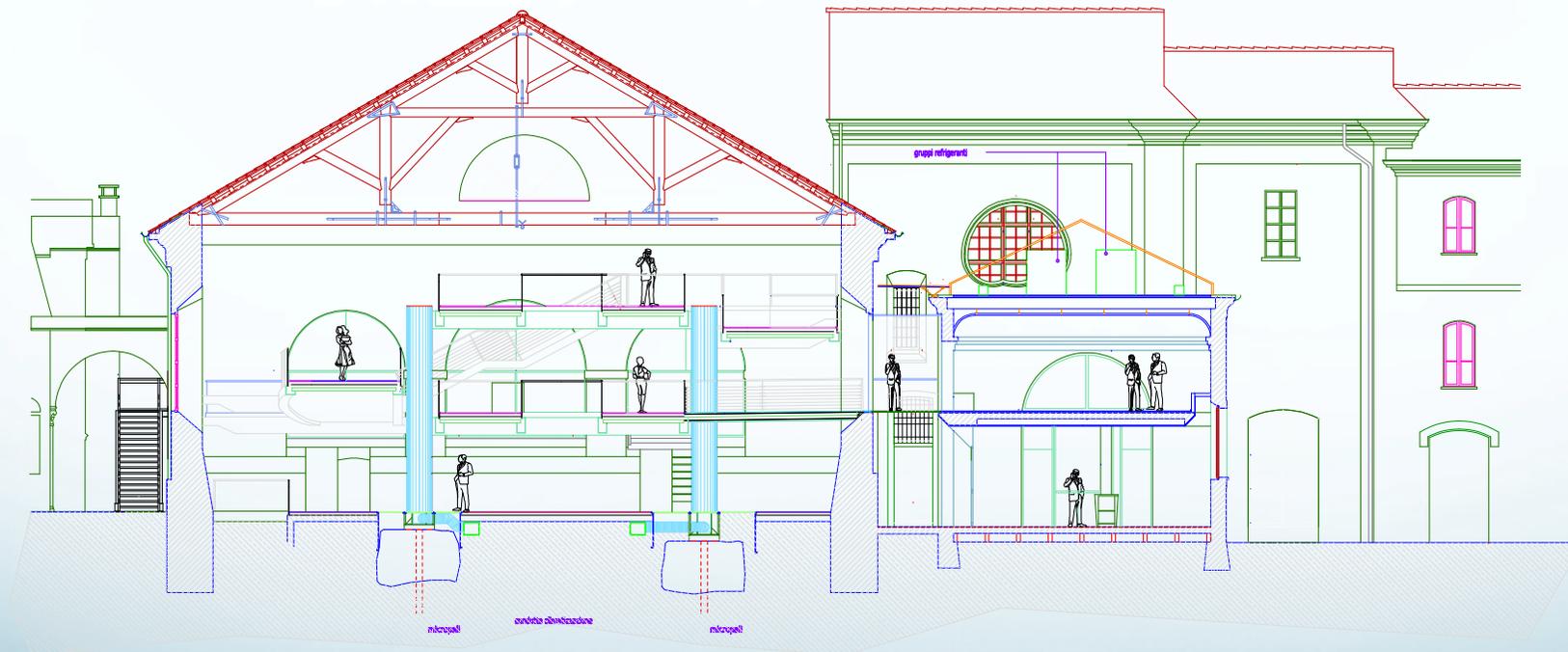
Esempi di Sommario Tecnico

Calcolo vie di esodo: MUSEO Ex Cavallerizza LODI – FDS (Nist)



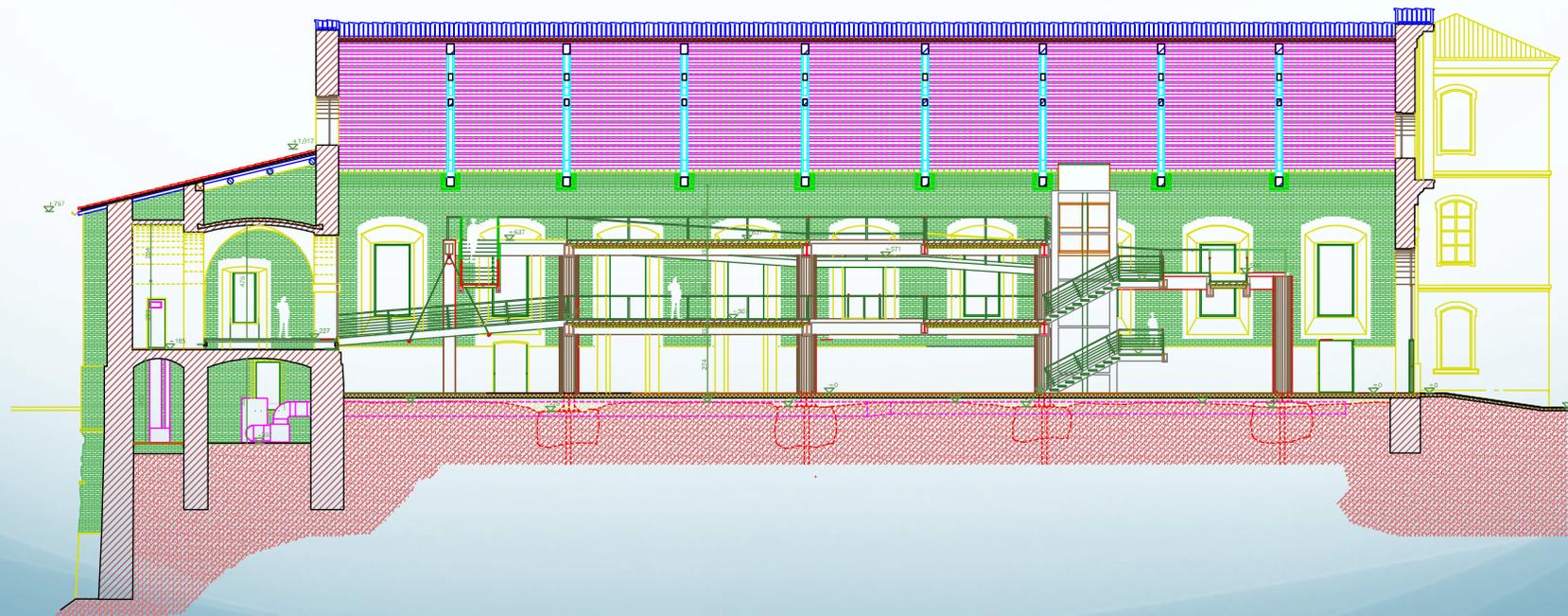
Dott. Ing. Nicola Clemeno

MUSEO EX CAVALLERIZZA- Sezione Trasversale

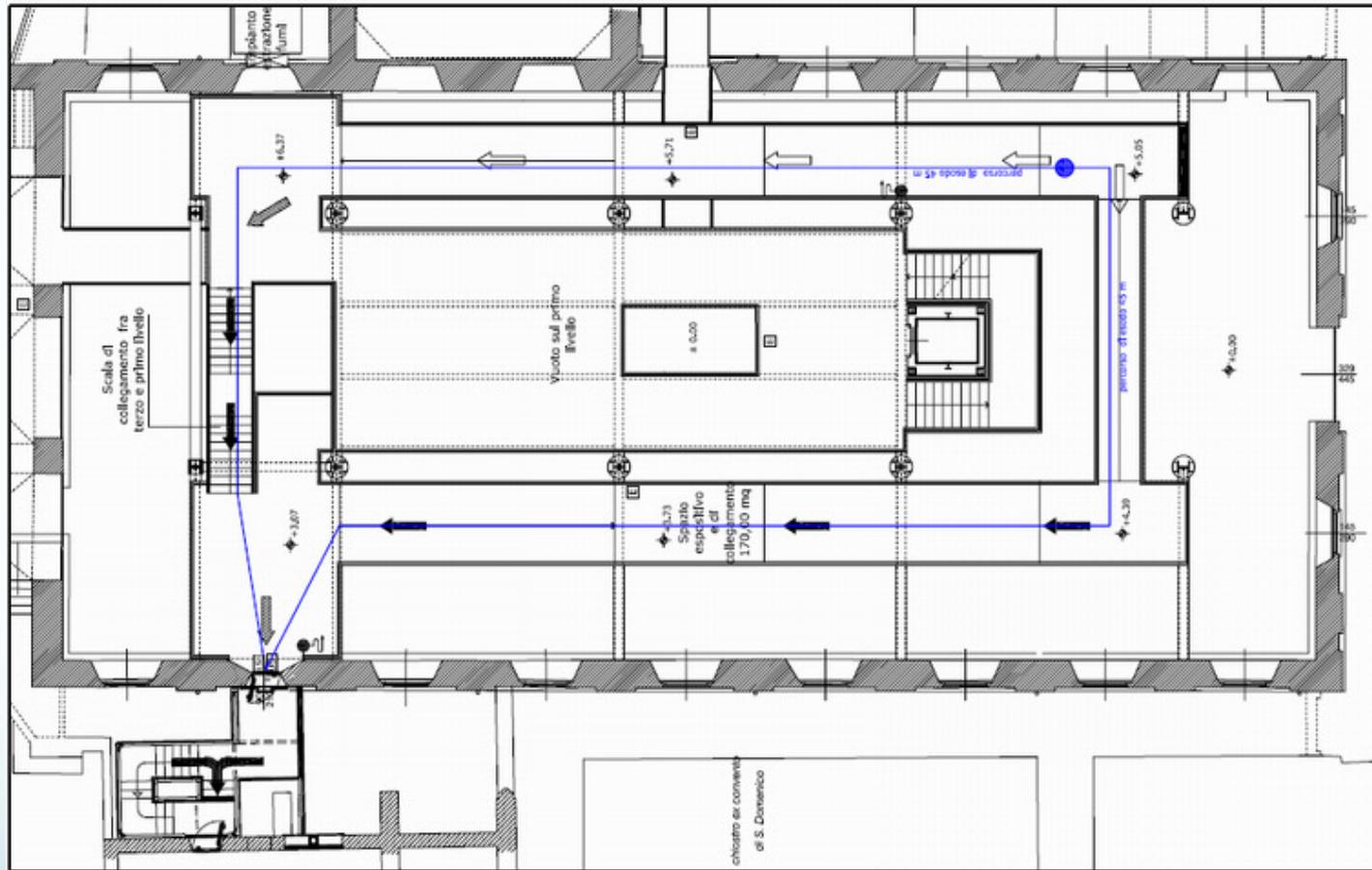


MUSEO EX CAVALLERIZZA- Sezione Longitudinale

SEZIONE D4



ESEMPIO : PROGETTO Museo Ex Cavallerizza LODI



ANALISI PRELIMINARE: 3.1 Definizione del Progetto

VINCOLI PROGETTUALI	<p>Il progetto rispetta il D.M. 564 20 maggio 1992 ad eccezione dei punti riguardanti le vie d' esodo. A causa di problematiche architettoniche e strutturali, si ha la necessità di derogare i punti:</p> <p>Ubicazione delle uscite</p> <p>Numero delle uscite</p>
INDIVIDUAZIONE PERICOLI DI INCENDIO	<p>I possibili pericoli di incendio derivano essenzialmente dal malfunzionamento di un impianto che può innescare del materiale combustibile. Non vi sono altre possibilità di incendio.</p>
CONDIZIONI AMBIENTALI	<p>Il Museo in esame presenta un percorso a spirale lungo una passerella dal livello 0 al livello 3 e la lunghezza massima del percorso per raggiungere il luogo sicuro sarà 45 m. L' unica via di esodo al terzo livello si trova in un solo punto della passerella in corrispondenza del livello 2 raggiungibile sia ripercorrendo la passerella verso il basso che tramite una scala interna .</p>
ANALISI CARATTERISTICHE OCCUPANTI	<p>Gli occupanti del museo accedono per visitare il museo. Sono presenti durante l'apertura al pubblico. Non sono formati per l' emergenza antincendio e non conoscono le procedure primo intervento.</p>

ANALISI PRELIMINARE: 3.2 Identificazione degli obiettivi di sicurezza

DEFINIZIONE DEI CAPISALDI DELLA SICUREZZA	Tutti i parametri della sicurezza previsti dalla normative sugli edifici storici saranno rispettati pertanto ci si focalizza sulle vie di esodo oggetto della deroga. Importante ai fini dell'esodo saranno: <ul style="list-style-type: none">- percorsi, liberi da ingombri- la larghezza dei percorsi minimo da 1,2 m che agevola l'evacuazione- la pendenza della passerella, inferiore al 8%
OBIETTIVO 1	<p><u>Incolunità degli occupanti:</u> Si può ipotizzare che durante l'emergenza nel museo al terzo livello ci siano al massimo 60 persone, si considera il tempo impiegato dalla persona più distante a raggiungere il luogo sicuro. La verifica verrà effettuata calcolando il presumibile tempo occorrente alla persone, poste nel punto più sfavorevole, per raggiungere un luogo sicuro e controllando che esso sia minore di quello che impiegano il fumo ed i gas di combustione per portarsi ad un'altezza delle vie respiratorie; è importante sapere che tale valutazione delle condizioni di sicurezza è ragionevolmente conservativa poiché viene ammesso che le persone, anche per breve tempo, non possano essere sottoposte all'azione nociva del fumo e dei gas di combustione.</p> <p>A vantaggio della sicurezza, è stato supposto che non vi sia stato alcun intervento da parte del personale interno incaricato dell'attuazione delle misure di lotta antincendio, in quanto non è sorvegliata.</p>

ANALISI PRELIMINARE: 3.3 Individuazione dei livelli di prestazione

PARAMETRI NECESSARI AL SODDISFACIMENTO DEGLI OBIETTIVI	OBIETTIVI	PARAMETRI	Valore Numerico di riferimento
	<p><u>Obiettivo 1:</u> Incolumità delle persone</p>	<p><u>Parametro 1</u> $h_{\min} =$ Altezza minima dei fumi</p>	<p>Ai sensi della normativa sulla Sicurezza in caso di incendio si ha che tale parametro è $h_{\min} = 2,0 \text{ m}$</p>
		<p><u>Parametro 2</u> $t_{\text{evac. Tot.}} =$ Tempo totale di evacuazione</p>	<p>Al fine di preservare l'obiettivo 1 è necessario che $t_{\text{evac. Tot.}}$ sia inferiore al tempo necessario ai fumi di abbassarsi al di sotto di h_{\min} . $t_{\text{evac. Tot.}} = 190 \text{ s}$ (Allegato calcolo)</p>

ANALISI PRELIMINARE: 3.3 Individuazione dei livelli di prestazione

<u>Parametro2</u>	Tempo Totale di Evacuazione - RSET
	<p>Tempo di Rilevazione - Si ipotizza che la presenza dell'incendio venga rilevata dalla persona più sfavorita per l'esodo dopo circa 30 s dall'inizio dell'ignizione, poiché è presente un impianto di rilevazione fumi lineare.</p> $t_{\text{rilev.inc}} = 30 \text{ s}$ <p>Tempo di pre-movimento - Dopo un iniziale tempo di sorpresa ed incredulità inizia il processo di evacuazione delle persone presente nel punto più distante. Le persone non impiegheranno molto tempo per iniziare ad evacuare, possiamo pertanto supporre, sulla base della BS PD 7974-6:2004 che sia circa</p> $t_{\text{iniz.evac}} = 110 \text{ s.}$ <p>Adottando, a scopo precauzionale, che l'affollamento per una superficie di 244 m², specifica della porzione di passerella con percorso superiore a 45 m (vedi figura), sia di 60 persone, la densità lungo il percorso sarà di:</p> $d_{\text{corsello}} = 60/244 = 0,24 \text{ persone/m}^2$ <p>La velocità di esodo in tale tratto è, quindi, pari a:</p> $V_{\text{corsello}} = 1,4 - 0,37 \times 0,24 = 1,31 \text{ m/s}$ <p>Allora la persona più sfavorita posta nel punto più distante sulla passerella dovrà percorrere 45 m e impiegherà mediamente per raggiungere la rampa un tempo di:</p> $t_{\text{rampa}} = 45\text{m} / 1,31 \text{ m/s} = 34 \text{ s} \approx 40 \text{ s}$ <p>Arrivati alla scala di esodo, le persone passando da 1,2 m a 0,9 m (larghezza della porta) non formeranno code e l'esodo avverrà in modo lineare e senza ostacoli.</p> <p>Quindi il flusso attraverso l'apertura non subirà alcuna modifica.</p> <p>TEMPO TOTALE DI EVACUAZIONE $t_{\text{evac.tot.}} = 30 \text{ s} + 110 \text{ s} + 40 \text{ s} = 180 \text{ s}$</p>

ANALISI PRELIMINARE: 3.4 Individuazione degli scenari di incendio

SCENARI DI INCENDIO	CARATTERISTICHE DEL FOCOLAIO	<p>Prendiamo in esame la parte di passerella con percorso superiore al massimo consentito. Un incendio a sviluppo veloce dovuto alla combustione di una apparecchiatura elettrica che innesca del materiale combustibile presente in esposizione.</p> <p>Al fine di una buona evacuazione del fumo del calore e dei gas di combustione si tenga presente che il museo è dotato di un impianto di estrazione fumi che, al fine di preservare l'incolumità delle persone si attiverà e sarà dimensionato adeguatamente.</p>
	CARATTERISTICHE DELL' EDIFICIO	<p>La ventilazione naturale all'interno del museo è garantita dalle finestre vetrate oltre che da un impianto di ricircolo dell'aria dotato di serrande tagliafuoco comandate dall'impianto di rilevazione fumi.</p>
	CARATTERISTICHE OCCUPANTI	<p>Gli occupanti si accorgono del fumo si occupano soltanto di evacuare senza intervenire per lo spegnimento. A favore di sicurezza.</p>

ANALISI PRELIMINARE: 3.4 Individuazione degli scenari di incendio

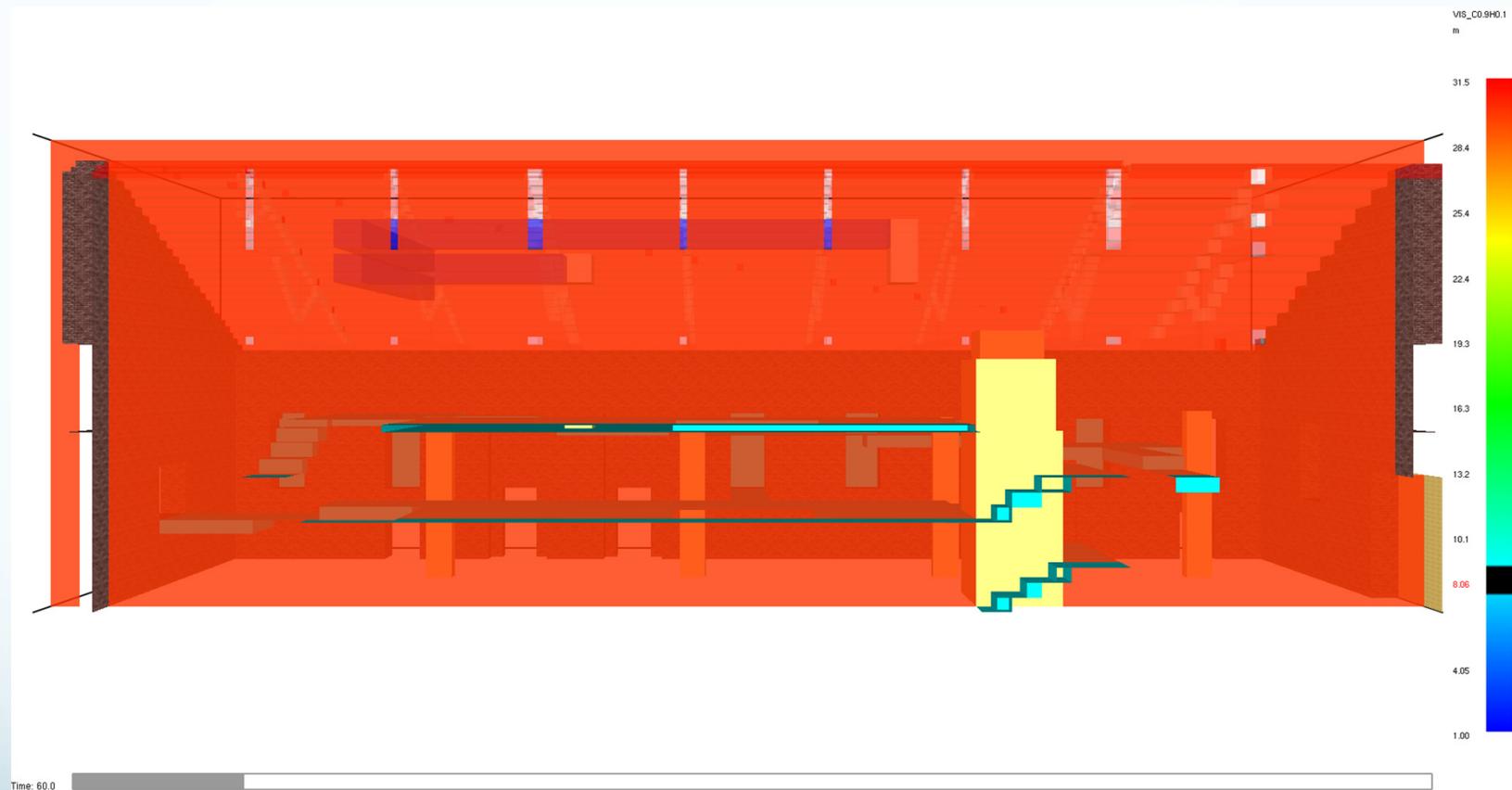
VALUTAZIONE RISCHI INCENDIO	COMBUSTIBILE	Si ipotizza che prenda fuoco una installazione per effetto di un impianto di illuminazione.
	TASSO DI CRESCITA DEL FUOCO	A favore di sicurezza si può supporre un tasso di crescita elevato $t_g = 150 \text{ s}$
	RHR	Potenza termica di 1.000,00 KW/mq
	SVILUPPO DEI PRODOTTI DELLA COMBUSTIONE	Si valuta lo sviluppo dei fumi nel suo complesso avendo ipotizzato che la persona non respiri mai tali prodotti della combustione
	CARATTERISTICHE DEL LOCALE	<p>Struttura : Mattoni pieni e tetto in legno</p> <p>Dim. Area museale:</p> <p>Dim. Passerella:</p> <p>Aerazioni orizzontale: $3 \times 4,00 \text{ m}^2 = 12,00 \text{ m}^2$</p> <p>Aerazione verticale : $1,00 \text{ m}^2$</p> <p>H museo = 2,40 m</p>
	CONDIZIONE DELLE PERSONE PRESENTI	Si considera un affollamento di 60 persone per l'intera area di 244 m^2 pertanto Affollamento = $0,24 \text{ persone/ m}^2$ tutte auto sufficienti.

ANALISI QUANTITATIVA: 4.1 Scelta dei Modelli

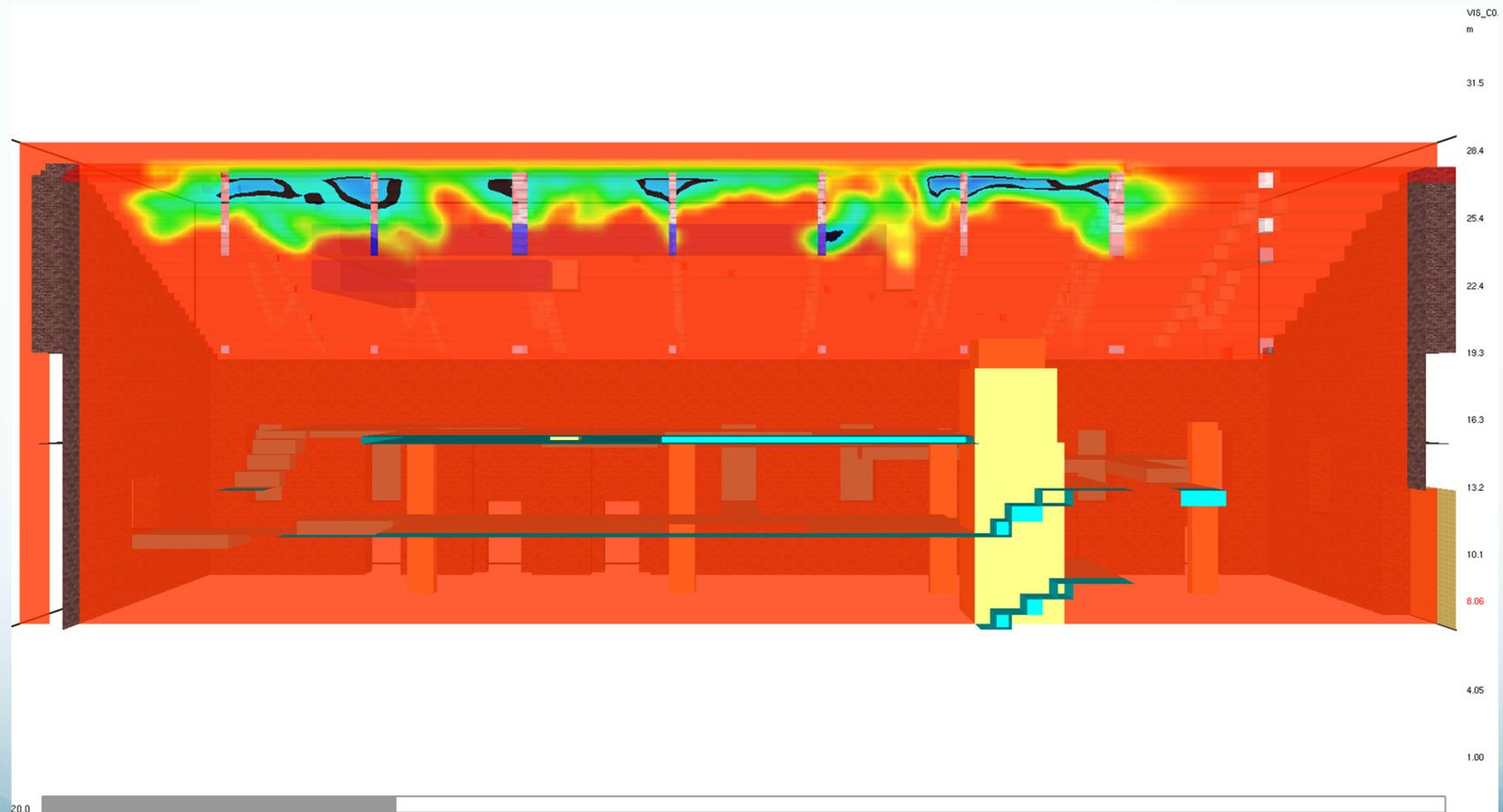
MODELLO DI CAMPO: PROGRAMMA CFD (NIST)

- Attraverso programmi di comprovata affidabilità e adeguati alla risoluzione del tipo di problema si analizza la situazione negli istanti dell'evento. In questo caso si è scelto un modello di Campo perché adatto all'analisi dell'evoluzione dei fumi in ambienti di superficie ed altezza articolate.
- Controllando l'altezza libera da fumo nei 180 secondi (vedi schemi grafici si può notare che questa non scende al di sotto dei 2 m (1,5 m altezza media delle vie respiratorie) quindi durante l'evacuazione le persone sono in condizione di sicurezza. L'aerazione naturale abbinata a quella forzata offre un buon smaltimento di fumi e gas di combustione nella fase preflash-over ben oltre il tempo di esodo.

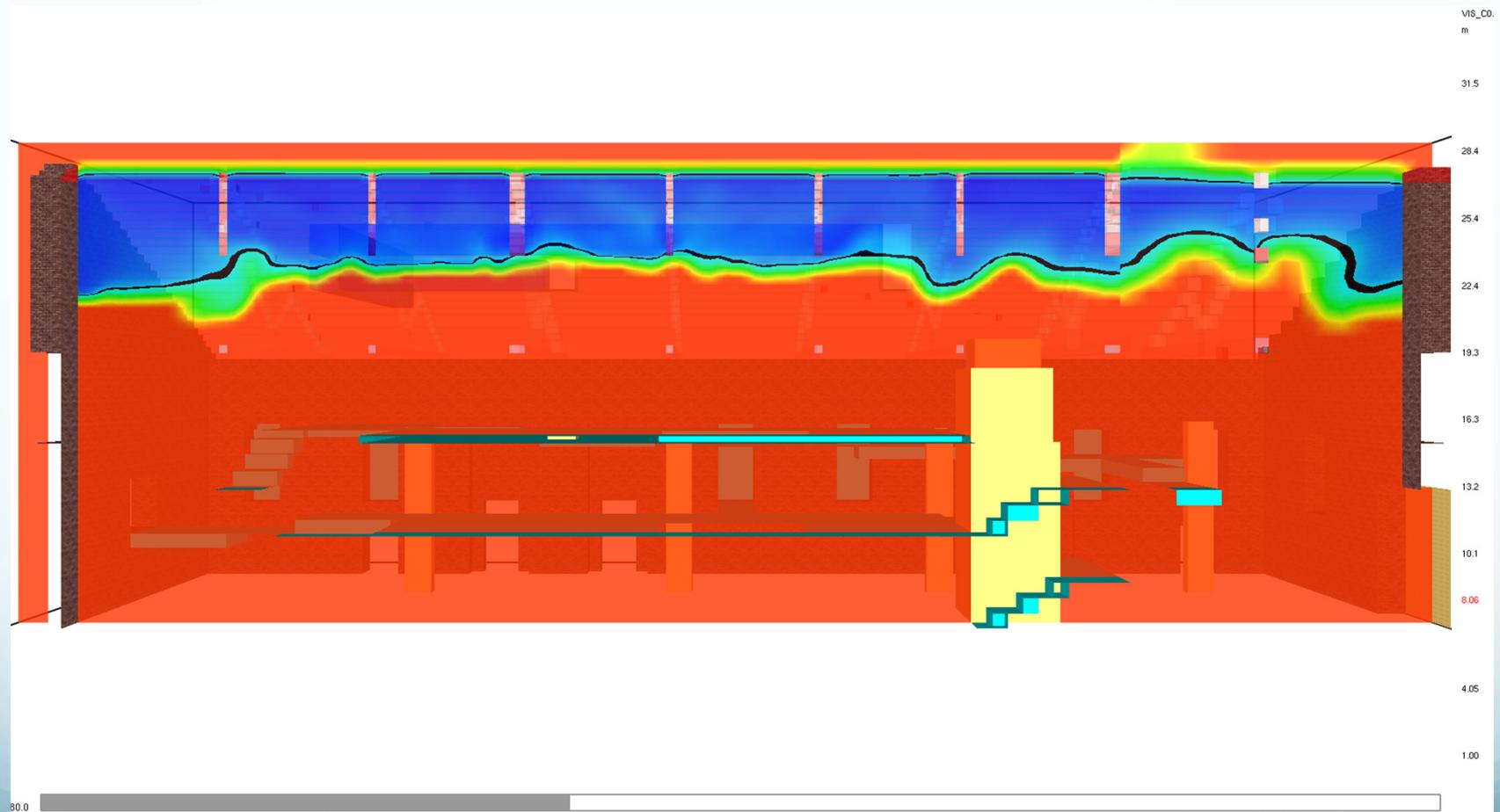
ANALISI QUANTITATIVA: 4.2 Risultati delle elaborazioni



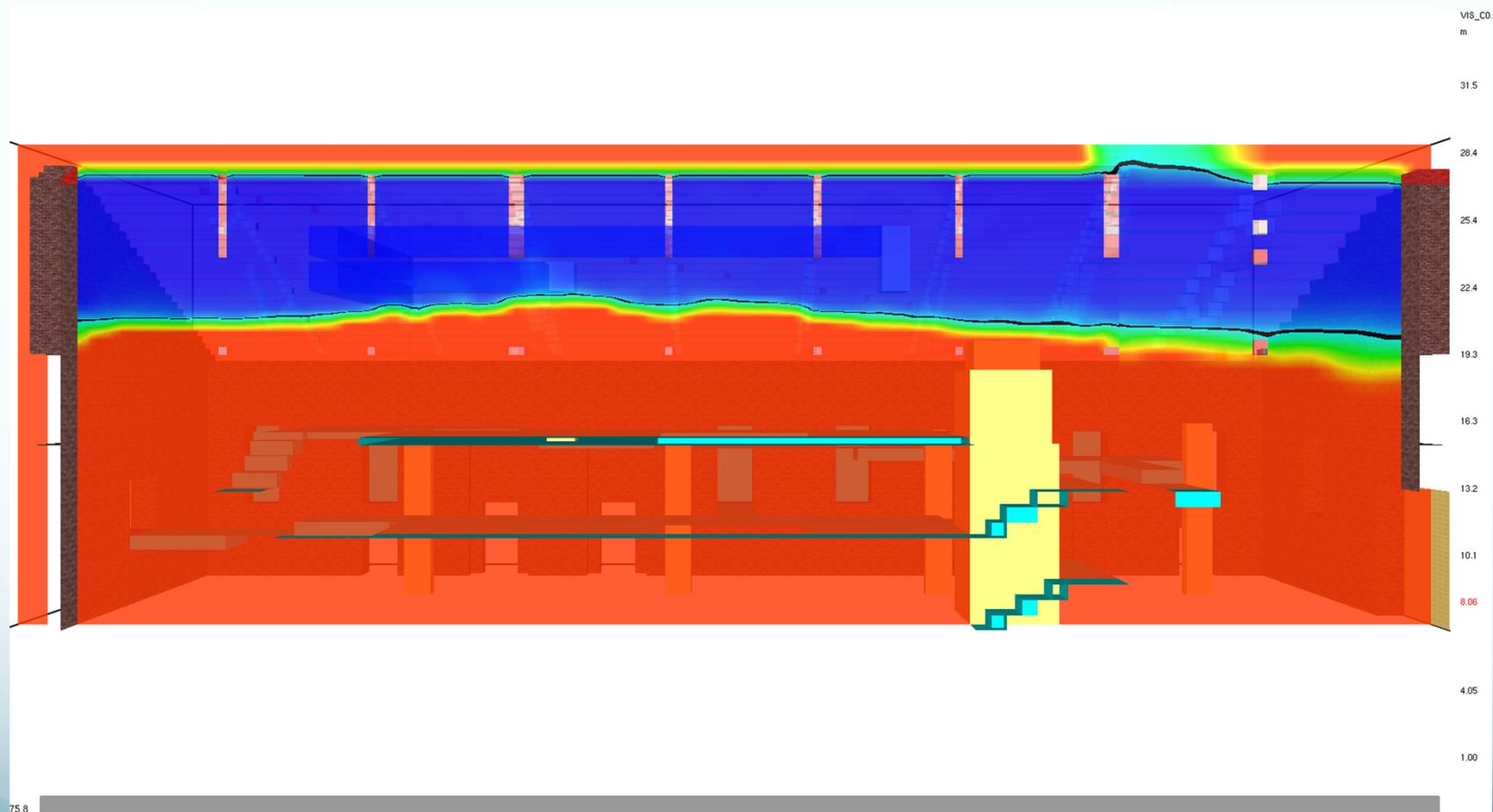
Dopo 120 secondi



Dopo 180 Secondi



Dopo 480 Secondi



ANALISI QUANTITATIVA: 4.3 Individuazione del progetto finale

CONCLUSIONI

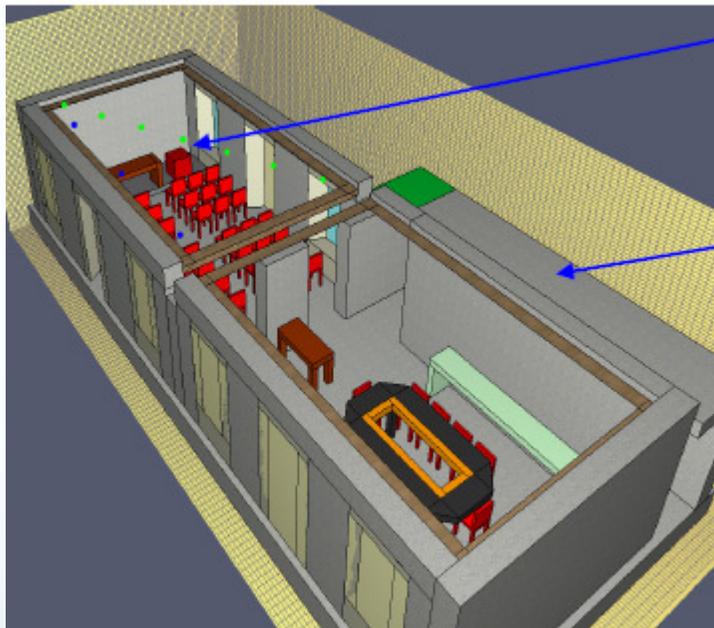
- Come si può notare dalle immagini sulla visibilità, le altezze libere da fumo durante il tempo di evacuazione non scendono mai al di sotto dei 2 m dal piano di calpestio a quota 6,35 m per l'intera evoluzione dell'incendio, permettendo alle persone di evacuare in sicurezza.
- Nella fase di incendio pienamente sviluppato le varie superfici di aerazione favoriscono anche lo smaltimento del calore, migliorata dall'impianto di estrazione.

ANALISI QUANTITATIVA: 4.4 Documentazione di Progetto

- Sommario Tecnico firmato congiuntamente dal progettista e dal titolare dell'attività completo di scenari di incendio e livelli di prestazione – ASSUNZIONE DI RESPONSABILITA' ;
- Esito dell'elaborazione completo di disegni, schemi grafici, immagini, dati di ingresso e risultati inequivocabili a cui andrà aggiunto:
 - Dimostrazione della appropriatezza dei modelli utilizzati;
 - Giustificazione adeguata dei parametri e valori associati;
 - Fornire indicazione in merito all'origine ed alle caratteristiche dei codici di calcolo;
 - Illustrare adeguatamente tutti gli elementi che consentono di verificare il rispetto dei livelli di prestazione.
- Su richiesta del Comando Provinciale VVF devono essere esibiti i tabulati relativi al calcolo e i relativi dati di input;
- La documentazione appropriata finalizzata a comprendere le responsabilità (indicare esplicitamente l'assunzione di responsabilità) di ciascuno e quindi le limitazioni di realizzo ed esercizio.

ESEMPIO 1 (Cfast – NIST):

Aula Ordine degli Ingegneri di Milano



**Incendio materiale plastico
Con curva imposta**

**Verifica condizioni di
Sicurezza per esodo
Persone nel corridoio**

ANALISI PRELIMINARE: 3.1 Definizione del Progetto

VINCOLI PROGETTUALI	<p>Ipotizziamo che applicando la normativa sugli uffici e che non si riesca a rispettare le prescrizioni relative al percorso di esodo nell'aula corsi:</p> <p>6.6 Lunghezza delle vie di uscita</p> <p>Comma 3 – La lunghezza dei corridoi ciechi non deve essere superiore a 15 m (aumentato di 10 metri essendo esistente).</p>
INDIVIDUAZIONE PERICOLI DI INCENDIO	<p>I possibili pericoli di incendio derivano essenzialmente dal malfunzionamento della workstation che può prendere fuoco. Non vi sono altre possibilità di incendio.</p>
CONDIZIONI AMBIENTALI	<p>L' Aula in esame può ospitare al max 100 persone, ha due porte di esodo verso la sala ovale adiacente e la lunghezza massima del percorso per raggiungere il luogo sicuro sarà 28 m (3 metri superiore alla lunghezza consentita dal D.M. 22 febbraio 2006). L'unica via di esodo è la porta in fondo al corridoio d'accesso di larghezza 2 m.</p> <p>L' aula ha un'altezza di 6,5 m ed il corridoi di 4 m.</p>
ANALISI CARATTERISTICHE OCCUPANTI	<p>Gli occupanti l'aula accedono ad essa in caso di eventi (corsi, convegni). Non sono presenti in modo permanente. Non sono formati per l'emergenza antincendio e non conoscono le procedure primo intervento.</p>

ANALISI PRELIMINARE: 3.2 Identificazione degli obiettivi di sicurezza

DEFINIZIONE DEI CAPISALDI DELLA SICUREZZA	Tutti i parametri della sicurezza previsti dalla normativa sugli Uffici saranno rispettati pertanto ci si focalizza sulle vie di esodo oggetto della deroga. Importante ai fini dell' esodo saranno: <ul style="list-style-type: none">- il corridoio, libero da ingombro- la larghezza delle porte di esodo e del corridoio da 2 m che agevola l' evacuazione
OBIETTIVO 1	<p><u>Incolumità degli occupanti:</u> Si può ipotizzare che durante l' emergenza nell' Aula ci siano al massimo 100 persone, si considera il tempo impiegato dalla persona più distante a raggiungere il luogo sicuro. La verifica verrà effettuata calcolando il presumibile tempo occorrente alla persone, poste nel punto più sfavorevole, per raggiungere un luogo sicuro e controllando che esso sia minore di quello che impiegano il fumo ed i gas di combustione per portarsi ad un altezza delle vie respiratorie; è importante sapere che tale valutazione delle condizioni di sicurezza è ragionevolmente conservativa poiché viene ammesso che le persone, anche per breve tempo, non possano essere sottoposte all' azione nociva del fumo e dei gas di combustione.</p> <p>A vantaggio della sicurezza, è stato supposto che non vi sia stato alcun intervento da parte del personale interno incaricato dell' attuazione delle misure di lotta antincendio, in quanto non e' sorvegliata.</p>

ANALISI PRELIMINARE: 3.3 Individuazione dei livelli di prestazione

PARAMETRI NECESSARI AL SODDISFACIMENTO DEGLI OBIETTIVI	OBIETTIVI	PARAMETRI	Valore Numerico di riferimento
	<u>Obiettivo 1:</u> Incolumità delle persone	<u>Parametro 1</u> h_{\min} = Altezza minima dei fumi	Ai sensi della normativa sulla Sicurezza in caso di incendio si ha che tale parametro è $h_{\min} = 1,5 \text{ m}$
		<u>Parametro 2</u> $t_{\text{evac. Tot.}}$ = Tempo totale di evacuazione	Al fine di preservare l'obiettivo 1 è necessario che $t_{\text{evac. Tot.}}$ sia inferiore al tempo necessario ai fumi di abbassarsi al di sotto di h_{\min} . $t_{\text{evac. Tot.}} = 180 \text{ s}$ (Allegato calcolo)

ANALISI PRELIMINARE: 3.3 Individuazione dei livelli di prestazione

<u>Parametro2</u>	Tempo Totale di Evacuazione
	<p>Si ipotizzi che la presenza dell' incendio venga notata dalla persona più sfavorita per l' esodo dopo circa 10 s dall' inizio dell' ignizione, poiché viene notata la presenza di fumo nelproveniente dalla workstation posta sulla scrivania.</p> $t_{\text{rilev.inc}} = 10 \text{ s}$ <p>Dopo un iniziale tempo di sorpresa ed incredulità inizia il processo di evacuazione delle persone presente nel punto più distante. Le persone non impiegheranno molto tempo per iniziare ad evacuare, possiamo pertanto supporre che sia circa</p> $t_{\text{iniz.evac}} = 30 \text{ s.}$ <p>Adottando, a scopo precauzionale, che l' affollamento per una superficie di 140 m², specifica dell' aula con percorso superiore a 25 m (vedi figura), sia di 100 persone,</p> <p>la densità nel corridoio sarà di:</p> $d_{\text{corridoio aula}} = 100 / (2,0 \times 25) = 2,00 \text{ persone/m}^2$ <p>La velocità di esodo in tale tratto è, quindi, pari a:</p> $V_{\text{corridoio aula}} = 1,4 - 0,37 \times 2,00 = 0,66 \text{ m/s}$ <p>Allora la persona più sfavorita posta nel punto più distante dalla rampa dovrà percorrere 25 m e impiegherà mediamente per raggiungere l' uscita un tempo di:</p> $t_{\text{uscita}} = 25\text{m} / 0,66 \text{ m/s} = 38 \text{ s} \approx 40 \text{ s}$ <p>Arrivati alla uscita, le persone passando da 2 m a 1,2 m (larghezza della porta) gli occupanti formeranno una coda e l' esodo avverrà in modo non lineare pertanto prevediamo un ritardo di 30 s.</p> <p>TEMPO TOTALE DI EVACUAZIONE $t_{\text{evac.tot.}} = 10 \text{ s} + 30 \text{ s} + 40 \text{ s} + 30 \text{ s} = 110 \text{ s}$</p>

ANALISI PRELIMINARE: 3.4 Individuazione degli scenari di incendio

SCENARI DI INCENDIO	CARATTERISTICHE DEL FOCOLAIO	<p>Prendiamo in esame la parte di Aula con percorso superiore al massimo consentito. Un incendio a sviluppo veloce dovuto alla combustione di una workstation si produce sul tavolo dei relatori, dimensione Aula</p> <p>Lunghezza Aula = 14,0 m Larghezza Aula = 10,00 m,</p> <p>Al fine di una buona evacuazione del fumo del calore e dei gas di combustione si tenga presente che l'aula durante l'ipotesi di incendio ha la porta finestra e le 2 finestre aperte e le due porte di accesso all'aula dalla sala ovale sono anch'esse aperte.</p>
	CARATTERISTICHE DELL' EDIFICIO	<p>H = 6,25 m l'aula presenta un'altezza rilevante pertanto i fumi hanno un volume maggiore da riempire.</p> <p>$h_{eq} = 4$ m Le porte e le finestre sono molto alte pertanto i fumi ed i gas della combustione possono evacuare rapidamente .</p>
	CARATTERISTICHE OCCUPANTI	<p>Gli occupanti si accorgono del fumo che esce dalla workstation e si occupano soltanto di evacuare senza intervenire per lo spegnimento. A favore di sicurezza.</p>

ANALISI PRELIMINARE: 3.4 Individuazione degli scenari di incendio

VALUTAZIONE RISCHI INCENDIO	COMBUSTIBILE	Si ipotizza che prenda fuoco la workstation sulla scrivania a 2 m dalle pareti in fondo all' aula e che vi sia altro combustibile quali una sedia più vicina che prende fuoco dopo 100 s.
	TASSO DI CRESCITA DEL FUOCO	In nell' aula si può supporre un tasso di crescita elevato $t_g = 150 \text{ s}$
	RHR	Potenza termica della workstation, e della sedia
	SVILUPPO DEI PRODOTTI DELLA COMBUSTIONE	Si valuta lo sviluppo dei fumi nel suo complesso avendo ipotizzato che la persona non respiri mai tali prodotti della combustione
	CARATTERISTICHE DEL LOCALE	<p>Struttura : Mattone pieno</p> <p>Dim. Aula incendio: 10,00 m x 14,00 m x 6,25 m</p> <p>Corridoio: 2,00 m x 25,00 m x 4 m</p> <p>Dim. Sala Ovale : 10,00 m x 14,00 m x 6,25 m</p> <p>Aerazioni orizzontale: $1,5 \times 4,00 \text{ m}^2 = 6,00 \text{ m}^2$</p> <p>$2 \times 1,25 \times 3,00 \text{ m}^2 = 7,50 \text{ m}^2$</p> <p>Sup. porte : $2 \times 2,00 \text{ m} \times 4,00 \text{ m} = 16,00 \text{ m}^2$</p> <p>H Aula. = 6,25 m</p>
	CONDIZIONE DELLE PERSONE PRESENTI	Si considera un affollamento di 100 persone per l' intera area di 140 m^2 pertanto Affollamento = $0,7 \text{ persone/ m}^2$ tutte auto sufficienti.