



ORDINE DEGLI  
INGEGNERI DELLA PROVINCIA  
BARLETTA  
ANDRIA  
TRANI

CORSO SU "INTRODUZIONE ALL'APPROCCIO INGEGNERISTICO PER LA  
PROGETTAZIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO: DALLE HANDCAL  
CULATIONS AI SOFTWARE DI CALCOLO. TEORIA E CASI PRATICI"

Lunedì, 29.04.2024  
15:00 – 19:00

Ing. Diego Cecchinato - Fire  
Engineer

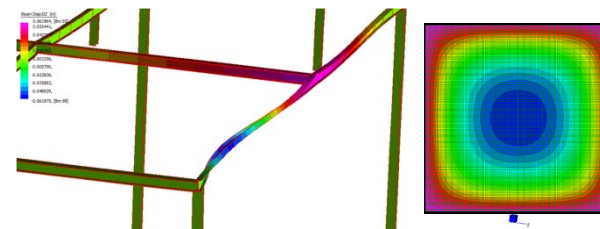
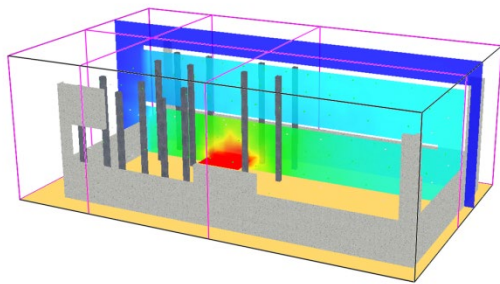
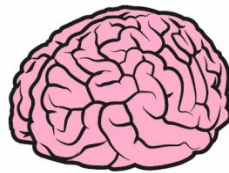
C. +39 348 9823213

[diego.cecchinato@infire.com](mailto:diego.cecchinato@infire.com)

**Che cosa significa?!  
Approccio Ingegneristico**



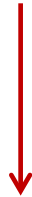
# Ma che strumenti abbiamo a disposizione?



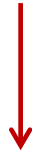
---

# OBIETTIVI PRINCIPALI FSE

**SALVAGUARDIA VITA**



**Prime fasi  
dell'incendio**



**Studio esodo**

**SALVAGUARDIA BENI**



**Fase di  
completo  
sviluppo e  
decadimento**



**Studio  
strutture**

---



---

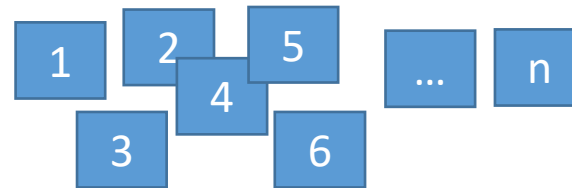
*Prima Fase: Analisi  
preliminare*

*Seconda Fase: Analisi  
quantitativa*

---

# SCELTA SCENARI

## Scenari Possibili



## Scenari di progetto

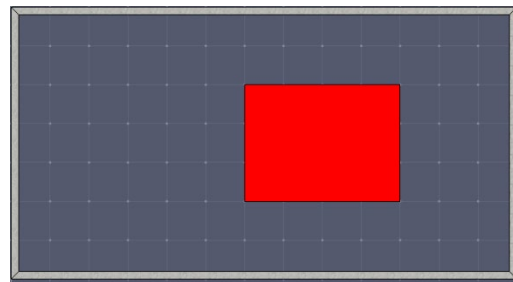
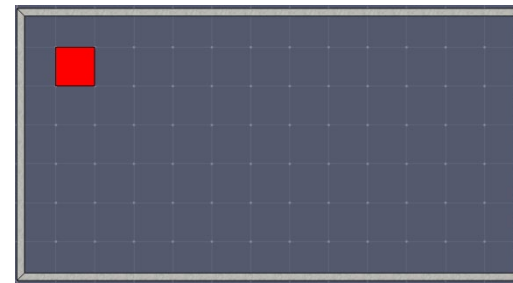
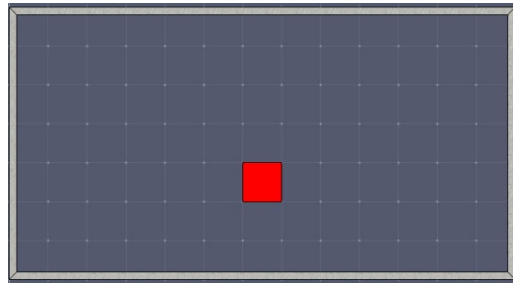


...più gravosi per  
l'obiettivo di sicurezza e  
che garantiscono lo  
stesso livello di sicurezza

---

# *SCENARI*

## **Incendio in punti differenti**



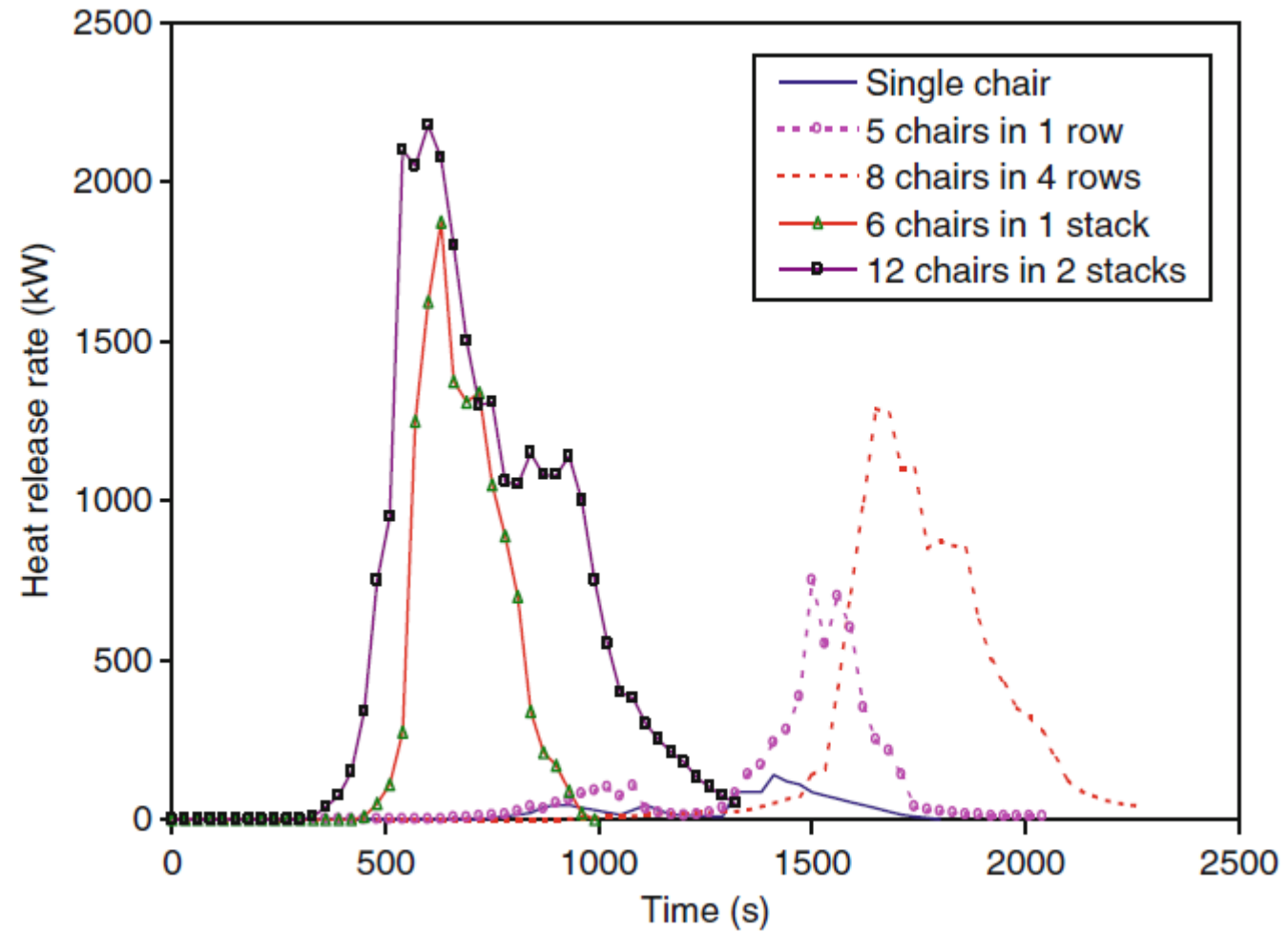
---

**SONO INCENDI DIFFERENTI**



## SONO INCENDI DIFFERENTI

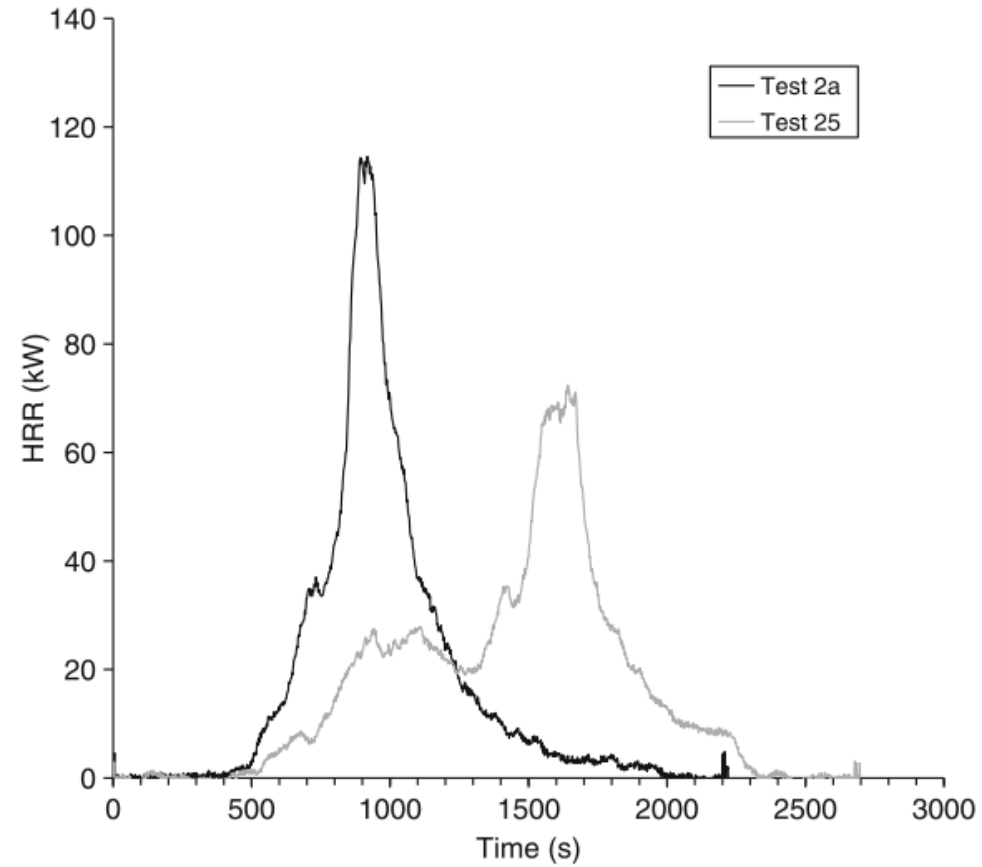
**Fig. 26.20** HRR of stackable chairs, polypropylene with steel frame, no padding



---

## SCENARI

### Differente sviluppo potenza



---

## **CARICO DI INCENDIO E CURVA RHR**

**Carico di incendio: quantità di energia presente nel compartimento [J]**

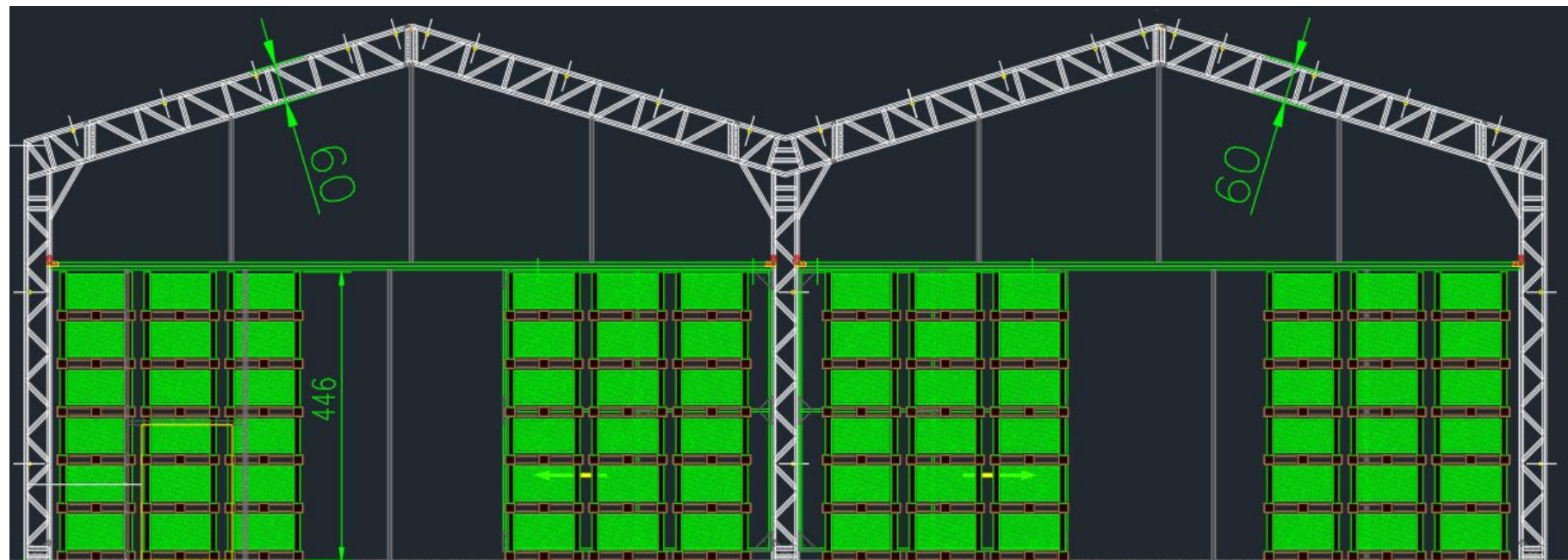
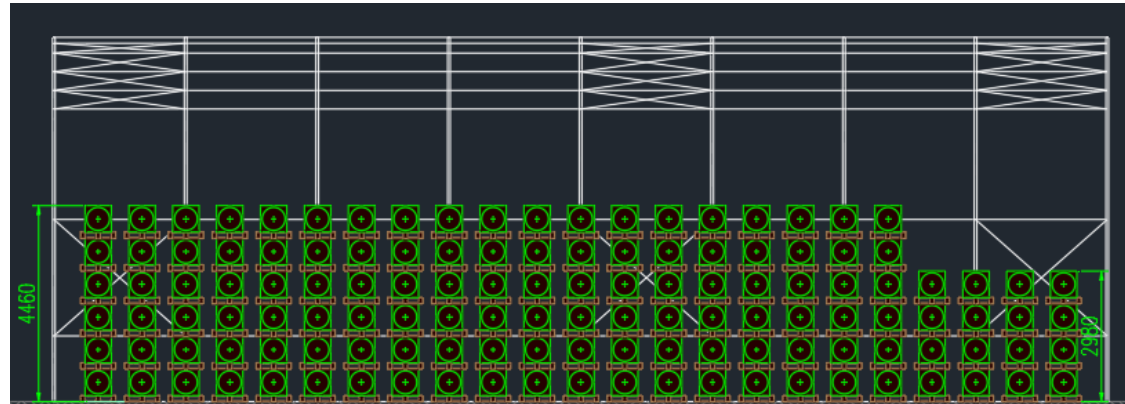
**Curva di potenza: energia sprigionata nell'unità di tempo [kW]**

**Nell'approccio ingegneristico, il Carico di Incendio "perde" di importanza. Se nell'approccio prescrittivo era il parametro fondamentale per "inquadrare" un incendio, nell'approccio prestazionale non lo è più.**

**Pur rimanendo un parametro importante, è evidente che è la potenza sprigionata che identifica inequivocabilmente il "comportamento" di un incendio.**

---

# Esempio Strutture



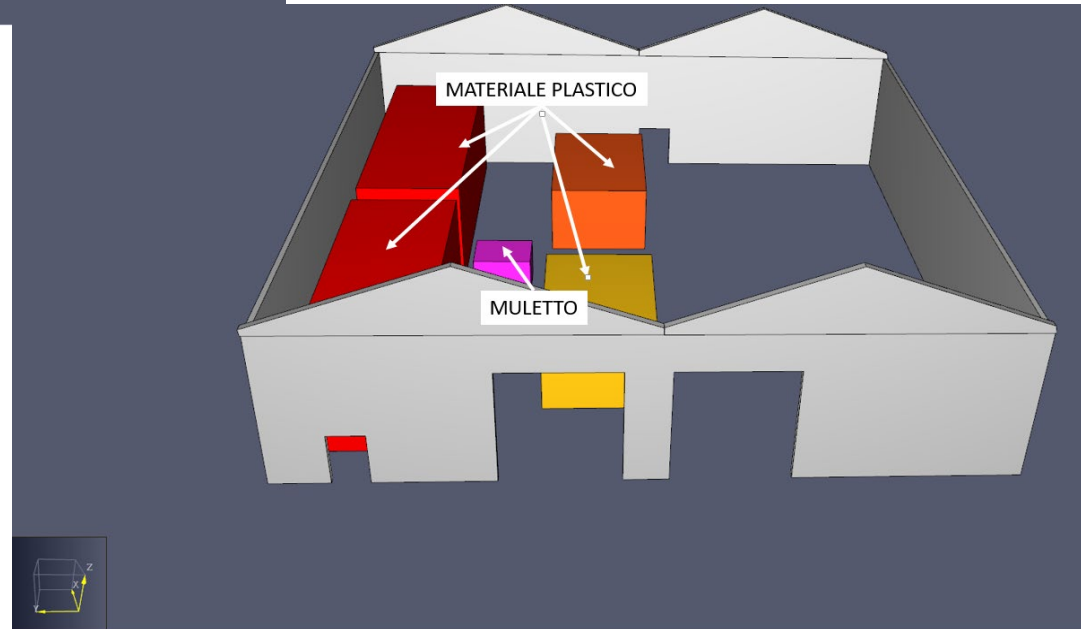
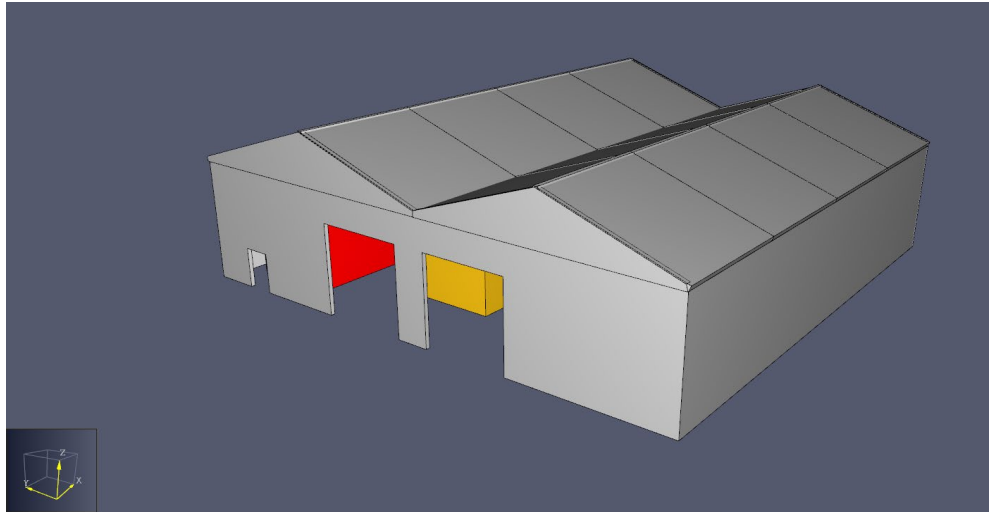


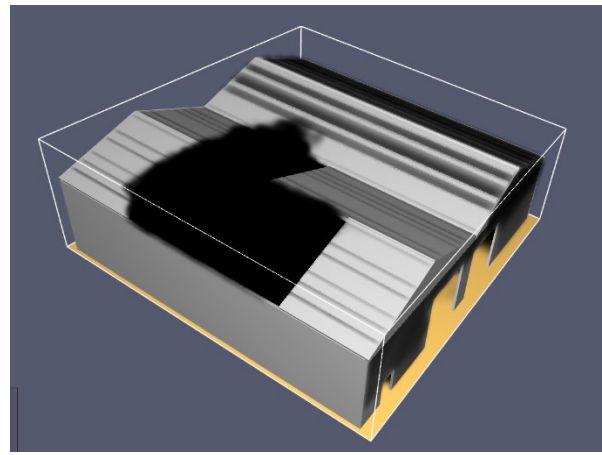
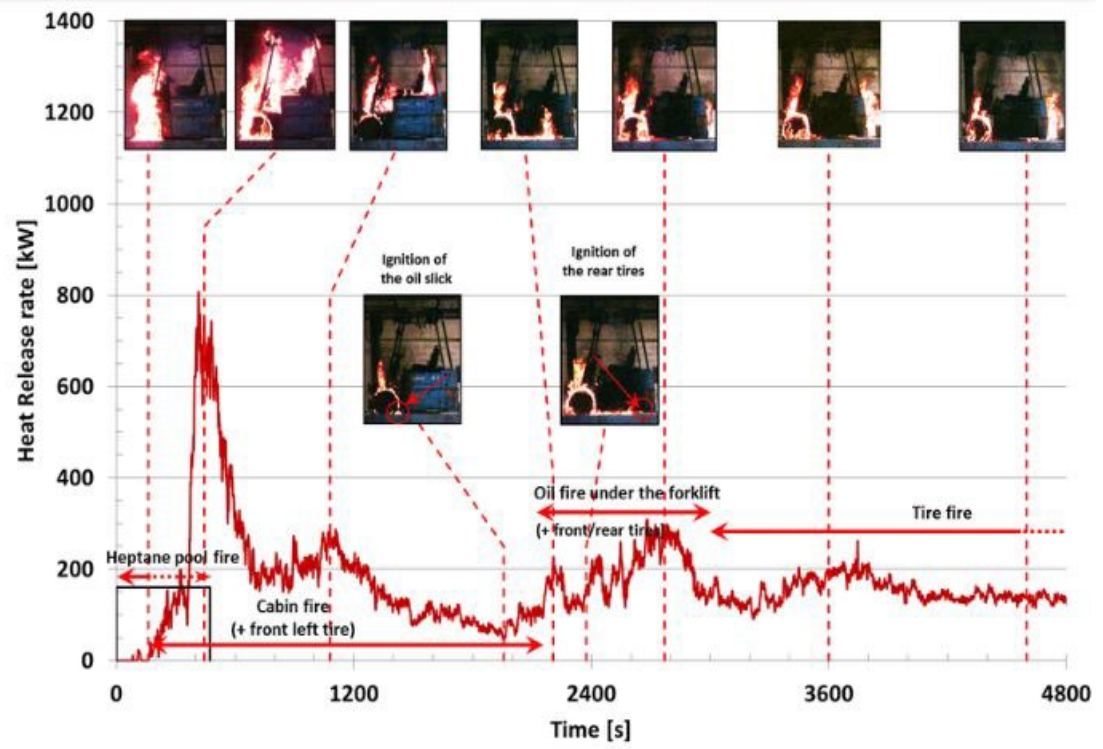
---

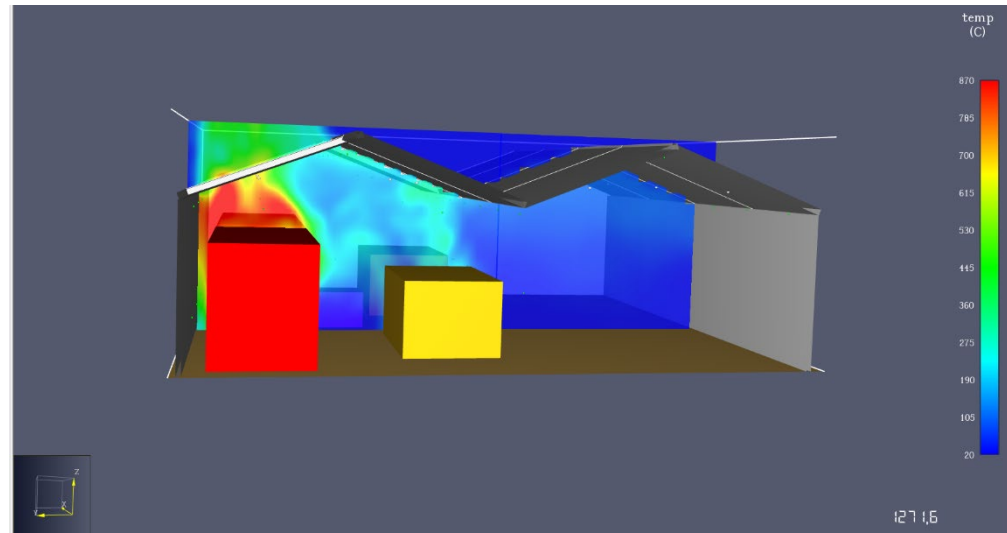
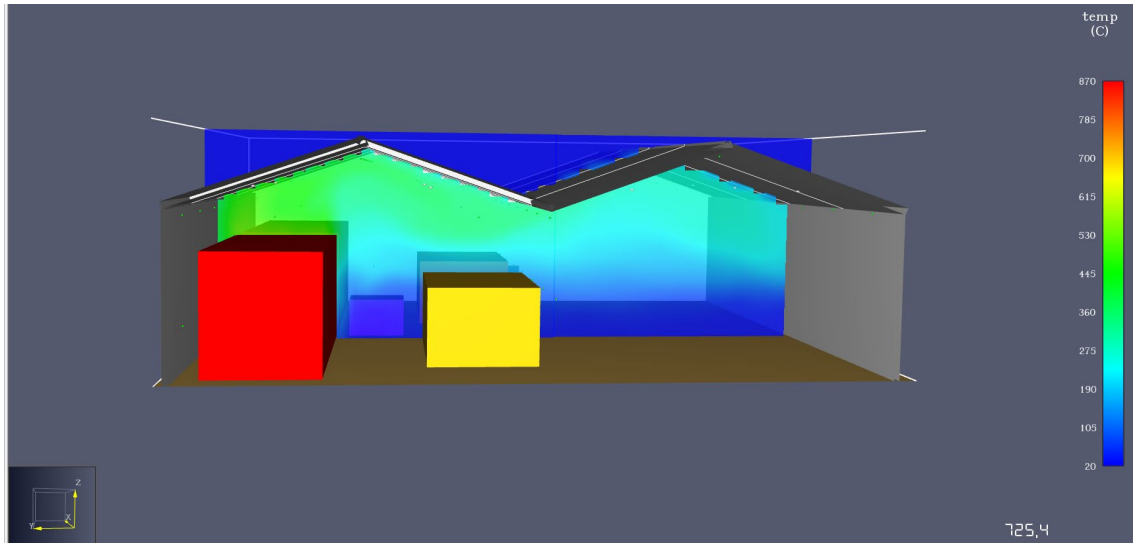
#### S.2.4.7

#### Soluzioni alternative per il livello di prestazione II

1. Sono ammesse *soluzioni alternative*, costituite da:
  - a. compartimentazione rispetto ad altre costruzioni;
  - b. assenza di danneggiamento ad altre costruzioni o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività, per effetto di collasso strutturale;
  - c. mantenimento della capacità portante in condizioni di incendio per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione. La capacità portante deve essere comunque tale da garantire un margine di sicurezza  $t_{\text{marg}} \geq 100\% \cdot \text{RSET}$  e comunque  $\geq 15$  minuti (paragrafo M.3.2.2).
2. Per la verifica della compartimentazione e dell'assenza di danneggiamento in caso di collasso strutturale, si utilizzano le soluzioni alternative previste per il livello di prestazione I di resistenza al fuoco.
3. Per la verifica del mantenimento della capacità portante in condizioni di incendio, le soluzioni alternative si ottengono verificando le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli scenari di incendio di progetto ed ai relativi incendi convenzionali di progetto rappresentati da curve naturali di incendio secondo il paragrafo S.2.6.
4. Al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato *livello di prestazione* il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.7.



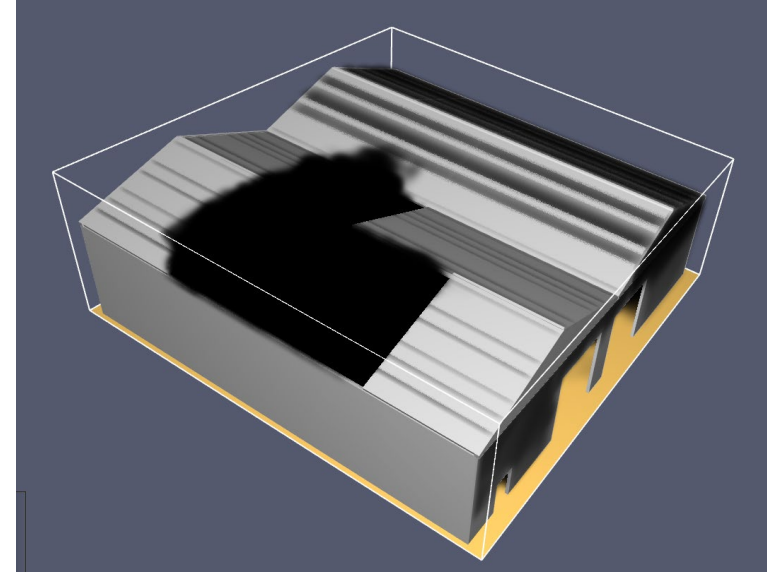


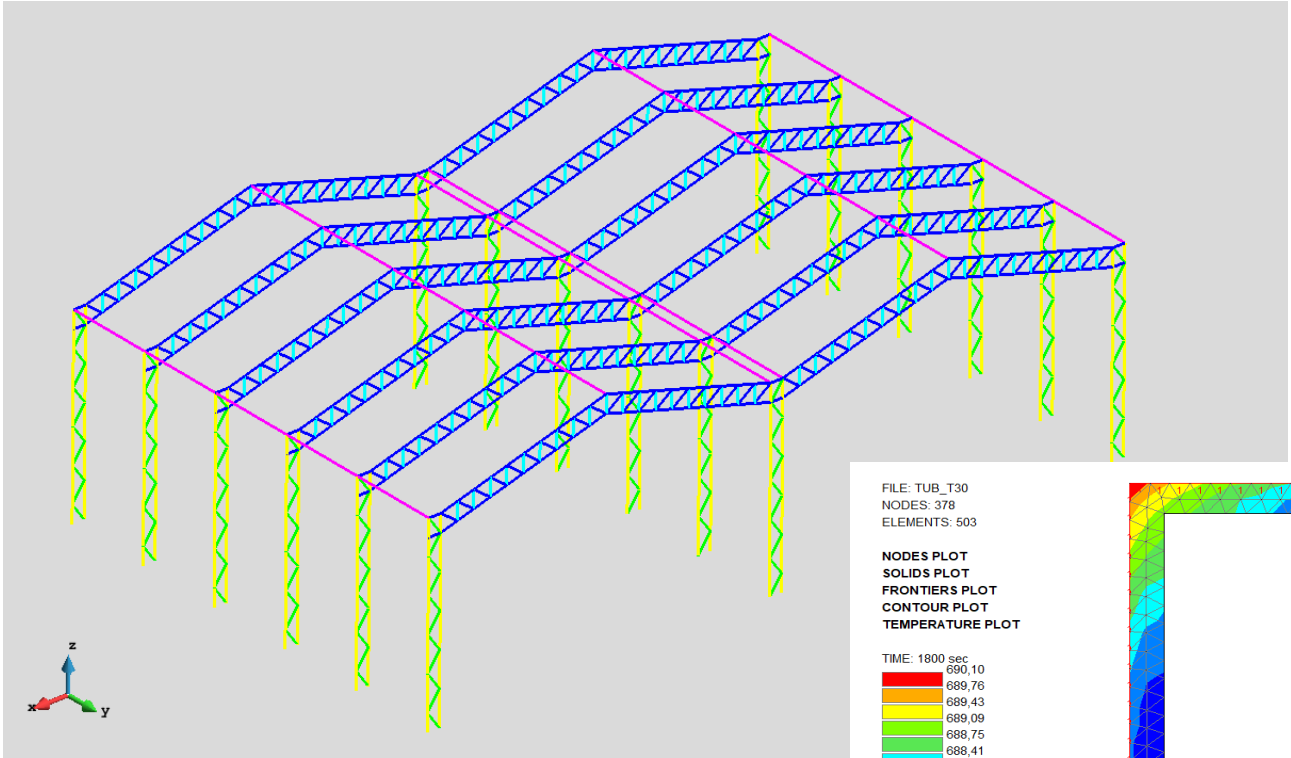


**TABLE III. Thermal and Ignition Properties of Selected Polymers**

VAC	Polymer	% Inert	CHF	Temperature (°C)			TRP(kW·s <sup>1/2</sup> /m <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>	
				T <sub>m</sub> (°C)	T <sub>d</sub> (°C)	T <sub>ig</sub> (°C)	Exp	Cal
201	PE	0.0	15	128	440	443	454	345
208	PP	2.2	15	166	429	443	288	240
230	PP	0.2	15	164	423	443	323	237
256	PP	20.4	15	164	430	443	277	208
611	PC	0.2	20	Amorphous	440	497	357	252
654	PVC	8.0	10	Amorphous	269	357	263	176
676	PP	NM	15	Amorphous	NM	443	310	NM
732	PP	18.8	15	166	430	443	333	238
743	Nylon 6	1.4	20	221	497	497	154	106
788	PVC	52.9	10	Amorphous	255	374	215	214
798	PC	0.2	20	Amorphous	445	497	434	296
870	PET	1.3	10	245	325	374	174	113
Ref	PMMA	0.0	10	Amorphous	330	378	274	259

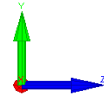
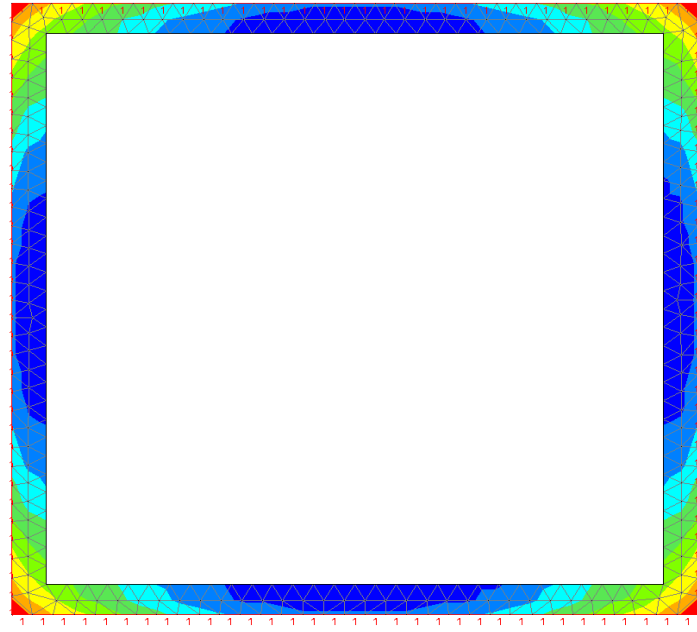
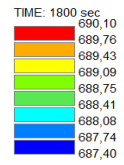
a: exp: experimental, cal: calculated; NM: not measured.





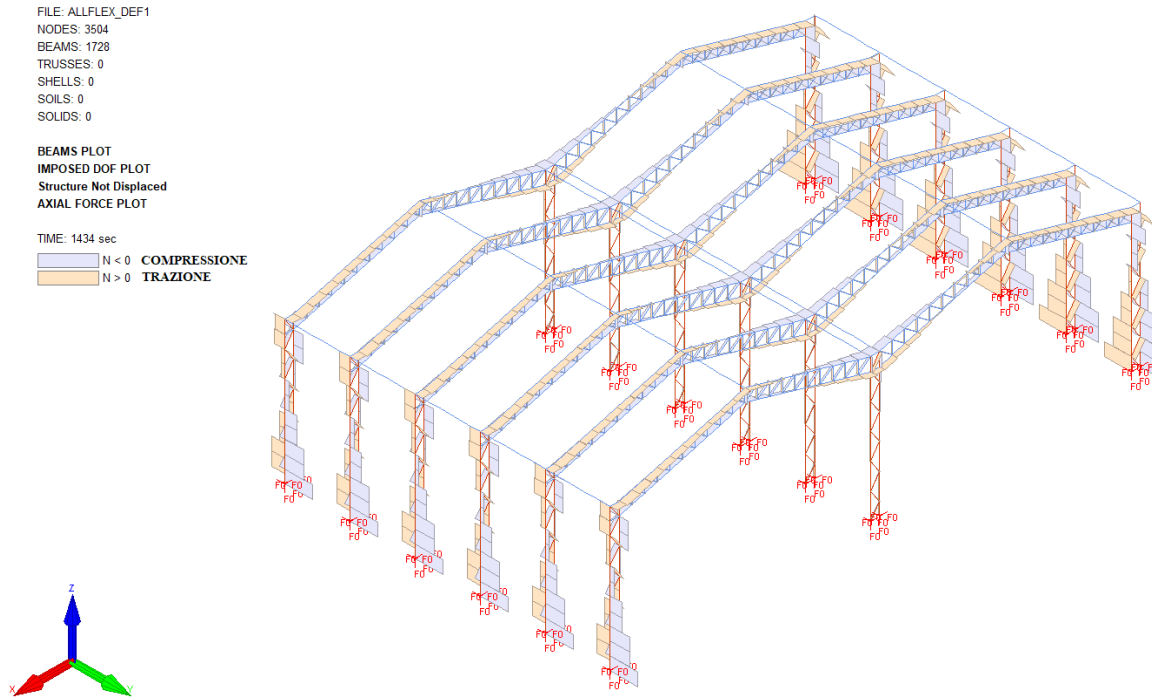
FILE: TUB\_T30  
 NODES: 378  
 ELEMENTS: 503

NODES PLOT  
 SOLIDS PLOT  
 FRONTIERS PLOT  
 CONTOUR PLOT  
 TEMPERATURE PLOT



## Conclusioni:

- 15 minuti di curva naturale rispettata secondo il livello di prestazione scelto. La struttura cade dopo questo intervallo di tempo
- Nessun intervento

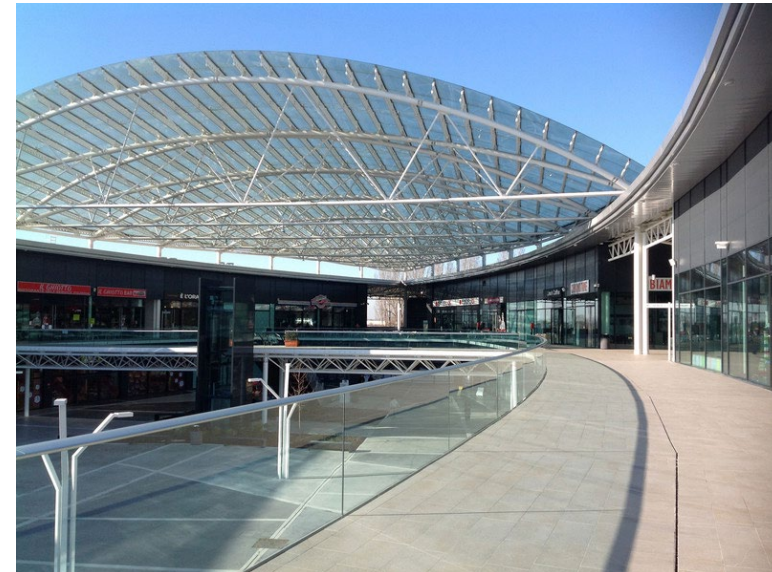




# CENTRO COMMERCIALE – Soluzione alternativa S.2

## DESCRIZIONE

- Centro Commerciale con strutture in acciaio
  - Richiesta strutture R60
- In fase di rinnovo CPI, si è riscontrato un grave ammaloramento del trattamento con vernici intumescenti. Il trattamento esterno, presentava evidenti distacchi.





---

# CENTRO COMMERCIALE

## SOLUZIONI CONFORME

Sabbiare e Trattare nuovamente



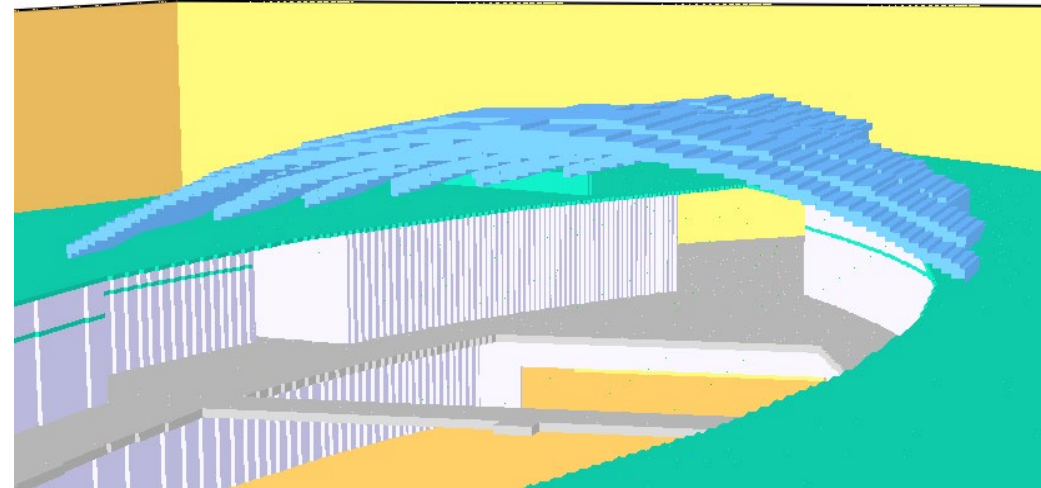
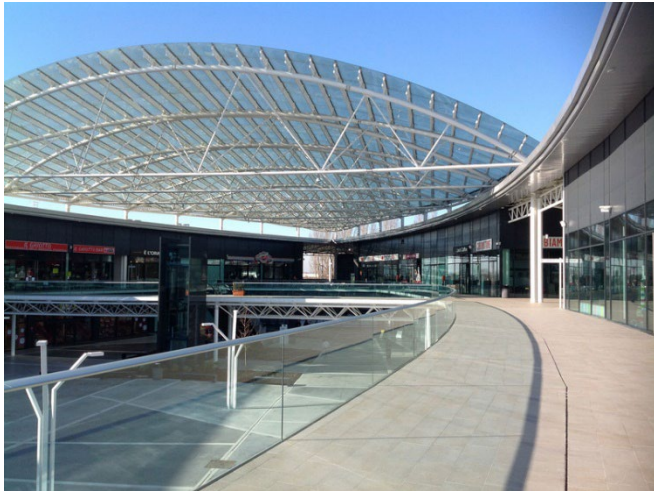
## SOLUZIONI ALTERNATIVA

Approccio ingegneristico con soluzione FSE.



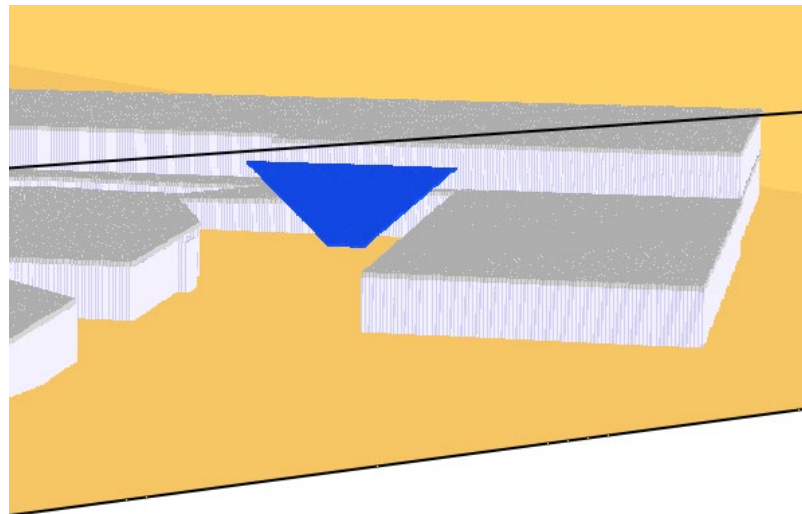
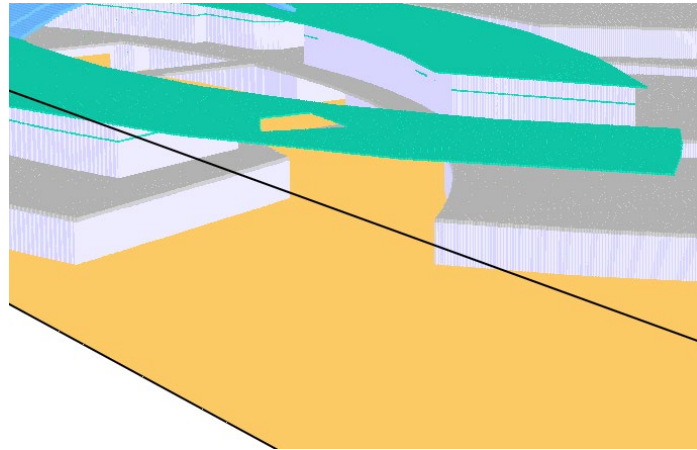
---

**In Prima istanza si scelgono le posizioni e gli scenari**



---

In Prima istanza si scelgono le posizioni e gli scenari

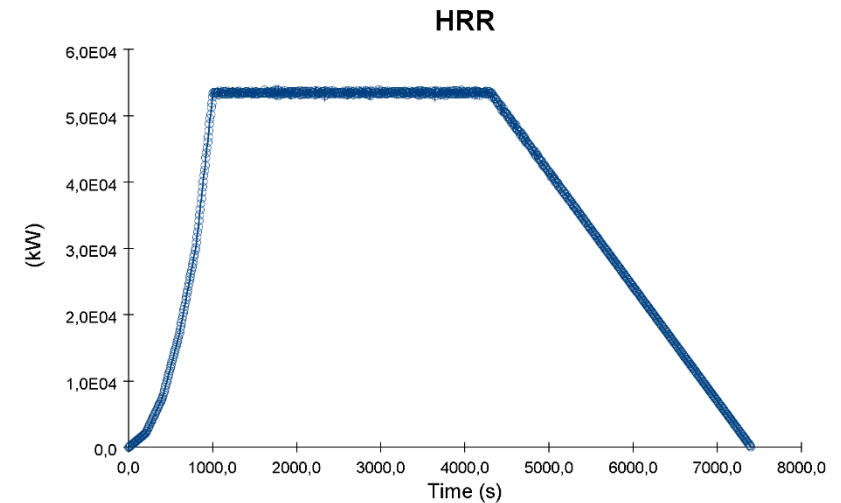




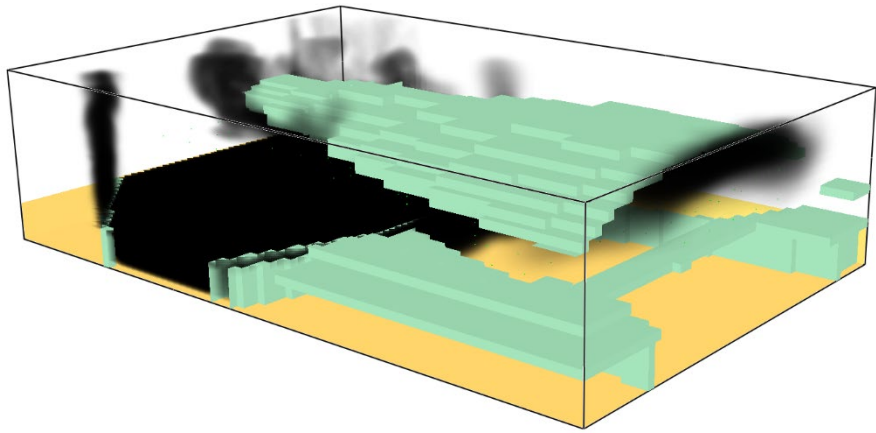
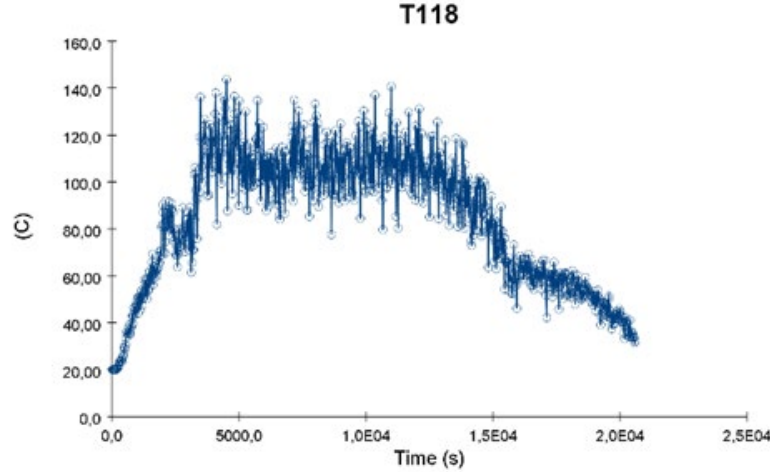
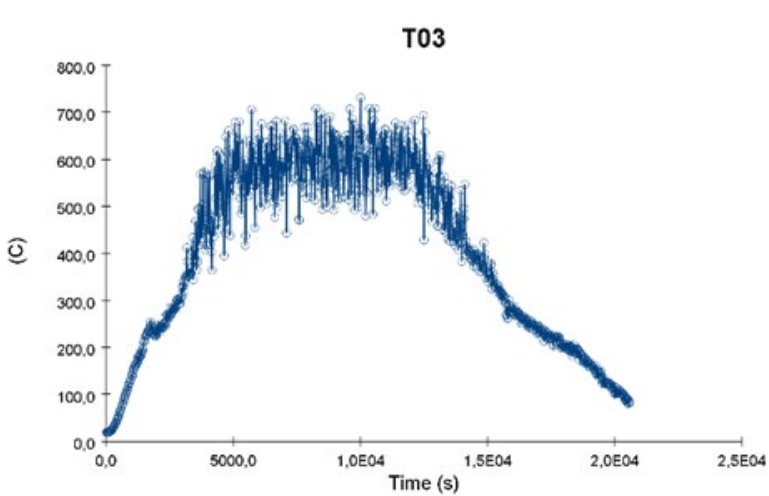
Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Velocità caratt. di crescita dell'incendio $t_e$	150 s ( <i>fast</i> )	75 s ( <i>ultra-fast</i> )
RHR <sub>max</sub> totale RHR <sub>max</sub> per m <sup>2</sup> di superficie del focolare	5 MW 250-500 kW/m <sup>2</sup> [1]	50 MW 500 -1000 kW/m <sup>2</sup> [1]
Resa in particolato $Y_{soot}$	Pre flashover: 0,07 kg/kg [2,3] Post flashover: 0,14 kg/kg [2,3]	Pre flashover: 0,18 kg/kg [4] Post flashover: 0,36 kg/kg [4]
Resa in monossido di carbonio $Y_{CO}$	Pre flashover: 0,10 kg/kg [5] Post flashover: 0,40 kg/kg [5]	
Calore di combustione effettivo $\Delta H_c$	20 MJ/kg [3]	
Resa in biossido di carbonio $Y_{CO_2}$	1,5 kg/kg [3,6]	
Resa in acqua $Y_{H_2O}$	0,82 kg/kg [3,6]	
Frazione di RHR in irraggiamento ( <i>Radiative fraction</i> )	35% [3]	
<p>[1] Da impiegare in alternativa all'RHR<sub>max</sub> totale, considerando la massima superficie del focolare, pari al compartimento antincendio nel caso di carico di incendio uniformemente distribuito, ma che può essere un valore inferiore nel caso d'incendio localizzato.</p> <p>[2] Robbins A P, Wade C A, Study Report no 185 "Soot Yield Values for Modelling Purposes - Residential Occupancies", BRANZ, 2008</p> <p>[3] "CVM2 Verification method: Framework for fire safety design", New Zealand Building Code</p> <p>[4] "SFPE handbook of fire protection engineering", NFPA, 4<sup>th</sup> ed., 2008. Tabella 3-4.16, pag. 3-142, da <i>polyurethane flexible foams</i>.</p> <p>[5] Stec AA, Hull T R, "Fire Toxicity", Woodhead Pub., 2010. § 2.4 con <math>\Phi = 1,25</math> (<i>underventilated fire</i>)</p> <p>[6] In alternativa alle rese <math>Y_{CO_2}</math> e <math>Y_{H_2O}</math>, si può imporre nel codice di calcolo il combustibile generico <math>CH_2O_{0,5}</math>.</p>		

Tabella M.2-2: Focolari predefiniti

## Scelta Curva RHR (Potenza dell'incendio)

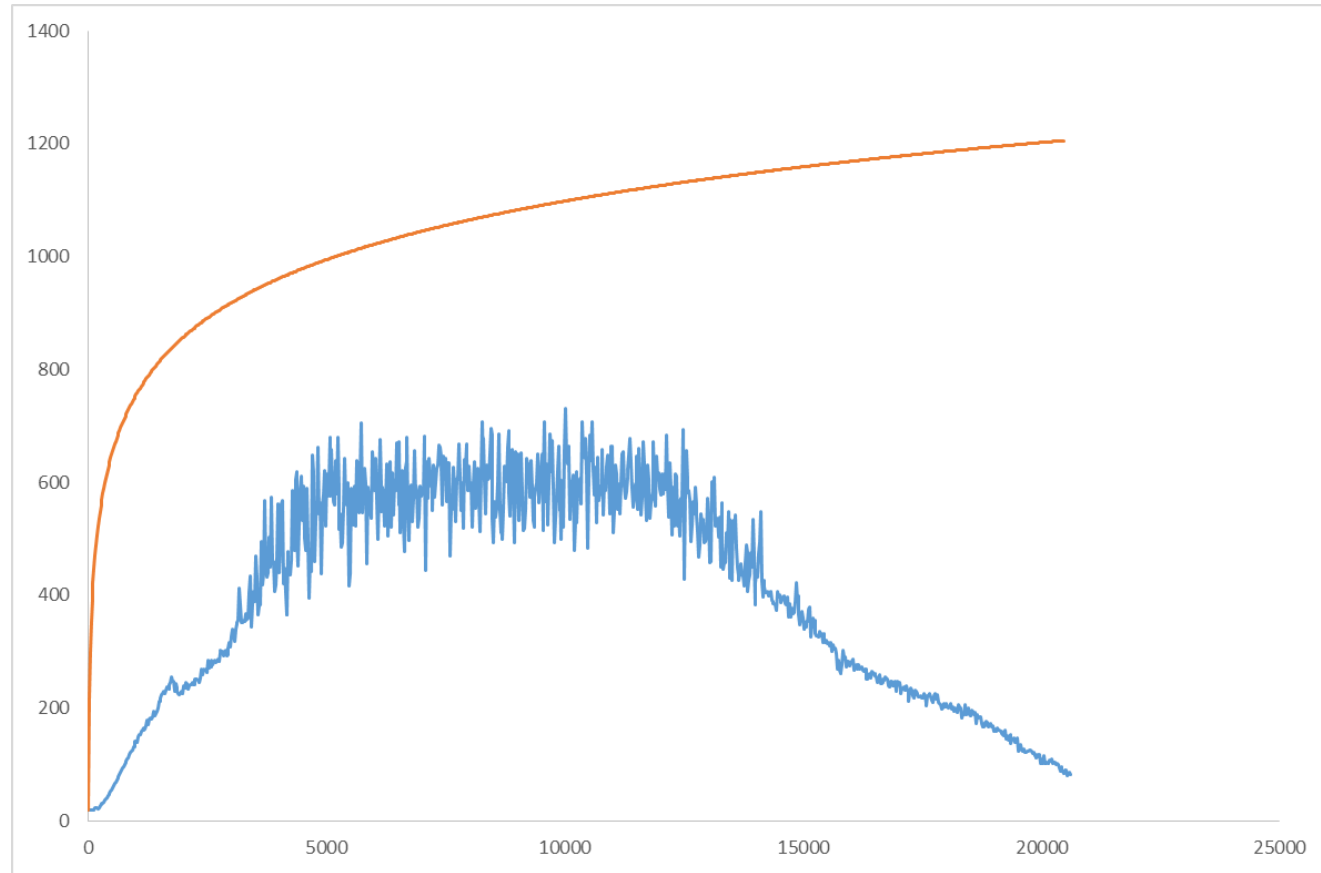


# Risultati Simulazioni

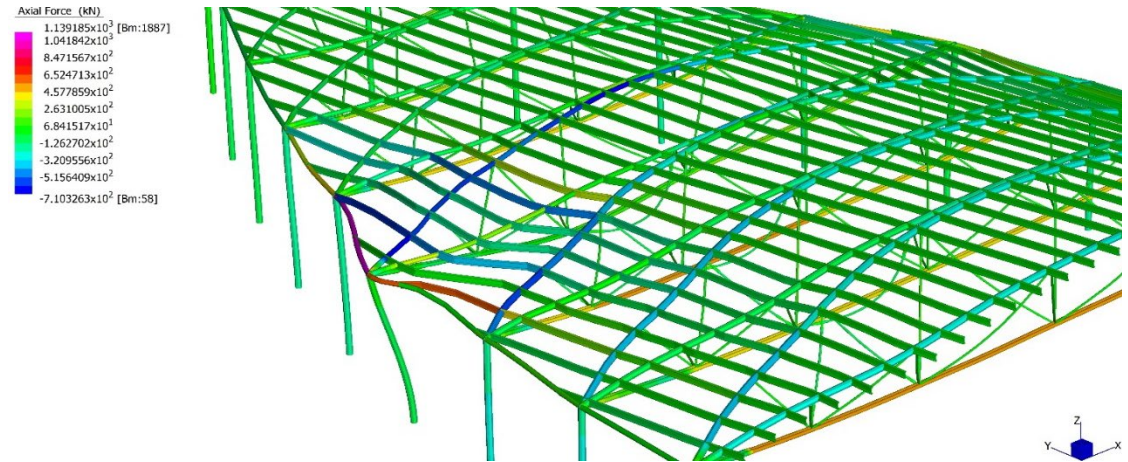
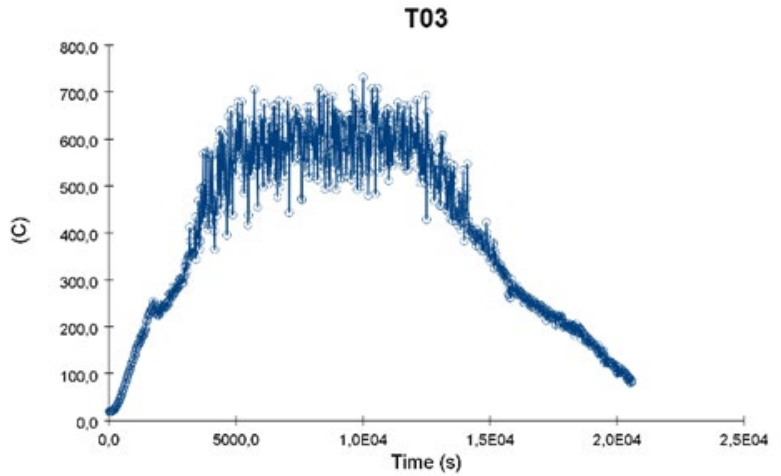
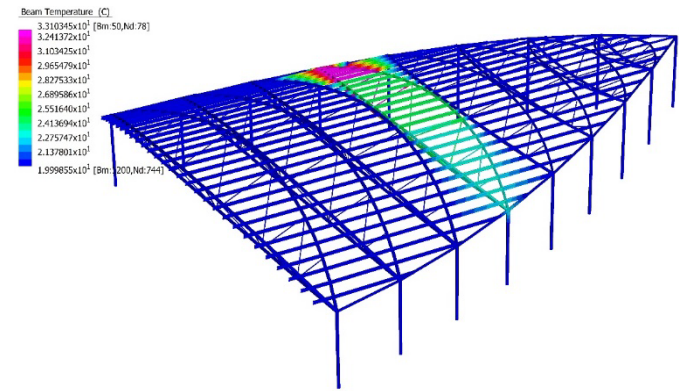
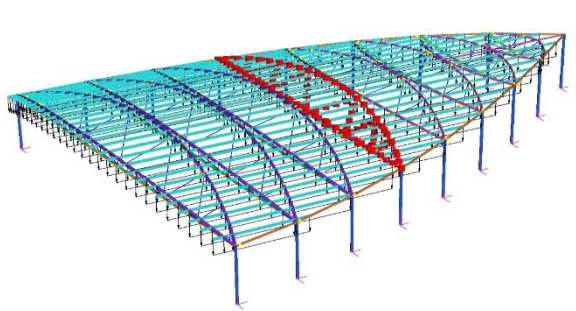


---

## Risultati Simulazioni



# Analisi Strutturale in campo non lineare



---

## **PROBLEMA**

**Vernici presentavano un'evidente degrado  
Impresa esecutrice Fallita**

## **SOLUZIONE**

**Le coperture sono state certificate senza rifare le  
lavorazioni**





---

## Esempio Strutture

# DEPOSITO FITOFARMACI

### DESCRIZIONE

- Deposito di vecchia costruzione in calcestruzzo e Acciaio
  - Richiesta strutture R60



## DESCRIZIONE

- Deposito di vecchia costruzione in calcestruzzo e Acciaio
  - Richiesta strutture R60



---

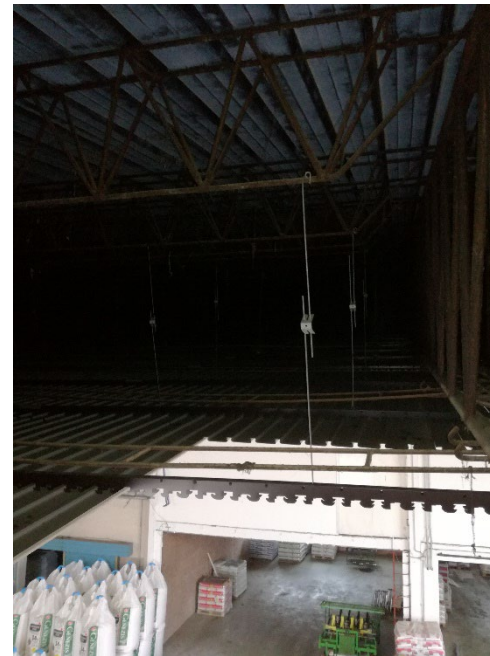
## SOLUZIONI CONFORME

**Sabbiare e Trattare nuovamente  
Scatolare e Trattare con Protezione  
Passiva**



## SOLUZIONI ALTERNATIVA

**Approccio ingegneristico con soluzione FSE**



## GENERALIZZATO

Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Velocità caratt. di crescita dell'incendio $t_e$	150 s ( <i>fast</i> )	75 s ( <i>ultra-fast</i> )
RHR <sub>max</sub> totale RHR <sub>max</sub> per m <sup>2</sup> di superficie del focolare	5 MW 250-500 kW/m <sup>2</sup> [1]	50 MW 500 -1000 kW/m <sup>2</sup> [1]
Resa in particolato $Y_{soot}$	Pre flashover: 0,07 kg/kg [2,3] Post flashover: 0,14 kg/kg [2,3]	Pre flashover: 0,18 kg/kg [4] Post flashover: 0,36 kg/kg [4]
Resa in monossido di carbonio $Y_{CO}$	Pre flashover: 0,10 kg/kg [5] Post flashover: 0,40 kg/kg [5]	
Calore di combustione effettivo $\Delta H_c$	20 MJ/kg [3]	
Resa in biossido di carbonio $Y_{CO_2}$	1,5 kg/kg [3,6]	
Resa in acqua $Y_{H_2O}$	0,82 kg/kg [3,6]	
Frazione di RHR in irraggiamento (Radiative fraction)	35% [3]	

[1] Da impiegare in alternativa all'RHR<sub>max</sub> totale, considerando la massima superficie del focolare, pari al compartimento antincendio nel caso di carico di incendio uniformemente distribuito, ma che può essere un valore inferiore nel caso d'incendio localizzato.

[2] Robbins A P, Wade C A, Study Report no 185 "Soot Yield Values for Modelling Purposes - Residential Occupancies", BRANZ, 2008

[3] "CVM2 Verification method: Framework for fire safety design", New Zealand Building Code

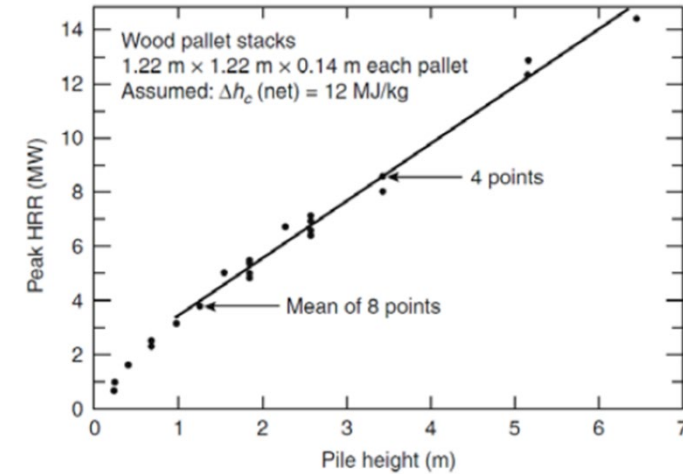
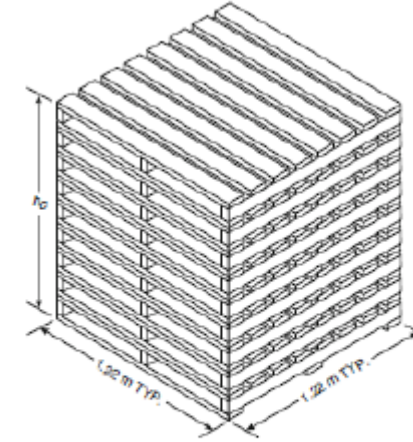
[4] "SFPE handbook of fire protection engineering", NFPA, 4<sup>th</sup> ed., 2008. Tabella 3-4.16, pag. 3-142, da polyurethane flexible foams.

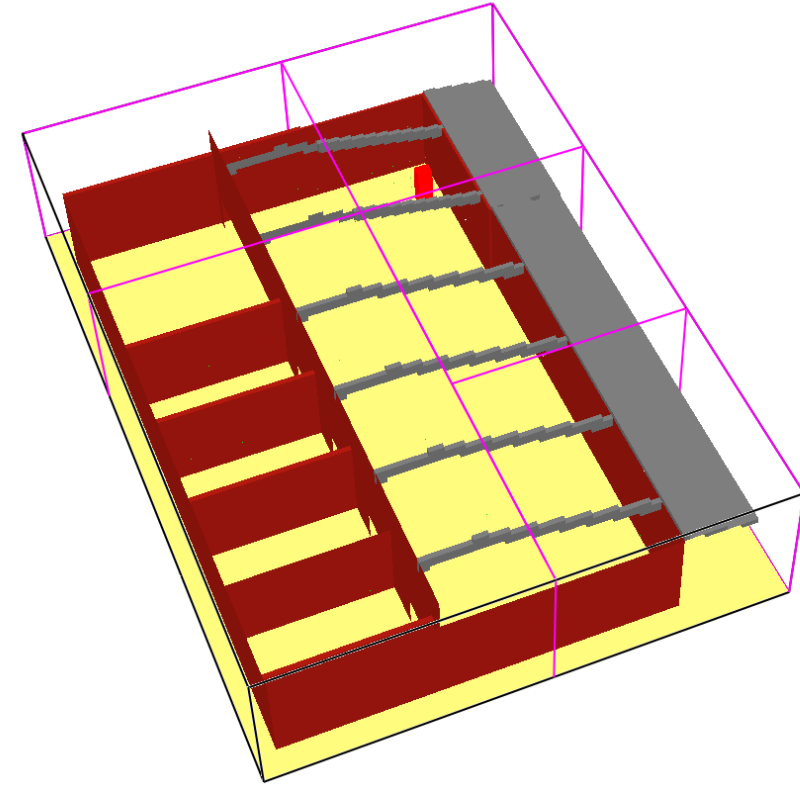
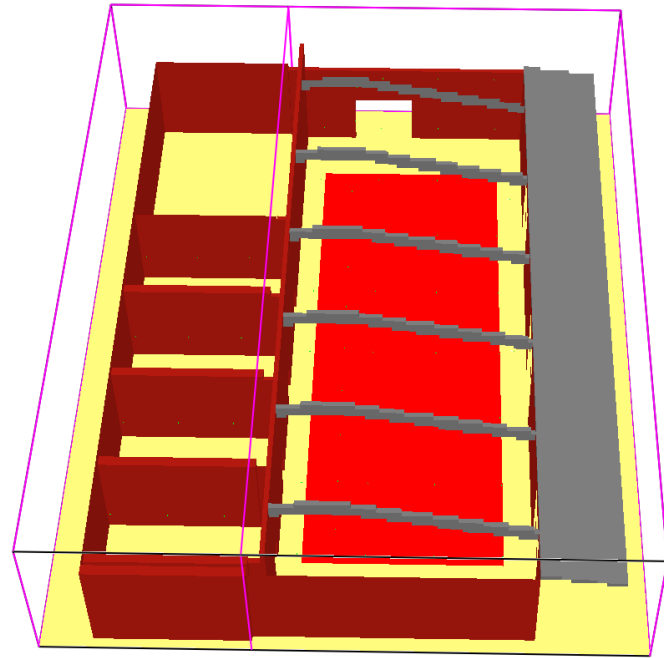
[5] Stec AA, Hull T R, "Fire Toxicity", Woodhead Pub., 2010. § 2.4 con  $\Phi = 1,25$  (*underventilated fire*)

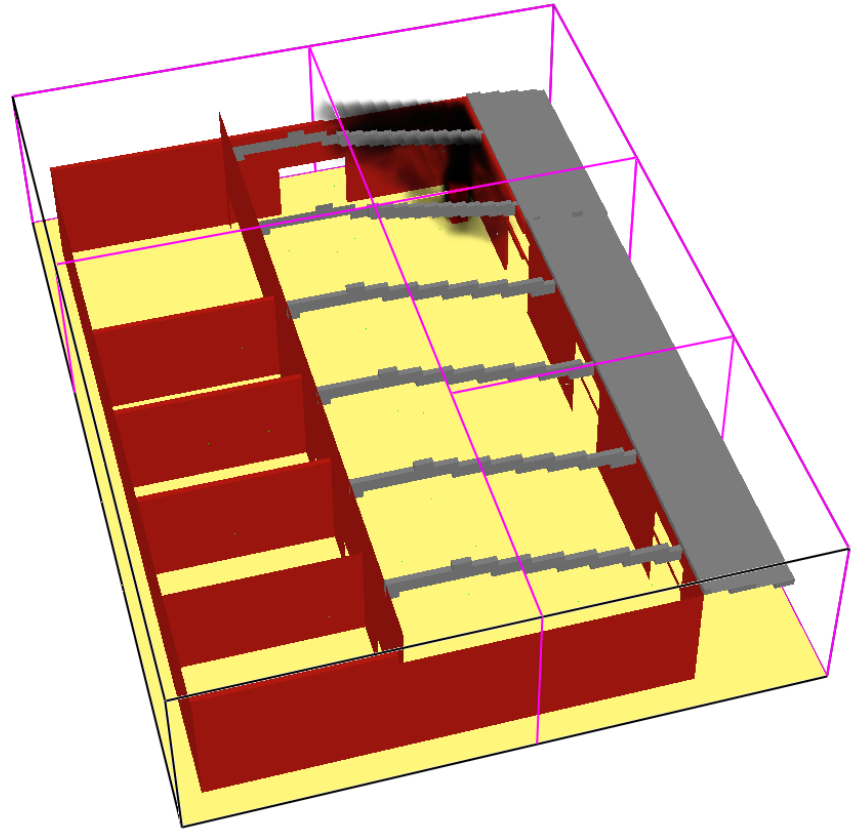
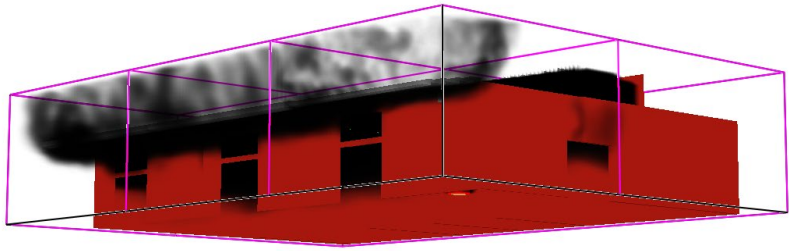
[6] In alternativa alle rese  $Y_{CO_2}$  e  $Y_{H_2O}$ , si può imporre nel codice di calcolo il combustibile generico  $CH_2O_{0,5}$ .

Tabella M.2-2: Focolari predefiniti

Fig. 26.71 The geometric arrangement of a stack of wood pallets



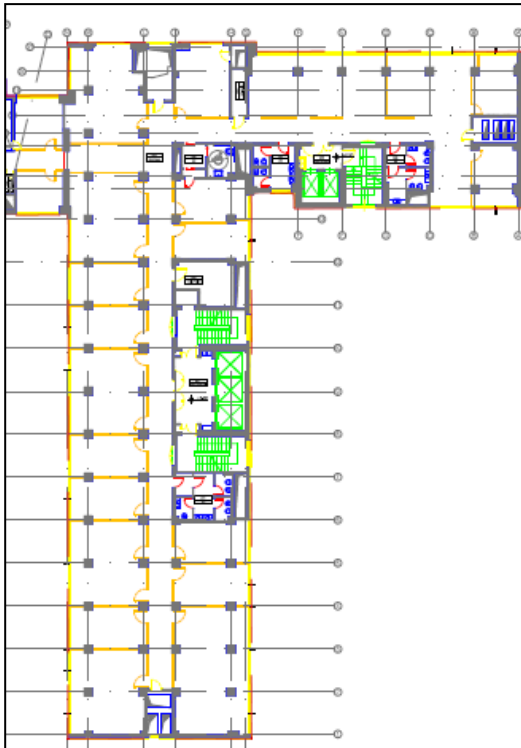




# Esempio Differente Procedimento di calcolo

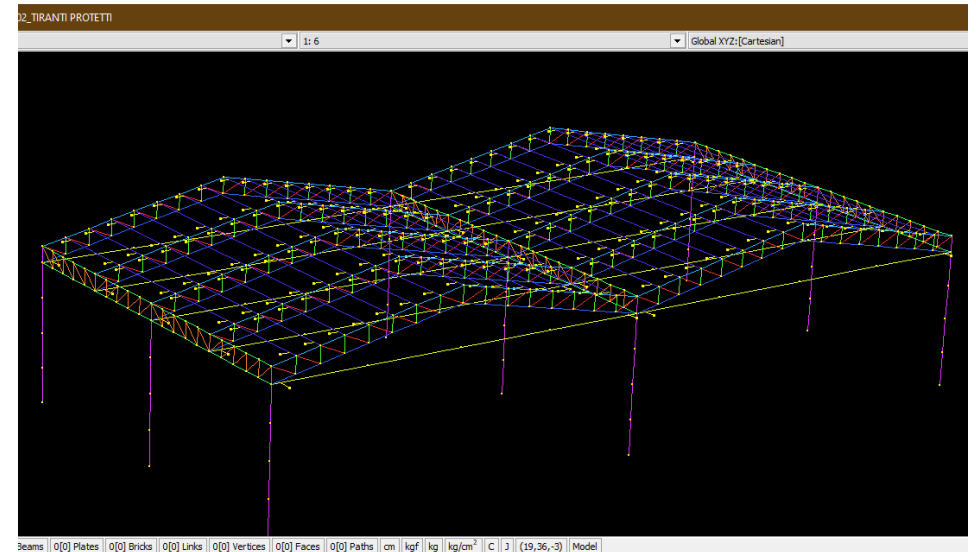


## Soluzione Conforme



**RISULTATO: Protezione richiesta**

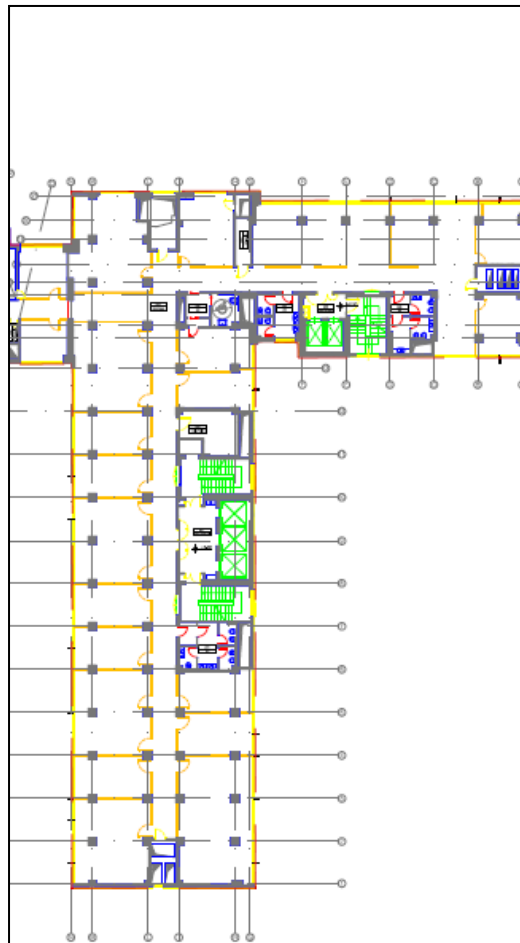
## Soluzione Alternativa



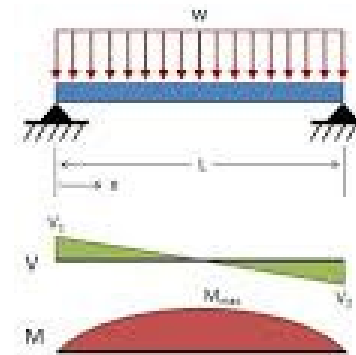
**RISULTATO: Protezione NON richiesta**



# Esempio Soluzioni Conforme



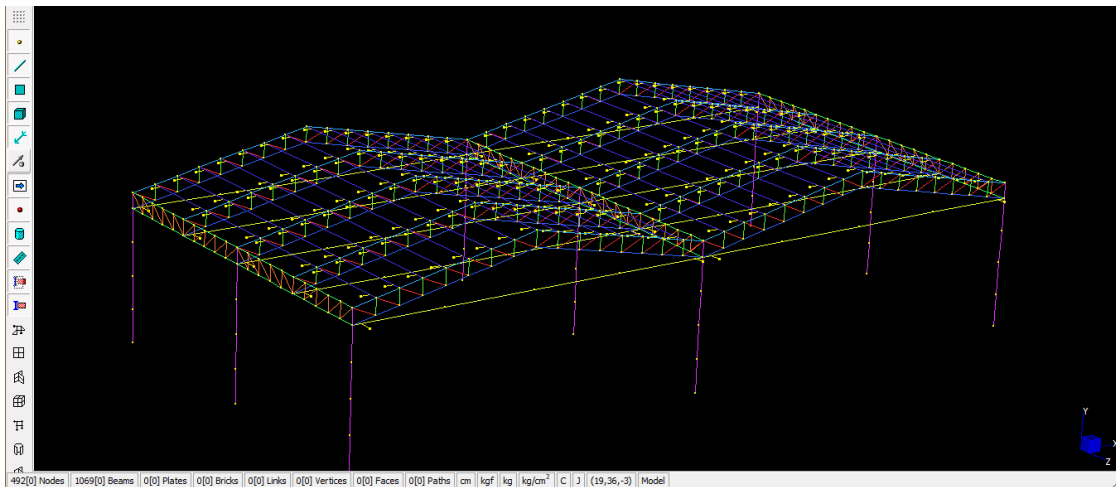
Verifica sul  
singolo elemento



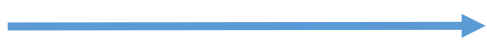
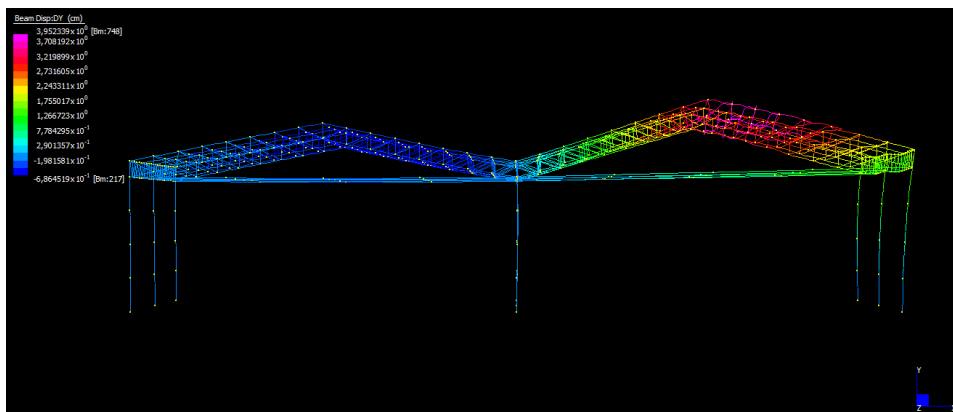
CERT.REI



# Esempio Soluzioni Alternativa



Verifica **GLOBALE**



Analisi di ciascun elemento



**CERT.REI**

---

# Circolare n. 9962 del 24 luglio 2020

Resistenza al fuoco:

## **l'impatto della Circolare DCPREV 9962**

sulla progettazione secondo  
il Codice di Prevenzione Incendi

© Marco Antonelli, Daniele Andriotto, Diego Cecchinato

---

**L'**uscita della DCPREV Circolare 9962 "Implementazione di soluzioni alternative di resistenza al fuoco. Chiarimenti e indirizzi applicativi" ha suscitato un immediato interesse nel mondo della prevenzione incendi, in particolare in quello della protezione passiva, malgrado questo documento non contenga alcuna rilevante novità rispetto alle norme tecniche di prevenzione incendi ai sensi dell'articolo 15 del D.Lgs. n. 1398/3/2006, e



---

# Circolare n. 9962 del 24 luglio 2020

**OGGETTO:** *Decreto 3 agosto 2015 e s.m.i. – Capitolo S.2 – Implementazione di soluzioni alternative di resistenza al fuoco. Chiarimenti e indirizzi applicativi.*

In riscontro a taluni quesiti pervenuti per la corretta implementazione di soluzioni progettuali alternative e per la valutazione delle prestazioni di resistenza al fuoco delle strutture con le metodologie previste al Capitolo S.2 dal decreto 3 agosto 2015 così come modificato dal decreto 18 ottobre 2019, si forniscono, di seguito, alcuni chiarimenti e indirizzi applicativi per i casi maggiormente significativi.

- **Utilizzo di curve naturali per la verifica di elementi strutturali non protetti.** In questo caso devono essere sempre considerate le sollecitazioni indirette che si generano per deformazioni o espansioni, imposte o impedito, durante l'esposizione alle curve naturali d'incendio, così come indicato al punto S.2.8.1, salvo i casi in cui è riconoscibile a priori che esse siano trascurabili o favorevoli; le sollecitazioni indirette vengono normalmente portate in conto nelle modellazioni termo-strutturali dell'intera struttura o di sottostrutture significative, mentre ciò non avviene nei modelli analitici su singoli elementi che, per tale motivo, non sono applicabili (vedasi punto S.2.8.1) con incendi naturali, ad eccezione dei casi in cui è riconoscibile a priori che esse siano trascurabili o favorevoli.

---

# Circolare n. 9962 del 24 luglio 2020

- **Utilizzo di curve naturali per la verifica di elementi strutturali con protettivi (ad es. vernici intumescenti, intonaci protettivi, lastre, ecc.).** Sono in corso diverse attività di ricerca, sia nell'industria e sia nel mondo accademico, finalizzate a verificare se e come si potrà procedere alle verifiche di elementi protetti esposti ad incendi naturali; ad oggi, oltre a tenere conto delle considerazioni riportate nel punto precedente, ciò non è possibile per i seguenti motivi:



- essendo i protettivi certificati sperimentalmente con curve nominali, i cui esiti sono sintetizzati nei relativi rapporti di valutazione, non è possibile certificare in alcun modo le proprietà di aderenza e di comportamento di un protettivo a temperature ed a gradienti differenti da quelli di una curva nominale, che, contrariamente a quelle naturali, è strettamente crescente;

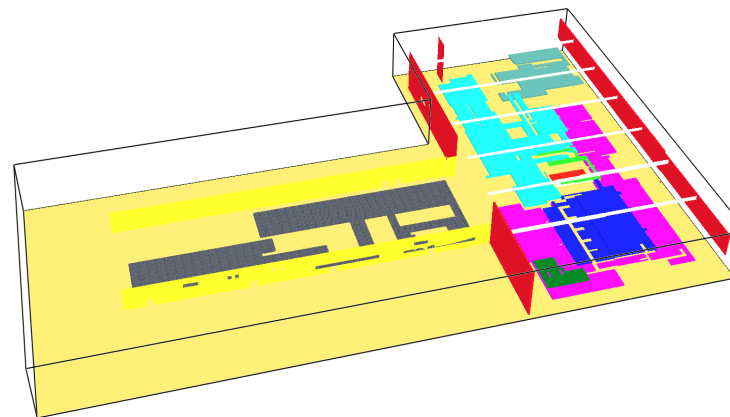


- inoltre, non è noto il comportamento (aderenza e variazione delle proprietà fisiche e chimiche con la temperatura) dei protettivi in fase di raffreddamento (fattore necessario ed includibile quando la verifica della resistenza al fuoco viene effettuata con esposizione alla curva naturale di incendio).

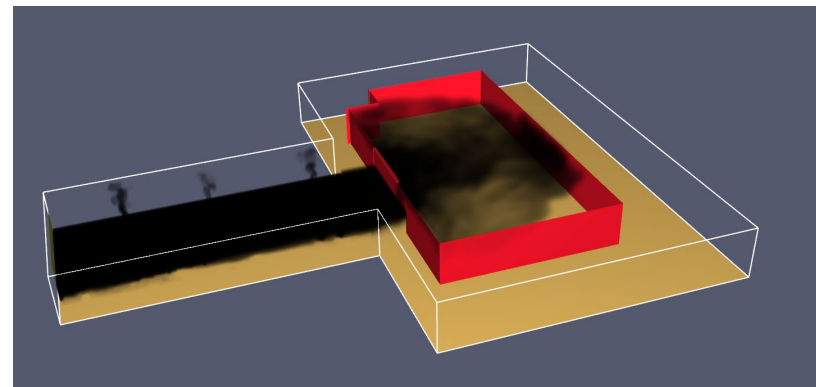


## Esodo

46000 m<sup>3</sup> di deposito e smistamento logistico



mod. 1



## S.8.2

### Livelli di prestazione

1. La tabella S.8-1 riporta i livelli di prestazione attribuibili ai *compartimenti* dell'attività per la presente misura antincendio.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Nessun requisito
II	Deve essere possibile smaltire fumi e calore dell'incendio dai compartimenti al fine di facilitare le operazioni delle squadre di soccorso.
III	Deve essere mantenuto nel compartimento uno strato libero dai fumi che permetta: <ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="708 729 1658 765">• la salvaguardia degli occupanti e delle squadre di soccorso,</li><li data-bbox="708 776 1284 812">• la protezione dei beni, se richiesta.</li></ul> Fumi e calore generati nel compartimento non devono propagarsi ai compartimenti limitrofi.

*Tabella S.8-1: Livelli di prestazione*

### S.8.4.3

#### Soluzioni alternative

1. Sono ammesse *soluzioni alternative* per tutti i livelli di prestazione.
2. Al fine di dimostrare il raggiungimento del *livello di prestazione*, il progettista deve impiegare uno dei metodi del paragrafo G.2.7.
3. In tabella S.8-3 sono riportate alcune modalità *generalmente accettate* per la progettazione di soluzioni alternative. Il progettista può comunque impiegare modalità diverse da quelle elencate.

Oggetto della soluzione	Modalità progettuale
Aperture di smaltimento di fumo e calore d'emergenza (§ S.8.5)	Si dimostri, anche con metodi analitici, che i soccorritori possano smaltire fumo e calore dell'incendio nella configurazione considerata o grazie ad un impianto di smaltimento meccanico.  Possono essere impiegati i metodi di progettazione descritti nell'Appendice G "Smaltimento di fumo e calore di emergenza" della norma UNI 9494-1 e nell'Appendice H "Requisiti del sistemi meccanici per lo smaltimento del fumo e calore di emergenza" della norma UNI 9494-2.
Distribuzione uniforme delle aperture di smaltimento (§ S.8.5.3)	Sia garantita l'accessibilità protetta per i soccorritori a tutti i piani dell'attività e la disponibilità in prossimità di attrezzature e dispositivi di protezione antincendio, oppure si dimostri il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza per i soccorritori impiegando i metodi di cui al capitolo M.3.
Caratteristiche degli SVOF (§ S.8.6)	In assenza di norme, TS o TR adottati dall'ente nazionale di normazione, possono essere utilizzati i principi di progettazione e le modalità di installazione e gestione contenute in prCEN/TS 12101-11.
Tutti i casi	Si dimostri il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza per gli occupanti ed i soccorritori impiegando i metodi di cui al capitolo M.3.

Tabella S.8-3: Modalità progettuali per soluzioni alternative

Modello	Prestazione	Soglia di prestazione	Riferimento
Oscuramento della visibilità da fumo	Visibilità minima di pannelli riflettenti, non retroilluminati, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 10 m Occupanti in locali di superficie lorda < 100m <sup>2</sup> : 5 m	ISO 13571:2012
		Soccorritori: 5 m Soccorritori in locali di superficie lorda < 100m <sup>2</sup> : 2,5 m	[1]
Gas tossici	FED, <i>fractional effective dose</i> e FEC, <i>fractional effective concentration</i> per esposizione a gas tossici e gas irritanti, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 0,1	ISO 13571:2012, limitando a 1,1% la porzione di occupanti incapaci al raggiungimento della soglia
		Soccorritori: nessuna valutazione	-
Calore	Temperatura massima di esposizione	Occupanti: 60°C	ISO 13571:2012
		Soccorritori: 80°C	[1]
Calore	Irraggiamento termico massimo da tutte le sorgenti (incendio, effluenti dell'incendio, struttura) di esposizione degli occupanti	Occupanti: 2,5 kW/m <sup>2</sup>	ISO 13571:2012, per esposizioni inferiori a 30 minuti
		Soccorritori: 3 kW/m <sup>2</sup>	[1]
[1] Ai fini di questa tabella, per soccorritori si intendono i componenti delle squadre aziendali opportunamente protetti ed addestrati alla lotta antincendio, all'uso dei dispositivi di protezione delle vie aeree, ad operare in condizioni di scarsa visibilità. Ulteriori indicazioni possono essere desunte ad esempio da documenti dell'Australian Fire Authorities Council (AFAC) per hazardous conditions.			

Tabella M.3-2: Esempio di soglie di prestazione impiegabili con il metodo di calcolo avanzato



---

**Impossibilità di aperture a soffitto**  
**Problemi a realizzare superfici di espulsione e aspirazione**

**SOLUZIONI Prescrittiva**  
**UNI9494-2 - Forzata**

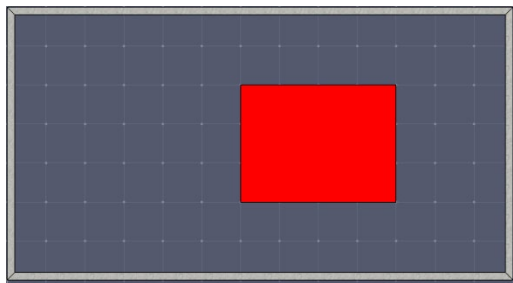
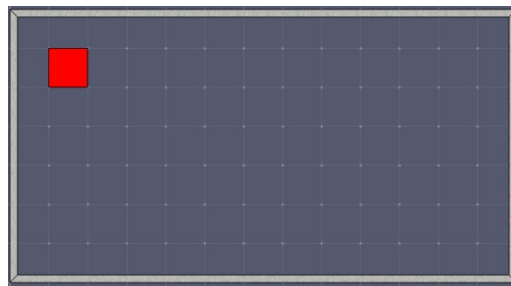
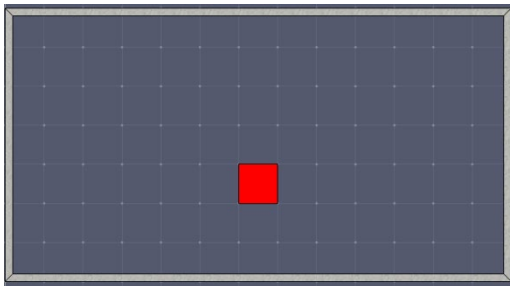
**SOLUZIONI ALTERNATIVA**  
**Approccio ingegneristico con**  
**soluzione FSE**

## SOLUZIONE

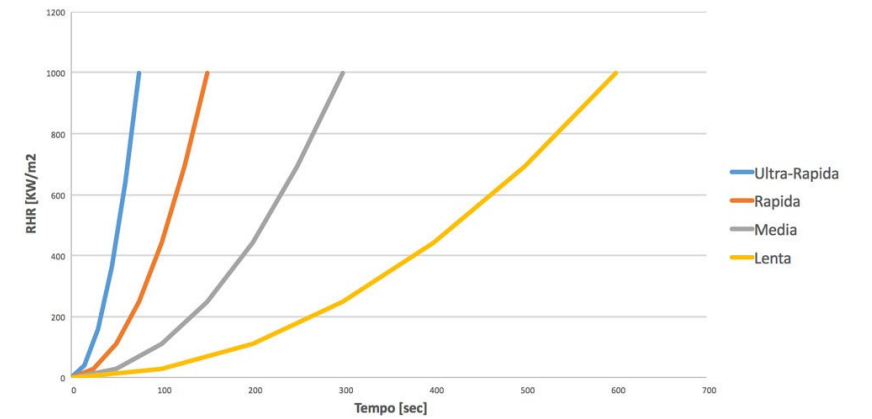
- Simulazione CFD Incendio
- Simulazione di Esodo



## SCELTA DELLO SCENARIO



Velocità caratteristica di crescita dell'incendio



**SOLUZIONI CONFORME**

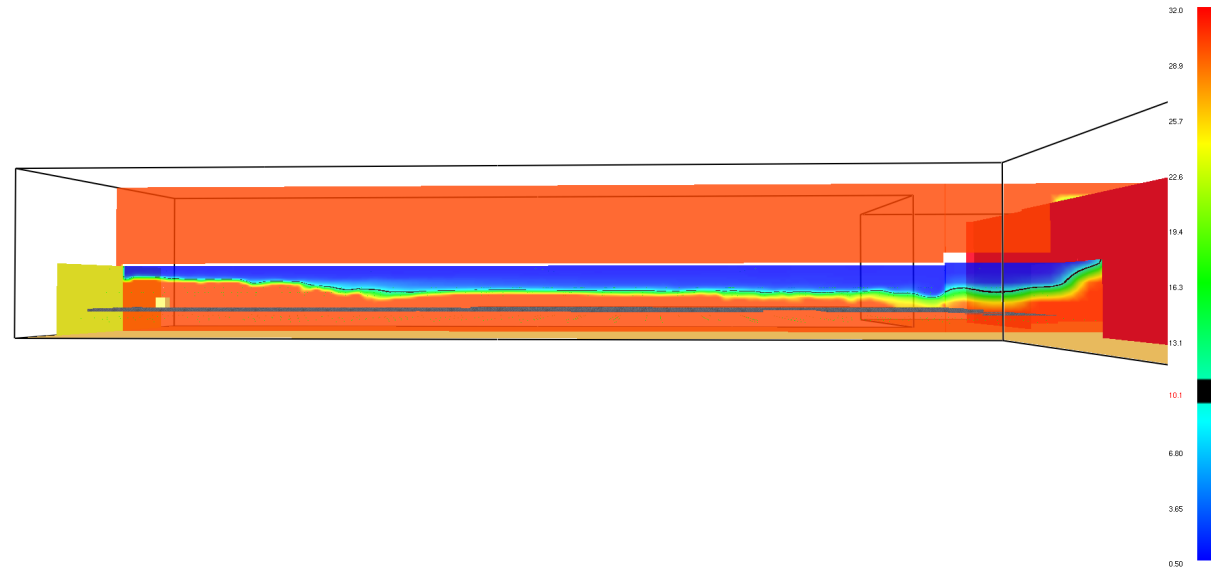
**SOLUZIONI ALTERNATIVA**

**Estremamente invasiva**

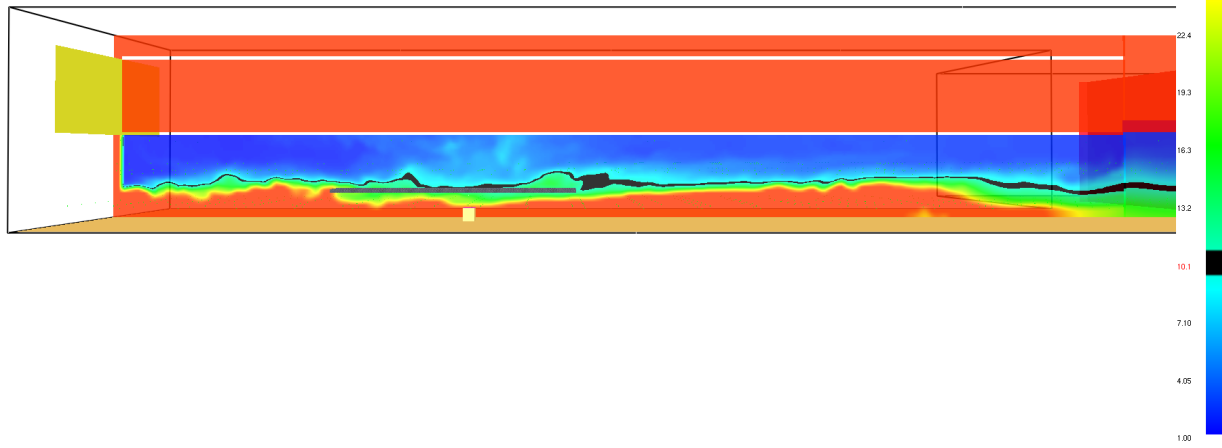
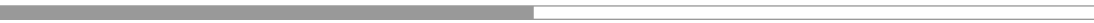
**Approccio ingegneristico con soluzione FSE**



**Scelta delle aperture**

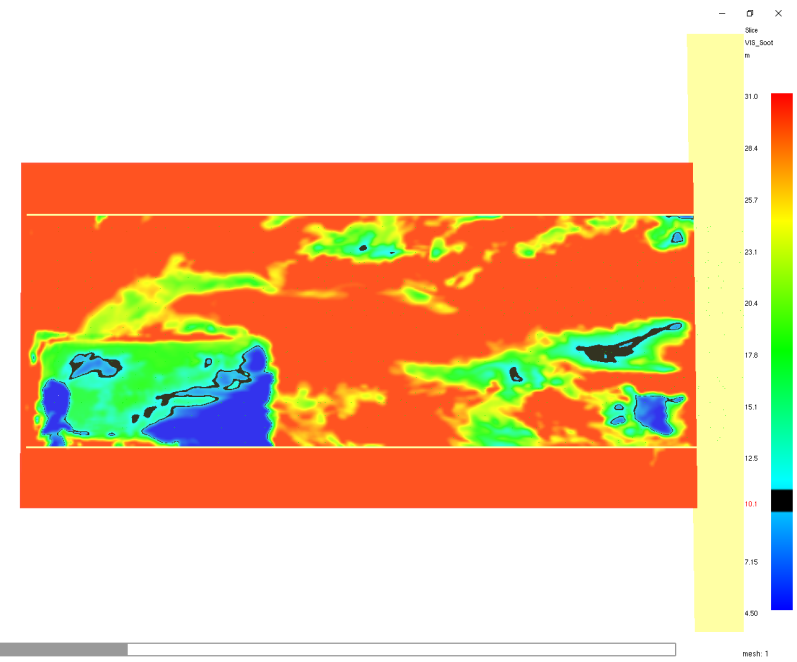
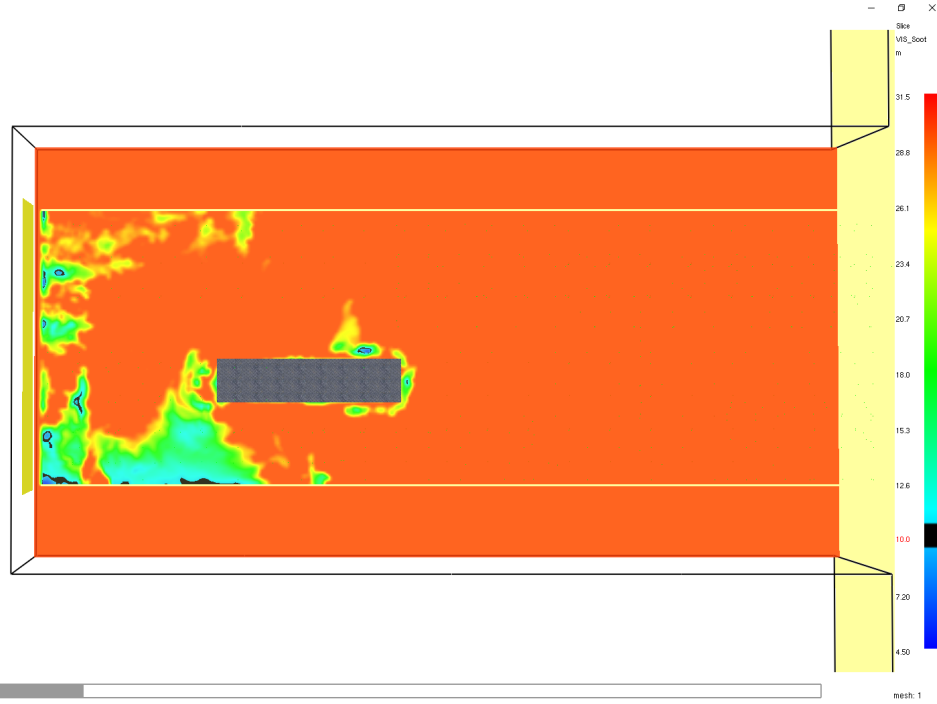


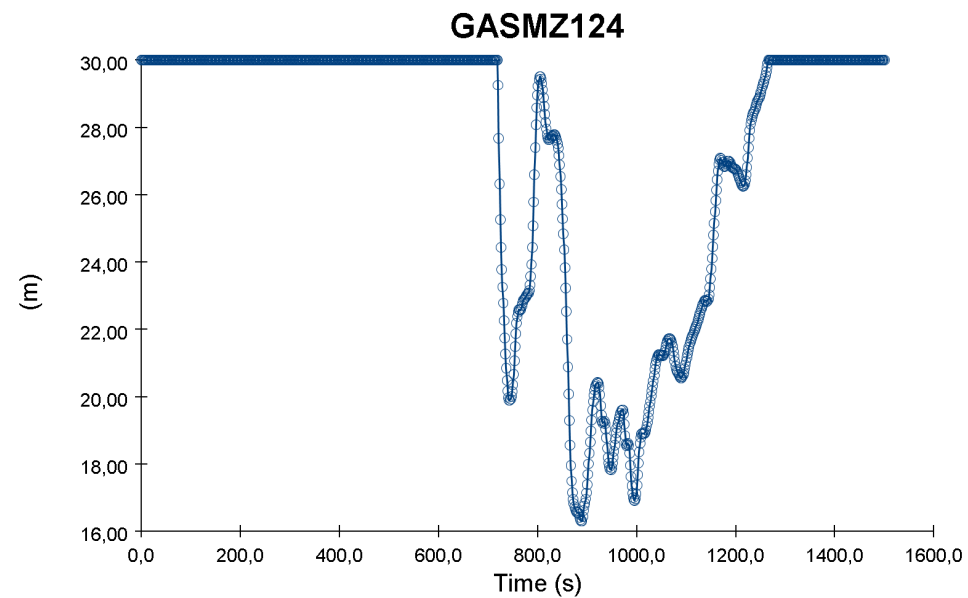
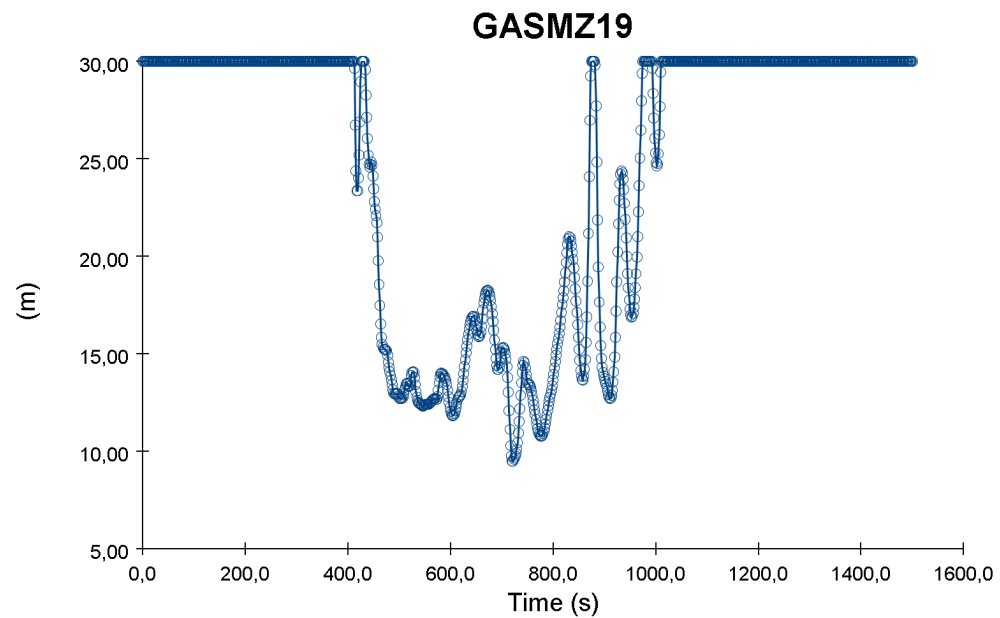
Frame: 483  
Time: 366.0



Frame: 728  
Time: 1452.0

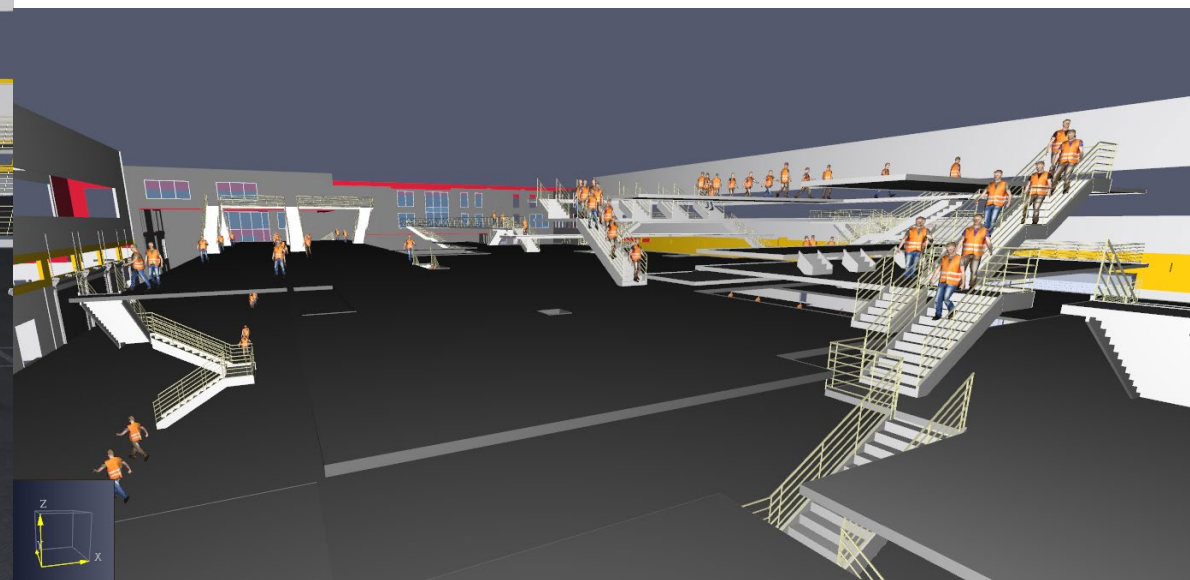
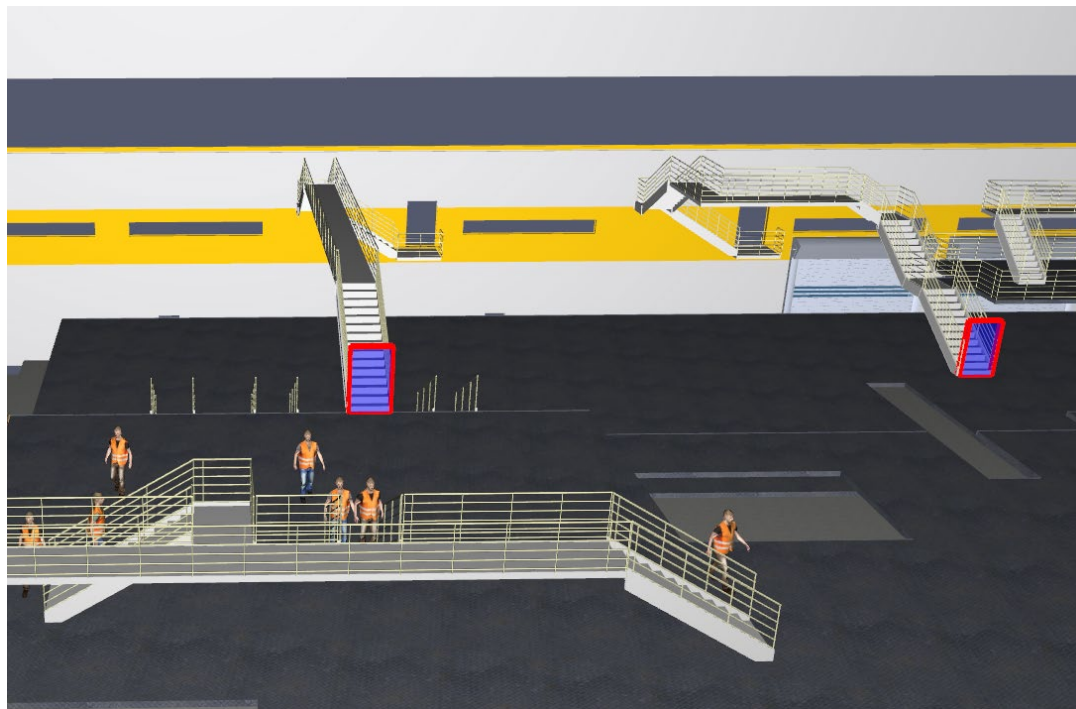






Modello	Prestazione	Soglia di prestazione	Riferimento
Oscuramento della visibilità da fumo	Visibilità minima di pannelli riflettenti, non retroilluminati, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 10 m Occupanti in locali di superficie lorda < 100m <sup>2</sup> : 5 m	ISO 13571:2012
		Soccorritori: 5 m Soccorritori n locali di superficie lorda < 100m <sup>2</sup> : 2,5 m	[1]

# STUDIO DELL'ESODO RSET





---

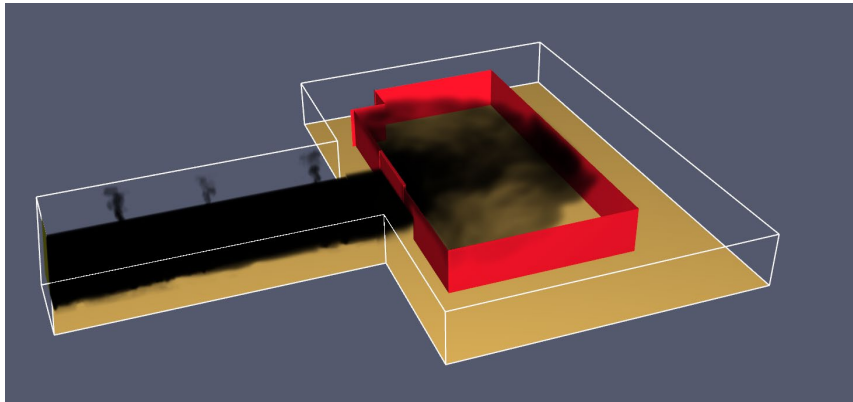
## STUDIO DELL'ESODO RSET



---

STUDIO DELL'ESODO

ASET



>100%

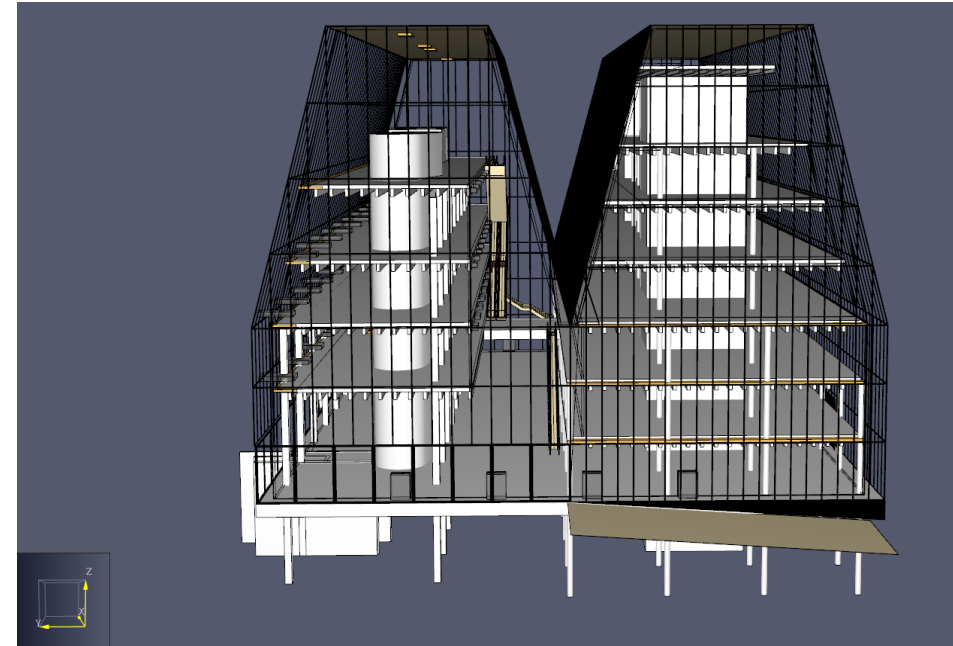
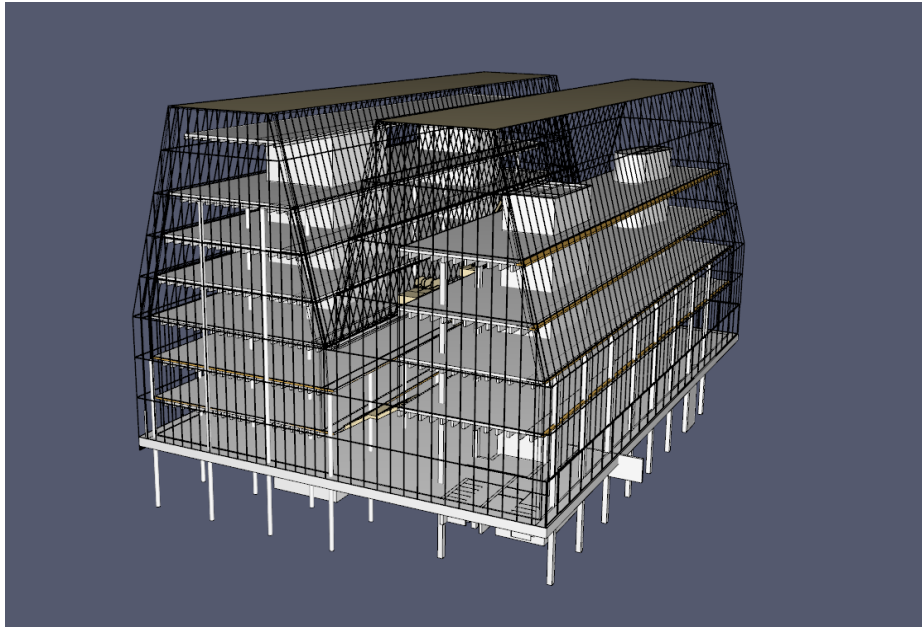
RSET

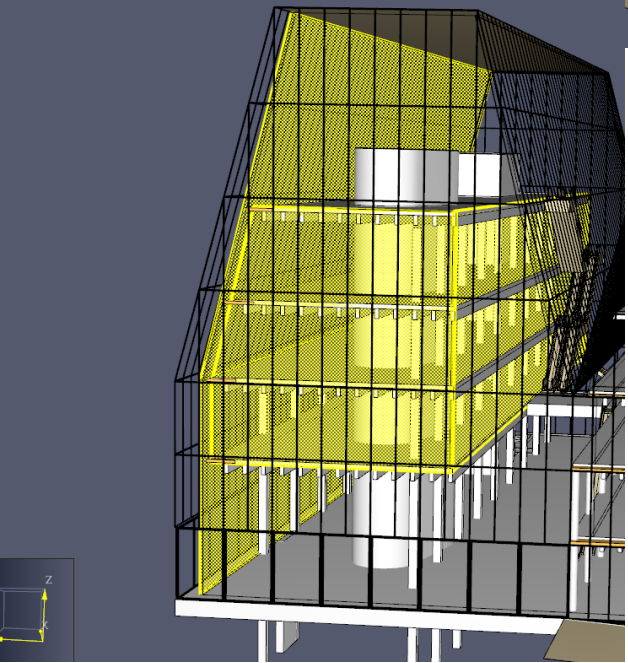
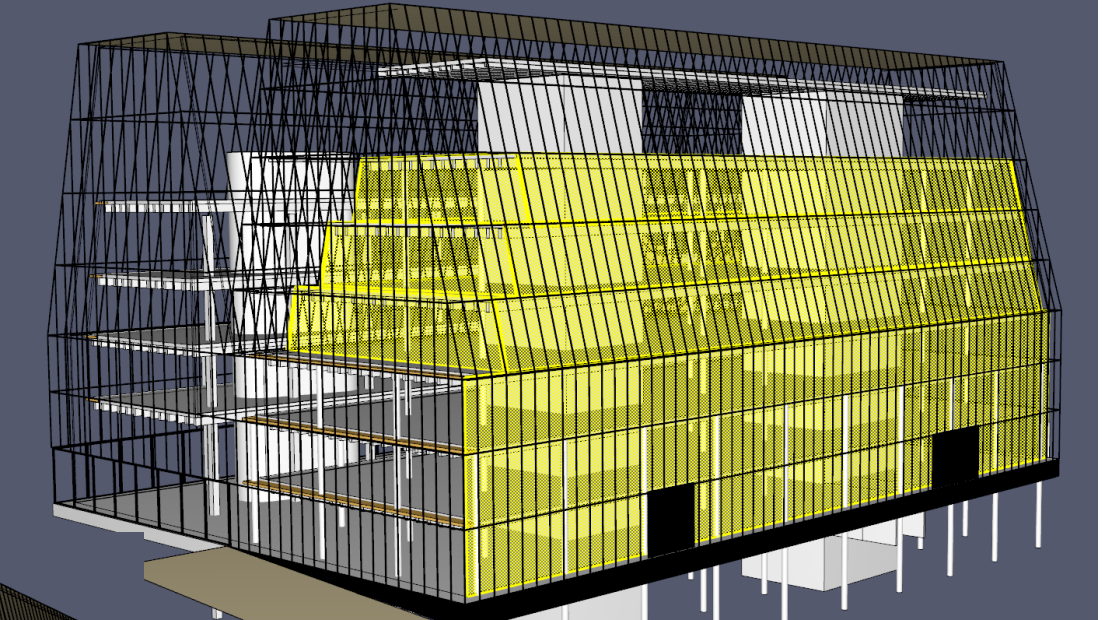
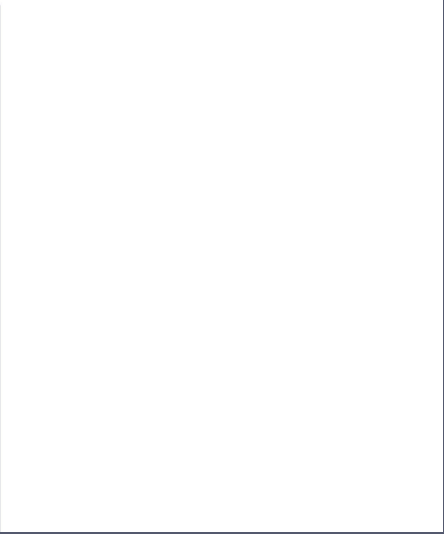
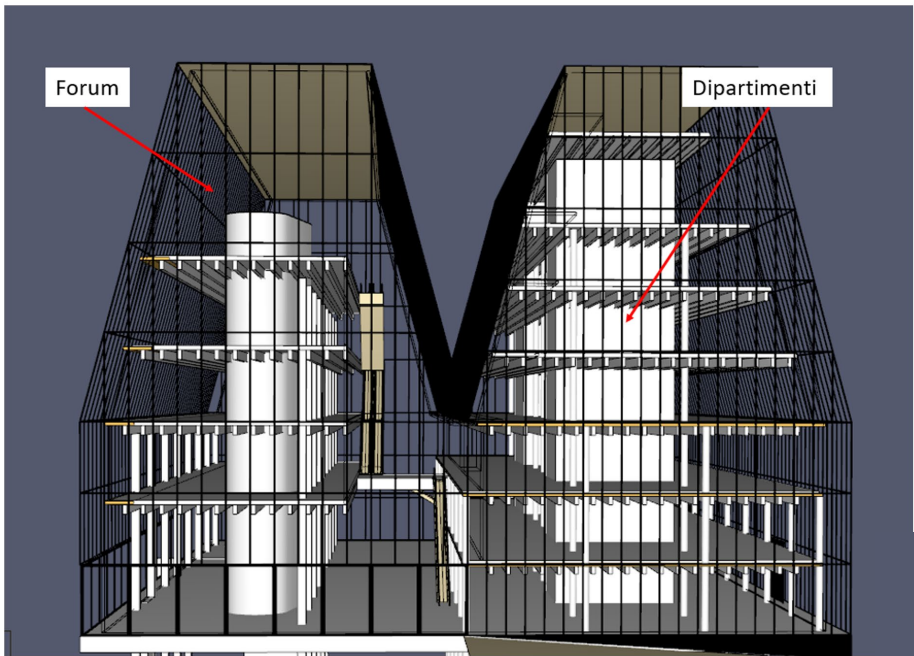


---

Controllo Fumo e Calore

# Edificio Commerciale







## Soglie di prestazione?

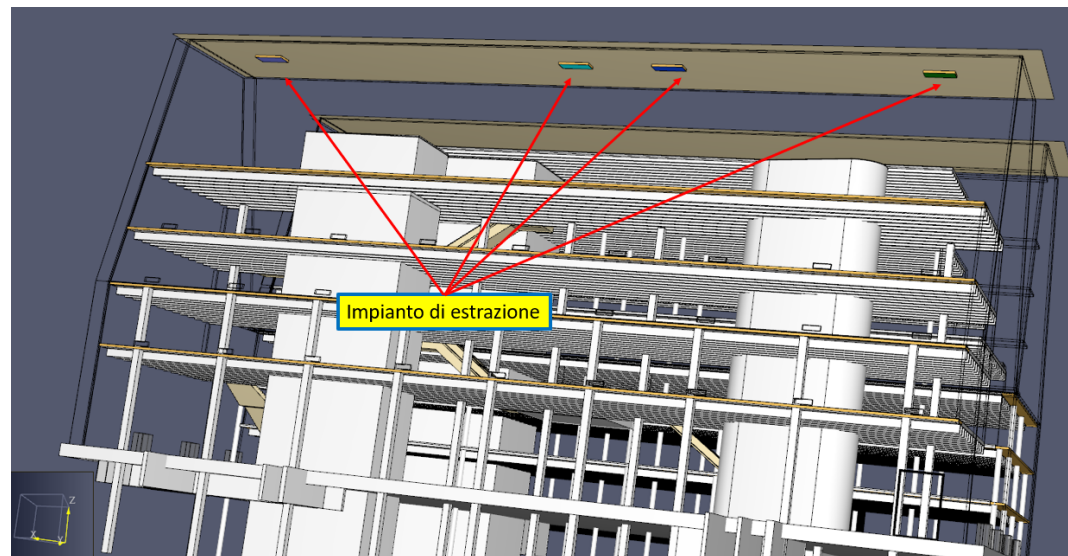
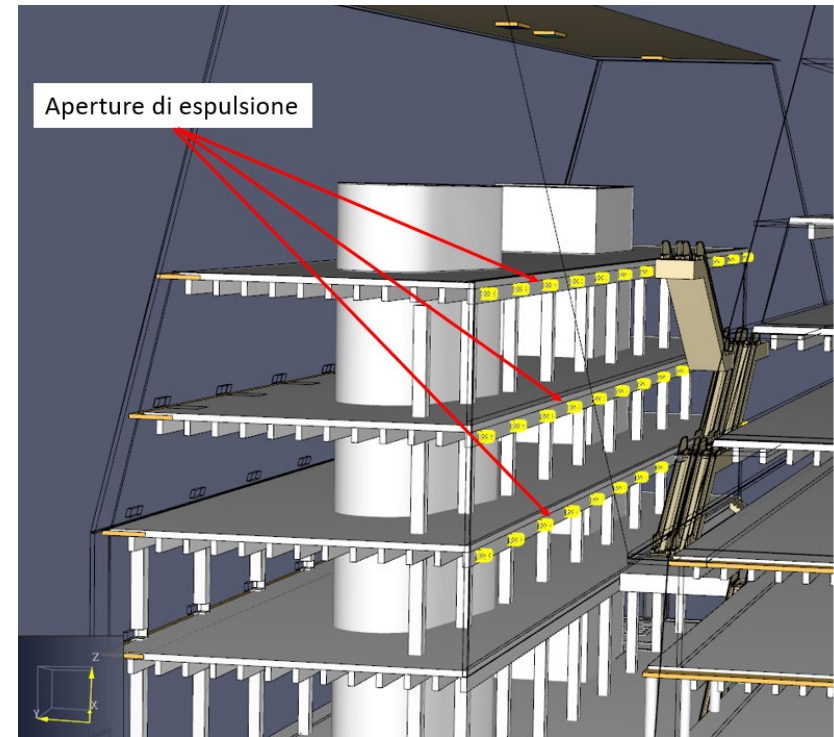
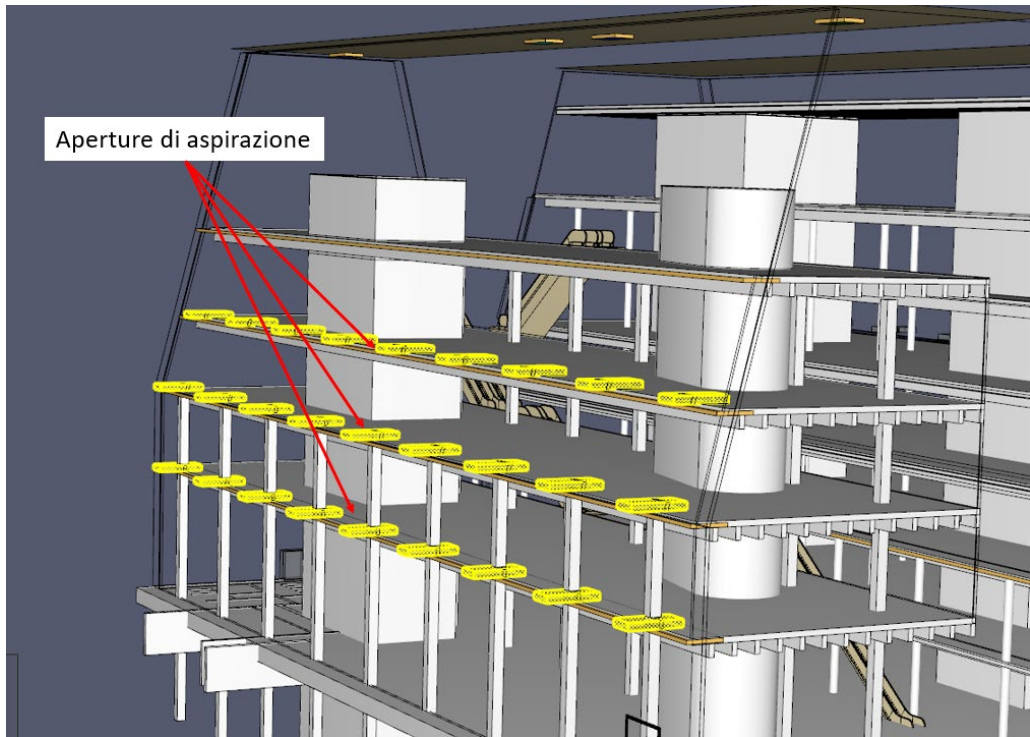
**ASET  $\geq$  100%RSET**

**oppure**

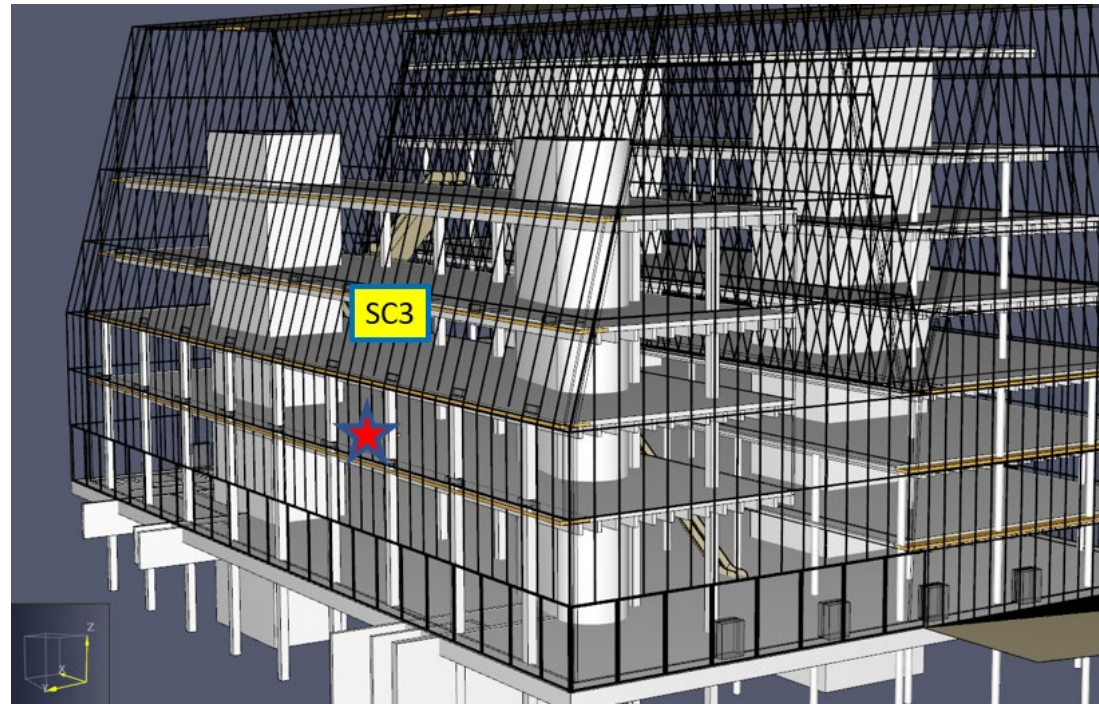
**ASET  $\geq$  10%RSET**

Oggetto della soluzione	Modalità progettuale
Caratteristiche dello spazio scoperto (§ S.3.5.1), del compartimento, del filtro (§ S.3.5.4), dell'ubicazione (§ S.3.9)	Si dimostri, anche con modelli analitici, che non avviene propagazione dell'incendio e dei suoi effetti nella configurazione considerata.
Compartimento a prova di fumo (§ S.3.5.3), filtro a prova di fumo (§ S.3.5.5), compartimentazione multipiano (§ S.3.6.2), comunicazioni (§ S.3.10)	Si dimostri che è comunque garantita la salvaguardia della vita degli occupanti (capitolo M.3) e, se applicabile, la protezione dei beni.
Distanza di separazione (§ S.3.8) e suo calcolo (§ S.3.11)	Si dimostri che è limitata la propagazione dell'incendio e dei suoi effetti. Può essere applicata la stessa procedura analitica del paragrafo S.3.11.3, impiegando ad esempio il valore di $E_{soglia}$ adeguato al bersaglio effettivamente esposto all'incendio, il fattore di vista $F_{2-1}$ e la piastra radiante corrispondente alla reale configurazione geometrica, la potenza termica radiante $E_1$ riferita all'incendio naturale. Possono essere anche impiegati modelli numerici di simulazione dell'incendio, dei suoi effluenti e dell'irraggiamento.

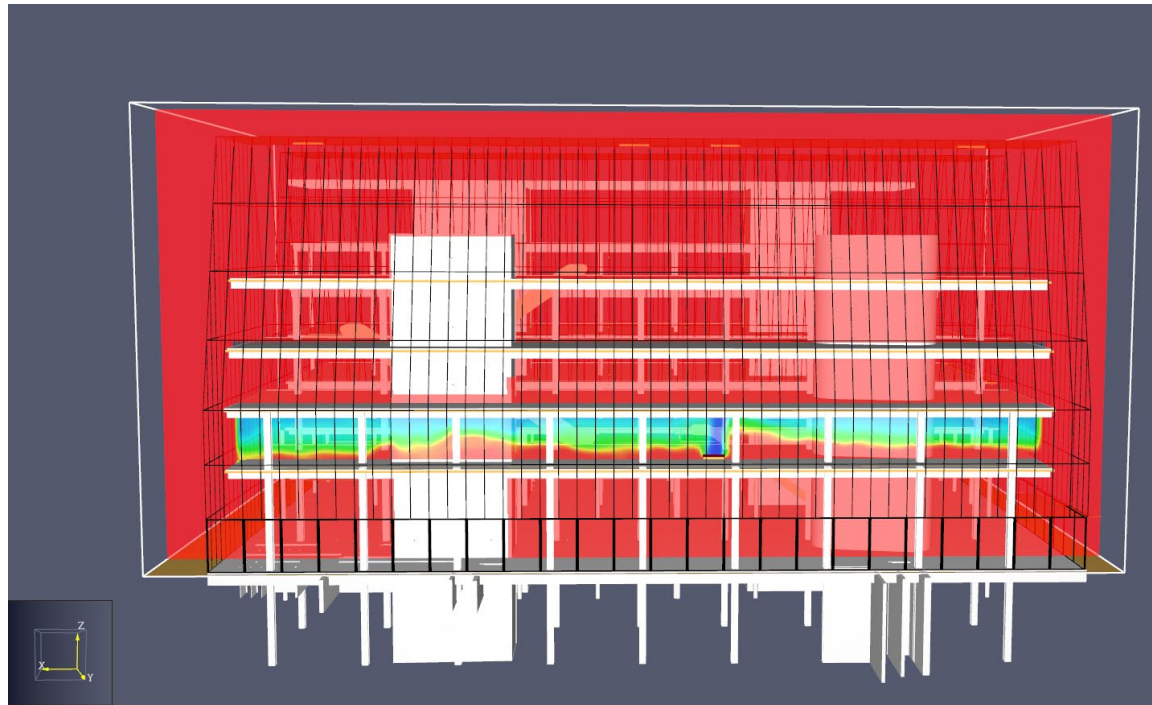
*Tabella S.3-3: Modalità progettuali per soluzioni alternative*



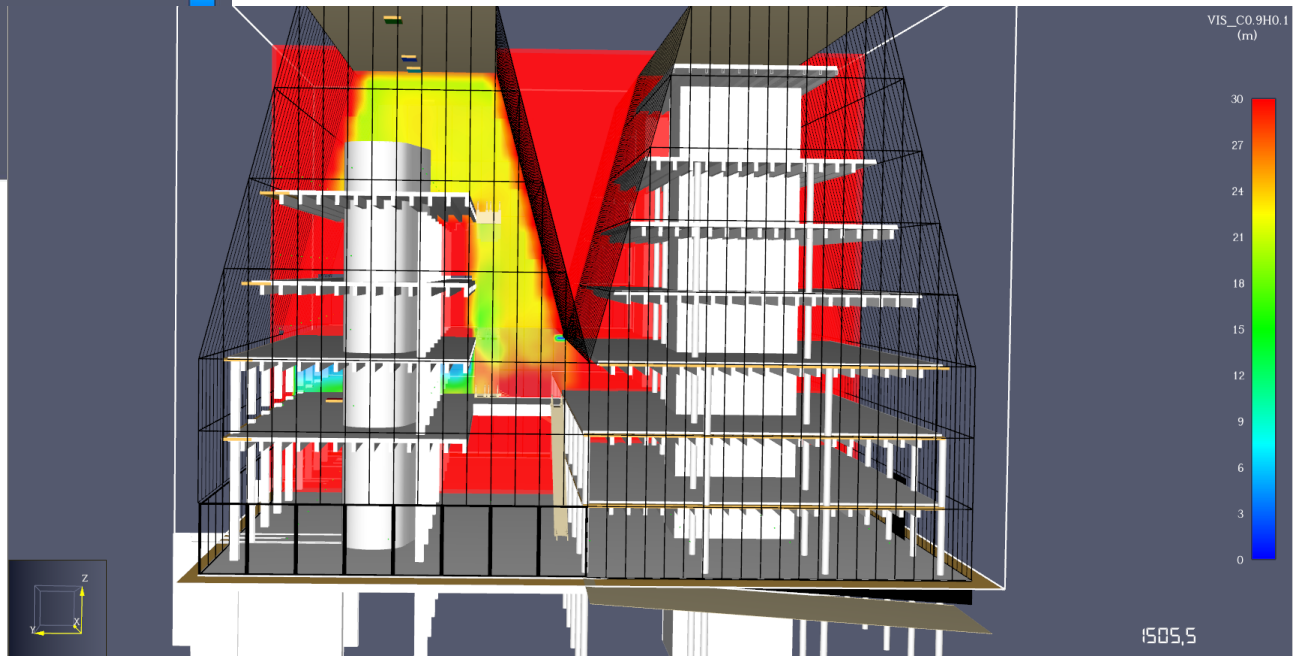
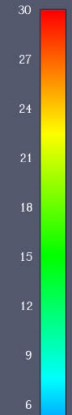
AREA	Tipo di estrazione	Caratteristiche principali	Principali logiche di attivazione
Navata Forum e Piano Terra, Piano Primo e Piano Secondo Navata Dipartimenti	Forzata	26 m <sup>3</sup> /s	L'impianto di evacuazione fumo si attiva quando i sensori rilevano l'incendio solo ed esclusivamente nella navata Forum e al Piano terra nella navata Dipartimenti. Per consentire l'attivazione dell'impianto dovrà essere verificata anche l'attivazione del gruppo pompo dell'impianto SPRK







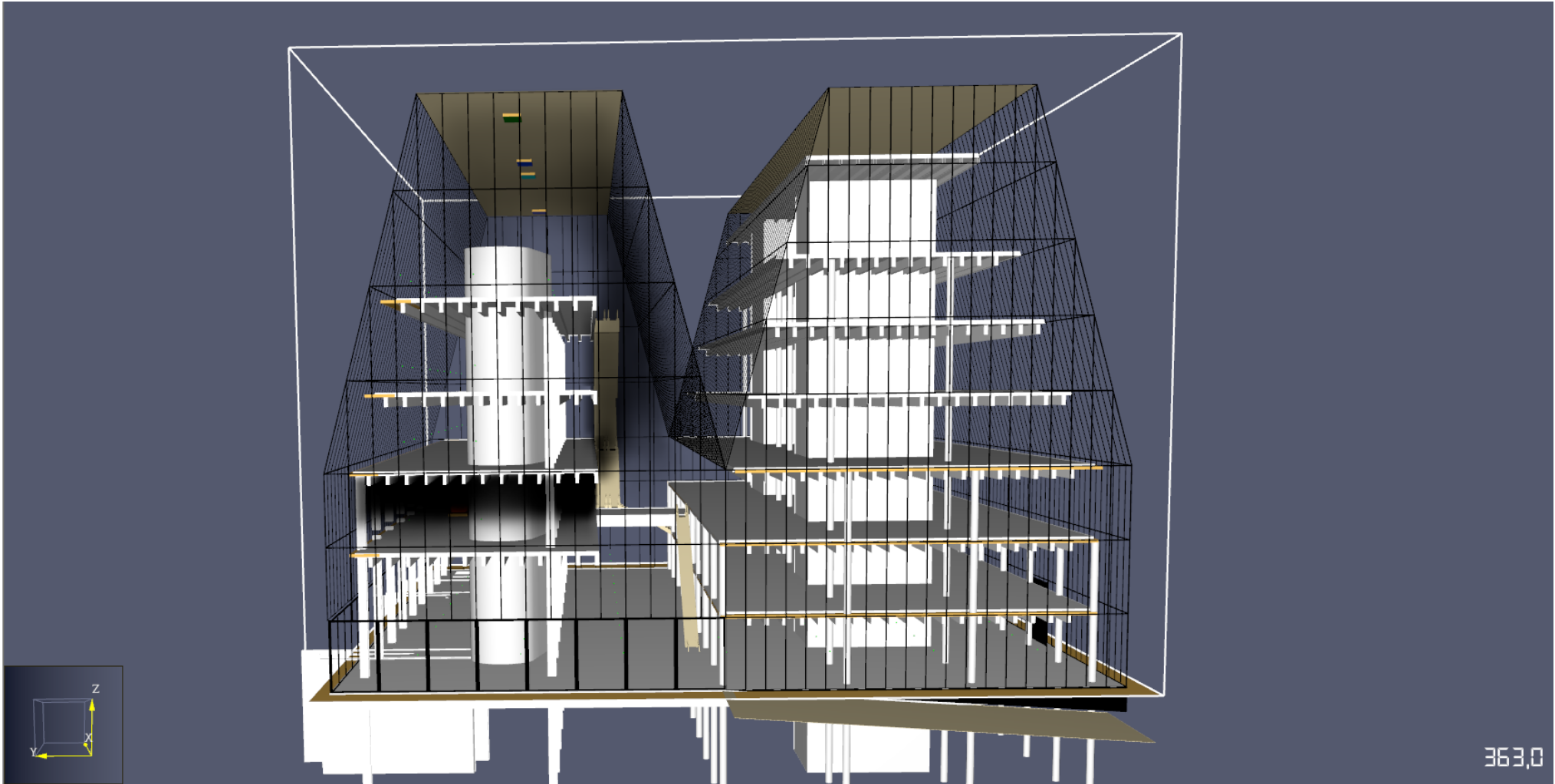
VIS\_CO.9H0.1  
(m)



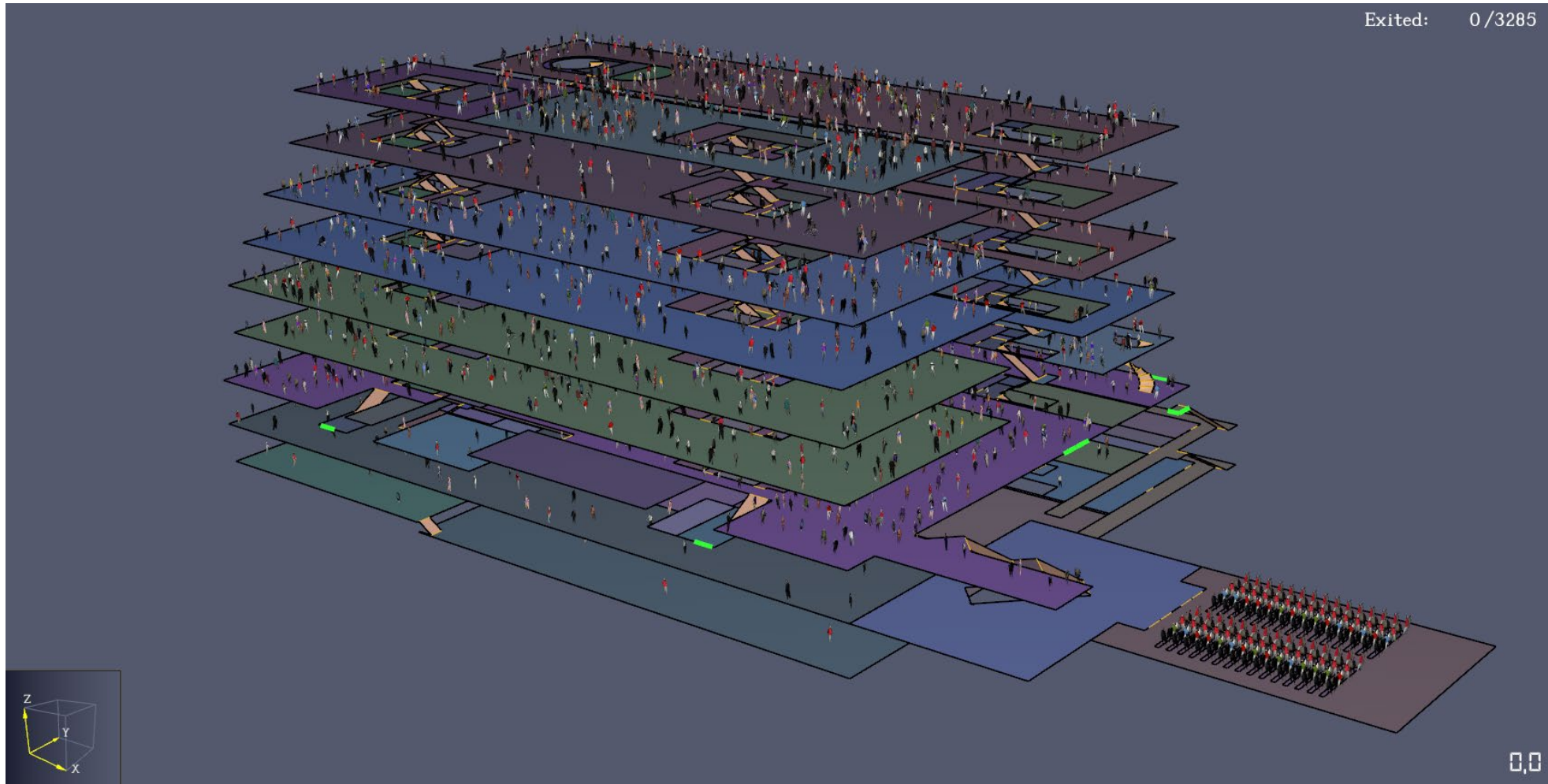
VIS\_CO.9H0.1  
(m)



1505,5

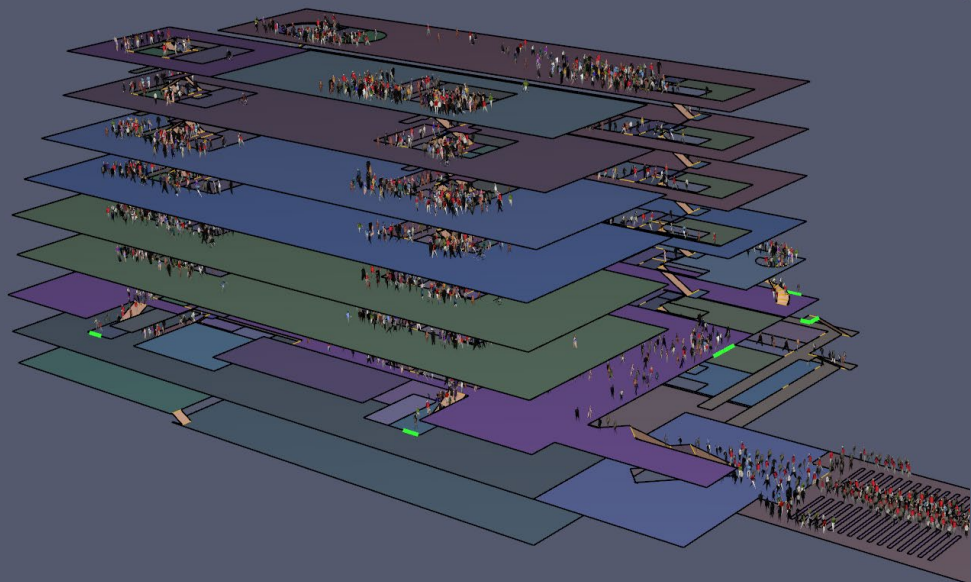


Exited: 0/3285



0,0

Exited: 278 / 3285

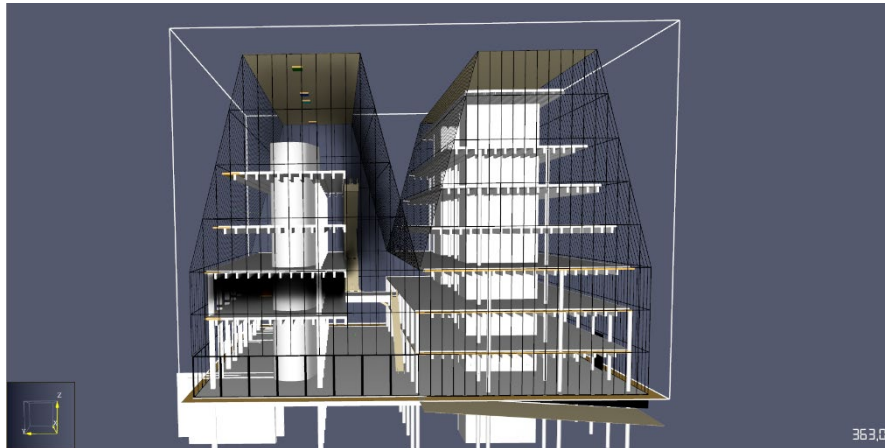


253.1



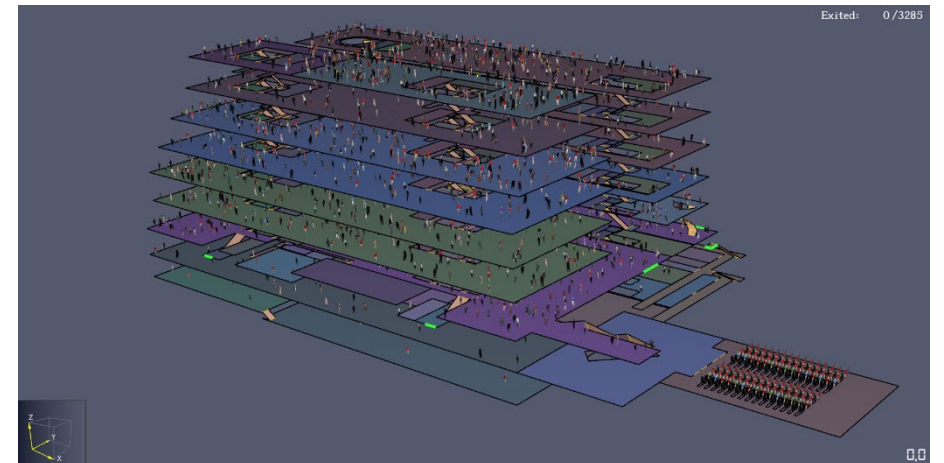
---

**ASET**



**>100%**

**RSET**



# Compartimentazione all'interno dell'attività

## Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

- Al fine di limitare la propagazione dell'incendio *verso altre attività* deve essere impiegata almeno una delle seguenti soluzioni conformi:
  - inserire le diverse attività in compartimenti antincendio distinti, come descritto nei paragrafi S.3.5 ed S.3.6, con le caratteristiche di cui al paragrafo S.3.7;
  - interporre distanze di separazione su spazio a cielo libero tra le diverse attività, come descritto nel paragrafo S.3.8.
- Al fine di limitare la propagazione dell'incendio *all'interno della stessa attività* deve essere impiegata almeno una delle seguenti soluzioni conformi:
  - suddividere la volumetria dell'opera da costruzione contenente l'attività, in compartimenti antincendio, come descritto nei paragrafi S.3.5 ed S.3.6, con le caratteristiche di cui al paragrafo S.3.7;
  - interporre distanze di separazione su spazio a cielo libero tra ambiti della stessa attività, come descritto nel paragrafo S.3.8.
- L'*ubicazione* delle diverse attività nella stessa opera da costruzione deve essere stabilita secondo i criteri di cui al paragrafo S.3.9.
- Sono ammesse *comunicazioni* tra le diverse attività presenti nella stessa opera da costruzione, realizzate con le limitazioni e le modalità descritte al paragrafo S.3.10.

## Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

- Si applicano le soluzioni conformi per il livello di prestazione II, impiegando elementi a tenuta di fumo ( $S_a$ ) per la realizzazione dei compartimenti antincendio.

### S.3.4.3

#### Soluzioni alternative

- Sono ammesse *soluzioni alternative* per tutti i livelli di prestazione.
- Al fine di dimostrare il raggiungimento del *livello di prestazione*, il progettista deve impiegare uno dei metodi del paragrafo G.2.7.
- In tabella S.3-3 sono riportate alcune modalità *generalmente accettate* per la progettazione di soluzioni alternative. Il progettista può comunque impiegare modalità diverse da quelle elencate.

Oggetto della soluzione	Modalità progettuale
Caratteristiche dello spazio scoperto (§ S.3.5.1), del compartimento, del filtro (§ S.3.5.4), dell'ubicazione (§ S.3.9)	Si dimostri, anche con modelli analitici, che non avviene propagazione dell'incendio e dei suoi effetti nella configurazione considerata.
Compartimento a prova di fumo (§ S.3.5.3), filtro a prova di fumo (§ S.3.5.5), compartimentazione multipiano (§ S.3.6.2), comunicazioni (§ S.3.10)	Si dimostri che è comunque garantita la salvaguardia della vita degli occupanti (capitolo M.3) e, se applicabile, la protezione dei beni.
Distanza di separazione (§ S.3.8) e suo calcolo (§ S.3.11)	Si dimostri che è limitata la propagazione dell'incendio e dei suoi effetti. Può essere applicata la stessa procedura analitica del paragrafo S.3.11.3, impiegando ad esempio il valore di $E_{soglia}$ adeguato al bersaglio effettivamente esposto all'incendio, il fattore di vista $F_{2-1}$ e la piastra radiante corrispondente alla reale configurazione geometrica, la potenza termica radiante $E_1$ riferita all'incendio naturale. Possono essere anche impiegati modelli numerici di simulazione dell'incendio, dei suoi effluenti e dell'irraggiamento.

## Rvita compartimento A4

Caratteristiche prevalenti degli occupanti $\delta_{occ}$		Esempi
A	Gli occupanti sono in stato di veglia ed hanno familiarità con l'edificio	Ufficio non aperto al pubblico, scuola, autorimessa privata, centro sportivo privato, attività produttive in genere, depositi, capannoni industriali
B	Gli occupanti sono in stato di veglia e non hanno familiarità con l'edificio	Attività commerciale, autorimessa pubblica, attività espositiva e di pubblico spettacolo, centro congressi, ufficio aperto al pubblico, ristorante, studio medico, ambulatorio medico, centro sportivo pubblico
C	Gli occupanti possono essere addormentati: [1]	
Ci	<ul style="list-style-type: none"> <li>in attività individuale di lunga durata</li> </ul>	Civile abitazione
Cii	<ul style="list-style-type: none"> <li>in attività gestita di lunga durata</li> </ul>	Dormitorio, residence, studentato, residenza per persone autosufficienti
Ciii	<ul style="list-style-type: none"> <li>in attività gestita di breve durata</li> </ul>	Albergo, rifugio alpino
D	Gli occupanti ricevono cure mediche	Degenza ospedaliera, terapia intensiva, sala operatoria, residenza per persone non autosufficienti e con assistenza sanitaria
E	Occupanti in transito	Stazione ferroviaria, aeroporto, stazione metropolitana

[1] Quando nel presente documento si usa C la relativa indicazione è valida per Ci, Cii, Ciii

Tabella G.3-1: Caratteristiche prevalenti degli occupanti

$\delta_a$	$t_a$ [1]	Criteri
1	600 s lenta	Ambiti di attività con carico di incendio specifico $q_f \leq 200 \text{ MJ/m}^2$ , oppure ove siano presenti prevalentemente materiali o altri combustibili che contribuiscono in modo trascurabile all'incendio.
2	300 s media	Ambiti di attività ove siano presenti prevalentemente materiali o altri combustibili che contribuiscono in modo moderato all'incendio.
3	150 s rapida	Ambiti con presenza di significative quantità di materiali plastici impilati, prodotti tessili sintetici, apparecchiature elettriche e elettroniche, materiali combustibili non classificati per reazione al fuoco (capitolo S.1). Ambiti ove avvenga impilamento verticale di significative quantità di materiali combustibili con $3,0 \text{ m} < h \leq 5,0 \text{ m}$ [2]. Stoccaggi classificati HHS3 oppure attività classificate HHP1, secondo la norma UNI EN 12845. Ambiti con impianti tecnologici o di processo che impiegano significative quantità di materiali combustibili. Ambiti con contemporanea presenza di materiali combustibili e lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
4	75 s ultra-rapida	Ambiti ove avvenga impilamento verticale di significative quantità di materiali combustibili con $h > 5,0 \text{ m}$ [2]. Stoccaggi classificati HHS4 oppure attività classificate HHP2, HHP3 o HHP4, secondo la norma UNI EN 12845. Ambiti ove siano presenti o in lavorazione significative quantità di sostanze o miscele pericolose ai fini dell'incendio, oppure materiali plastici cellulari/espansi o schiume combustibili non classificati per la reazione al fuoco.

A meno di valutazioni più approfondite da parte del progettista (es. dati di letteratura, misure dirette, ...), si ritengono *non significative* ai fini della presente classificazione almeno le quantità di materiali nei compartimenti con carico di incendio specifico  $q_f \leq 200 \text{ MJ/m}^2$ .

[1] Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio.  
[2] Con h altezza d'impilamento.

Tabella G.3-2: Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio



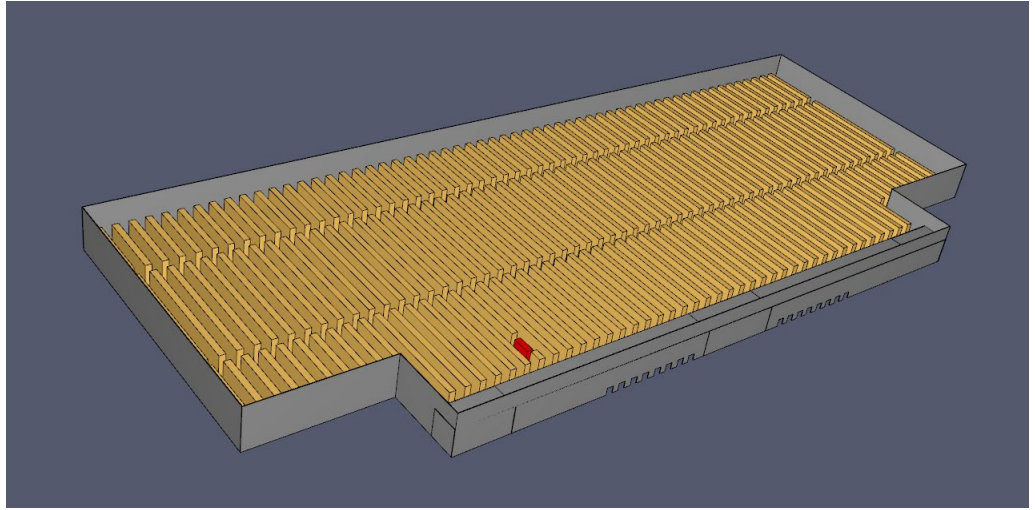
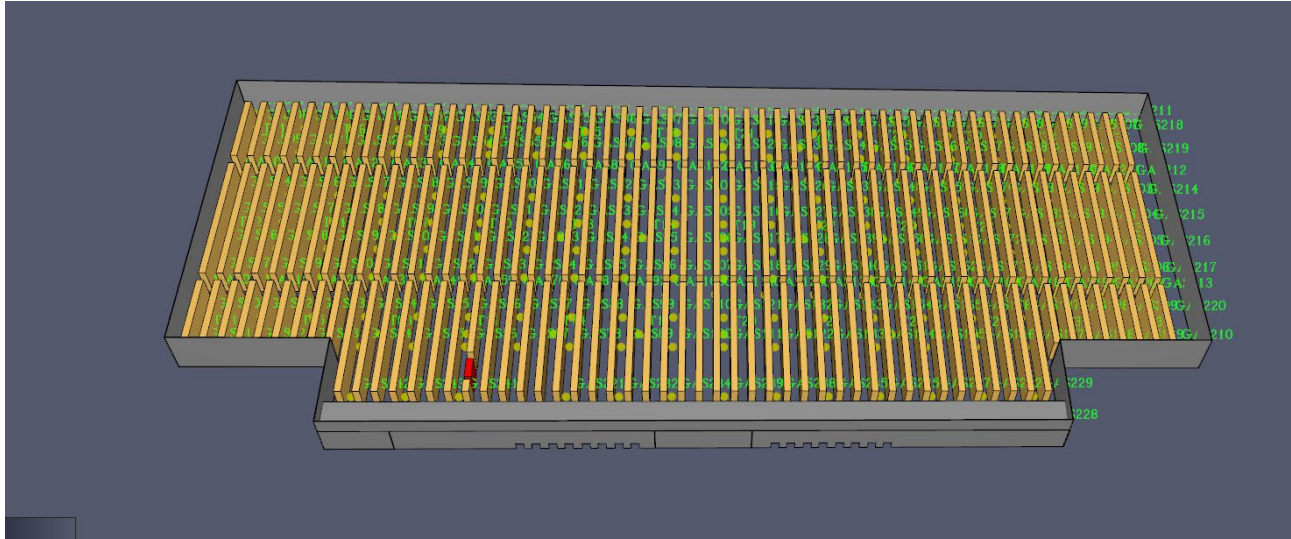
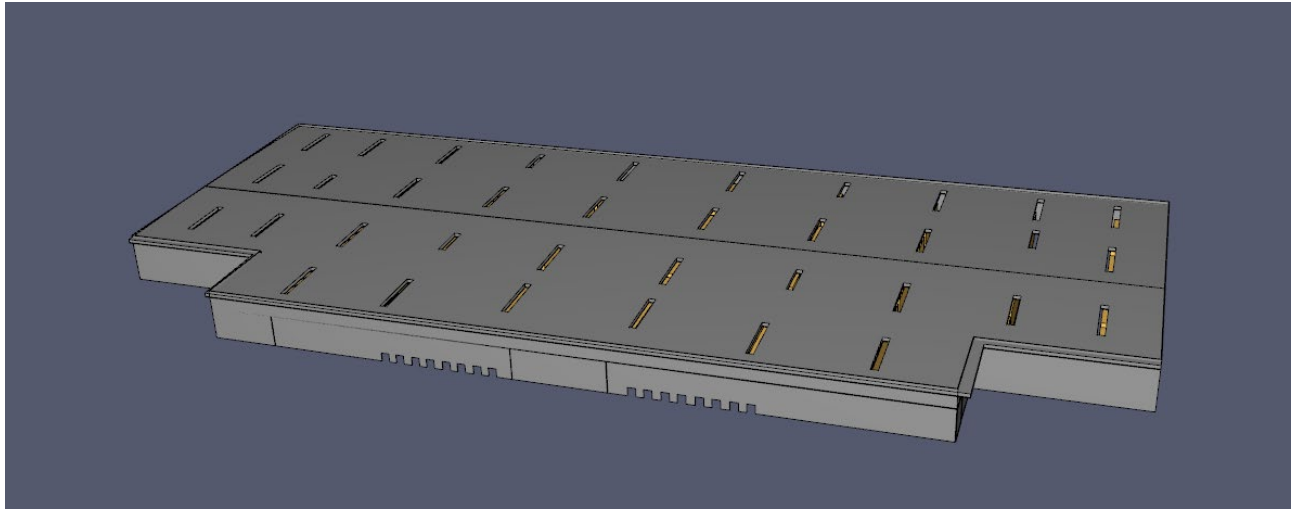
R <sub>vita</sub>	Quota del compartimento								
	< -15 m	< -10 m	< -5 m	< -1 m	≤ 12 m	≤ 24 m	≤ 32 m	≤ 54 m	> 54 m
A1	2000	4000	8000	16000	[1]	32000	16000	8000	4000
A2	1000	2000	4000	8000	64000	16000	8000	4000	2000
A3	[na]	1000	2000	4000	32000	4000	2000	1000	[na]
A4	[na]	[na]	[na]	[na]	16000	[na]	[na]	[na]	[na]
B1	[na]	2000	8000	16000	64000	16000	8000	4000	2000
B2	[na]	1000	4000	8000	32000	8000	4000	2000	1000
B3	[na]	[na]	1000	2000	16000	4000	2000	1000	[na]
Cii1, Ciii1	[na]	[na]	[na]	2000	16000	8000	8000	8000	4000
Cii2, Ciii2	[na]	[na]	[na]	1000	8000	4000	4000	2000	2000
Cii3, Ciii3	[na]	[na]	[na]	[na]	4000	2000	2000	1000	1000
D1	[na]	[na]	[na]	1000	2000	2000	1000	1000	1000
D2	[na]	[na]	[na]	1000	2000	1000	1000	1000	[na]
E1	2000	4000	8000	16000	[1]	32000	16000	8000	4000
E2	1000	2000	4000	8000	[1]	16000	8000	4000	2000
E3	[na]	[na]	2000	4000	16000	4000	2000	[na]	[na]

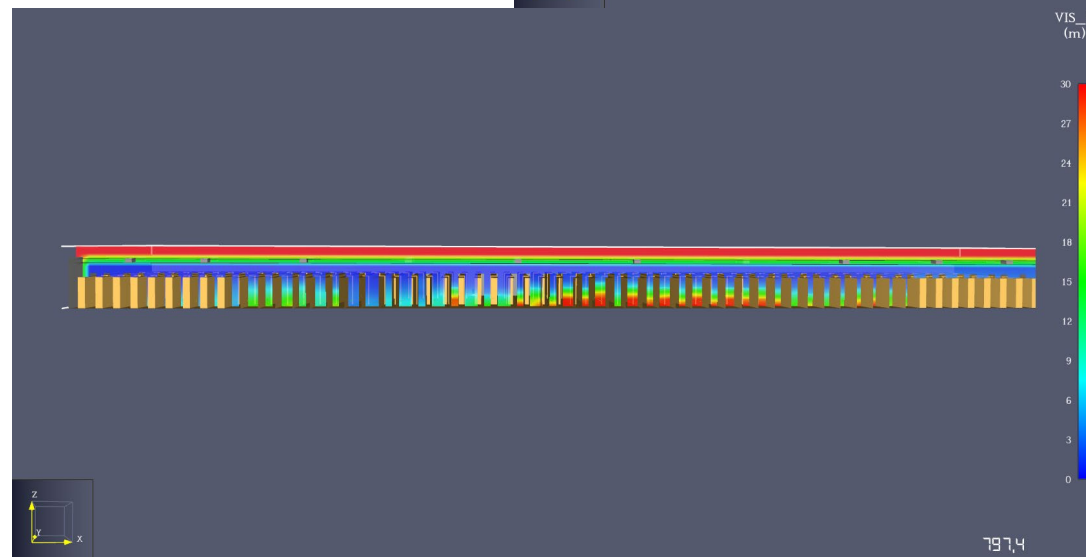
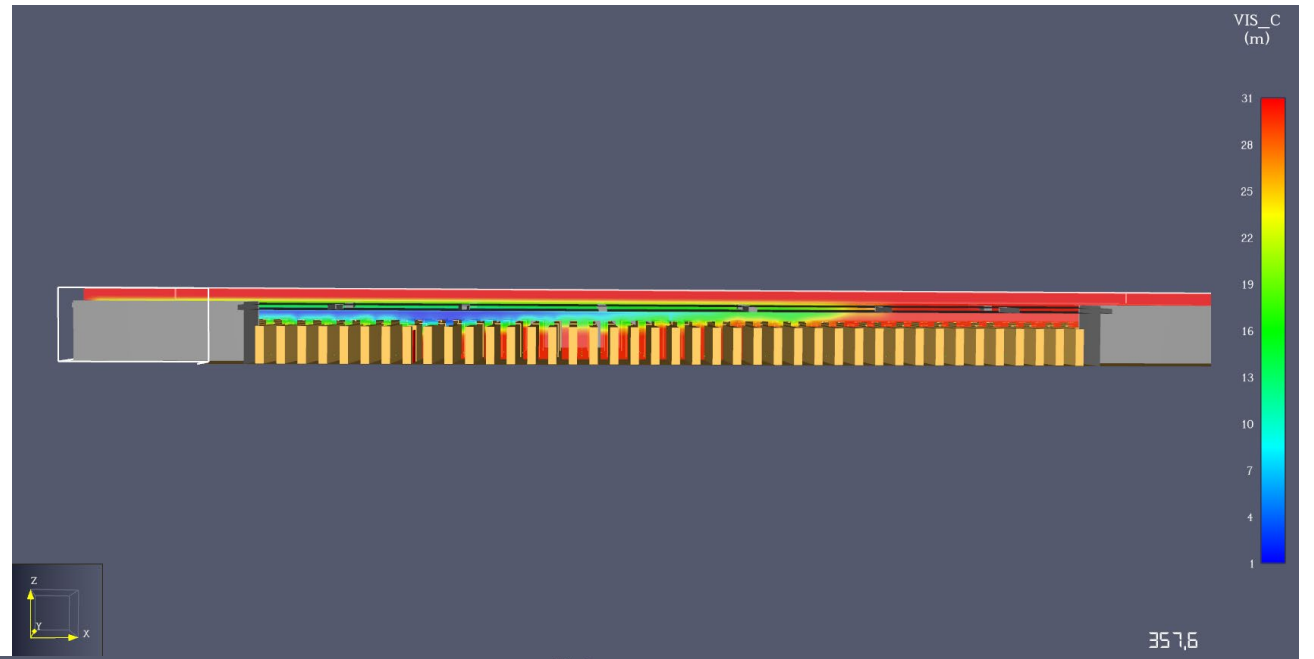
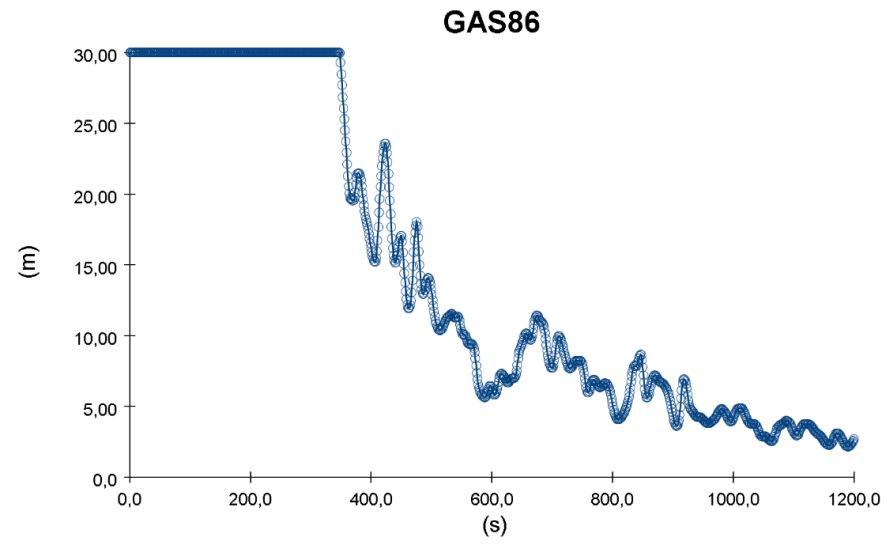
La massima superficie lorda è ridotta del 50%. per i compartimenti con R<sub>ambiente</sub> significativo.  
[na] Non ammesso  
[1] Senza limitazione

**Compartimento 34000 m2**

**Come faccio??**

*Tabella S.3-6: Massima superficie lorda dei compartimenti in m<sup>2</sup>*

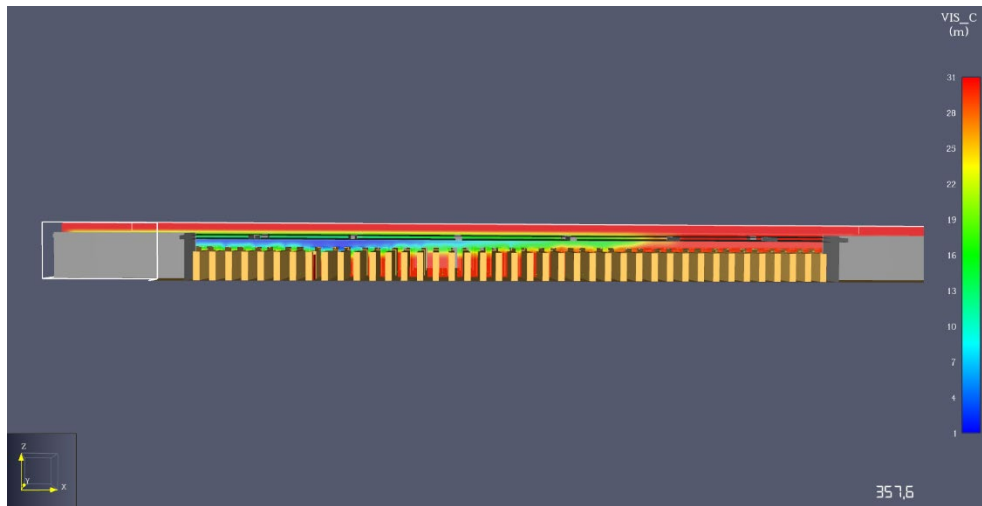




---

**ASET**

**RSET**



**>100%**

**Manuale**

---

## CALCOLO RSET

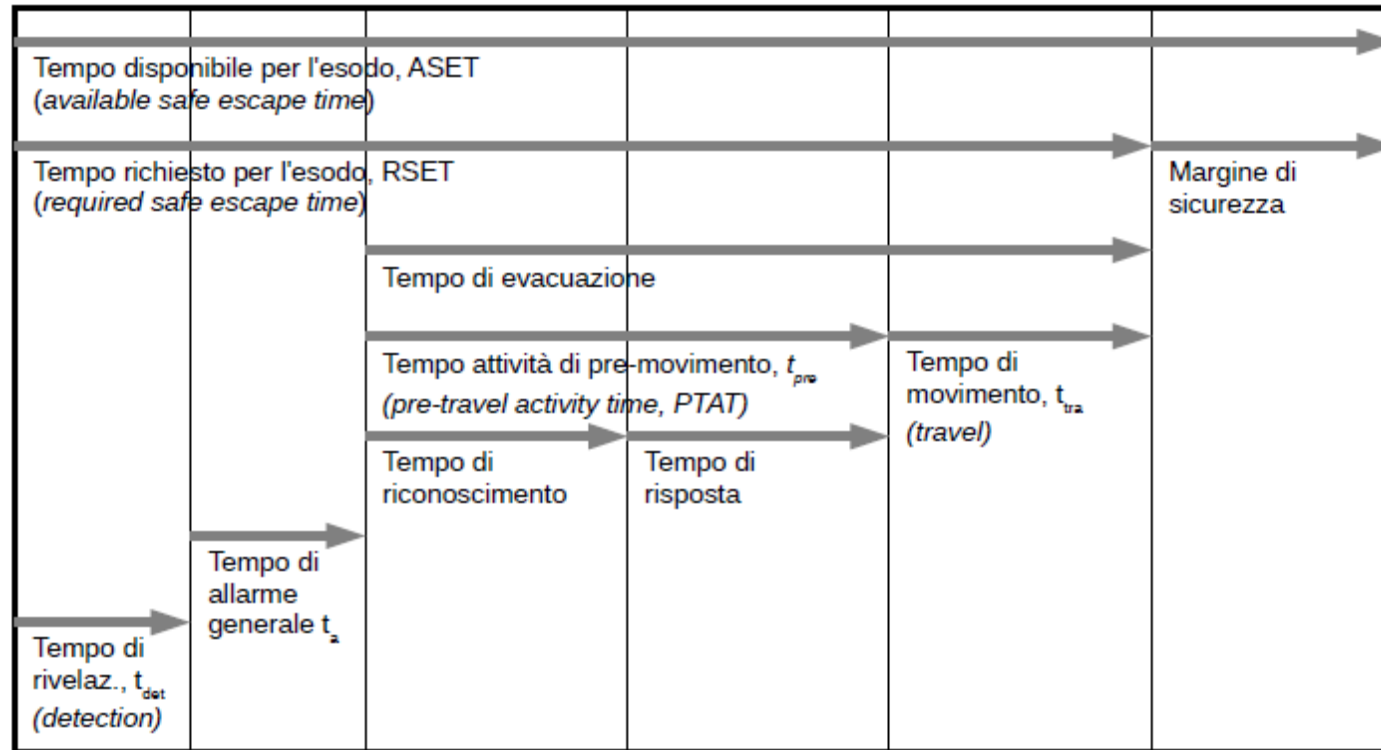


Illustrazione M.3-1: Confronto tra ASET ed RSET

### Tempo di rivelazione

1. Il *tempo di rivelazione*  $t_{det}$  è determinato dalla tipologia di sistema di rivelazione e dallo scenario di incendio. È il tempo necessario al sistema di rivelazione automatico per accorgersi dell'incendio. Viene calcolato analiticamente o con apposita modellizzazione numerica degli scenari d'incendio e del sistema di rivelazione.

### Tempo di allarme generale

1. Il *tempo di allarme generale*  $t_a$  è il tempo che intercorre tra la rivelazione dell'incendio e la diffusione dell'informazione agli occupanti, dell'allarme generale.
2. Il tempo di allarme generale sarà dunque:
  - a. pari a zero, quando la rivelazione attiva direttamente l'allarme generale dell'edificio;
  - b. pari al ritardo valutato dal professionista antincendio, se la rivelazione allerta una centrale di gestione dell'emergenza che verifica l'evento ed attiva poi l'allarme manuale.
3. Negli edifici grandi e complessi si deve tenere conto della modalità di allarme che può essere diversificata, ad esempio, nel caso di una evacuazione per fasi multiple.

#### ATTENZIONE:

Tutti questi valori devono essere presi in riferimento alle reali caratteristiche del sistema di allarme.

La UNI 9795 richiede al progettista di stabilire se la segnalazione dell'allarme debba essere garantita solo con la riproduzione sonora o anche quella luminosa.

### Tempo di attività pre-movimento

1. Il *tempo di attività pre-movimento*  $t_{pre}$  è l'oggetto della valutazione più complessa, perché si tratta del tempo necessario agli occupanti per svolgere una serie di attività che precedono il movimento vero e proprio verso il luogo sicuro. La letteratura indica che questa fase occupa spesso la maggior parte del tempo totale di esodo.
2. Il tempo  $t_{pre}$  è composto da un tempo di *riconoscimento* (*recognition*) e da uno di *risposta* (*response*).
3. Durante il tempo di riconoscimento gli occupanti continuano le attività che stavano svolgendo prima dell'allarme generale, finché riconoscono l'esigenza di rispondere all'allarme.
4. Nel tempo di risposta gli occupanti cessano le loro attività normali e si dedicano ad attività legate allo sviluppo dell'emergenza, quali: raccolta di informazioni sull'evento, arresto e messa in sicurezza delle apparecchiature, raggruppamento del proprio gruppo (lavorativo o familiare), lotta all'incendio, ricerca e determinazione della via d'esodo appropriata (*wayfinding*) ed altre attività a volte anche errate ed inappropriate.
5. A seconda dello scenario comportamentale di progetto, questi tempi possono durare anche alcune decine di minuti. Nella tabella M.3-1 si riportano alcuni esempi di valutazione tratti dal ISO/TR 16738.
6. Il professionista antincendio può impiegare valori diversi da quelli indicati in letteratura purché adeguatamente giustificati, anche in riferimento a prove di evacuazione riportate nel registro dei controlli.



---

## TEMPO DI ATTIVITÀ PRE-MOVIMENTO

Il tempo  $t_{pre}$  è il tempo necessario agli occupanti per svolgere una serie di attività che precedono il movimento vero e proprio verso il luogo sicuro. La letteratura indica che questa fase occupa spesso la maggior parte del tempo totale dell'esodo.

Il comportamento degli occupanti, in questa fase è rappresentabile in funzione dei seguenti tre parametri fondamentali:

- Qualità del sistema di allarme: (da A1 ad A3)
- Complessità dell'edificio: (da B1 a B3)
- Qualità della gestione dell'emergenza in caso di incendio: (da M1 a M3)

### Tempo di movimento

1. Il *tempo di movimento*  $t_{tra}$  è il tempo impiegato dagli occupanti per raggiungere un luogo sicuro dal termine delle attività di pre-movimento appena descritte.
2. Il  $t_{tra}$  è calcolato in riferimento ad alcune variabili:
  - a. la distanza degli occupanti o gruppi di essi dalle vie d'esodo;
  - b. le velocità d'esodo, che dipendono dalla tipologia degli occupanti e dalle loro interazioni con l'ambiente costruito e gli effetti dell'incendio. È dimostrato che la presenza di fumi e calore rallenta notevolmente la velocità d'esodo in funzione delle condizioni di visibilità;
  - c. la portata delle vie d'esodo, dovuta a geometria, dimensioni, dislivelli ed ostacoli.
3. Nella realtà, quando gli occupanti di edifici densamente affollati fuggono lungo le vie d'esodo, si formano lunghe file nei restringimenti, inoltre secondo lo sviluppo degli scenari di incendio di progetto presi in esame, alcuni percorsi possono diventare impercorribili o bloccati.

Il calcolo del  $t_{tra}$  deve tenere conto di questi fenomeni.
4. Attualmente si impiegano comunemente due famiglie di modelli per il calcolo del tempo di movimento: *modelli idraulici* e *modelli agent based*.
5. I modelli idraulici predicono con ragionevole precisione alcuni aspetti del movimento degli occupanti (es. flussi attraverso le uscite), ma non includono fattori importanti del comportamento umano, come la familiarità con l'edificio, le interazioni persona-persona e l'effetto del fumo sul movimento.
6. Altri tipi di modelli (es. *macroscopic/microscopic*, *coarse network/fine network/continuous models*) sono oggetto di intensa ricerca scientifica e di sperimentazione; attualmente esistono ancora solo validazioni parziali dei risultati. Pertanto i risultati devono essere valutati con cautela.



Parametri di descrizione dell'attività tratto da ISO/TR 16738	Tempi di attività di pre-movimento ISO/TR 16738	
	$\Delta t_{pre (1st)}$ primi occupanti in fuga	$\Delta t_{pre (99th)}$ ultimi occupanti in fuga
<p>Esempio 1: albergo di media complessità</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• occupanti: <i>Ciii, sleeping and unfamiliar</i>;</li> <li>• sistema di allarme: rivelazione automatica ed allarme generale mediato dall'intervento di verifica dei dipendenti;</li> <li>• complessità geometrica edificio: <i>edificio multipiano e layout semplice</i>;</li> <li>• gestione della sicurezza: <i>ordinaria</i>.</li> </ul>	20'	40'
<p>Esempio 2: grande attività produttiva</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• occupanti: <i>A, awake and familiar</i>;</li> <li>• sistema di allarme: rivelazione automatica ed allarme generale mediato dall'intervento di verifica dei dipendenti;</li> <li>• complessità geometrica edificio: <i>edificio multipiano e layout complesso</i>;</li> <li>• gestione della sicurezza: <i>ordinaria</i>.</li> </ul>	1' 30"	3' 30"
<p>Esempio 3: residenza sanitaria assistenziale</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• occupanti: <i>D, sleeping and unfamiliar</i>;</li> <li>• sistema di allarme: rivelazione automatica ed allarme generale mediato dall'intervento di verifica dei dipendenti;</li> <li>• complessità geometrica edificio: <i>edificio multipiano e layout semplice</i>;</li> <li>• gestione della sicurezza: <i>ordinaria</i>;</li> <li>• presenza di addetti in quantità sufficiente a gestire l'evacuazione dei diversamente abili.</li> </ul>	5'	10'

Tabella M.3-1: Esempi di valutazione del tempo di pre-movimento, tratto da ISO/TR 16738



ORIENTAMENTO | WAYFINDING

#### S.4.5.9

#### Segnaletica d'esodo ed orientamento

1. Il sistema d'esodo (es. vie d'esodo, luoghi sicuri, spazi calmi, ...) deve essere facilmente riconosciuto ed impiegato dagli occupanti grazie ad apposita *segnaletica di sicurezza*.

Ciò può essere conseguito anche con ulteriori *indicatori ambientali* quali:

- a. accesso visivo e tattile alle informazioni;
  - b. grado di differenziazione architettonica;
  - c. uso di segnaletica per la corretta identificazione direzionale, tipo UNI EN ISO 7010;
  - d. ordinata configurazione geometrica dell'edificio, anche in relazione ad allestimenti mobili o temporanei.
2. La segnaletica d'esodo deve essere adeguata alla complessità dell'attività e consentire l'orientamento degli occupanti (*wayfinding*). A tal fine:
- a. devono essere installate in ogni piano dell'attività apposite planimetrie semplificate, correttamente orientate, in cui sia indicata la posizione del lettore (es. "Voi siete qui") ed il *layout* del sistema d'esodo (es. vie d'esodo, spazi calmi, luoghi sicuri, ...). A tal proposito possono essere applicate le indicazioni contenute nella norma UNI ISO 23601 "Identificazione di sicurezza - Planimetrie per l'emergenza";
  - b. possono essere applicate le indicazioni supplementari contenute nella norma ISO 16069 "Graphical symbols - Safety signs - Safety way guidance systems (SWGS)".

				
E007 Luogo sicuro	E024 Spazio calmo	E001 Via d'esodo	E026 Via d'esodo verso spazio calmo	E060 Sedia d'evacuazione

Tabella S.4-8: Esempi di segnali UNI EN ISO 7010

---

Il tempo richiesto per l'esodo in sicurezza degli occupanti (RSET) è calcolato come la sommatoria di diversi componenti:

$$RSET = 60 + 90 + 72 = 222 \text{ s}$$

Il valore di ASET è determinato verificando le soglie di prestazione richieste. Il valore minore registrato dai devices è quello della visibilità:  $ASET = 550 \text{ s}$

Allora:

$$100\%RSET = 444 \text{ s} \leq 550 \text{ s} = ASET$$

	Velocità (m/s)	Larghezza (m)	Altezza (m)	Percentuale (%)
Adulti	1.19	0,46	1,83	100

---

## Compartimentazione verso altre dell'attività

### Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

1. Al fine di limitare la propagazione dell'incendio *verso altre attività* deve essere impiegata almeno una delle seguenti soluzioni conformi:
  - a. inserire le diverse attività in compartimenti antincendio distinti, come descritto nei paragrafi S.3.5 ed S.3.6, con le caratteristiche di cui al paragrafo S.3.7;
  - b. interporre distanze di separazione su spazio a cielo libero tra le diverse attività, come descritto nel paragrafo S.3.8.
2. Al fine di limitare la propagazione dell'incendio *all'interno della stessa attività* deve essere impiegata almeno una delle seguenti soluzioni conformi:
  - a. suddividere la volumetria dell'opera da costruzione contenente l'attività, in compartimenti antincendio, come descritto nei paragrafi S.3.5 ed S.3.6, con le caratteristiche di cui al paragrafo S.3.7;
  - b. interporre distanze di separazione su spazio a cielo libero tra ambiti della stessa attività, come descritto nel paragrafo S.3.8.
3. L'*ubicazione* delle diverse attività nella stessa opera da costruzione deve essere stabilita secondo i criteri di cui al paragrafo S.3.9.
4. Sono ammesse *comunicazioni* tra le diverse attività presenti nella stessa opera da costruzione, realizzate con le limitazioni e le modalità descritte al paragrafo S.3.10.

### Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

1. Si applicano le soluzioni conformi per il livello di prestazione II, impiegando elementi a tenuta di fumo ( $S_a$ ) per la realizzazione dei compartimenti antincendio.

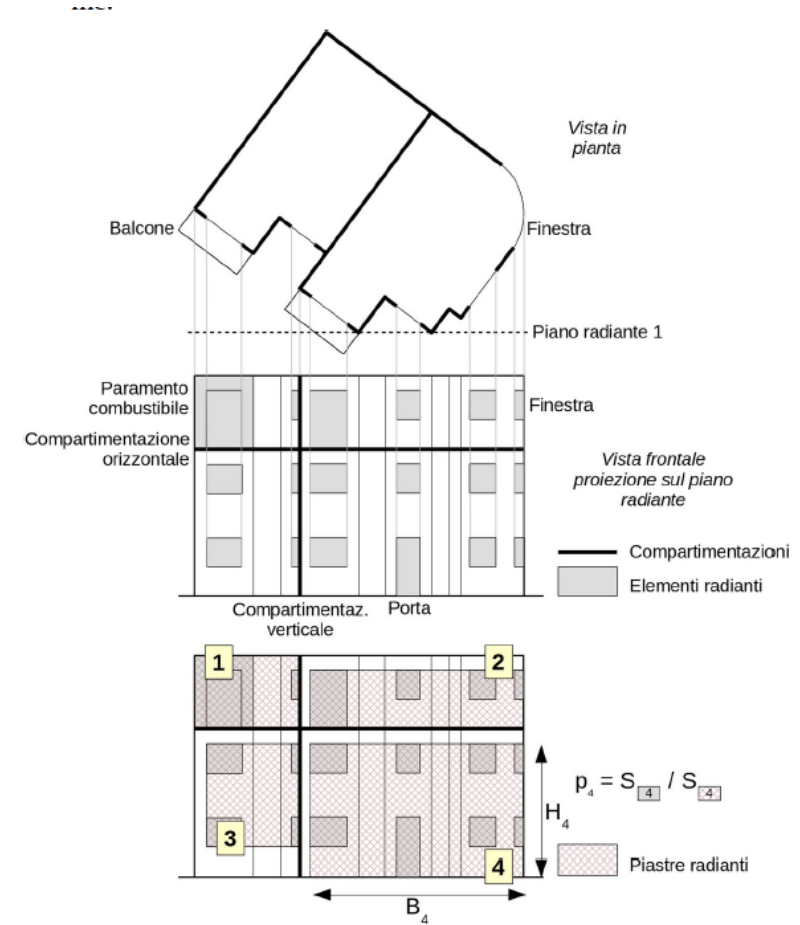
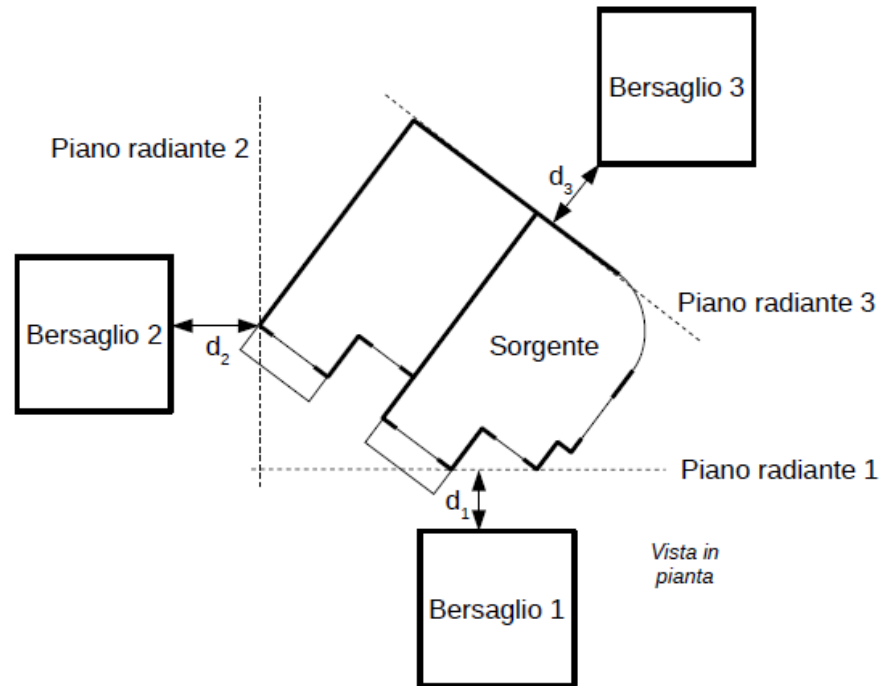
## Compartimentazione verso altre dell'attività

### S.3.4.3 Soluzioni alternative

1. Sono ammesse *soluzioni alternative* per tutti i livelli di prestazione.
2. Al fine di dimostrare il raggiungimento del *livello di prestazione*, il progettista deve impiegare uno dei metodi del paragrafo G.2.7.
3. In tabella S.3-3 sono riportate alcune modalità *generalmente accettate* per la progettazione di soluzioni alternative. Il progettista può comunque impiegare modalità diverse da quelle elencate.

Oggetto della soluzione	Modalità progettuale
Caratteristiche dello spazio scoperto (§ S.3.5.1), del compartimento, del filtro (§ S.3.5.4), dell'ubicazione (§ S.3.9)	Si dimostri, anche con modelli analitici, che non avviene propagazione dell'incendio e dei suoi effetti nella configurazione considerata.
Compartimento a prova di fumo (§ S.3.5.3), filtro a prova di fumo (§ S.3.5.5), compartimentazione multipiano (§ S.3.6.2), comunicazioni (§ S.3.10)	Si dimostri che è comunque garantita la salvaguardia della vita degli occupanti (capitolo M.3) e, se applicabile, la protezione dei beni.
Distanza di separazione (§ S.3.8) e suo calcolo (§ S.3.11)	Si dimostri che è limitata la propagazione dell'incendio e dei suoi effetti. Può essere applicata la stessa procedura analitica del paragrafo S.3.11.3, impiegando ad esempio il valore di $E_{soglia}$ adeguato al bersaglio effettivamente esposto all'incendio, il fattore di vista $F_{2-1}$ e la piastra radiante corrispondente alla reale configurazione geometrica, la potenza termica radiante $E_1$ riferita all'incendio naturale. Possono essere anche impiegati modelli numerici di simulazione dell'incendio, dei suoi effluenti e dell'irraggiamento.

# Compartimentazione verso altre dell'attività



- 
1. La presente *procedura tabellare* consente di determinare la distanza di separazione che limita ad un valore  $E_{soglia}$  pari a  $12,6 \text{ kW/m}^2$  l'irraggiamento termico incidente sul *bersaglio*, prodotto dall'incendio della *sorgente* considerata.

La distanza di misurata tra l'i-esima piastra radiante ed il bersaglio garantisce adeguata *separazione* se è verificata la seguente relazione:

$$F2-1 \cdot E1 \cdot \epsilon_f < E_{soglia}$$

con:

F2-1 fattore di vista

E1 potenza termica radiante dovuta all'*incendio convenzionale*

[kW/m<sup>2</sup>]

$\epsilon_f$  emissività della fiamma

$E_{soglia}$  soglia di irraggiamento dell'incendio sul bersaglio [kW/m<sup>2</sup>]



## Determinazione Analitica

3. La distanza  $d_i$  misurata tra l' $i$ -esima piastra radiante ed il bersaglio garantisce adeguata *separazione* se è verificata la seguente relazione:

$$F_{2-1} \cdot E_1 \cdot \varepsilon_f < E_{soglia} \quad \text{S.3-3}$$

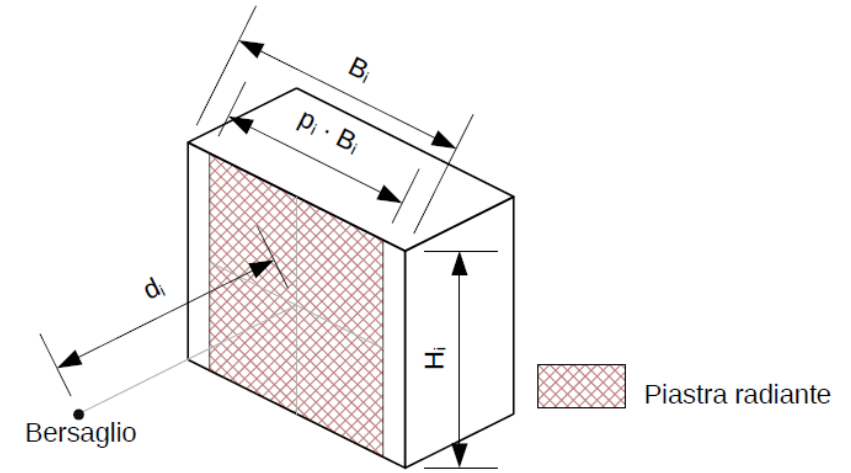
con:

$F_{2-1}$  fattore di vista

$E_1$  potenza termica radiante dovuta all'*incendio convenzionale* [kW/m<sup>2</sup>]

$\varepsilon_f$  emissività della fiamma

$E_{soglia}$  soglia di irraggiamento dell'incendio sul bersaglio [kW/m<sup>2</sup>]



4. Il *fattore di vista*  $F_{2-1}$  relativo a piastra radiante rettangolare e bersaglio posizionato sull'asse di simmetria normale alla piastra è calcolato secondo la seguente relazione:

$$F_{2-1} = 2/\pi \left( \frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \arctan \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \arctan \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right) \quad \text{S.3-4}$$

$$X = \frac{B_i \cdot p_i}{2d_i}, Y = \frac{H_i}{2d_i} \quad \text{S.3-5}$$

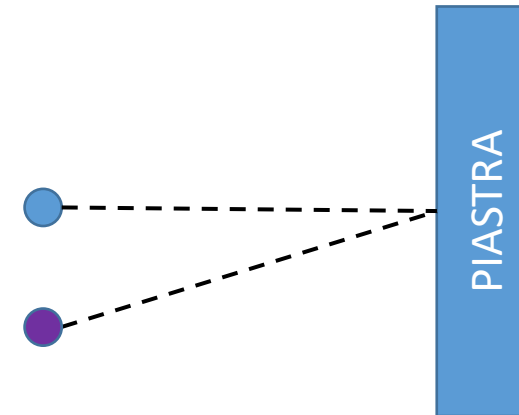
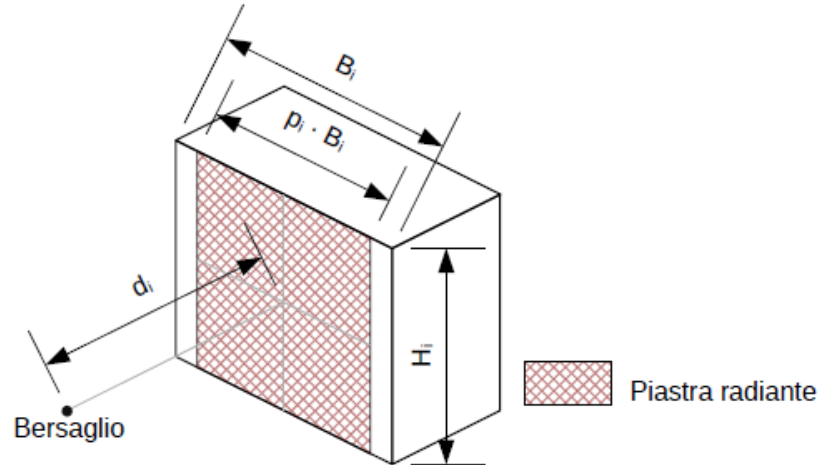
con:

$B_i$  larghezza i-esima piastra radiante [m]

$H_i$  altezza i-esima piastra radiante [m]

$p_i$  percentuale di foratura dell'i-esima piastra radiante

$d_i$  distanza tra l'i-esima piastra radiante ed il bersaglio [m]



Fattori di vista diversi.

Nell'Eurocodice è riportato il caso di più fattori di vista. La piastra radiante viene divisa in più parti.

3. La distanza  $d_i$  misurata tra l' $i$ -esima piastra radiante ed il bersaglio garantisce adeguata *separazione* se è verificata la seguente relazione:

$$F_{2-1} \cdot E_1 \cdot \varepsilon_f < E_{\text{soglia}} \quad \text{S.3-3}$$

con:

$F_{2-1}$  fattore di vista

$E_1$  potenza termica radiante dovuta all'*incendio convenzionale* [kW/m<sup>2</sup>]

$\varepsilon_f$  emissività della fiamma

$E_{\text{soglia}}$  soglia di irraggiamento dell'incendio sul bersaglio [kW/m<sup>2</sup>]

5. La potenza termica radiante dell'incendio convenzionale  $E_1$  è imposta come segue in funzione del carico di incendio specifico  $q_f$  del compartimento retrostante l' $i$ -esima piastra radiante:

se  $q_f > 1200 \text{ MJ/m}^2$ :

$$E_1 = \sigma \cdot T^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (1000 + 273,16)^4 = 149 \text{ kW/m}^2 \quad \text{S.3-6}$$

se  $q_f \leq 1200 \text{ MJ/m}^2$ :

$$E_1 = \sigma \cdot T^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (800 + 273,16)^4 = 75 \text{ kW/m}^2 \quad \text{S.3-7}$$

6. L'emissività della fiamma  $\varepsilon_f$  è ricavata dalla seguente relazione:

$$\varepsilon_f = 1 - e^{-0,3 \cdot d_f} \quad \text{S.3-8}$$

Carico di Incendio «alto»  
T alta

Carico di Incendio «basso»  
T bassa

3. La distanza  $d_i$  misurata tra l' $i$ -esima piastra radiante ed il bersaglio garantisce adeguata *separazione* se è verificata la seguente relazione:

$$F_{2-1} \cdot E_1 \cdot \varepsilon_f < E_{\text{soglia}} \quad \text{S.3-3}$$

con:

$F_{2-1}$  fattore di vista

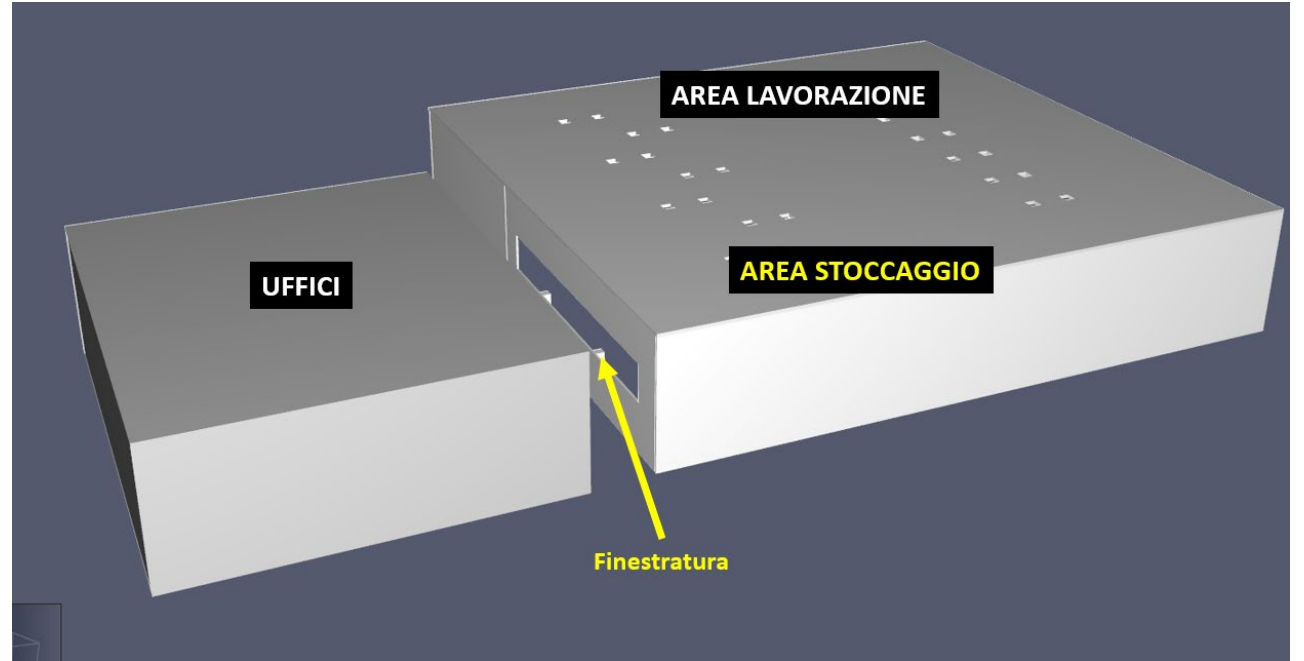
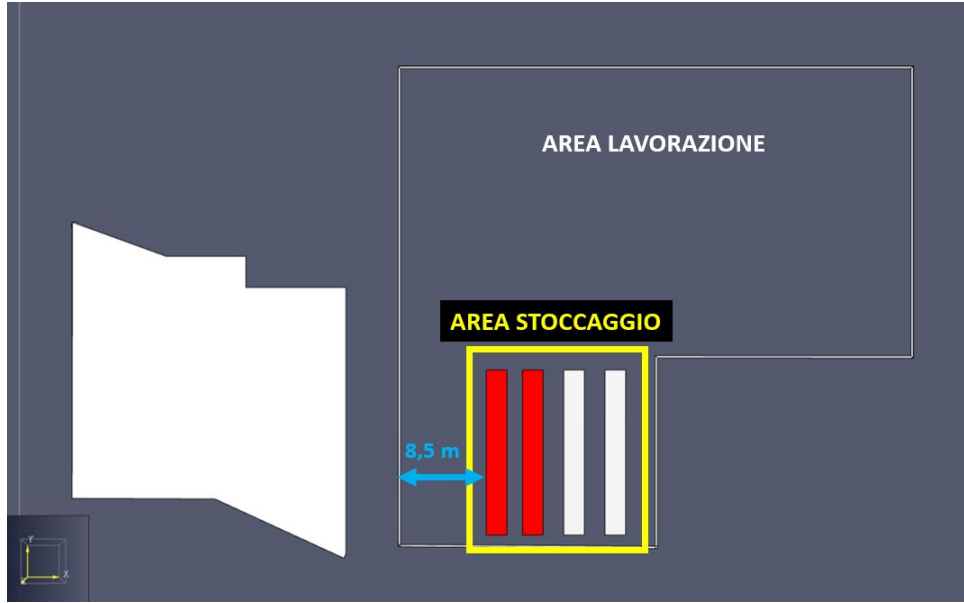
$E_1$  potenza termica radiante dovuta all'*incendio convenzionale* [kW/m<sup>2</sup>]

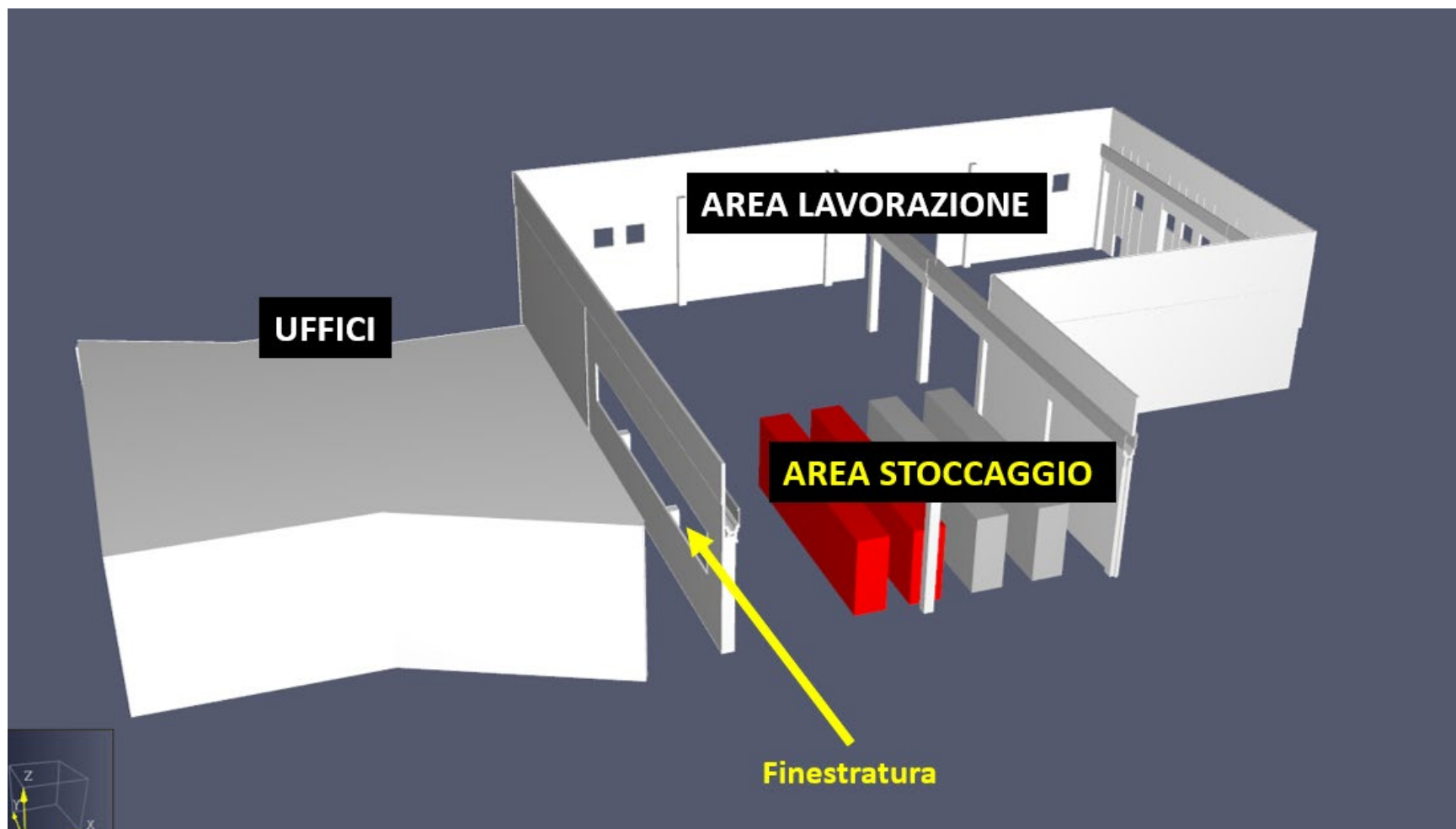
$\varepsilon_f$  emissività della fiamma

$E_{\text{soglia}}$  soglia di irraggiamento dell'*incendio sul bersaglio* [kW/m<sup>2</sup>]

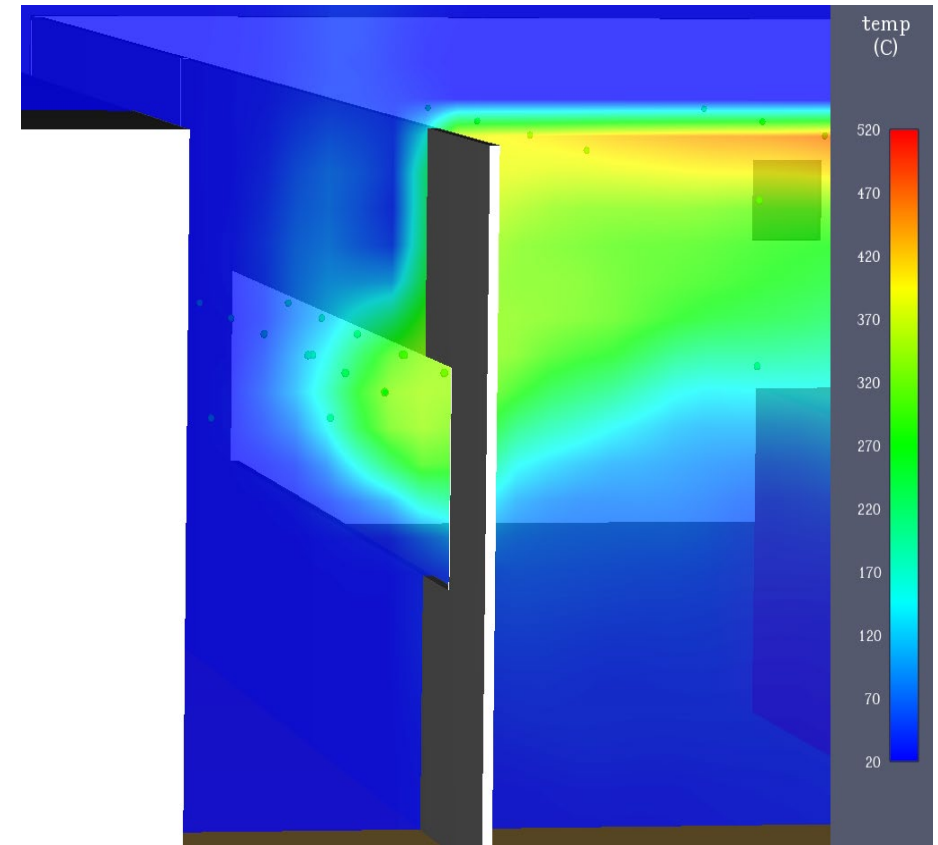
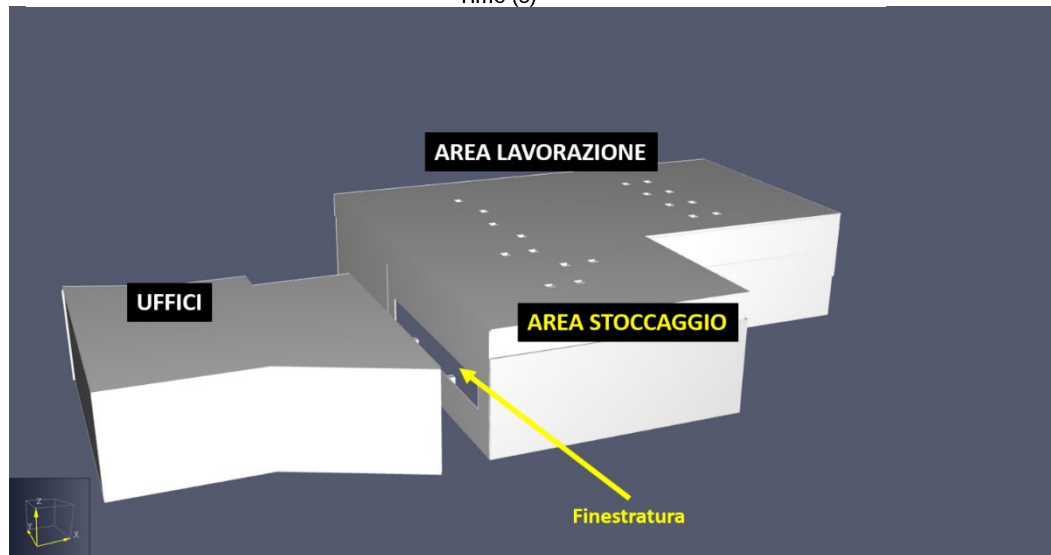
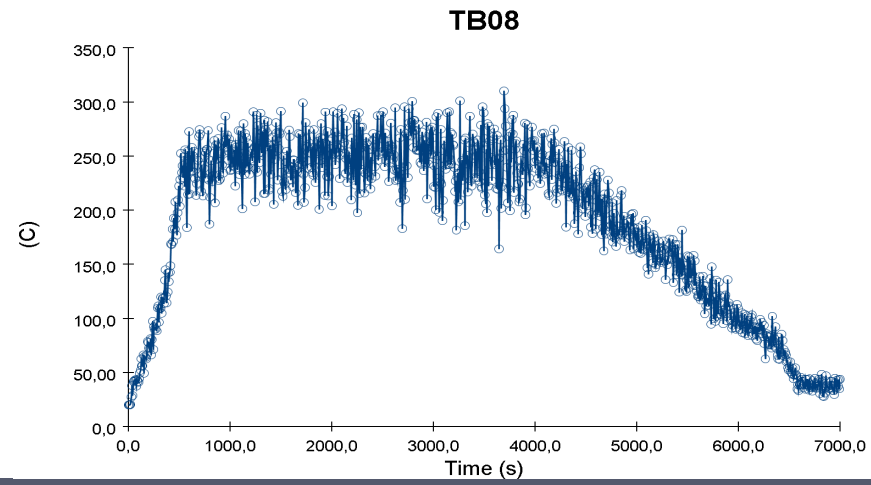
### Critical Heat Flux

Material	CHF (kW/m <sup>2</sup> )		TRP (kW·s <sup>1/2</sup> /m <sup>2</sup> )	
	ASTM E2058 FPA	ASTM E1354 Cone	ASTM E2058 FPA	ASTM E1354 Cone
<i>Natural</i>				
Flour	10	–	218	–
Sugar	10	–	255	–
Tissue paper	10	–	95	–
Newspaper	10	–	108	–
Wood (red oak)	10	–	134	–









### Verifica distanza di separazione con soluzione alternativa (Metodo 1)

In base ai risultati della simulazione è emerso come la temperatura più gravosa nel volume prossimo alla finestratura sia pari a 300°C. Sfruttando la disuguaglianza S.3-3 proposta dal DM 18 Ottobre 2019 è ora possibile ricalcolare la potenza termica emessa, sfruttando la Legge di Stefan-Boltzmann, riportata nel DM 18 Ottobre 2019 con riferimento S.3-6. Tenendo presente che  $d_f$  è pari a 2/3 di H e quindi  $\varepsilon_f$  è pari a 0.4247, che il fattore di vista rimane immutato e che  $E_{soglia}$  è ancora considerato 12,6 kW/m<sup>2</sup> si procede al calcolo della potenza termica emessa e alla verifica della disuguaglianza.]

$$E_1 = \sigma T^4 = 6,1 \text{ kW/m}^2$$

$$F_{2-1} E_1 \varepsilon_f = 0,66 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} < E_{soglia}$$

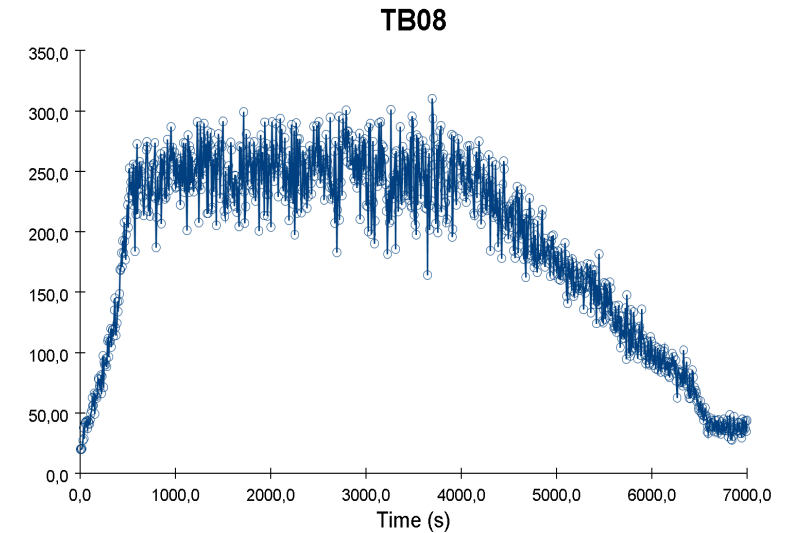
5. La potenza termica radiante dell'incendio convenzionale  $E_1$  è imposta come segue in funzione del carico di incendio specifico  $q_f$  del compartimento retrostante l' $i$ -esima piastra radiante:

se  $q_f > 1200 \text{ MJ/m}^2$ :

$$E_1 = \sigma \cdot T^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (1000 + 273,16)^4 = 149 \text{ kW/m}^2 \quad \text{S.3-6}$$

se  $q_f \leq 1200 \text{ MJ/m}^2$ :

$$E_1 = \sigma \cdot T^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (800 + 273,16)^4 = 75 \text{ kW/m}^2 \quad \text{S.3-7}$$



4. Il fattore di vista  $F_{2,1}$  relativo a piastra radiante rettangolare e bersaglio posizionato sull'asse di simmetria normale alla piastra è calcolato secondo la seguente relazione:

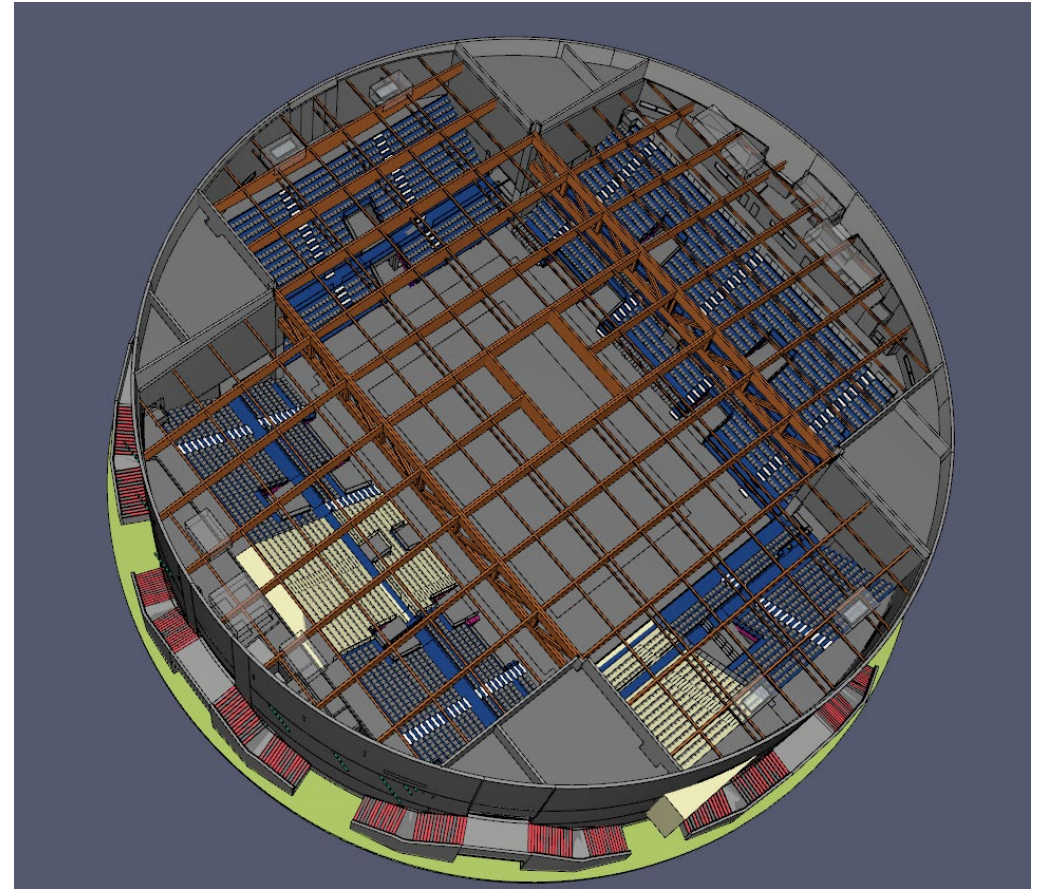
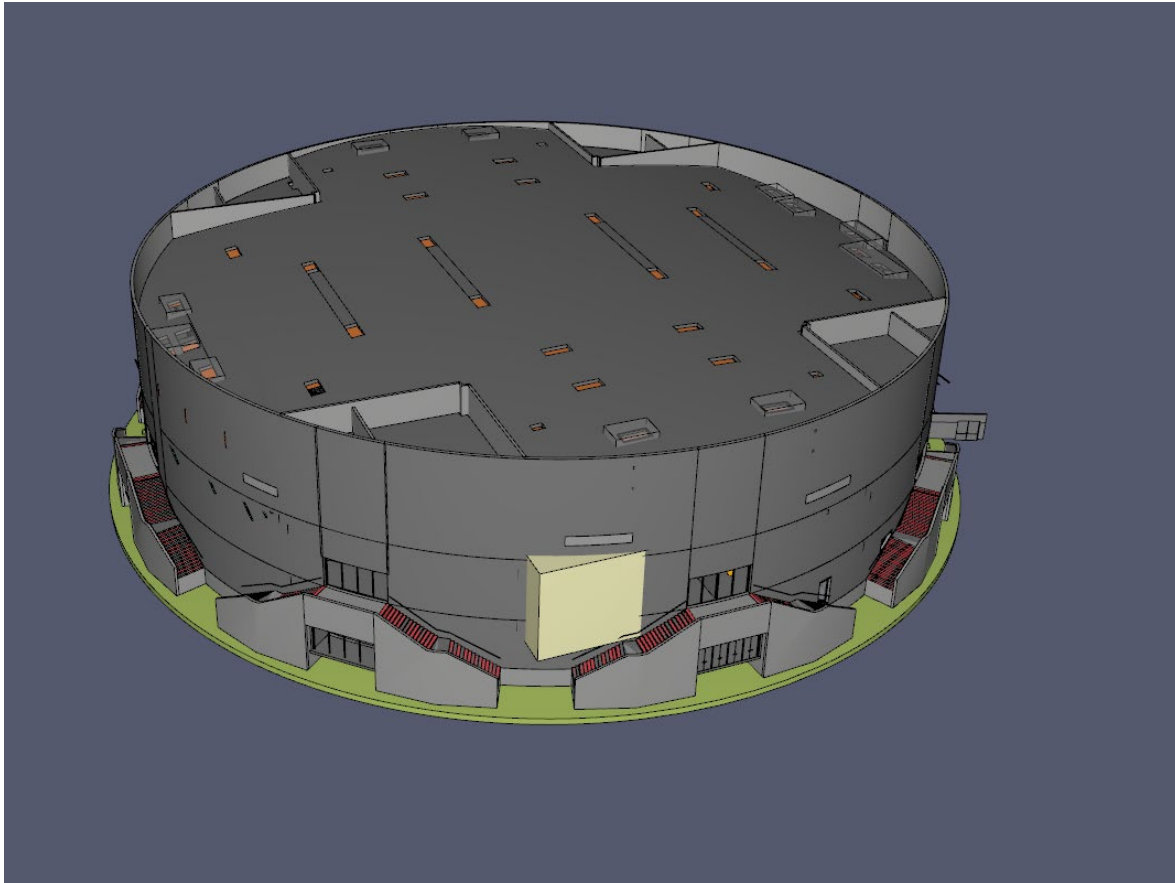
$$F_{2-1} = 2/\pi \left( \frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \arctan \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \arctan \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right) \quad \text{S.3-4}$$

---

# Smaltimento

## PALAZZETTO DELLO SPORT

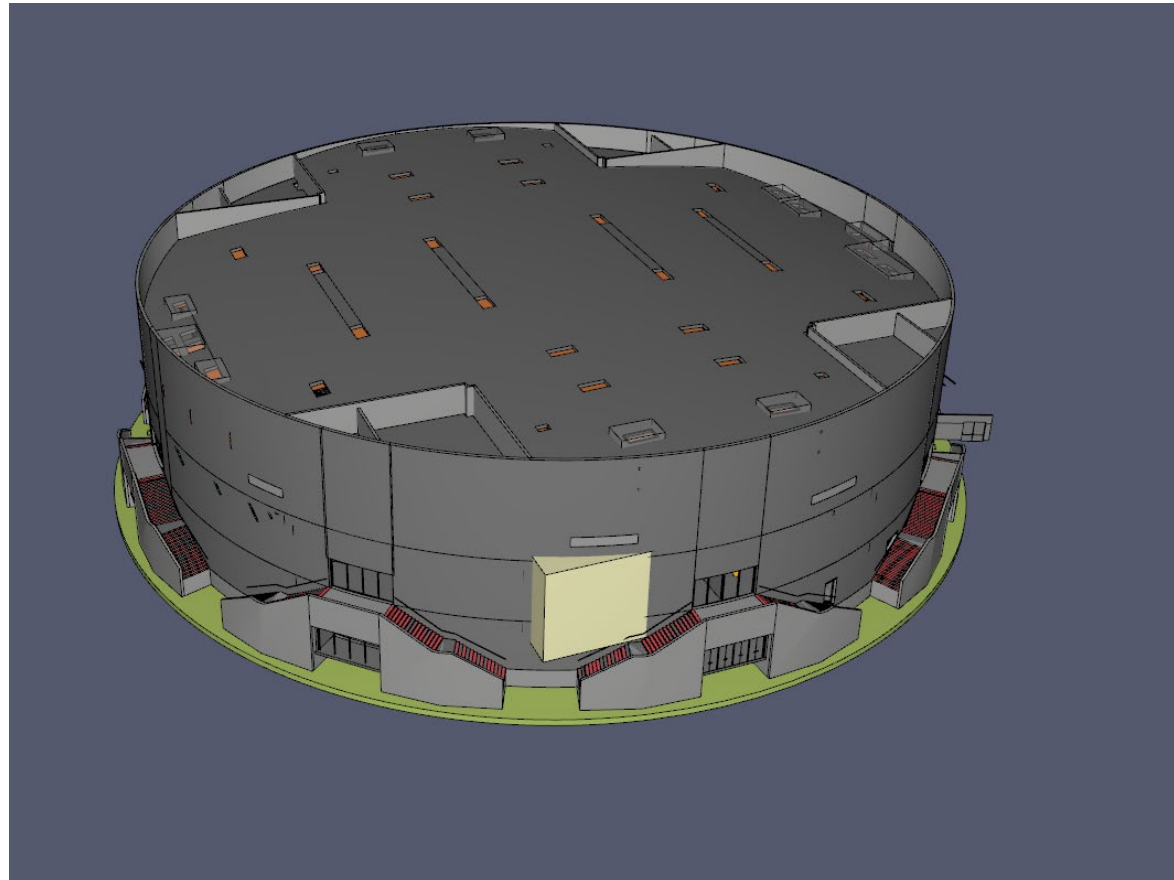
### Smaltimento di emergenza



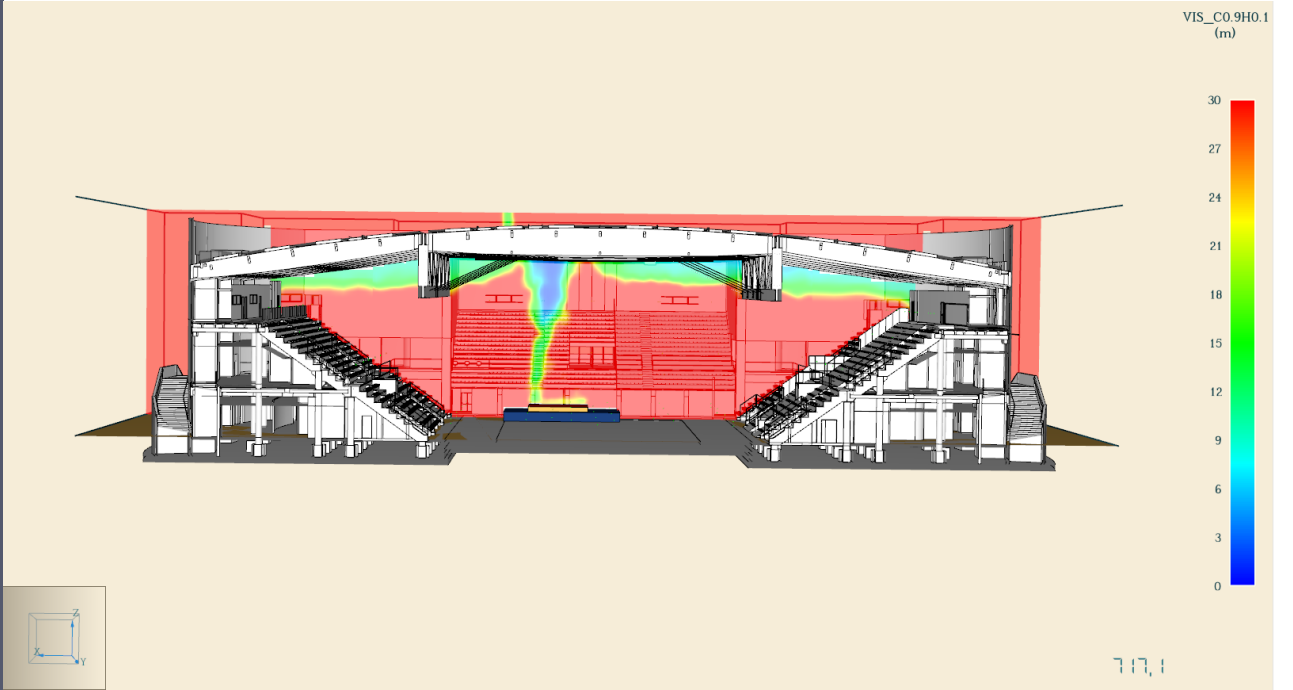
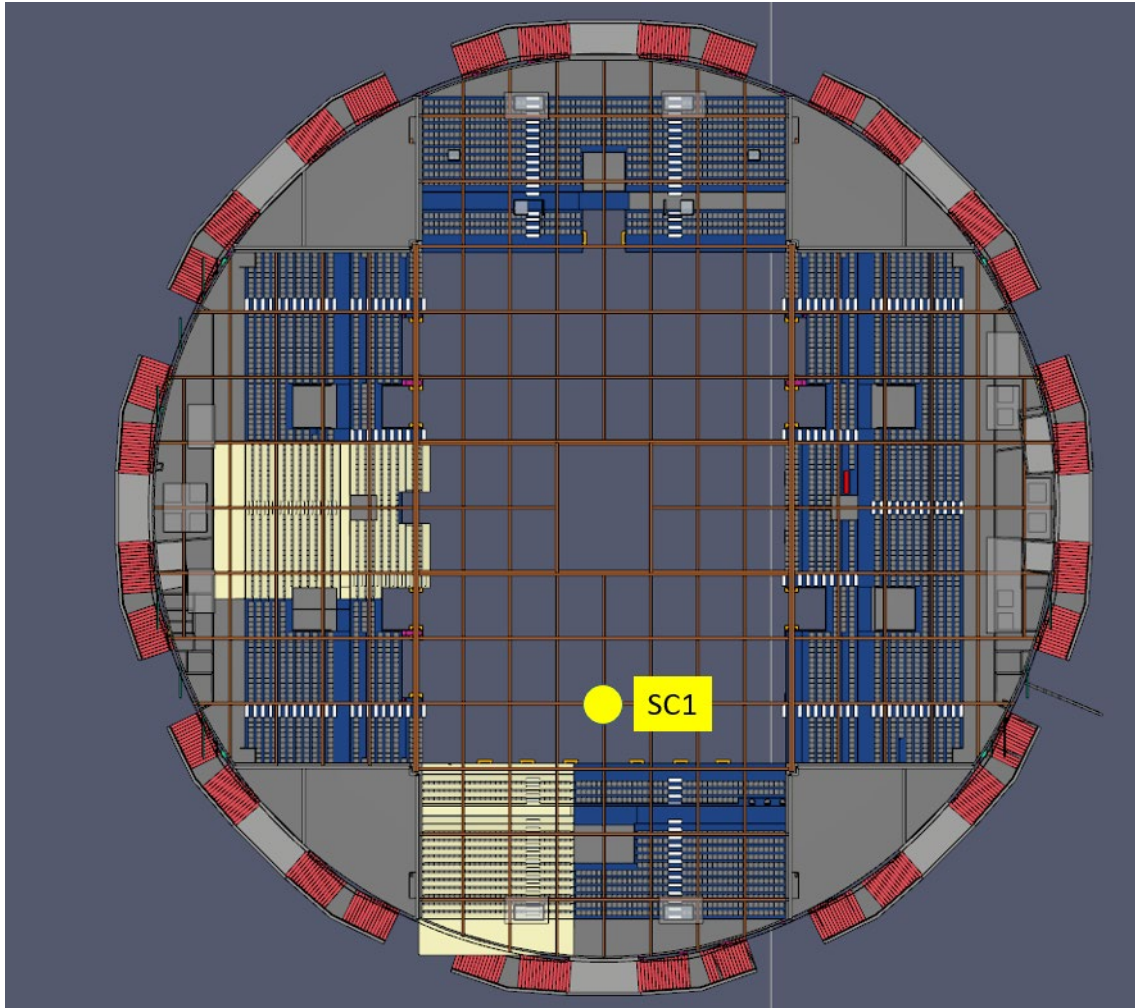
---

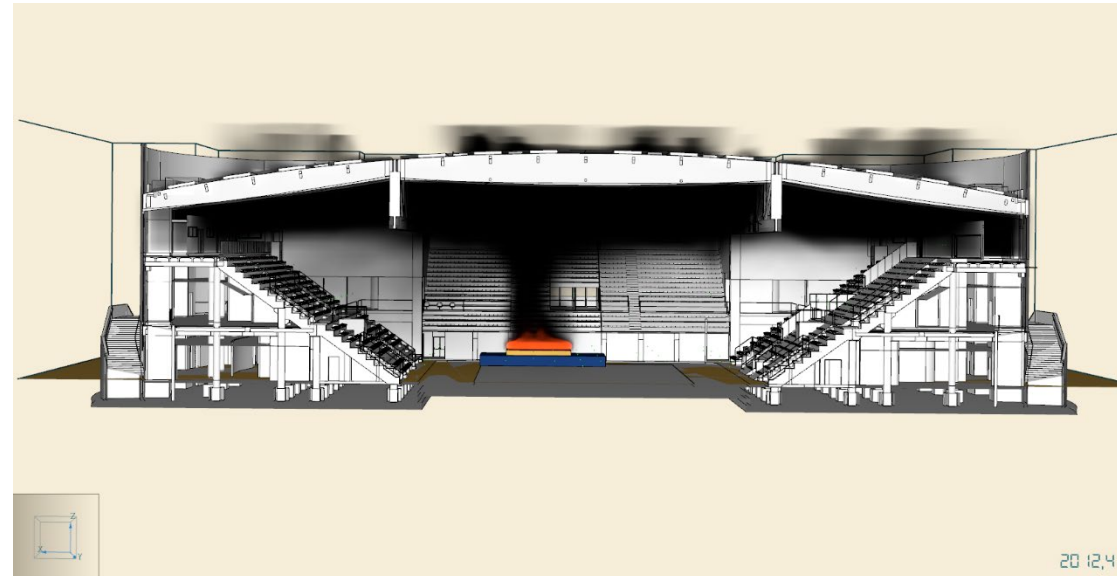
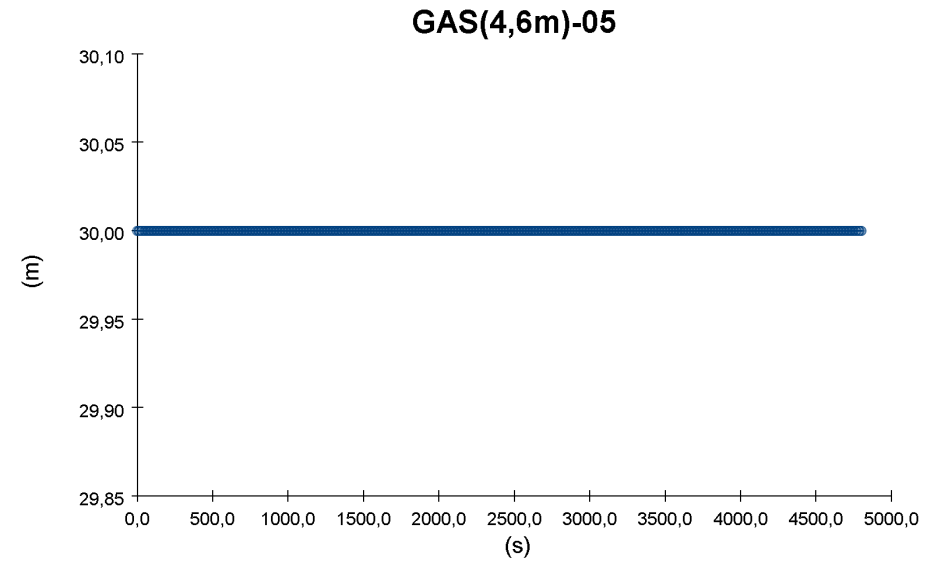
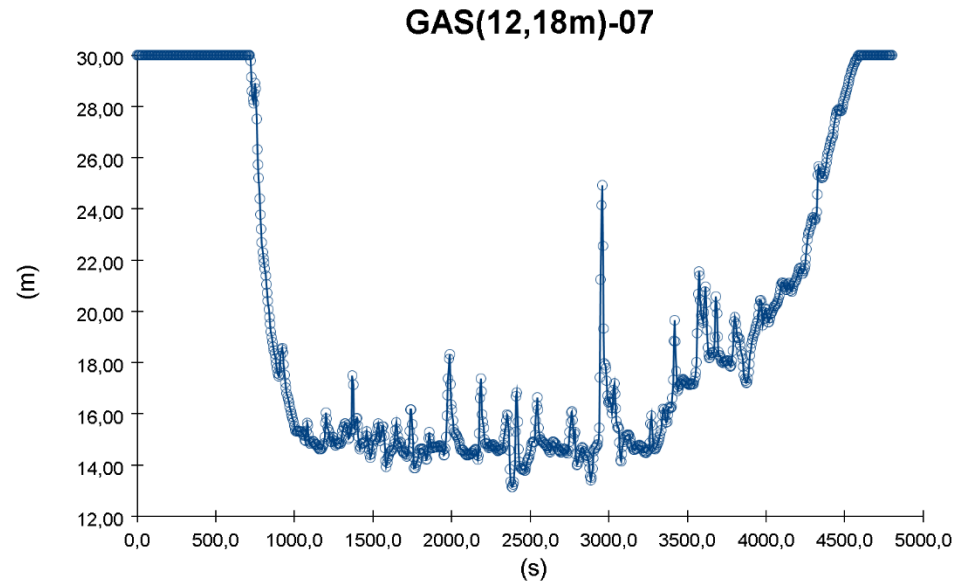
## Problema - Soluzione

- Punti di ingresso aria del progetto definitivo errati
- Modifica punti di immissione e ottimizzazione numero di evacuatori (50%)

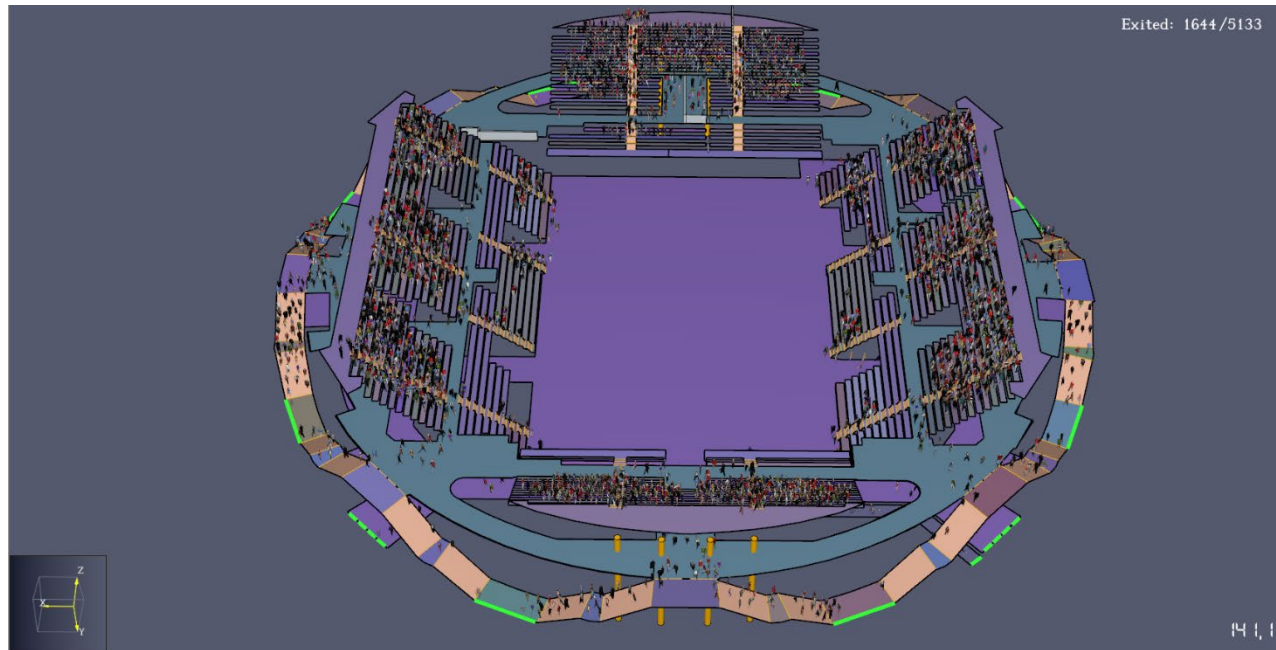
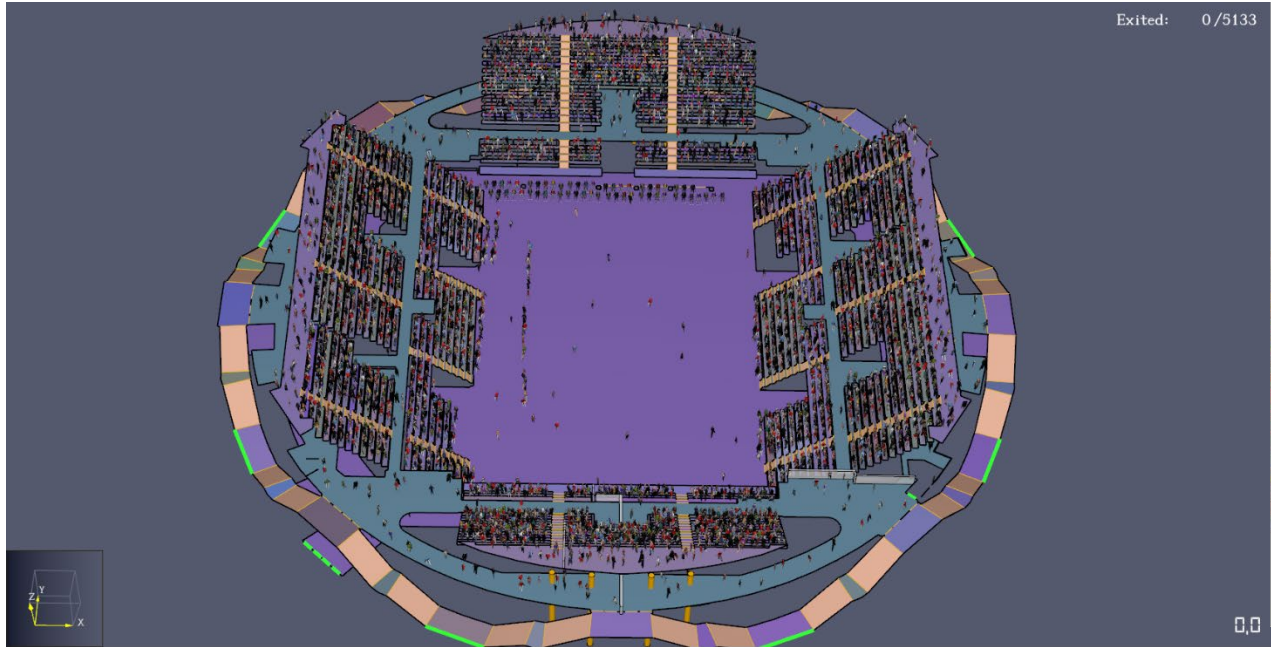








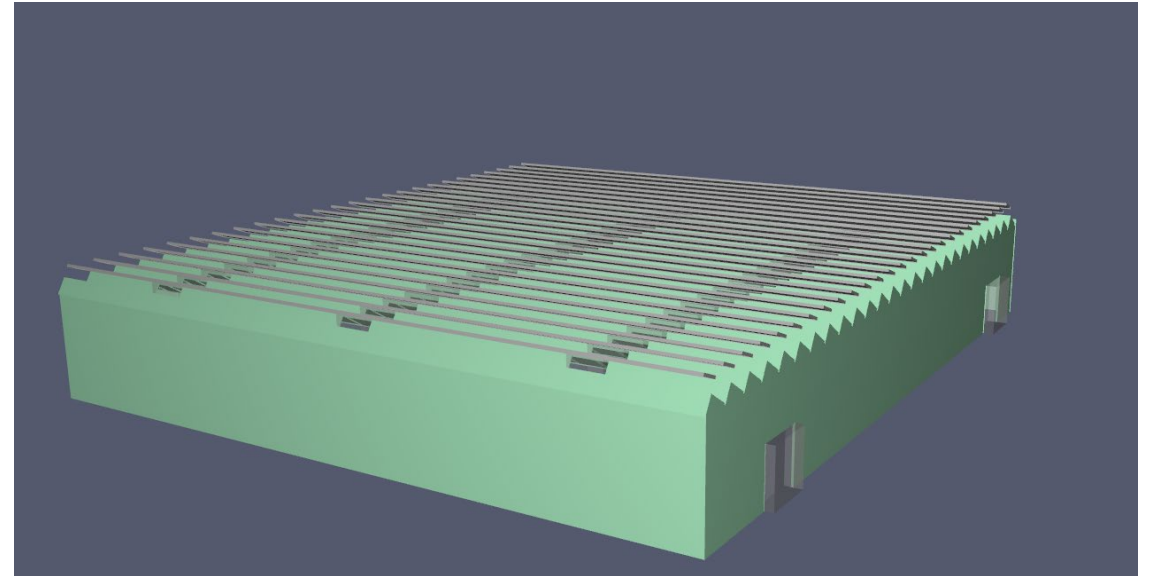




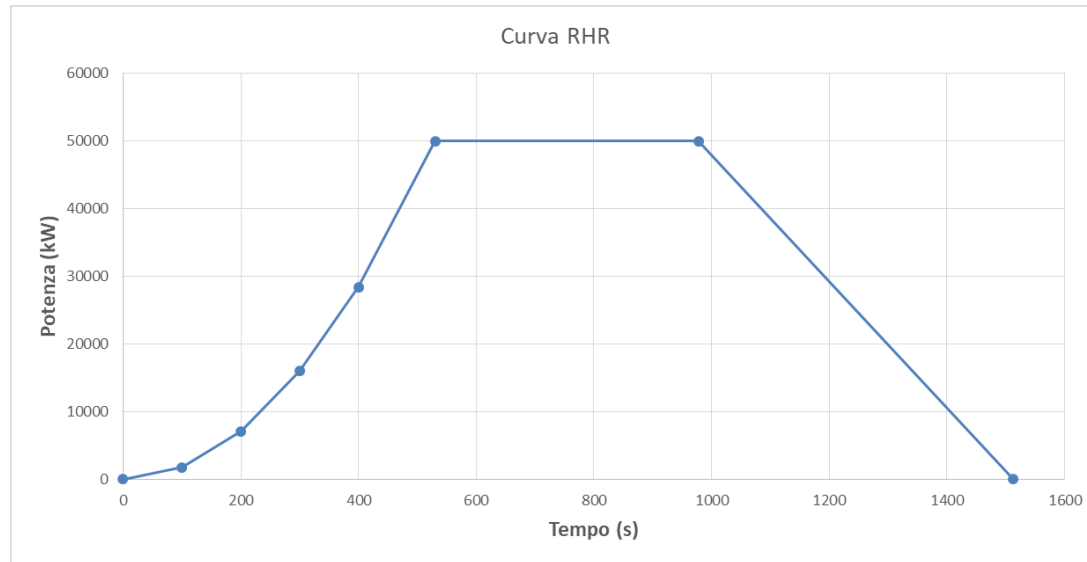
---

## Verifica Impianto Fotovoltaico

L'ubicazione dei moduli e delle condutture elettriche dovrà inoltre sempre consentire il corretto funzionamento e la manutenzione di eventuali evacuatori di fumo e di calore (EFC) presenti, nonché tener conto, in base all'analisi del rischio incendio, dell'esistenza di possibili vie di veicolazione di incendi (lucernari, camini, ecc.). In ogni caso i moduli, le condutture, gli inverter, i quadri ed altri eventuali apparati non dovranno essere installati nel **raggio di 1 m dagli EFC**.



## Scelta dello Scenario



Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Velocità caratt. di crescita dell'incendio $t_e$	150 s ( <i>fast</i> )	75 s ( <i>ultra-fast</i> )
RHR <sub>max</sub> totale RHR <sub>max</sub> per m <sup>2</sup> di superficie del focolare	5 MW 250-500 kW/m <sup>2</sup> [1]	50 MW 500 -1000 kW/m <sup>2</sup> [1]
Resa in particolato $Y_{soot}$	Pre flashover: 0,07 kg/kg [2,3] Post flashover: 0,14 kg/kg [2,3]	Pre flashover: 0,18 kg/kg [4] Post flashover: 0,36 kg/kg [4]
Resa in monossido di carbonio $Y_{CO}$	Pre flashover: 0,10 kg/kg [5] Post flashover: 0,40 kg/kg [5]	
Calore di combustione effettivo $\Delta H_c$	20 MJ/kg [3]	
Resa in biossido di carbonio $Y_{CO_2}$	1,5 kg/kg [3,6]	
Resa in acqua $Y_{H_2O}$	0,82 kg/kg [3,6]	
Frazione di RHR in irraggiamento ( <i>Radiative fraction</i> )	35% [3]	
<p>[1] Da impiegare in alternativa all'RHR<sub>max</sub> totale, considerando la massima superficie del focolare, pari al compartimento antincendio nel caso di carico di incendio uniformemente distribuito, ma che può essere un valore inferiore nel caso d'incendio localizzato.</p> <p>[2] Robbins A P, Wade C A, Study Report no 185 "Soot Yield Values for Modelling Purposes - Residential Occupancies", BRANZ, 2008</p> <p>[3] "CVM2 Verification method: Framework for fire safety design", New Zealand Building Code</p> <p>[4] "SFPE handbook of fire protection engineering", NFPA, 4<sup>th</sup> ed., 2008. Tabella 3-4.16, pag. 3-142, da polyurethane flexible foams.</p> <p>[5] Stec AA, Hull T R, "Fire Toxicity", Woodhead Pub., 2010. § 2.4 con <math>\Phi = 1,25</math> (<i>underventilated fire</i>)</p> <p>[6] In alternativa alle rese <math>Y_{CO_2}</math> e <math>Y_{H_2O}</math>, si può imporre nel codice di calcolo il combustibile generico <math>CH_2O_{0,5}</math>.</p>		

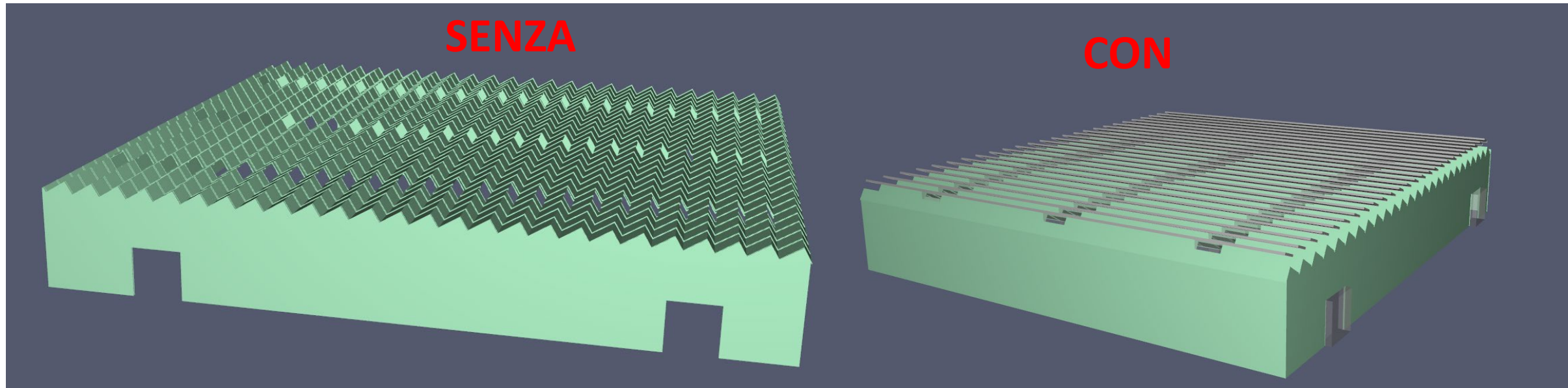
Tabella M.2-2: Focolari predefiniti



---

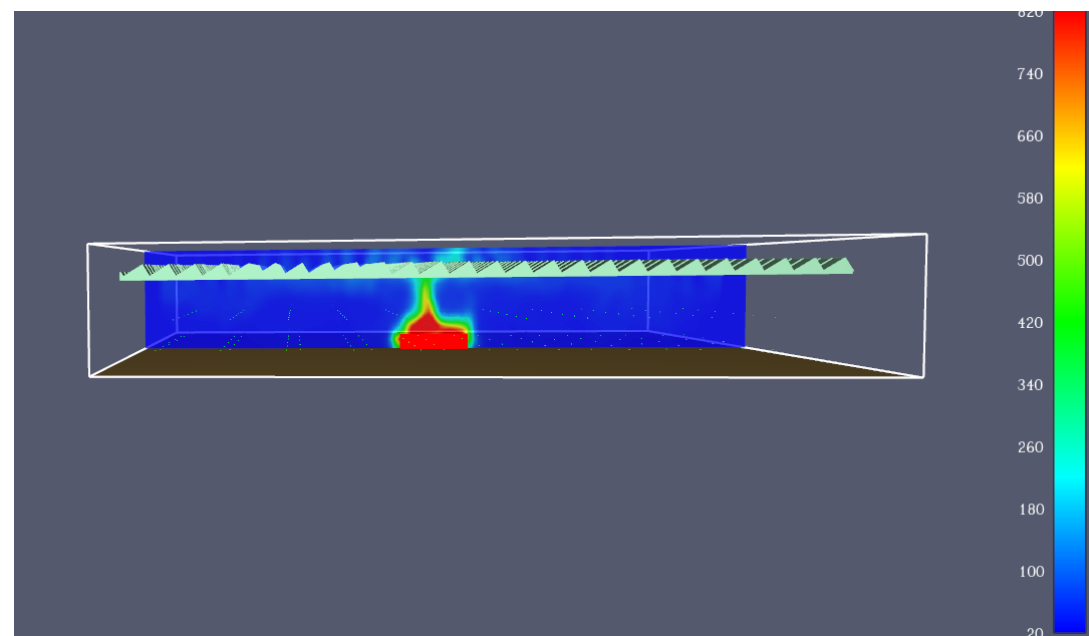
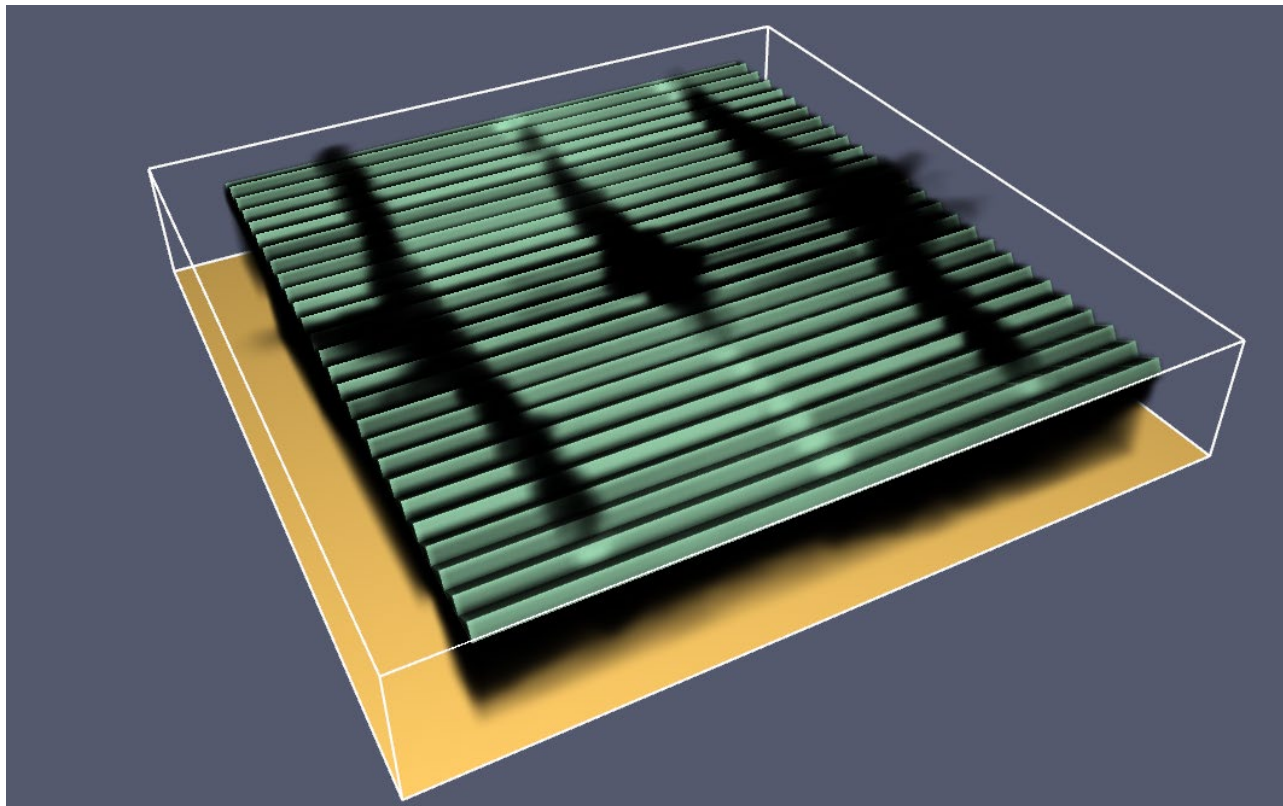
**Obiettivo: Dimostrare i valori di soglia non cambiano tra due casi:**

- Copertura **CON** impianto fotovoltaico
- Copertura **SENZA** impianto fotovoltaico



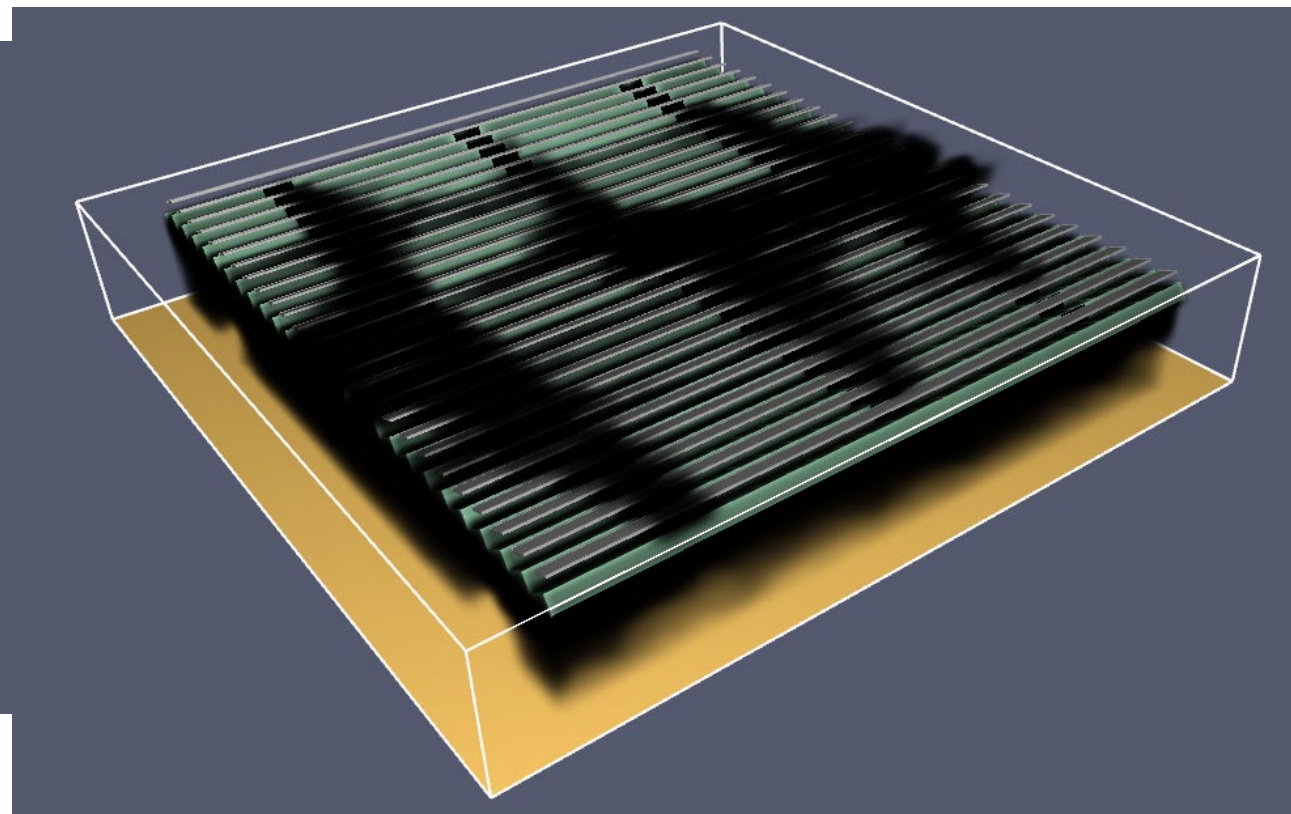
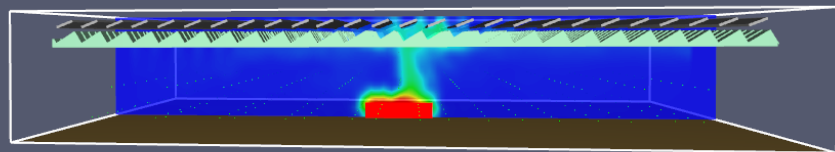
---

## Copertura **SENZA** impianto fotovoltaico



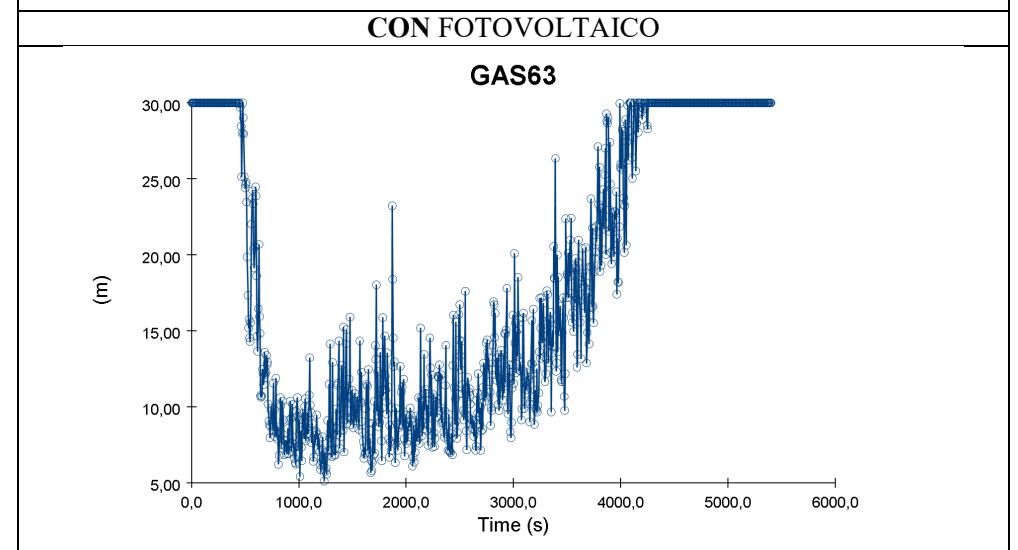
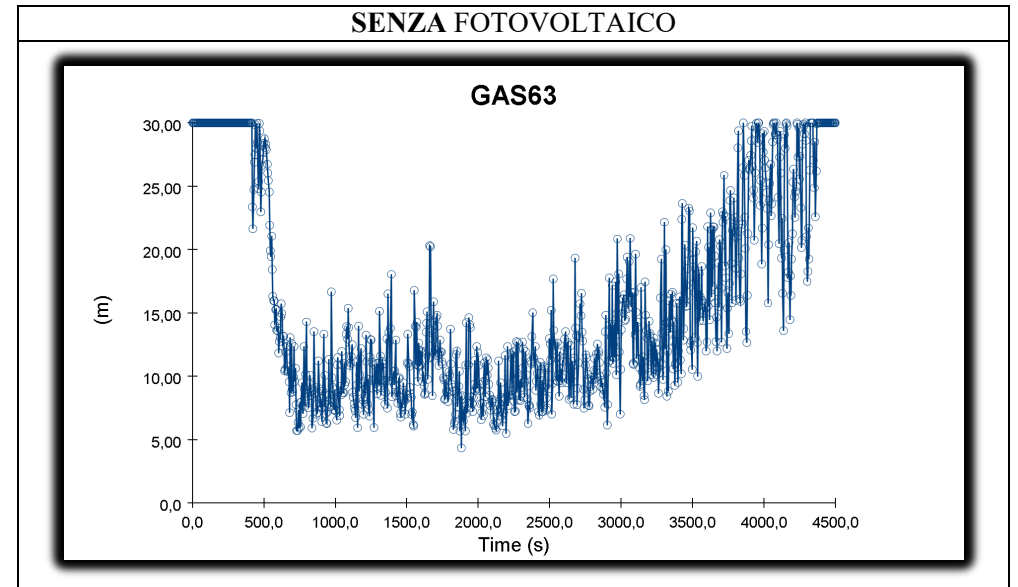
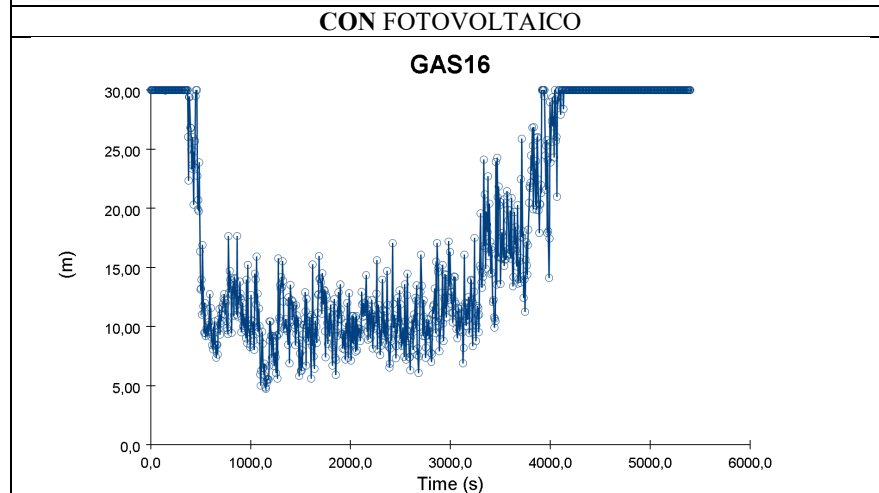
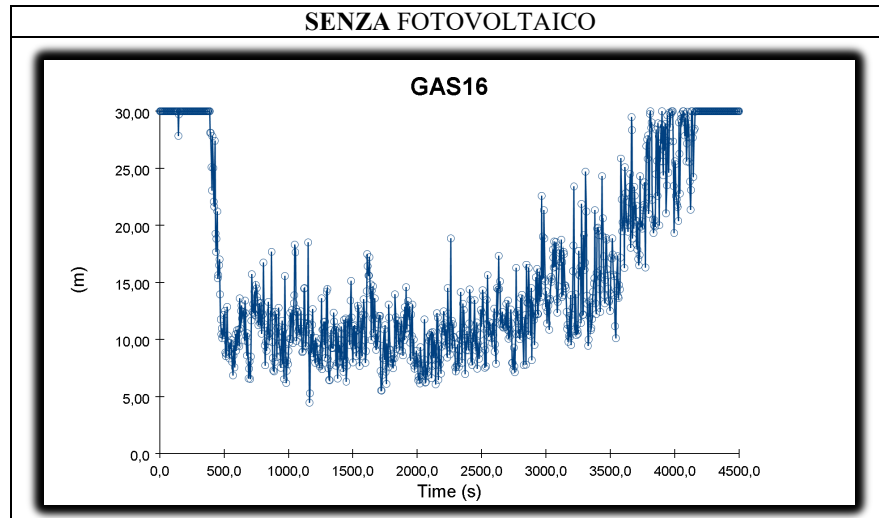
---

## Copertura **CON** impianto fotovoltaico





# CONFRONTO



# Un esempio di applicazione FSE per verificare l'efficacia del sistema di controllo del fumo e del calore

Diego Cecchinato, *Ingegnere libero professionista*

## L'abstract

La diffusione degli impianti fotovoltaici in copertura ha avuto come conseguenza la necessità di studiarne e valutarne l'impatto sulla sicurezza antincendio. Come riportato nel D.M. 18/10/2019 e nella Nota DCPREV prot n. 1324 del 7/2/2012, occorre esaminare l'interferenza del sistema di controllo del fumo e calore con altri elementi dell'attività, con lo scopo di non compromettere il funzionamento e di non propagare l'incendio ad eventuali attività vicine. A tal proposito l'ampia diffusione nel panorama nazionale di coperture con geometrie a shed o comunque di geometria

complessa rende difficoltoso valutare l'impatto degli impianti fotovoltaici, installati su tali coperture, nei confronti del sistema di controllo del fumo e del calore. Questo articolo, dopo un inquadramento iniziale, attraverso l'utilizzo della fluidodinamica computazionale individua indicatori di pericolosità quantitativi a supporto della progettazione della sicurezza antincendio, analizzando l'influenza sul sistema di controllo del fumo e del calore dell'impianto fotovoltaico installato su una copertura a shed. In seconda battuta per lo stesso caso, viene poi analizzata anche l'influenza del vento sul sistema di controllo del fumo e del calore.

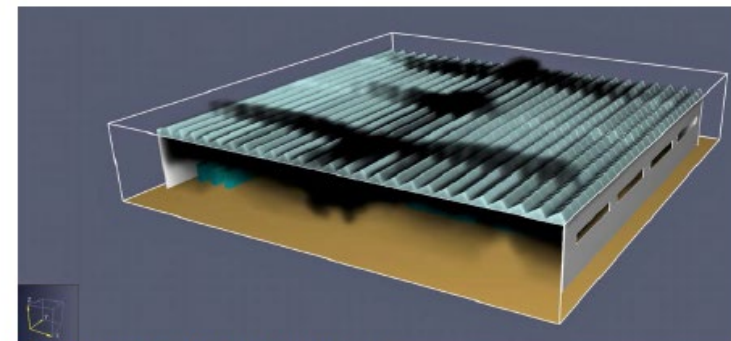


Figura 8 | Modello matematico durante la simulazione di incendio

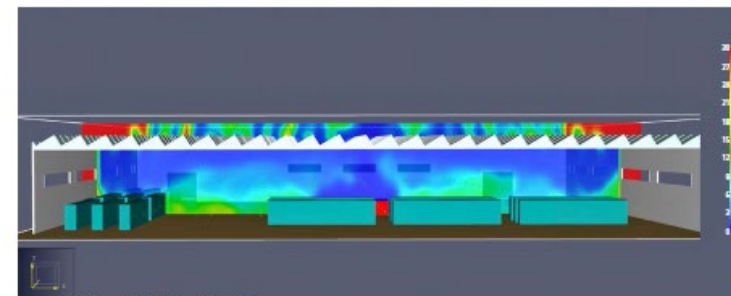
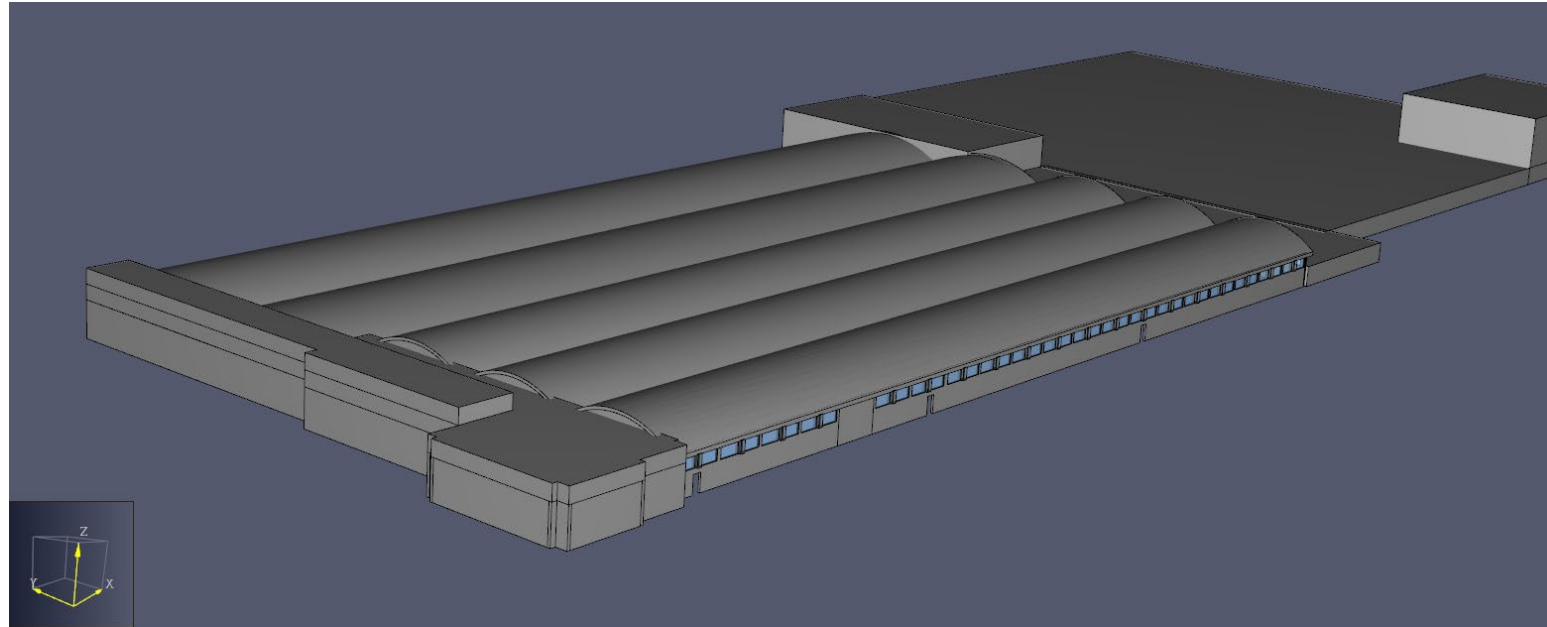


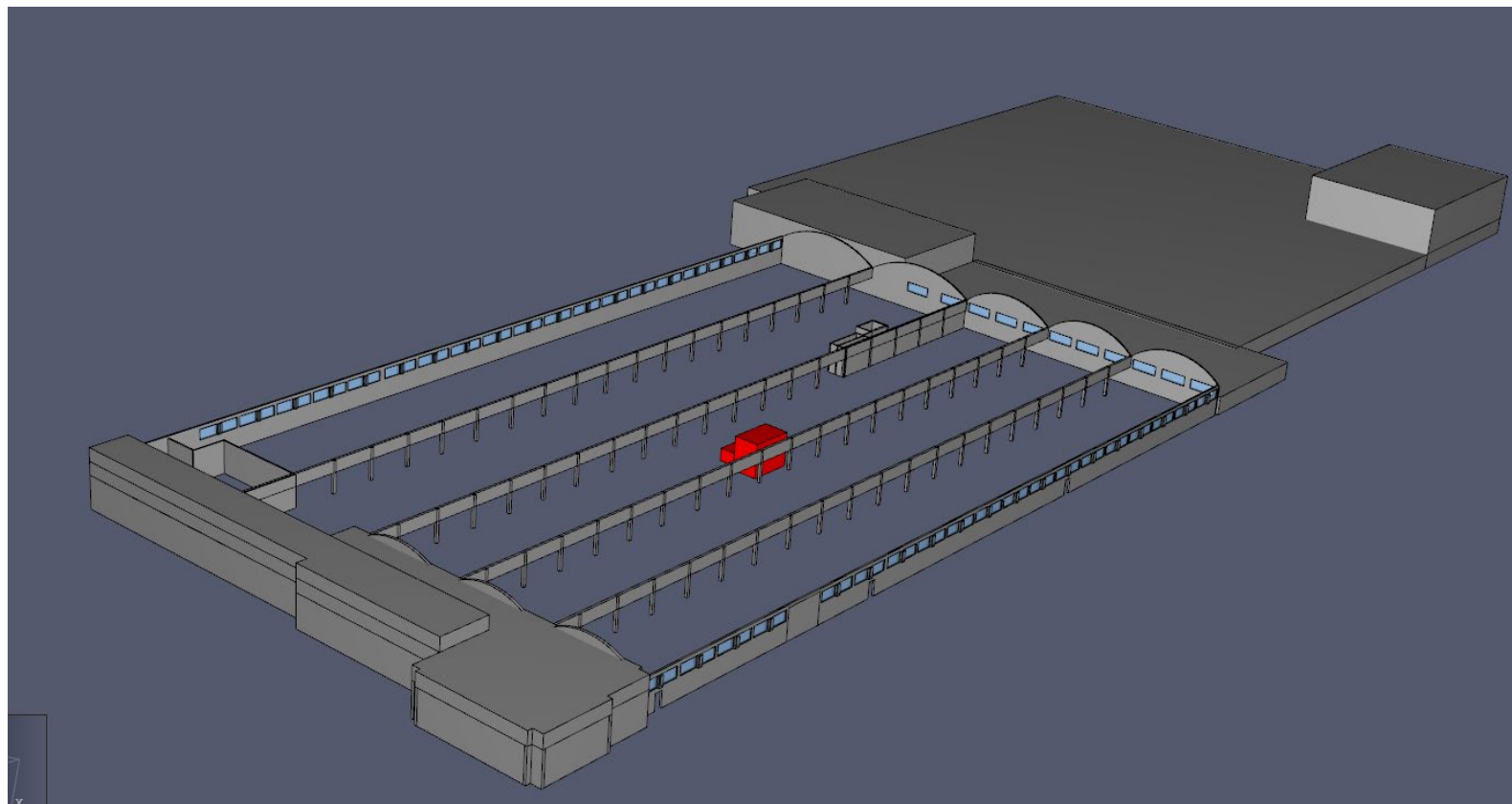
Figura 9 | Sezione di visibilità sul piano XZ

## Smistamento logistico ceramiche

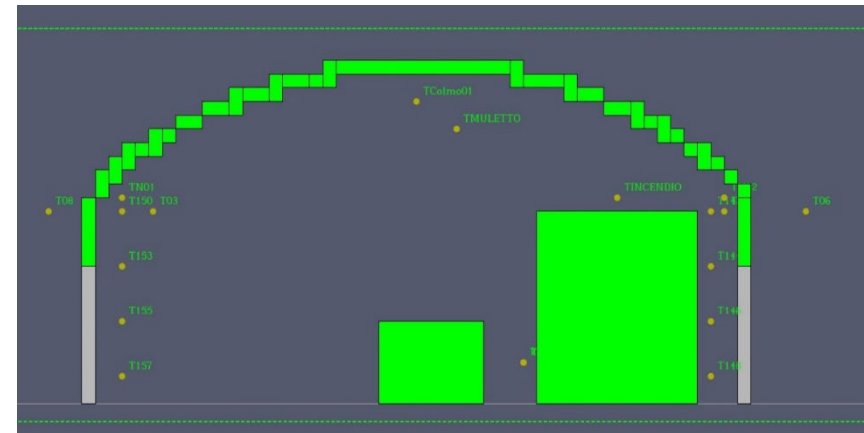


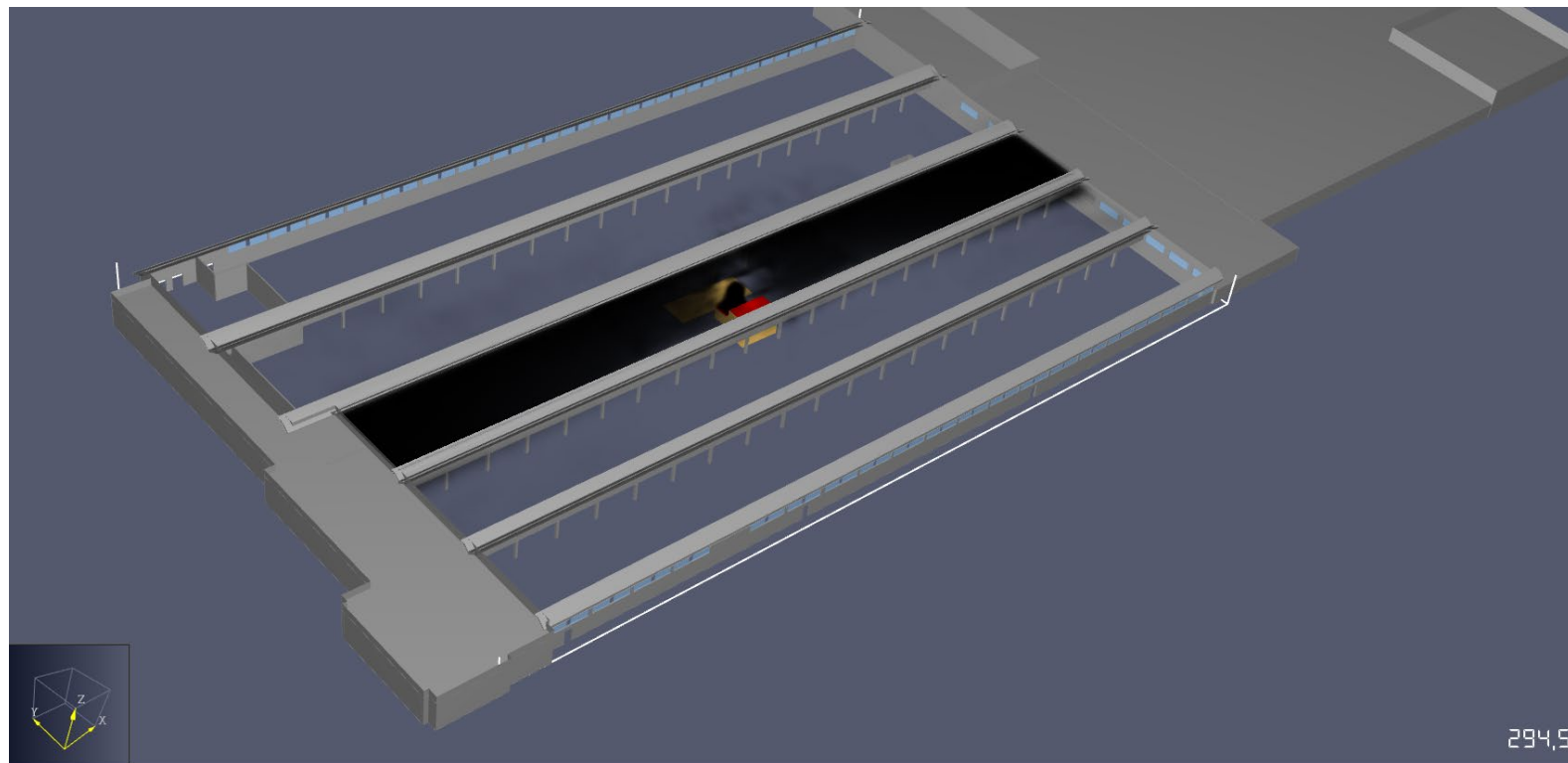
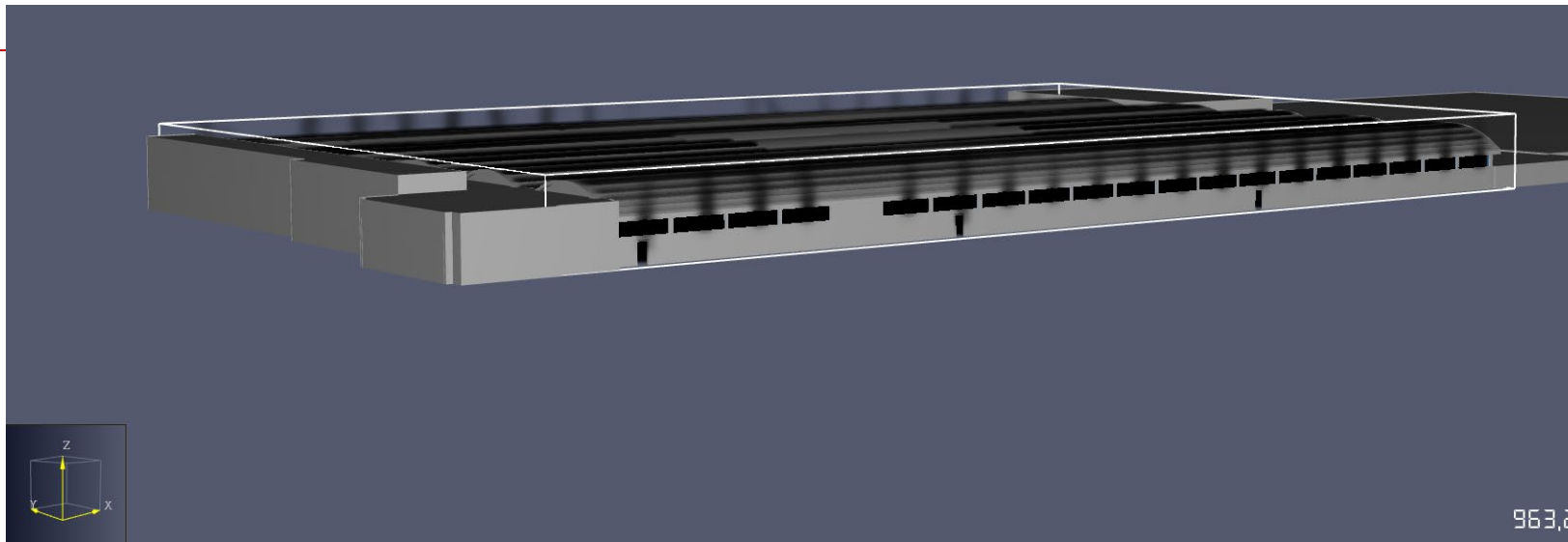
---

## Smistamento logistico ceramiche

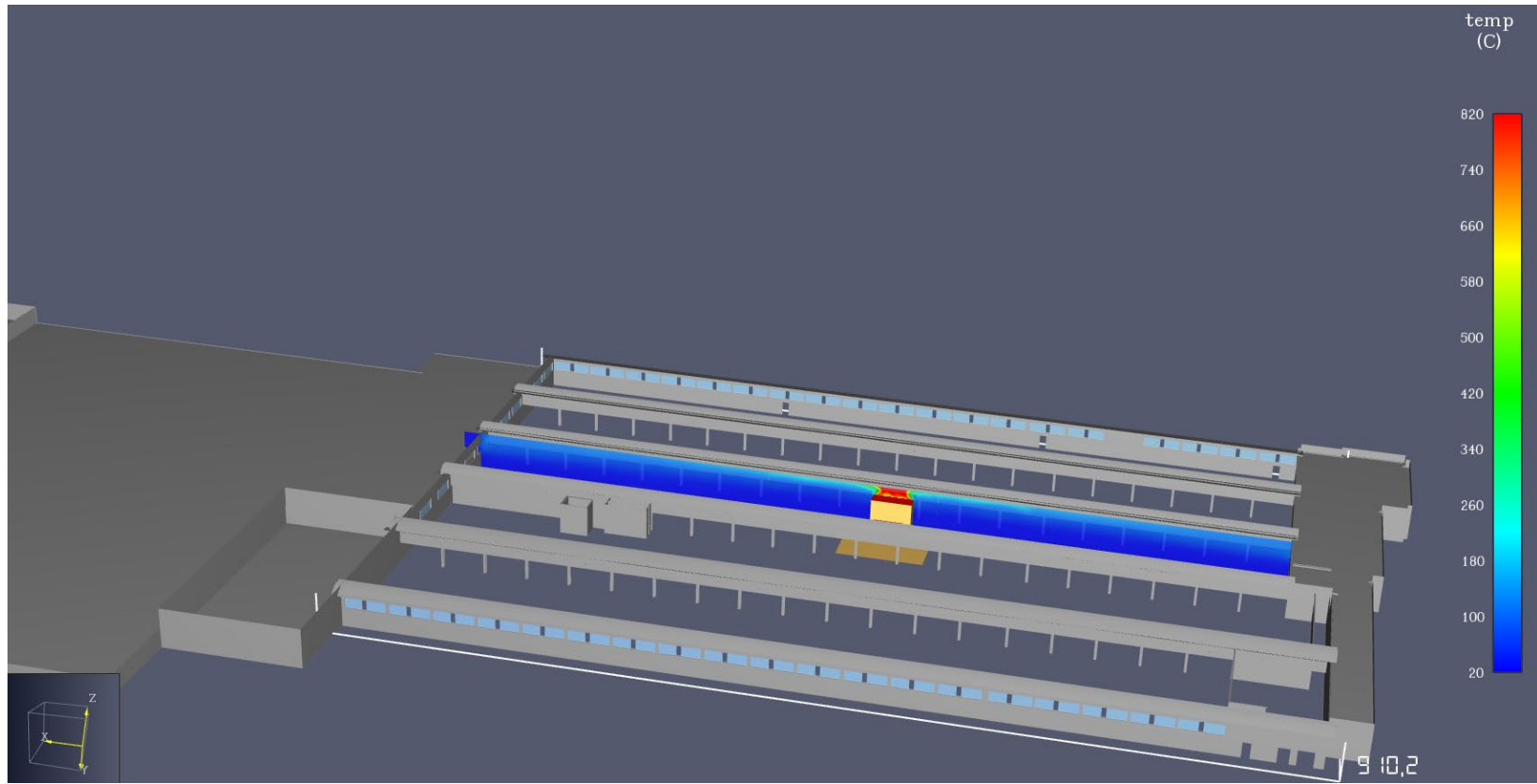


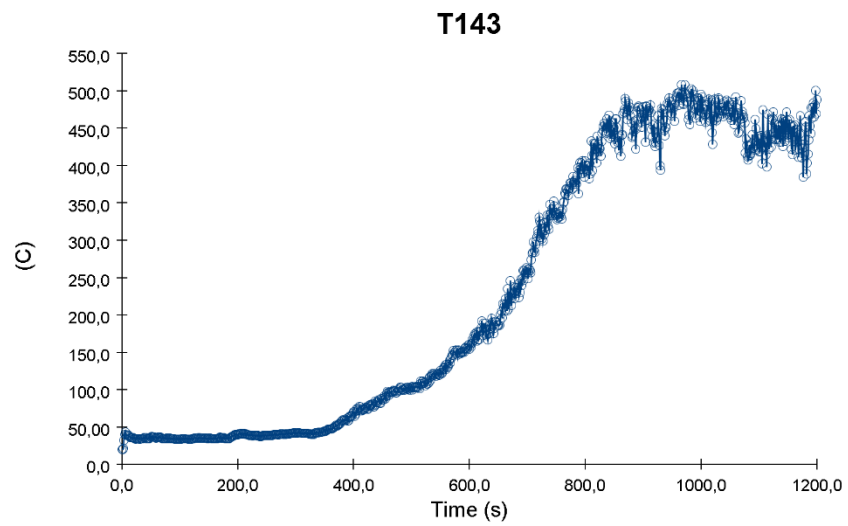
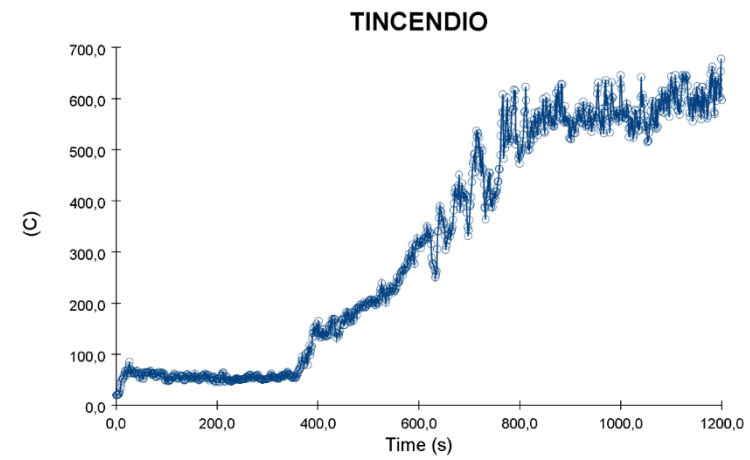
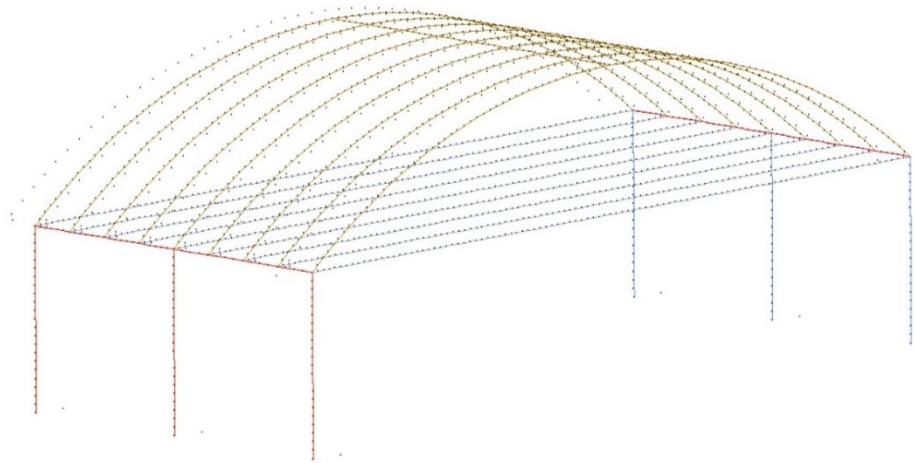
# Smistamento logistico ceramiche







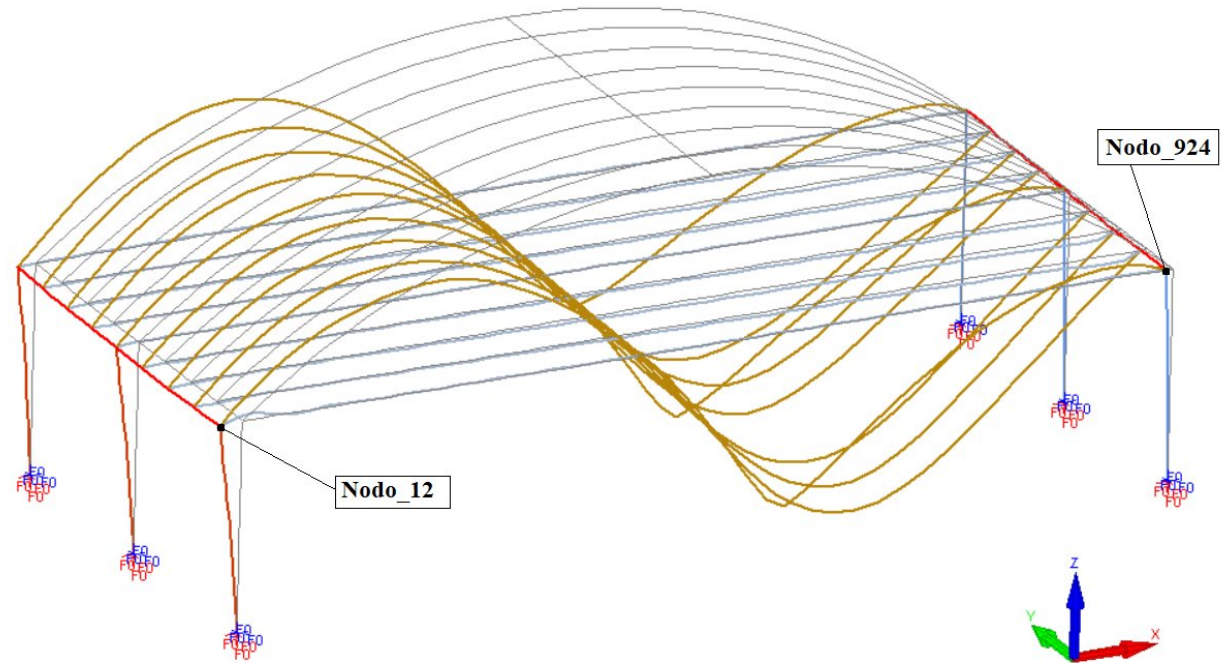




**T travetto in cls**

## Conclusioni:

- 15 minuti di curva naturale rispettata secondo il livello di prestazione scelto. La struttura cade dopo questo intervallo di tempo
- Nessun intervento



# CONTACT

---

Ing. Diego Cecchinato - Fire  
Engineer

C. +39 348 9823213

[diego.cecchinato@infire.com](mailto:diego.cecchinato@infire.com)

Articoli **INGENIO**

<https://www.ingenio-web.it/autori/cecchinato-diego>

---

## Bibliografia

- Rivista Antincendio, articolo “Resistenza al fuoco: l’impatto della Circolare DCPREV 9962 sulla progettazione secondo il Codice di Prevenzione Incendi “ Marco Antonelli, Daniele Andriotto, Diego Cecchinato.
- Rivista Antincendio, articolo “La valutazione della resistenza al fuoco con la curva dell'incendio naturale. Il ruolo dei sistemi di protezione“ di Daniele Andriotto, Giovanni Cosma, Luciano Nigro.
- Rivista Antincendio, articolo “ Eurocodice 3: la resistenza al fuoco delle strutture in acciaio e l'influenza del fattore di sezione Am/V» di Daniele Andriotto, Ermanno Andriotto
- SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Fifth Edition.
- “Progetto delle strutture resistenti al fuoco” di Buchanan Andrew H.; Gambarova Pietro; Felicetti Roberto. - Hoepli, Milano.
- UAE Fire Safety Code.
- BS 9999.
- Fruin, J. J. - Pedestrian Planning and Design (1987).
- Professor Bianco Università di Napoli II
- Professor Piva Stefano – Università di Ferrara