



IL FUTURO  
DELL'EFFICIENZA ENERGETICA  
PARTE DA QUI

# SMOKE MANAGEMENT NEGLI EDIFICI

Vantaggi per le persone, per le merci e per le  
squadre di intervento

**Trieste – 28 Ottobre 2015**

Ing. Roberto Barro



**BUILDING SOLUTIONS  
ENGINEERING & LAW**



# Sistemi di controllo del fumo e del calore: **INTRODUZIONE**

Sistemi con caratteristiche differenti in **funzione degli obiettivi da perseguire** e in grado di:

- A. controllare la propagazione del fumo e calore;
- B. evacuare fumo e calore dall'ambiente interessato dall'incendio;
- C. proteggere dagli effetti dell'incendio.





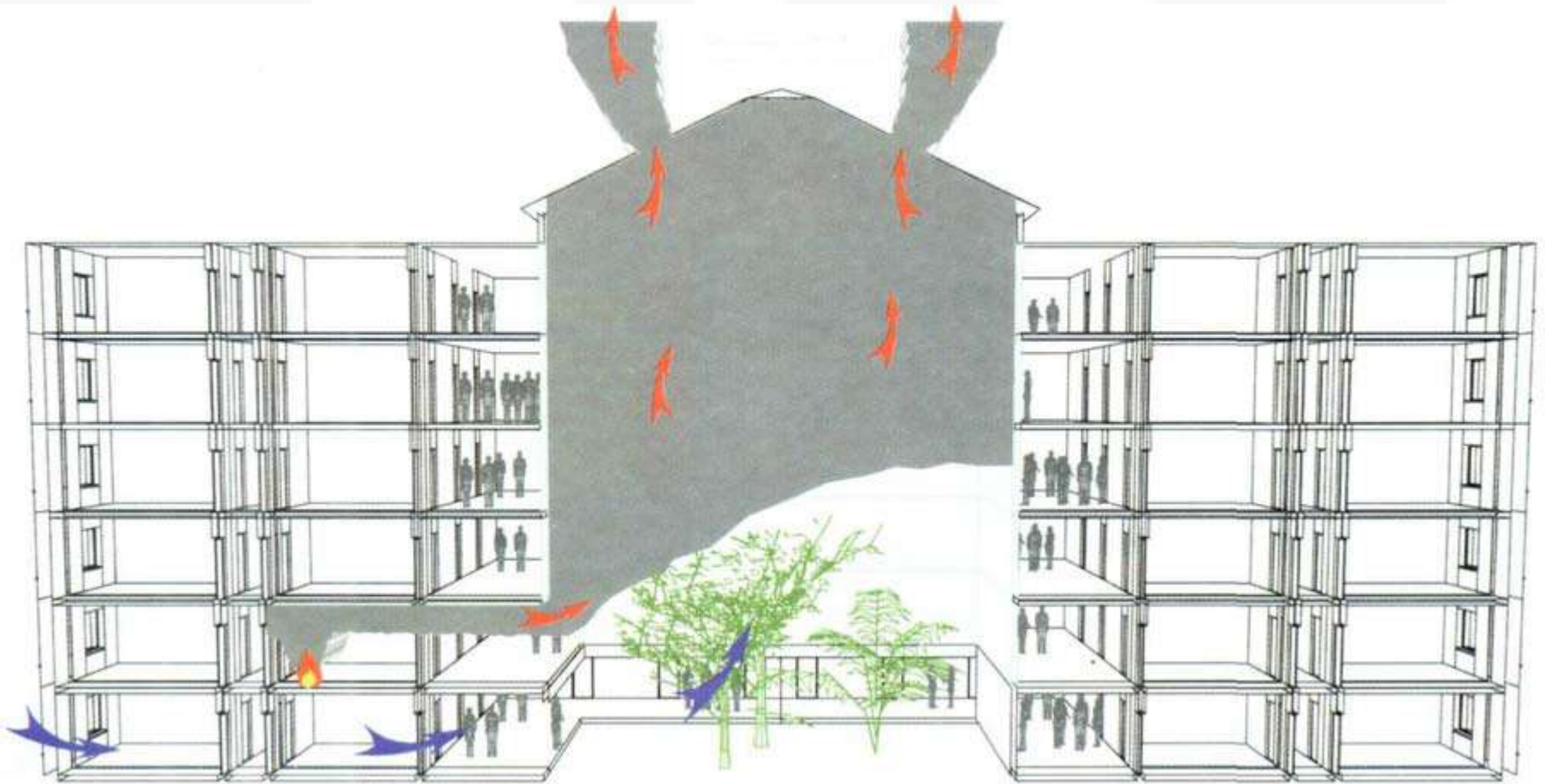
Con maggior dettaglio, gli **obiettivi** che i Sistemi di Evacuazione di Fumo e Calore (SEFC) si prefiggono sono:

- Mantenere le vie di esodo e gli accessi ai locali interessati dall'incendio liberi da fumo;
- Ritardare e/o prevenire le condizioni di sviluppo generalizzato dell'incendio ("*flash-over*");
- Agevolare le operazioni delle squadre di intervento contro l'incendio;
- Limitare i danni agli impianti e alle merci;
- Ridurre le sollecitazioni termiche sulle strutture;
- Ridurre i danni provocati dalle sostanze tossiche o corrosive originate dalla combustione.



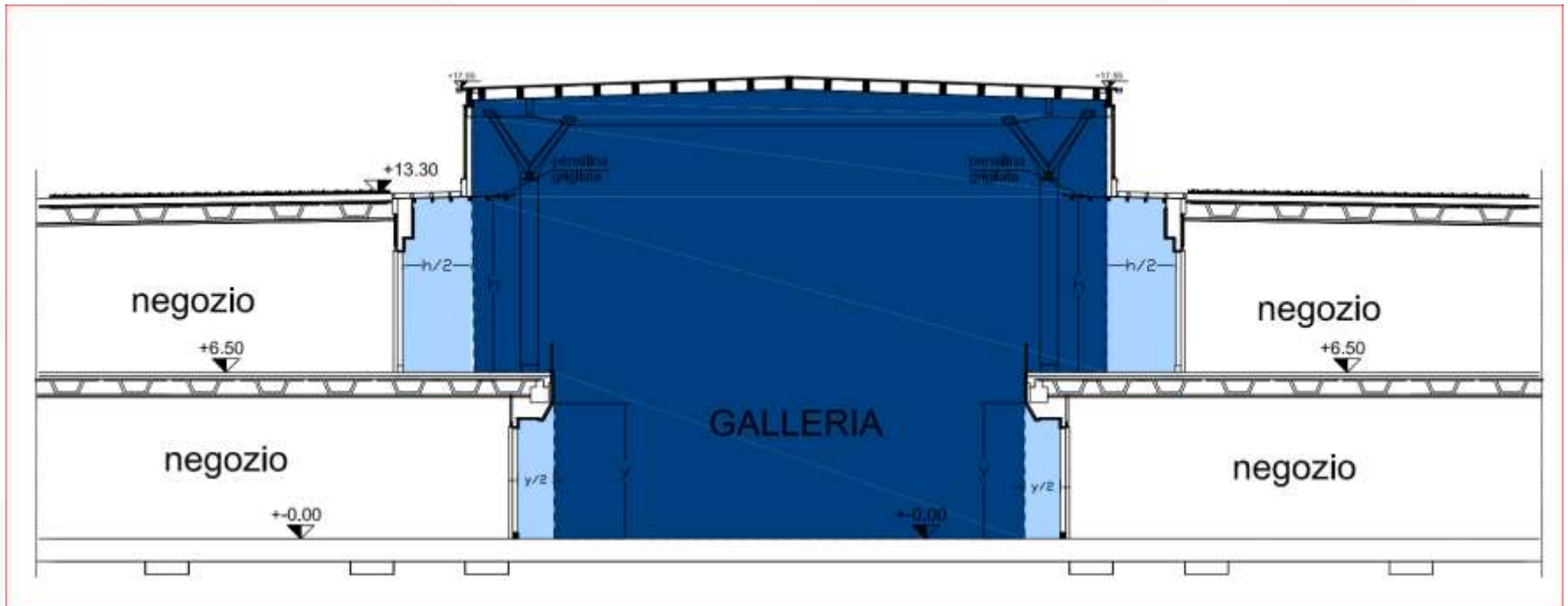


A. controllare la propagazione del fumo e calore;





A. controllare la propagazione del fumo e calore;





A. controllare la propagazione del fumo e calore;



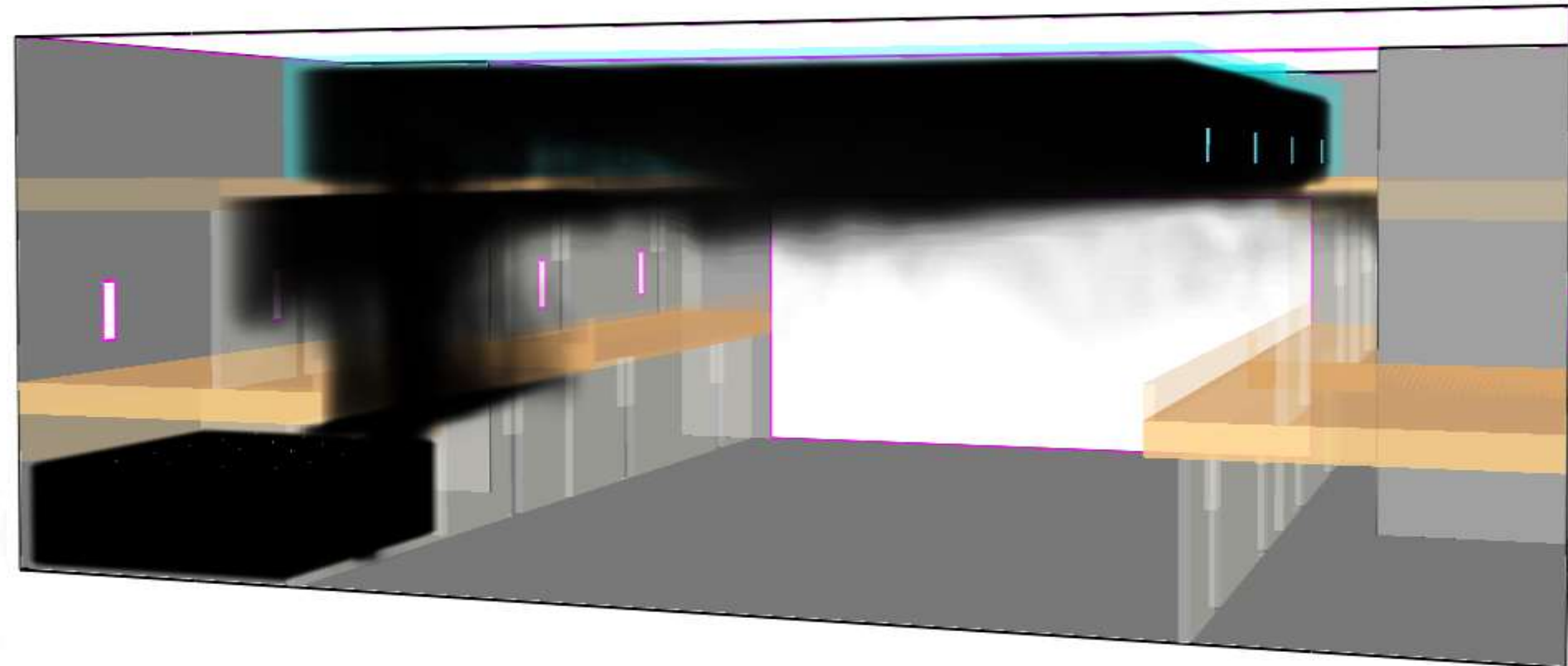
Dopo 120 secondi (simulazione con FDS ARM02a)





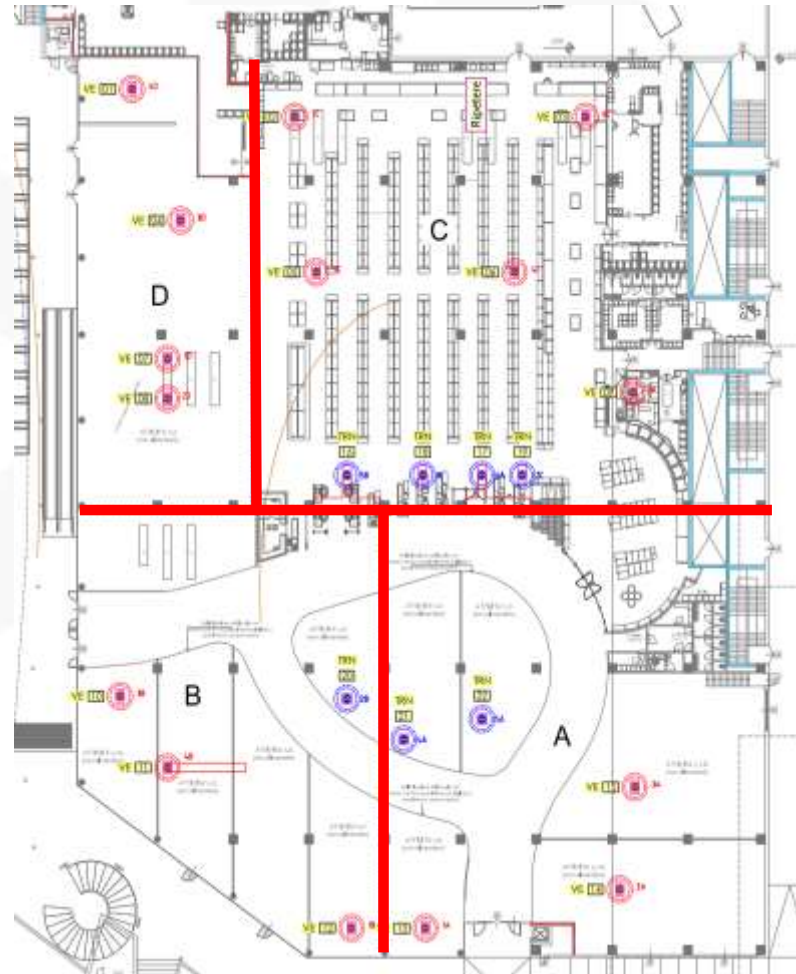
A. controllare la propagazione del fumo e calore;

In condizioni stazionarie





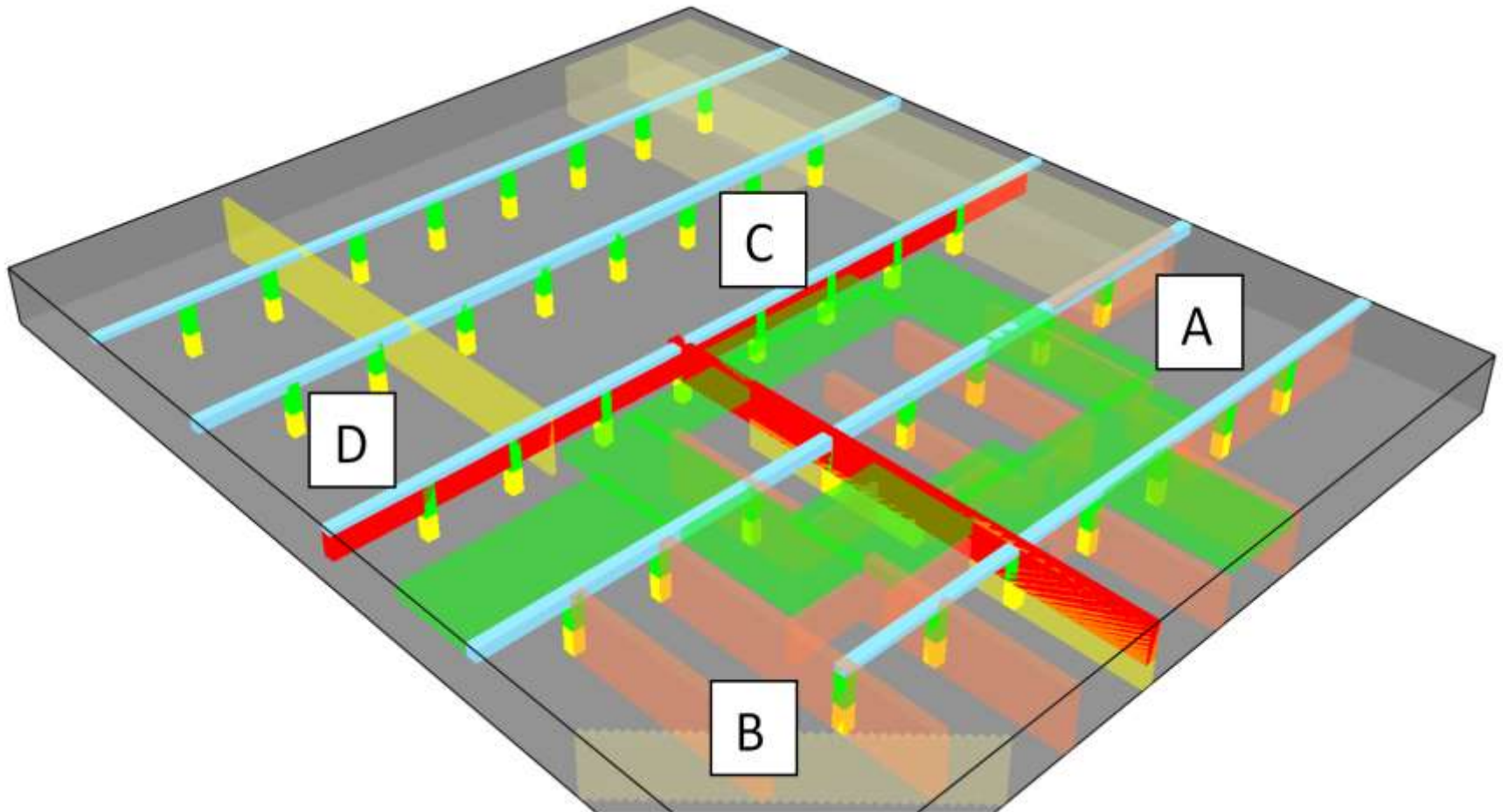
- A. controllare la propagazione del fumo e calore;
- B. evacuare fumo e calore dall'ambiente interessato dall'incendio



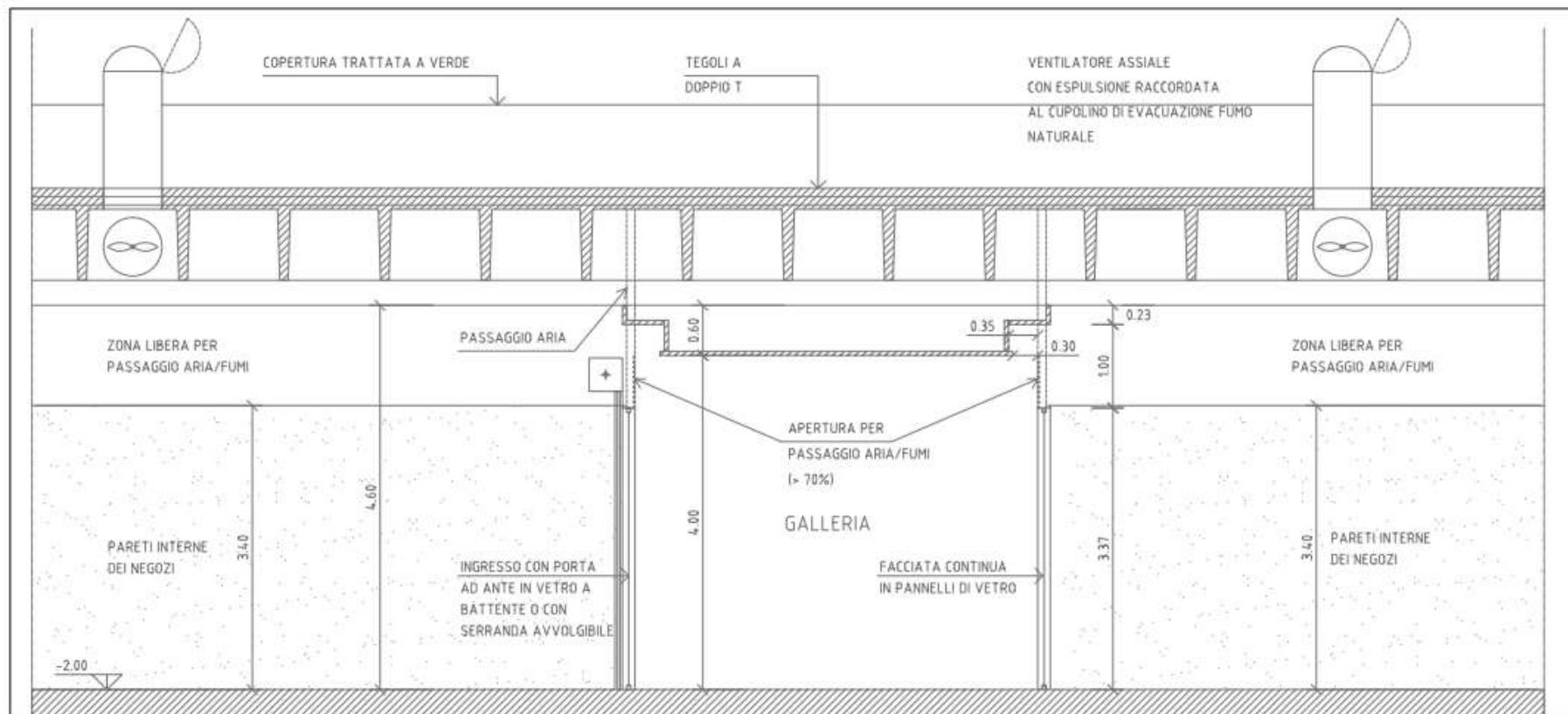




- A. controllare la propagazione del fumo e calore;
- B. evacuare fumo e calore dall'ambiente interessato dall'incendio

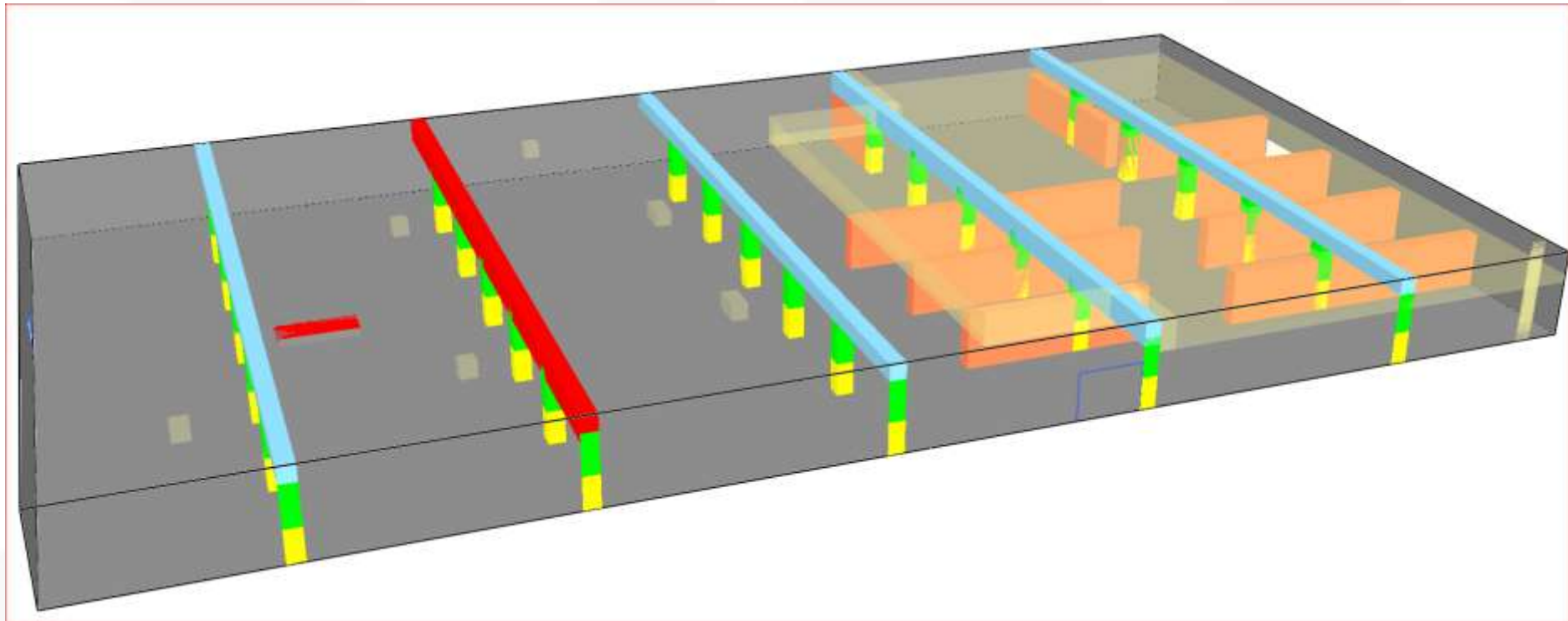


- A. controllare la propagazione del fumo e calore;
- B. evacuare fumo e calore dall'ambiente interessato dall'incendio





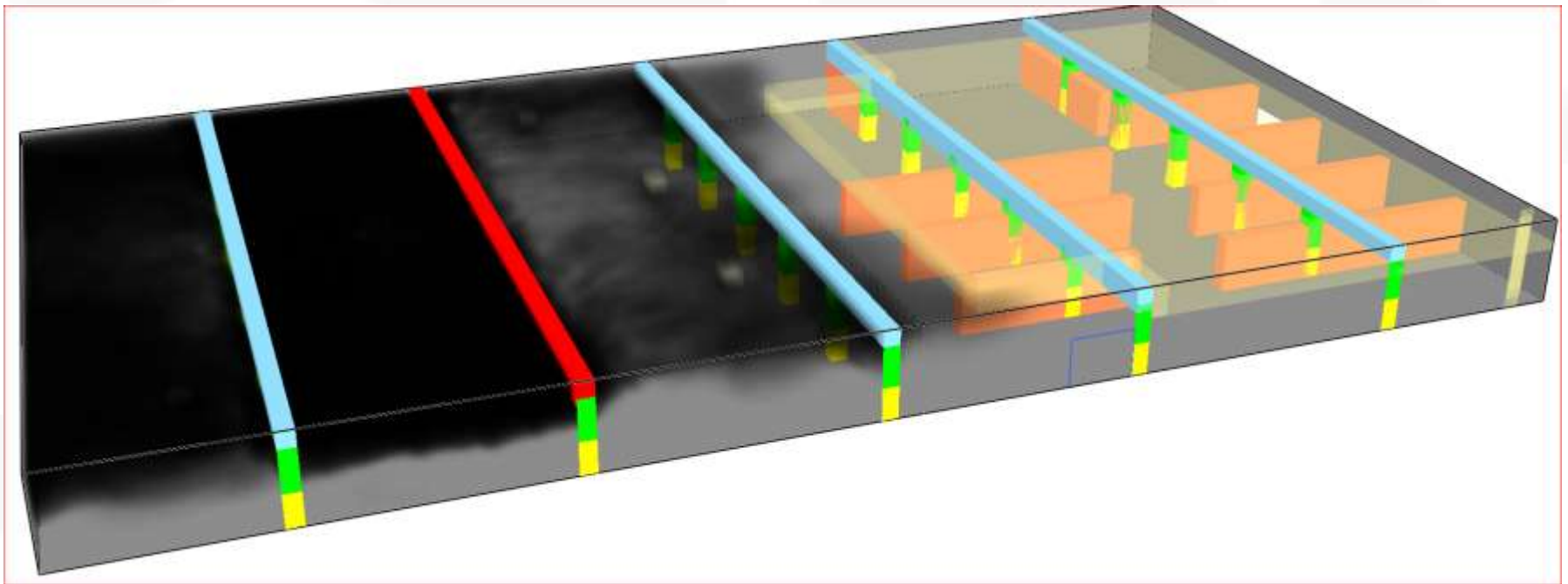
- A. controllare la propagazione del fumo e calore;
- B. evacuare fumo e calore dall'ambiente interessato dall'incendio





- A. controllare la propagazione del fumo e calore;
- B. evacuare fumo e calore dall'ambiente interessato dall'incendio

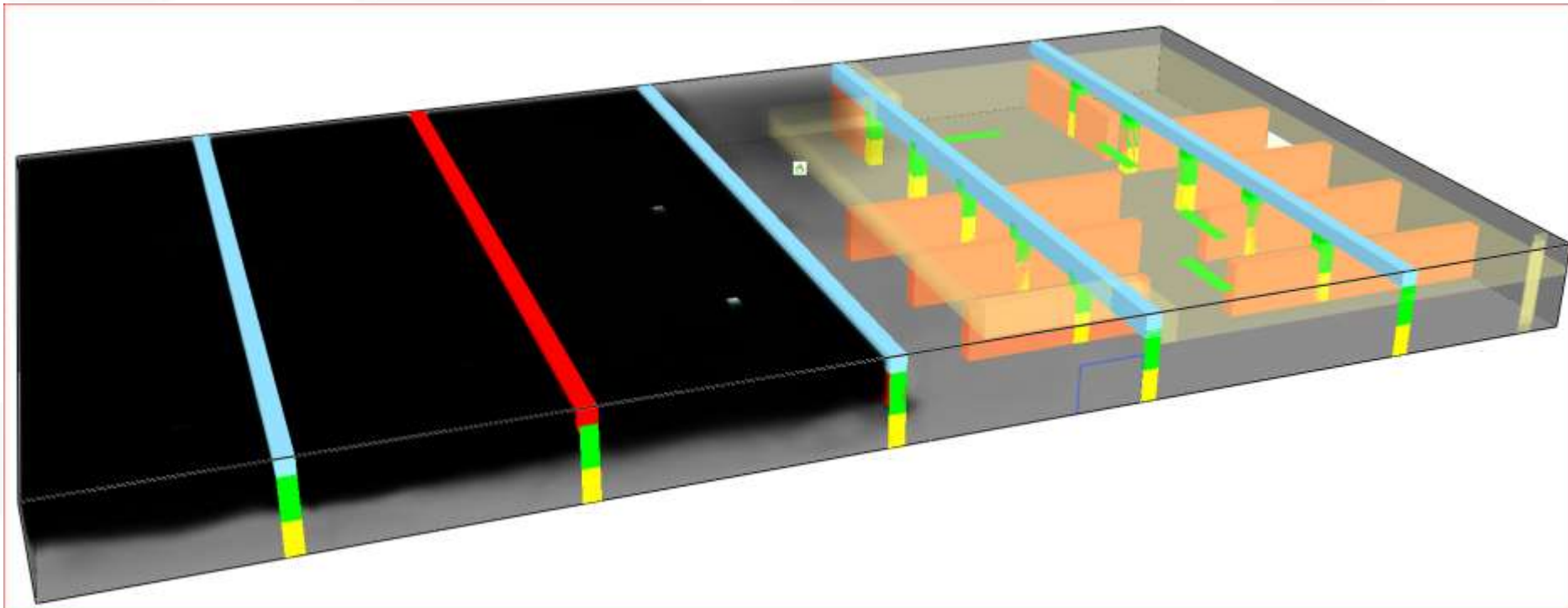
Compartimenti A e C dopo 210 secondi (prima della discesa della barriera mobile).  
Simulazione con FDS S26RC2.





- A. controllare la propagazione del fumo e calore;
- B. evacuare fumo e calore dall'ambiente interessato dall'incendio

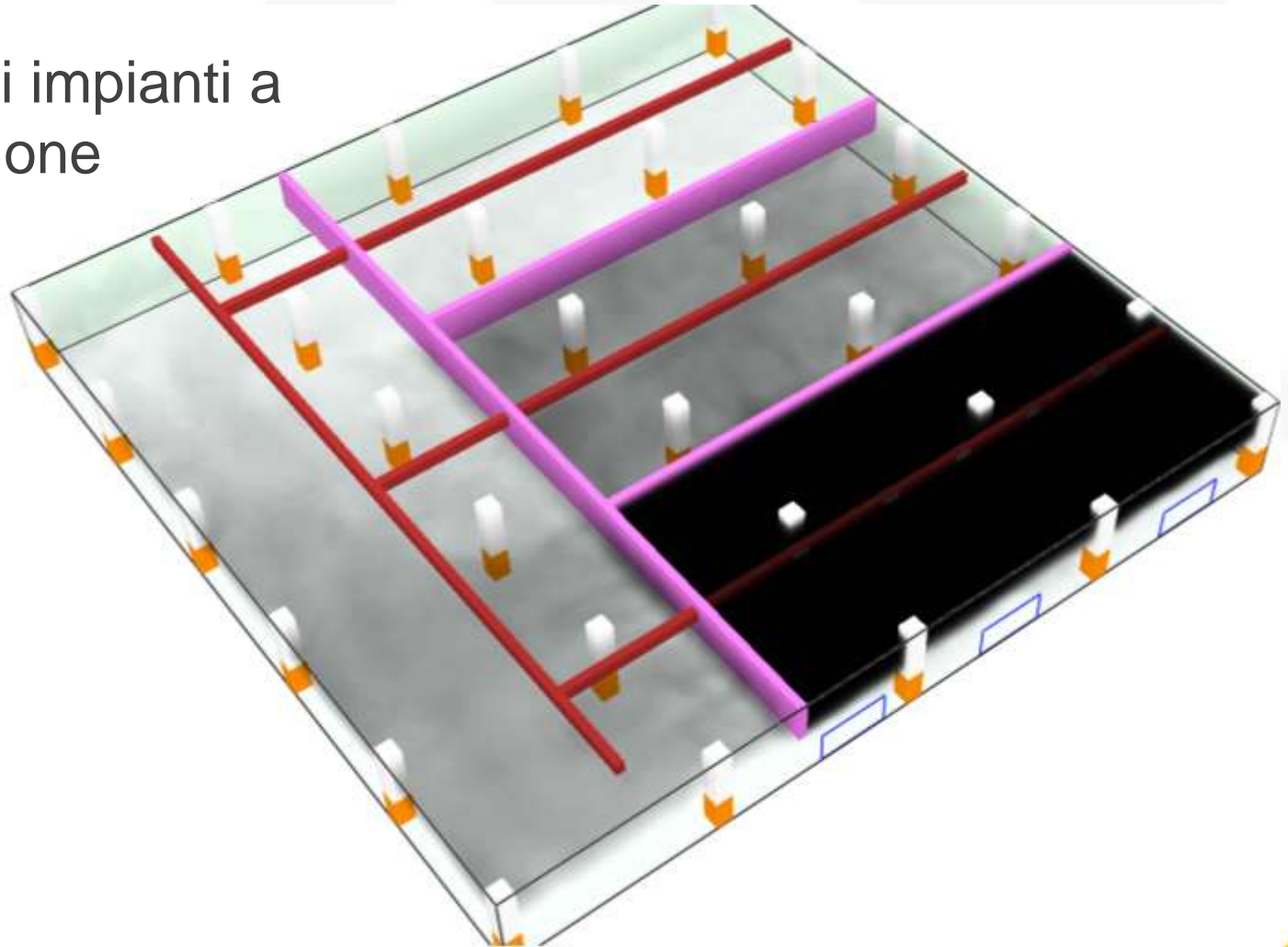
Compartimenti A e C dopo 600 secondi





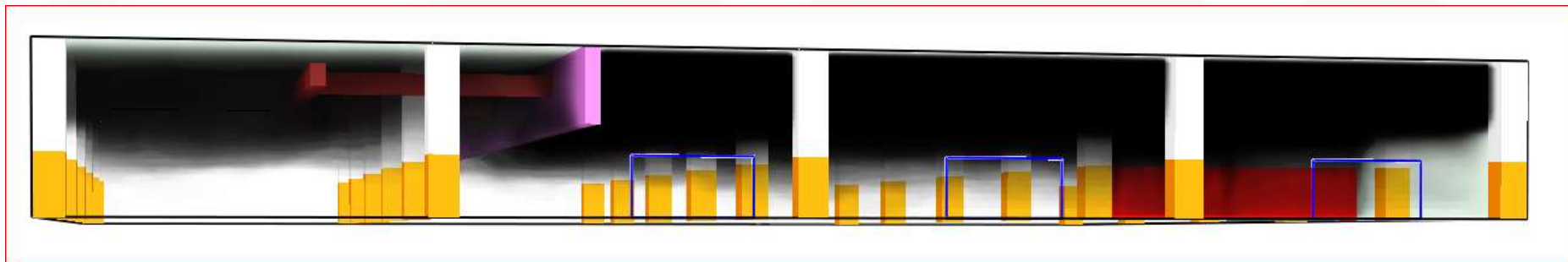
- A. controllare la propagazione del fumo e calore;
- B. evacuare fumo e calore dall'ambiente interessato dall'incendio

Possibilità di impianti a doppia funzione



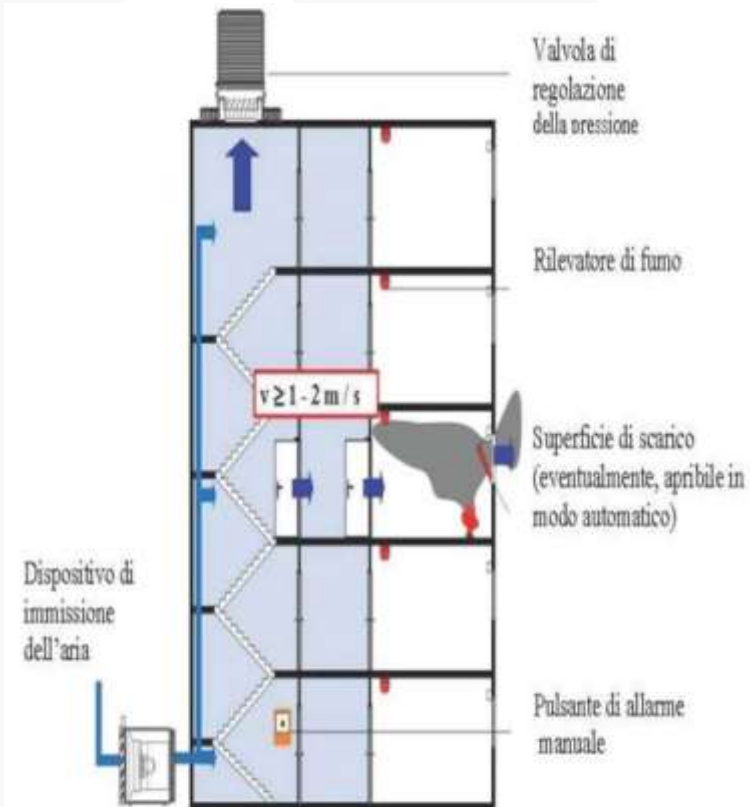
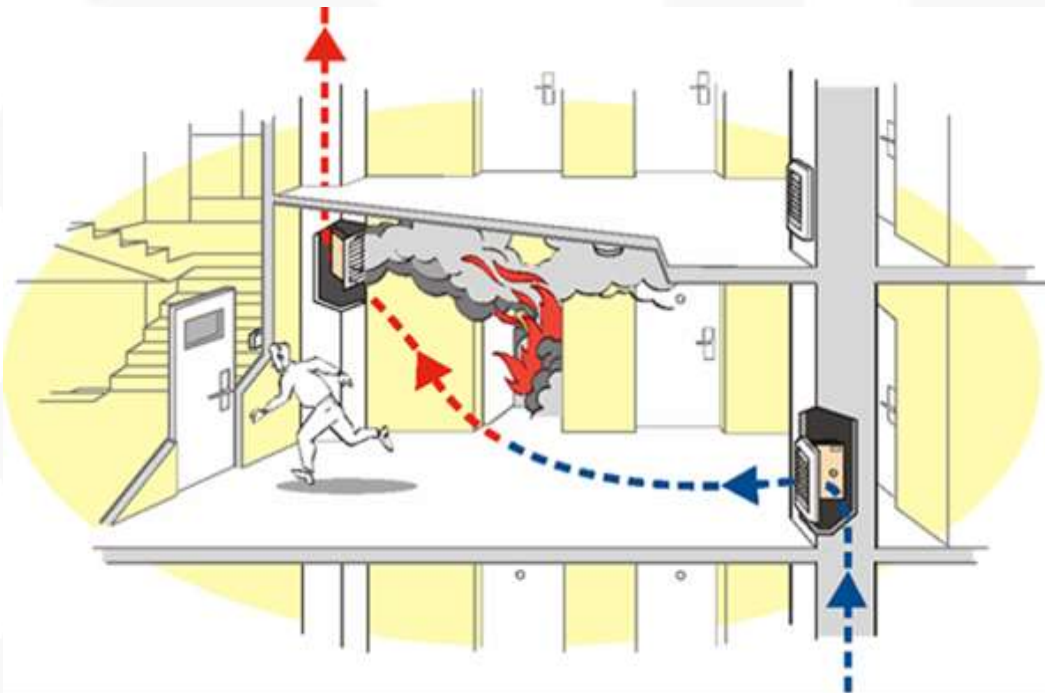


- A. controllare la propagazione del fumo e calore;
- B. evacuare fumo e calore dall'ambiente interessato dall'incendio





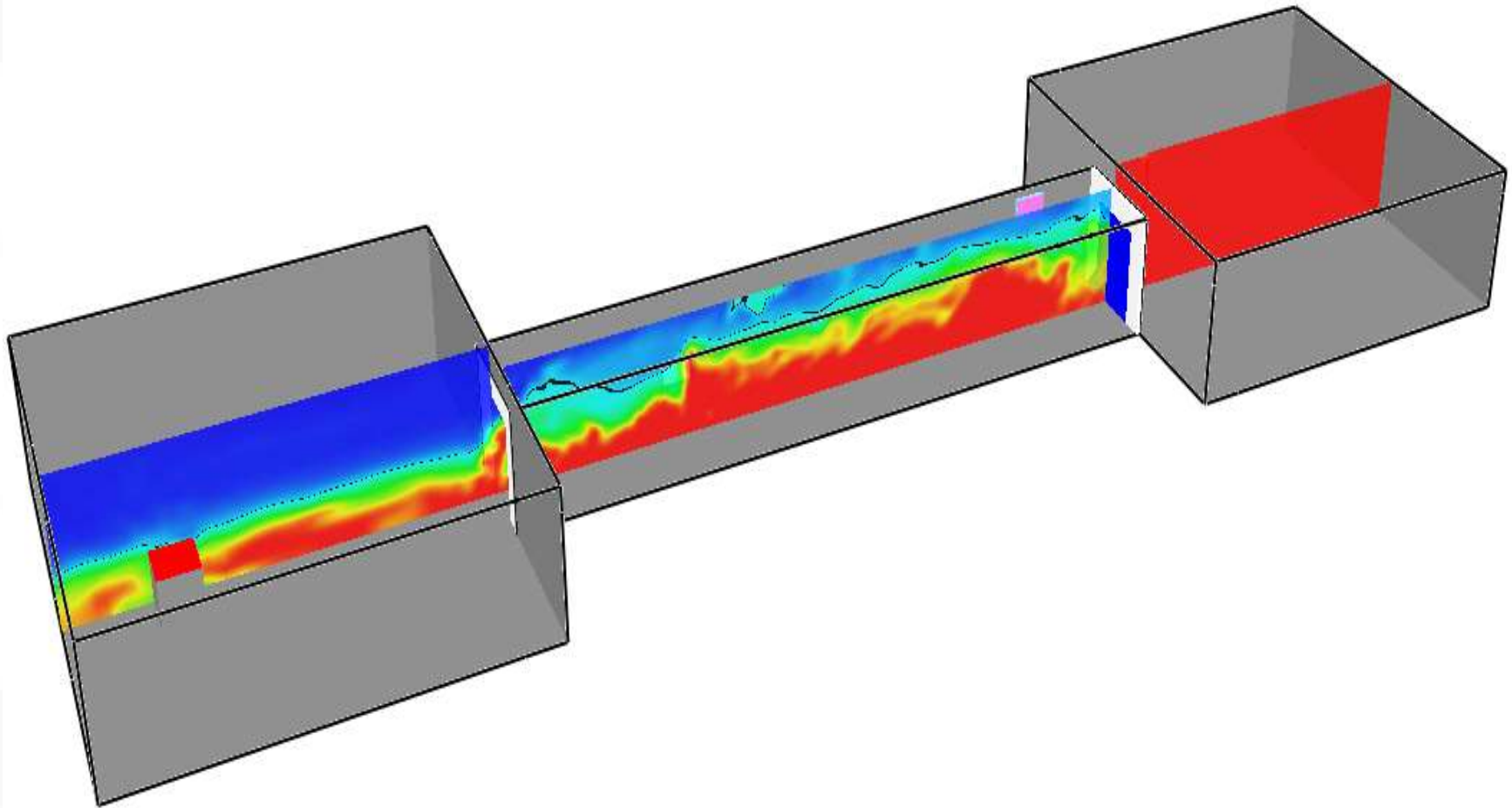
## C. di proteggere dagli effetti dell'incendio





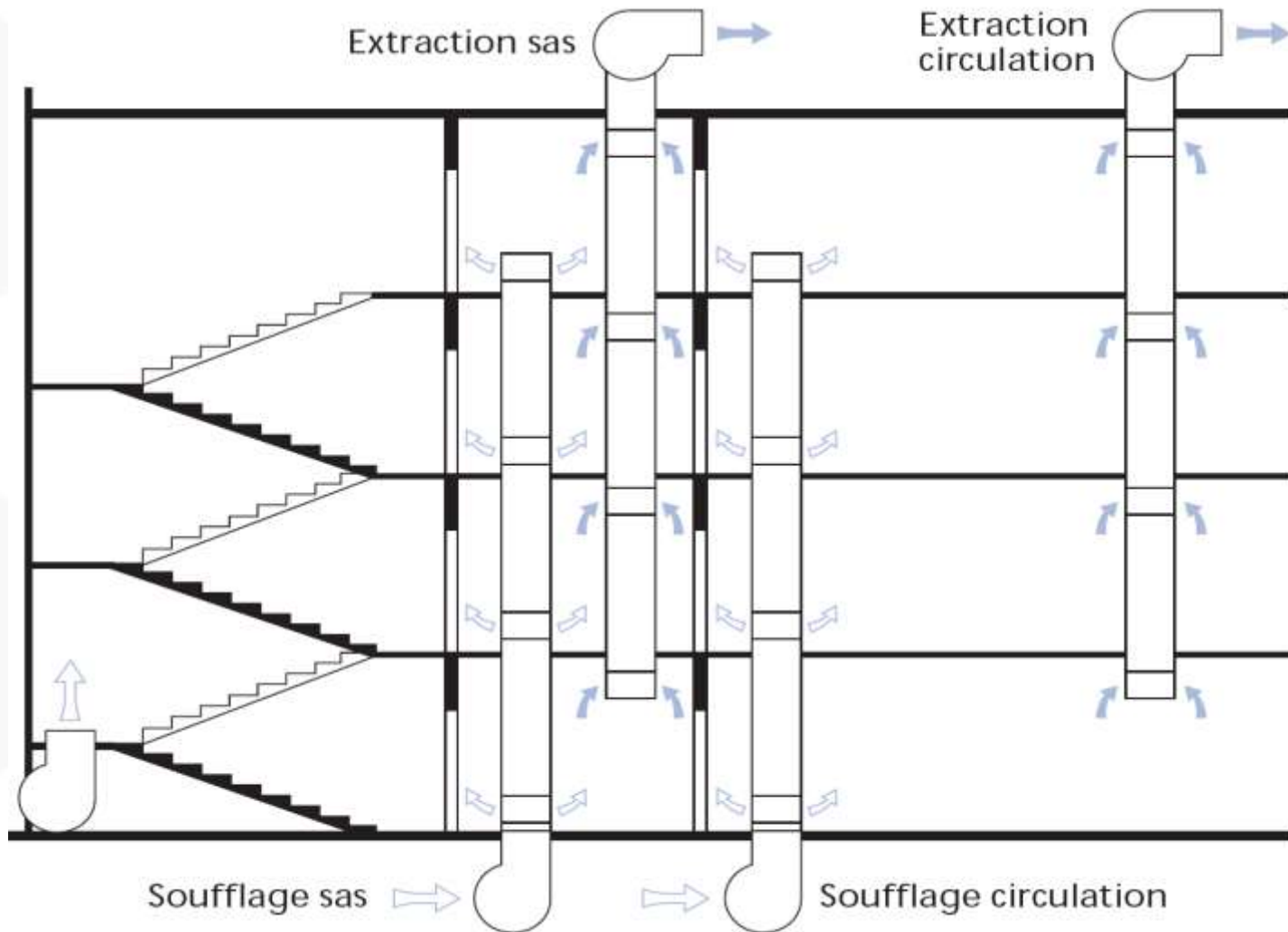


C. di proteggere dagli effetti dell'incendio





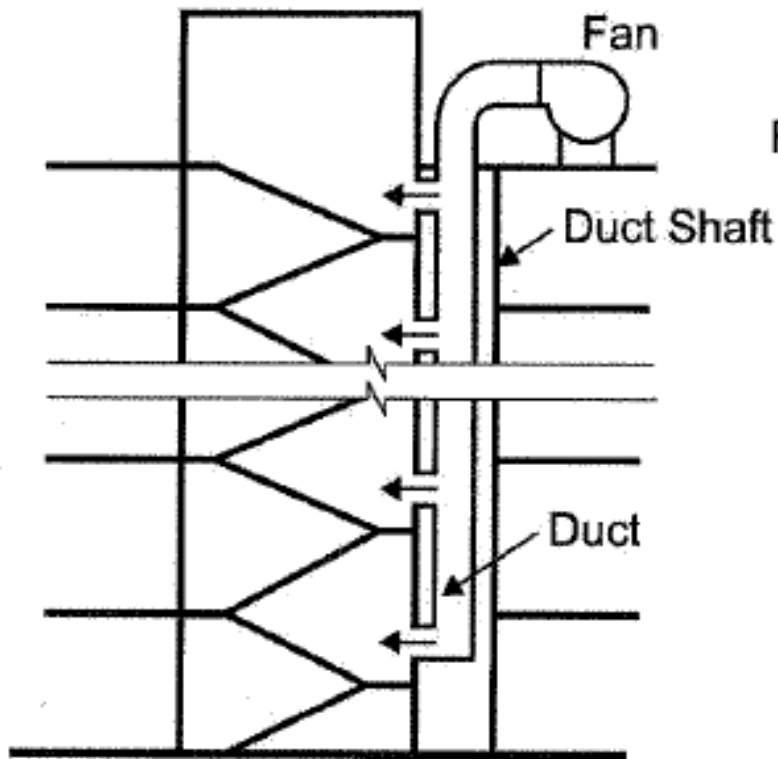
con soluzioni più o meno complesse ...



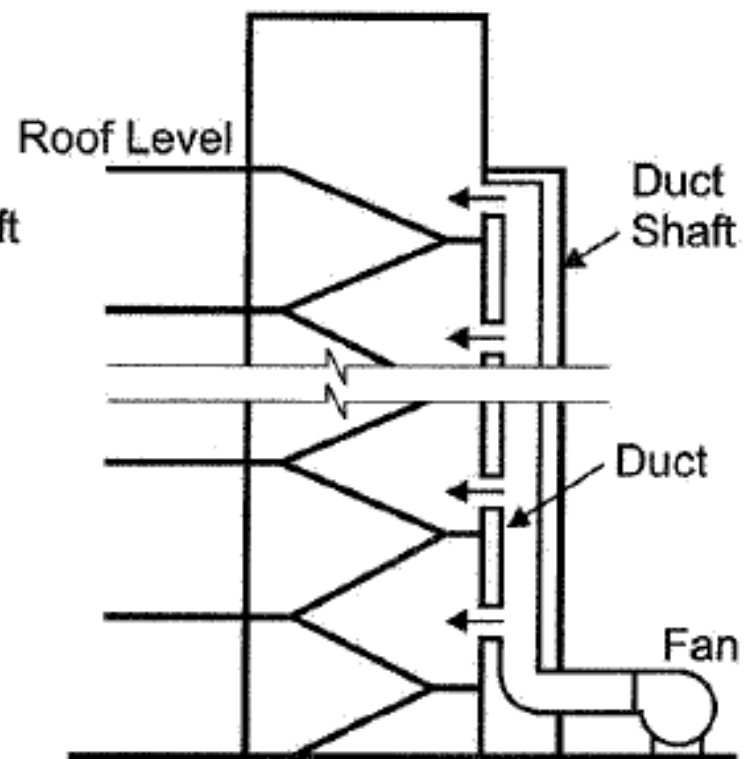


C. di proteggere dagli effetti dell'incendio

## Multiple Injection Systems



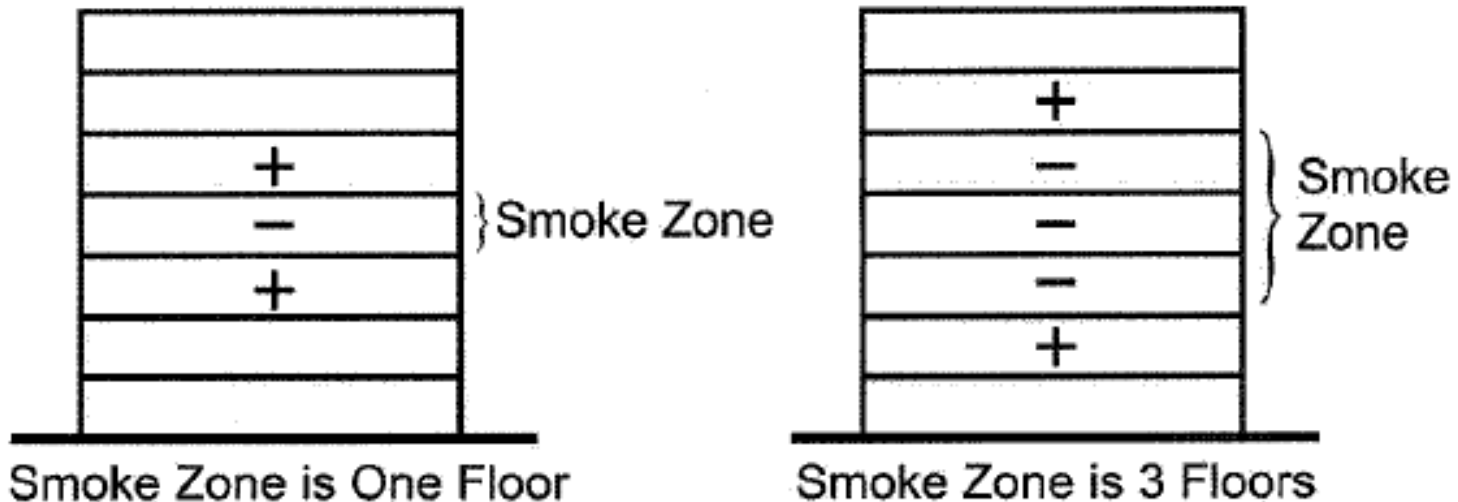
With Roof Mounted Fan



With Ground Level Fan

C. di proteggere dagli effetti dell'incendio

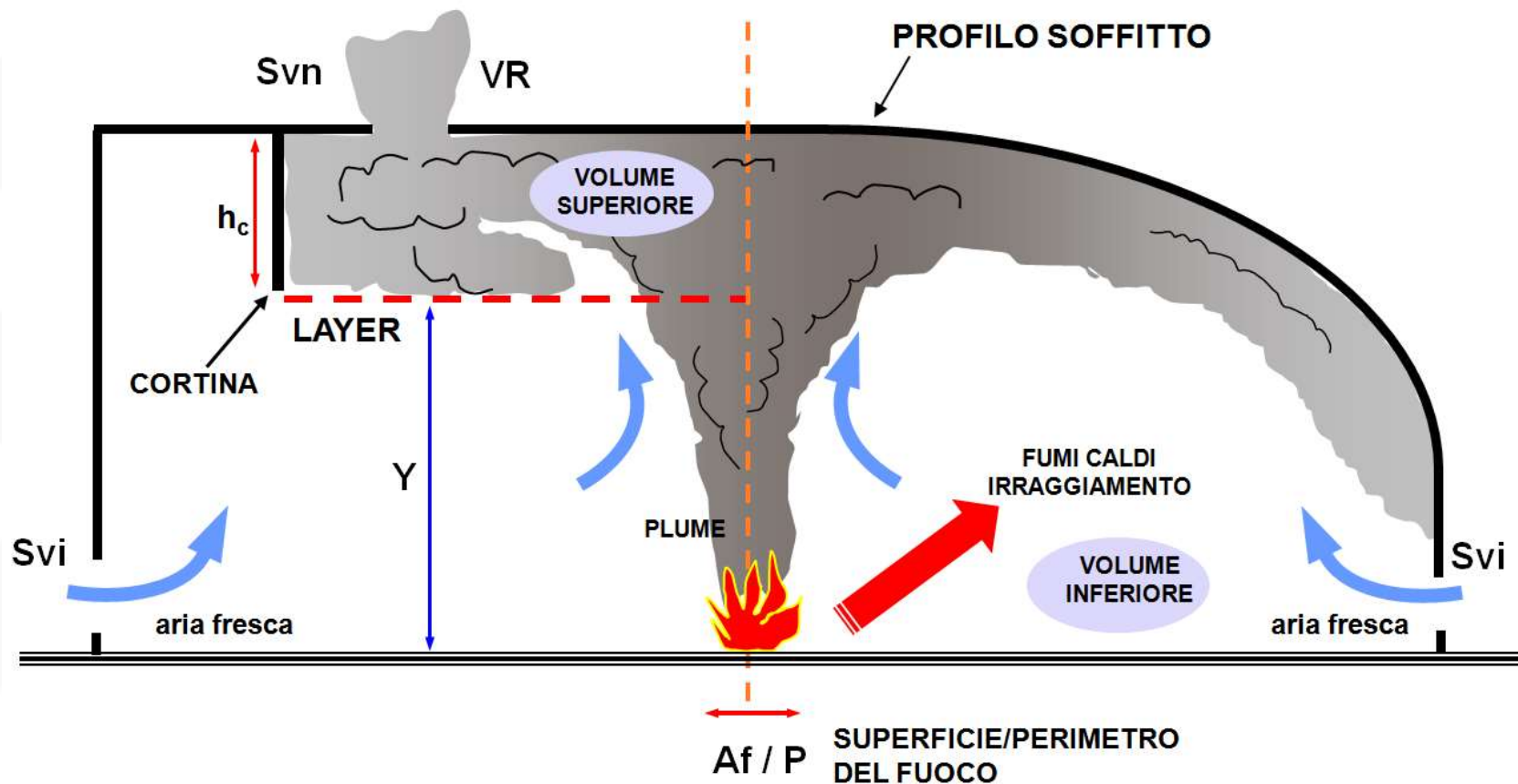
## Zoned Smoke Control



Notes:

1. “+” is for surrounding zone, and “-” is for smoke zone.
2. Typically the smoke zone is exhausted. The surrounding zones may be exhausted, pressurized, or neither.

# Sistemi di controllo del fumo e del calore: I PARAMETRI DI RIFERIMENTO





## 5. Smoke control on the storey of fire origin

$$M_f = C_e P Y^{3/2} \quad (\text{ART. 2087 c.c. ... } E=mc^2)$$

$C_e = 0.19$  for **large-area rooms** such as auditoria, stadia, large open-plan offices, atrium floors, etc. where the ceiling is well above the fire

$C_e = 0.21$  for large-area rooms, such as open plan offices, **where the ceiling is close to the fire**

$C_e =$  for **small rooms** such as unit shops, cellular offices, hotel bedrooms (prior to flashover or full involvement),

$C_e = 0.38$  (un caso di semplificazione specifico e particolare) for the specific case of **single-storey shopping malls whose ceilings are not too much taller than the shop units opening into those malls**





## C. di proteggere dagli effetti dell'incendio

CON RIFERIMENTO AL PRIMO ESEMPIO DELLA GALLERIA COMMERCIALE, La possibilità di scaricare il fumo verso la galleria non c'è nella norma UNI 9494-2 o nel D.M. 27 luglio 2010; è invece prevista dallo standard inglese BRE 368 e da quello americano NFPA 92b.

La formula proposta da Poreh ed altri è la seguente:

$$M_l = Q_w^{1/3} C \left[ h_b + D_b + \frac{M_w}{C Q_w^{1/3}} \right]$$

$M_l$  = mass flow of smoky gases entering the smoke layer at height  $h_b$  ( $\text{kgs}^{-1}$ ),

$Q_w$  = convective heat flux in gases (kW),

$C$  = a constant ( $\text{kgms}^{-1}\text{kW}^{-1/3}$ ),

$h_b$  = height of rise of thermal plume from balcony to the atrium smoke layer,

$D_B$  = depth of smoke layer beneath a balcony (m),

$M_w$  = mass flow of gases beneath a balcony ( $\text{kgs}^{-1}$ ).

$C$  is a constant for a given atrium and a given ambient



Per poter gestire il fumo è necessario sapere quanto ne viene prodotto. L'aspetto più importante e delicato è rappresentato dalla definizione delle caratteristiche dell'incendio, ad esempio:

- "HRR"
- la densità dei fumi
- lo "soot yield"
- la "radiative fraction"

**HRR (Heat Release Rate)** = quantità di energia rilasciata dal materiale che brucia, in determinate condizioni, per unità di tempo.

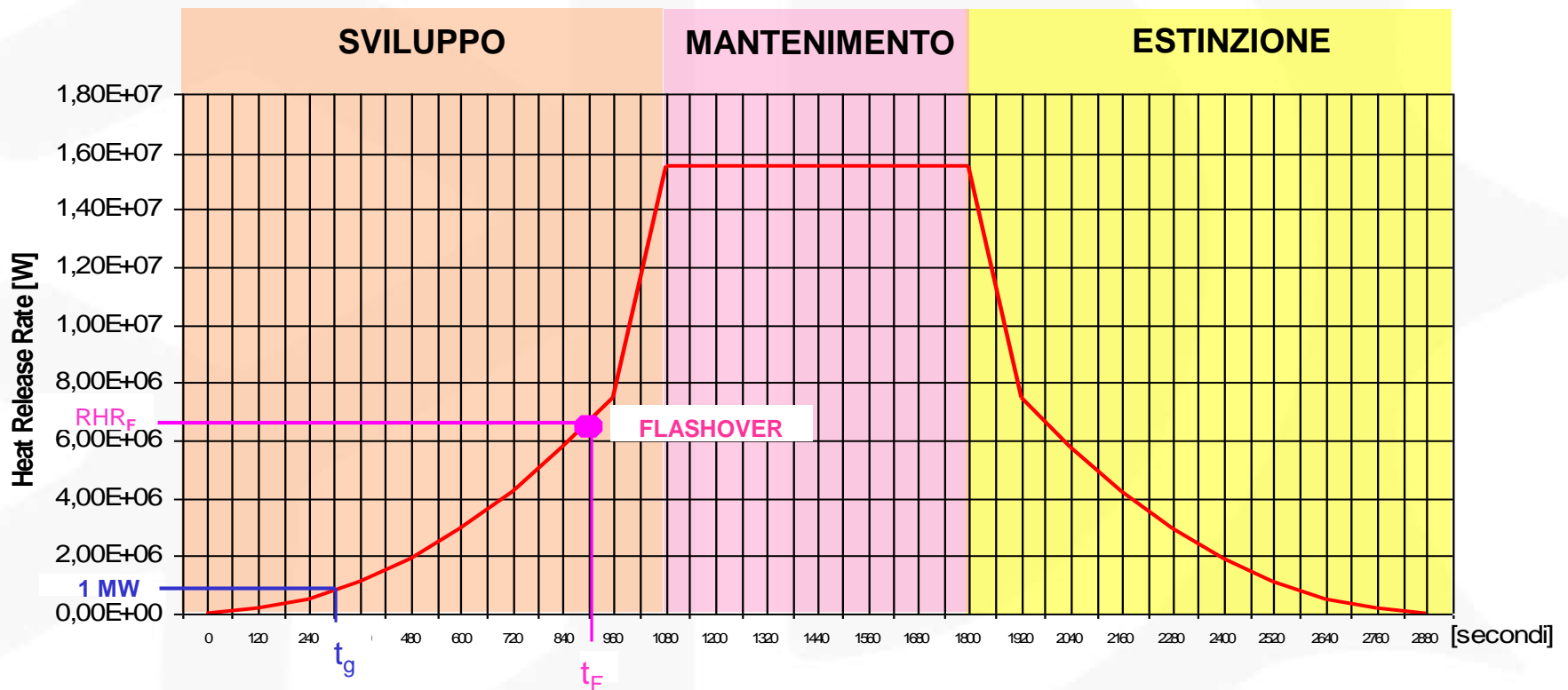
Occorre quindi valutare l'andamento nel tempo dell'HRR, considerando sia le caratteristiche dei materiali combustibili presenti sia le condizioni al contorno che possono influenzarne la combustione.

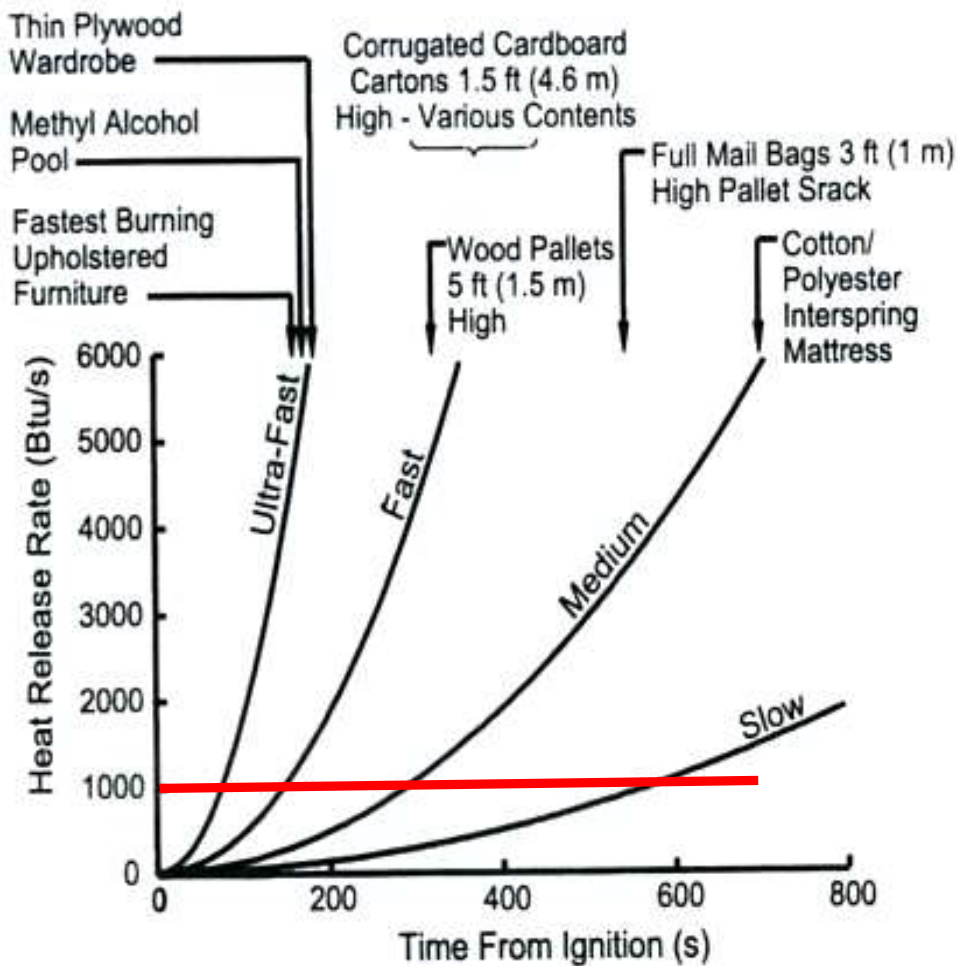




Molto valida ed utilizzata è la seguente formula (sviluppo QUADRATICO nel tempo di HRR):

$$\text{HRR} = \alpha \cdot t^2 \quad [\text{W}]$$





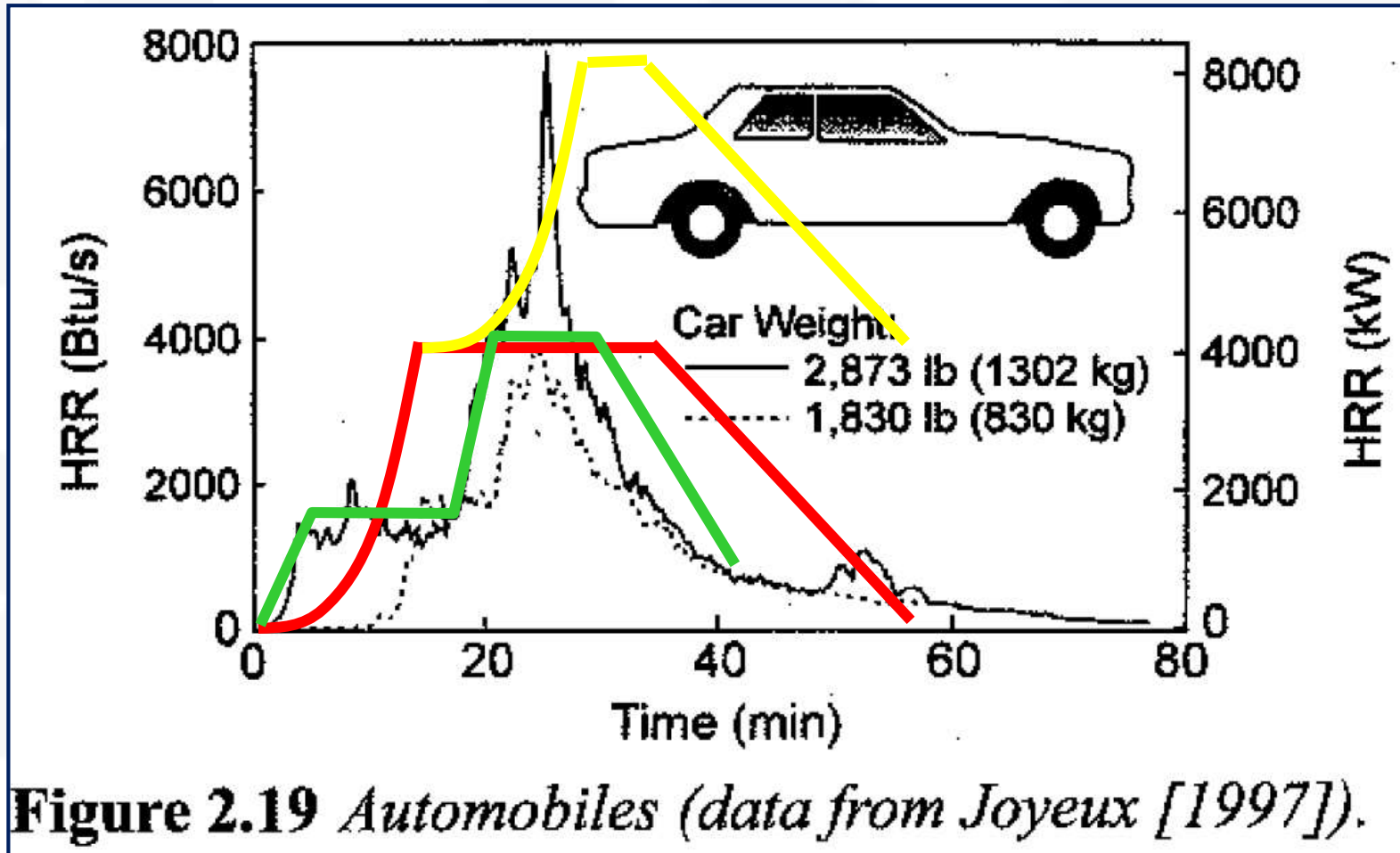
**Figure 2.28** Relation of *t*-squared fires to some fire tests (adapted from Nelson [1987]).

Grafico tratto da:  
*Principles of Smoke Management* – J.H. Klote & J.A. Milke ASHRAE



## ANDAMENTO NEL TEMPO DI HRR

Individuato il valore massimo di HRR, occorre determinarne l'andamento nel tempo.





# Sistemi di controllo del fumo e del calore: **MODALITA' DI GESTIONE**

Le modalità di gestione del fumo si suddividono in 2 grandi categorie :

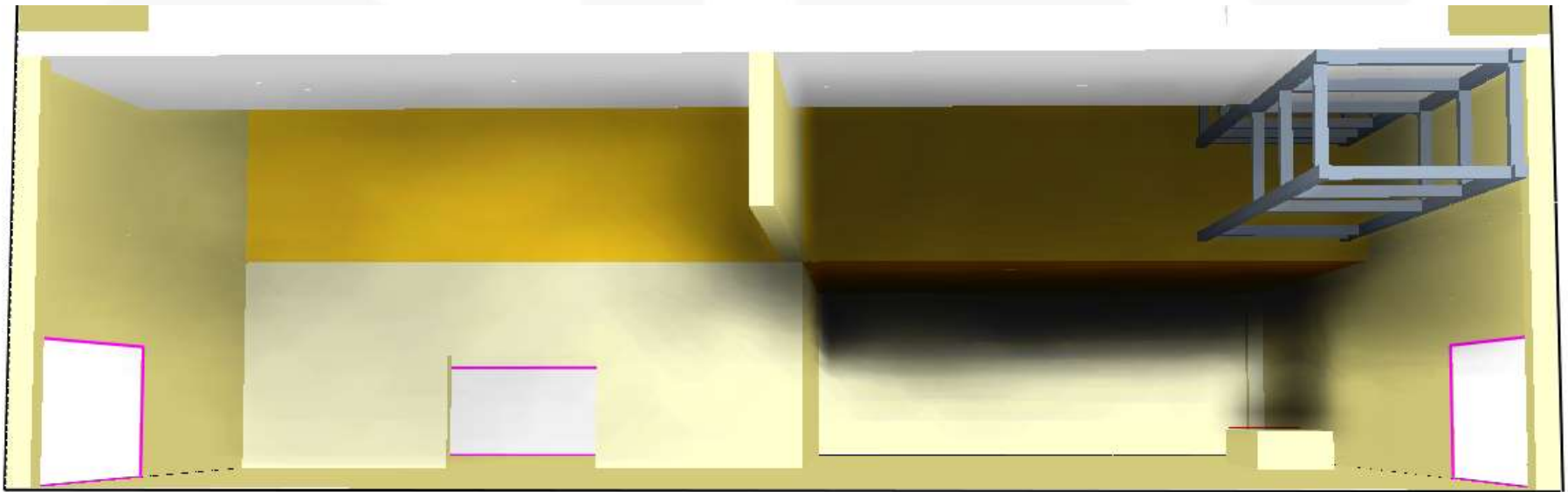
- Naturale
- Meccanico

I sistemi meccanici possono essere di diverse tipologie:

- 1) controllo verticale;
- 2) Controllo orizzontale;
- 3) pressurizzazione

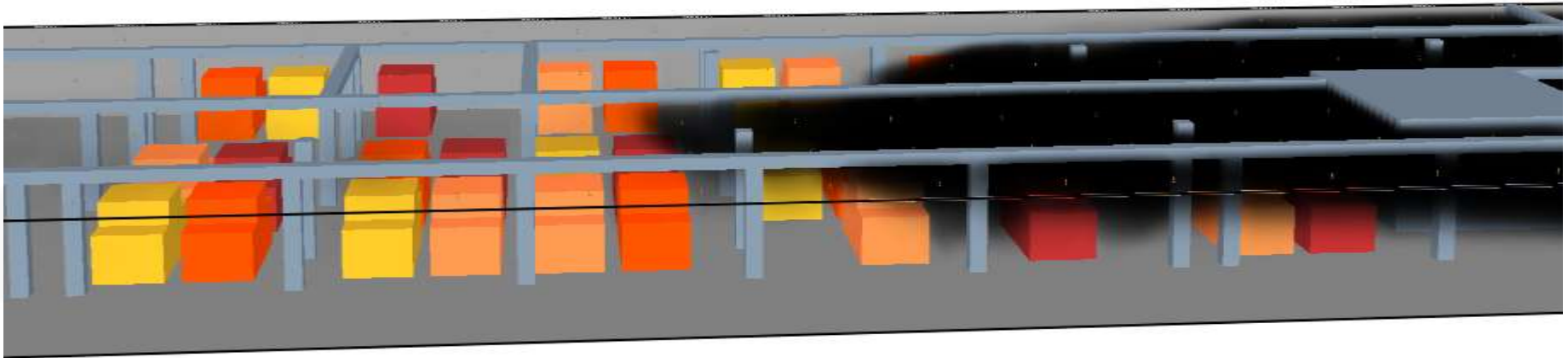
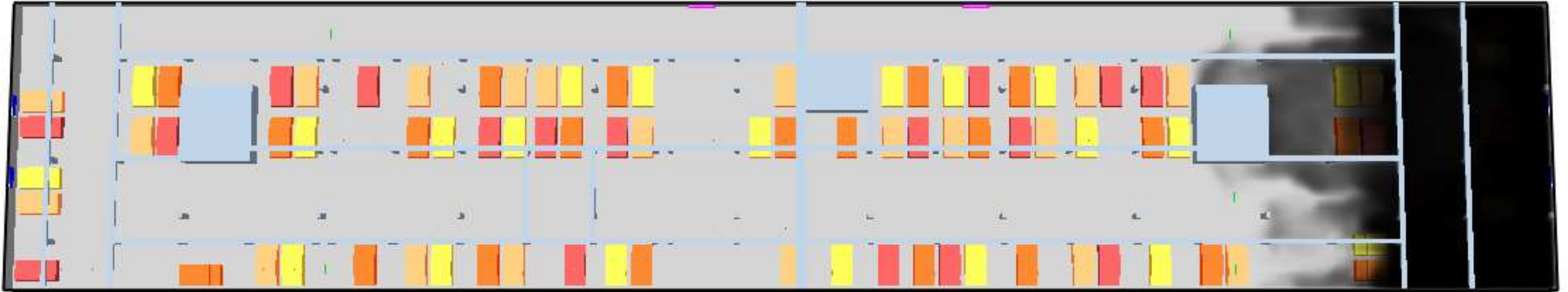


## Controllo verticale





# Controllo orizzontale



# SENF e SEFFC

| TIPOLOGIA | VANTAGGI   | SVANTAGGI   |
|-----------|--|---|
| SENF      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• peso contenuto</li> <li>• autoregolazione</li> <li>• facilità di riutilizzo</li> <li>• operatività anche per alte temperature</li> <li>• possibile utilizzo anche per il ricambio dell'aria e l'illuminazione dei locali di installazione</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• condizionabili dalle condizioni meteorologiche (neve, vento)</li> <li>• necessità di installarne molti</li> <li>• scarso rendimento in caso di fumi freddi o in locali di elevata altezza</li> <li>• difficile applicazione in edifici pluripiano</li> <li>• danneggiabilità degli elementi</li> </ul> |
| SEFFC     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• portata d'aria costante e misurabile</li> <li>• forometrie limitate in copertura</li> <li>• possibilità di estrazione dei fumi freddi</li> <li>• possibilità di usare sistemi canalizzati</li> <li>• possibilità di installazioni remote (lontane dai locali a rischio) e centralizzate</li> <li>• utilizzabili per la ventilazione dei locali</li> <li>• possibilità di realizzare Impianti a doppia funzione</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• peso elevato</li> <li>• necessità di fonti di energia privilegiata e disponibile anche in emergenza</li> <li>• difficoltà di riutilizzo</li> <li>• costi elevati per alte temperature &gt; 400°C</li> </ul>  |





# EFFICACIA DEI SEFC

*È evidente che l'efficacia dei SEFC non può prescindere dalle condizioni al contorno ed in particolare dalle interazioni con gli altri sistemi di protezione attiva. Ad esempio nella seguente tabella si mettono in evidenza alcune particolarità di tali interazioni.*

| SEFC  | SPRINKLER  | BARRIERE AL FUMO   |
|---|--|--|
| Protezione delle vie di esodo;<br>aria “pulita” sotto lo strato dei fumi.                         | Protezione dei beni;<br>controllo delle dimensione dell'incendio.        | Supporto ai SEFC;<br>limitano l'espansione e il raffreddamento dei fumi.                 |
| Facilitano l'intervento dei soccorsi. Riducono l'aumento di temperatura.                          | Protezione delle strutture.  | Contribuiscono alla protezione dei beni.   |
| La facilità dell'intervento per i soccorritori aumenta la possibilità di proteggere anche i beni. | Dimensioni dell'incendio compatibili con la capacità operativa del SEFC. | Per separare zone con quick response sprinklers da zone con standard response sprinkler. |

*Continua...*







I sistemi naturali (**SENF**C) mantengono a pavimento un volume libero da fumo al di sopra del quale galleggia lo strato di fumo e gas caldi che vengono convogliati all'esterno grazie alla differenza di densità risultante dalla stratificazione termica

I sistemi forzati (**SEFF**C) sono sistemi di estrazione costituiti da uno o più ventilatori (predisposti per trattare gas a temperature più alte di quella ambiente) in grado di convogliare verso l'esterno i fumi generati dall'incendio in modo indipendente dalla spinta di galleggiamento risultante dalla differenza di densità.



I **componenti** dei SEFC devono essere:

- selezionati in modo da resistere alle sollecitazioni a cui saranno sottoposti durante il loro funzionamento in caso d'incendio;
- scelti sulla base delle loro prestazioni misurate in conformità alle norme pertinenti di riferimento (ad es., serie EN 12101).

I componenti che fanno parte della costruzione e sono inseriti nell'edificio possono inoltre essere tenuti a soddisfare anche altre normative (ad es., circa le prestazioni energetiche dell'edificio).



# Sistemi di controllo del fumo e del calore

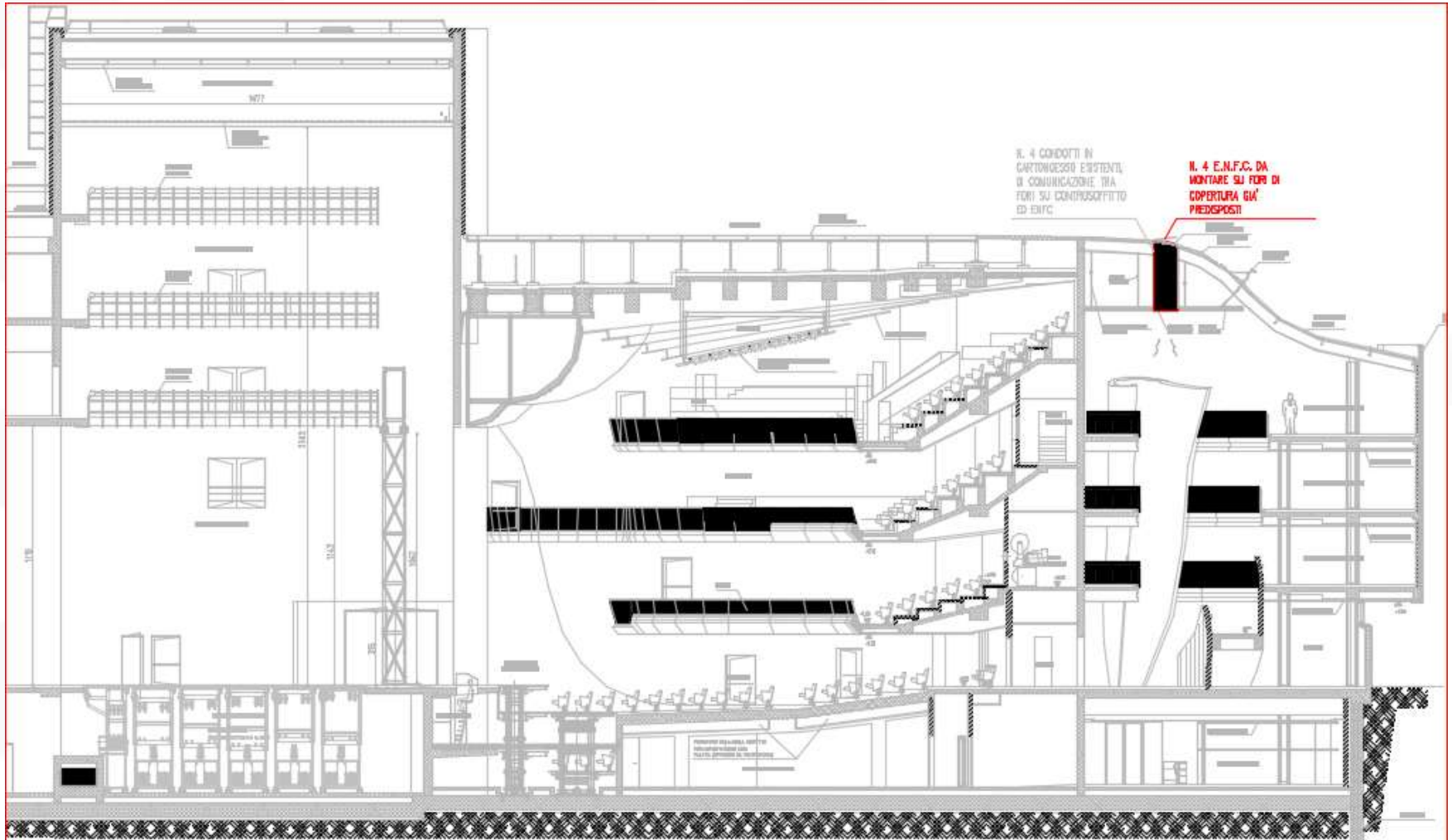
Sistemi con caratteristiche differenti in  
**funzione degli obiettivi da perseguire,**

Ad esempio:

- A. Protezione delle persone;
- B. Protezione delle attività/merci;
- C. Protezione delle strutture.

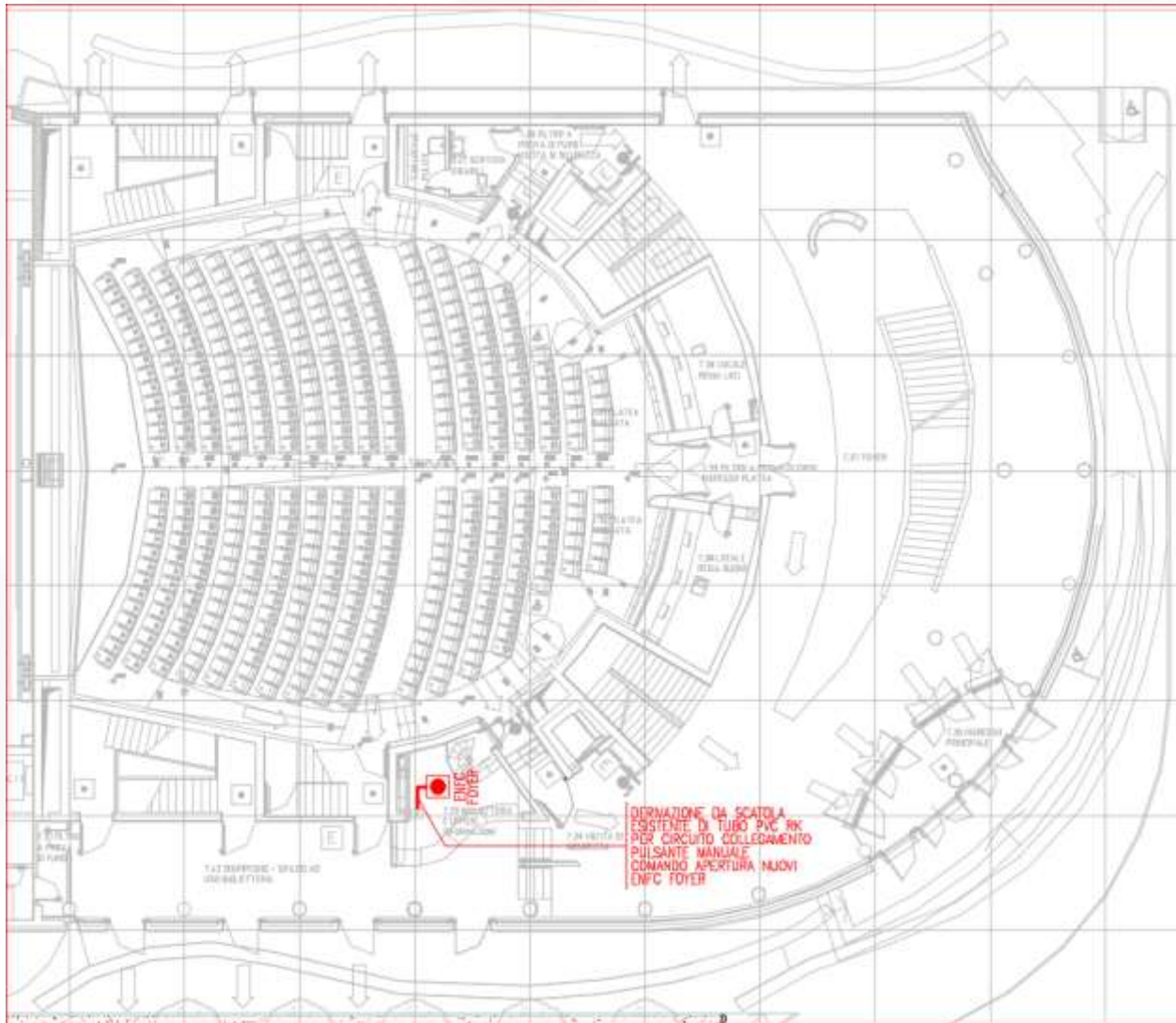


## A. Protezione delle persone: L'ESODO



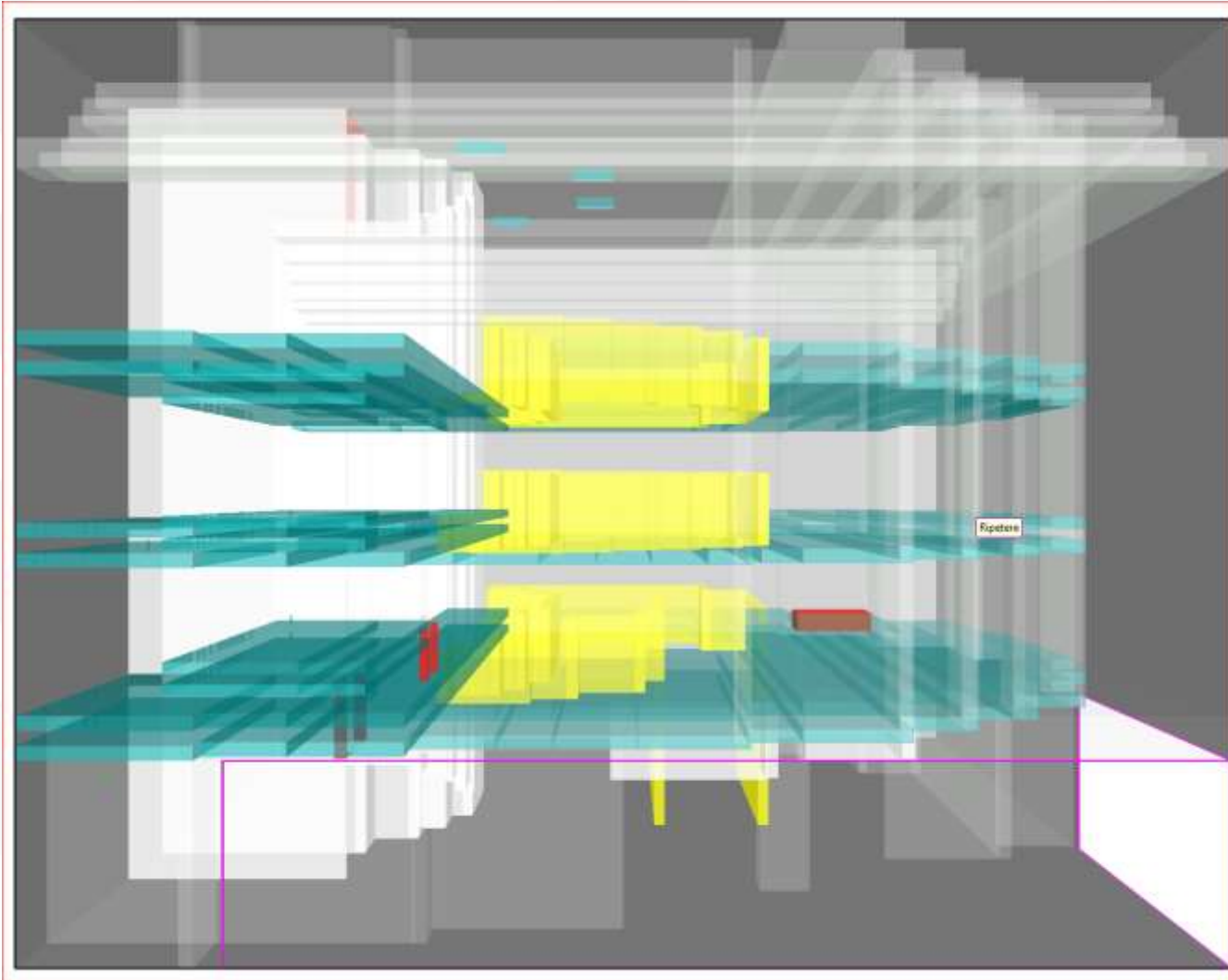


## A. Protezione delle persone: L'ESODO



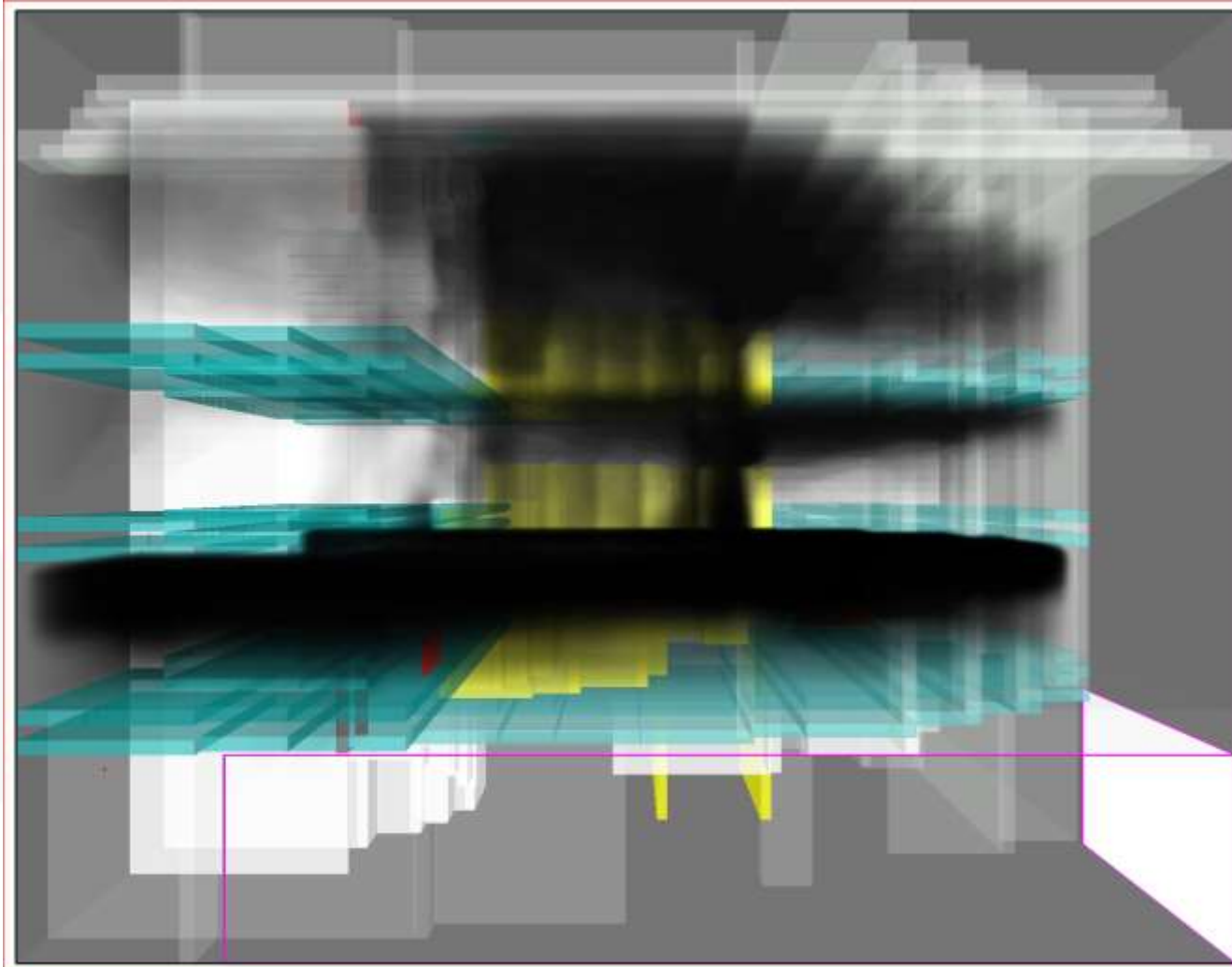


## A. Protezione delle persone: L'ESODO



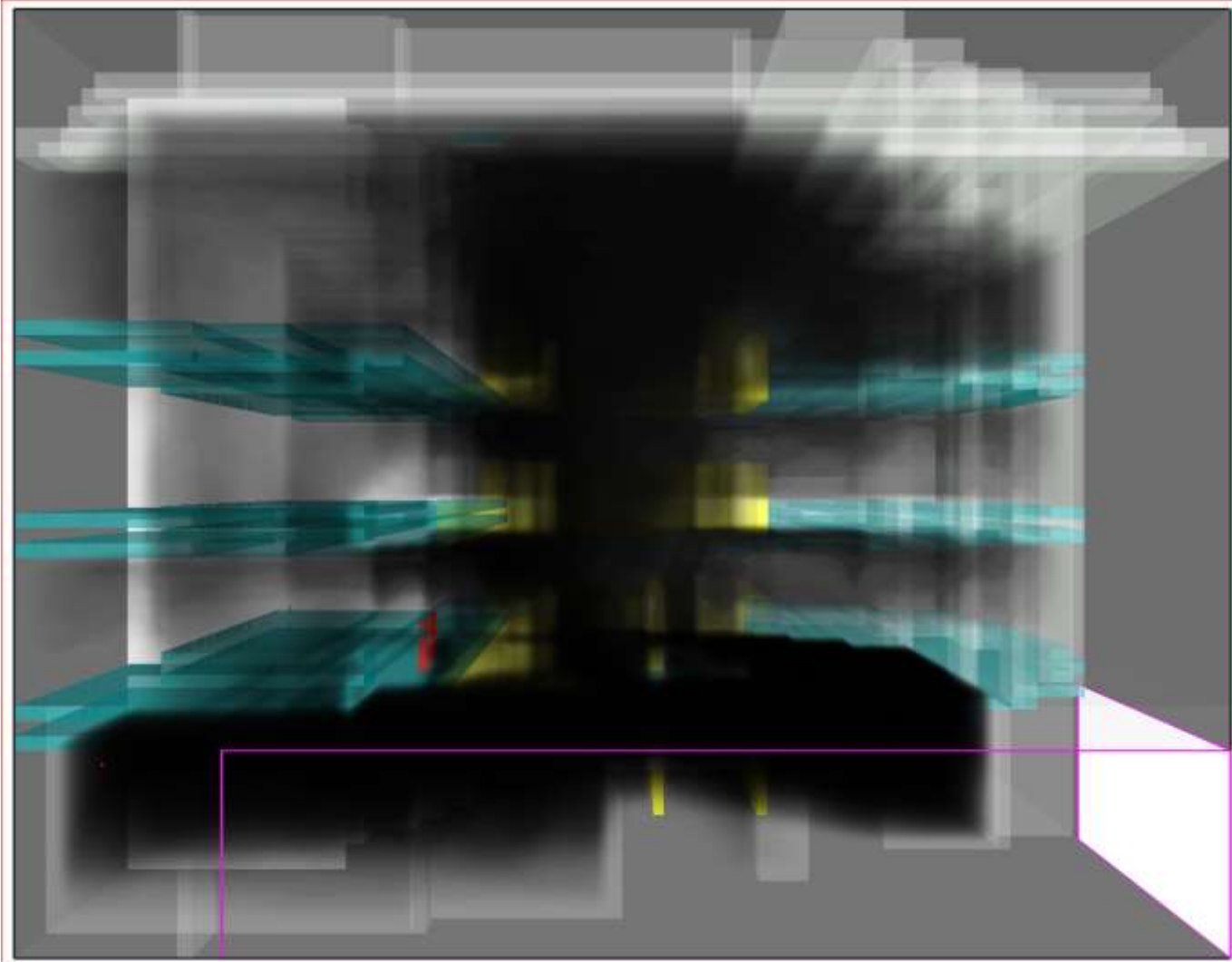


## A. Protezione delle persone: L'ESODO





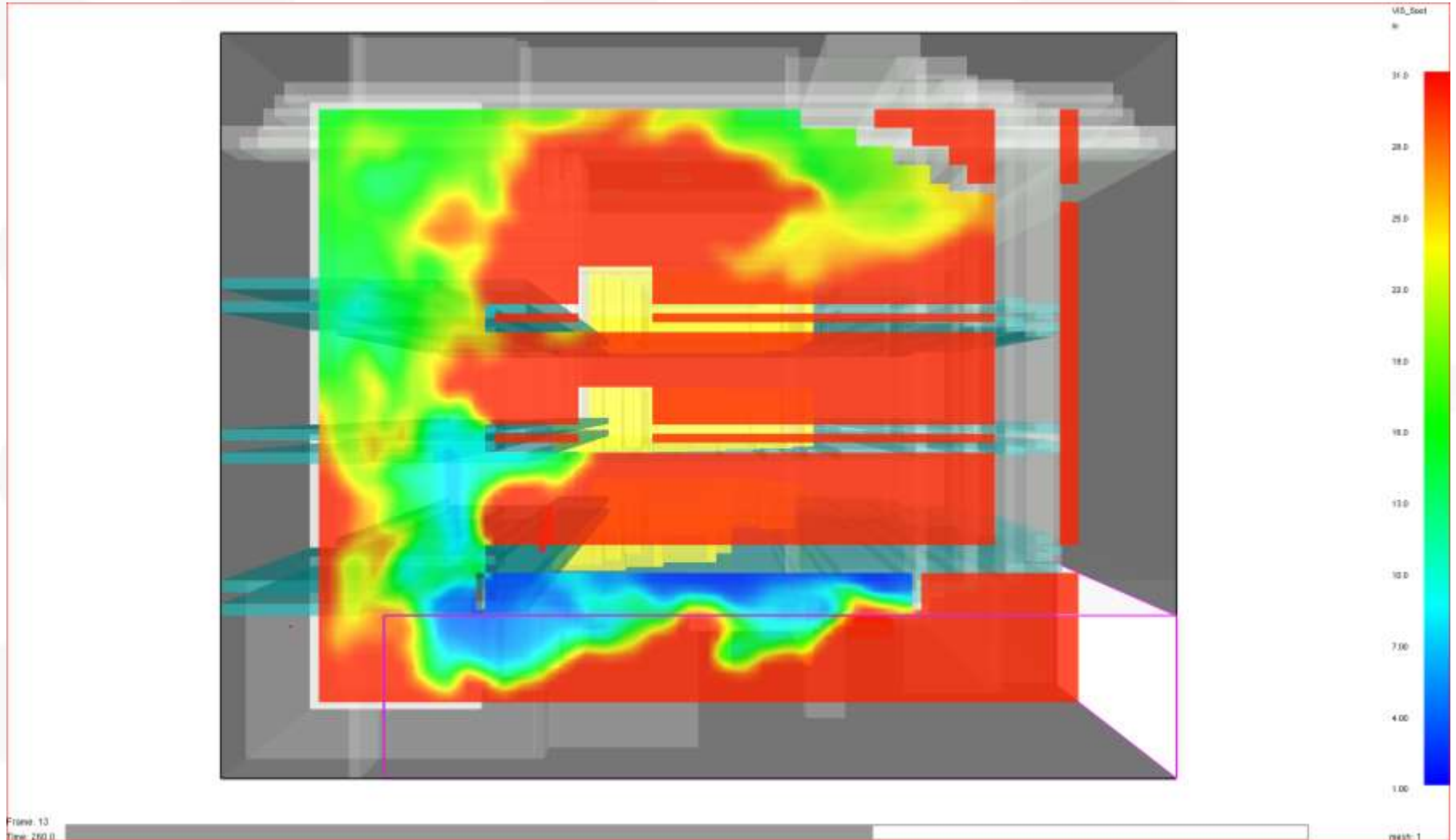
## A. Protezione delle persone: L'ESODO





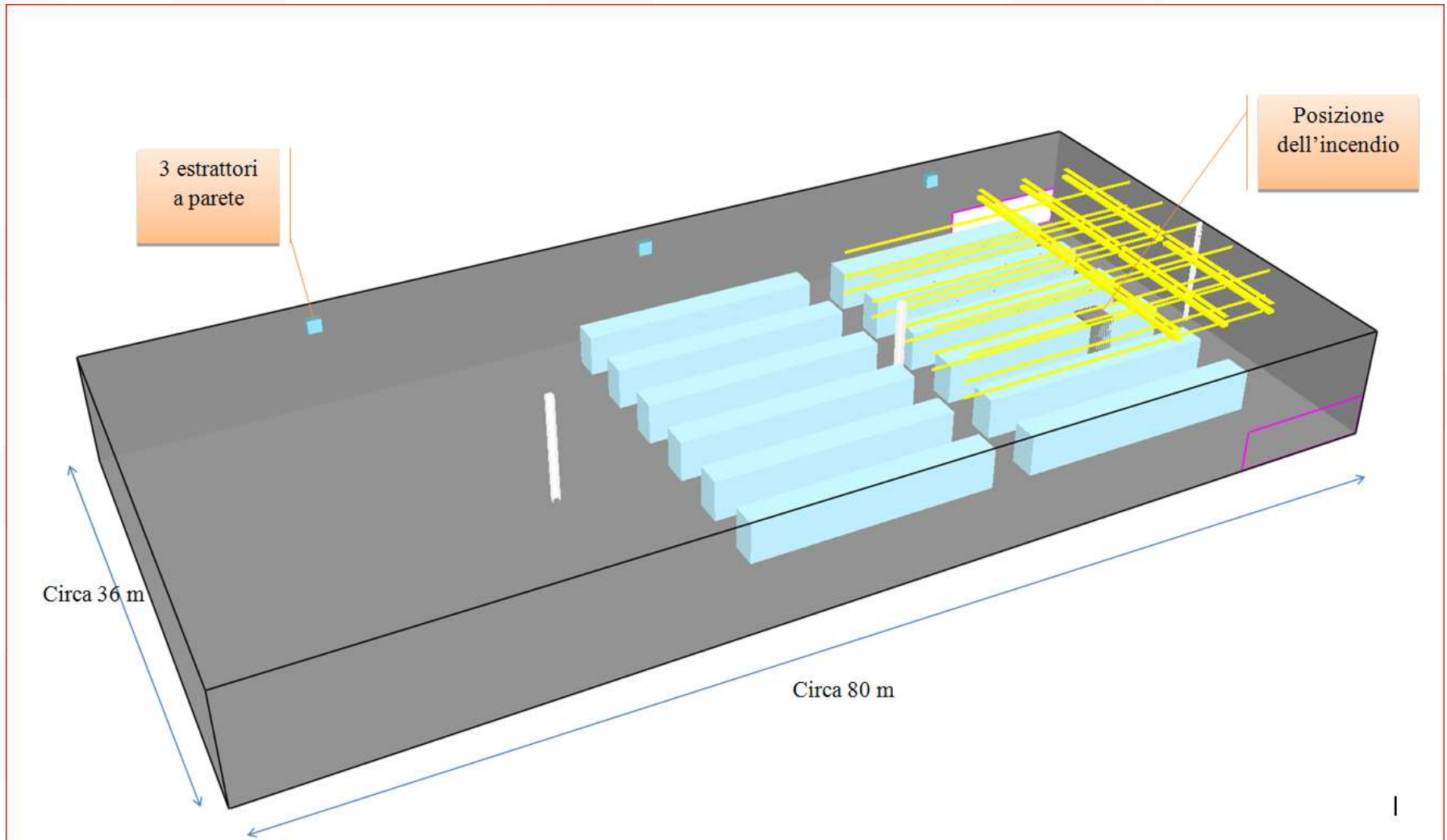


## A. Protezione delle persone: L'ESODO



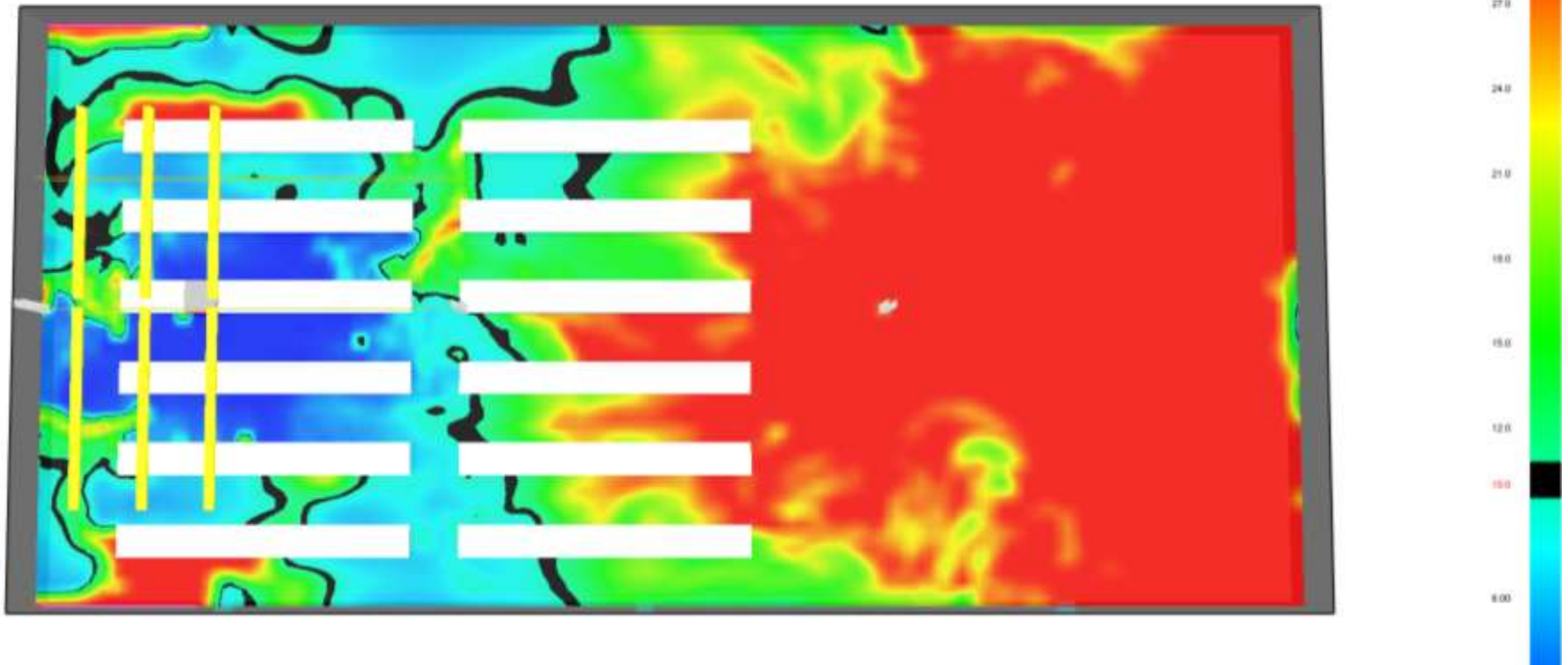


## A. Protezione delle persone: LE SQUADRE DI SOCCORSO





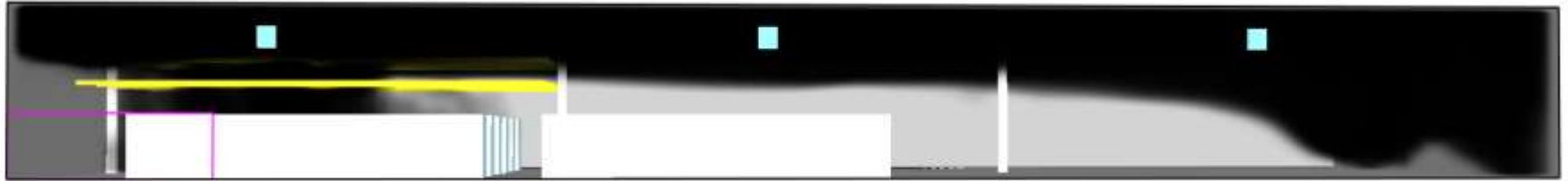
## A. Protezione delle persone: LE SQUADRE DI SOCCORSO



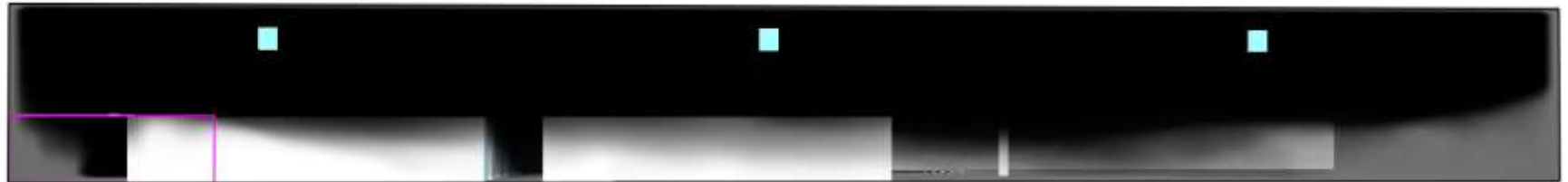
PIOV07-02MAN5 pianta: visibilità a 2,0-2.5 m dopo 420 s



## A. Protezione delle persone: LE SQUADRE DI SOCCORSO



PIOV07-02MAN5 sezione: distribuzione del fumo dopo 180 s. Si nota l'abbassamento dei fumi dovuto allo scontro degli stessi con una parete opposta alla posizione della sede dell'incendio



PIOV07-02MAN5 sezione: distribuzione del fumo dopo 420 s



## B. Protezione delle attività/merci



# ALCUNI ESEMPI



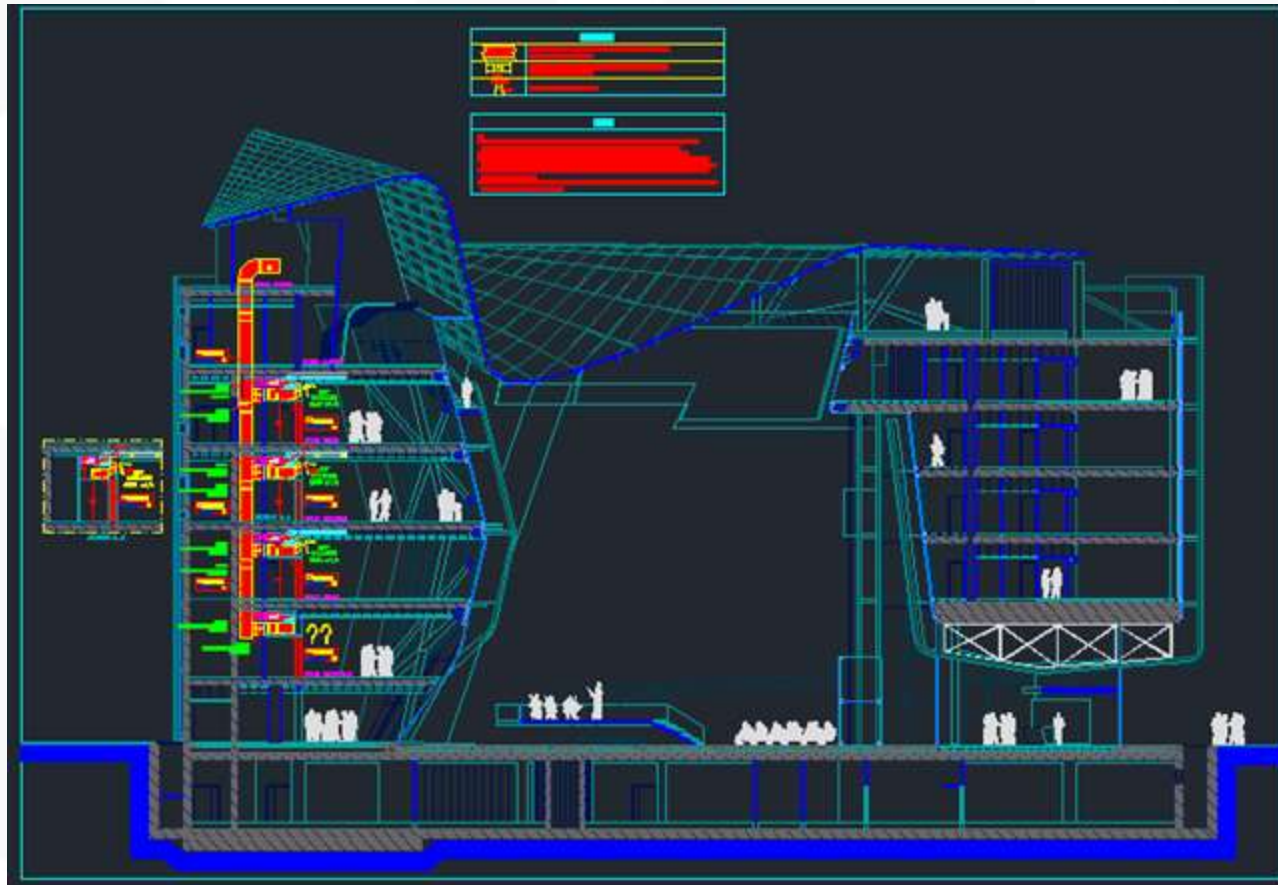


# Padiglione Italia Expo





# Padiglione Italia Expo: Sistema a doppia funzione HVAC SEFFFC





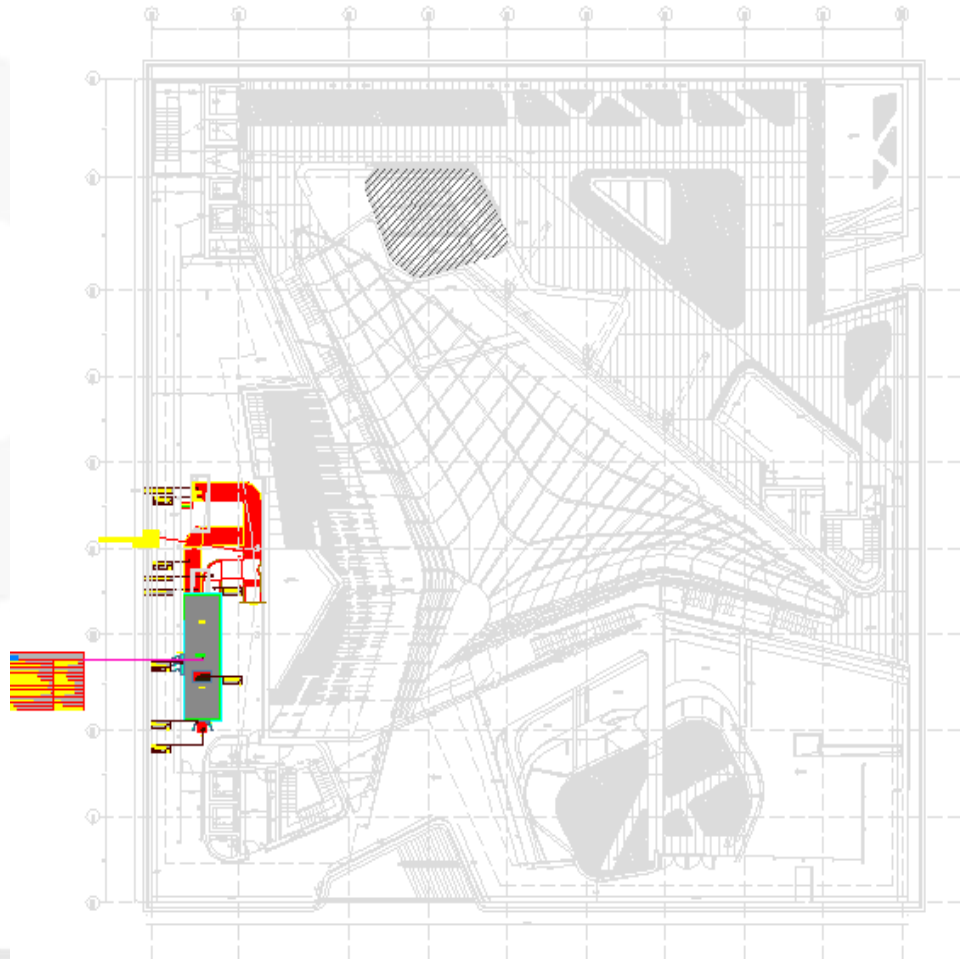


# Padiglione Italia Expo: Sistema a doppia funzione HVAC SEFFFC





# Padiglione Italia Expo: Sistema a doppia funzione HVAC SEFFFC





# Auditorium Casa Cava Matera



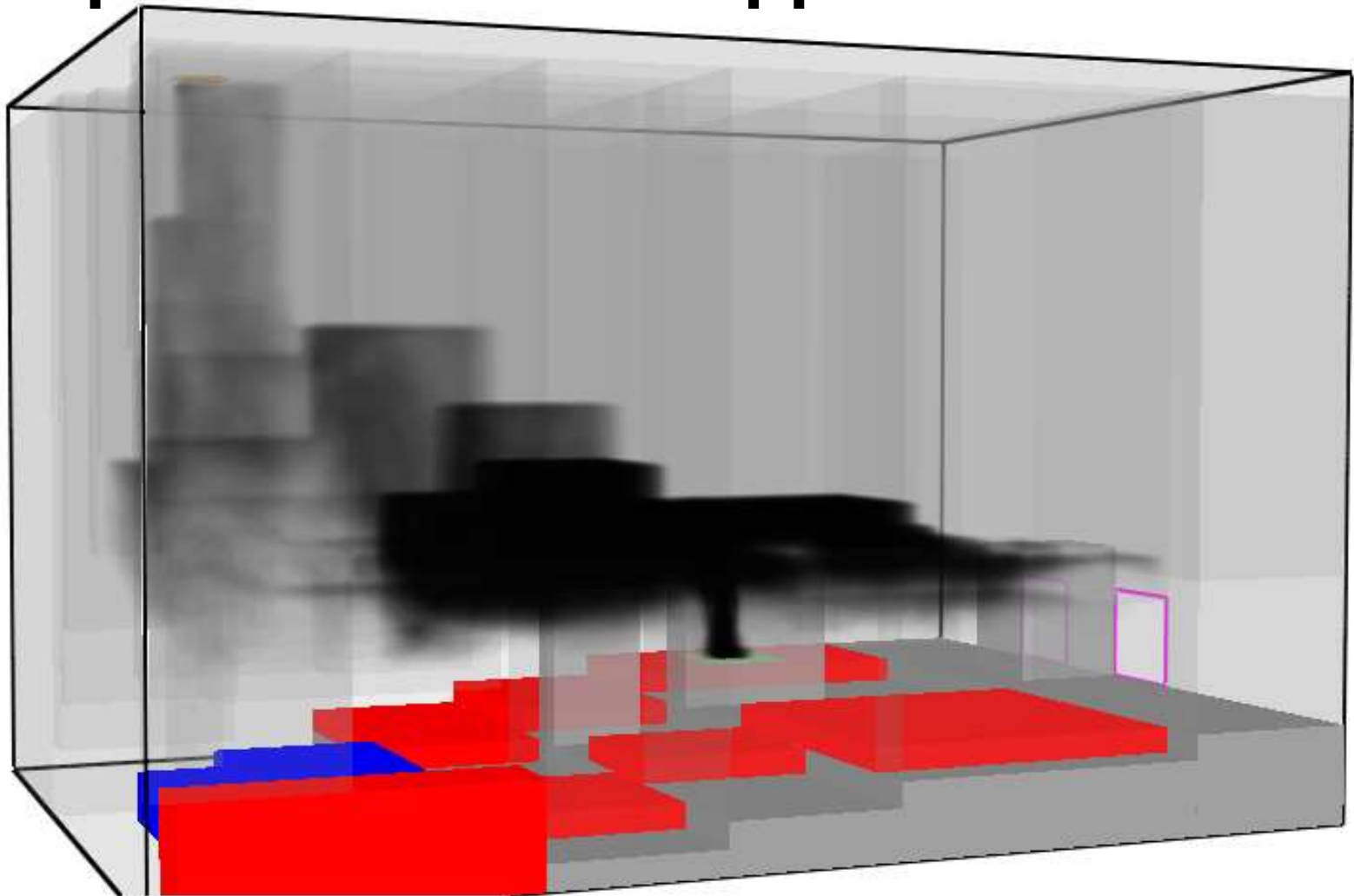


# Auditorium Casa Cava Matera



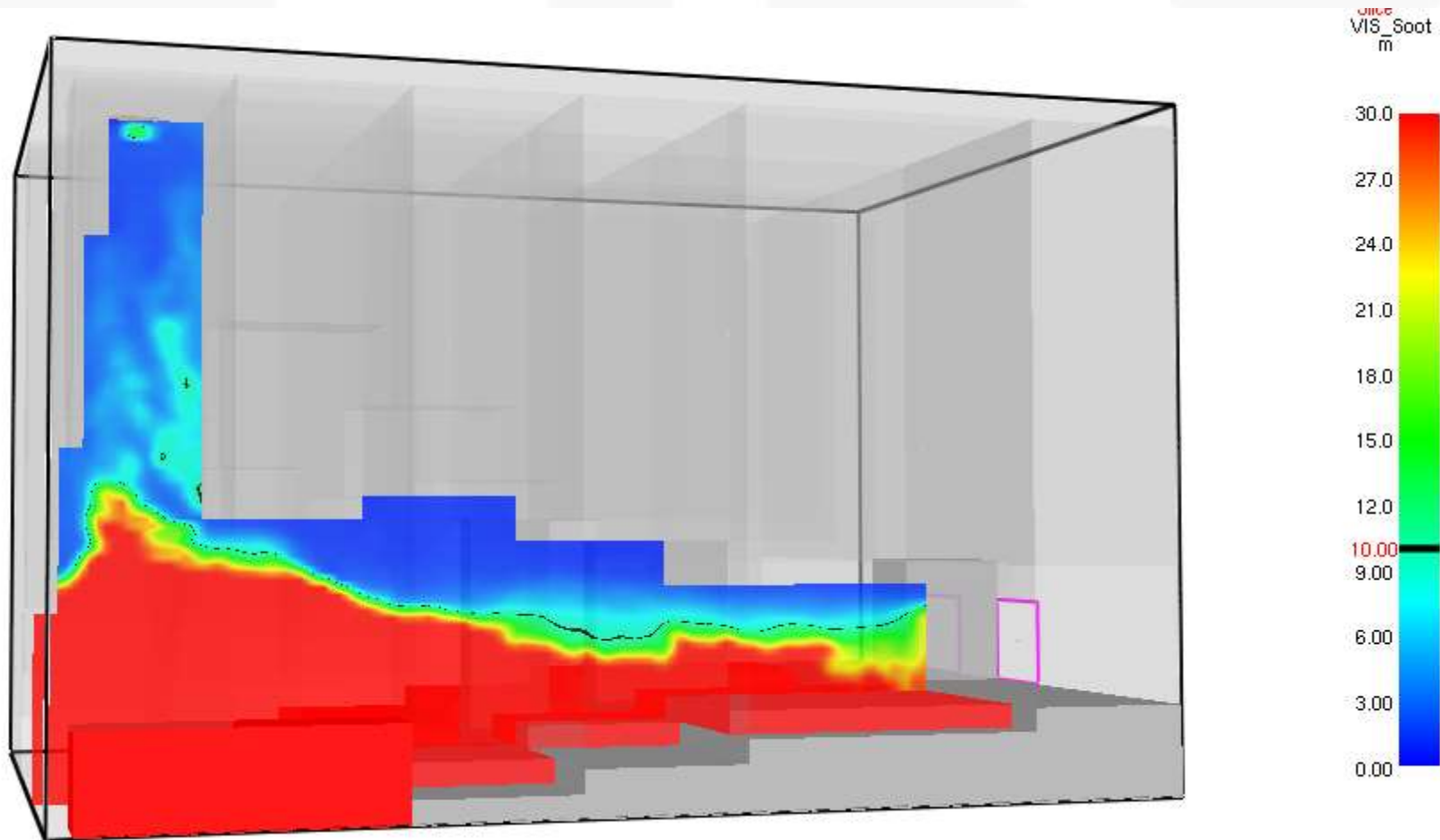


# Auditorium Casa Cava Matera: Impianto SEFFC a doppia funzione





# Auditorium Casa Cava Matera: Impianto SEFFC a doppia funzione

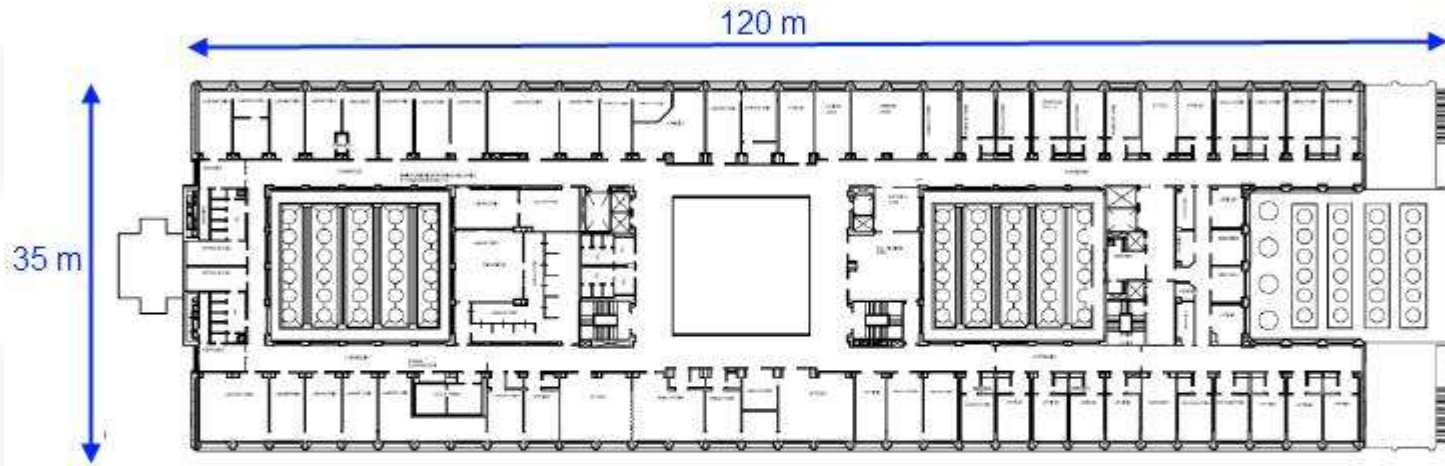




PIANO TIPO

~4200 mq

~1000 PERSONE



4 PIANI FUORI TERRA

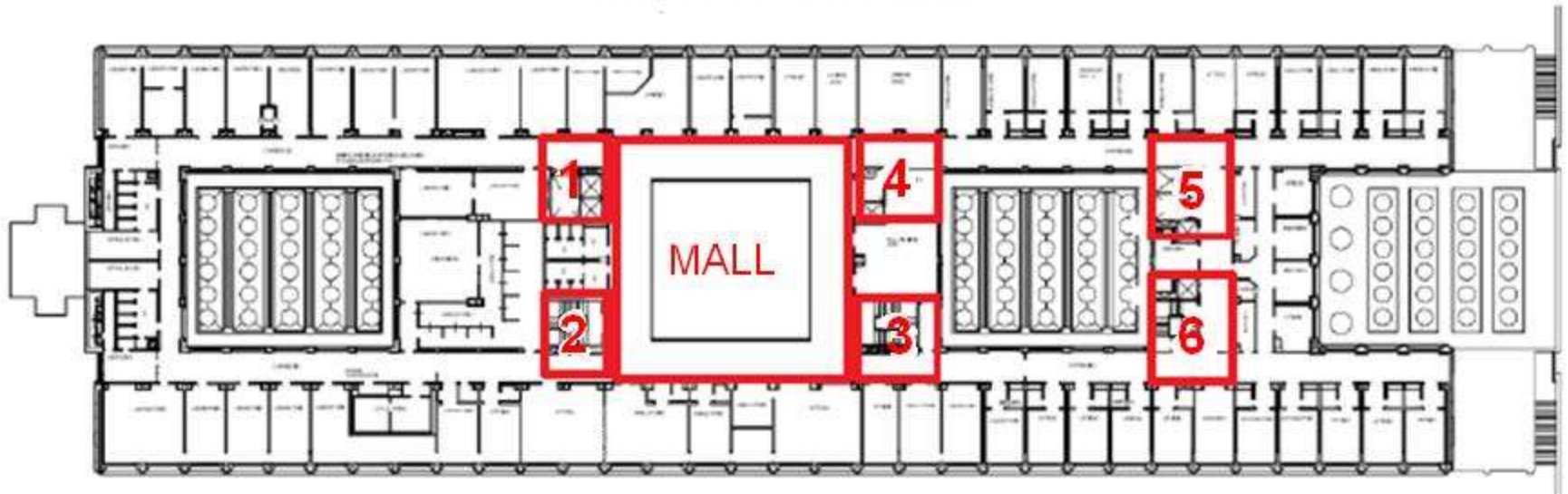
TERAPIE INTENSIVE  
SALE RIUNIONI  
LABORATORI  
....

2 PIANI INTERRATI

LOCALI TECNICI  
LABORATORI  
ARCHIVI  
....



## VULNERABILITÀ

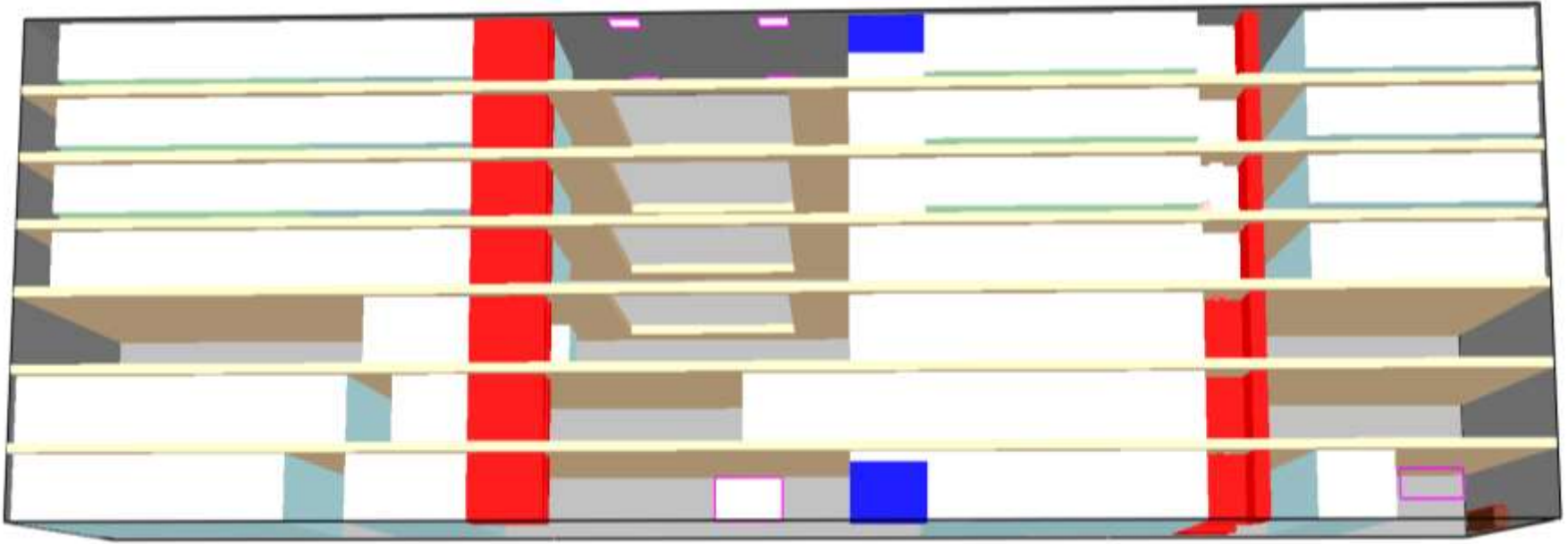


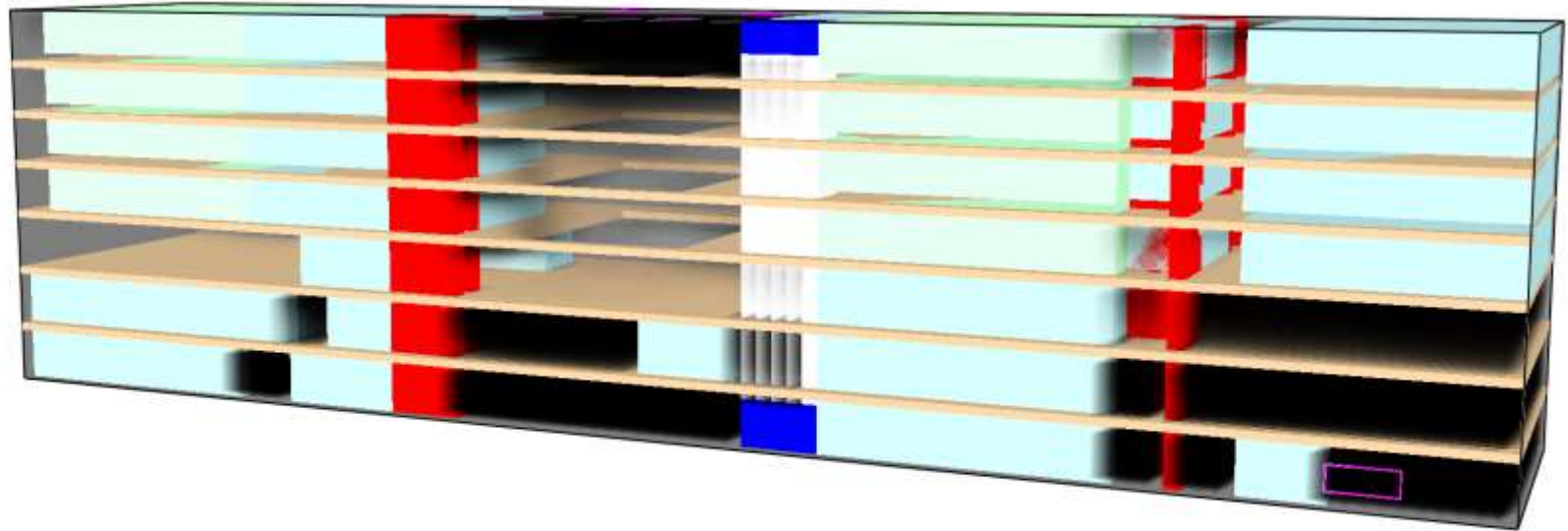
PIANO TIPO (4 PIANI FUORI TERRA + 2 INTERRATI)





Schematizzazione dell'edificio (usata per le simulazioni degli incendi).





Frame: 120  
Time: 1200.0

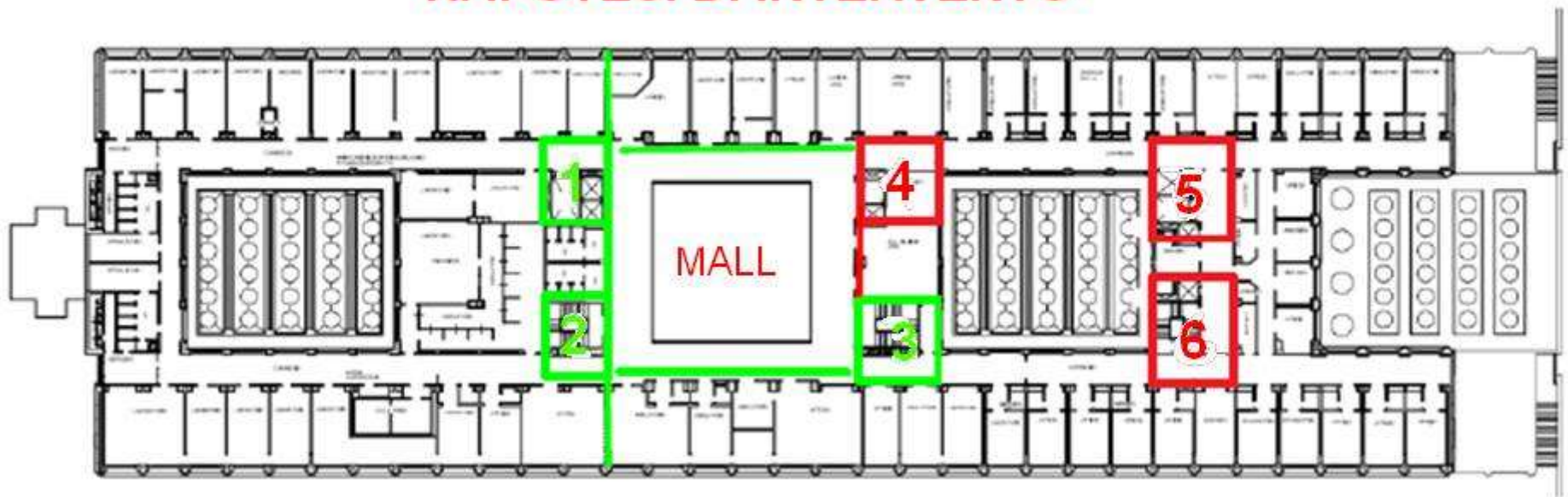


# Estratto del documento di valutazione dei rischi del secondo piano interrato



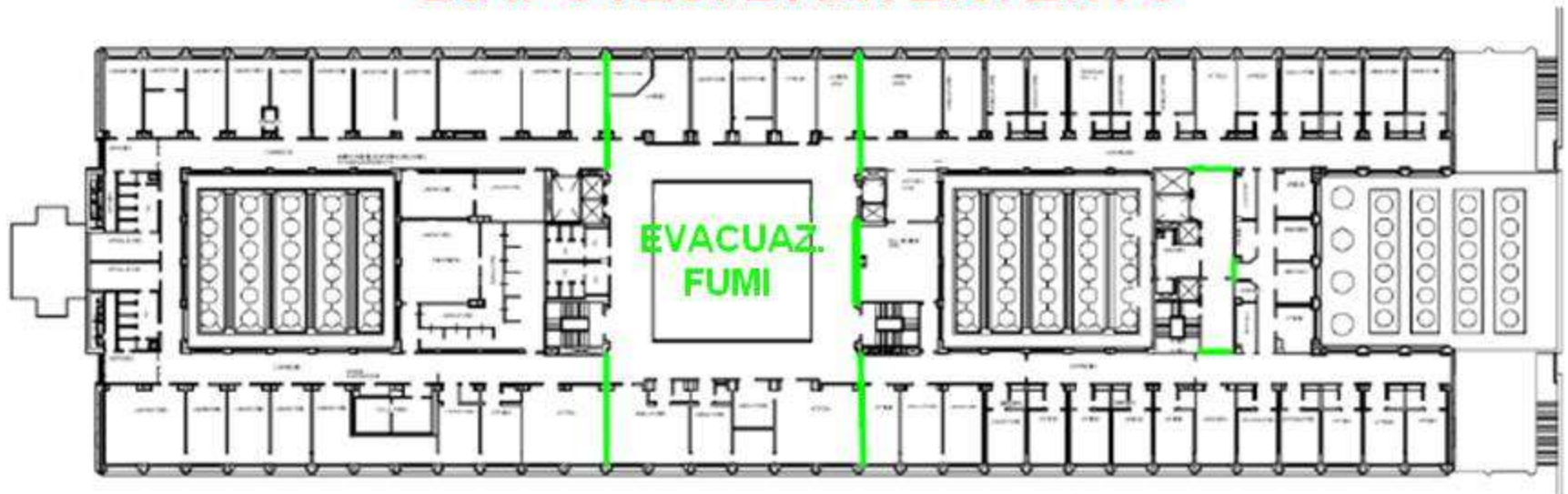


## 1a IPOTESI DI INTERVENTO



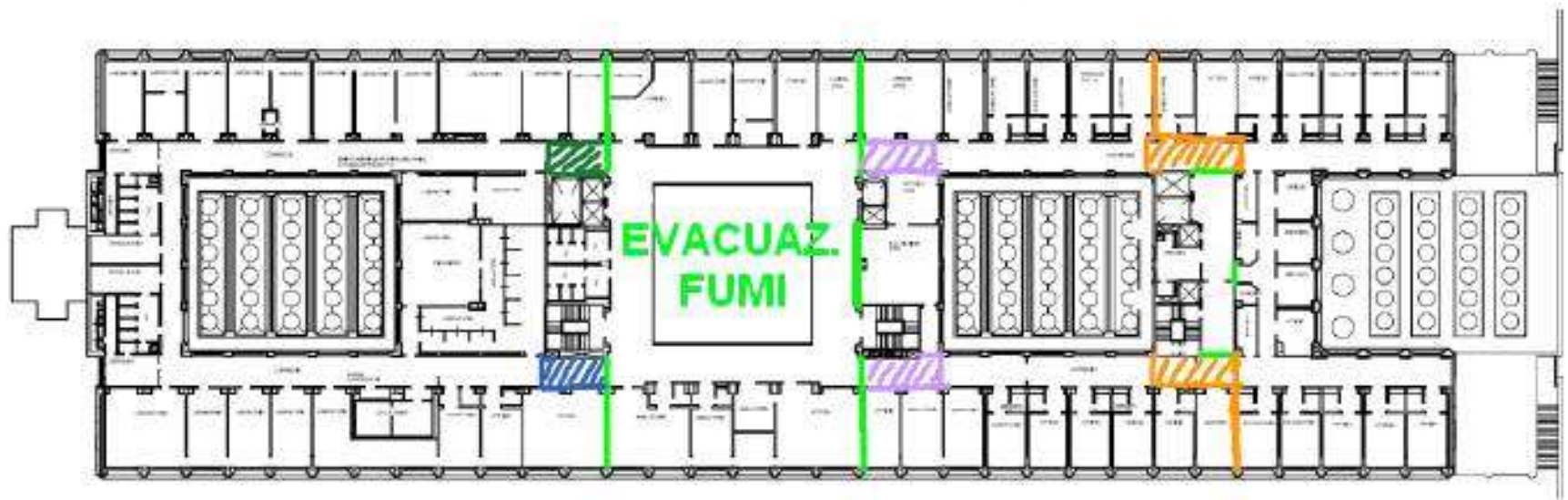


## 2a IPOTESI DI INTERVENTO





## 2a IPOTESI DI INTERVENTO



## FASI SUCCESSIVE

