



**Politecnico  
di Torino**

**Politecnico di Torino**

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile  
A.a. 2024/2025  
Sessione di Laurea Marzo 2025

**Analisi e verifiche di sicurezza con applicazioni  
di Fire Safety Engineering per la  
riqualificazione funzionale ad uso polivalente  
della "Cavallerizza Caprilli" di Pinerolo**

**Relatore**  
Prof. Roberto VANCETTI

**Candidata**  
Emily GOSTINICCHI

**Correlatore**  
Ing. Emiliano CEREDA



---

## INDICE

INTRODUZIONE.....	1
1. PREVENZIONE INCENDI.....	3
2. FIRE SAFETY ENGINEERING .....	7
2.1 Capitolo M [2].....	8
2.1.1 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio (M1) .....	8
2.1.2 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale (M2).....	8
2.1.3 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale (M3) .....	9
3. CASO STUDIO – LA CAVALLERIZZA CAPRILLI.....	11
3.1 Introduzione .....	11
3.1.1 Descrizione della struttura.....	12
3.2 Studio di fattibilità.....	15
3.2.1 Obiettivo dello studio .....	15
3.2.2 Normativa di riferimento.....	15
3.2.3 Stato attuale della struttura.....	16
3.2.4 Impiantistica .....	19
3.3 Analisi necessità funzionali.....	20
3.3.1 Acquisizione della documentazione.....	20
3.3.2 Configurazioni di utilizzo.....	23
3.3.3 Necessità comuni e interventi .....	33
3.4 Analisi con Codice di Prevenzione Incendi .....	37
3.4.1 Classificazione dell'attività .....	37
3.4.2 Determinazione dei profili di rischio .....	38
3.4.3 Regole Tecniche Verticali .....	41
3.4.4 Classificazione dell'attività .....	42
3.4.5 Classificazione delle aree dell'attività.....	51

3.4.6 Strategia 1 – Reazione al fuoco.....	54
3.4.7 Strategia 2 – Resistenza al fuoco.....	57
3.4.8 Strategia 3 – Compartimentazione .....	63
3.4.9 Strategia 4 – Esodo.....	65
3.4.10 Strategia 5 – Gestione della sicurezza antincendio .....	72
3.4.11 Strategia 6 – Controllo dell’incendio .....	78
3.4.12 Strategia 7 – Rivelazione ed allarme.....	81
3.4.13 Strategia 8 – Controllo di fumi e calore .....	84
3.4.14 Strategia 9 – Operatività antincendio .....	87
3.4.15 Strategia 10 – Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio .....	89
3.4.16 Riassunto dei livelli di prestazione.....	92
3.4.17 Centrale termica .....	94
3.5 Analisi con la Fire Safety Engineering .....	98
3.6 Analisi dei risultati .....	140
3.6.1 Tempo di rivelazione.....	143
3.6.2 Impatto delle misure gestionali .....	145
3.6.3 Controllo fumi e calore .....	150
3.6.4 Combinazione dei risultati e verifica criterio $ASET > RSET$ – area multifunzionale .....	168
3.6.5 Considerazioni sul foyer.....	193
3.6.6 Resistenza al fuoco – considerazioni strutturali.....	201
CONCLUSIONI.....	217
INDICE DELLE FIGURE .....	219
INDICE DELLE TABELLE.....	227
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA .....	231

## INTRODUZIONE

La presente tesi propone analisi e verifiche di sicurezza eseguite con applicazioni di Fire Safety Engineering per la riqualificazione funzionale ad uso polivalente della "Cavallerizza Caprilli" di Pinerolo.

Attualmente, la Cavallerizza Caprilli è una struttura soggetta a un utilizzo sporadico e discontinuo, pertanto, obiettivo di questo elaborato è proporre un progetto di riqualificazione funzionale che consenta all'edificio di assumere un ruolo polivalente, favorendo un utilizzo diversificato e continuativo.

L'intento principale è quello di individuare configurazioni d'uso differenti che possano coesistere all'interno dello stesso spazio; parallelamente, l'obiettivo risiede nel trovare soluzioni progettuali che bilancino le esigenze legate alla conservazione del carattere originale dell'edificio con l'implementazione delle misure tecniche necessarie per garantirne la sicurezza.

L'approccio adottato si basa sul Codice di Prevenzione Incendi, una normativa tecnica di carattere semi-prescrittivo che consente di individuare la soluzione più idonea per ciascuna strategia prevista. Questo sistema offre la possibilità di scegliere tra diverse opzioni conformi, garantendo così un certo grado di flessibilità nell'applicazione delle misure di sicurezza.

In aggiunta alle soluzioni conformi individuate con il Codice di Prevenzione Incendi, per gli aspetti più complessi, si è scelto un approccio prestazionale, fondato sulla Fire Safety Engineering (FSE), che ha permesso di analizzare in dettaglio scenari specifici e di sviluppare soluzioni su misura. Questo approccio avanzato ha consentito di studiare aspetti come i tempi di rivelazione degli incendi, l'impatto delle misure gestionali sulla sicurezza, il controllo dei fumi e del calore, la salvaguardia della vita umana e la resistenza strutturale al fuoco.

L'approccio prestazionale risulta particolarmente importante per un edificio come la Cavallerizza Caprilli, che non era stato progettato originariamente considerando i criteri moderni di prevenzione incendi; i requisiti imposti dalle normative, in questi casi, risultano inadeguati, rischiando di alterare profondamente l'identità storica della struttura.

Il lavoro presentato in questa tesi propone quindi di elaborare una strategia di riqualificazione che non solo rispetti le caratteristiche dell'edificio, ma che rappresenti anche un esempio di applicazione delle tecnologie di Fire Safety Engineering alla riqualificazione, coniugando tutela del patrimonio, funzionalità e sicurezza in un unico progetto.



## 1. PREVENZIONE INCENDI

La prevenzione incendi si inserisce all'interno di un quadro normativo finalizzato principalmente alla protezione della vita umana, alla salvaguardia dei beni e alla tutela dell'ambiente.

Sin dalla proclamazione del Regno d'Italia nel 1861 e nel corso del processo di completamento dell'unità nazionale, i servizi antincendio hanno attraversato un periodo di evoluzione, caratterizzato da differenze nei modelli organizzativi delle diverse città. In questo contesto, si è resa necessaria l'unificazione delle normative che regolavano l'operato dei vari corpi dei pompieri civili. [1]

La base legislativa della prevenzione incendi in Italia è fissata nel Regio Decreto-Legge 27 febbraio 1939, n. 333, che ha istituito il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco. Questo decreto attribuisce al Corpo la responsabilità di tutelare l'incolumità delle persone e la salvaguardia dei beni mediante la prevenzione e l'estinzione degli incendi, nonché il soccorso tecnico in caso di emergenze. La funzione del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco è quindi di fondamentale importanza non solo nella gestione delle emergenze, ma anche nella promozione di pratiche di prevenzione sul territorio. [1]

Successivamente, il Decreto del Presidente della Repubblica 29 luglio 1982, n. 577 ha ulteriormente definito e regolato il servizio di prevenzione incendi in Italia. Questo decreto stabilisce che la prevenzione incendi costituisce un servizio di interesse pubblico e sottolinea la necessità di adottare criteri uniformi per garantire la sicurezza della vita umana e l'incolumità delle persone. L'articolo 2 di questo decreto fornisce una definizione chiara della prevenzione incendi, descrivendola come una materia interdisciplinare che coinvolge lo studio, la progettazione e la sperimentazione di misure destinate a prevenire l'insorgenza di incendi e a limitare le loro conseguenze.

Nel 2015, con il Decreto Ministeriale 3 agosto 2015, il concetto di prevenzione incendi è stato fissato in via definitiva come segue: *“funzione preminente di interesse pubblico diretta a conseguire, secondo criteri uniformi sul territorio italiano, gli obiettivi di sicurezza della vita umana, di incolumità delle persone e di tutela dei beni e dell'ambiente attraverso la promozione, lo studio, la predisposizione e la sperimentazione di norme, misure, provvedimenti, accorgimenti e modi di azione intesi ad evitare l'insorgenza di un incendio e degli eventi ad esso comunque connessi o a limitarne le conseguenze.”* [2]

## 1. Prevenzione Incendi

---

Il Codice di Prevenzione Incendi rappresenta oggi un punto di riferimento fondamentale per la pratica della sicurezza antincendio in Italia. Questo testo organico, che sostituisce un insieme di innumerevoli regole tecniche preesistenti, ha come obiettivo principale la semplificazione e l'unificazione della normativa in materia di prevenzione incendi. È stato oggetto di un processo di ammodernamento che ne facilita l'applicazione e garantisce un continuo aggiornamento, assicurando che rimanga al passo con le esigenze moderne.

Sono state introdotte regole meno prescrittive e più orientate ai risultati, favorendo l'individuazione di misure sostenibili e proporzionate al rischio reale, senza compromettere il livello di sicurezza. Infine, è stato incoraggiato l'impiego dei metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio, promuovendo un approccio più innovativo e adattabile alle specifiche esigenze di ciascun contesto.

Il documento è strutturato in quattro sezioni:

- a. “sezione G - Generalità: contiene i principi fondamentali per la progettazione della sicurezza antincendio applicabili indistintamente a tutte le attività;*
- b. sezione S - Strategia antincendio: contiene le misure antincendio di prevenzione, protezione e gestionali applicabili a tutte le attività, per comporre la strategia antincendio al fine di mitigare il rischio d'incendio;*
- c. sezione V - Regole tecniche verticali: contiene le regole tecniche verticali, che completano, integrano o sostituiscono le misure della precedente sezione S per specifiche applicazioni tecniche o determinate tipologie d'attività.*
- d. sezione M - Metodi: contiene la descrizione di metodologie progettuali quantitative per la progettazione di misure antincendio, calibrate sulle particolari problematiche tecniche affrontate nella determinata attività.” [2]*

In base alle caratteristiche specifiche di ciascuna attività si fa riferimento a diverse sezioni e capitoli del Codice di Prevenzione Incendi. Si rende pertanto necessario effettuare una distinzione tra attività soggette o non soggette ai controlli del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, nonché tra attività normate e non normate.

Le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi sono elencate nel D.P.R. n. 151 del 1° agosto 2011, che identifica una serie di attività che devono essere sottoposte a verifiche in relazione al rischio connesso. L'elenco, contenuto nell'Allegato I dello stesso decreto, include 80 attività, suddivise in tre categorie a seconda del livello di rischio: le categorie A, B e C. La classificazione delle attività in queste categorie comporta differenti percorsi procedurali e



amministrativi, con controlli più stringenti per le attività che presentano un rischio maggiore, come quelle della Categoria C.

Le attività normate, invece, sono quelle regolamentate da specifiche Regole Tecniche Verticali (RTV), che prescrivono in modo dettagliato le misure di prevenzione e protezione da adottare mentre le attività non normate devono invece conformarsi ai criteri generali di prevenzione incendi riportati nelle Regole Tecniche Orizzontali (RTO), che fanno riferimento alla sezione S del Codice di Prevenzione Incendi. Queste regole sono applicabili a tutte le attività e forniscono un quadro di riferimento flessibile per l'adozione delle misure di sicurezza, che possono essere adattate in base alle specificità di ciascuna situazione. Il DM 12 aprile 2019, noto anche come "Codice 2.0", ha stabilito che per le attività soggette ai controlli ma non normate è obbligatorio l'uso del Codice di Prevenzione Incendi introdotto che rappresenta un approccio più moderno e flessibile alla gestione del rischio antincendio.

Il campo di applicazione riguarda tutti gli ambienti identificati come luoghi di lavoro dal Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro - D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81, per i quali è necessaria un'analisi del rischio. In questo contesto, le attività si distinguono in soggette e non soggette ai controlli da parte del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, nonché in normate e non normate, in base alle loro caratteristiche specifiche.

Recenti aggiornamenti normativi hanno ulteriormente rafforzato la sinergia tra la sicurezza sul lavoro e la prevenzione incendi. Dal 2020, sono stati introdotti tre nuovi decreti che hanno sostituito il vecchio DM 10 marzo 1998, con l'obiettivo di uniformare il linguaggio e le procedure in materia di sicurezza e prevenzione. Tra questi, il "Decreto Controlli" (1° settembre 2021) stabilisce i criteri generali per la manutenzione degli impianti e dei sistemi di sicurezza antincendio; il "Decreto GSA" (2 settembre 2021) regola la gestione dei luoghi di lavoro in esercizio ed emergenza; infine, il "Decreto Mini-codice" (3 settembre 2021) introduce criteri generali per la progettazione e gestione della sicurezza antincendio nei luoghi di lavoro.

Per la valutazione del rischio, il DM 3 agosto 2015 prevede la definizione dei profili di rischio:

- $R_{vita}$ , relativo alla salvaguardia della vita umana e attribuito per ciascun compartimento in funzione delle caratteristiche degli occupanti e alla velocità caratteristica prevalente di crescita d'incendio;
- $R_{beni}$ , relativo alla salvaguardia dei beni economici e attribuito ad ambiti o all'intera attività in funzione dell'esistenza di vincoli artistici o storici e della loro considerazione come beni strategici.
- $R_{ambiente}$ , relativo alla tutela dell'ambiente dagli effetti dell'incendio e attribuito ad ambiti o all'intera attività.

## 1. Prevenzione Incendi

---

A seguire, basandosi sui profili individuati, si attribuisce un livello di prestazione alle quali sono associate delle soluzioni progettuali, in particolare si distinguono in conformi, alternative e in deroga.

Nelle ultime due tipologie di soluzione è richiesto al progettista di dimostrare il raggiungimento del livello di prestazione mediante alcuni metodi, tra i quali si individua l'ingegneria della sicurezza antincendio, detta anche Fire Safety Engineering.

## 2. FIRE SAFETY ENGINEERING

La Fire Safety Engineering, ovvero l'ingegneria della Sicurezza Antincendio è un approccio prestazionale che si occupa di analizzare, progettare e gestire soluzioni di sicurezza di prevenzione incendi, basandosi su principi scientifici e metodologie ingegneristiche.

Il metodo viene sviluppato grazie al coinvolgimento di ricercatori provenienti da diversi Stati, quali Canada, Nuova Zelanda, Regno Unito e Svezia, che hanno portato alla pubblicazione del rapporto tecnico ISO/TR 13387. All'interno del documento emesso nel 1999 viene riportata la definizione di Fire Safety Engineering: *“applicazione di principi ingegneristici, di regole e di giudizi esperti basati sulla valutazione scientifica del fenomeno della combustione, degli effetti dell'incendio e del comportamento umano, finalizzati alla tutela della vita umana, alla protezione dei beni e dell'ambiente, alla quantificazione dei rischi d'incendio e dei relativi effetti ed alla valutazione analitica delle misure antincendio ottimali, necessarie a limitare entro livelli prestabiliti le conseguenze dell'incendio.”* [3]

Con il D.M. 9 maggio 2007 - Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio, si introduce la prima volta in Italia il concetto di Ingegneria Della Sicurezza Antincendio, tema che verrà ripreso nel Codice di Prevenzione Incendi nell'ambito delle soluzioni alternative.

La FSE consente un'analisi analitica e quantitativa della sicurezza, permettendo di affrontare sistemi complessi per i quali l'approccio prescrittivo tradizionale risulta inadeguato o non applicabile.

Infatti, la FSE si basa su una valutazione prestazionale, analizzando diversi scenari e valutando quantitativamente gli effetti di un incendio; questi risultati vengono poi confrontati con le soglie prestazionali stabilite dalla normativa vigente.

Il metodo può essere applicato a due tipologie di analisi differenti: la salvaguardia della vita delle persone, definito anche Life Safety e la sicurezza delle strutture, Structural Safety. Poiché l'incendio è un fenomeno dinamico che evolve nel tempo, le analisi vengono condotte in momenti temporali diversi. Le valutazioni relative alla salvaguardia della vita si concentrano sul periodo pre-flashover, mentre quelle sulla sicurezza strutturale si focalizzano sul periodo post-flashover. Il flashover è un punto che può essere individuato dai grafici tempo-potenza, detti anche curve RHR (Rate of Heat Released), o dalle curve tempo-temperatura.

### **2.1 Capitolo M [2]**

Il capitolo M del Codice di Prevenzione Incendi tratta i metodi per l'ingegneria della sicurezza antincendio, suddividendo il tema in tre parti principali.

#### **2.1.1 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio (M1)**

La prima parte del capitolo descrive la metodologia per la progettazione prestazionale, suddivisa in due fasi:

1. **Analisi preliminare:** consiste nell'individuare le condizioni più rappresentative del rischio legate all'attività e si definiscono i livelli di prestazione correlati. L'analisi preliminare consiste in primo luogo nella definizione del progetto, fase nel quale è richiesto al progettista di individuare lo scopo della progettazione e alcuni aspetti caratteristici dell'attività, come vincoli e condizioni al contorno. Successivamente è richiesto al progettista di specificare gli obiettivi di sicurezza antincendio che riguardano qualitativamente il livello di salvaguardia degli occupanti, massimo danno tollerabile all'attività e la continuità di esercizio. Il passo successivo consiste nel tradurre gli obiettivi in soglie di prestazione, parametri di carattere quantitativo con cui è possibile fare una valutazione oggettiva della sicurezza antincendio. Infine, è richiesta l'individuazione degli scenari di incendio di progetto che rappresentano gli scenari peggiori che possono ragionevolmente verificarsi nell'attività.
2. **Analisi quantitativa:** consiste nel verificare se lo sviluppo degli scenari individuati rientra nei parametri individuati dalle soglie di prestazione. Si rende quindi necessario per il progettista elaborare delle soluzioni progettuali e mediante l'applicazione di un modello di calcolo numerico effettuare una valutazione in termini di evoluzione dell'incendio e degli effetti su occupanti, strutture e ambiente. Si conclude con la selezione dello scenario tra quelli che risultano verificati rispetto alle soglie di prestazione.

#### **2.1.2 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale (M2)**

Nel secondo capitolo viene descritta la procedura per l'identificazione, selezione e quantificazione degli scenari di incendio di progetto. Gli scenari sono discriminati in funzione di tre parametri principali: caratteristiche dell'incendio, dell'attività e degli occupanti.

Si rende quindi necessario identificare tutti i possibili scenari che possono verificarsi in relazione a tutte le condizioni di esercizio ragionevolmente compatibili e per farlo il professionista antincendio può avvalersi di uno specifico albero degli eventi. Successivamente,

viene individuato il sottoinsieme degli scenari di incendio di progetto che rappresentano gli eventi più gravosi che ragionevolmente possono verificarsi. Le varie situazioni verranno descritte in termini di attività, occupanti e incendio e verranno associate a una certa durata dello scenario, verrà stimata una curva RHR o verrà adottato un focolare predefinito fornito dal Codice di Prevenzione Incendi, se rispettati determinati parametri.

### 2.1.3 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale (M3)

L'ultimo capitolo tratta la salvaguardia della vita, nel quale viene prescritto che il progettista antincendio debba dimostrare che tutti gli occupanti riescano a raggiungere o permanere in un luogo sicuro e che i soccorritori possano operare in condizione di sicurezza.

Per effettuare le verifiche si ricorre al criterio:

$$ASET > RSET$$

Che rappresenta un confronto tra ASET, Available Safe Escape Time, che rappresenta il tempo disponibile per l'esodo e RSET, Required Safe Escape Time, ovvero tempo necessario per l'esodo. Il criterio risulta verificato quando gli occupanti riescono a raggiungere un luogo sicuro prima che le condizioni ambientali diventino incapacitanti. La differenza tra i due valori è espressa come margine di sicurezza:

$$t_{\text{marg}} = ASET - RSET$$

Secondo quanto previsto dal Codice di Prevenzione Incendi lo scarto calcolato deve essere maggiore del 100% di RSET; tuttavia, qualora siano effettuate specifiche valutazioni sull'affidabilità dei dati, è consentita la riduzione di tale margine al 10% del RSET, fermo restando che esso non debba mai risultare inferiore a 30 secondi.

Per la definizione di ASET e RSET si utilizzano dei modelli numerici di calcolo. Per quanto riguarda la stima del tempo disponibile per l'esodo si utilizzano dei modelli di simulazione di incendio di campo che permettono di ottenere quattro modelli: dei gas tossici, dei gas irritanti, del calore e dell'oscuramento della visibilità da fumo.

Per quanto riguarda invece RSET è determinato da varie componenti:

$$RSET = t_{\text{det}} + t_{\text{a}} + t_{\text{pre}} + t_{\text{tra}}$$

Ovvero:

- $t_{\text{det}}$ : tempo di rivelazione, determinato in base al sistema di rilevazione, calcolato analiticamente o attraverso modelli numerici.
- $t_{\text{a}}$ : tempo di allarme generale, definito come il tempo trascorso tra la rivelazione e la diffusione dell'allarme. Può essere nullo se l'allarme è immediato o può prevedere un ritardo, valutato dal progettista antincendio per consentire ulteriori verifiche.

## 2. Fire Safety Engineering

- $t_{pre}$ : tempo attività di pre-movimento, determinato come la somma tra tempo di riconoscimento e tempo di risposta, sono forniti i parametri dalla ISO/TR 16738
- $t_{tra}$ : tempo di movimento, determinato come tempo necessario per gli occupanti a raggiungere un luogo sicuro ottenuto mediante modelli come ad esempio gli agent based

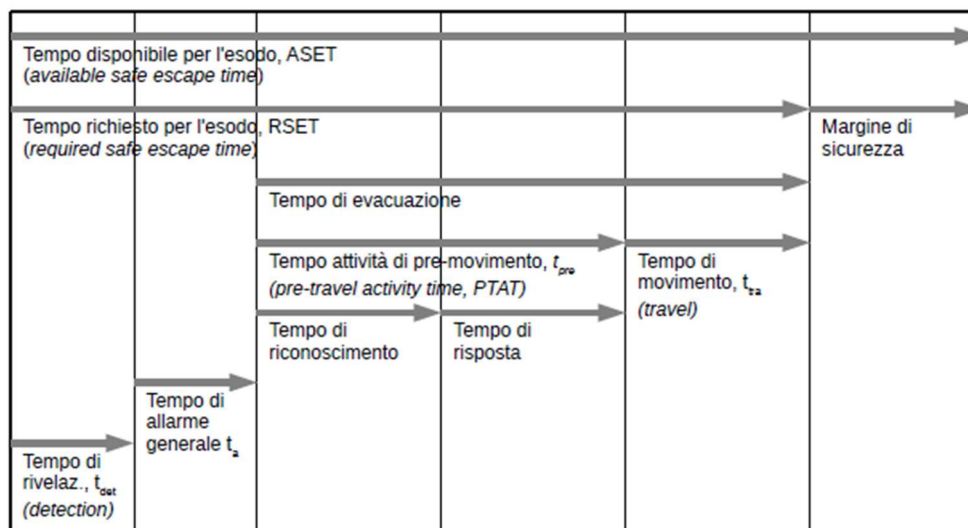


Figura 1 - Illustrazione M.3-1 – Confronto tra ASET ed RSET [2]

Risulta di particolare importanza, inoltre, il confronto con le soglie di prestazione che rappresentano il riferimento con il quale definire la sicurezza dei soccorritori e degli occupanti, in particolare viene riportata la seguente tabella nel Codice di Prevenzione Incendi:

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 1 – Tabella M.3-2 – Esempi di soglie di prestazione impiegabili con il metodo di calcolo avanzato [2]

### 3. CASO STUDIO – LA CAVALLERIZZA CAPRILLI

#### 3.1 Introduzione

Pinerolo è una città che presenta forti legami con la cavalleria e nel suo centro si trova una delle strutture più grandi e belle d'Europa: la Cavallerizza Caprilli. Costruita nel 1910, questa imponente struttura rappresenta uno dei più importanti esempi di architettura dedicata all'equitazione in Europa. [4] In particolare, l'edificio un tempo si classificava come il terzo maneggio coperto più grande d'Europa, preceduto solo da quelli di Mosca e Vienna. [5]



*Figura 2 - Cavallerizza Caprilli [4]*

L'edificio venne intitolato in onore della figura del Capitano Federico Caprilli, istruttore presso la Scuola di Cavalleria di Pinerolo, che rivoluzionò il modo di cavalcare introducendo il “metodo naturale”, tecnica che permetteva al cavallo di muoversi più liberamente durante i salti e che permise a Caprilli di mantenere il record di salto dal 1902 al 1909. [6]

Un tempo tra i più prestigiosi edifici nell'ambito equestre, la Cavallerizza era essenziale per le esercitazioni della Scuola di Cavalleria, situata a soli due isolati di distanza. La struttura veniva utilizzata per allenamenti e concorsi ippici, oltre che per eventi di rilievo.



*Figura 3 - Immagine d'epoca della Cavallerizza Caprilli [7]*

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

La struttura rientra in un panorama dedicato all'equitazione, in particolare in adiacenza si trova la Caserma Bocharad che ospitava le scuderie dei cavalli dei reparti di Cavalleria dell'esercito e poco più lontano è possibile trovare il Museo storico dell'Arma di Cavalleria ospitato all'interno della precedente scuola di Cavalleria, dove è possibile ripercorrere la storia della cavalleria.



Figura 4 - Museo storico dell'Arma di Cavalleria [4]

#### 3.1.1 Descrizione della struttura

La Cavallerizza venne edificata nel 1910 su progetto del Tenente Colonnello Zunin e realizzata dal costruttore Beniamino Quadri della Società Nazionale Officine Savigliano.



Figura 5 - Targa in dedica al Capitano Caprilli e targa dedicata ai progettisti ed esecutori [8]



La struttura realizzata in stile liberty presenta una pianta rettangolare, dalle dimensioni di 39 metri per 79 m. Le pareti perimetrali sono realizzate in muratura mentre la copertura presenta una forma a botte, sorretta da una struttura metallica composta da una maglia di travi reticolari.



*Figura 6 – Galoppatoio della Cavallerizza Caprilli [8]*

L'area è caratterizzata da una grande luminosità, garantita dalle ampie vetrate sui lati della struttura e da due lucernari che si sviluppano per tutta la lunghezza della copertura.

All'interno il pavimento è costituito da un fondo sabbioso al fine di permettere le attività equestri e le pareti sono rivestite nella parte inferiore da listelli in legno il cui obiettivo era attutire le eventuali cadute dei cavalieri.

Al piano terra, nell'area retrostante al campo, si trova l'atrio di ingresso della struttura che permette l'accesso a locali tecnici, uffici, servizi igienici. Al piano superiore, collegato da due scalinate simmetriche, si trova un'ampia area finestrata che permetteva di visionare dall'alto il campo di addestramento.



*Figura 7 – Area uffici della Cavallerizza Caprilli [8]*

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

---

Esteticamente la struttura presenta diversi dettagli, sia in corrispondenza delle facciate e in particolare delle aperture, sia per quanto riguarda gli elementi a sviluppo verticale coronati in ogni angolo da imponenti teste equine.



*Figura 8 - Particolare decorativo agli angoli della Cavallerizza Caprilli*

Adiacentemente alla struttura sono presenti dei bassi fabbricati caratterizzati da una struttura portante in muratura e in parte con pilastri in c.a., sui quali è possibile individuare una copertura a singola falda con un manto parzialmente in tegole e parzialmente in lamiera ondulata. Queste strutture erano dedicate ad ospitare cavalli e pony.



*Figura 9 – Box cavalli esterni della Cavallerizza Caprilli [8]*

## **3.2 Studio di fattibilità**

### **3.2.1 Obiettivo dello studio**

La struttura al momento presenta un utilizzo sporadico, pertanto, l'obiettivo del presente studio è valutare soluzioni che ne consentano un impiego continuativo e diversificato.

Dal punto di vista architettonico e storico, la Cavallerizza Caprilli rappresenta un bene di grande prestigio per la città di Pinerolo, inserito in un contesto strettamente legato alla tradizione della Cavalleria. L'intento è trasformarla in uno spazio in grado di ospitare eventi e manifestazioni capaci di valorizzare questo patrimonio, oltre a renderla un punto di riferimento turistico.

La Cavallerizza può diventare inoltre uno strumento di valorizzazione territoriale, contribuendo non solo a diffondere la storia locale insieme al Museo dell'Arma di Cavalleria, ma anche a promuovere le attività e le produzioni locali.

Dopo aver individuato gli interventi necessari per rendere la struttura sicura e idonea all'accoglienza del pubblico, è fondamentale definire le misure da adottare per garantirne una corretta fruizione. Vengono quindi presentati diversi scenari di utilizzo che, pur differenziandosi per livelli di affollamento e carico di incendio, offrono soluzioni compatibili con le normative di sicurezza antincendio per tutte le situazioni previste.

### **3.2.2 Normativa di riferimento**

Le normative principali di riferimento sono il Decreto del Presidente della Repubblica (D.P.R.) n. 151 del 1° agosto 2011, che individua i criteri per la classificazione delle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi, e il Decreto Legislativo (D.lgs.) del 9 aprile 2008 n. 81, che disciplina la sicurezza nei luoghi di lavoro e prevede l'obbligo di una valutazione del rischio incendio per tutti gli ambienti lavorativi.

L'attività progettuale è regolamentata dal Codice di Prevenzione Incendi, introdotto con il Decreto Ministeriale (D.M.) del 3 agosto 2015 e successivamente aggiornato, in particolare dal D.M. 22 novembre 2022.

L'allegato tecnico, denominato Regola Tecnica Orizzontale (RTO), è stato interamente sostituito da quello introdotto nel D.M. 18 ottobre 2019, e ulteriormente aggiornato con il D.M. 24 novembre 2021, garantendo una maggiore flessibilità e adattabilità nella gestione della prevenzione incendi in contesti particolari, come gli edifici storici.

Per quanto concerne le attività di spettacolo e intrattenimento pubblico che possono essere svolte all'interno dell'edificio, si fa riferimento alla Regola Tecnica Verticale (RTV.15), allegata al D.M. 22 novembre 2022, che fornisce disposizioni specifiche per la prevenzione incendi in

attività di intrattenimento e spettacolo, sia all'aperto che al chiuso, con applicazione anche agli eventi temporanei. Questo è di particolare rilevanza per gli edifici storici che ospitano manifestazioni culturali e spettacoli.

In relazione alla centrale termica presente nell'edificio, alimentata da combustibili gassosi, si è fatto riferimento al D.M. 8 novembre 2019, che regola la progettazione, realizzazione e gestione degli impianti di produzione di calore.

Un riferimento essenziale in questo contesto è il Testo Unico delle Leggi di Pubblica Sicurezza (TULPS), emanato con Regio Decreto n. 773 del 18 giugno 1931, che disciplina, tra le altre cose, le norme relative alla sicurezza pubblica in eventi, manifestazioni e spettacoli. Il TULPS stabilisce i requisiti per il rilascio di autorizzazioni per lo svolgimento di attività di intrattenimento in luoghi pubblici e aperti al pubblico, compresi gli spettacoli dal vivo, i cinema e i teatri. L'articolo 80 del TULPS, in particolare, prevede che "i locali di pubblico spettacolo non possono essere aperti se non sono stati previamente visitati e dichiarati agibili da una commissione di vigilanza", imponendo quindi una verifica tecnica specifica per la sicurezza antincendio e per la tutela del pubblico.

Nel caso di un edificio storico multifunzionale che ospita eventi aperti al pubblico, come mostre, concerti o spettacoli teatrali, l'integrazione tra le disposizioni del TULPS e le normative antincendio descritte risulta di fondamentale importanza. In questo contesto, la combinazione delle prescrizioni del D.P.R. 151/2011 e della Regola Tecnica Verticale (RTV.15) fornisce il quadro completo per garantire non solo la conformità legale, ma anche la sicurezza operativa in ambienti complessi e soggetti a elevati rischi di incendio.

Le normative inserite nel Codice di Prevenzione Incendi sono quindi integrate dalle disposizioni del TULPS per regolare ogni aspetto della sicurezza, dall'agibilità dei locali alla prevenzione di incidenti, proteggendo sia i lavoratori che i visitatori dell'edificio. *In particolare, l'articolo 141 del TULPS prevede la possibilità di sospendere immediatamente qualsiasi evento qualora non siano rispettate le condizioni di sicurezza, dando alle autorità competenti la possibilità di intervenire rapidamente per tutelare il pubblico.*

#### **3.2.3 Stato attuale della struttura**

La Cavallerizza Caprilli è situata all'interno di una zona storicamente dedicata alle attività militari e di addestramento equestre. La posizione geografica della struttura la colloca in un contesto di rilevanza storica nel pieno centro urbano della città.

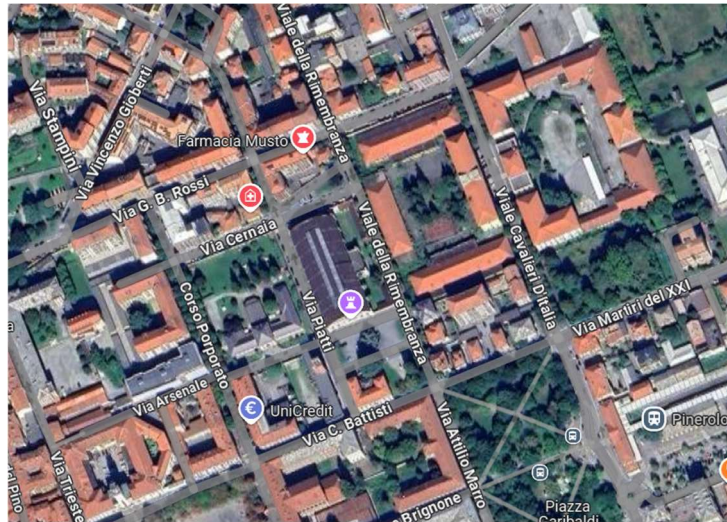


Figura 10 - Inquadramento della Cavallerizza Caprilli a Pinerolo [9]

L'edificio è caratterizzato da un ampio galoppatoio centrale, le cui dimensioni principali sono di 35 metri di larghezza e 79 metri di profondità. La struttura è costruita principalmente in muratura portante e presenta ampie finestre su tutti i lati, dove ogni finestra ha una larghezza di circa 2 metri e un'altezza di 4 metri, contribuendo a fornire una buona illuminazione naturale all'interno del galoppatoio.

In pianta, la cavallerizza è composta dal galoppatoio centrale, con locali accessori adiacenti posti a una quota più elevata rispetto al galoppatoio stesso, che si trova a -35 cm. Questi locali sono distribuiti lungo uno dei lati lunghi della struttura e sono collegati al cortile interno tramite diverse porte, oltre a due ulteriori ingressi che permettono l'accesso diretto ai locali accessori.

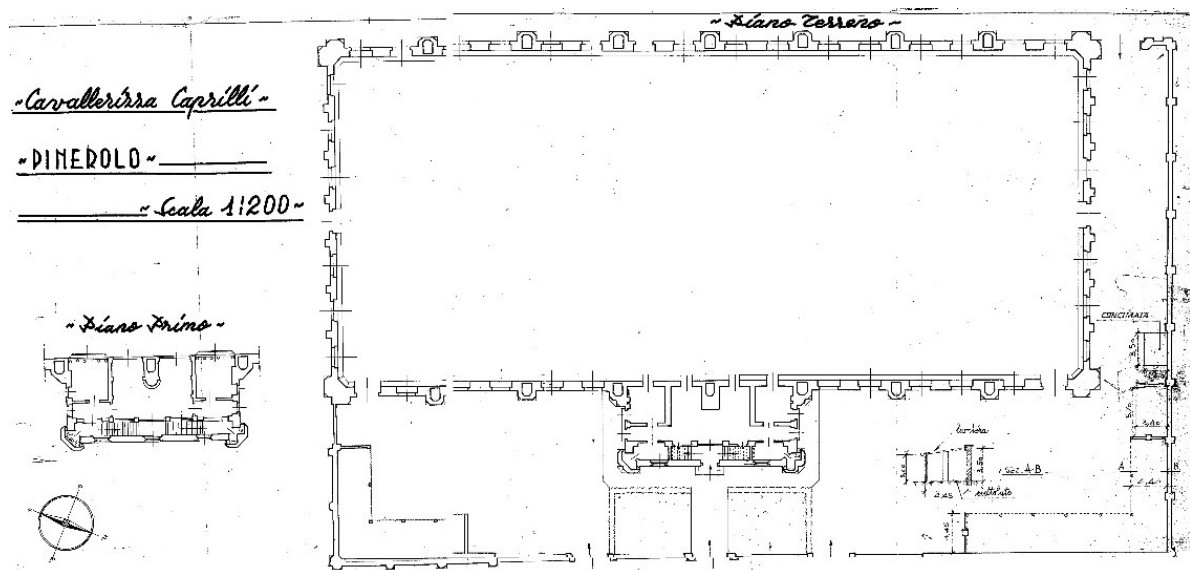


Figura 11 - Pianta piano terreno progetto originale del 1908 della Cavallerizza Caprilli (fonte: Città di Pinerolo)

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

La struttura presenta vari accessi che ne facilitano l'utilizzo e la fruizione. Due porte simmetriche si trovano sui lati corti, permettendo l'ingresso sia dalla strada che dal cortile interno. Sul lato lungo finestrato, le finestre si affacciano sulla strada laterale, mentre il lato opposto, dove sono presenti i locali accessori, ospita due porte che collegano direttamente con il cortile interno e altre due porte che conducono agli spazi interni.

Un elemento distintivo della Cavallerizza Caprilli è la struttura reticolare che sorregge la copertura del galoppatoio. Le basi degli archi, che fanno parte di questa struttura, si trovano lungo i lati lunghi e sono racchiuse all'interno di elementi aggettanti che si integrano con l'architettura delle mura perimetrali.

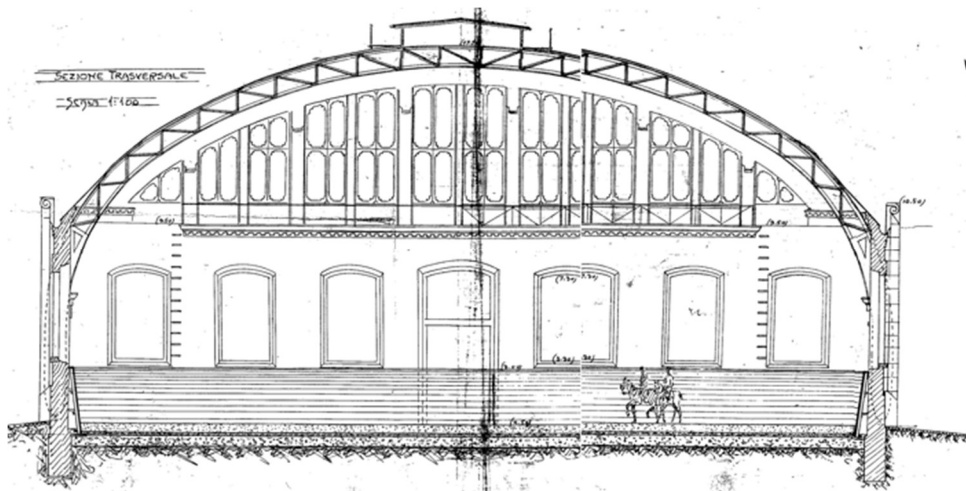


Figura 12 – Sezione trasversale progetto originale del 1908 della Cavallerizza Caprilli (fonte: Città di Pinerolo)

Ulteriore aspetto caratteristico della cavallerizza è la presenza di due rampe di scale simmetriche situate all'interno dei locali accessori. Queste rampe conducono a un piano superiore, posto a una quota di 3,05 metri, dove si trovano delle ampie vetrate che permettono di osservare dall'alto il galoppatoio, favorendo il controllo e la supervisione delle attività equestre.

L'esterno della Cavallerizza Caprilli è caratterizzato da muri perimetrali che delimitano l'intero complesso, creando un cortile interno. Le mura che circondano la struttura sono arricchite da bassi fabbricati, con un'altezza variabile tra i 3 metri e i 3,50 metri, che si estendono lungo il perimetro del cortile.

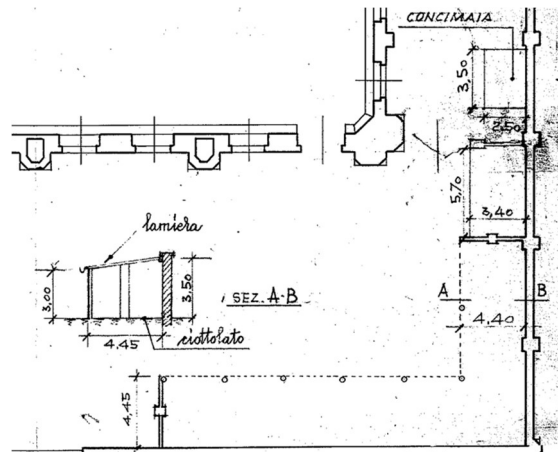


Figura 13 - Pianta piano terreno e sezione progetto originale del 1908 dei locali esterni la Cavallerizza Caprilli (fonte: Città di Pinerolo)

Il tetto della Cavallerizza Caprilli, sorretto dalla struttura reticolare precedentemente menzionata, è caratterizzato da una curvatura che assume una forma a botte, caratterizzata da un manto in lamiera ondulata alternato ad una parte centrale dove si trovano due vetrate che permettono di sfruttare al massimo la luce naturale.

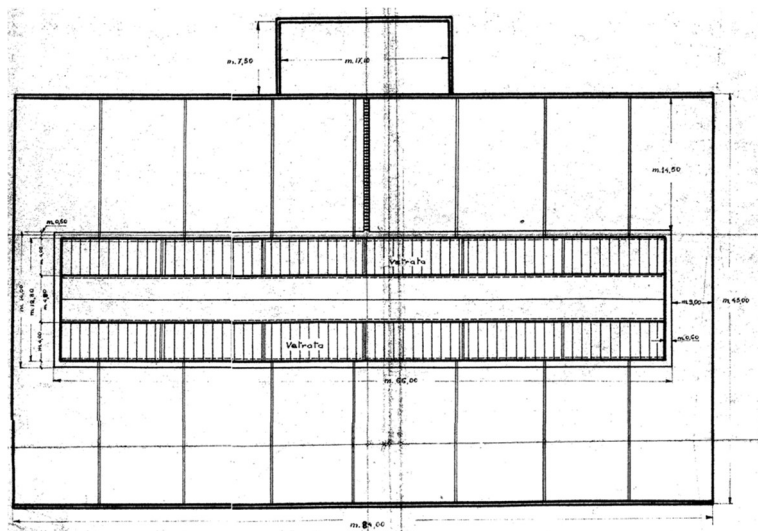


Figura 14 - Pianta copertura progetto originale del 1908 della Cavallerizza Caprilli (fonte: Città di Pinerolo)

### 3.2.4 Impiantistica

Per quanto concerne la parte impiantistica, all'interno della struttura sono presenti degli impianti basilari di corrente elettrica e idrico. Non è presente un riscaldamento centralizzato, solamente alcuni locali erano stati dotati di riscaldamento funzionante mediante il sistema elettrico.

All'interno del galoppatoio è presente un impianto di irrigazione con cui abbattere le polveri sollevate dalle attività equestri.

### 3.3 Analisi necessità funzionali

Nei paragrafi seguenti verranno delineati diversi scenari di utilizzo della Cavallerizza Caprilli, analizzando per ciascuno le esigenze funzionali specifiche legate all'uso previsto.

Per ogni scenario si procederà alla progettazione di un layout che preveda la disposizione degli arredi, con l'obiettivo di ottimizzare la fruizione degli spazi in relazione alle funzioni richieste. L'obiettivo è garantire un assetto versatile, che possa rispondere adeguatamente a esigenze dinamiche senza compromettere la qualità degli spazi.

#### 3.3.1 Acquisizione della documentazione

Al fine di comprendere come gestire al meglio gli spazi della Cavallerizza Caprilli, si rende necessario, in primo luogo avere una pianta dettagliata sia del piano terreno che del piano superiore. A tal proposito, sono state fornite dalla Città di Pinerolo due planimetrie che rappresentano lo stato di fatto della struttura. Queste planimetrie permettono di effettuare uno studio degli scenari d'uso in modo ragionevole, poiché forniscono informazioni precise non solo sulle dimensioni degli spazi, ma anche sulla posizione delle aperture e sulla reale distribuzione degli ambienti, interni ed esterni.

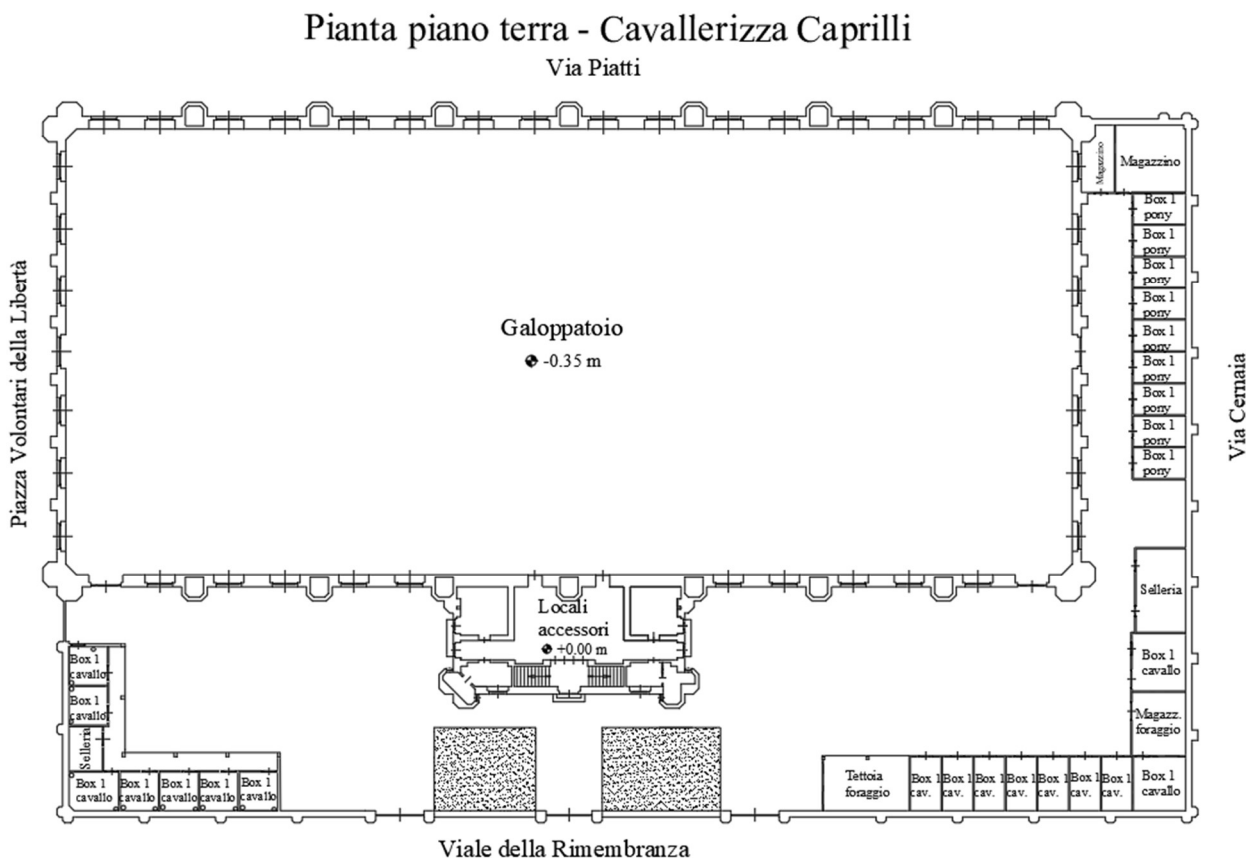


Figura 15 - Pianta piano terra della Cavallerizza Caprilli allo stato attuale (fonte: Città di Pinerolo)



Pianta piano primo - Cavallerizza Caprilli

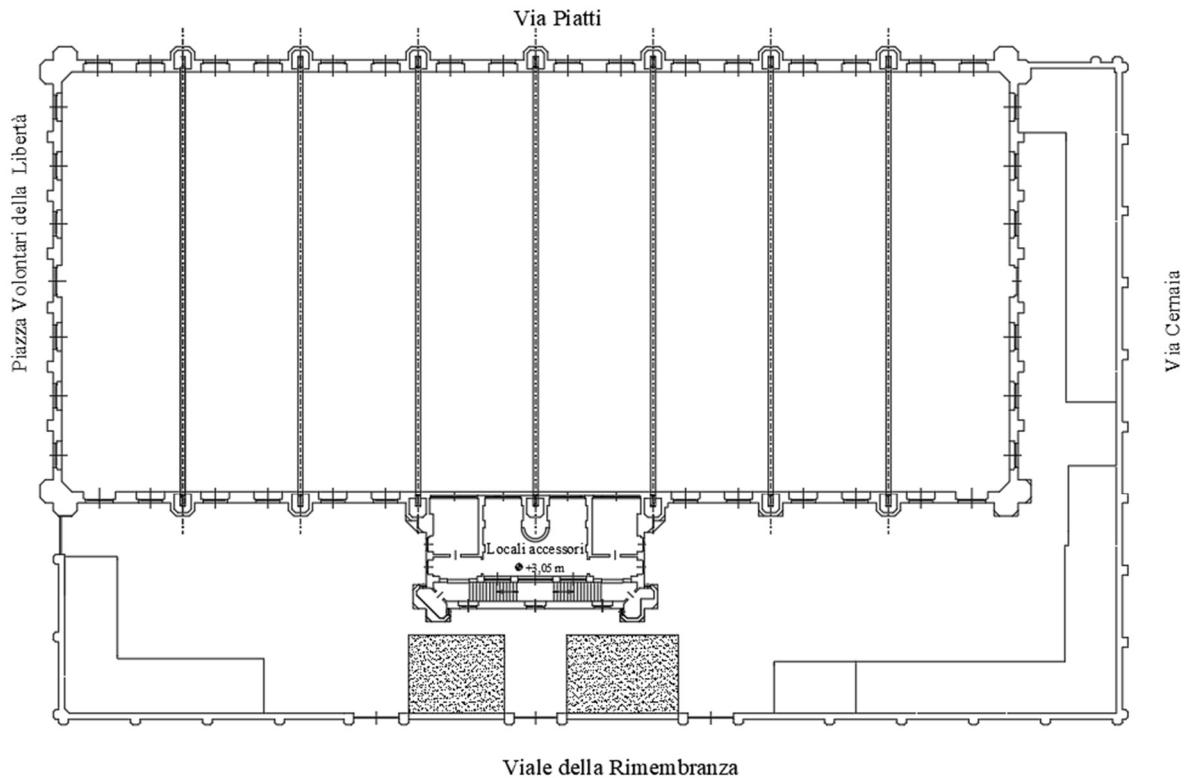


Figura 16 - Pianta piano primo della Cavallerizza Caprilli allo stato attuale (fonte: Città di Pinerolo)

Oltre alle planimetrie, sono stati forniti anche i prospetti e le sezioni della struttura, al fine di comprendere meglio lo sviluppo verticale offrendo una visione dettagliata delle altezze interne, la relazione tra i vari livelli e la distribuzione degli spazi in relazione all'andamento volumetrico.

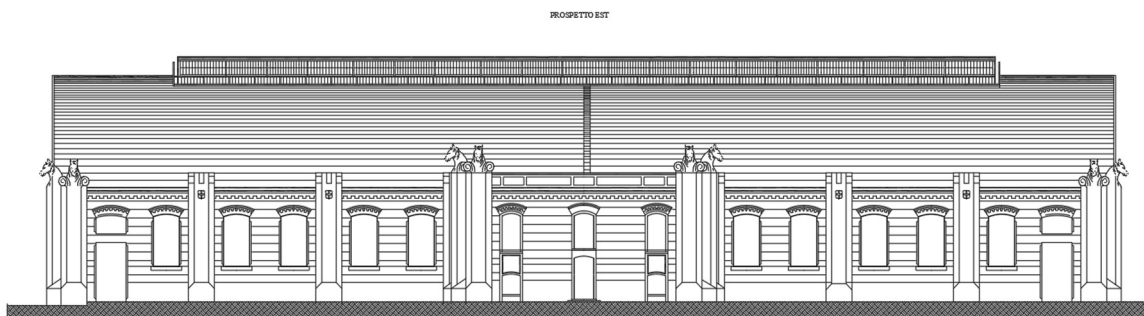


Figura 17 – Prospetto est della Cavallerizza Caprilli allo stato attuale (fonte: Città di Pinerolo)

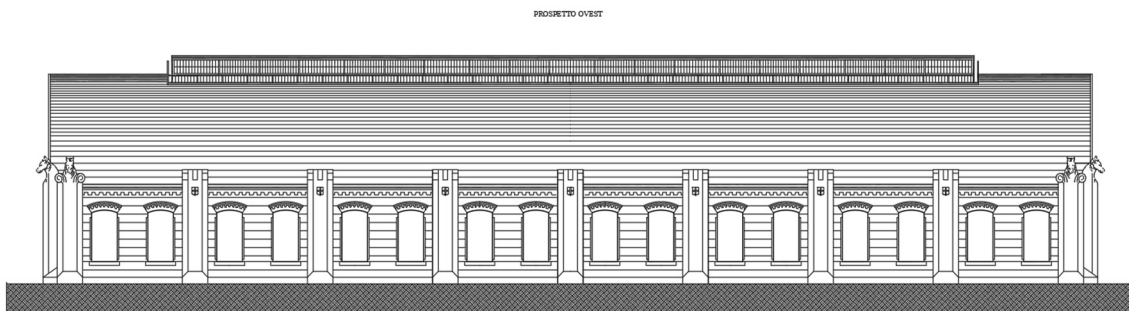


Figura 18 - Prospetto ovest della Cavallerizza Caprilli allo stato attuale (fonte: Città di Pinerolo)

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

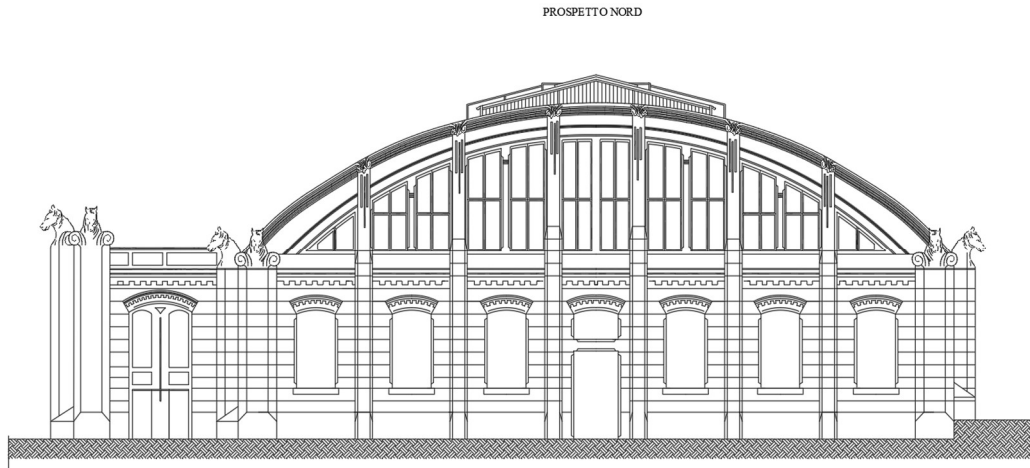


Figura 19 – Prospetto nord della Cavallerizza Caprilli allo stato attuale (fonte: Città di Pinerolo)

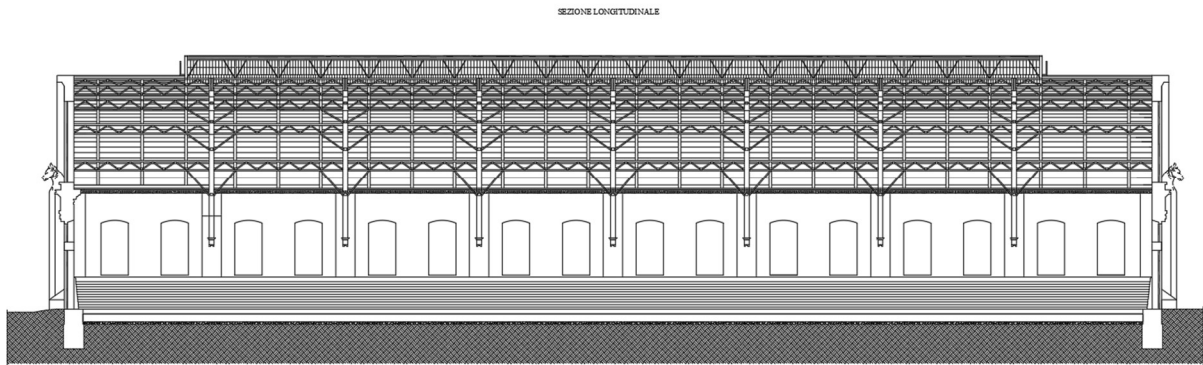


Figura 20 – Sezione longitudinale della Cavallerizza Caprilli allo stato attuale (fonte: Città di Pinerolo)

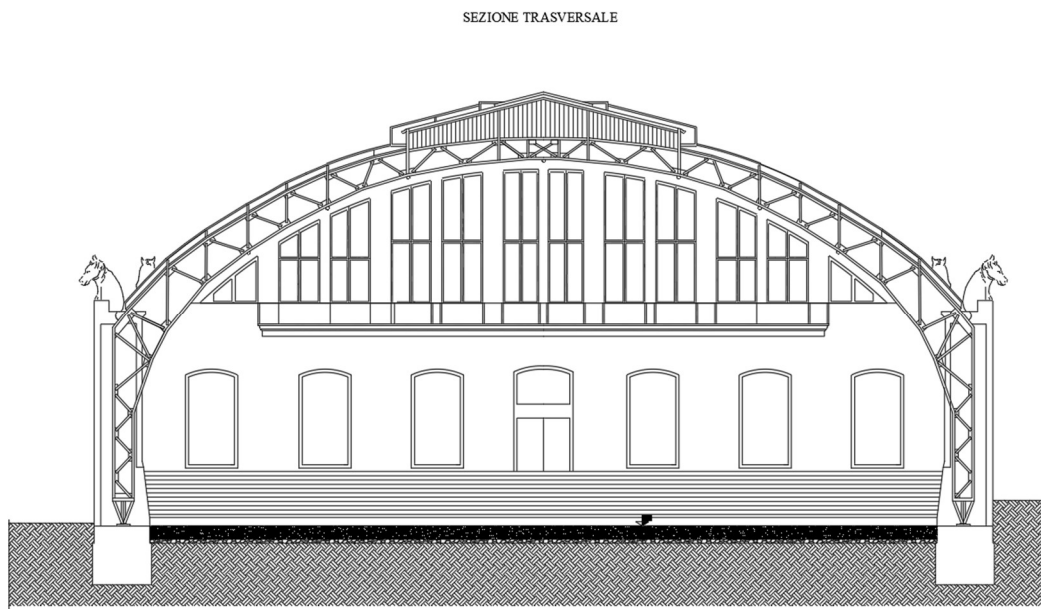


Figura 21 – Sezione trasversale della Cavallerizza Caprilli allo stato attuale (fonte: Città di Pinerolo)

### 3.3.2 Configurazioni di utilizzo

Al fine di condurre uno studio di fattibilità sulla Cavallerizza Caprilli, sono stati identificati una serie di eventi che potrebbero svolgersi all'interno della struttura nell'ambito di un utilizzo polifunzionale. In particolare, sono stati ipotizzati i seguenti eventi:

1. Auditorium– sala conferenze
2. Mostre ed esposizioni
3. Sala eventi
4. Concerto in piedi
5. Attività con animali
6. Utilizzo libero

Per lo studio della struttura, è stata adottata una griglia ipotetica attorno alla quale sviluppare e organizzare le esigenze funzionali, tenendo così, in prima approssimazione, conto delle esigenze antincendio, al fine di garantire una pianificazione ottimale degli spazi e delle attività previste.

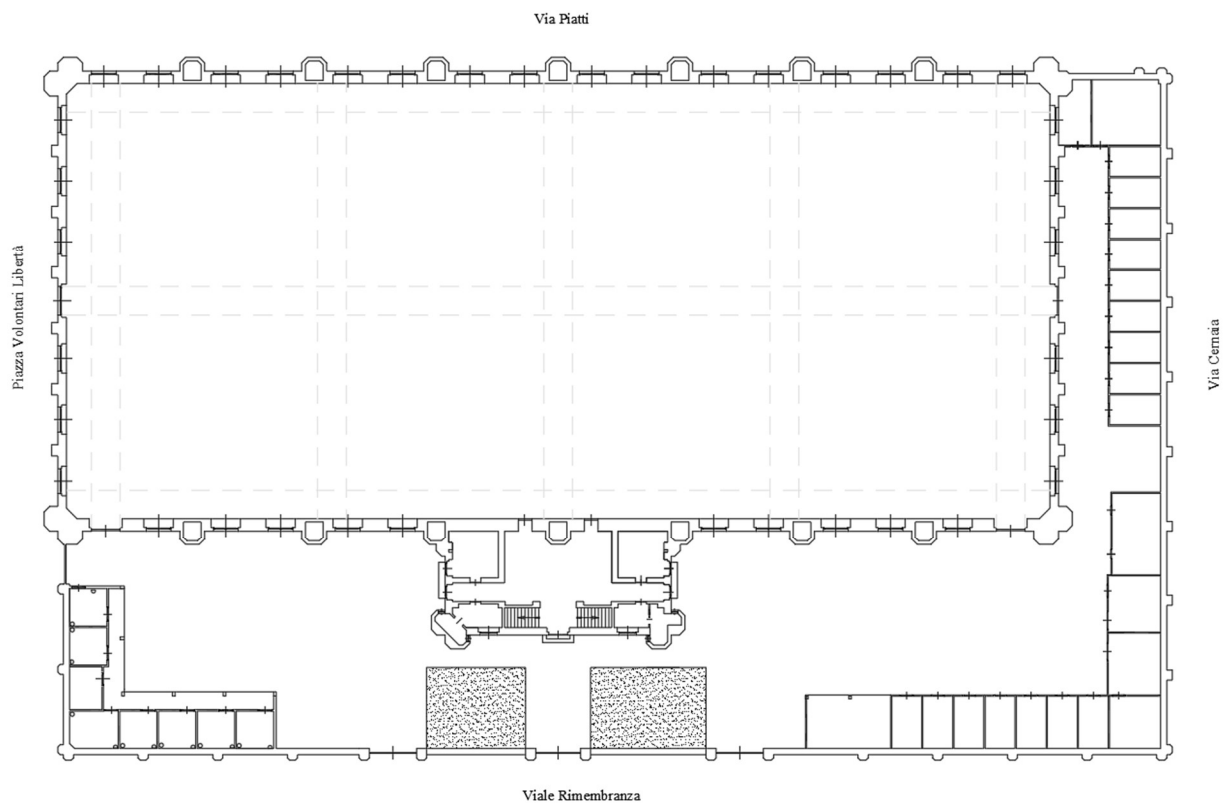


Figura 22 – Suddivisione della struttura in macroaree

### 3.3.2.1 Configurazione di utilizzo come auditorium– sala conferenze

Tra le configurazioni individuate per l'utilizzo polifunzionale della Cavallerizza Caprilli, ricade la sua trasformazione in un auditorium per concerti e spettacoli teatrali. La grandezza e la versatilità della struttura la rendono particolarmente adatta per ospitare una vasta gamma di eventi, permettendo non solo concerti di artisti locali, ma anche performance di orchestre, cori e compagnie teatrali. La possibilità di allestire diverse scenografie offre agli organizzatori la flessibilità di adattare gli spazi alle esigenze di ciascun evento.

Inoltre, la struttura può rappresentare un punto di riferimento per ospitare eventi scolastici come recite o un luogo per promuovere spettacoli di danza, fornendo così uno spazio alle scuole di ballo locali per effettuare le loro esibizioni.

L'ingresso della struttura è stato ipotizzato su Viale della Rimembranza, che consente l'accesso al cortile interno, dove si colloca l'entrata al foyer, spazio di prima accoglienza destinato al controllo dei biglietti e all'orientamento degli ospiti, i quali possono ricevere informazioni sull'evento e sulla struttura.

La struttura potrebbe ospitare un palco dalle dimensioni considerevoli di 8x20 metri, che consenta l'allestimento di produzioni scenografiche di diversa tipologia, ma offrendo allo stesso tempo uno spazio sufficiente per concerti che richiedono la presenza di numerosi musicisti professionisti, come nel caso di un'orchestra.

Di fronte al palco si dispone un'area di sedute frontali per le quali la disposizione adottata fa riferimento alle prescrizioni indicate al punto S.4.5.11 del Codice di Prevenzione Incendi che impone che nella condizione di posti a sedere mobili, i sedili devono essere raggruppati in settori separati con passaggi longitudinali e trasversali che devono essere dimensionati avendo una larghezza maggiore di 1,20 m. Ogni settore deve essere composto da un massimo di 10 file con sedili mobili, rigidamente collegati tra loro per ciascuna fila. Il numero di sedili per fila è determinato dalla larghezza dello spazio tra le file, che deve comunque essere superiore a 300 mm. Per la definizione del numero massimo di sedili mobili si fa riferimento alla tabella S.4-10:

Massimo numero di sedili per fila	
Per uscita monodirezionale	Per uscita bidirezionale
5	10

Tabella 2– Massimo numero di sedili mobili per fila del settore, [2] - Tabella S.4-10

Si è quindi definito un layout di semplice installazione che permetta di realizzare in modo rapido un luogo adatto ad accogliere un evento di spettacolo e intrattenimento.

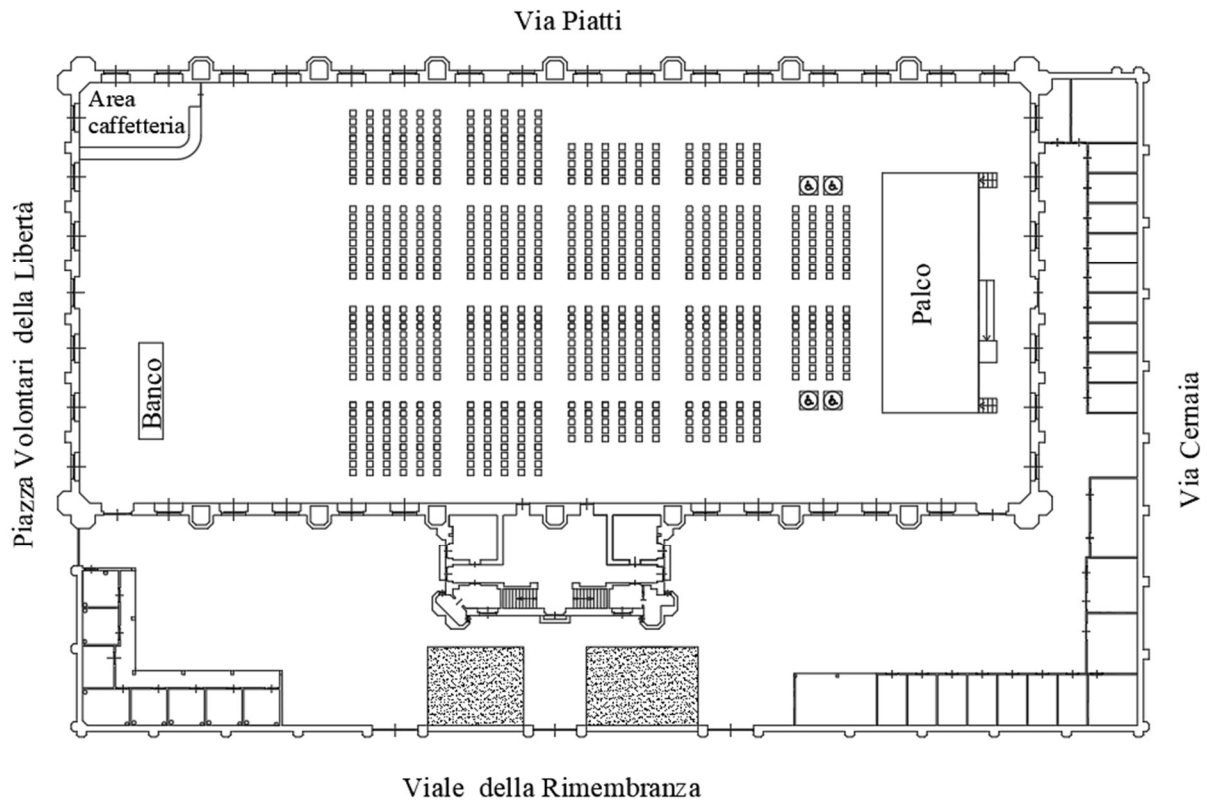


Figura 23 - pianta configurazione di utilizzo auditorium

Accanto all'area riservata all'evento si potrebbe dedicare un punto alla vendita di gadget o altri prodotti legati all'evento, permettendo la promozione di prodotti e immagine dell'ospite.

Ulteriore necessità sarà legata ad un'area caffetteria situata all'interno della struttura fornisce cibo e bevande, offrendo agli spettatori un'opzione di ristoro in loco, senza la necessità di uscire dall'edificio durante gli intervalli. La struttura dovrebbe prevedere inoltre bagni adeguati, con servizi igienici distinti per uomo e donna, oltre a dei bagni per disabili. Se questi non risultassero sufficienti per l'affluenza dell'evento, si potrebbero utilizzare ulteriori strutture igieniche situate all'esterno.

Per rendere possibile l'organizzazione di un evento di questo tipo, è fondamentale assicurarsi che lo spazio sia adeguatamente attrezzato dal punto di vista tecnico, con impianti audio e luci che valorizzino la qualità dello spettacolo. Inoltre, la presenza di una gestione efficiente del flusso di pubblico e delle necessarie strutture di supporto, come i servizi igienici e l'area ristoro, garantisce un'esperienza piacevole e sicura per tutti gli spettatori.

La versatilità della Cavallerizza Caprilli e la sua protezione dagli agenti atmosferici la rendono ideale per eventi sia diurni che serali, offrendo una cornice storica che conferisce un valore aggiunto all'esperienza complessiva.

Sfruttando la stessa conformazione individuata per lo scenario dell'auditorium, è possibile realizzare un luogo adatto all'organizzazione di convegni, seminari e conferenze. La struttura si presta ad accogliere eventi di carattere formativo e divulgativo.

La struttura può essere dotata di moderne attrezzature tecnologiche, come impianti audio e video di alta qualità, schermi di proiezione e sistemi per videoconferenze, che permettono una perfetta integrazione di relatori remoti. Dalle postazioni sedute sarà possibile collegarsi alla corrente elettrica per utilizzare PC o altri dispositivi, facilitando la partecipazione attiva e l'interazione durante le presentazioni.

#### ***3.3.2.2 Configurazione di utilizzo per mostre ed esposizioni***

Ulteriori configurazioni individuate per l'utilizzo polifunzionale della Cavallerizza Caprilli riguardano l'utilizzo della struttura per l'allestimento di mostre ed esposizioni.

La Cavallerizza Caprilli rappresenta uno spazio ideale per ospitare mostre d'arte o esposizioni temporanee. L'ampiezza e la versatilità della struttura consentono di organizzare esposizioni di diverso genere, da opere d'arte a installazioni interattive, garantendo la possibilità di ospitare espositori con esigenze differenti. Le caratteristiche architettoniche della struttura, come soffitti alti e grandi aperture, consentono l'esposizione di opere di grandi dimensioni che sarebbero difficili da collocare in spazi più tradizionali.

La struttura assumerà una conformazione funzionale, progettata con un layout ben organizzato che consentirà di separare per temi i vari argomenti trattati. Questa disposizione non solo facilita la comprensione dei temi presentati, ma crea anche un flusso di visitatori, poiché le opere saranno allineate in file.

Inoltre, sarà presente un palco multifunzionale che potrà essere sfruttato per proiezioni o presentazioni multimediali.

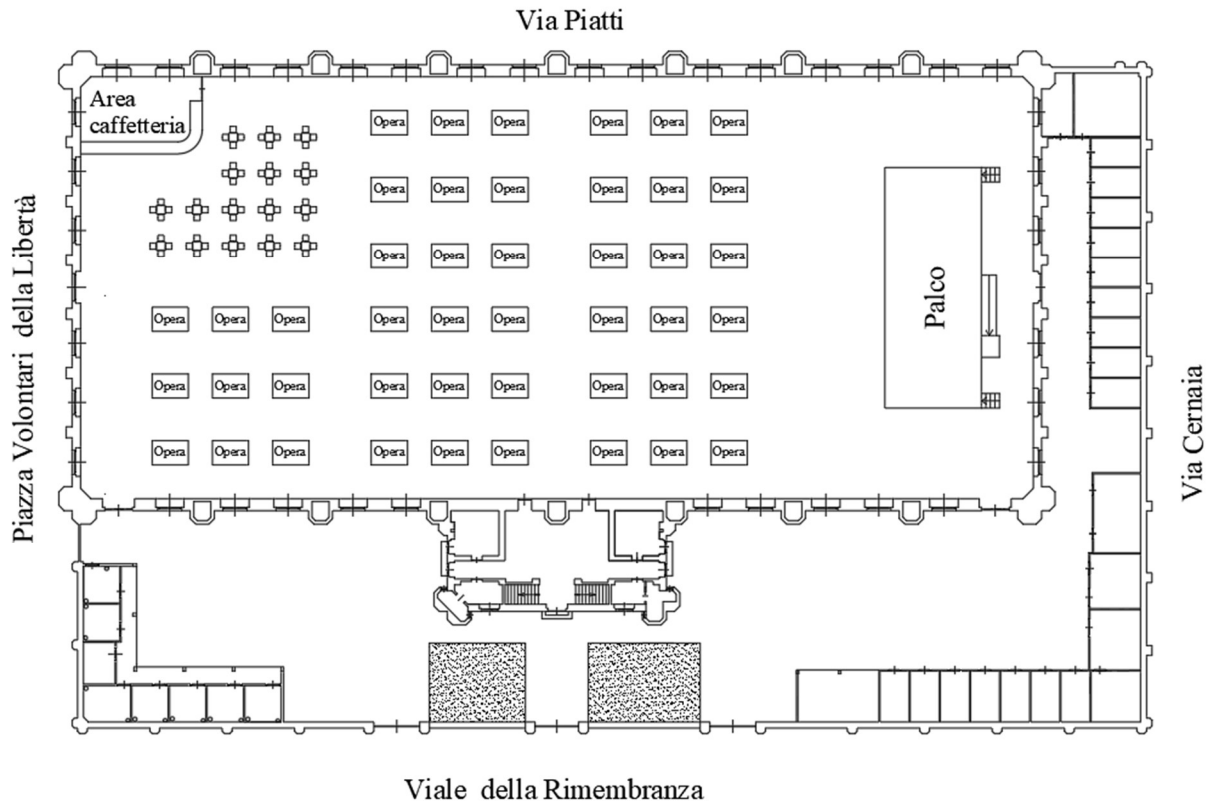


Figura 24 - pianta configurazione di utilizzo per mostre ed esposizioni

Le esposizioni, tuttavia, possono non riguardare solamente opere d'arte, infatti, ulteriore utilizzo riguarda la creazione di spazi dedicati alla vendita e alla promozione di prodotti artigianali e agricoli locali. All'interno della struttura sarebbe possibile organizzare mercatini tematici, mirati a valorizzare le eccellenze del territorio e a creare un punto d'incontro tra produttori locali e visitatori. Inoltre, la Cavallerizza potrebbe ospitare mercatini stagionali, come ad esempio quelli natalizi.

Uno dei principali vantaggi offerti dalla struttura è rappresentato dalla sua protezione dagli agenti atmosferici, poiché lo spazio è completamente al coperto e quindi fruibile indipendentemente dalle condizioni climatiche esterne.

Ulteriori vantaggi includono la possibilità di organizzare eventi serali grazie a un'illuminazione adeguata, trasformando la cavallerizza in un punto di riferimento per le attività diurne e notturne.

L'ipotesi distributiva ricalca la distribuzione effettuata per la mostra sostituendo la posizione dedicata alle opere con dei banchi che possono esporre e vendere beni di vario genere.

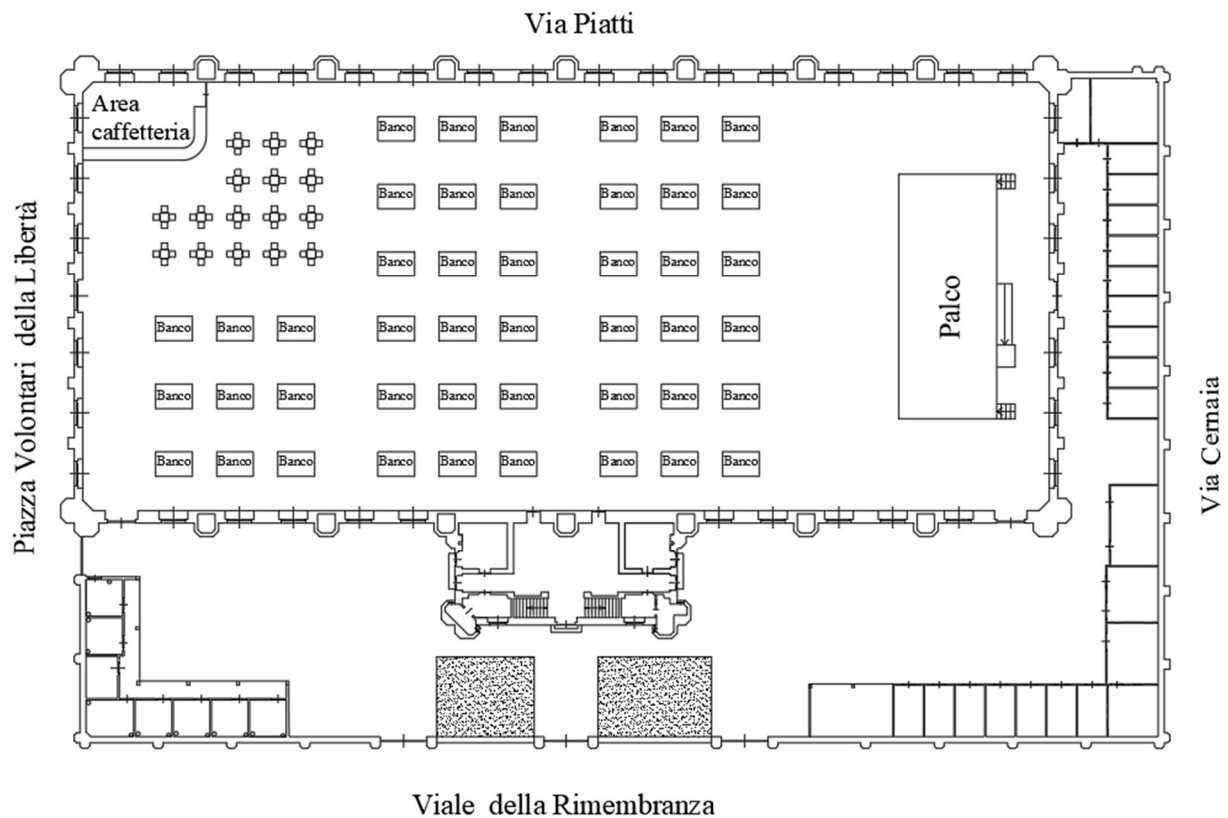


Figura 25 - pianta configurazione di utilizzo mercatino

In entrambe le configurazioni precedenti sono stati posizionati dei tavolini al fine di permettere una consumazione sul posto, in occasione della visita effettuata.

### 3.3.2.3 Configurazione di utilizzo per i concerti in piedi

La struttura si presta all'organizzazione di concerti dal vivo e spettacoli musicali.

Il layout sarà caratterizzato da un palco, al di fronte del quale saranno presenti diverse aree in cui accogliere il pubblico. La grande dimensione del palco e la grande capacità in termini di occupanti rendono la struttura adatta a ospitare concerti di vario genere. Sono inoltre state dedicate aree a servizi aggiuntivi come stand di merchandising. Sarà possibile, inoltre, sfruttare l'area caffetteria per consumazioni di vario genere.



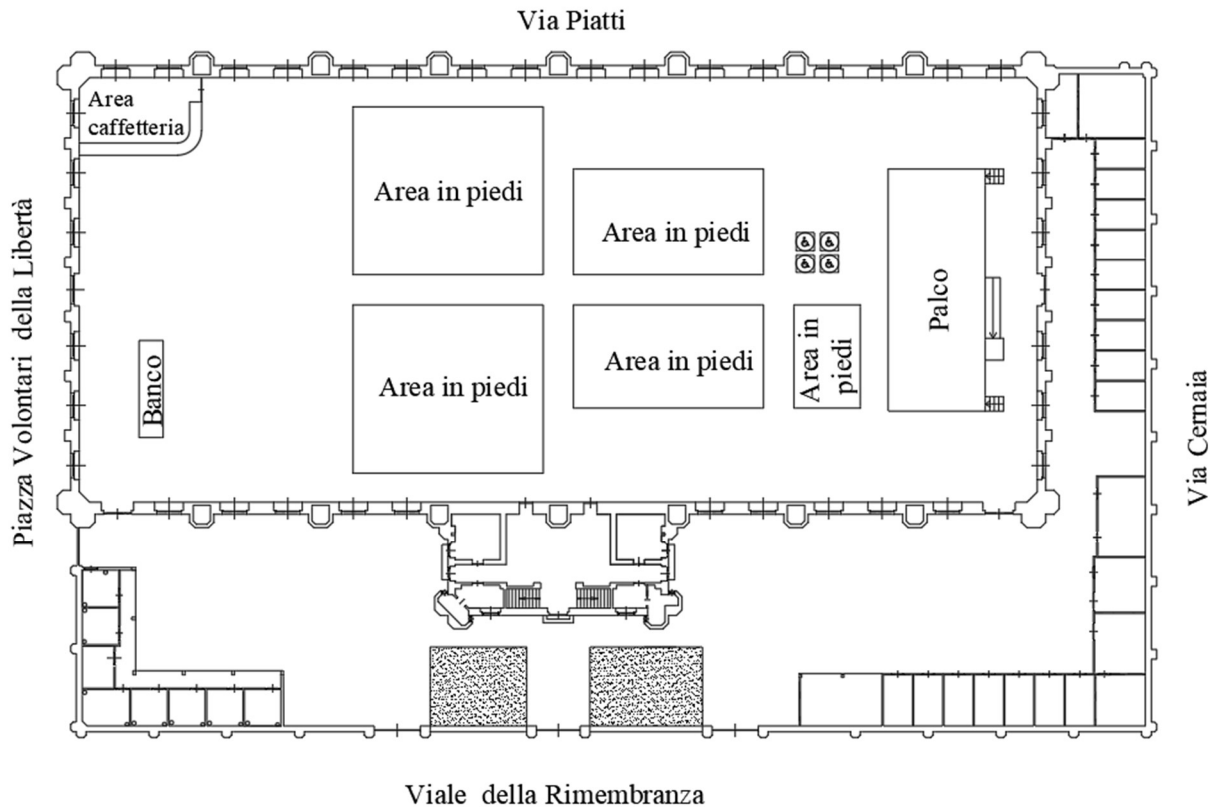


Figura 26 - pianta configurazione di utilizzo concerti in piedi

### 3.3.2.4 Configurazione di utilizzo per attività con animali

La Cavallerizza Caprilli, grazie alla sua vocazione originaria, si presta perfettamente all'organizzazione di attività con animali, in particolare con cavalli. L'ambiente risulta essere adatto allo svolgimento di attività equestri, quali spettacoli di cavalli, dimostrazioni di addestramento o percorsi educativi.

L'attività si presenta come nella seguente immagine, con un'area dedicata alle attività con gli animali alla quale è affiancata un'area seduta dove assistere alle attività e lateralmente uno spazio libero in piedi dal quale è possibile osservare quanto accade da diverse prospettive. Lo spazio sarà caratterizzato anche da un'area vendita dove potranno essere commercializzati prodotti inerenti all'evento.

La struttura è adatta non soltanto ai cavalli ma anche ad attività con altri animali come ad esempio i cani, con i quali è possibile realizzare attività di agility. In quest'ottica, qualora necessario, è prevista una pavimentazione capace di attutire gli impatti, con l'utilizzo di sabbia durante il periodo della manifestazione.

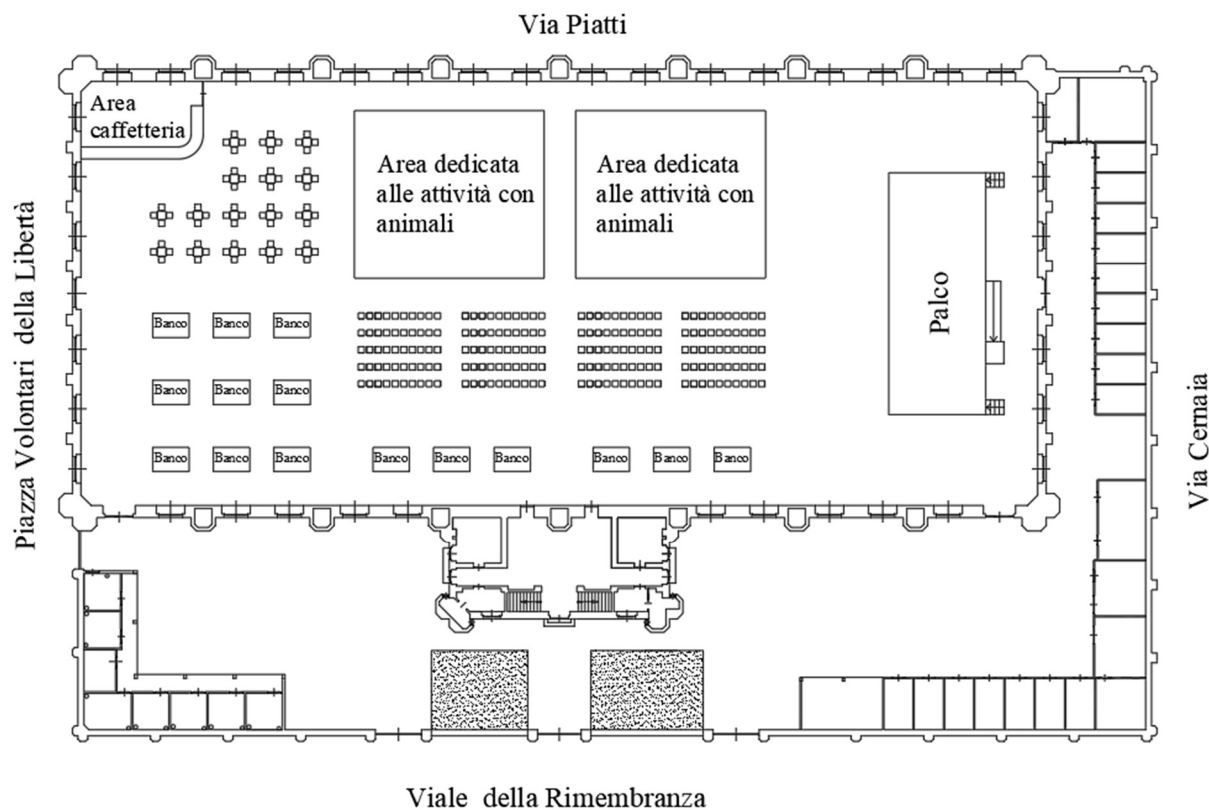


Figura 27 - pianta configurazione di utilizzo per attività con animali

#### 3.3.2.5 Configurazione di utilizzo come sala eventi

La Cavallerizza Caprilli offre uno spazio versatile adatto all'organizzazione di eventi come seminari, presentazioni, eventi formativi o incontri aziendali. L'ampia metratura consente di allestire lo spazio per le attività frontali, con tavoli e sedie disposti a platea.

La struttura si presta anche come sala stampa per grandi eventi, come conferenze; non a caso, la Cavallerizza è stata già utilizzata come sala stampa nel 2011, durante il Tour de France, dimostrando la sua capacità di supportare eventi di rilevanza internazionale.

Grazie alla sua spaziosità, può ospitare giornalisti, con tavoli e postazioni attrezzate per la scrittura, offrendo anche spazi per interviste e conferenze stampa.

Inoltre, possono essere facilmente ospitati eventi sportivi indoor che prevedono l'uso di tavoli, come tornei di scacchi, bridge, giochi di società.

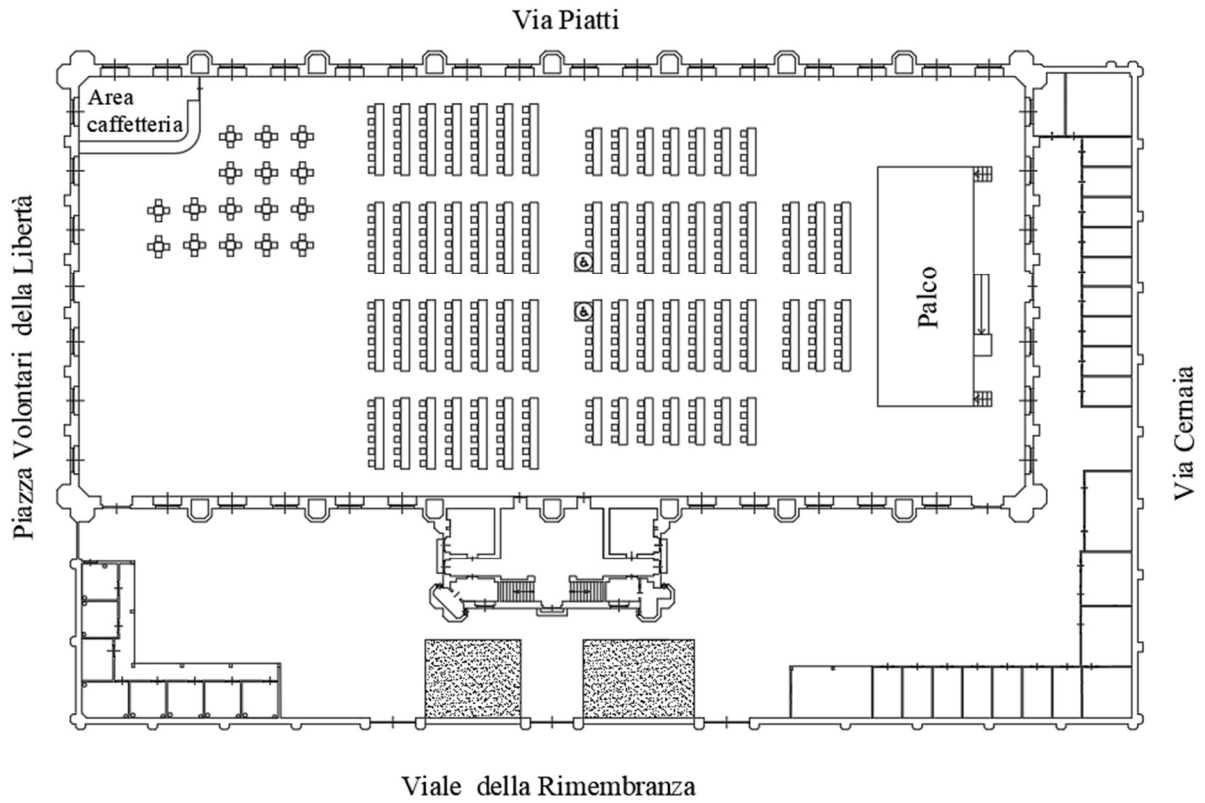


Figura 28 - pianta configurazione di utilizzo sala stampa

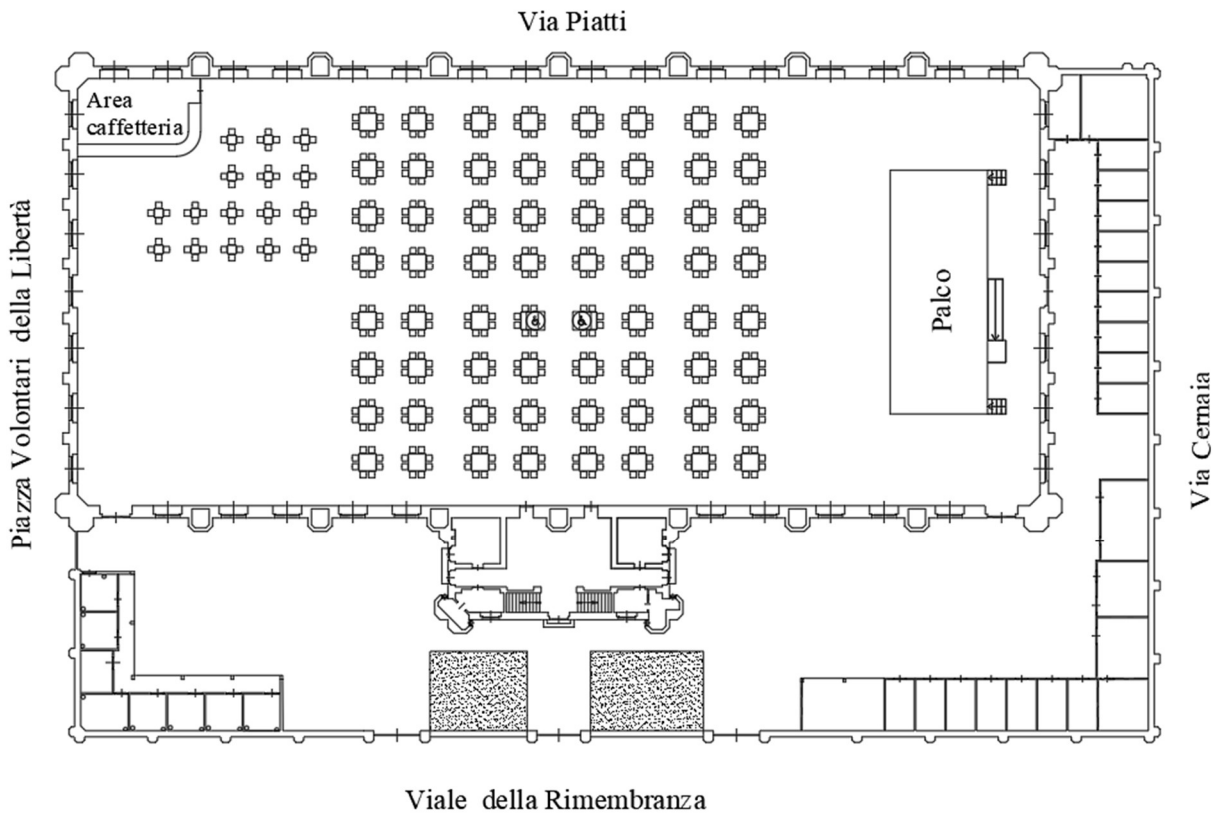


Figura 29 - pianta configurazione di utilizzo tornei

### 3.3.2.6 Configurazione di utilizzo libero

Si è deciso di proporre uno scenario finale, non vincolato da ingombri fissi, che offra la massima flessibilità di utilizzo.

Questo spazio può essere adattato a una varietà di attività, tra cui eventi educativi e attività scolastiche che necessitano semplicemente di un ambiente ampio in cui organizzare laboratori o giochi.

Inoltre, dato il suo valore storico, la Cavallerizza si presta perfettamente anche come luogo per riprese cinematografiche e televisive, offrendo una scenografia adatta a film di epoca o documentari. Per quanto concerne le manifestazioni storiche lo spazio può essere impiegato per ospitare manifestazioni locali, come la "Maschera di Ferro", fornendo un luogo ideale per rievocazioni storiche, balli tradizionali e feste in costume.

Tutte queste attività condividono la capacità di attrarre un vasto pubblico, sfruttando l'ampiezza e la flessibilità della Cavallerizza, mantenendo al tempo stesso un carico di incendio trascurabile, garantendo così un ambiente sicuro e accogliente per i partecipanti.

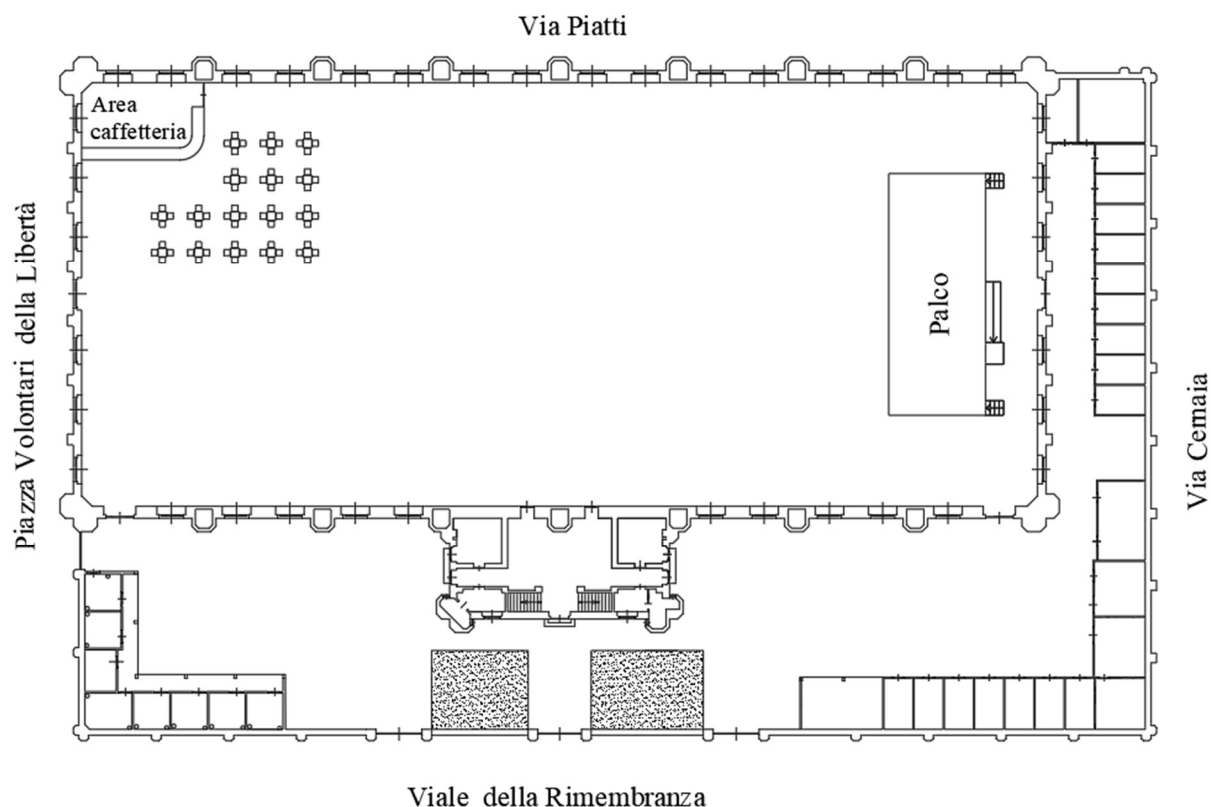


Figura 30 - pianta configurazione di utilizzo libero

### 3.3.3 Necessità comuni e interventi

È stato effettuato un confronto tra tutti le configurazioni proposte per valutare la loro compatibilità. Dall'analisi è emerso che la struttura necessita innanzitutto di un impianto elettrico e di illuminazione realizzati a regola d'arte, in quanto è presente un impianto ormai datato e non più adeguato alle esigenze individuate da questo studio.

Si rende indispensabile realizzare un impianto di riscaldamento ed è stato pensato ad un sistema di riscaldamento a pavimento, il quale rappresenta una soluzione che consente di mantenere un clima confortevole all'interno della struttura, senza compromettere la bellezza e l'estetica dell'edificio. Il riscaldamento a pavimento, suddiviso in zone, permette di riscaldare solo le aree che necessitano di maggiore attenzione, evitando sprechi energetici e mantenendo la temperatura ideale in modo uniforme. La centrale termica verrà posizionata in prossimità della struttura, in un locale esterno con accesso indipendente.

Per garantire l'accessibilità, sarebbe ottimale portare il piano della pavimentazione del galoppatoio, a livello dei locali distributivi del foyer, sollevando così l'area multifunzionale di 35 cm. Questo intervento consentirà di eliminare le barriere architettoniche, garantendo un accesso ma anche un esodo facilitato per persone con mobilità ridotta.

Per quanto riguarda la tipologia di pavimentazione si è ipotizzato di utilizzare come materiale il cemento con superficie grezza, progettata per eliminare la sabbia e creare un piano spazzolato e ruvido. La pavimentazione può mantenere la sua precedente apparenza andando ad effettuare una miscela che ricordi il colore e la tessitura della precedente pavimentazione, ma fornendo un supporto che non sia causa di scivolamenti e cadute e allo stesso tempo sia adatto agli animali, in termini di comfort ma anche per rispondere alle esigenze di igiene, rappresentano una pavimentazione che permette di essere lavata e igienizzata.

Inoltre, sono previste torrette carrabili, annegate a intervalli costanti nella pavimentazione. Queste torrette permetteranno l'utilizzo della corrente elettrica per vari scopi, come l'alimentazione di attrezzature audiovisive e di illuminazione.

Si è pensato inoltre di inserire un'area caffetteria, situata in una posizione angolare, dove verranno preparati cibi e bevande senza l'uso di fiamme libere. Questa scelta è motivata dalla necessità di garantire la sicurezza degli utenti e prevenire rischi di incendi.

È fondamentale realizzare un sistema igienico e sanitario adeguato a tutti gli eventi: verranno installati bagni interni e bagni nelle zone esterne e, qualora l'affollamento lo richieda, saranno inseriti bagni chimici temporanei. I bagni saranno divisi per genere e ci saranno dei servizi a disposizione degli occupanti con disabilità. I bagni esterni saranno progettati come un mix tra

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

bagni e spogliatoi, permettendo di sfruttare le aree in modo diverso in funzione dell'evento previsto.

Sarà quindi necessario garantire un adeguato allacciamento idrico e fognario, essenziale per il funzionamento dei servizi igienici e delle aree ristoro. Sarà necessario anche prevedere aree dedicate allo smaltimento dei rifiuti, dotate di contenitori idonei.

Per garantire l'accesso al piano superiore e abbattere le barriere architettoniche, sarà previsto una servoscala o montascale. Questa soluzione assicurerà che tutte le aree della struttura siano accessibili a tutti.

Sarà infine dedicata una zona esterna al deposito dei materiali, quali sedie e attrezzature per il palco, per tutte le dotazioni che si intendono acquistare e mantenere a disposizione. Inoltre, sarà presente un'area di deposito di sabbia, necessaria per la realizzazione di una pavimentazione temporanea nel caso di utilizzo da parte dei cavalli.

Si presenta quindi la situazione iniziale:

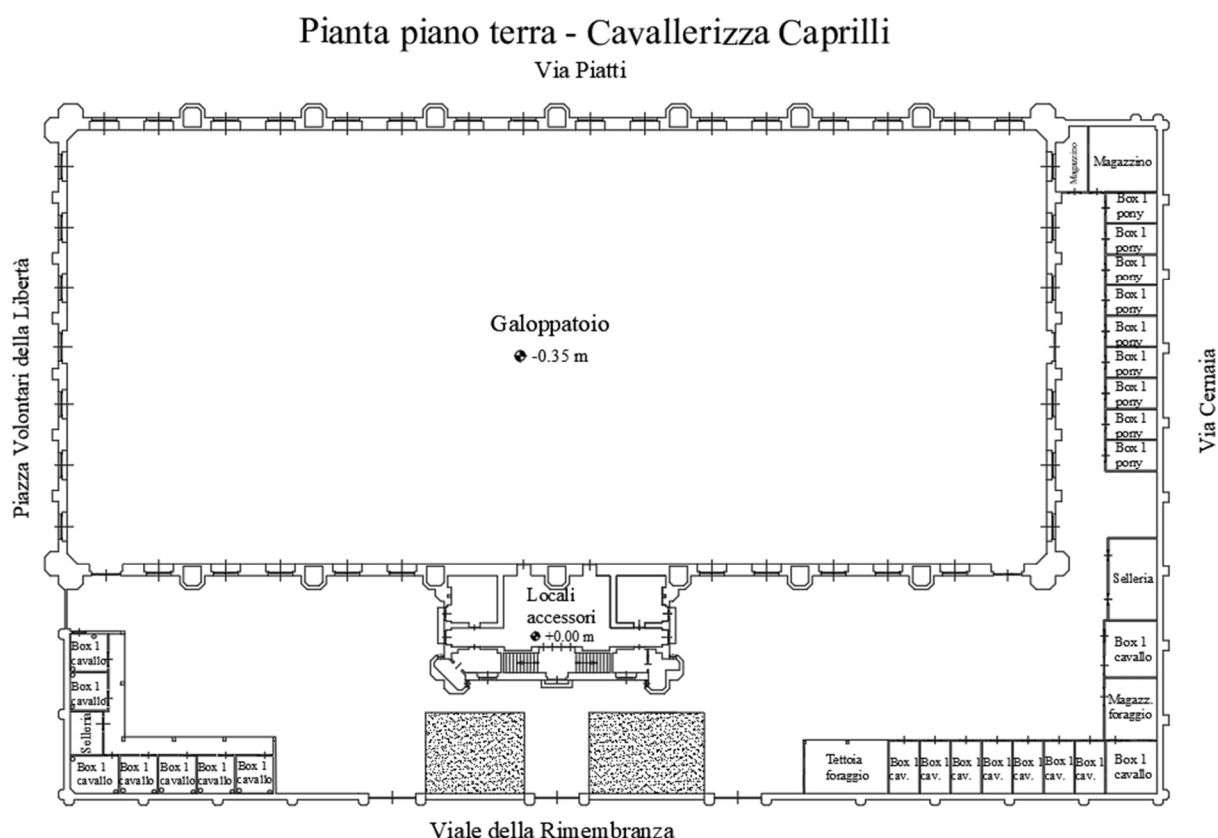


Figura 31 - pianta piano terreno stato attuale

Pianta piano primo - Cavallerizza Caprilli

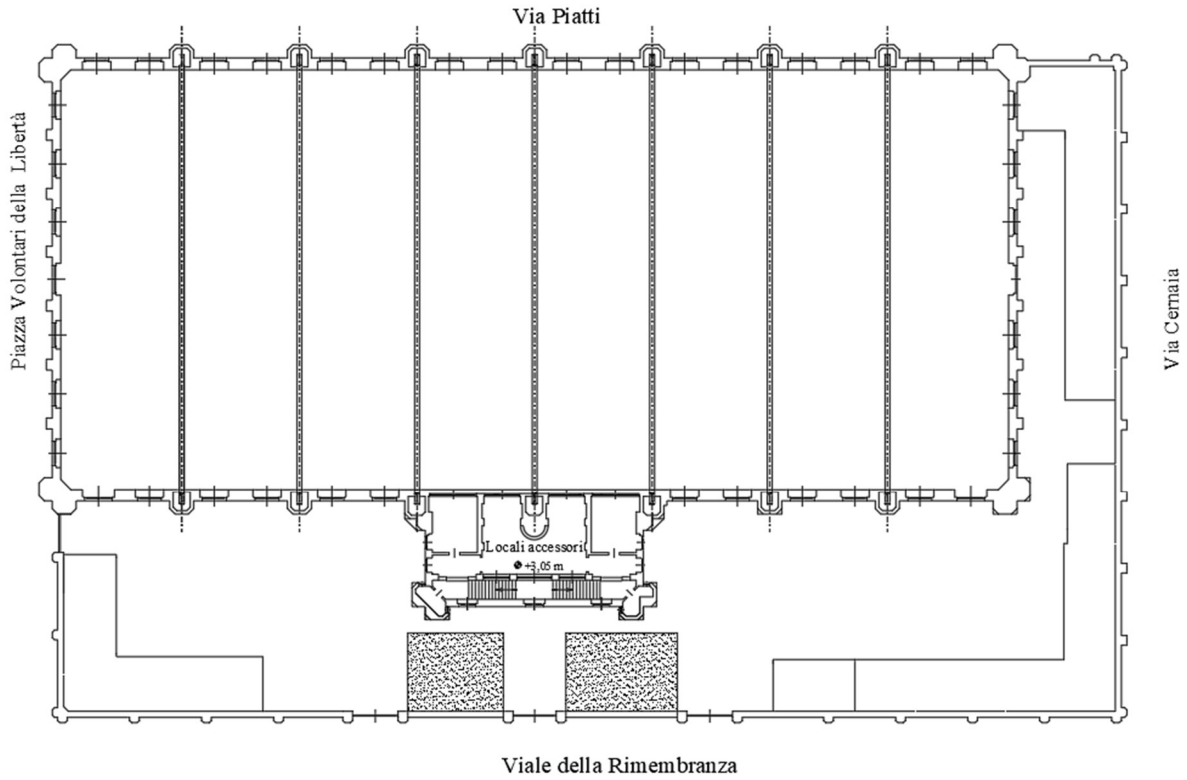


Figura 32 - pianta piano primo stato attuale

E la situazione finale:

Pianta piano terra - Cavallerizza Caprilli

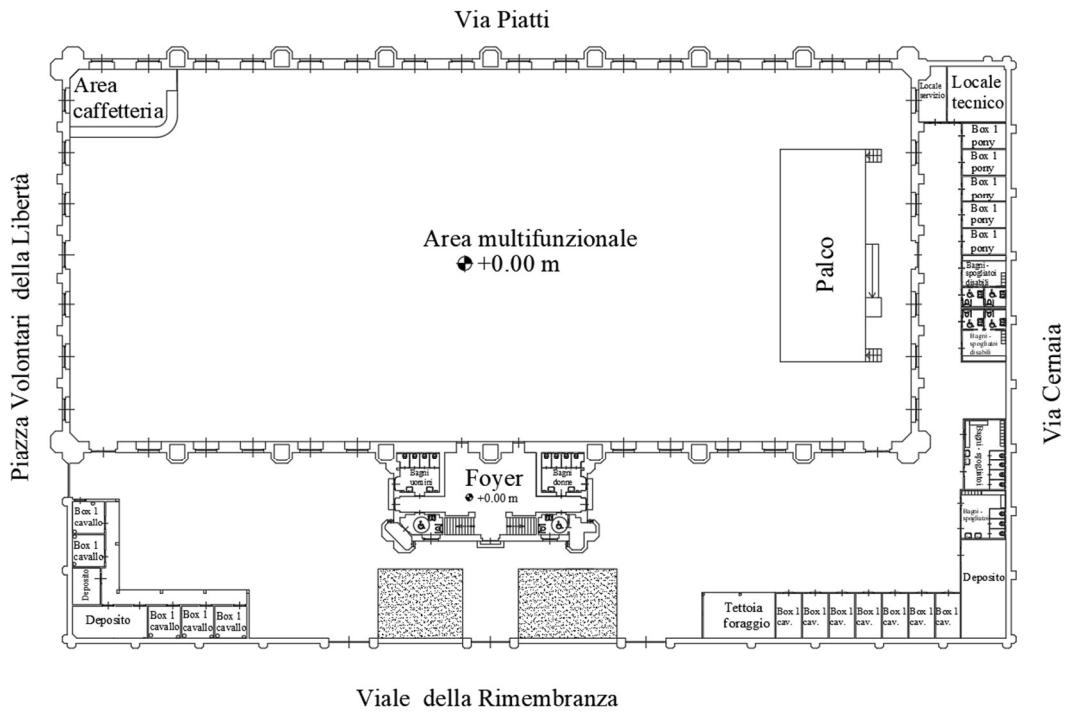


Figura 33 - Pianta piano terreno stato in progetto

Pianta piano primo - Cavallerizza Caprilli

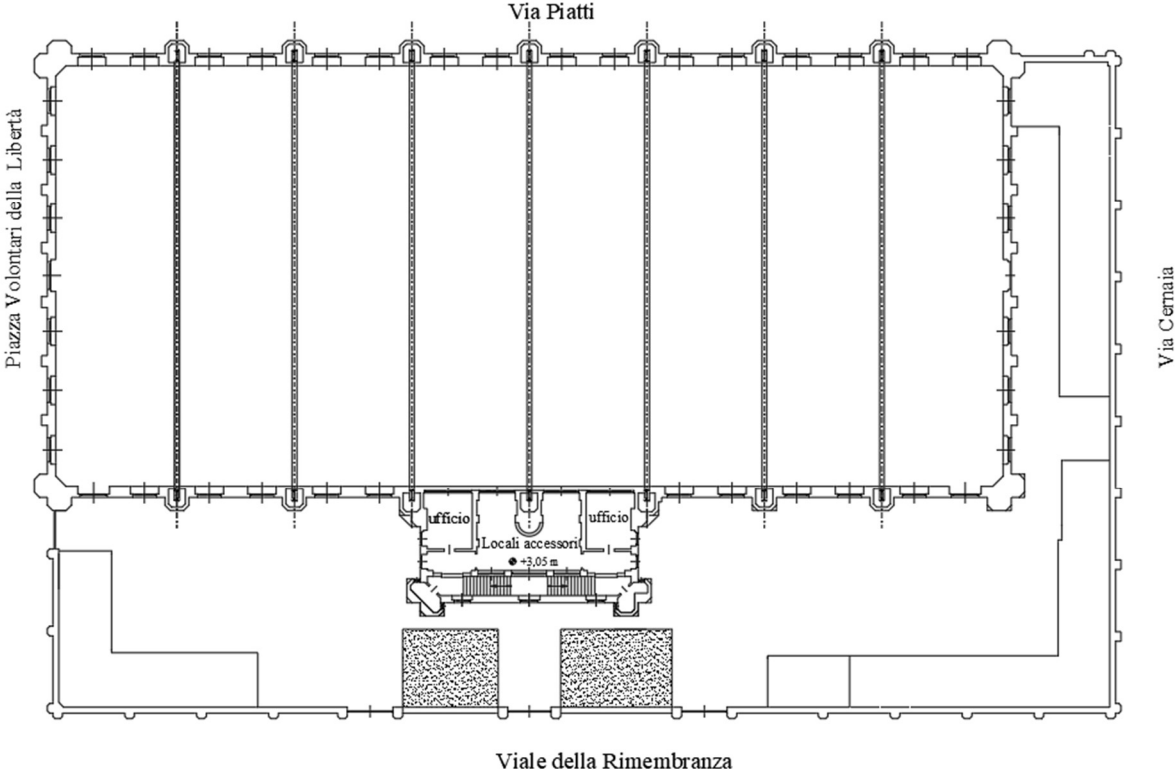


Figura 34 - pianta piano primo stato in progetto



### 3.4 Analisi con Codice di Prevenzione Incendi

#### 3.4.1 Classificazione dell'attività

L'analisi con il Codice di Prevenzione incendi richiede primariamente di conoscere se l'attività oggetto di valutazione ricade nelle attività classificate ai sensi dell'Allegato I del D.P.R. 151/2011.

I locali dedicati al pubblico spettacolo e attività di trattenimento rientrano nell'attività 65, in particolare data l'entità della struttura, la capacità di affollamento prevista ricadrà in una categoria C, che prevede una valutazione di conformità dei progetti entro 60 giorni da parte dei Vigili del Fuoco e un sopralluogo entro 60 giorni al seguito del quale verrà rilasciato il Certificato di Prevenzione Incendi.

n.	Attività - D.P.R. 151/2011	Categoria		
		A	B	C
65	Locali di spettacolo e di trattenimento in genere, impianti e centri sportivi, palestre, sia a carattere pubblico che privato, con capienza superiore a 100 persone, ovvero di superficie lorda in pianta al chiuso superiore a 200 m <sup>2</sup> .		Fino a 200 persone	Oltre 200 persone

Tabella 3 - Attività n. 65 [10]

La struttura inoltre ricade all'interno dell'attività 72 che riguarda gli edifici sottoposti a tutela ai sensi del D. Lgs 22 gennaio 2004 n.42, aperti al pubblico destinati ad ospitare qualsiasi attività soggetta indicata nell'Allegato I del D.P.R. 151/2011.

n.	Attività - D.P.R. 151/2011	Categoria		
		A	B	C
72	Edifici sottoposti a tutela ai sensi del d.lgs. 22 gennaio 2004, n. 42, aperti al pubblico, destinati a contenere biblioteche ed archivi, musei, gallerie, esposizioni e mostre, nonché qualsiasi altra attività contenuta nel presente Allegato.			tutti

Tabella 4 - Attività n. 72 [10]

### 3.4.2 Determinazione dei profili di rischio

Il Codice di Prevenzione Incendi descrive al capitolo G.3 tre tipologie di profili di rischio funzionali all'analisi del rischio dell'attività, in particolare si ha:

- Profilo di rischio relativo alla salvaguardia umana:  $R_{vita}$
- Profilo di rischio relativo alla salvaguardia dei beni economici:  $R_{beni}$
- Profilo di rischio relativo alla tutela dell'ambiente:  $R_{ambiente}$

Il profilo di rischio  $R_{vita}$  dipende da due fattori:  $\delta_{occupanti}$  che descrive le caratteristiche prevalenti degli occupanti e da  $\delta_{\alpha}$  che è un indicatore della velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio, riferita al tempo  $t_{\alpha}$  in secondi, impiegato dalla potenza termica per raggiungere il valore di 1000 kW.

Per quanto riguarda la definizione delle caratteristiche degli occupanti si hanno due principali categorie:

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 5 – Caratteristiche prevalenti degli occupanti - [2] -Tabella G.3-1

In ciascuna delle casistiche individuate, è presente una componente di occupanti in stato di veglia, con familiarità con l'edificio, poiché si tratta di addetti, dipendenti o lavoratori di vario genere che hanno seguito un percorso di formazione ai fini della sicurezza. Tuttavia, tale categoria rappresenta una quota minoritaria rispetto al totale degli occupanti previsti all'interno della struttura. La maggior parte degli occupanti, infatti, pur trovandosi in stato di veglia, non possiede familiarità con l'edificio, come evidenziato nella precedente tabella, che riporta esempi di attività espositive, pubblico spettacolo e centri congressi. Pertanto, le caratteristiche prevalenti degli occupanti rientreranno nella categoria B.

Per quanto riguarda invece la velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio  $\delta_\alpha$  si fa riferimento alla seguente tabella del Codice di Prevenzione Incendi:

$\delta_\alpha$	$t_\alpha$ [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 6– Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio - [2]- Tabella G.3-2

È stata individuata una velocità media ovvero  $\delta_\alpha = 2$ , rappresentativa di aree in cui vi siano prevalentemente materiali che contribuiscono in modo moderato all'incendio.

Unendo le considerazioni effettuate si giunge alla definizione dei profili di rischio  $R_{vita}$  usufruendo della seguente tabella estratta dal Codice di Prevenzione Incendi:

Caratteristiche prevalenti degli occupanti $\delta_{occ}$		Velocità caratteristica prevalente dell'incendio $\delta_\alpha$			
		1 lenta	2 media	3 rapida	4 ultra- rapida
A	Gli occupanti sono in stato di veglia ed hanno familiarità con l'edificio	A1	A2	A3	A4
B	Gli occupanti sono in stato di veglia e non hanno familiarità con l'edificio	B1	B2	B3	Non ammesso [1]
C	Gli occupanti possono essere addormentati: [2]	C1	C2	C3	Non ammesso [1]
Ci	• in attività individuale di lunga durata	Ci1	Ci2	Ci3	Non ammesso [1]
Cii	• in attività gestita di lunga durata	Cii1	Cii2	Cii3	Non ammesso [1]
Ciii	• in attività gestita di breve durata	Ciii1	Ciii2	Ciii3	Non ammesso [1]
D	Gli occupanti ricevono cure mediche	D1	D2	Non ammesso [1]	Non ammesso
E	Occupanti in transito	E1	E2	E3	Non ammesso [1]

[1] Per raggiungere un valore ammesso,  $\delta_\alpha$  può essere ridotto di un livello come specificato nel comma 3 del paragrafo G.3.2.1.  
[2] Quando nel presente documento si usa il valore C1 la relativa indicazione è valida per Ci1, Cii1 e Ciii1. Se si usa C2 l'indicazione è valida per Ci2, Cii2 e Ciii2. Se si usa C3 l'indicazione è valida per Ci3, Cii3 e Ciii3.

Tabella 7– Determinazione di  $R_{vita}$  - [2] - Tabella G.3-3

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

La definizione del profilo  $R_{beni}$  è effettuata in funzione del carattere strategico e del valore storico culturale, architettonico e artistico di un'attività. Per quanto concerne l'attività oggetto di studio, non rappresenta un'attività strategica ma, secondo quanto indicato dal P.R.G.C. vigente del Comune di Pinerolo, la struttura viene identificata come edificio di interesse storico artistico conseguentemente sottoposto a tutela in base all'art. 12 del D.Lgs. 42/2004.

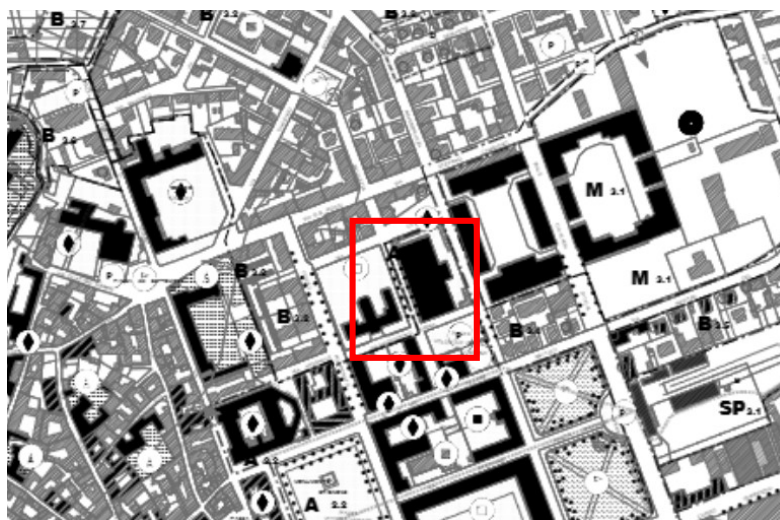


Figura 35 – P.R.G.C. della Città di Pinerolo [11]

Seguendo le indicazioni del Codice di Prevenzione Incendi, si definisce quindi un profilo  $R_{beni} = 2$ .

		Attività o ambito vincolato	
		No	Sì
Attività o ambito strategico	No	$R_{beni} = 1$	$R_{beni} = 2$
	Sì	$R_{beni} = 3$	$R_{beni} = 4$

Tabella 8 – Determinazione di  $R_{beni}$  - [2] - Tabella G.3-5

Infine, è necessario analizzare il profilo di rischio  $R_{ambiente}$ , il quale deve tenere conto dell'ubicazione dell'attività. In ragione dei materiali contenuti all'interno dell'edificio, dell'assenza di sostanze e miscele classificate come pericolose in quantità significative e della natura dell'attività svolta, si ritiene trascurabile il rischio ambientale in caso d'incendio; pertanto, si assume  $R_{ambiente} = 1$ .

Si riporta una tabella riassuntiva dei profili di rischio individuati:

<b>Profili di rischio</b>	$R_{vita}$	<b>A2 – B2</b>
	$R_{beni}$	<b>2</b>
	$R_{ambiente}$	<b>1</b>

Tabella 9 – Riepilogo profili di rischio individuati per l'attività secondo Codice di Prevenzione Incendi

### 3.4.3 Regole Tecniche Verticali

Il Codice di Prevenzione Incendi si basa sulla definizione di strategie antincendio, ovvero una combinazione di misure antincendio che permettono di raggiungere gli obiettivi di sicurezza antincendio. Le strategie individuate rappresentano le Regole Tecniche Orizzontali che vengono integrate dalle indicazioni fornite all'interno dei capitoli dedicati alle Regole Tecniche Verticali.

Per quanto riguarda l'attività oggetto di studio si fa riferimento a due diverse Regole Tecniche Verticali.

Alcune indicazioni specifiche vengono fornite all'interno del Capitolo V.12 che riporta *“disposizioni di prevenzione incendi riguardanti edifici sottoposti a tutela ai sensi del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, aperti al pubblico, contenenti una o più attività soggette, ad esclusione di quelli destinati a musei, gallerie, esposizioni, mostre, biblioteche e archivi.”* [2] Infatti, com'è stato indicato in precedenza l'edificio è tutelato in base all'art. 12 del D.Lgs. 42/2004 – Codice dei beni culturali e del paesaggio.

Ulteriori indicazioni provengono dal Capitolo V.15 che riguarda le attività di intrattenimento e di spettacolo a carattere pubblico, che riguardano le attività di intrattenimento e attrazione regolate dal Regio Decreto del 18 giugno 1931 n. 773 conosciuto anche come Testo Unico delle Leggi di Pubblica Sicurezza (TULPS).

Infine, alcune indicazioni derivano alla RTV.10, la quale fa riferimento a musei, gallerie, esposizioni, mostre, biblioteche e archivi all'interno di edifici sottoposti a tutela ai sensi del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42. Dal campo di applicazione sono escluse le attività temporanee, tuttavia la regola tecnica può rappresentare comunque un utile riferimento.

### 3.4.4 Classificazione dell'attività

L'attività viene classificata secondo le disposizioni riportate nel V.15.3, in funzione del numero di occupanti e dei piani accessibili. Per quanto riguarda il numero di occupanti, viene fornita la seguente classificazione:

- “*OA:  $n \leq 200$ ;*
- **OB:  $200 < n \leq 1000$ ;**
- *OC:  $1000 < n \leq 5000$ ;*
- *OD:  $n > 5000$ .”*

Per quanto riguarda i calcoli effettuati in termini di affollamento, si ricava che l'attività ricade nella categoria OB, con numero di occupanti compreso tra 200 e 1000.

Per quanto concerne invece la quota dei piani accessibili al pubblico si ha la seguente distinzione:

- “**HA:  $-1 \text{ m} \leq h \leq 6 \text{ m}$ ;**
- *HB:  $-5 \text{ m} \leq h \leq 12 \text{ m}$ ;*
- *HC:  $-10 \text{ m} \leq h \leq 24 \text{ m}$ ;*
- *HD: tutti gli altri casi non rientranti nella classificazione precedente.”*

L'attività rientra nella categoria HA, in quanto la struttura non si sviluppa al di sotto della quota di riferimento nulla e in elevazione, il massimo piano calpestabile si trova ad una quota di 3,05 m.

### SEZIONE TRASVERSALE

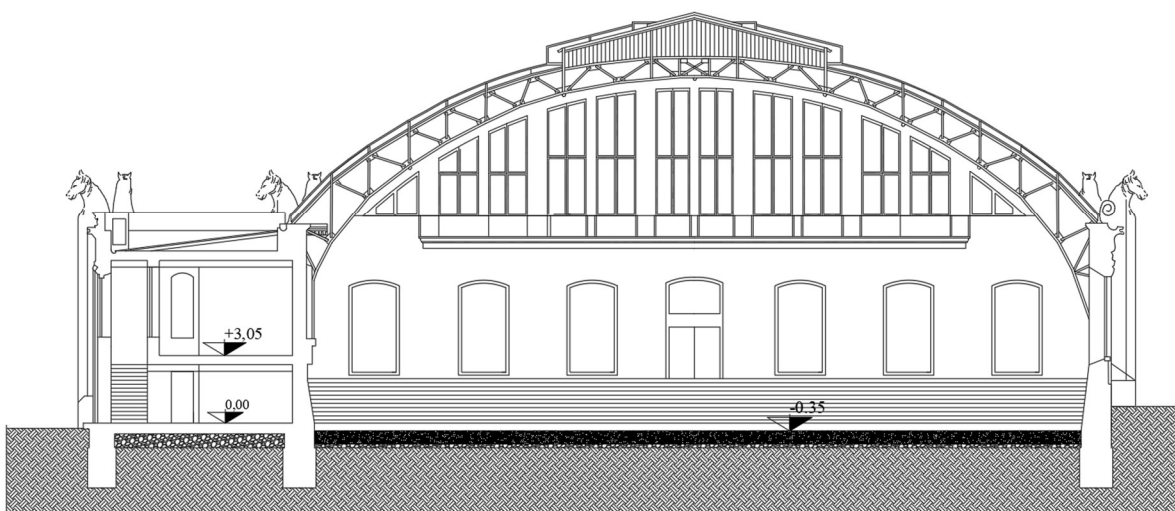


Figura 36 – Sezione trasversale della Cavallerizza Caprilli con individuate le quote di piano

### 3.4.5 Affollamento

Si riportano all'interno del presente paragrafo le considerazioni effettuate per la definizione del numero di occupanti al fine della classificazione secondo il capitolo V.15.3.

La definizione dell'affollamento viene eseguita secondo le prescrizioni del capitolo S.4.6.2 del Codice di Prevenzioni Incendi, il quale individua i criteri per la definizione del numero di occupanti in funzione della tipologia di attività.

#### 3.4.5.1 Affollamento auditorium– convegno

Le seguenti considerazioni che verranno fatte riguardano l'auditorium utilizzato per il concerto seduto saranno considerate valida anche per il convegno in quanto utilizza lo stesso layout di riferimento.

Per la definizione dell'affollamento si assume come riferimento la tabella S.4-13, la quale indica i criteri per la definizione dell'affollamento degli ambiti con posti a sedere:

Tipologia di attività	Criteri
Autorimesse pubbliche	2 persone per veicolo parchato
Autorimesse private	1 persona per veicolo parchato
Degenza	1 degente e 2 accompagnatori per posto letto + addetti
<b>Ambiti con posti a sedere o posti letto (es. sale riunioni, aule scolastiche, dormitori, ...)</b>	<b>Numero posti + addetti</b>
Altri ambiti	Numero massimo presenti (addetti + pubblico)

Tabella 10– Criteri per tipologia di attività - [2] - Tabella S.4-13

Facendo riferimento ai layout precedentemente individuati, si può definire un numero di posti a sedere totale pari a 780.

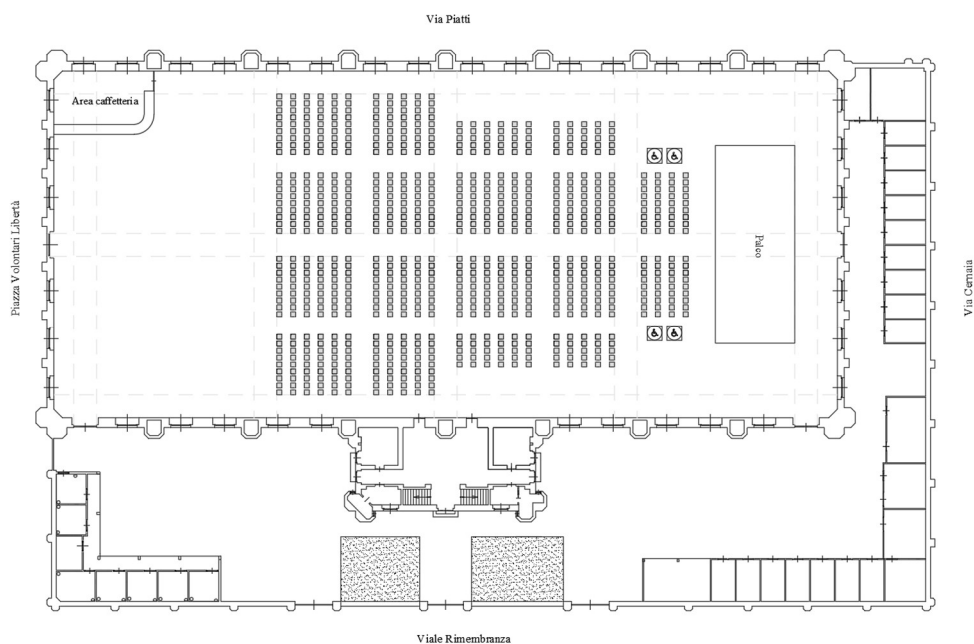


Figura 37 - Indicazione dei posti a sedere all'interno dello scenario auditorium - mercatino

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Al valore individuato è necessario sommare il numero degli addetti per la definizione dell'affollamento totale. Si riporta nella seguente tabella un'ipotesi del numero di lavoratori che sono presenti all'interno della struttura al momento dello spettacolo.

<b>calcolo numero addetti</b>		
<i>n</i>	<i>figura professionale</i>	<i>numero addetti</i>
1	manutentori	2
2	addetti area ristoro	2
3	lavoratori	70
4	guardiano	1
5	addetti sicurezza	19
6	addetti pulizie	2
7	impiegati/ufficio	4
		<b>100</b>

Tabella 11 – Definizione del numero di addetti presenti all'interno dell'attività

L'affollamento totale per lo scenario oggetto di studio pertanto è pari a 880 persone così come riepilogato nella seguente tabella.

<b>calcolo affollamento</b>	
Numero di posti seduti	780
Addetti	100
	<b>880</b>

Tabella 12 – Definizione dell'affollamento totale per lo scenario auditorium - convegno

#### **3.4.5.2 Affollamento esposizioni – ambiti di vendita**

Le esposizioni e gli ambiti di vendita sono stati accomunati nel calcolo dell'affollamento in quanto entrambi vengono calcolati facendo riferimento alla tabella S.4-12 riportata all'interno del Codice di Prevenzione Incendi, la quale fornisce la densità di affollamento in termini di persone a metro quadro. Entrambi gli scenari considerati fanno riferimento ad una condizione di affollamento che considera un percorso plausibile su cui si possono trovare le persone all'interno della struttura, in particolare nella seguente immagine è evidenziato un percorso ipotetico che le persone si trovano a seguire in occasione dell'evento. Il percorso evidenziato presenta una larghezza di 150 cm e si sviluppa attorno agli elementi esposti o i banchi di vendita presenti all'interno della struttura, portando ad avere un'area complessiva di 750 metri quadri.



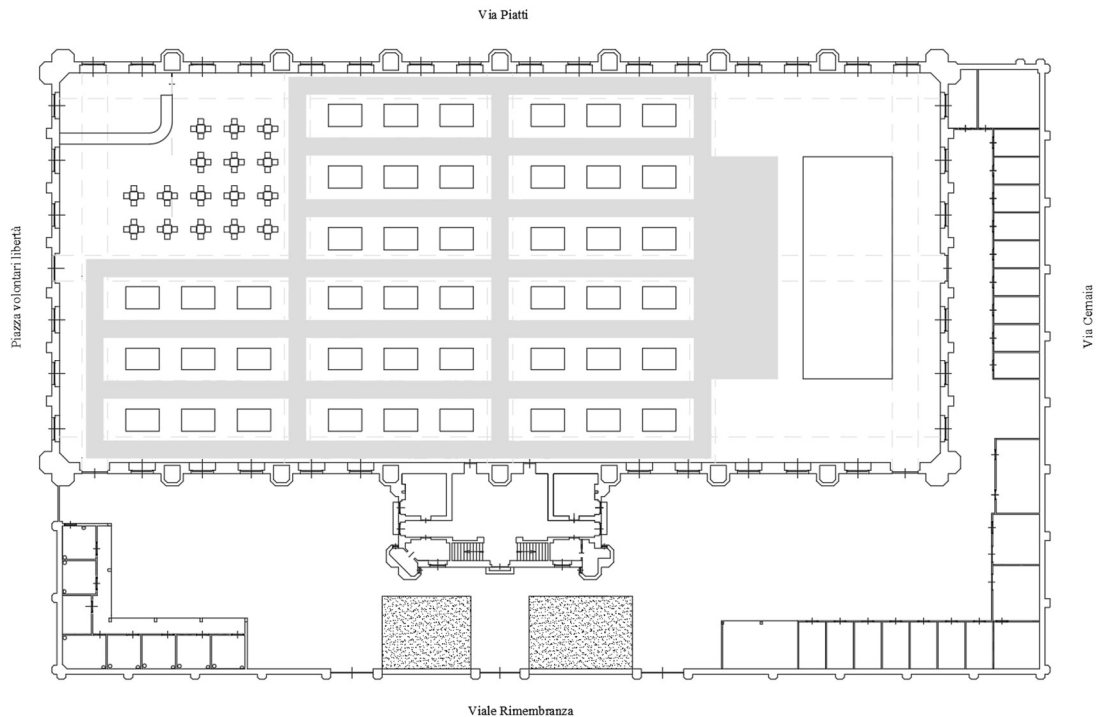


Figura 38 - Indicazione delle aree ragionevolmente occupate all'interno dello scenario dedicato a mostre e mercatini

La tabella S.4-12 riporta i valori di densità di affollamento in funzione della tipologia di attività e per quanto riguarda le mostre ed esposizioni si ha una densità di affollamento pari a 1,2 persone/m<sup>2</sup>.

Tipologia di attività	Densità di affollamento
Ambiti all'aperto destinati ad attività di spettacolo o intrattenimento, delimitati e privi di posti a sedere	2,0 persone/m <sup>2</sup>
Locali al chiuso di spettacolo o intrattenimento (es. sale concerti, trattenimenti danzanti, ...) privi di posti a sedere e di arredi, con carico di incendio specifico $q_f \leq 50 \text{ MJ/m}^2$	
<b>Ambiti per mostre, esposizioni</b>	<b>1,2 persone/m<sup>2</sup></b>
Ambiti destinati ad attività di spettacolo o intrattenimento (es. sale concerti, trattenimenti danzanti, ...) con presenza di arredi o con carico di incendio specifico $q_f > 50 \text{ MJ/m}^2$	
Ambiti adibiti a ristorazione	0,7 persone/m <sup>2</sup>
Ambiti adibiti ad attività scolastica e laboratori (senza posti a sedere)	0,4 persone/m <sup>2</sup>
Sale d'attesa	
Uffici	
Ambiti di vendita di <i>piccole</i> attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	0,2 persone/m <sup>2</sup>
Ambiti di vendita di <i>medie e grandi</i> attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	
Ambiti di vendita di attività commerciali al dettaglio senza settore alimentare	
Sale di lettura di biblioteche, archivi	0,1 persone/m <sup>2</sup>
Ambulatori	
Ambiti di vendita di attività commerciali all'ingrosso	
Ambiti di vendita di <i>piccole</i> attività commerciali al dettaglio con specifica gamma merceologica non alimentare	0,05 persone/m <sup>2</sup>
Civile abitazione	

Tabella 13– Densità di affollamento per tipologia di attività - [2]- Tabella S.4-12

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Si riporta nella seguente tabella il numero di occupanti individuato in funzione della superficie ragionevolmente occupata individuata in precedenza e della densità di affollamento caratteristica dell'attività ai sensi della tabella S.4-12:

<b>calcolo occupanti</b>				
<b>n</b>	<b>evento</b>	<b>densità affollamento [pers./m<sup>2</sup>]</b>	<b>superficie [m<sup>2</sup>]</b>	<b>occupanti [pers.]</b>
1	ambiti per mostre ed esposizioni	1,2	750	900

Tabella 14 – Calcolo numero di occupanti nello scenario di utilizzo per mostre ed esposizioni

Per quanto riguarda la definizione degli addetti, il numero di persone si assume uguale a quanto definito per il caso dell'auditorium in quanto sono figure necessarie in entrambi gli scenari, cambierà solamente il ruolo dei lavoratori che non saranno più professionisti e tecnici legati all'ambito dello spettacolo, ma saranno associati all'ambito di mostre ed esposizioni o commerciale.

L'affollamento totale pertanto sarà definito come segue:

<b>calcolo affollamento</b>	
Occupanti	900
Addetti	100
	<b>1000</b>

Tabella 15 - Definizione dell'affollamento totale per lo scenario mostre ed esposizioni

#### **3.4.5.3 Affollamento concerto con pubblico nel parterre**

Il calcolo dell'affollamento è stato effettuato basandosi sulle aree individuate che prevedono la presenza di pubblico in piedi. Sono state definite cinque aree evidenziate nella seguente immagine.

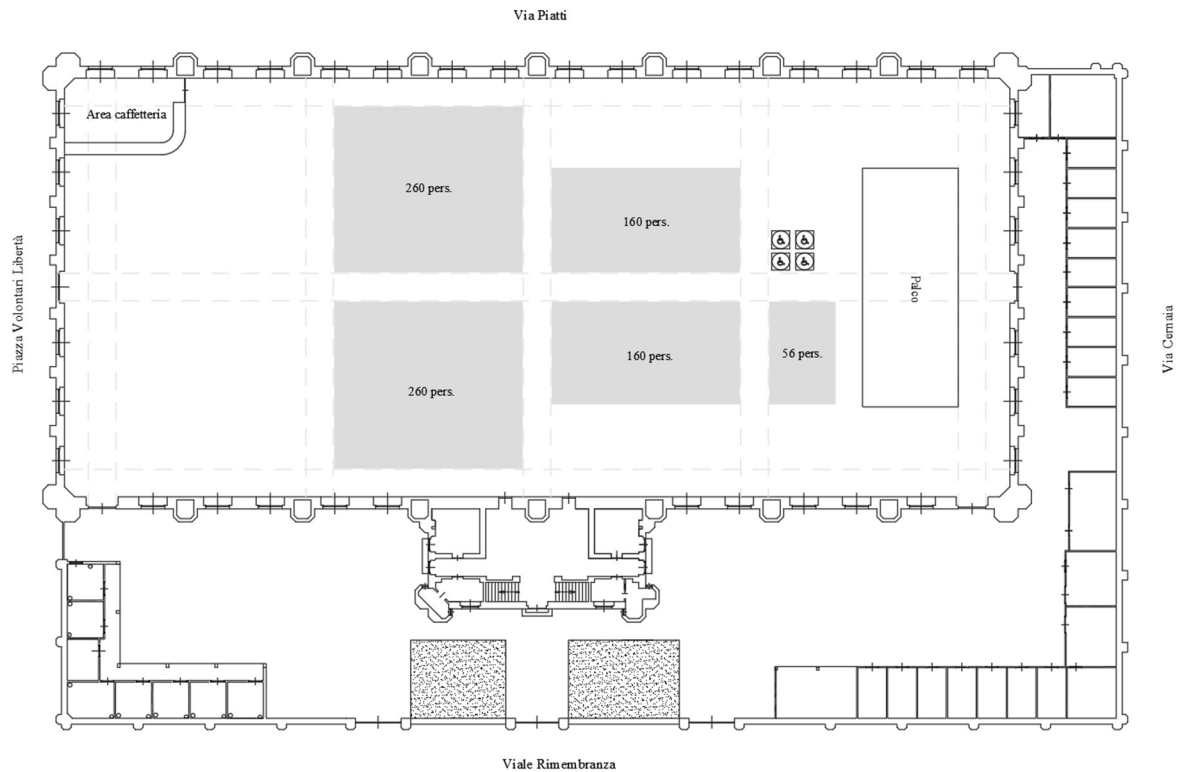


Figura 39 - Indicazione delle aree dedicate al pubblico in piedi con indicazione del numero massimo di occupanti per area

Il Codice di Prevenzione Incendi indica nella Tabella S.4-12 la densità di affollamento per ambiti destinati ad attività di spettacolo o intrattenimento con carico d'incendio specifico maggiore di  $50 \text{ MJ/m}^2$  pari a 1,2 persone a metro quadro. Nella seguente tabella sono riportati i parametri utilizzati per il calcolo del numero di occupanti:

calcolo occupanti				
n	evento	densità affollamento [pers./m <sup>2</sup> ]	superficie [m <sup>2</sup> ]	occupanti [pers.]
1	Ambiti destinati ad attività di spettacolo o intrattenimento	1,2	747	896
2	Posti riservati a occupanti con disabilità	-	-	4

Tabella 16 - Calcolo numero di occupanti nello scenario di utilizzo per concerti che prevedono pubblico in piedi

A questa quantità va sommato il numero di addetti presenti che vengono sempre considerati in numero pari a quanto definito nei precedenti casi, ottenendo:

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

calcolo affollamento	
Occupanti	900
Addetti	100
	<b>1000</b>

Tabella 17 - Definizione dell'affollamento totale per lo scenario concerto con pubblico in piedi

#### 3.4.5.4 Affollamento attività con animali

L'affollamento è calcolato come somma del contributo della tabella S.4-13 per il calcolo dei posti seduti e della tabella S.4-12 per il calcolo della densità di affollamento dei posti in piedi.

calcolo occupanti				
n	evento	densità affollamento [pers./m <sup>2</sup> ]	superficie [m <sup>2</sup> ]	occupanti [pers.]
1	Mostre ed esposizioni	1,2	523	627
2	Numero di posti seduti	-	-	200
3	Numero disabili motori	-	-	4

Tabella 18 - Calcolo numero di occupanti nello scenario di utilizzo per attività con animali

L'area per la quale è stata moltiplicata la densità di affollamento è stata definita mediante considerazione di superficie ragionevolmente occupata ed è evidenziata nella seguente immagine.

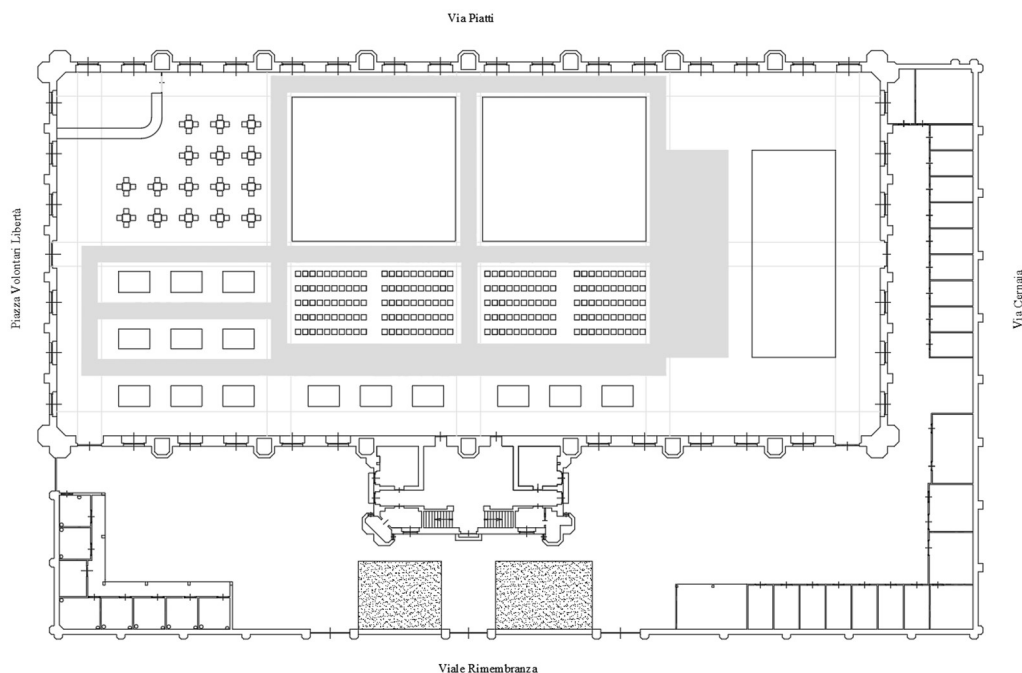


Figura 40 - Indicazione delle aree ragionevolmente occupate all'interno dello scenario dedicato alle attività con animali

Il numero di occupanti totali per lo scenario dedicato alle attività con animali è pari a:

L'affollamento totale ammonta quindi a 931 occupanti.

<b>calcolo affollamento</b>	
Occupanti	831
Addetti	100
	<b>931</b>

Tabella 19 - Definizione dell'affollamento totale per lo scenario di utilizzo per attività con animali

### 3.4.5.5 Affollamento sala stampa

L'affollamento nello scenario dedicato alla sala stampa è calcolato mediante tabella S.4-13 per il calcolo dei posti seduti; l'affollamento totale, sommando il numero di occupanti e il numero di addetti, ottenendo un totale di 442 persone.

<b>calcolo affollamento</b>	
Occupanti	342
Addetti	100
	<b>442</b>

Tabella 20 - Definizione dell'affollamento totale per lo scenario di utilizzo per sala stampa

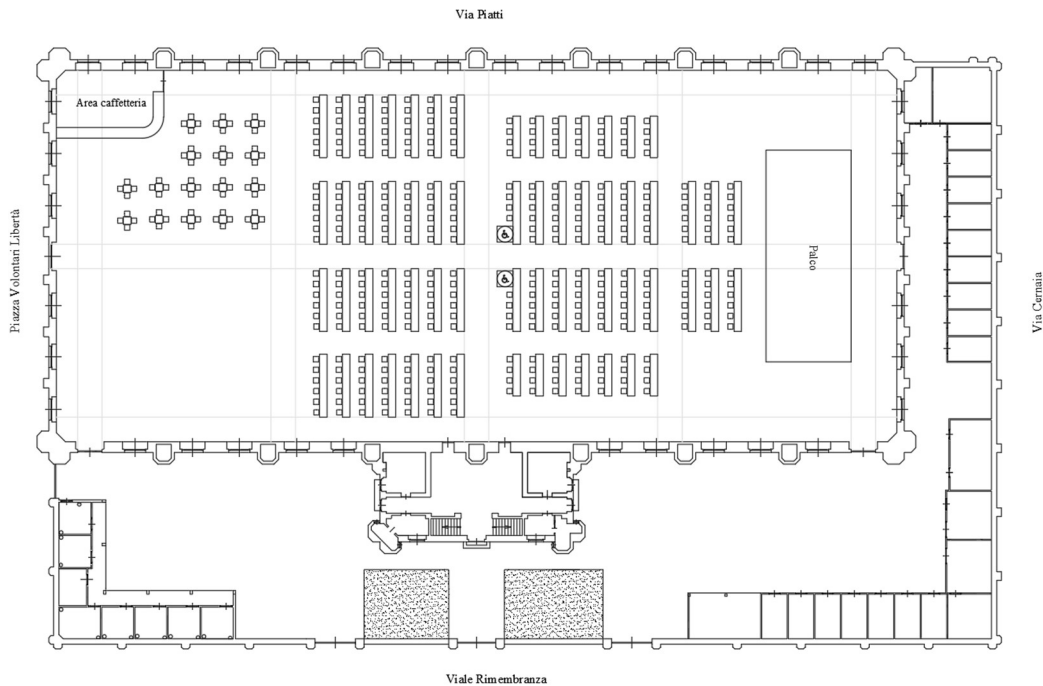


Figura 41 - Indicazione dei posti a sedere all'interno della configurazione di utilizzo come sala stampa

### 3.4.5.6 Affollamento sala eventi

L'affollamento nello scenario dedicato alla sala eventi è calcolato come somma del contributo della tabella S.4-13 per il calcolo dei posti seduti e della tabella S.4-12 per il calcolo della densità di affollamento dei posti in piedi, considerando la superficie indicata nella seguente immagine:

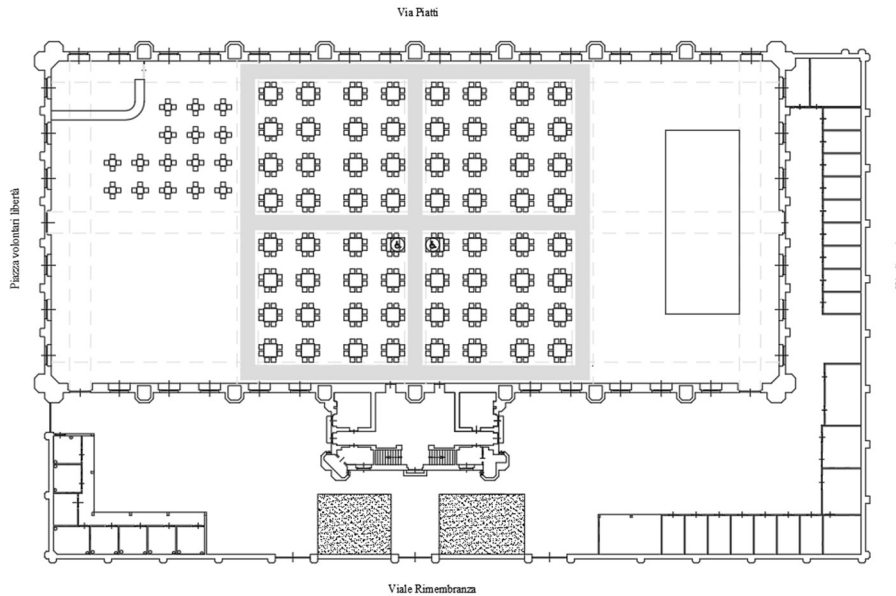


Figura 42 - Indicazione delle aree ragionevolmente occupate all'interno dello scenario dedicato alla sala eventi

Il numero degli occupanti è riassunto nella seguente tabella.

calcolo occupanti				
n	evento	densità affollamento [pers./m <sup>2</sup> ]	superficie [m <sup>2</sup> ]	occupanti [pers.]
1	Numero di posti seduti	-	-	510
2	Numero posti riservati disabilità	-	-	2
3	Mostre ed esposizioni	1,2	302	362

Tabella 21 - Calcolo numero di occupanti nello scenario di utilizzo per sala eventi

L'affollamento totale, sommando il numero di occupanti e il numero di addetti ammonta pertanto a 974 persone.

calcolo affollamento	
Occupanti	874
Addetti	100
	<b>974</b>

Tabella 22 - Definizione dell'affollamento totale per lo scenario di utilizzo per sala eventi

### 3.4.5.7 Affollamento utilizzo libero

Per quanto riguarda l'affollamento di uno scenario di utilizzo libero, è stata stimata la capacità massima della struttura conoscendo la larghezza delle aperture e la larghezza unitaria dettata dalla tabella S.4-27 in funzione del profilo di  $R_{vita}$ :

$$n_0 = \frac{L_0}{L_U} = \frac{2300 \cdot 4 + 1500}{4,1} = 2609 \text{ persone}$$

$R_{vita}$	Larghezza unitaria	$\Delta t_{coda}$	$R_{vita}$	Larghezza unitaria	$\Delta t_{coda}$
A1	3,40	330 s	B1, C1, E1	3,60	310 s
A2	3,80	290 s	<b>B2, C2, D1, E2</b>	<b>4,10</b>	<b>270 s</b>
A3	4,60	240 s	B1 [1], B2 [1], B3,	6,20	180 s
A4	12,30	90 s	C3, D2, E3		

I valori delle larghezze unitarie sono espressi in mm/persona ed assicurano una durata dell'attesa in coda, per gli occupanti che impiegano la specifica via d'esodo, non superiore a  $\Delta t_{coda}$ .  
[1] Per occupanti prevalentemente in piedi e densità d'affollamento > 0,7 p/m<sup>2</sup>.

Tabella 23– Larghezze unitarie per vie d'esodo orizzontali - [2] - Tabella S.4-27

### 3.4.5.8 Riassunto affollamento eventi

Si riporta un riassuntivo dei valori di affollamento individuati:

calcolo occupanti		
n	Evento	occupanti [pers.]
1	Auditorium – sala convegno	880
2	Esposizioni – mercatini	1000
3	Concerto parterre	1000
4	Attività con animali	931
5	Sala stampa	442
6	Sala eventi	974
7	Utilizzo libero	1000

Tabella 24 – Riepilogo delle densità di affollamento calcolate

Il responsabile dell'attività, in conformità a quanto previsto dal comma 2 del paragrafo S.4.6.2, può dichiarare un valore di affollamento inferiore rispetto a quello calcolato secondo le tabelle S.4-12 e S.4-13. Di conseguenza, viene imposto un numero massimo di occupanti pari a 1000.

### 3.4.5 Classificazione delle aree dell'attività

Le aree dell'attività sono classificate in funzione delle seguenti categorie individuate nel paragrafo V.15.3 – comma 2 del Codice di Prevenzione Incendi:

- *“TA1: ambiti non aperti al pubblico adibiti a sale prove o camerini, di superficie > 100 m<sup>2</sup>;*
- *TA2: ambiti non aperti al pubblico adibiti a camerini o servizi, comunicanti direttamente con la scena, di superficie complessiva > 50 m<sup>2</sup>;*
- *TA3: ambiti non aperti al pubblico adibiti ad uffici o servizi, di superficie > 200 m<sup>2</sup>;*
- *TO1: ambiti al chiuso ed accessibili al pubblico;*
- *TO2: ambiti, comprensivi delle relative vie d'esodo, all'aperto ed accessibili al pubblico;*
- *TK1: ambiti dove si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione, di superficie > 100 m<sup>2</sup>;*
- *TK2: scena di tipo separato;*
- *TM1: depositi con carico di incendio specifico  $q_f > 600 \text{ MJ/m}^2$ , aventi superficie > 200 m<sup>2</sup>;*
- *TM2: depositi con carico di incendio specifico  $q_f > 1200 \text{ MJ/m}^2$ ;*
- *TM3: depositi di servizio alla scena di superficie > 50 m<sup>2</sup>;*
- *TT1: locali in cui siano presenti quantità significative di apparecchiature elettriche ed elettroniche, locali tecnici rilevanti ai fini della sicurezza antincendio;*
- *TT2: aree destinate alla ricarica di accumulatori elettrici di trazione;*
- *TZ: altre aree non ricomprese nelle precedenti.” [2]*

Nelle seguenti tabelle per ciascuna delle aree individuate all'interno e all'esterno della struttura è riportata la classificazione e la superficie lorda:

<b>classificazione aree interne la struttura</b>			
<b>n</b>	<b>nome</b>	<b>classificazione</b>	<b>area lorda [m<sup>2</sup>]</b>
1	Area multifunzionale	TO1	3020
2	Locali accessori piano terra	TO1	166
3	Locali accessori piano primo	TO1	133
4	Ufficio sinistra	TZ	27
5	Ufficio destra	TZ	27

Tabella 25 - Classificazione delle aree interne la struttura secondo V.15.3 e superficie lorda



classificazione aree esterne la struttura			
<i>n</i>	<i>nome</i>	<i>classificazione</i>	<i>area lorda [m<sup>2</sup>]</i>
1	Deposito destra	TZ	40
2	Deposito sinistra	TZ	31
3	Box cavalli sinistra	TZ	30+20
4	Box cavalli destra	TZ	75
5	Tettoia foraggio	TZ	30
6	Bagni – spogliatoi	TO1	47
7	Bagni – spogliatoi disabili	TO1	42
8	Box pony	TZ	52

Tabella 26 - Classificazione delle aree esterne la struttura secondo V.15.3 e superficie lorda

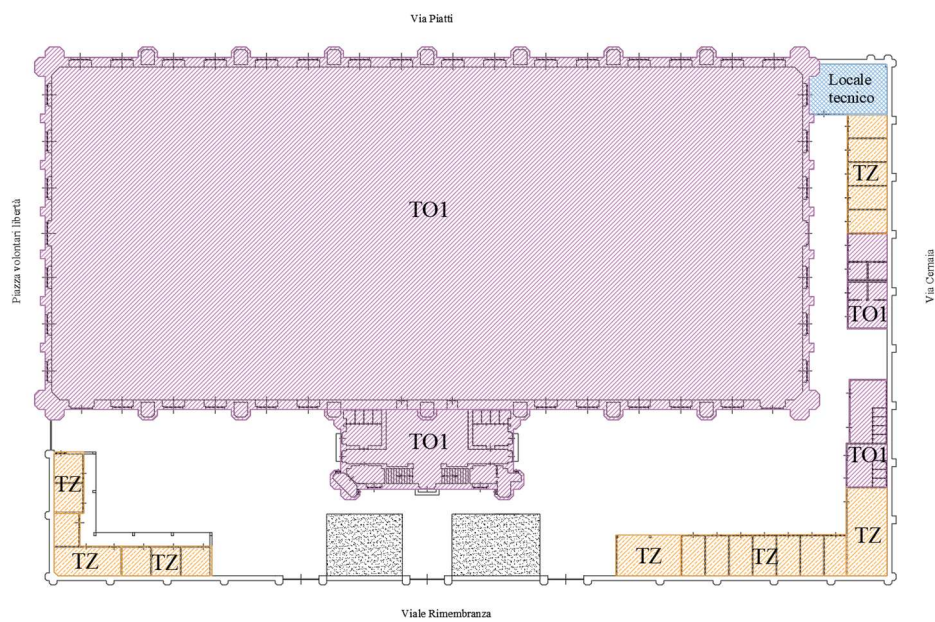


Figura 43 - classificazione aree dell'attività, piano terreno

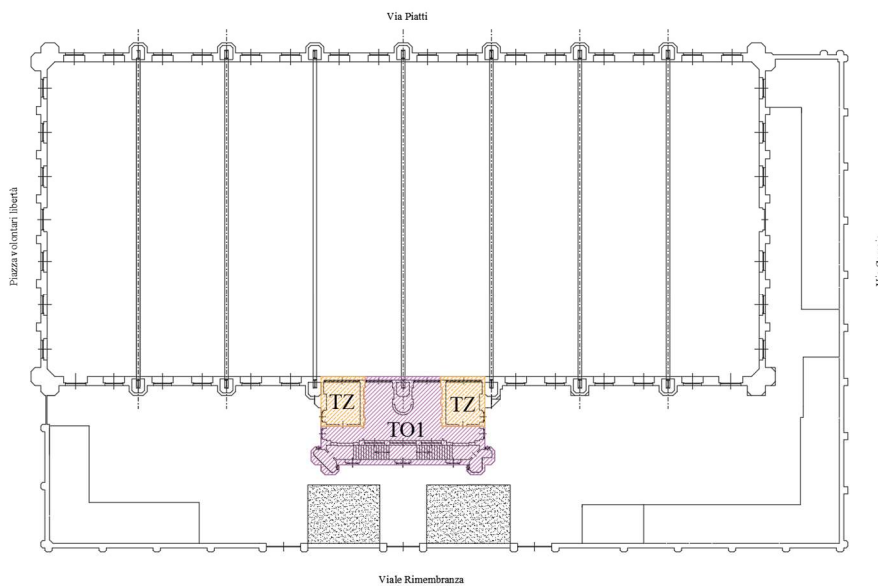


Figura 44 - classificazione aree dell'attività, piano primo

### 3.4.6 Strategia 1 – Reazione al fuoco

Nel Capitolo S.1 del Codice di Prevenzione Incendi viene definita la reazione al fuoco come una misura antincendio di protezione passiva che esplica i suoi principali effetti nella fase iniziale dell'incendio, con l'obiettivo di limitare l'innesco dei materiali e la propagazione dell'incendio.

L'attribuzione dei livelli di prestazione della presente strategia segue una distinzione in funzione del fatto che si tratti di vie di esodo e degli altri locali dell'attività. In particolare, nel caso in esame essendo presenti nella struttura categorie di occupanti A2 e B2, si individuano per le vie d'esodo un livello di prestazione III e per gli altri locali un livello di prestazione II.

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Vie d'esodo [1] non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
II	Vie d'esodo [1] dei compartimenti con profilo di rischio $R_{v,ia}$ in B1.
III	Vie d'esodo [1] dei compartimenti con profilo di rischio $R_{v,ia}$ in B2, B3, Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3, E1, E2, E3.
IV	Vie d'esodo [1] dei compartimenti con profilo di rischio $R_{v,ia}$ in D1, D2.
[1] Limitatamente a vie d'esodo verticali, percorsi d'esodo (corridoi, atri, filtri, ...) e spazi calmi.	

Tabella 27– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione alle vie d'esodo dell'attività - [2]- Tabella S.1-2

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Locali non ricompresi negli altri criteri di attribuzione.
II	Locali di compartimenti con profilo di rischio $R_{v,ia}$ in B2, B3, Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3, E1, E2, E3.
III	Locali di compartimenti con profilo di rischio $R_{v,ia}$ in D1, D2.
IV	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza.

Tabella 28– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione ad altri locali dell'attività - [2] - Tabella S.1-3

Livello di prestazione	Descrizione
I	Il contributo all'incendio dei materiali non è valutato
II	I materiali contribuiscono in modo significativo all'incendio
III	I materiali contribuiscono in modo moderato all'incendio
IV	I materiali contribuiscono in modo quasi trascurabile all'incendio
Per contributo all'incendio si intende l'energia rilasciata dai materiali che influenza la crescita e lo sviluppo dell'incendio in condizioni pre e post incendio generalizzato (flashover) secondo EN 13501-1.	

Tabella 29 – Livelli di prestazione [2] - Tabella S.1-1

Seguendo le soluzioni conformi indicate per i livelli di prestazione individuati si rende necessario l'utilizzo di materiali compresi nel gruppo GM3 per il livello di prestazione II e materiali del gruppo GM2 per il livello di prestazione III.

Si riportano le tabelle S.1-5, S.1-6, S.1-7 e S.1-8 nelle quali viene indicata la classe di reazione al fuoco per i materiali compresi nei gruppi GM2 e GM3.

Descrizione materiali	GM1		GM2		GM3	
	Ita	EU	Ita	EU	Ita	EU
Mobili imbottiti (poltrone, divani, divani letto, materassi, sommier, guanciali, topper, cuscini, sedie imbottite)	1 IM	[na]	1 IM	[na]	2 IM	[na]
Bedding (coperte, copriletti, coprimaterassi)	1		1		2	
Mobili fissati e non agli elementi strutturali (sedie e sedili non imbottiti)						
Tendoni per tensostrutture, strutture pressostatiche e tunnel mobili						
Sipari, drappaggi, tendaggi						
Materiale scenico, scenari fissi e mobili (quinte, velari, tendaggi e simili)						
[na] Non applicabile						

Tabella 30 – Classificazione in gruppi per arredamento, scenografia, tendoni per coperture - [2]- Tabella S.1.5

Descrizione materiali	GM1	GM2	GM3
	EU	EU	EU
Rivestimenti a soffitto [1]	A2-s1,d0	B-s2,d0	C-s2,d0
Controsoffitti, materiali di copertura [2], pannelli di copertura [2], lastre di copertura [2]			
Pavimentazioni sopraelevate (superficie nascosta)			
Rivestimenti a parete [1]	B-s1,d0		
Partizioni interne, pareti, pareti sospese			
Rivestimenti a pavimento [1]	B <sub>r</sub> -s1	C <sub>r</sub> -s1	C <sub>r</sub> -s2
Pavimentazioni sopraelevate (superficie calpestabile)			
[1] Qualora trattati con prodotti vernicianti ignifughi omologati ai sensi del DM 6/3/1992, questi ultimi devono essere idonei all'impiego previsto e avere la classificazione indicata di seguito (per classi differenti da A2): GM1 e GM2 in classe 1; GM3 in classe 2; per i prodotti vernicianti marcati CE, questi ultimi devono avere indicata la corrispondente classificazione.			
[2] Si intendono tutti i materiali utilizzati nell'intero pacchetto costituente la copertura, non soltanto i materiali esposti che costituiscono l'ultimo strato esterno.			

Tabella 31– Classificazione in gruppi di materiali per rivestimento e completamento - [2]- Tabella S.1-6

Descrizione materiali	GM1	GM2	GM3
	EU	EU	EU
Isolanti protetti [1]	C-s2,d0	D-s2,d2	E
Isolanti lineari protetti [1], [3]	C <sub>L</sub> -s2,d0	D <sub>L</sub> -s2,d2	E <sub>L</sub>
Isolanti in vista [2]	A2-s1,d0	B-s2,d0	B-s3,d0
Isolanti lineari in vista [2], [3]	A2 <sub>L</sub> -s1,d0	B <sub>L</sub> -s3,d0	B <sub>L</sub> -s3,d0
[1] Protetti con materiali non metallici del gruppo GM0 oppure prodotti di classe di resistenza al fuoco K 10 e classe minima di reazione al fuoco B-s1,d0.			
[2] Non protetti come indicato nella nota [1] della presente tabella.			
[3] Classificazione riferita a prodotti di forma lineare destinati all'isolamento termico di condutture di diametro massimo comprensivo dell'isolamento di 300 mm.			

Tabella 32– Classificazione in gruppi di materiali per l'isolamento - [2] - Tabella S.1-7

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Descrizione materiali	GM1		GM2		GM3	
	Ita	EU	Ita	EU	Ita	EU
Condotte di ventilazione e riscaldamento	[na]	A2-s1,d0	[na]	B-s2,d0	[na]	B-s3,d0
Condotte di ventilazione e riscaldamento preisolate [1]	[na]	B-s2,d0	[na]	B-s2,d0	[na]	B-s3,d0
Raccordi e giunti per condotte di ventilazione e riscaldamento (L < 1,5 m)	1	B-s1,d0	1	B-s2,d0	2	C-s3,d0
Canalizzazioni per cavi per energia, controllo e comunicazioni [2] [4] [5]	0	[na]	1	[na]	1	[na]
Cavi per energia, controllo e comunicazioni [2] [3] [6]	[na]	B2 <sub>ca</sub> -s1a,d0,a1	[na]	C <sub>ca</sub> -s1b,d0,a2	[na]	C <sub>ca</sub> -s3,d1,a3

[na] Non applicabile.  
 [1] La classe europea B-s2,d0 è ammessa solo se il componente isolante non è esposto direttamente alle fiamme per la presenza di uno strato di materiale incombustibile o di classe A1 che lo ricopre su tutte le facce, ivi inclusi i punti di interruzione longitudinali e trasversali della condotta. Utili riferimenti: EN 15423, EN 13403.  
 [2] Prestazione di reazione al fuoco richiesta solo quando le canalizzazioni, i cavi elettrici o i cavi di segnale non sono incassati in materiali incombustibili.  
 [3] La classificazione aggiuntiva relativa al gocciolamento *d0* può essere declassata a *d1* in presenza di IRAI di livello di prestazione III oppure qualora la *condizione d'uso finale* dei cavi sia tale da impedire fisicamente il gocciolamento (es. posa a pavimento, posa in canalizzazioni non forate, posa su controsoffitti non forati, ...).  
 [4] La classe 0 può essere declassata a 1 in presenza di IRAI di livello di prestazione III.  
 [5] la classe 1 non è richiesta per le canalizzazioni che soddisfano le prove di comportamento al fuoco previste dalle norme di prodotto armonizzate secondo la direttiva Bassa tensione (Direttiva 2014/35/UE).  
 [6] In sostituzione dei cavi C<sub>ca</sub>-s3,d1,a3 possono essere installati cavi E<sub>ca</sub> in presenza di IRAI di livello di prestazione III oppure in caso di posa singola.

Tabella 33– Classificazione in gruppi di materiali per impianti - [2]- Tabella S.1-8

All'interno della classificazione GM è possibile individuare due classi di reazione al fuoco, quelle italiane riferite al DM 26/6/1984 e quelle europee attribuibili solo ai prodotti da costruzione con riferimento al DM 10/3/2005.

Vi sono tuttavia delle prescrizioni aggiuntive derivanti dalla RTV.15 che impone che nelle vie d'esodo verticali siano impiegati materiali appartenenti almeno al gruppo GM2, mentre per le pavimentazioni possono essere impiegati materiali appartenenti al gruppo GM3 di reazione al fuoco.

Per quanto riguarda invece la RTV.12 non sono richieste verifiche dei requisiti di reazione al fuoco.

### 3.4.7 Strategia 2 – Resistenza al fuoco

L'obiettivo della strategia riguardante la resistenza al fuoco è quello di garantire la capacità portante e di compartimentazione delle strutture in condizioni di incendio.

Seguendo i criteri di attribuzione si ricade nel livello di prestazione III, il quale richiede il mantenimento delle caratteristiche di resistenza al fuoco per un periodo adeguato con la durata dell'incendio.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Assenza di conseguenze esterne per collasso strutturale
II	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione.
III	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la durata dell'incendio.
IV	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento della costruzione.
V	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa.

Tabella 34– Livelli di prestazione - [2]- Tabella S.2-1

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti e strutturalmente separate da esse e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni ad altre opere da costruzione o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima;</li> <li>• adibite ad attività afferenti ad un solo <i>responsabile dell'attività</i> e con profilo di rischio <math>R_{ben}</math> pari ad 1;</li> <li>• non adibite ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto.</li> </ul>
II	Opere da costruzione o porzioni di opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti;</li> <li>• strutturalmente separate da altre opere da costruzione e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni alle stesse o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima; oppure, in caso di assenza di separazione strutturale, tali che l'eventuale cedimento della porzione non arrechi danni al resto dell'opera da costruzione o all'esterno del confine dell'area su cui sorge l'attività medesima;</li> <li>• adibite ad attività afferenti ad un solo <i>responsabile dell'attività</i> e con i seguenti profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <math>R_{vta}</math> compresi in A1, A2, A3, A4;</li> <li>◦ <math>R_{ben}</math> pari ad 1;</li> </ul> </li> <li>• densità di affollamento <math>\leq 0,2</math> persone/m<sup>2</sup>;</li> <li>• non prevalentemente destinate ad occupanti con disabilità;</li> <li>• aventi piani situati a quota compresa tra -5 m e 12 m.</li> </ul>
III	Opere da costruzione non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV, V	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per opere da costruzione destinate ad attività di particolare importanza.

Tabella 35– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione - [2] - Tabella S.2-2

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Le soluzioni conformi previste dal Capitolo S.2 per livello di prestazione III richiedono una classe minima di resistenza al fuoco in funzione del carico specifico di progetto, secondo la seguente tabella:

Carico di incendio specifico di progetto	Classe minima di resistenza al fuoco
$q_{f,d} \leq 200 \text{ MJ/m}^2$	Nessun requisito
$q_{f,d} \leq 300 \text{ MJ/m}^2$	15
$q_{f,d} \leq 450 \text{ MJ/m}^2$	30
$q_{f,d} \leq 600 \text{ MJ/m}^2$	45
$q_{f,d} \leq 900 \text{ MJ/m}^2$	60
$q_{f,d} \leq 1200 \text{ MJ/m}^2$	90
$q_{f,d} \leq 1800 \text{ MJ/m}^2$	120
$q_{f,d} \leq 2400 \text{ MJ/m}^2$	180
$q_{f,d} > 2400 \text{ MJ/m}^2$	240

Tabella 36– Classe minima di resistenza al fuoco - [2]– Tabella S.2-3

La classe minima di resistenza al fuoco individuata dalle RTO non può essere inferiore alle indicazioni fornite dalla tabella V.15-1:

Compartimenti	Attività			
	HA	HB	HC	HD
Fuori terra	30 [1]	60		90
Interrati	-	90		

[1] Per le attività che occupano un unico piano a quota compresa fra -1 m e +1 m, in opere da costruzione destinate esclusivamente a tali attività e compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione, senza comunicazioni, si applica la classe minima di resistenza al fuoco indicata nel capitolo S.2.

Tabella 37– Classe di resistenza al fuoco - [2]- Tabella V.15-1

Infine, la RTV.12 impone che negli ambiti delle attività ove la natura dell'edificio tutelato non renda possibile l'adeguamento o la determinazione della classe richiesta dalla RTO e dalle pertinenti RTV sono ammessi unicamente determinati profili di rischio  $R_{vita}$  tra cui A2 e B2 e devono essere adottati tutti i seguenti requisiti aggiuntivi:

- valore di  $q_{f,d} \leq 200 \text{ MJ/m}^2$ , calcolato escludendo il contributo degli elementi strutturali portanti combustibili e dei beni tutelati presenti;
- incremento di un livello di prestazione della gestione della sicurezza antincendio (capitolo S.5) e del controllo dell'incendio (capitolo S.6).

### 3.4.7.1 Calcolo del carico di incendio specifico di progetto

Si riporta nel presente paragrafo il calcolo del carico di incendio specifico di progetto effettuato per la determinazione del livello di prestazione del capitolo S.2 del Codice di Prevenzione Incendi.

Il carico di incendio specifico di progetto è fornito dal carico di incendio specifico corretto in funzione di alcuni parametri rappresentativi del rischio di incendio e delle misure di protezione adottate. In particolare, sarà definito come:

$$q_{f,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot q_f$$

Dove:

- $q_{f,d}$  è il carico di incendio di progetto espresso in MJ/m<sup>2</sup>
- $\delta_{q1}$  è un fattore che corregge il carico di incendio specifico in funzione della superficie lorda del compartimento
- $\delta_{q2}$  è un fattore che corregge il carico di incendio specifico in funzione della tipologia di attività svolta nel compartimento
- $\delta_n$  è un fattore che tiene conto delle misure antincendio adottate all'interno del compartimento
- $q_f$  è il carico d'incendio specifico espresso in MJ/m<sup>2</sup>

Per la definizione di  $\delta_{q1}$  si fa riferimento alla tabella S.2-6 del Codice di Prevenzione Incendi. Sapendo che la superficie lorda del compartimento si trova tra 2500 e 5000 metri quadri si ottiene un valore di  $\delta_{q1}$  pari a 1,60.

Superficie lorda del compartimento [m <sup>2</sup> ]	$\delta_{q1}$	Superficie lorda del compartimento [m <sup>2</sup> ]	$\delta_{q1}$
A < 500	1,00	2500 ≤ A < 5000	1,60
500 ≤ A < 1000	1,20	5000 ≤ A < 10000	1,80
1000 ≤ A < 2500	1,40	A ≥ 10000	2,00

Tabella 38– Parametri per la definizione del fattore  $\delta_{q1}$  - [2] - Tabella S.2-6

Il fattore  $\delta_{q2}$  è definito in funzione della tabella S.2-7 ed assume un valore pari a 1.

Classi di rischio	Descrizione	$\delta_{q2}$
I	Aree che presentano un basso rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	0,80
II	Aree che presentano un moderato rischio di incendio in termini di probabilità d'innesco, velocità di propagazione di un incendio e possibilità di controllo dell'incendio stesso da parte delle squadre di emergenza	1,00
III	Aree che presentano un alto rischio di incendio in termini di probabilità d'innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	1,20

Tabella 39– Parametri per la definizione del fattore  $\delta_{q2}$  - [2] - Tabella S.2-7

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Infine, per la definizione del fattore  $\delta_n$  si fa riferimento alla tabella S.2-8 per la quale si ottiene un valore del parametro pari a:

$$\delta_n = \prod_i \delta_{ni} = 0,62$$

Misura antincendio minima		$\delta_{ni}$	
Controllo dell'incendio di livello di prestazione III (capitolo S.6)	rete idranti con protezione interna	$\delta_{n1}$	0,90
	rete idranti con protezione interna ed esterna	$\delta_{n2}$	0,80
Controllo dell'incendio di livello di prestazione IV (capitolo S.6)	sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna	$\delta_{n3}$	0,54
	altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna	$\delta_{n4}$	0,72
	sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna ed esterna	$\delta_{n5}$	0,48
	altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna ed esterna	$\delta_{n6}$	0,64
Gestione della sicurezza antincendio di livello di prestazione II [1] (capitolo S.5)		$\delta_{n7}$	0,90
Controllo di fumi e calore di livello di prestazione III (capitolo S.8)		$\delta_{n8}$	0,90
Rivelazione ed allarme di livello di prestazione III (capitolo S.7)		$\delta_{n9}$	0,85
Operatività antincendio di livello di prestazione IV (capitolo S.9)		$\delta_{n10}$	0,81
[1] Gli addetti antincendio devono garantire la presenza continuativa durante le 24 ore.			

Tabella 40– Parametri per la definizione dei fattori  $\delta_n$  - [2] - Tabella S.2-8

Il carico d'incendio, che rappresenta il potenziale termico netto della totalità dei materiali combustibili contenuti in uno spazio corretto in base ai parametri di partecipazione alla combustione dei singoli materiali, si esprime secondo l'espressione:

$$q = \sum g_i \cdot H_i \cdot m_i \cdot \psi_i$$

Dove  $g_i$  rappresenta la massa dell'i-esimo materiale espressa in kg,  $H_i$  rappresenta il potere calorifero espresso in  $\frac{MJ}{kg}$ . Per quanto riguarda  $m_i$  e  $\psi_i$  sono fattori correttivi, rispettivamente:

- $m_i$ : fattore di partecipazione alla combustione che può assumere i seguenti valori:

$m = 0,80$	per legno e altri materiali di natura cellulosica
$m = 1,00$	per tutti gli altri materiali combustibili



-  $\psi_i$ : fattore di limitazione della partecipazione alla combustione

$\psi = 0$	per materiali in contenitori progettati per resistere al fuoco
$\psi = 0,85$	per materiali in contenitori non combustibili e non appositamente progettati per resistere al fuoco, ma che conservino l'integrità durante l'incendio (contenitori o armadi metallici, ...); non valido quindi per contenitori in vetro, bombolette spray, o altri recipienti di facile cedimento in presenza di incremento della temperatura
$\psi = 1$	in tutti gli altri casi

Dalla precedente espressione, andando a dividere per la superficie in pianta lorda del compartimento si ottiene il carico specifico di incendio espresso in  $\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}$ :

$$q_f = \frac{\sum g_i \cdot H_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$$

Nella tabella seguente sono riportati i valori di carico specifico d'incendio associati alle diverse configurazioni di utilizzo. Alcuni di questi valori sono stati determinati utilizzando come base di riferimento la Tabella S.2.10 – "Densità di carico d'incendio" della norma UNI EN 1991-1-2, inclusa nel Capitolo S.2 del Codice di Prevenzione Incendi, e integrati con i contributi derivanti dagli elementi ragionevolmente prevedibili presenti nella configurazione considerata. Altri valori, invece, sono stati stimati interamente mediante il calcolo della somma dei contributi degli elementi presenti, arrivando così alla determinazione del carico specifico d'incendio complessivo.

configurazione di utilizzo	carico di incendio specifico [MJ/m <sup>2</sup> ]	carico di incendio di progetto [MJ/m <sup>2</sup> ]
auditorium-teatro	345	342
convegno	426	423
mercatini	510	506
mostra/esposizione	215	213
concerto in piedi	356	353
attività con animali	313	311
sala stampa	203	201
sala eventi	159	157
libero	287	284

Tabella 41 – Carico di incendio specifico e di progetto definiti per ogni configurazione di utilizzo

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Attività	Valore medio [MJ/m <sup>2</sup> ]	Frattile 80% [MJ/m <sup>2</sup> ]
Civili abitazioni	780	948
Ospedali (stanza)	230	280
Alberghi (stanza)	310	377
Biblioteche	1500	1824
Uffici	420	511
Scuole	285	347
Centri commerciali	600	730
Teatri (cinema)	300	365
Trasporti (spazio pubblico)	100	122

Tabella 42 - Densità di carico di incendio da UNI EN 1991-1-2 - [2] -Tabella S.2-10

#### 3.4.7.2 Considerazioni finali

Sono stati valutati i requisiti previsti dal Codice di Prevenzione Incendi per quanto concerne la resistenza al fuoco, con particolare riferimento alla classe di resistenza e al carico d'incendio specifico. Tuttavia, per quanto riguarda il soddisfacimento delle verifiche in termini di resistenza al fuoco, si rimanda a un'analisi più approfondita mediante l'adozione di una soluzione alternativa. In particolare, saranno condotte valutazioni aggiuntive specifiche sugli elementi strutturali della struttura, con particolare attenzione alla struttura reticolare metallica portante della copertura.

### 3.4.8 Strategia 3 – Compartimentazione

La finalità della compartimentazione è di limitare la propagazione dell'incendio e dei suoi effetti verso altre attività o all'interno della stessa attività. [2]

La compartimentazione è realizzata mediante i compartimenti antincendio, all'interno della stessa opera da costruzione e l'interposizione di distanze di separazione, tra opere da costruzione o altri bersagli combustibili, anche ubicati in spazio a cielo libero.

Seguendo la guida dei criteri di attribuzione, si ricade in un livello di prestazione II, il quale richiede che la propagazione dell'incendio verso altre attività e all'interno della stessa attività sia contrastata per un periodo congruo con la durata dell'incendio.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Nessun requisito
II	È contrastata per un periodo congruo con la durata dell'incendio: <ul style="list-style-type: none"> <li>● la propagazione dell'incendio verso altre attività;</li> <li>● la propagazione dell'incendio all'interno della stessa attività.</li> </ul>
III	È contrastata per un periodo congruo con la durata dell'incendio: <ul style="list-style-type: none"> <li>● la propagazione dell'incendio verso altre attività;</li> <li>● la propagazione dell'incendio e dei fumi freddi all'interno della stessa attività.</li> </ul>

Tabella 43– Livelli di prestazione - [2]- Tabella S.3-1

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Non ammesso nelle attività soggette
II	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione
III	In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività (es. attività con elevato affollamento, attività con geometria complessa o piani interrati, elevato carico di incendio specifico $q_f$ , presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio, ...). Si può applicare in particolare ove sono presenti compartimenti con profilo di rischio $R_{v,ia}$ compreso in D1, D2, Cii2, Cii3, Ciii2, Ciii3, per proteggere gli occupanti che dormono o che ricevono cure mediche.

Tabella 44– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione - [2] - Tabella S.3-2

Tra le soluzioni conformi viene indicato che per limitare la propagazione dell'incendio verso altre attività si rende necessario inserire diverse attività in compartimenti antincendio distinti o interporre una distanza di separazione a cielo libero tra le diverse attività. Per quanto riguarda invece la limitazione della propagazione all'interno della stessa attività si rende necessario suddividere la volumetria in compartimenti antincendio oppure interporre una distanza di separazione a cielo libero tra ambiti della stessa attività.

Nel capitolo RTV.15 sono fornite indicazioni specifiche per quanto riguarda le aree TO1; tuttavia, le aree non ricadono ad una quota che richieda misure antincendio aggiuntive. Viene

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

però indicato che per ciascuna sala non si applicano i limiti di massima superficie lorda dei compartimenti indicata al capitolo S.3.

Infine, le aree dell'attività devono possedere le caratteristiche di compartimentazione previste dalla tabella V.15-2:

Area	Attività			
	HA	HB	HC	HD
TO1, TA1	Nessun requisito			
TA2, TA3, TK2 [1], TM1 [2], TM3, TT1, TT2	Di tipo protetto			
TK1, TM2	Di tipo protetto [3]		Resto dell'attività a prova di fumo proveniente dalle aree TK1, TM2	
TZ	Secondo valutazione del rischio			
[1] Nessun requisito per il boccascena. [2] Nessun requisito per i locali guardaroba permanentemente presidiati. [3] Di tipo a prova di fumo se ubicati a quota < -1 m.				

Figura 45– Compartimentazione - [2] - Tabella V.15-3

Le aree TO1 non richiedono requisiti aggiuntivi, mentre le aree TZ richiedono specifica valutazione del rischio.

Per quanto concerne la RTV.12 non sono previste prescrizioni aggiuntive.

L'area multifunzionale rappresenta quindi un unico compartimento, mentre per quanto riguarda le aree esterne si ha che i due depositi rappresentano dei compartimenti a parte per le quali la valutazione del rischio indica che sia necessario compartimentare i locali.

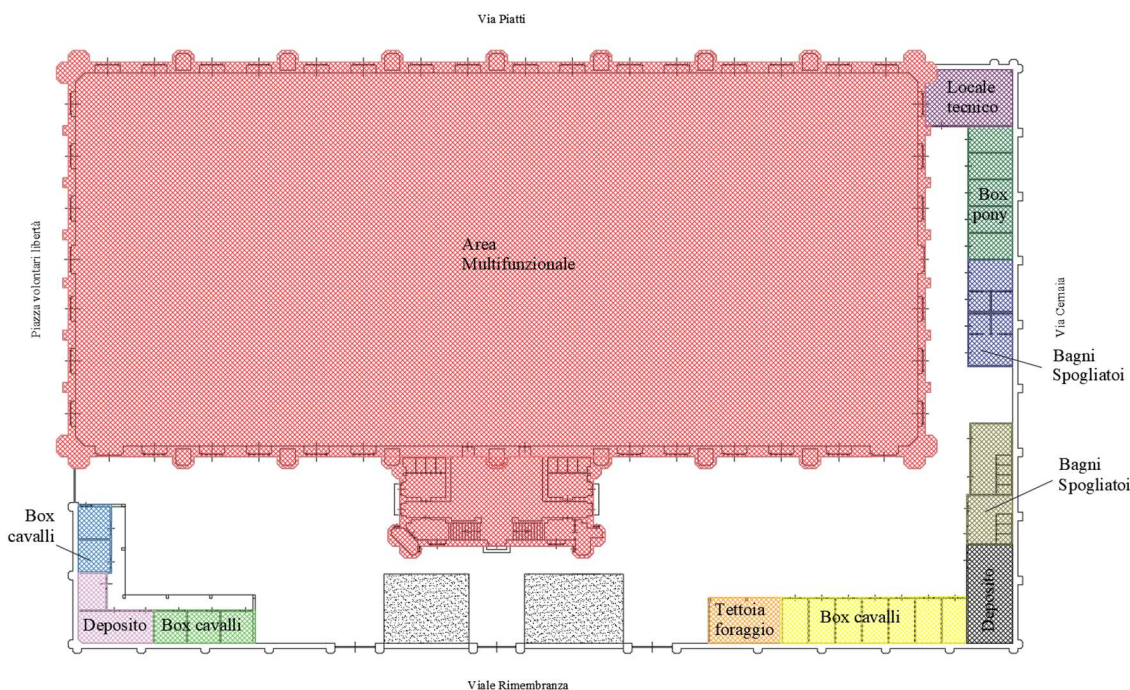


Figura 46 - Individuazione delle aree caratterizzanti la struttura

### 3.4.9 Strategia 4 – Esodo

La finalità del sistema d'esodo è di assicurare che gli occupanti dell'attività possano raggiungere un luogo sicuro o permanere al sicuro, autonomamente o con assistenza, prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell'attività ove si trovano.

Seguendo le indicazioni riportate all'interno del capitolo S.4 è possibile attribuire un livello di prestazione I, per il quale gli occupanti raggiungono un luogo sicuro prima che l'incendio porti ad avere condizioni incapacitanti nelle aree attraversate durante l'esodo.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Gli occupanti raggiungono un <i>luogo sicuro</i> prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell'attività attraversati durante l'esodo.
II	Gli occupanti sono protetti dagli effetti dell'incendio nel luogo in cui si trovano.

Figura 47 - Livelli di prestazione - [2] - Tabella S.4.1

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Tutte le attività
II	Ambiti per i quali non sia possibile assicurare il livello di prestazione I (es. a causa di dimensione, ubicazione, abilità degli occupanti, tipologia dell'attività, caratteristiche geometriche particolari, vincoli architettonici, ...)

Figura 48– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione - [2] - Tabella S.4-2

Per quanto concerne la progettazione del sistema di esodo, esso è dimensionato in funzione del profilo di rischio  $R_{vita}$  più gravoso; quindi, avendo individuato due profili che sono A2 e B2, sarà B2 ad essere più restrittivo in quanto gli occupanti sono in stato di veglia ma non hanno familiarità con l'edificio.

L'affollamento massimo è stato determinato in precedenza per la classificazione dell'attività di cui si riporta una tabella riassuntiva:

calcolo occupanti		
n	Evento	occupanti [pers.]
1	Auditorium – sala convegno	880
2	Esposizioni – mercatini	1000
3	Concerto parterre	1000
4	Attività con animali	931
5	Sala stampa	442
6	Sala eventi	974
7	Utilizzo libero	1000

Tabella 45 - Riepilogo delle densità di affollamento calcolate

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

La progettazione del sistema di esodo presenta alcuni requisiti minimi indicati al paragrafo S.4.7, dove viene indicato che, per quanto possibile, il sistema di esodo dovrebbe essere concepito tenendo conto che, in caso di emergenza, gli occupanti che non hanno familiarità con l'attività tendono solitamente ad uscire percorrendo in senso inverso la via che hanno impiegato per entrare. Viene inoltre indicato che la convergenza dei flussi da distinte vie d'esodo non deve essere ostacolata e che le vie d'esodo di ambiti aperti al pubblico non devono attraversare ambiti non aperti al pubblico.

La valutazione delle vie d'esodo e uscite indipendenti si rende necessaria per minimizzare la probabilità che possano essere contemporaneamente rese indisponibili dagli effetti dell'incendio. Al paragrafo S.4.8 viene indicato che debbano essere presenti almeno due vie di esodo indipendenti per permettere l'esodo degli occupanti e possono essere considerate indipendenti se presentano un angolo tra i percorsi rettilinei maggiore di 45 gradi, condizione verificata per il caso in esame.

Per quanto riguarda il numero di uscite indipendenti, al fine di limitare la probabilità che si sviluppi un sovraffollamento localizzato alle uscite il Codice di Prevenzione Incendi indica che deve essere previsto un numero di uscite minime indipendenti in funzione del profilo di rischio  $R_{vita}$ , secondo quanto previsto dalla tabella S.4-15:

$R_{vita}$	Affollamento dell'ambito servito	Numero minimo uscite indipendenti
Qualsiasi	> 500 occupanti	3
B1 [1], B2 [1], B3 [1]	> 200 occupanti	
Altri casi		2
Se ammesso corridoio cieco secondo le prescrizioni del paragrafo S.4.8.2.		1
[1] Ambiti con densità d'affollamento > 0,4 p/m <sup>2</sup>		

Tabella 46– Numero minimo di uscite indipendenti da locale o spazio a cielo libero - [2] - Tabella S.4-15

L'altezza minima delle vie d'esodo posta pari a 2 metri dal paragrafo S.4.8.4, tuttavia per la RTV.12 – Tabella V.12-1 viene imposta condizione più restrittiva portando il valore minimo a 1,80 metri; la condizione risulta essere verificata per tutti i locali.

La larghezza delle vie d'esodo deve essere valutata per tutta la via, ed è la minima misurata dal piano di calpestio fino all'altezza di 2 m, deducendo l'ingombro di eventuali elementi sporgenti con esclusione degli estintori. Tra gli elementi sporgenti non vanno considerati i corrimano e i dispositivi di apertura delle porte con sporgenza  $\leq 80$  mm.

Inoltre, nelle attività con densità di affollamento  $\geq 0,7$  persone/m<sup>2</sup>, ciascuna via d'esodo non deve presentare riduzioni di larghezza da monte a valle, al fine di limitare la probabilità che si sviluppino sovraffollamenti localizzati.

Al paragrafo S.4.8.7 viene definito come calcolare la larghezza minima della via d'esodo orizzontale  $L_0$ :

$$L_0 = L_U \cdot n_0$$

Dove:

- $L_U$  è la larghezza unitaria per le vie d'esodo orizzontali determinata dalla tabella S.4-27 in funzione del profilo di rischio  $R_{vita}$  di riferimento espressa in mm/persona
- $n_0$  è il numero degli occupanti che impiegano la via d'esodo orizzontale, nelle condizioni d'esodo più gravose

Nel caso in esame la larghezza unitaria per le vie d'esodo orizzontali si attesta pari a:

$R_{vita}$	Larghezza unitaria	$\Delta t_{coda}$	$R_{vita}$	Larghezza unitaria	$\Delta t_{coda}$
A1	3,40	330 s	B1, C1, E1	3,60	310 s
A2	3,80	290 s	<b>B2, C2, D1, E2</b>	<b>4,10</b>	<b>270 s</b>
A3	4,60	240 s	B1 [1], B2 [1], B3,	6,20	180 s
A4	12,30	90 s	C3, D2, E3		

I valori delle larghezze unitarie sono espressi in mm/persona ed assicurano una durata dell'attesa in coda, per gli occupanti che impiegano la specifica via d'esodo, non superiore a  $\Delta t_{coda}$ .

[1] Per occupanti prevalentemente in piedi e densità d'affollamento  $> 0,7$  p/m<sup>2</sup>.

Tabella 47– Larghezze unitarie per vie d'esodo orizzontali - [2] - Tabella S.4-27

Si ottiene quindi che per la larghezza minima della via d'esodo orizzontale in mm è pari a:

$$L_0 = L_U \cdot n_0 = 4,10 \cdot 1000 = 4100 \text{ mm} = 4,10 \text{ m}$$

La larghezza  $L_0$  può essere suddivisa tra più percorsi.

Al fine di limitare sviluppi di sovraffollamento localizzato, la larghezza di ciascun percorso deve rispettare i criteri della tabella S.4-28:

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Larghezza	Criterio
≥ 1200 mm	Affollamento dell'ambito servito > 1000 occupanti oppure > 200 occupanti prevalentemente in piedi e densità d'affollamento > 0,7 p/m <sup>2</sup>
≥ 1000 mm	Affollamento dell'ambito servito > 300 occupanti
≥ 900 mm	Affollamento dell'ambito servito ≤ 300 occupanti Larghezza adatta anche a coloro che impiegano ausili per il movimento
≥ 800 mm	Varchi da ambito servito con affollamento ≤ 50 occupanti
≥ 700 mm	Varchi da ambito servito con affollamento ≤ 10 occupanti (es. singoli uffici, camere d'albergo, locali di abitazione, appartamenti, ...)
≥ 600 mm	Ambito servito ove vi sia esclusiva presenza di personale specificamente formato, oppure occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti (es. locali impianti o di servizio, piccoli depositi, ...).

L'affollamento dell'ambito servito corrisponde al totale degli occupanti che impiegano ciascuna delle vie d'esodo che si dipartono da tale ambito.

Tabella 48– Larghezze minime per vie d'esodo orizzontali - [2] - Tabella S.4-8

Per quanto riguarda invece la definizione della larghezza minima delle vie d'esodo verticali, è calcolato nel caso di esodo simultaneo come:

$$L_V = L_U \cdot n_V$$

Dove:

- $L_V$  è la larghezza unitaria per le vie d'esodo verticali espressa in mm/persona determinata dalla tabella S.4-29 in funzione del profilo di rischio  $R_{vita}$  di riferimento e del numero di piani serviti
- $n_V$  è il numero totale degli occupanti che impiegano tale via d'esodo verticale

Per un profilo di rischio  $R_{vita}$  B2 e per un numero di piani serviti dalla via d'esodo verticale pari a 1, si ha che la larghezza minima unitaria è pari a 4,90 mm.

$R_{vita}$	Numero totale dei piani serviti dalla via d'esodo verticale										$\Delta t_{coda}$
	1	2 [F]	3	4	5	6	7	8	9	> 9	
A1	4,00	3,60	3,25	3,00	2,75	2,55	2,40	2,25	2,10	2,00	330 s
B1, C1, E1	4,25	3,80	3,40	3,10	2,85	2,65	2,45	2,30	2,15	2,05	310 s
A2	4,55	4,00	3,60	3,25	3,00	2,75	2,55	2,40	2,25	2,10	290 s
B2, C2, D1, E2	4,90	4,30	3,80	3,45	3,15	2,90	2,65	2,50	2,30	2,15	270 s
A3	5,50	4,75	4,20	3,75	3,35	3,10	2,85	2,60	2,45	2,30	240 s
B1 [1], B2 [1], B3, C3, D2, E3	7,30	6,40	5,70	5,15	4,70	4,30	4,00	3,70	3,45	3,25	180 s
A4	14,60	11,40	9,35	7,95	6,90	6,10	5,45	4,95	4,50	4,15	90 s

I valori delle larghezze unitarie sono espressi in mm/persona ed assicurano una durata dell'attesa in coda, per gli occupanti che impiegano la specifica via d'esodo, non superiore a  $\Delta t_{coda}$ .

I valori delle larghezze unitarie devono essere incrementati per le scale secondo le indicazioni della tabella S.4-30, oppure per le rampe secondo le indicazioni della tabella S.4-31.

[F] Impiegato anche nell'esodo per fasi

[1] Per occupanti prevalentemente in piedi e densità d'affollamento > 0,7 p/m<sup>2</sup>.

Tabella 49– Larghezze unitarie per vie d'esodo verticali - [2] - Tabella S.4-29



La larghezza minima della via d'esodo verticale espressa in mm è quindi pari a:

$$L_V = L_U \cdot n_V = 4,90 \cdot 100 = 490 \text{ mm} = 0,49 \text{ m}$$

Viene però richiesto un incremento della larghezza unitaria secondo le indicazioni della tabella S.4-30 essendo l'alzata compresa tra 17 e 18 centimetri e la pedata tra 25 e 30 cm.

Alzata gradini	Pedata gradini		
	$p \geq 30 \text{ cm}$	$25 \text{ cm} \leq p < 30 \text{ cm}$	$22 \text{ cm} \leq p < 25 \text{ cm}$
$a \leq 17 \text{ cm}$	0%	+10%	+25% [1]
$17 \text{ cm} < a \leq 18 \text{ cm}$	+5%	+15%	+50% [1]
$18 \text{ cm} < a \leq 19 \text{ cm}$	+15%	+25%	+100% [1]
$19 \text{ cm} < a \leq 22 \text{ cm}$	+25% [1]	+100% [1]	+200% [1]

Non sono ammessi gradini con pedata < 22 cm o alzata > 22 cm, salvo da locali ove vi sia esclusiva presenza di personale specificatamente formato, oppure occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti.  
Sono ammessi gradini a ventaglio; pedata ed alzata sono misurate a 300 mm dal lato interno della scala.  
[1] Queste combinazioni sono ammesse solo a seguito di specifica valutazione del rischio.

Tabella 50– Incremento larghezza unitaria delle scale d'esodo in relazione ai gradini - [2] - Tabella S.4-30

Si ottiene quindi:

$$L_V = 1,25 \cdot L_{V_{\min}} = 0.61 \text{ m}$$

Anche per quanto riguarda la larghezza  $L_V$  può essere divisa in più percorsi e al fine di limitare lo sviluppo di sovraffollamento si fa riferimento ai criteri individuati dalla tabella S.4-32 che impone una larghezza minima pari a 900 mm.

Larghezza	Criterio
$\geq 1200 \text{ mm}$	Affollamento dell'ambito servito > 1000 occupanti oppure > 200 occupanti prevalentemente in piedi e densità d'affollamento > 0,7 p/m <sup>2</sup>
$\geq 1000 \text{ mm}$	Affollamento dell'ambito servito > 300 occupanti
$\geq 900 \text{ mm}$	Affollamento dell'ambito servito $\leq 300$ occupanti
$\geq 600 \text{ mm}$	Ambito servito ove vi sia esclusiva presenza di personale specificatamente formato, oppure occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti (es. locali impianti o di servizio, piccoli depositi, ...).

L'affollamento dell'ambito servito corrisponde al totale degli occupanti che impiegano ciascuna delle vie d'esodo che si dipartono da tale ambito.

Tabella 51– Larghezze minime per vie d'esodo verticali - [2] - Tabella S.4-32

La RTV.15 prevede alcune prescrizioni per le vie d'esodo delle aree TO1, in particolare indica nel sistema di esodo non devono essere presenti tornelli, porte automatiche e che non deve attraversare le altre tipologie di aree individuate secondo il paragrafo V.15.3, comma 2.

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Per quanto riguarda la RTV.12 fornisce prescrizioni aggiuntive per l'impianto di illuminazione richiedendo nei punti critici il doppio dell'illuminamento minimo previsto dalla norma UNI EN 1838.

Inoltre, le porte di interesse storico artistico devono rimanere costantemente aperte durante l'esercizio dell'attività se non rispettano le prescrizioni della tabella S.4-6.

Ambito servito	Caratteristiche della porta		
	Occupanti serviti [1]	Verso di apertura	Dispositivo di apertura
Ambiti dell'attività non aperti al pubblico	n > 50 occupanti	Nel senso dell'esodo [2]	UNI EN 1125 [3]
Ambiti dell'attività aperti al pubblico	n > 25 occupanti		
Aree a rischio specifico	n > 10 occupanti		UNI EN 179 [3] [4]
	n > 5 occupanti		
Altri casi	Secondo risultanze della valutazione del rischio [5]		
<p>[1] Numero degli occupanti che impiegano la singola porta nella condizione d'esodo più gravosa, considerando anche la verifica di ridondanza di cui al paragrafo S.4.8.6.</p> <p>[2] Qualora l'esodo possa avvenire nelle due direzioni devono essere previste specifiche misure (es. porte distinte per ciascuna direzione, porte apribili nelle due direzioni, porte ad azionamento automatico, segnaletica variabile, ...). Sono escluse dal verso di apertura le porte ad azionamento automatico del tipo a scorrimento.</p> <p>[3] Oppure dispositivo per specifiche necessità, da selezionare secondo risultanze della valutazione del rischio (es. EN 13633, EN 13637, ...).</p> <p>[4] I dispositivi UNI EN 179 sono progettati per l'impiego da parte di personale specificamente formato.</p> <p>[5] Ove possibile, è preferibile che il verso di apertura sia comunque nel senso dell'esodo, anche qualora si mantenga il dispositivo di apertura ordinario.</p>			

Tabella 52– Caratteristiche delle porte ad apertura manuale lungo le vie d'esodo - [2] - Tabella S.4-6

Al paragrafo S.4.8.3 vengono riportati i criteri con cui definire le lunghezze d'esodo, in quanto al fine di limitare il tempo necessario di esodo degli occupanti viene richiesto che almeno una delle lunghezze d'esodo determinate non deve superare la lunghezza massima di esodo prevista dalla tabella S.4-25.

R <sub>vita</sub>	Max lunghezza d'esodo L <sub>es</sub>	R <sub>vita</sub>	Max lunghezza d'esodo L <sub>es</sub>
A1	≤ 70 m	B1, E1	≤ 60 m
A2	≤ 60 m	<b>B2, E2</b>	<b>≤ 50 m</b>
A3	≤ 45 m	B3, E3	≤ 40 m
A4	≤ 30 m	Cii1, Ciii1	≤ 40 m
D1	≤ 30 m	Cii2, Ciii2	≤ 30 m
D2	≤ 20 m	Cii3, Ciii3	≤ 20 m
I valori delle massime lunghezze d'esodo di riferimento possono essere incrementati in relazione a requisiti antincendio aggiuntivi, secondo la metodologia del paragrafo S.4.10.			

Tabella 53– Numero minimo di uscite indipendenti da locale o spazio a cielo libero - [2] - Tabella S.4-25

Essendo il profilo di rischio più restrittivo di tipo B2, la massima lunghezza risulta essere pari a 50 metri:

$$L_{es} = 50 \text{ m}$$

La lunghezza di esodo individuata risulta essere inferiore alla lunghezza dei percorsi individuati pertanto, si procede con l'incrementare la lunghezza secondo le indicazioni riportate al capitolo S.4.10:

$$L_{es} = (1 + \delta_m) \cdot L_{es}$$

Con

$$\delta_m = \sum_i \delta_{m,i}$$

In cui  $\delta_{m,i}$  rappresenta un fattore relativo a dei requisiti antincendio aggiuntivi secondo la tabella S.4-38:

Requisiti antincendio aggiuntivi		$\delta_{m,i}$
Rivelazione ed allarme di livello di prestazione IV (capitolo S.7)		15%
Controllo di fumi e calore di livello di prestazione III (capitolo S.8)		20%
Altezza media del locale servito dalla via d'esodo, $h_m$ in metri [1]	$\leq 3$ m	0%
	$> 3$ m, $\leq 4$ m	5%
	$> 4$ m, $\leq 5$ m	10%
	$> 5$ m, $\leq 6$ m	15%
	$> 6$ m, $\leq 7$ m	18%
	$> 7$ m, $\leq 8$ m	21%
	$> 8$ m, $\leq 9$ m	24%
	$> 9$ m, $\leq 10$ m	27%
	$> 10$ m	30%
[1] Qualora la via d'esodo serva più locali, si assume la minore tra le altezze medie.		

Tabella 54– Parametri per la definizione dei fattori  $\delta_{m,i}$  - [2] - Tabella S.4-38

Essendo presente un livello di prestazione pari a IV per rivelazione e allarme si può assumere una maggiorazione del 15%, tuttavia, non si soddisfa il requisito in termini di livello di prestazione per il controllo di fumi e calore, pertanto, il termine non verrà sommato. Per quanto concerne invece la media del locale servito dalla via d'esodo, si fa riferimento al locale con l'altezza media minore che nel caso in esame risulta essere il foyer che presenta un'altezza inferiore ai 3 metri; anche in questo caso non può essere considerata la maggiorazione di lunghezza. Si ottiene pertanto:

$$L_{es} = (1 + 0,15) \cdot 50 = 57,5 \text{ m}$$

#### 3.4.9.1 Considerazioni finali

L'incremento di lunghezza non risulta ancora sufficiente a soddisfare i requisiti indicati dal capitolo S.4, si procede quindi con uno studio mediante soluzione alternativa, al fine di verificare la compatibilità dei percorsi scelti con la salvaguardia della vita mediante la progettazione prestazionale assumendo come riferimento le soglie di prestazione indicate dalla tabella M.3-2.

### 3.4.10 Strategia 5 – Gestione della sicurezza antincendio

La gestione della sicurezza antincendio (GSA) rappresenta la misura antincendio organizzativa e gestionale dell'attività atta a garantirne, nel tempo, un adeguato livello di sicurezza in caso di incendio.

Secondo i criteri di attribuzione definiti dalla tabella S.5-2 è possibile definire un livello di prestazione III, che prevede la gestione della sicurezza antincendio per il mantenimento delle condizioni di esercizio e di risposta all'emergenza con struttura di supporto dedicata, questo perché è verificata la condizione di avere una struttura aperta al pubblico con affollamento complessivo maggiore di 300 occupanti.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Gestione della sicurezza antincendio per il mantenimento delle condizioni di esercizio e di risposta all'emergenza
II	Gestione della sicurezza antincendio per il mantenimento delle condizioni di esercizio e di risposta all'emergenza con struttura di supporto
III	Gestione della sicurezza antincendio per il mantenimento delle condizioni di esercizio e di risposta all'emergenza con struttura di supporto dedicata

Tabella 55– Livelli di prestazione - [2] - Tabella S.5-1

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Attività ove siano verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>● profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <math>R_{vza}</math> compresi in A1, A2;</li> <li>○ <math>R_{beni}</math> pari a 1;</li> <li>○ <math>R_{ambiente}</math> non significativo;</li> </ul> </li> <li>● non prevalentemente destinata ad occupanti con disabilità;</li> <li>● tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -10 m e 54 m;</li> <li>● carico di incendio specifico <math>q_f \leq 1200 \text{ MJ/m}^2</math>;</li> <li>● non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative;</li> <li>● non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.</li> </ul>
II	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione
III	Attività ove sia verificato <i>almeno una</i> delle seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>● profilo di rischio <math>R_{beni}</math> compreso in 3, 4;</li> <li>● se aperta al pubblico: affollamento complessivo &gt; 300 occupanti;</li> <li>● se non aperta al pubblico: affollamento complessivo &gt; 1000 occupanti;</li> <li>● numero complessivo di posti letto &gt; 100 e profili di rischio <math>R_{vza}</math> compresi in D1, D2, Ciii1, Ciii2, Ciii3;</li> <li>● si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative ed affollamento complessivo &gt; 25 occupanti;</li> <li>● si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio ed affollamento complessivo &gt; 25 occupanti.</li> </ul>

Tabella 56– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione - [2] - Tabella S.5-2

Il Codice di Prevenzione Incendi propone come soluzione conforme per il livello III la seguente tabella di riferimento:

Struttura organizzativa minima	Compiti e funzioni
Responsabile dell'attività	<ul style="list-style-type: none"> <li>• organizza la GSA in esercizio;</li> <li>• organizza la GSA in emergenza;</li> <li>• [1] predisporre, attua e verifica periodicamente il piano d'emergenza;</li> <li>• [1] provvede alla formazione ed informazione del personale su procedure ed attrezzature;</li> <li>• [1] nomina le figure della struttura organizzativa;</li> <li>• istituisce l'<i>unità gestionale GSA</i> (paragrafo S.5.7.7).</li> </ul>
[1] Coordinatore unità gestionale GSA	Coordina le attività di cui al paragrafo S.5.7.7.
[1] Coordinatore degli addetti del servizio antincendio	<p>Addetto al servizio antincendio, individuato dal responsabile dell'attività, che:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sovrintende ai servizi relativi all'attuazione delle misure antincendio previste;</li> <li>• programma la turnazione degli addetti del servizio antincendio;</li> <li>• coordina operativamente gli interventi degli addetti al servizio antincendio e la messa in sicurezza degli impianti;</li> <li>• si interfaccia con i responsabili delle squadre dei soccorritori;</li> <li>• segnala al <i>coordinatore dell'unità gestionale GSA</i> eventuali necessità di modifica delle procedure di emergenza.</li> </ul>
[1] Addetti al servizio antincendio	Attuano la GSA in esercizio ed in emergenza.
<b>GSA in esercizio</b>	Come prevista al paragrafo S.5.7
<b>GSA in emergenza</b>	Come prevista al paragrafo S.5.8
[1] Solo se attività lavorativa	

Tabella 57– Soluzioni conformi per il livello di prestazione III - [2] - Tabella S.5-5

#### 3.4.10.1 Gestione della sicurezza nell'attività in esercizio

La corretta gestione della sicurezza antincendio durante l'esercizio dell'attività è fondamentale per garantire l'efficacia complessiva delle altre misure antincendio adottate e deve includere i seguenti aspetti.

##### *Misure di prevenzione incendi*

Al fine di ridurre la probabilità di insorgenza di un incendio si rende necessario attuare misure di prevenzione, buone pratiche operative e una programmazione accurata della manutenzione, come descritto nel paragrafo S.5.5.

In particolare, si impone la pulizia e l'ordine dei luoghi, assicurando che i materiali siano stoccati correttamente e negli spazi deputati e si vieta l'uso di fiamme libere e di prodotti facilmente combustibili o infiammabili.

Gli accessi saranno controllati e sorvegliati e verranno controllate le vie di esodo per garantirne sempre la fruibilità.

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Per quanto riguarda gli occupanti saranno opportunamente informati sul comportamento da adottare e verrà fatto mediante degli addetti, che oltre all'informazione si occuperanno di indirizzare e gestire la folla in caso di emergenza.

#### *Controllo e manutenzione di impianti ed attrezzature antincendio*

Si rende necessario garantire il controllo e la manutenzione regolare degli impianti e delle attrezzature antincendio, come indicato nei paragrafi S.5.7.1 e S.5.7.3.

In particolare, è previsto che il responsabile dell'attività predisponga un registro dei controlli aggiornato e disponibile per gli organi di controllo contenente i controlli e gli interventi di manutenzione su sistemi, dispositivi e attrezzature; le attività di informazione, formazione ed addestramento e le prove di evacuazione.

Il controllo e la manutenzione degli impianti e delle attrezzature antincendio devono essere eseguiti conformemente alle disposizioni legislative e regolamentari vigenti, seguendo la regola dell'arte in accordo con le norme, specifiche tecniche (TS) e raccomandazioni tecniche (TR) pertinenti, oltre al manuale di uso e manutenzione dell'impianto o dell'attrezzatura.

La tabella S.5-8 elenca le principali norme di riferimento per il controllo e la manutenzione di impianti e attrezzature antincendio.

<b>Impianto o attrezzatura antincendio</b>	<b>Norme e TS per verifica, controllo, manutenzione</b>
Estintori	UNI 9994-1
RI	UNI 10779, UNI EN 671-3, UNI EN 12845
SPK	UNI EN 12845
IRAI	UNI 11224
SEFC	UNI 9494-3
Sistemi a pressione differenziale	UNI EN 12101-6
Sistemi a polvere	UNI EN 12416-2
Sistemi a schiuma	UNI EN 13565-2
Sistemi spray ad acqua	UNI CEN/TS 14816
Sistema estinguente ad aerosol condensato	UNI ISO 15779
Sistemi a riduzione di ossigeno	UNI EN 16750
Porte e finestre apribili resistenti al fuoco	UNI 11473
Sistemi di spegnimento ad estinguente gassoso	UNI 11280

*Tabella 58– Norme e TS per verifica, controllo e manutenzione di impianti e attrezzature antincendio - [2]- Tabella S.5-8*

Le operazioni di controllo e manutenzione devono essere effettuate con la cadenza temporale minima indicata dalle norme, TS, TR e dal manuale d'uso e devono essere svolte da personale esperto e qualificato.

*Preparazione all'emergenza*

La preparazione alla gestione dell'emergenza deve essere supportata da una pianificazione dettagliata delle azioni da intraprendere in caso di emergenza, tramite esercitazioni antincendio e prove d'evacuazione periodiche, come indicato nei paragrafi S.5.7.4 e S.5.7.5.

Una corretta gestione della sicurezza antincendio si esplica tramite la preparazione all'emergenza che riguarda tutte le azioni da intraprendere in caso di emergenza in risposta agli scenari incidentali ipotizzati. Essendo presenti dei lavoratori, devono essere adeguatamente formati ed addestrati per permettere una corretta attuazione del piano di emergenza.

In particolare, nella tabella S.5-9 sono indicati gli adempimenti minimi per la preparazione all'emergenza.

Livello di prestazione	Preparazione all'emergenza
I	<p>La preparazione all'emergenza può essere limitata all'informazione al personale ed agli occupanti sui comportamenti da tenere. Essa deve comprendere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● istruzioni per la chiamata del soccorso pubblico e le informazioni da fornire per consentire un efficace soccorso;</li> <li>● istruzioni di primo intervento antincendio, attraverso: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ azioni del responsabile dell'attività in rapporto alle squadre di soccorso;</li> <li>○ azioni degli eventuali addetti antincendio in riferimento alla lotta antincendio ed all'esodo, ivi compreso l'impiego di dispositivi di protezione ed attrezzature;</li> <li>○ azioni per la messa in sicurezza di apparecchiature ed impianti;</li> </ul> </li> <li>● istruzioni per l'esodo degli occupanti, anche per mezzo di idonea segnaletica;</li> <li>● istruzioni generali per prestare assistenza agli occupanti con specifiche necessità;</li> <li>● istruzioni specifiche per prestare assistenza agli occupanti con specifiche necessità, in caso di presenza non occasionale;</li> <li>● Istruzioni per il ripristino delle condizioni di sicurezza dopo l'emergenza.</li> </ul>
II, III	<p>La preparazione all'emergenza deve prevedere le procedure per la gestione dell'emergenza. In particolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● procedure di allarme: modalità di allarme, informazione agli occupanti, modalità di diffusione dell'ordine di evacuazione;</li> <li>● procedure di attivazione del centro di gestione delle emergenze, se previsto;</li> <li>● procedure di comunicazione interna e verso gli enti di soccorso pubblico: devono essere chiaramente definite le modalità e strumenti di comunicazione tra gli addetti del servizio antincendio e il centro di gestione dell'emergenza, ove previsto, individuate le modalità di chiamata del soccorso pubblico e le informazioni da fornire alle squadre di soccorso;</li> <li>● procedure di primo intervento antincendio, che devono prevedere le azioni della squadra antincendio per lo spegnimento di un principio di incendio, per l'assistenza degli occupanti nella evacuazione, per la messa in sicurezza delle apparecchiature o impianti;</li> <li>● procedure per l'esodo degli occupanti e le azioni di facilitazione dell'esodo;</li> <li>● procedure per assistere occupanti con ridotte o impedito capacità motorie, sensoriali e cognitive o con specifiche necessità;</li> <li>● procedure di messa in sicurezza di apparecchiature ed impianti: in funzione della tipologia di impianto e della natura dell'attività, occorre definire apposite sequenze e operazioni per la messa in sicurezza delle apparecchiature o impianti;</li> <li>● procedure di ripristino delle condizioni di sicurezza al termine dell'emergenza: in funzione della complessità della struttura devono essere definite le modalità con le quali garantire il rientro in condizioni di sicurezza degli occupanti ed il ripristino dei processi ordinari dell'attività.</li> </ul>

Tabella 59– Preparazione all'emergenza - [2] - Tabella S.5-9

I documenti e le planimetrie contenenti tutte le informazioni necessarie per la gestione delle emergenze, comprese le istruzioni o le procedure di esodo per i vari occupanti, sono parte integrante della preparazione all'emergenza.

Questi documenti tengono conto delle misure da adottare per l'assistenza agli occupanti con ridotte o impedito capacità motorie, sensoriali e cognitive o con specifiche necessità, prevedendo l'assistenza da parte degli addetti opportunamente formati a gestire la situazione, assistendo gli occupanti nel raggiungimento di un luogo sicuro.

Saranno esposte in modo visibile e distribuite le planimetrie che illustrano il sistema di esodo, l'ubicazione delle attrezzature antincendio e le istruzioni di comportamento da seguire in caso di emergenza.

#### ***3.4.10.2 Gestione della sicurezza in emergenza***

La G.S.A. durante l'emergenza deve prevedere l'attivazione ed attuazione del piano di emergenza secondo quanto disposto al paragrafo S.5.7.4 del codice di prevenzione incendi.

Inoltre, il coordinatore dell'unità gestionale GSA o sostituto identificato, in emergenza deve: prendere i corretti provvedimenti, in caso di pericolo immediato e grave, anche di interruzione delle attività fino al completo ripristino delle condizioni di sicurezza o coordinare il centro di gestione delle emergenze.

#### *Centro di gestione delle emergenze*

Al fine del coordinamento delle operazioni di emergenza deve essere predisposto un apposito centro di gestione delle emergenze, in particolare per piccole attività con profili di rischio compresi in A2 e B2 è possibile utilizzare un locale ad uso non esclusivo.

Secondo indicazione del paragrafo S.5.7.6, il centro di gestione delle emergenze deve essere equipaggiato con tutte le informazioni essenziali per affrontare le situazioni critiche, come pianificazioni, planimetrie e schemi funzionali degli impianti. Inoltre, deve disporre di strumenti di comunicazione che permettano di mantenere il contatto con le squadre di soccorso, il personale e gli occupanti, nonché di accedere rapidamente a numeri telefonici utili. Il locale destinato sarà chiaramente identificabile grazie ad apposita segnaletica di sicurezza.

#### *Unità gestionale GSA*

L'unità gestionale GSA è responsabile del monitoraggio, della revisione e del coordinamento della Gestione della Sicurezza Antincendio in situazioni di emergenza. Le indicazioni sull'attività dell'unità gestionale sono riportate nel capitolo S.5.7.7.



In esercizio, essa si occupa della gestione della sicurezza antincendio predisponendo le procedure gestionali e operative, oltre a tutta la documentazione relativa alla GSA. Provvede inoltre a rilevare eventuali non conformità del sistema e della sicurezza antincendio, segnalando tali irregolarità al responsabile dell'attività. In caso di modifiche, l'unità aggiorna la documentazione della GSA; in ogni caso sono soggetti a revisione periodica a cadenza stabilita. In situazioni di emergenza, il coordinatore dell'unità, o un suo sostituto, è incaricato di prendere provvedimenti in presenza di pericoli gravi e immediati, potendo anche decidere di interrompere le attività fino al ripristino delle condizioni di sicurezza. Inoltre, si occupa del coordinamento del centro di gestione delle emergenze.

Ulteriori prescrizioni vengono fornite dalla RTV.15 la quale indica che la GSA in esercizio deve prevedere la verifica delle condizioni di sicurezza prima dell'apertura al pubblico e una sorveglianza durante l'esercizio che rivolga particolare attenzione alle vie di esodo, ai sistemi di protezione attiva e tutti gli impianti rilevanti ai fini della sicurezza antincendio.

Inoltre, il capitolo RTV.12 indica alcuni requisiti aggiuntivi che riguardano la frequenza delle prove di attuazione del piano di emergenza, che devono essere effettuate almeno 3 volte l'anno e la prima prova deve essere fatta entro due mesi dall'apertura dell'attività.

Per di più viene indicato che deve essere predisposto dal responsabile dell'attività il piano di limitazione dei danni e deve essere aggiornato e adeguato a seguito delle esercitazioni.

#### ***3.4.10.3 Considerazioni finali***

Eseguite le valutazioni in conformità alle prescrizioni del Codice di Prevenzione Incendi e individuate le azioni da intraprendere per una gestione efficace dell'emergenza, si procede a dimostrare l'efficacia delle misure adottate attraverso idonee ipotesi di modellazione. Tale analisi sarà sviluppata nei capitoli successivi.

### 3.4.11 Strategia 6 – Controllo dell'incendio

Lo scopo della presente strategia è individuare i presidi antincendio necessari da installare all'interno dell'attività, al fine di proteggere dal rischio di un principio di incendio, inibire o controllare la propagazione delle fiamme ed estinguere l'incendio.

Secondo i criteri di attribuzione si ricade in un livello di prestazione pari a II.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Nessun requisito
II	Estinzione di un principio di incendio
III	Controllo o estinzione manuale dell'incendio
IV	Inibizione, controllo o estinzione dell'incendio con sistemi automatici estesi a porzioni di attività
V	Inibizione, controllo o estinzione dell'incendio con sistemi automatici estesi a tutta l'attività

Tabella 60– Livelli di prestazione - [2]- Tabella S.6-1

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Non ammesso nelle attività soggette
II	<p>Ambiti dove siano verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <math>R_{vita}</math> compresi in A1, A2, B1, B2, Cii1, Cii2, Ciii1, Ciii2;</li> <li>○ <math>R_{beni}</math> pari a 1, 2;</li> <li>○ <math>R_{ambiente}</math> non significativo;</li> </ul> </li> <li>● tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -5 m e 32 m;</li> <li>● carico di incendio specifico <math>q_f \leq 600 \text{ MJ/m}^2</math>;</li> <li>● per compartimenti con <math>q_f &gt; 200 \text{ MJ/m}^2</math>: superficie lorda <math>\leq 4000 \text{ m}^2</math>;</li> <li>● per compartimenti con <math>q_f \leq 200 \text{ MJ/m}^2</math>: superficie lorda qualsiasi;</li> <li>● non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative;</li> <li>● non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.</li> </ul>
III	Ambiti non ricompresi negli altri criteri di attribuzione.
IV	In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività (es. ambiti di attività con elevato affollamento, ambiti di attività con geometria complessa o piani interrati, elevato carico di incendio specifico $q_f$ , presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio, ...).
V	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza, previsti da regola tecnica verticale.

Tabella 61– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione - [2] - Tabella S.6-2

La tabella V.15-4 presente all'interno della RTV.15 conferma il livello di prestazione individuato secondo la strategia S.6, infatti la Regola Tecnica prevede che per le aree TO1 di un'attività OB-HA si assuma un livello di prestazione II.

Attività	Area	Attività			
		HA	HB	HC	HD
OB	TO1, TA1, TA3	II [1]		III	
OC, OD	TO1, TA1, TA3	III			
OD	TO2 [2]	III			
Qualsiasi	TA2, TK1, TK2	III [3]		IV	
Qualsiasi	TM2	IV			
Qualsiasi	TZ	Secondo valutazione del rischio			
<p>[1] Livello di prestazione III per i compartimenti delle attività con carico d'incendio specifico <math>q_f &gt; 600 \text{ MJ/m}^2</math>.</p> <p>[2] Livello di prestazione riferito alle attività soggette.</p> <p>[3] Livello di prestazione IV con carico d'incendio specifico <math>q_f &gt; 900 \text{ MJ/m}^2</math>, oppure con carico d'incendio specifico <math>q_f &gt; 600 \text{ MJ/m}^2</math> se ubicate in opere da costruzione con presenza di altre attività (fabbricato o edificio di tipo misto).</p>					

Tabella 62– Livelli di prestazione per controllo dell'incendio - [2]- Tabella V.15-4

Il livello di prestazione II corrisponde, secondo la tabella S.6-1, ad un'estinzione di un principio di incendio e pertanto secondo quanto previsto dalle soluzioni conformi si rende necessario installare degli estintori a protezione dell'intera attività. Nella scelta degli estintori secondo quanto previsto dalla RTV.12 si rende necessario tenere in considerazione la compatibilità degli stessi con i beni tutelati presenti.

Si rende necessario installare degli estintori che devono essere sempre disponibili per l'uso immediato e quindi devono trovarsi in posizione visibile e raggiungibile lungo le vie d'esodo; devono quindi trovarsi ad una quota pari a 110 cm dal piano di calpestio.

Al fine della selezione dell'agente estinguente pertanto si rende necessario effettuare una valutazione della classe di fuoco secondo quanto indicato dalla tabella s.6-4 che richiama la norma europea EN 2

Classe di fuoco	Descrizione	Estinguente
A	Fuochi di materiali solidi, usualmente di natura organica, che portano alla formazione di braci	L'acqua, l'acqua con additivi per classe A, la schiuma e la polvere sono le sostanze estinguenti più comunemente utilizzate per tali fuochi.
B	Fuochi di materiali liquidi o solidi liquefacibili	Per questo tipo di fuochi gli estinguenti più comunemente utilizzati sono costituiti da acqua con additivi per classe B, schiuma, polvere e biossido di carbonio.
C	Fuochi di gas	L'intervento principale contro tali fuochi è quello di bloccare il flusso di gas chiudendo la valvola di intercettazione o otturando la falla. A tale proposito si richiama il fatto che esiste il rischio di esplosione se un incendio di gas viene estinto prima di intercettare il flusso del gas.
D	Fuochi di metalli	Nessuno degli estinguenti normalmente utilizzati per i fuochi di classe A e B è idoneo per fuochi di sostanze metalliche che bruciano (alluminio, magnesio, potassio, sodio). In tali condizioni occorre utilizzare delle polveri speciali ed operare con personale specificamente addestrato.
F	Fuochi che interessano mezzi di cottura (oli e grassi vegetali o animali) in apparecchi di cottura	Gli estinguenti per fuochi di classe F spengono principalmente per azione chimica intervenendo sui prodotti intermedi della combustione di oli vegetali o animali. Gli estintori idonei per la classe F hanno superato positivamente la prova dielettrica. L'utilizzo di estintori a polvere e di estintori a biossido di carbonio contro fuochi di classe F è considerato pericoloso.

Tabella 63– Classi dei fuochi secondo la norma europea EN 2 ed agenti estinguenti - [2] - Tabella S.6-4

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

---

Si adotta quindi una protezione con estintori di classe A che viene estesa all'intera attività e i criteri per la massima distanza di raggiungimento e minima capacità estinguente vengono valutati secondo le indicazioni riportate nella tabella S.6-5.

Profilo di rischio R <sub>vita</sub>	Max distanza di raggiungimento	Minima capacità estinguente	Minima carica nominale
A1, A2	40 m	13 A	6 litri o 6 kg
A3, B1, B2, C1, C2, D1, D2, E1, E2	30 m	21 A	
A4, B3, C3, E3	20 m	27 A	

*Tabella 64– Criteri per l'installazione degli estintori di classe A - [2] - Tabella S.6-5*

Essendo le tipologie di profilo di rischio ricadenti nelle classi A2 e B2, si è scelto di adottare come massima distanza di raggiungimento 30 metri e massima capacità estinguente 21A.

### 3.4.12 Strategia 7 – Rivelazione ed allarme

Gli impianti IRAI sono progettati per la rivelazione incendio e segnalazione allarme incendi con l'obiettivo di rivelare precocemente un incendio e sorvegliare un'attività, permettendo di attivare misure protettive e gestionali.

Seguendo i criteri riportati al capitolo S.7.3, essendo che l'attività presenta un  $R_{beni}$  pari a 2, ricadrebbe all'interno del livello di prestazione III.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Rivelazione e diffusione dell'allarme di incendio mediante sorveglianza degli ambiti da parte degli occupanti dell'attività.
II	Rivelazione manuale dell'incendio mediante sorveglianza degli ambiti da parte degli occupanti dell'attività e conseguente diffusione dell'allarme.
III	Rivelazione automatica dell'incendio e diffusione dell'allarme mediante sorveglianza di ambiti dell'attività.
IV	Rivelazione automatica dell'incendio e diffusione dell'allarme mediante sorveglianza dell'intera attività.

Tabella 65– Livelli di prestazione - [2] - Tabella S.7-1

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	<p>Ambiti dove siano verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <math>R_{vita}</math> compresi in A1, A2;</li> <li>○ <math>R_{beni}</math> pari a 1;</li> <li>○ <math>R_{ambiente}</math> non significativo;</li> </ul> </li> <li>● attività non aperta al pubblico;</li> <li>● densità di affollamento <math>\leq 0,2</math> persone/m<sup>2</sup>;</li> <li>● non prevalentemente destinata ad occupanti con disabilità;</li> <li>● tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -5 m e 12 m;</li> <li>● carico di incendio specifico <math>q_f \leq 600</math> MJ/m<sup>2</sup>;</li> <li>● superficie lorda di ciascun compartimento <math>\leq 4000</math> m<sup>2</sup>;</li> <li>● non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative;</li> <li>● non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.</li> </ul>
II	<p>Ambiti dove siano verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <math>R_{vita}</math> compresi in A1, A2, B1, B2;</li> <li>○ <math>R_{beni}</math> pari a 1;</li> <li>○ <math>R_{ambiente}</math> non significativo;</li> </ul> </li> <li>● densità di affollamento <math>\leq 0,7</math> persone/m<sup>2</sup>;</li> <li>● tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -10 m e 54 m;</li> <li>● carico di incendio specifico <math>q_f \leq 600</math> MJ/m<sup>2</sup>;</li> <li>● non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative;</li> <li>● non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.</li> </ul>
III	Ambiti non ricompresi negli altri criteri di attribuzione.
IV	In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività (es. ambiti o attività con elevato affollamento, ambiti o attività con geometria complessa o piani interrati, elevato carico di incendio specifico $q_f$ , presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio, presenza di inneschi significativi,...).

Tabella 66– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione - [2] - Tabella S.7-2

Tuttavia, le RTV presentano alcune prescrizioni, in particolare la regola tecnica verticale dedicata alle attività di intrattenimento e spettacolo prevede che in funzione dell'attività e dell'area sia attribuito un dato livello di prestazione.

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Attività	Area	Livello di prestazione
Qualsiasi	TO2	I
OA, OB [1]	TO1	
OB, OC, OD	-	IV

[1] Attività non soggette, costituite da un'unica sala che si sviluppa al solo piano di riferimento, con uscite dirette su luogo sicuro, prive di aree TA1, TA3, TK1, TK2, TM1, TM2, TM3, TT1 o TT2.

Tabella 67– Livelli di prestazione per rivelazione ed allarme - [2] - Tabella V.15-7

Inoltre, viene indicato quali aree necessitano installazione del sistema EVAC:

Attività	Area
OB [1]	TO1, TA1, TA2
OC, OD	
OC, OD	TO2 [2]

[1] Per attività con densità d'affollamento  $\leq 0,7$  pp/m<sup>2</sup>, costituite da un'unica sala che si sviluppa al solo piano di riferimento, con uscite dirette su luogo sicuro, prive di aree TA1, TA3, TK1, TK2, TM1, TM2, TM3, TT1 o TT2 è possibile omettere il sistema EVAC.  
 [2] Nelle attività con aree accessibili al pubblico esclusivamente all'aperto è possibile omettere i requisiti di resistenza al fuoco dei componenti del sistema EVAC.

Tabella 68– Aree di installazione del sistema EVAC - [2] - Tabella V.15-8

Le prescrizioni più restrittive provengono però provengono dalla RTV.12 la quale impone che deve essere assunto un livello di prestazione IV.

La soluzione conforme prevede l'installazione di un sistema di rivelazione automatica dell'incendio per l'intera attività, unitamente alla predisposizione di funzioni secondarie volte a garantire il controllo e l'avvio automatico dei sistemi di protezione attiva, nonché il controllo e l'arresto degli impianti tecnologici, di servizio o di processo non destinati a funzionare durante l'incendio.

Si riporta a seguire la tabella S.7-3 che contiene tutte le prescrizioni che devono essere implementate per il livello S.7, dove viene fatto utilizzo delle seguenti sigle che riportano le prescrizioni riguardanti le funzioni principali e secondarie degli IRAI:

A, Rivelazione automatica dell'incendio
B, Funzione di controllo e segnalazione
D, Funzione di segnalazione manuale
L, Funzione di alimentazione
C, Funzione di allarme incendio

Tabella 69– Funzioni principali degli IRAI secondo EN 54-1 e UNI 9795 - [2] - Tabella S.7-5

E, Funzione di trasmissione dell'allarme incendio
F, Funzione di ricezione dell'allarme incendio
G, Funzione di comando del sistema o attrezzatura di protezione contro l'incendio
H, Sistema o impianto automatico di protezione contro l'incendio
J, Funzione di trasmissione dei segnali di guasto
K, Funzione di ricezione dei segnali di guasto
M, Funzione di controllo e segnalazione degli allarmi vocali
N, Funzione di ingresso e uscita ausiliaria
O, Funzione di gestione ausiliaria ( <i>building management</i> )

Tabella 70 – Funzioni secondarie degli IRAI secondo EN 54-1 e UNI 9795 - [2] - Tabella S.7-5

Livello di prestazione	Aree sorvegliate	Funzioni minime degli IRAI		Funzioni di evacuazione ed allarme	Funzioni di impianti [1]
		Funzioni principali	Funzioni secondarie		
I	-	[2]		[3]	[4]
II	-	B, D, L, C	-	[9]	[4]
III	[12]	A, B, D, L, C	E, F [5], G, H, N [6]	[9]	[4] o [11]
IV	Tutte	A, B, D, L, C	E, F [5], G, H, M [7], N, O [8]	[9] o [10]	[11]

[1] Funzioni di avvio protezione attiva ed arresto o controllo di altri impianti o sistemi.  
[2] Non sono previste funzioni, la rivelazione e l'allarme sono demandate agli occupanti.  
[3] L'allarme è trasmesso tramite segnali convenzionali codificati nelle procedure di emergenza (es. a voce, suono di campana, accensione di segnali luminosi, ...) comunque percepibili da parte degli occupanti.  
[4] Demandate a procedure operative nella pianificazione d'emergenza.  
[5] Funzioni E ed F previste solo quando è necessario trasmettere e ricevere l'allarme incendio.  
[6] Funzioni G, H ed N non previste ove l'avvio dei sistemi di protezione attiva e controllo o arresto altri impianti sia demandato a procedure operative nella pianificazione d'emergenza.  
[7] Funzione M prevista solo se richiama l'installazione di un EVAC.  
[8] Funzione O prevista solo in attività dove si prevedono applicazioni domestiche (*building automation*).  
[9] Con dispositivi di diffusione visuale e sonora o altri dispositivi adeguati alle capacità percettive degli occupanti ed alle condizioni ambientali (es. segnalazione di allarme ottica, a vibrazione, ...).  
[10] Per elevati affollamenti, geometrie complesse, può essere previsto un sistema EVAC secondo norma UNI ISO 7240-19.  
[11] Automatiche su comando della centrale o mediante centrali autonome di azionamento (asservite alla centrale master), richiede le funzioni secondarie E, F, G, H ed N della EN 54-1.  
[12] Spazi comuni, percorsi d'esodo (anche facenti parte di sistema d'esodo comune) e spazi limitrofi, compartimenti con profili di rischio  $R_{va}$  in Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3, D1 e D2, aree dei beni da proteggere, aree a rischio specifico.

Tabella 71 – Soluzioni conformi per rivelazione ed allarme incendio - [2] - Tabella S.7-3

I presidi antincendio devono essere indicati da segnaletica di sicurezza UNI EN ISO 7010.

### 3.4.12.1 Considerazioni finali

Definita la necessità di rivelazione automatica dell'incendio e diffusione dell'allarme mediante sorveglianza di ambiti dell'attività, è stato scelto di ricavare i tempi necessari alla rivelazione mediante modellazione prestazionale. I valori risultano di fondamentale importanza per le verifiche con Pathfinder per la salvaguardia della vita.

### 3.4.13 Strategia 8 – Controllo di fumi e calore

La presente strategia ha come scopo l'individuazione dei presidi antincendio da installare nell'attività per consentire il controllo, l'evacuazione o lo smaltimento dei prodotti della combustione in caso di incendio. Secondo la strategia S.8 presenta i seguenti livelli di prestazione:

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>• la salvaguardia degli occupanti e delle squadre di soccorso,</li> <li>• la protezione dei beni, se richiesta.</li> </ul> Fumi e calore generati nel compartimento non devono propagarsi ai compartimenti limitrofi.

Tabella 72– Livelli di prestazione - [2] - Tabella S.8-1

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Compartimenti dove siano verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>• carico di incendio specifico <math>q_f \leq 600 \text{ MJ/m}^2</math>;</li> <li>• per compartimenti con <math>q_f &gt; 200 \text{ MJ/m}^2</math>: superficie lorda <math>\leq 25 \text{ m}^2</math>;</li> <li>• per compartimenti con <math>q_f \leq 200 \text{ MJ/m}^2</math>: superficie lorda <math>\leq 100 \text{ m}^2</math>;</li> <li>• non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative;</li> <li>• non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.</li> </ul>
II	Compartimento non ricompreso negli altri criteri di attribuzione.
III	In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività (es. attività con elevato affollamento, attività con geometria complessa o piani interrati, elevato carico di incendio specifico $q_f$ , presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio, ...).

Tabella 73– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione - [2] - Tabella S.8-2

L'attribuzione del livello di prestazione viene fatta secondo le disposizioni riportate nella tabella V.15-9, dove viene indicato per le aree TO1 con attività alle quali è associato OB, di avere un livello di prestazione pari a II.

Attività			
OA	OB	OC	OD
II [1]		III [2]	
[1] Per i teatri con scena integrata è richiesto il livello di prestazione III. [2] Per le singole sale di superficie $\leq 600 \text{ m}^2$ è ammesso il livello di prestazione II con aperture di smaltimento di tipo SEb o SEc.			

Tabella 74– Livelli di prestazione per il controllo fumi e calore - [2] - Tabella V.15-9

Il Codice di Prevenzione Incendi prevede che, per il livello di prestazione II, in ogni compartimento sia garantita la possibilità di smaltimento di fumi e calore, con la sola finalità



di agevolare le operazioni di estinzione da parte dei soccorritori, senza l'obiettivo di creare un adeguato strato libero dai fumi.

Le aperture di smaltimento sono classificate in funzione della tipologia di realizzazione indicata dalla tabella S.8-4.

Tipo di impiego	Descrizione
SEa	Permanentemente aperte
SEb	Dotate di sistema automatico di apertura con attivazione asservita ad IRAl
SEc	Provviste di elementi di chiusura (es. infissi, ...) ad apertura comandata da posizione protetta e segnalata
SEd	Provviste di elementi di chiusura non permanenti (es. infissi, ...) apribili anche da posizione non protetta
SEe	Provviste di elementi di chiusura permanenti (es. lastre in polimero PMMA, policarbonato, ...) per cui sia possibile l'apertura nelle effettive condizioni d'incendio (es. condizioni termiche generate da incendio naturale sufficienti a fondere efficacemente l'elemento di chiusura, ...) o la possibilità di immediata demolizione da parte delle squadre di soccorso.

Tabella 75– Tipi di realizzazione delle aperture di smaltimento - [2] - Tabella S.8-4

Per quanto riguarda il dimensionamento, la superficie utile minima complessiva SE è calcolata secondo come indicato dalla tabella S.8-5 in funzione del carico di incendio specifico e della superficie lorda di ciascun piano del compartimento.

Tipo di dimensionamento	Carico di incendio specifico $q_f$	SE [1] [2]	Requisiti aggiuntivi
SE1	$q_f \leq 600 \text{ MJ/m}^2$	$A / 40$	-
SE2	$600 < q_f \leq 1200 \text{ MJ/m}^2$	$A \cdot q_f / 40000 + A / 100$	-
SE3	$q_f > 1200 \text{ MJ/m}^2$	$A / 25$	10% di SE di tipo SEa o SEb o SEc
[1] Con SE superficie utile delle aperture di smaltimento in $\text{m}^2$			
[2] Con A superficie lorda di ciascun piano del compartimento in $\text{m}^2$			

Tabella 76– Tipi di dimensionamento per le aperture di smaltimento - [2] - Tabella S.8-5

Essendo il carico di incendio specifico considerato sempre  $q_f \leq 600 \text{ MJ/m}^2$  si ricava che la superficie utile minima complessiva SE per il piano a quota 0,00 m è pari a:

$$SE = A/40 = (3020 + 166)/40 = 79.64 \text{ m}^2$$

Mentre per il piano a quota 3,05 m è pari a:

$$SE = A/40 = 166/40 = 4.15 \text{ m}^2$$

Le aperture di smaltimento devono essere disposte uniformemente in pianta imponendo che il compartimento sia completamente coperto in pianta dalle aree di influenza delle aperture di smaltimento ad esso pertinenti, imponendo nel calcolo un raggio di influenza  $r_{\text{offset}}$  pari a 20 m.

Per quanto riguarda l'area multifunzionale, essendo caratterizzata da una superficie vetrata in copertura, si è deciso di predisporre un certo numero di aperture che si aprano automaticamente in caso di incendio. Nella seguente immagine si può visualizzare mediante i retini le aperture

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

---

selezionate e l'area di influenza creata dall' $r_{offset}$  pari a 20 m imposto per ogni finestra, successivamente uniti nella seconda immagine.

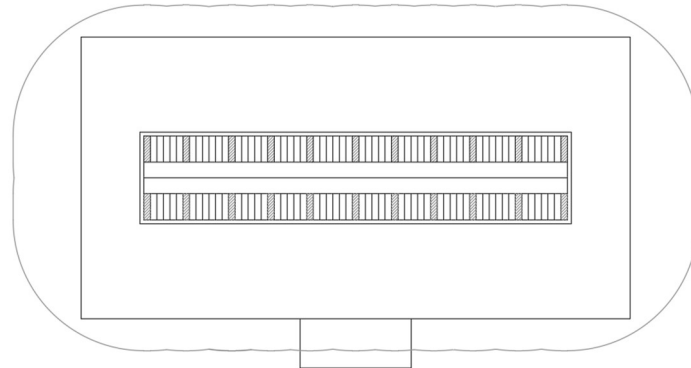


Figura 49 - Individuazione area influenza  $r_{offset}$

Con questa conformazione si ottiene una superficie pari a:

$$SE = 88 \text{ m}^2$$

Saranno comunque previste delle superfici per le aree all'interno del locale aggettante per il controllo fumi e calore.

Sono inoltre state previste delle aperture per il piano a quota 3,05 m per un totale di superficie pari a:

$$SE = 11,60 \text{ m}^2$$

#### **3.4.13.1 Considerazioni finali**

Data la necessità di un livello di prestazione IV per la strategia S.7, è stata adottata la soluzione di realizzare un impianto collegato al sistema IRAI, valutando l'impatto dell'apertura automatica dei serramenti individuati in copertura sul controllo di fumi e calore. In particolare, le simulazioni risultano di rilevante importanza sia per la salvaguardia della vita umana sia per la verifica della resistenza strutturale.

### 3.4.14 Strategia 9 – Operatività antincendio

L'operatività antincendio ha lo scopo di agevolare la conduzione di interventi di soccorso.

In funzione dei criteri di attribuzione riportati al capitolo S.9, essendo che la struttura è aperta al pubblico con un affollamento complessivo maggiore di 300 occupanti, si ricade all'interno del livello IV di prestazione.

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Non ammesso nelle attività soggette
II	Opere da costruzione dove siano verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>● profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <math>R_{vita}</math> compresi in A1, A2, B1, B2;</li> <li>○ <math>R_{beni}</math> pari a 1;</li> <li>○ <math>R_{ambiente}</math> non significativo;</li> </ul> </li> <li>● densità di affollamento <math>\leq 0,2</math> persone/m<sup>2</sup>;</li> <li>● tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -5 m e 12 m;</li> <li>● carico di incendio specifico <math>q_f \leq 600</math> MJ/m<sup>2</sup>;</li> <li>● per compartimenti con <math>q_f &gt; 200</math> MJ/m<sup>2</sup>: superficie lorda <math>\leq 4000</math> m<sup>2</sup>;</li> <li>● per compartimenti con <math>q_f \leq 200</math> MJ/m<sup>2</sup>: superficie lorda qualsiasi;</li> <li>● non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative;</li> <li>● non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.</li> </ul>
III	Opere da costruzione non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV	Opere da costruzione dove sia verificata <i>almeno una</i> delle seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> <li>● profilo di rischio <math>R_{beni}</math> compreso in 3, 4;</li> <li>● se aperta al pubblico: affollamento complessivo <math>&gt; 300</math> occupanti;</li> <li>● se non aperta al pubblico: affollamento complessivo <math>&gt; 1000</math> occupanti;</li> <li>● numero totale di posti letto <math>&gt; 100</math> e profili di rischio <math>R_{vita}</math> compresi in D1, D2, Ciii1, Ciii2, Ciii3;</li> <li>● si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative ed affollamento complessivo <math>&gt; 25</math> occupanti;</li> <li>● si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio ed affollamento complessivo <math>&gt; 25</math> occupanti.</li> </ul>

Tabella 77– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione - [2] - Tabella S.9-2

Livello di prestazione	Descrizione
I	Nessun requisito
II	Accessibilità per mezzi di soccorso antincendio
III	Accessibilità per mezzi di soccorso antincendio Pronta disponibilità di agenti estinguenti Possibilità di controllare o arrestare gli impianti tecnologici e di servizio dell'attività, compresi gli impianti di sicurezza
IV	Accessibilità per mezzi di soccorso antincendio Pronta disponibilità di agenti estinguenti Possibilità di controllare o arrestare gli impianti tecnologici e di servizio dell'attività, compresi gli impianti di sicurezza Accessibilità protetta per i Vigili del fuoco a tutti i piani dell'attività Possibilità di comunicazione affidabile per soccorritori

Tabella 78– Livelli di prestazione - [2] - Tabella S.9-1

Il livello individuato prevede:

- Accessibilità per i mezzi di soccorso antincendio
- Pronta disponibilità di agenti estinguenti
- Possibilità di controllare o arrestare gli impianti tecnologici e di servizio dell'attività, compresi gli impianti di sicurezza
- Accessibilità protetta per i Vigili del fuoco a tutti i piani dell'attività
- Possibilità di comunicazione affidabile per soccorritori

In primo luogo, quindi, deve essere permanentemente assicurata la possibilità di avvicinare i mezzi di soccorso antincendio, adeguati al rischio d'incendio, a distanza  $\leq 50$  m dagli accessi per soccorritori dell'attività.

Data l'assenza di protezione esterna della rete idranti propria dell'attività, deve essere disponibile almeno un idrante con un percorso massimo di 500 m dai confini dell'attività; tale idrante deve assicurare un'erogazione minima di 300 litri/minuto per una durata  $\geq 60$  minuti.

I sistemi di controllo e comando dei servizi di sicurezza destinati a funzionare in caso di incendio sono ubicati nel centro di gestione delle emergenze e in posizione segnalata e facilmente raggiungibile durante l'incendio.

Gli organi di intercettazione, controllo, arresto e manovra degli impianti tecnologici e di processo al servizio dell'attività rilevanti ai fini dell'incendio sono ubicati in posizione segnalata e facilmente raggiungibile durante l'incendio.

### **3.4.15 Strategia 10 – Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio**

La strategia 10 prescrive che tutti gli impianti siano progettati, realizzati, mantenuti in esercizio e conservati in efficienza secondo la regola dell'arte, in conformità alla normativa vigente e nel rispetto dei requisiti di sicurezza antincendio specifici. Tra gli impianti tecnologici e di servizio da tenere in considerazione si ha:

- produzione, trasformazione, trasporto, distribuzione e di utilizzazione dell'energia elettrica;
- protezione contro le scariche atmosferiche;
- sollevamento o trasporto di cose e persone;
- deposito, trasporto, distribuzione e utilizzazione di solidi, liquidi e gas combustibili, infiammabili e comburenti;
- riscaldamento, climatizzazione, condizionamento e refrigerazione, comprese le opere di evacuazione dei prodotti della combustione, e di ventilazione ed aerazione dei locali.

Gli impianti tecnologici e di servizio devono rispettare i seguenti obiettivi di sicurezza antincendio imposti al punto S.10.5 del Codice di Prevenzione Incendi:

- a. *“limitare la probabilità di costituire causa di incendio o di esplosione;*
- b. *limitare la propagazione di un incendio all'interno degli ambienti di installazione e contigui;*
- c. *non rendere inefficaci le altre misure antincendio, con particolare riferimento agli elementi di compartimentazione;*
- d. *consentire agli occupanti di lasciare gli ambienti in condizione di sicurezza;*
- e. *consentire alle squadre di soccorso di operare in condizioni di sicurezza;*
- f. *essere disattivabili, o altrimenti gestibili, a seguito di incendio.*

*La gestione e la disattivazione di impianti tecnologici e di servizio, anche quelli destinati a rimanere in servizio durante l'emergenza, deve:*

- a. *poter essere effettuata da posizioni protette, segnalate e facilmente raggiungibili;*
- b. *essere prevista e descritta nel piano d'emergenza”*

#### **3.4.15.1 Impianti per la produzione, trasformazione, trasporto, distribuzione e di utilizzazione dell'energia elettrica**

Al punto S.10.6.1 vengono riportate le prescrizioni relative a impianti per la produzione, trasformazione, trasporto, distribuzione e di utilizzazione dell'energia elettrica. In particolare, gli impianti devono possedere caratteristiche strutturali e possibilità di intervento, individuate

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

nel piano di emergenza, tali da non costituire pericolo durante le operazioni di estinzione dell'incendio e di messa in sicurezza dell'attività.

I quadri elettrici possono essere installati lungo le vie di esodo a condizione che non costituiscano ostacolo al deflusso degli occupanti e devono essere protetti almeno con una porta frontale con chiusura a chiave.

Gli impianti di cui al paragrafo S.10.1, che abbiano una funzione ai fini della gestione dell'emergenza, devono disporre di alimentazione elettrica di sicurezza con le caratteristiche minime indicate nella tabella S.10-2.

Utenza	Interruzione	Autonomia
Illuminazione di sicurezza, IRAI, sistemi di comunicazione in emergenza	Interruzione breve ( $\leq 0,5$ s)	> 30' [1]
Scale e marciapiedi mobili utilizzati per l'esodo [3], ascensori antincendio, SEFC	Interruzione media ( $\leq 15$ s)	> 30' [1]
Sistemi di controllo o estinzione degli incendi	Interruzione media ( $\leq 15$ s)	> 120' [2]
Ascensori di soccorso	Interruzione media ( $\leq 15$ s)	> 120'
Altri Impianti	Interruzione media ( $\leq 15$ s)	> 120'
[1] L'autonomia deve essere comunque congrua con il tempo disponibile per l'esodo dall'attività		
[2] L'autonomia può essere inferiore e pari al tempo di funzionamento dell'impianto		
[3] Solo se utilizzate in movimento durante l'esodo		

Tabella 79– Autonomia minima ed interruzione dell'alimentazione elettrica di sicurezza - [2] - Tabella S.10-2

Infine, in zone accessibili e segnalate devono essere posizionati dei pulsanti manuali di sgancio degli impianti.

#### **3.4.15.2 Protezione contro le scariche atmosferiche**

Al punto S.10.6.4 viene indicato che per tutte le attività deve essere eseguita una valutazione del rischio dovuto ai fulmini e che sulla base dei risultati della valutazione di tale rischio saranno realizzati gli impianti contro le scariche atmosferiche nel rispetto nelle relative norme tecniche.

#### **3.4.15.3 Impianti di sollevamento e trasporto di cose e persone**

Per quanto riguarda gli impianti di sollevamento e trasporto di cose e persone non specificatamente progettati per funzionare in caso di incendio, devono essere dotati di accorgimenti gestionali, organizzativi e tecnici che ne impediscano l'utilizzo in caso di emergenza.

#### ***3.4.15.4 Impianti di distribuzione gas combustibili***

Al punto S.10.6.6 viene indicato che le condutture principali dei gas combustibili a valle dei punti di consegna quando raggiungono un'opera da costruzione devono essere installate a vista ed all'esterno dell'opera da costruzione servita.

In caso di eventuali brevi attraversamenti di locali, le tubazioni di cui al comma 1 devono essere poste in guaina di classe europea A1 di reazione al fuoco, aerata alle due estremità verso l'esterno e di diametro superiore di almeno 20 mm rispetto alla tubazione interna.

Per quanto riguarda infine gli impianti temporanei non devono costituire causa di inciampo negli ambiti aperti al pubblico; devono infatti essere realizzati tenendo conto del rischio di danneggiamento meccanico. Prima del loro utilizzo, devono essere sottoposti a verifica secondo le norme tecniche di riferimento.

### 3.4.16 Riassunto dei livelli di prestazione

Nella tabella sono riportati i livelli di prestazione associati a ciascuna strategia individuata dal Codice di Prevenzione Incendi per ogni scenario identificato.

Livello di prestazione												
n	evento	S1		S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
-	-	<i>vie di esodo</i>	<i>altri locali</i>	<i>tutte</i>	<i>tutte</i>	<i>tutte</i>	<i>tutte</i>	<i>tutte</i>	<i>tutte</i>	<i>tutte</i>	<i>tutte</i>	<i>tutte</i>
1	libero	III	II	III	II	I	III	II	IV	II	IV	I
2	sale convegno	III	II	III	II	I	III	II	IV	II	IV	I
3	auditorium/teatro	III	II	III	II	I	III	II	IV	II	IV	I
5	mostre ed esposizioni	III	II	III	II	I	III	II	IV	II	IV	I
6	ambiti di vendita (mercatini)	III	II	III	II	I	III	II	IV	II	IV	I
7	sala eventi	III	II	III	II	I	III	II	IV	II	IV	I
8	concerti in piedi	III	II	III	II	I	III	II	IV	II	IV	I
9	attività animali	III	II	III	II	I	III	II	IV	II	IV	I

Tabella 80 – Riepilogo dei livelli di prestazione per ogni strategia e ogni scenario

Riassumendo, si osserva una compatibilità tra i livelli di prestazione individuati per le dieci strategie e le diverse configurazioni di utilizzo.

Saranno effettuate ulteriori considerazioni al fine di garantire il raggiungimento delle condizioni di sicurezza mediante un approccio di modellazione prestazionale.

Per quanto riguarda la salvaguardia della vita, verranno condotte simulazioni di incendio e di esodo, con l'obiettivo di verificare il rispetto dell'equazione indicata nel Capitolo M del Codice di Prevenzione Incendi ( $A_{SET} > R_{SET}$ ) e delle soglie prestazionali stabilite dalla norma ISO/TR 16738. Queste valutazioni consentiranno di sviluppare considerazioni aggiuntive nell'ambito della strategia S.4.

Le simulazioni di incendio forniranno, inoltre, elementi utili per approfondire le strategie S.7 (rivelazione e allarme) e S.8 (controllo di fumi e calore). In particolare, l'analisi del sistema di rivelazione e allarme permetterà di ottimizzare i tempi di rilevazione, riducendo così il valore di RSET. Invece, per il controllo di fumi e calore, saranno condotti studi finalizzati a migliorare lo smaltimento dei fumi, garantendo un esodo sicuro per gli occupanti e, al contempo, limitando l'incremento delle temperature che potrebbero compromettere la resistenza strutturale, in accordo con la strategia S.2.

Relativamente alla resistenza strutturale, verranno condotte valutazioni mirate per determinare le temperature reali a cui è esposta la struttura, assicurando il rispetto dei requisiti di sicurezza.



Questo approccio consente di superare le limitazioni delle NTC, le quali impongono valori cautelativi che potrebbero risultare eccessivi per le strutture esistenti, penalizzandone la valutazione in termini di sicurezza effettiva.

Infine, per quanto riguarda la salvaguardia della vita, saranno condotte valutazioni relative alla gestione della sicurezza antincendio. Attraverso specifici accorgimenti di modellazione, sarà possibile dimostrare l'impatto delle misure gestionali sul processo di esodo. Queste considerazioni aggiuntive riguarderanno i temi trattati nel Capitolo S.5 del Codice di Prevenzione Incendi.

### 3.4.17 Centrale termica

All'interno del D.M. 08/11/2019 – *Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la realizzazione e l'esercizio degli impianti per la produzione di calore alimentati da combustibili gassosi* vengono riportati anzitutto i criteri di assoggettabilità per quanto riguarda gli impianti per la produzione di calore alimentati a combustibile solido, liquido o gassoso con potenzialità superiore a 116 kW.

N.	ATTIVITÀ (DPR 151/2011)	CATEGORIA		
		A	B	C
74	Impianti per la produzione di calore alimentati a combustibile solido, liquido o gassoso con potenzialità superiore a 116 kW. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	Fino a 350 kW	Oltre 350 kW e fino a 700 kW	Oltre 700 kW
Equiparazione con le attività di cui all'allegato ex DM 16/02/82				
91	Impianti per la produzione del calore alimentati a combustibile solido, liquido o gassoso con potenzialità superiore a 100.000 Kcal/h			
Principali differenze fra le attività di equiparazione Non vi è alcuna differenza sostanziale fra le due attività.				

Tabella 81 - Criteri di assoggettabilità [12]

Le disposizioni fornite all'interno del decreto si applicano alla progettazione, realizzazione ed esercizio di un impianto civile extradomestico per la produzione di calore di portata termica maggiore di 35 kW, alimentato da combustibile gassoso per la climatizzazione di edifici e ambienti e produzione di acqua calda.

Ai fini della prevenzione degli incendi ed allo scopo di raggiungere i primari obiettivi di sicurezza relativi alla salvaguardia delle persone, alla tutela dei beni, alla sicurezza dei soccorritori, contro i rischi di incendio ed esplosione, l'impianto deve essere realizzato in modo da evitare, nel caso di fuoriuscite accidentali di combustibile gassoso, accumuli pericolosi del combustibile medesimo nei luoghi di installazione e nei locali direttamente comunicanti con essi. Deve inoltre limitare, in caso di evento incidentale, danni alle persone, ai locali vicini a quelli contenenti gli impianti.

Il locale deve essere ad uso esclusivo dell'impianto di produzione del calore e in particolare secondo quanto previsto dalle prescrizioni 3.2 - *Apparecchi per la climatizzazione di edifici ed ambienti, per la produzione centralizzata di acqua calda, acqua surriscaldata e/o vapore - Installazione in locale esterno* il piano di calpestio non si deve trovare al di sotto di -5 metri dal piano di riferimento, condizione rispettata per il locale individuato.

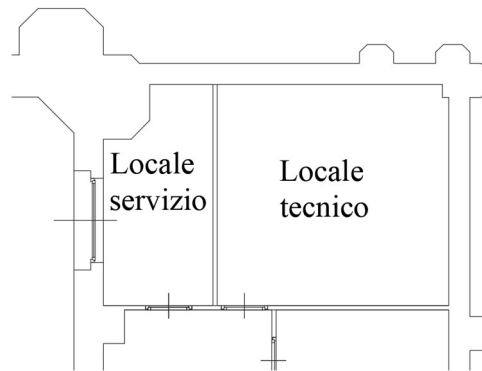


Figura 50 - Individuazione del locale tecnico dedicato ad ospitare l'impianto

I materiali con cui è realizzato il locale devono essere di classe 0 di reazione al fuoco italiana o di classe A1 di reazione al fuoco europea.

L'altezza del locale deve essere superare un valore minimo in funzione della portata termica dell'impianto e tale condizione risulta verificata per l'impianto in esame.

$Q_{TOT}$	Altezza minima del locale
$\leq 116$	$\geq 2.00$ m
$116 < Q_{TOT} \leq 350$	$\geq 2.00$ m
$350 < Q_{TOT} \leq 580$	$\geq 2.30$ m
$> 580$	$\geq 2.60$ m

Tabella 82 – Altezza minima del locale in funzione della portata termica [12]

Per quanto riguarda la parete in comune tra l'edificio e il locale tecnico è necessario che sia priva di aperture e che possieda una resistenza al fuoco almeno REI/EI 120. Secondo le indicazioni riportate dal Codice con S.2.15.1 per quanto riguarda le murature non portanti di blocchi, si rende necessario che per garantire i requisiti EI vengano rispettati gli spessori previsti dalla tabella S.2-40. Si rende pertanto necessario effettuare degli interventi in quanto la parete in condivisione presenta uno spessore di 200 mm.

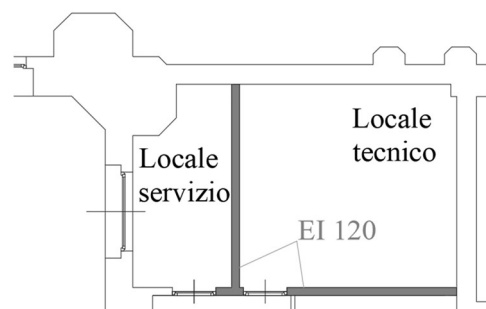


Figura 51 – Indicazione della resistenza al fuoco delle pareti

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Classe	Blocco con percentuale di foratura > 55%		Blocco con percentuale di foratura ≤ 55%	
	Intonaco normale	Intonaco protettivo antincendio	Intonaco normale	Intonaco protettivo antincendio
EI 30	s = 120	80	100	80
EI 60	s = 150	100	120	80
EI 90	s = 180	120	150	100
<b>EI 120</b>	<b>s = 200</b>	<b>150</b>	<b>180</b>	<b>120</b>
EI 180	s = 250	180	200	150
EI 240	s = 300	200	250	180
EI 120-M	s = 200	200	200	-
EI 180-M	s = 250	200	200	-
EI 240-M	s = 300	200	250	-

Intonaco normale: intonaco tipo sabbia e cemento, sabbia cemento e calce, sabbia calce e gesso e simili caratterizzato da una massa volumica compresa tra 1000 e 1400 kg/m<sup>3</sup>  
 Intonaco protettivo antincendio: Intonaco tipo gesso, vermiculite o argilla espansa e cemento o gesso, perlite e gesso e simili caratterizzato da una massa volumica compresa tra 600 e 1000 kg/m<sup>3</sup>

Tabella 83– Murature non portanti in blocchi di laterizio (Requisiti E, I, M) - [2] - Tabella S.2-40

Al punto 3.2.4 viene indicato che i locali devono essere dotati di aperture di aerazione permanenti realizzate su pareti esterne. La superficie complessiva minima delle aperture dovrà essere calcolata come:

$$S \geq k \cdot z \cdot Q$$

Dove:

- Q portata termica totale espressa in kW
- k parametro dipendente dalla posizione della centrale termica rispetto al piano di riferimento ricavabile dalla successiva tabella.
- z parametro che tiene in considerazione la presenza di un impianto di rivelazione gas che comanda una elettrovalvola automatica a riarmo manuale all'esterno del locale e dispositivi di segnalazione ottici e acustici, modulato in funzione della posizione della centrale termica rispetto al piano di riferimento. Il valore è ricavabile dalla successiva tabella.

Si ha che

$$Q = 350 \text{ kW}$$

Ed essendo un locale fuori terra secondo la tabella riportata nel DM si ha:

$$k = 0.0010$$

$$z = 1,0$$

Ubicazione del locale	k	z	
		Standard	In presenza di impianto di rivelazione gas che comanda un'elettrovalvola automatica a riarmo manuale, posta all'esterno del locale, e dispositivi di segnalazione ottici e acustici
Locali fuori terra	0,0010	1,0	0,8
Locali seminterrati o interrati di tipo A	0,0015	1,0	0,9

Tabella 84 – Parametri calcolo aperture di reazione [12]

In totale quindi

$$S = 0.35 \text{ m}^2$$

Si rende necessario quindi realizzare un'apertura grigliata sopra-porta.

La porta del locale dovrà essere apribile verso l'esterno, di altezza minima di 2 m, larghezza minima 0,6 m e deve essere realizzata con materiale di classe 0 di reazione al fuoco italiana o di classe A1 di reazione al fuoco europea.

### **3.5 Analisi con la Fire Safety Engineering**

La progettazione con la Fire Safety Engineering si compone di due fasi principali [2]:

1. Analisi preliminare che permette di individuare le condizioni di rischio più rappresentative alla quale è esposta un'attività e definire le soglie di prestazione che è necessario soddisfare per raggiungere gli obiettivi di sicurezza
2. Analisi quantitativa che confronta le soglie di prestazione individuate con i risultati ottenuti dall'analisi quantitativa effettuata con i modelli di calcolo

#### **3.5.1 Analisi preliminare**

L'analisi preliminare è suddivisa in sottofasi che permettono di identificare i rischi da contrastare e di definire dei criteri oggettivi per la loro classificazione al fine dell'analisi numerica. [2]

##### ***3.5.1.1 Definizione del progetto***

La Cavallerizza Caprilli è una struttura attualmente utilizzata in modo saltuario, per la quale è risulta utile condurre uno studio approfondito per definire soluzioni che ne consentano un impiego continuativo e diversificato.

La destinazione d'uso prevista per la struttura sarà di carattere multifunzionale, in grado di ospitare una varietà di attività ed eventi. Questa versatilità richiede l'implementazione di soluzioni e misure di protezione antincendio compatibili con tutti gli scenari di utilizzo identificati.

La finalità della progettazione antincendio prestazionale è quella di analizzare e individuare i vari scenari di utilizzo, ponendo particolare attenzione a quelli più critici. Questa analisi permetterà una migliore gestione dell'emergenza e una valutazione accurata delle condizioni cui la struttura sarà sottoposta in caso di incendio. La curva RHR a cui sarà sottoposta la struttura sarà realistica, permettendo di simulare scenari realistici, a differenza di quanto comporterebbe l'adozione di curve di incendio standard che simulerebbe situazioni difficilmente riscontrabili nella realtà.

Tra i vincoli da tenere in considerazione durante lo studio si ha, oltre alla salvaguardia della vita, la protezione della struttura, in quanto sottoposta a vincoli secondo l'art. 42 del Decreto Legislativo 22 gennaio 2004.

Gli occupanti della struttura saranno in stato di veglia, ma privi di familiarità con l'ambiente in cui si trovano. Le loro caratteristiche possono variare in funzione dell'evento, comprendendo

persone di diverse fasce d'età, livelli di mobilità e disabilità. Tale eterogeneità impone un'attenta valutazione nella progettazione delle vie di evacuazione e dei sistemi di emergenza, al fine di garantire condizioni di sicurezza per tutti gli individui.

### ***3.5.1.2 Identificazione degli obiettivi di sicurezza antincendio***

Il professionista antincendio ha il compito di individuare gli obiettivi di sicurezza antincendio da perseguire tenendo conto delle caratteristiche specifiche dell'attività in esame e degli obiettivi della progettazione. Gli obiettivi di sicurezza antincendio vengono espressi in termini qualitativi, indicando, ad esempio, il livello di protezione da garantire per l'incolumità degli occupanti, il massimo livello di danno accettabile per l'attività e i suoi contenuti, nonché la capacità dell'attività di mantenere la continuità operativa in seguito a un evento incidentale.

Gli obiettivi principali che si intende raggiungere sono i seguenti:

- Obiettivi generali di sicurezza in caso di incendio, volti a garantire un'adeguata protezione delle persone e delle strutture
- Prevenire la perdita di vite umane
- Ridurre al minimo il numero di persone che potrebbero subire ferite o intossicazioni a causa degli effetti dell'incendio all'interno degli ambienti coinvolti
- Impedire che si verifichi il fenomeno del flash-over nelle aree interessate dall'incendio
- Evitare la diffusione degli effetti dell'incendio oltre i confini dell'edificio
- Limitare la propagazione dell'incendio all'interno dell'edificio, mantenendola contenuta nel compartimento interessato
- Assicurare che non vi siano conseguenze per le persone situate al di fuori dell'edificio
- Prevenire il coinvolgimento della centrale termica nell'incendio, a meno che l'incidente non abbia avuto origine da essa.
- Proteggere le aree considerate a maggior rischio, impedendo che siano coinvolte dall'evento incendiario e che si verifichino ulteriori danni o conseguenze negative.

### ***3.5.1.3 Definizione delle soglie di prestazione***

Per effettuare una valutazione accurata delle condizioni di sicurezza antincendio, è necessario tradurre gli obiettivi di sicurezza in soglie di prestazione (performance criteria). Queste soglie, di carattere quantitativo, consentono di identificare gli effetti dell'incendio sulle strutture e sugli occupanti, valutando i danni potenziali alle persone, ai beni e all'ambiente in relazione alla propagazione del fuoco.

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

La definizione di tali parametri è fondamentale per la progettazione ai fini della salvaguardia della vita umana. I valori limite di riferimento provengono dalla normativa *ISO 13571:2012 – “Life-threatening components of fire - Guidelines for the estimation of time to compromised tenability in fires”*, e sono riportati nel capitolo M.3 del Codice di Prevenzione Incendi, che stabilisce le soglie di prestazione per ciascun tipo di modello.

Questi modelli includono le soglie di incapacità per occupanti e soccorritori. Per i soccorritori, le soglie risultano meno restrittive, poiché sono addestrati e dotati di dispositivi di protezione individuale (DPI).

I modelli considerati riguardano:

- Oscuramento della visibilità causato dal fumo, espresso in termini di distanza massima di visibilità;
- Gas tossici, espressi tramite la FED (Fractional Effective Dose);
- Calore, valutato in termini di temperatura massima di esposizione e massimo irraggiamento termico.

<b>Livello di prestazione</b>	<b>Soglia</b>
Visibilità	10/5 metri (occupanti/soccorritori)
Temperatura di esposizione	60/80 °C (occupanti/soccorritori)
Irraggiamento	2,5/3 kW/m <sup>2</sup> (occupanti/soccorritori)
Altezza dei fumi dal pavimento	2/1,5 metri (occupanti/soccorritori)
Temperatura dei fumi	200/250 °C (occupanti/soccorritori)
Concentrazione di ossigeno	15%
Concentrazione di CO	500 ppm (allucinazioni dopo 60-90 min)
Concentrazione di CO <sub>2</sub>	0,5%
FED	0,1

Tabella 85 - soglie associate ai livelli di prestazione secondo ISO 13571 e ISO/TR 16738

#### **3.5.1.4 Individuazione degli scenari di incendio**

Gli scenari di incendio, definiti anche “credible worst-case scenarios”, rappresentano gli eventi più gravosi che possono ragionevolmente verificarsi nell’attività in relazione alle caratteristiche del focolare, dell’edificio e degli occupanti.

Per quanto riguarda l’identificazione, selezione e quantificazione degli scenari di incendio di progetto si fa riferimento al capitolo M.2.



Per l'individuazione degli scenari di incendio si fa riferimento all'albero degli eventi, il quale permette di individuare una varietà di inneschi iniziali e valutare come si evolveranno nell'ambito della gestione dell'emergenza. L'individuazione dei vari scenari si basa su una valutazione di carattere qualitativo.

I dati in letteratura basati sulle statistiche come l'Annuario Statistico 2024 emesso dal Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, che fa riferimento al periodo 01/01/2023 – 31/12/2023, permettono di identificare quali sono le cause principali di innesco rilevate nell'ambito dei soccorsi tecnici urgenti.

Interventi di soccorso tecnico urgente effettuati dal C.N.V.V.F. inerenti alle cause con frequenza $\geq 0.2\%$ rispetto al totale degli «incendi ed esplosioni»			
CAUSA	DETTAGLIO CAUSA	INCENDI ED ESPLOSIONI	
		N°	%
Cause che determinano altri tipi di interventi	Altre	4727	1,98%
	Cause inpreviste	2634	1,10%
	Disattenzione generale	2439	1,02%
Cause che determinano soccorso a persone	Non potute accertare nell'immediatezza dell'evento	820	0,34%
Cause di innesco di incendio	Altre	14546	6,08%
	Cause elettriche	11895	4,97%
	Camino e/o canna fumaria	10225	4,28%
	Mozzicone di sigaretta e fiammiferi	2823	1,18%
	Non corretta o mancata adozione di misure precauzionali, di esercizio e di sicurezza	1707	0,71%
	Autocombustione	1567	0,66%
	Surriscaldamento di motori e macchine varie	1546	0,65%
	Elettrodomestici (TV, Lavatrice, lavastoviglie, Computer, ecc.)	938	0,39%
Dolose	Probabile colpa	2784	1,16%
	Probabile dolo	10241	4,28%
Non considerato	Non considerato	5733	2,40%
Non potute accertare nell'immediatezza dell'evento	Non potute accertare nell'immediatezza dell'evento	144717	60,52%
Non definita	Non definita	14075	5,89%

Tabella 86 - Interventi di soccorso urgente effettuati dal C.N.V.V.F. inerenti alle cause [13]

Nella tabella figurano solo le cause che presentano una frequenza maggiore o uguale al 0,2%, rappresentativo comunque del 97,6% degli interventi.

Tra le cause maggiormente riscontrate si vuole porre particolare attenzione su:

- Cause elettriche, che presentano l'innesco da cui maggiormente si originando incendi con una percentuale del 4,97 %
- Mozzicone di sigaretta e fiammiferi, rappresentanti l'1,18% delle cause di incendio
- Surriscaldamento di motori e macchine varie, rappresentante lo 0,65% delle cause di incendio

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

- Elettrodomestici, rappresentanti lo 0,38% delle cause di incendio

Sempre all'interno dell'Annuario 2024 dei Vigili del fuoco è possibile individuare quali sono le sostanze coinvolte maggiormente negli interventi di soccorso tecnico effettuati.

Interventi di soccorso tecnico urgente effettuati dal C.N.V.V.F. inerenti alle sostanze con frequenza $\geq 0.2\%$ rispetto al totale degli «incendi ed esplosioni»			
SOSTANZA	DETTAGLIO SOSTANZA	INCENDI ED ESPLOSIONI	
		N°	%
Altri	Non considerato	10183	4,26%
	Altri	9594	4,01%
	Quadri elettrici parti d'impianto elettrico	4772	2,00%
	Apparecchi elettrici utilizzatori	2338	0,98%
	Bidone ecologico o cassonetto	2190	0,92%
	Palo elettrico	1177	0,49%
	Macchinari in genere	1054	0,44%
Altri infiammabili e combustibili gassosi e/o solidi	Gas di petrolio liquefatto (GPL)	695	0,29%
Combustibili solidi	Sterpaglie	61496	25,72%
	Rifiuti	19802	8,28%
	Altri	16979	7,10%
	Legno e sughero	8482	3,55%
	Arbusti e macchia mediterranea	8226	3,44%
	Fuliggine	7550	3,16%
	Arredamenti	6603	2,76%
	Fieno, paglia e simili	6120	2,56%
	Alberi	5212	2,18%
	Cellulosa e carta	3814	1,59%
	Plastica	3149	1,32%
	Piantagioni in genere	2386	1,00%
	Strutture portanti in legno	1353	0,57%
	Stoffe, abbigliamento e fibre	1298	0,54%
	Polveri di legno e simili	668	0,28%
	Prodotti alimentari e/o dolciumi	569	0,24%
	Carbone naturale e vegetale	535	0,22%
Elementi da costruzioni e strutturali	Camini, canne fumarie, comignoli	6098	2,55%
	Tetti	2922	1,22%
	Altri	1257	0,53%
	Copertura in genere	604	0,25%
Mezzi di trasporto	Autovetture	15709	6,57%
	Autocarri - autosnodati, rimorchi, semi-rimorchi	2886	1,21%
	Mezzi d'opera - macchine operatrici (trattori escavatori etc.)	885	0,37%
	Motoveicoli - ciclomotori	740	0,31%
	Altri	704	0,29%
Non definita	Non definita	13759	5,75%

Tabella 87 - Interventi di soccorso urgente effettuati dal C.N.V.V.F. inerenti alle sostanze [13]

Ulteriori statistiche basate su studi americani svolti dall'USFA – U.S. Fire Administration con particolare riferimento alle cause di incendio valutate nel periodo tra il 2013 e il 2022 negli edifici non residenziali sono riportate nella seguente figura.

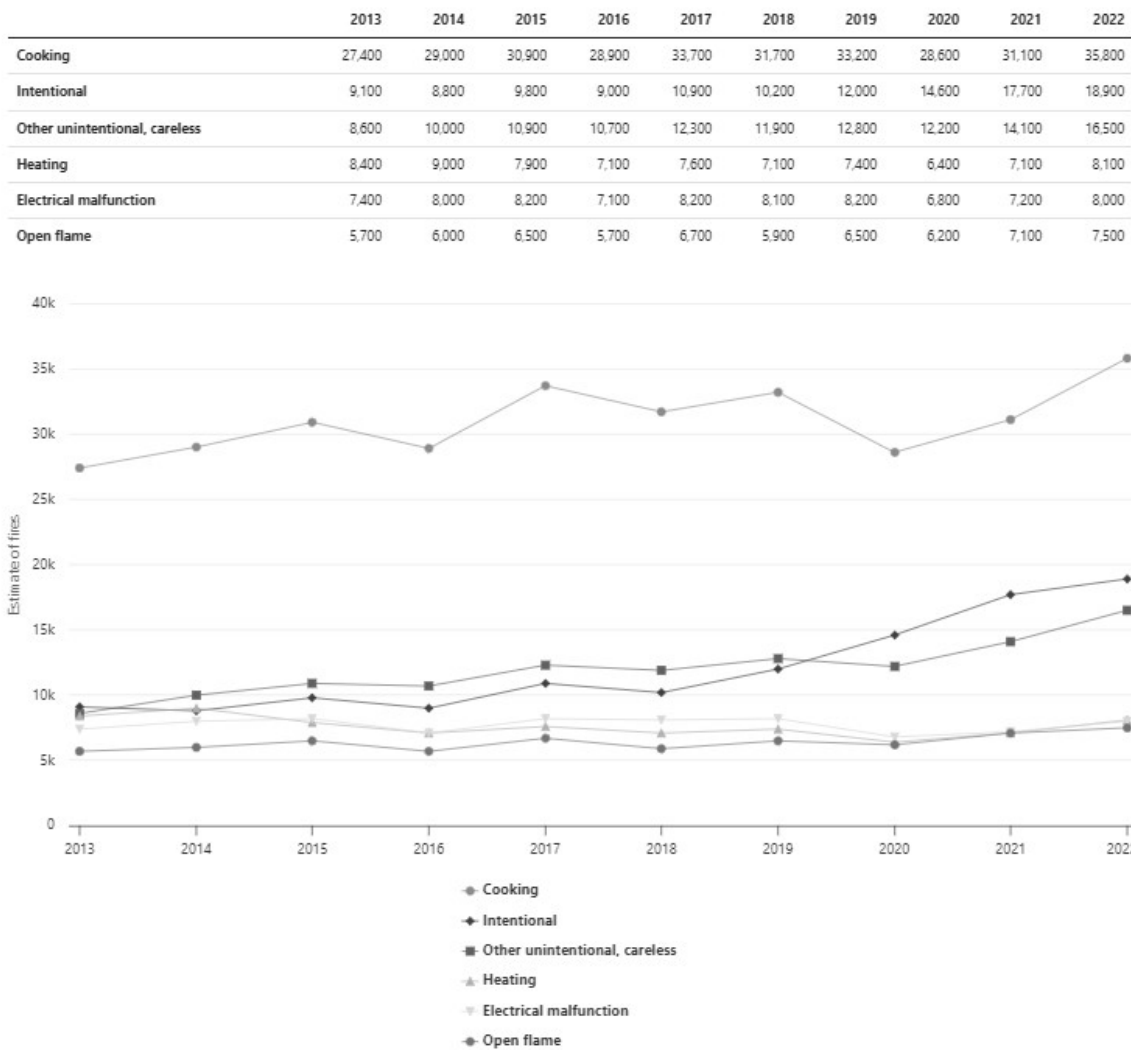


Figura 52 - Cause principali degli incendi negli edifici non residenziali (2013-2022) - [14]

Per procedere con l'individuazione degli scenari di incendio è necessario considerare tutte le condizioni di esercizio ragionevolmente prevedibili, in termini di allestimenti temporanei, diversa configurazione spaziale dei materiali combustibili, modifica delle vie di esodo e dell'affollamento.

Al fine dell'individuazione dei possibili focolai d'incendio tra tutte le configurazioni analizzate, sono state riscontrate delle condizioni di innesco comuni in tutte le situazioni esaminate. Di seguito vengono elencati i principali scenari d'innesco.

#### (1) Incendio palco – natura elettrica

L'incendio sul palco rappresenta un evento particolarmente critico, poiché quest'area ospita numerosi apparecchi elettrici come luci di scena, amplificatori, strumenti musicali e cablaggi complessi per la gestione tecnica degli spettacoli. Gli incendi di natura elettrica sul palco possono essere causati da surriscaldamento dei cavi, cortocircuiti derivanti da difetti nei

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

---

dispositivi elettrici o da un sovraccarico del sistema elettrico. Un altro possibile fattore di rischio è la mancanza di una corretta manutenzione degli impianti elettrici, che può portare a malfunzionamenti, generando scintille o surriscaldamenti.

#### *(2) Incendio nell'area caffetteria – natura elettrica*

L'area caffetteria rappresenta un altro punto critico per l'innescò di incendi, anch'essi prevalentemente di natura elettrica. Questa zona è solitamente equipaggiata con apparecchiature come macchine del caffè, frigoriferi, forni a microonde e tostapane, tutti alimentati elettricamente. Le cause principali di incendio possono essere ricondotte a guasti negli elettrodomestici, ad esempio a cortocircuiti nei cavi di alimentazione o a surriscaldamento dovuto all'uso continuativo delle attrezzature.

#### *(3) Incendio del proiettore – natura elettrica*

Il proiettore, un dispositivo comunemente utilizzato in spazi multifunzionali e teatri, rappresenta un altro potenziale punto di innescò per un incendio di natura elettrica. I proiettori sono soggetti a surriscaldamento a causa dell'intensità della luce emessa e del consumo di energia. Un proiettore difettoso o una scarsa manutenzione del sistema di raffreddamento interno possono provocare un accumulo di calore, che a sua volta può portare all'incendio.

#### *(4) (5) (6) (7) Incendio di un cestino – natura accidentale*

Un'altra causa comune di incendio accidentale riguarda l'innescò in un cestino, che può verificarsi non solo nell'area multifunzionale ma anche nel foyer o in altre zone dell'edificio. Gli incendi di questo tipo sono frequentemente il risultato di comportamenti negligenti, come l'abbandono di mozziconi di sigaretta ancora accesi in corrispondenza di materiali infiammabili. In ambienti pubblici e ad alta affluenza la presenza di un gran numero di persone aumenta la probabilità di distrazioni o comportamenti imprudenti, che possono favorire l'innescò accidentale di un incendio. Sebbene possa sembrare un evento di portata limitata, un incendio in un cestino può rapidamente propagarsi ad altre aree se non viene tempestivamente contenuto, soprattutto in presenza di materiali combustibili nelle immediate vicinanze o di superfici che facilitano la propagazione delle fiamme.

#### *(8) (9) Incendio nei bagni – natura elettrica o accidentale*

I bagni rappresentano un'ulteriore area a rischio per l'innescò di incendi, che possono essere sia di natura elettrica che accidentale. Gli incendi di natura elettrica possono essere ad esempio

causati da guasti negli apparecchi elettrici presenti, come asciugatori per le mani. D'altro canto, anche gli incendi di natura accidentale sono possibili, specialmente se in quest'area vengono lasciati materiali infiammabili, come carta o prodotti per la pulizia chimica, che, se a esposti ad una fonte di calore potrebbero prendere fuoco.

(10) *Incendio negli uffici – natura elettrica*

Infine, un'altra possibile causa di incendio di natura elettrica riguarda malfunzionamenti o guasti nei dispositivi elettronici e negli impianti elettrici. Negli uffici, apparecchiature come computer, stampanti, fotocopiatrici e altri dispositivi sono in uso continuo e, se non adeguatamente mantenuti, possono surriscaldarsi o subire cortocircuiti.

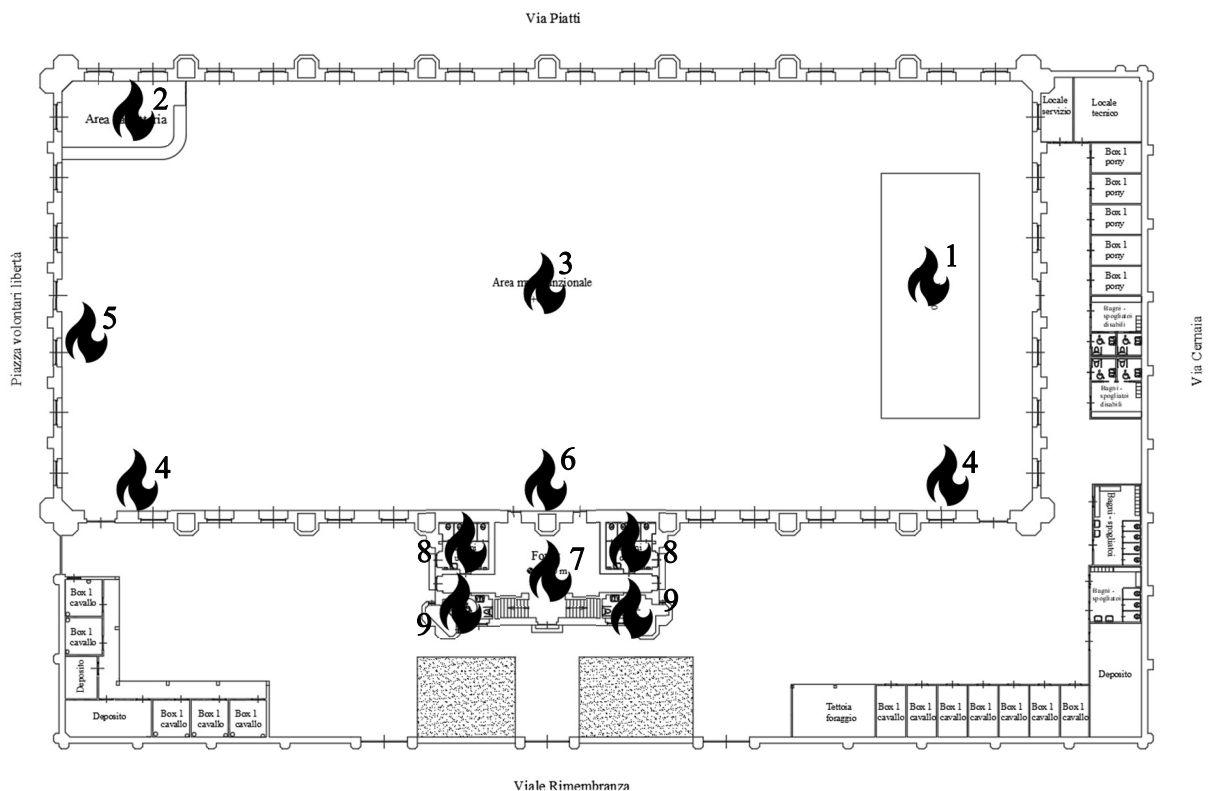


Figura 53 - individuazione scenari di incendio piano terra

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

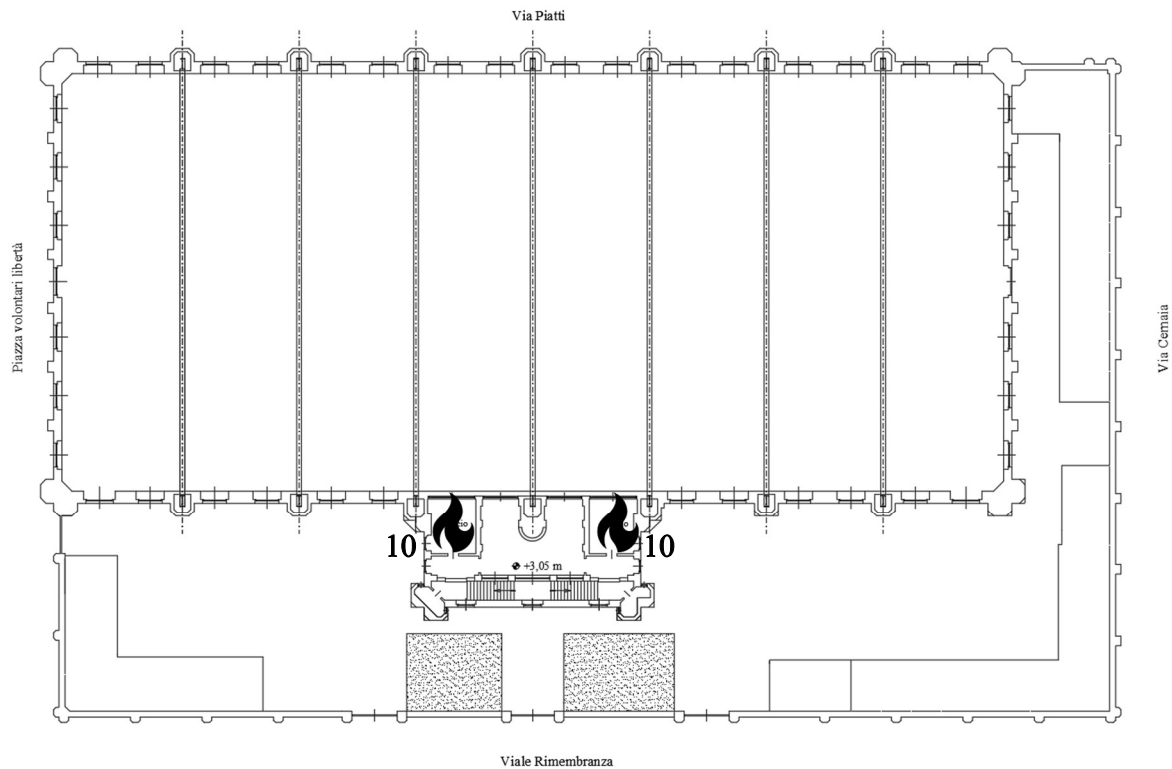


Figura 54 - individuazione scenari di incendio piano primo

Vi sono tuttavia ulteriori focolai specifici legati a determinati scenari di utilizzo.

#### (11) (13) *Incendio in platea – natura elettrica o accidentale – concerto/convegno*

L'incendio in platea durante un concerto o un convegno può essere causato sia da guasti di natura elettrica sia da incidenti di origine accidentale. Anche le prese multiple o i cablaggi temporanei possono rappresentare una fonte di rischio se non adeguatamente gestiti.

#### (12) (16) *Incendio area vendita – natura elettrica o accidentale – concerto/convegno*

L'area vendita, tipicamente presente durante concerti o convegni per la distribuzione di gadget, e altri prodotti, è un'altra zona a rischio incendio sia per cause elettriche che accidentali. Gli incendi di natura elettrica possono essere innescati da apparecchiature utilizzate per la vendita, come registratori di cassa elettronici, dispositivi POS o altre attrezzature connesse alla rete elettrica. Il rischio aumenta in caso di cablaggi temporanei, sovraccarichi delle prese o malfunzionamenti degli apparecchi stessi.

Gli incendi di natura accidentale, invece, possono essere provocati da comportamenti imprudenti, come l'accensione di accendini in prossimità di materiali combustibili.

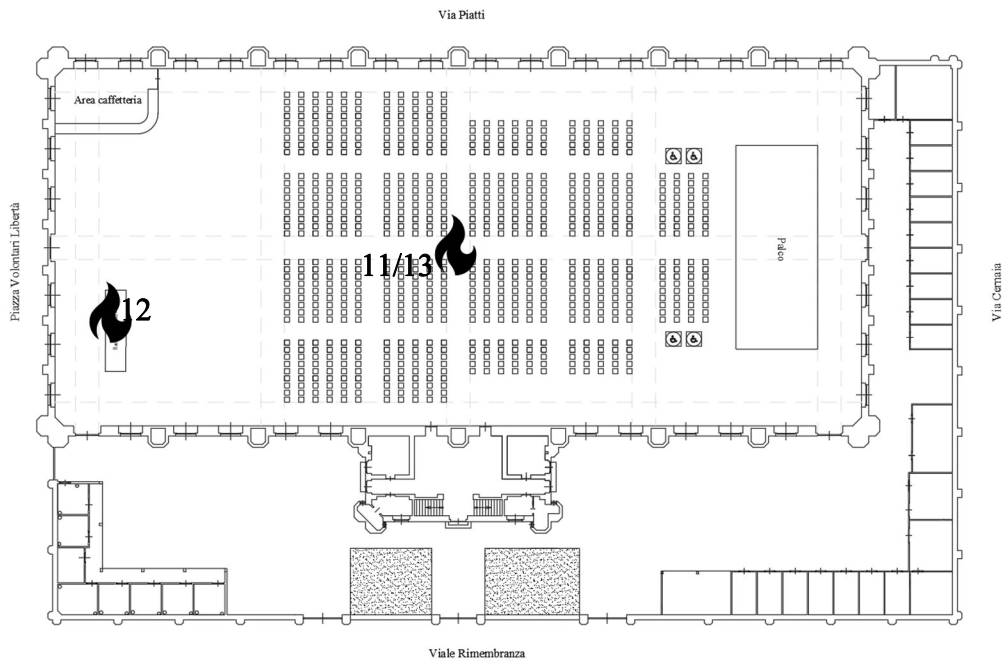


Figura 55 - scenari di incendio auditorium – convegno

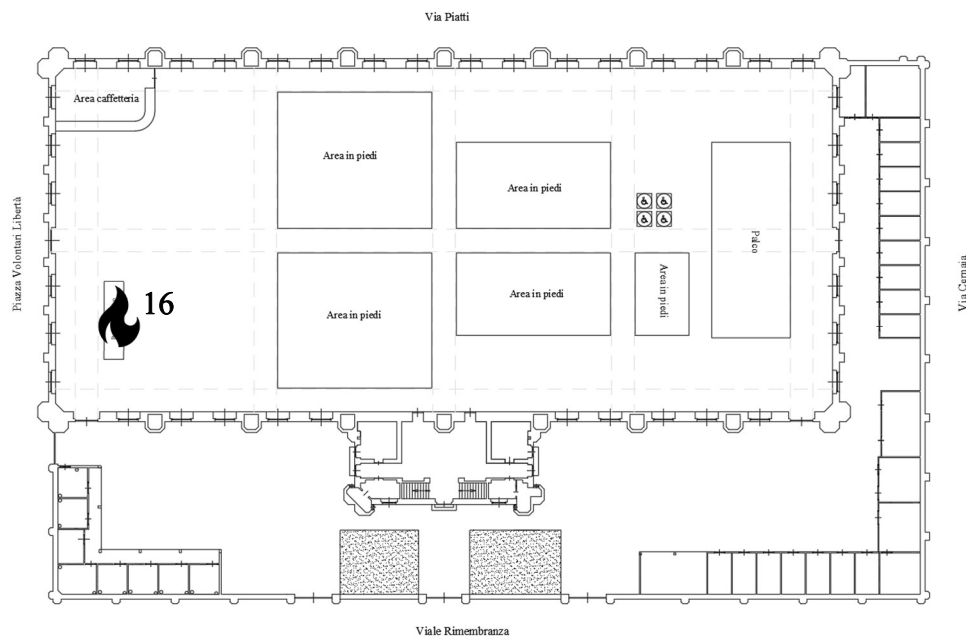


Figura 56 - scenario di incendio concerto parterre

(14) (15) (17) *Incendio opera / struttura espositiva – natura elettrica o accidentale – mercatino / esposizione / mostra / attività con animali*

Durante mercatini, esposizioni o mostre, l'incendio di un'opera o di una struttura espositiva può essere causato sia da problemi di natura elettrica sia da eventi accidentali. Gli incendi di natura elettrica possono derivare dai sistemi di illuminazione utilizzati per valorizzare le opere esposte o dagli impianti audio-visivi che accompagnano le esposizioni. Cortocircuiti, cablaggi temporanei non sicuri o l'uso intensivo di prolunghes possono diventare punti di innesco.

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

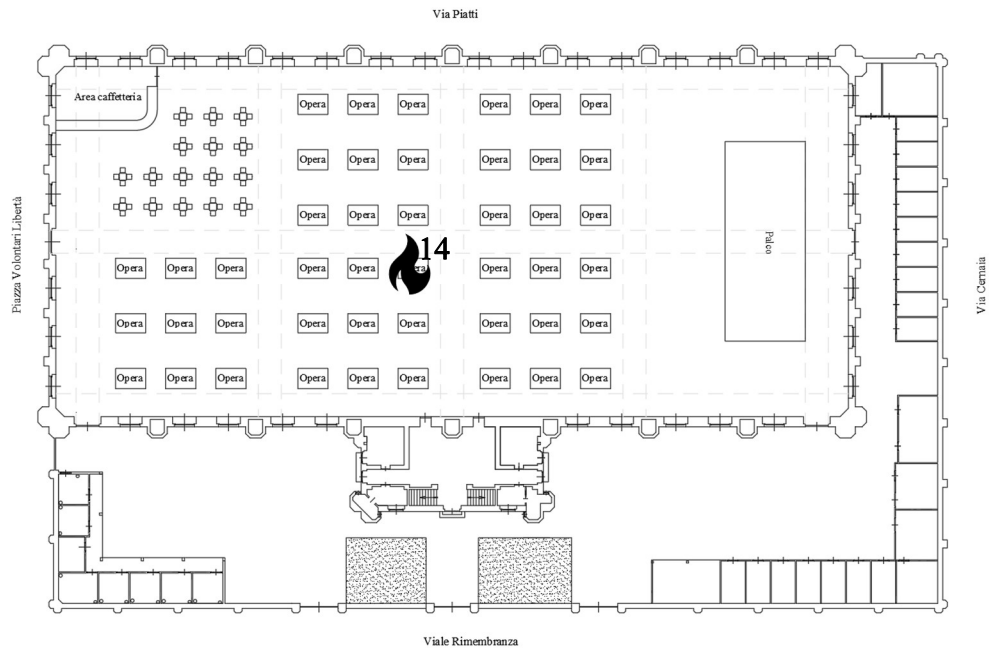


Figura 57 - scenario di incendio nell'esposizione

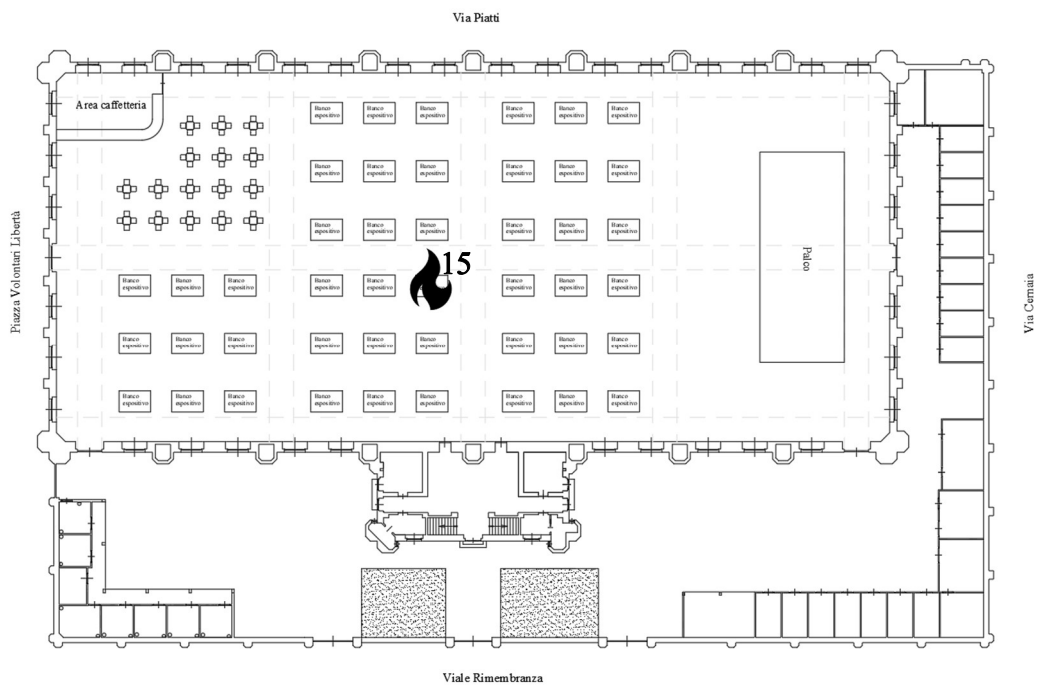


Figura 58 - scenario di incendio nel mercato



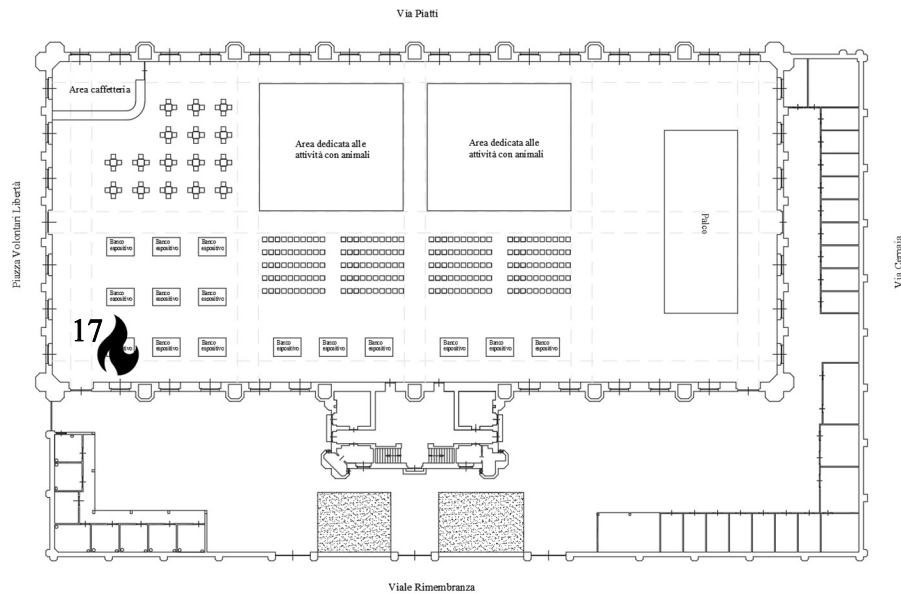


Figura 59 - scenario di incendio nelle attività con animali

(18) *Incendio in platea – natura elettrica o accidentale – sala eventi*

Un incendio in platea all'interno di una sala eventi può essere causato sia da guasti elettrici sia da eventi accidentali, con un rischio particolare legato all'uso di apparecchiature elettroniche come i computer.

Gli incendi di natura accidentale, invece, possono essere causati da comportamenti imprudenti, e dalla presenza di liquidi (ad esempio, bevande rovesciate su un PC o su altre apparecchiature elettroniche) può causare un corto circuito e l'innesco di fiamme.

In entrambi i casi, un incendio nella platea di una sala eventi, se non individuato immediatamente, potrebbe propagarsi rapidamente, mettendo a rischio l'incolumità dei presenti e causando danni significativi all'ambiente circostante.

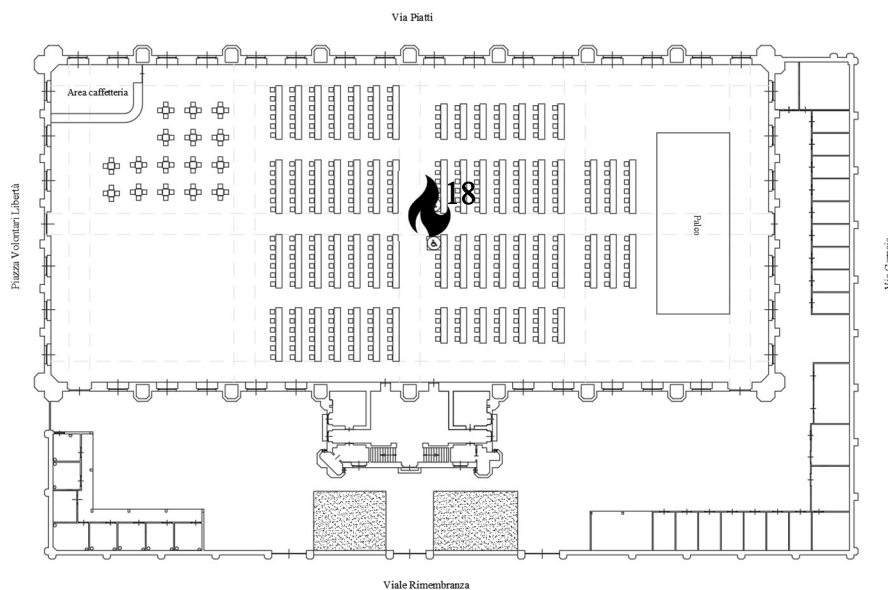


Figura 60 - scenario di incendio in sala stampa

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Si riporta nella seguente tabella un riassuntivo degli scenari di incendio individuati.

scenari di incendio		
n	focolare	Configurazione di utilizzo
1	incendio in corrispondenza del palcoscenico	tutti
2	incendio in corrispondenza della caffetteria	tutti
3	incendio del proiettore	tutti
4	incendio di un cestino in corrispondenza dell'uscita verso Viale della Rimembranza	tutti
5	incendio di un cestino in corrispondenza dell'uscita verso Piazza dei Volontari della Libertà	tutti
6	incendio di un cestino in corrispondenza dell'uscita verso il foyer	tutti
7	incendio nei bagni	tutti
8	incendio nei bagni dedicati ai disabili	tutti
9	incendio negli uffici	tutti
10	incendio nella platea	auditorium
11	incendio area vendita	auditorium
12	incendio laptop	convegno
13	incendio opera	esposizione
14	incendio banco	mercato
15	incendio area vendita	concerto parterre
16	incendio banco	attività con animali
17	incendio laptop	sala stampa

Tabella 88 - riassuntivo scenari di progetto

#### 3.5.1.5 Individuazione degli scenari di incendio di progetto

In seguito a un'approfondita analisi degli scenari di incendio, si è proceduto alla valutazione degli stessi con l'obiettivo di individuare e definire gli scenari di incendio di progetto. L'approccio adottato ha permesso di identificare con precisione gli scenari di incendio più rappresentativi, i quali costituiscono le basi per le successive fasi di progettazione della sicurezza antincendio.

Si riporta nella seguente tabella gli scenari di incendio di progetto selezionati:

scenari di incendio di progetto		
n	focolare	Configurazione di utilizzo
A	incendio in corrispondenza del palcoscenico	tutti
B	incendio in corrispondenza della caffetteria	tutti
C	incendio di un cestino nel foyer	tutti
D	incendio di un banco	mercato
E	incendio di un banco	attività con animali
F	incendio di un laptop	sala stampa

Tabella 89 - riassuntivo scenari di incendio di progetto

Nella selezione degli scenari di incendio di progetto, sono stati presi in esame i casi più rappresentativi e di maggiore impatto, mentre gli scenari ritenuti di impatto minore sono stati implicitamente considerati attraverso l'analisi dei casi critici. Gli scenari di incendio selezionati includono l'incendio in corrispondenza del palcoscenico (scenario 1), l'incendio presso la caffetteria (scenario 2) e l'incendio di un cestino nel foyer (scenario 7). Al contrario, lo scenario di incendio del proiettore (scenario 3), rappresentando un evento puntuale a una quota elevata, risulta di impatto inferiore rispetto agli incendi a livello del suolo, come quello di un banco al centro dell'area multifunzionale, caratterizzato da un maggior rilascio termico (RHR) e con impatto diretto sull'esodo degli occupanti.

Lo scenario 4, rappresentante l'incendio di un cestino presso l'uscita verso Viale della Rimembranza, è stato valutato indirettamente, poiché lo scenario simmetrico 2 (incendio presso la caffetteria) risulta più critico. In modo analogo, lo scenario 5 (cestino presso l'uscita verso Piazza dei Volontari della Libertà) è stato considerato meno significativo rispetto allo scenario 1, già incluso per il suo impatto superiore.

Relativamente al locale aggettante rispetto all'area multifunzionale, si è scelto di esaminare lo scenario 7 (incendio di un cestino nel foyer), che per posizione e caratteristiche rappresenta una situazione più critica rispetto agli scenari 8, 9 e 10 (incendi nei bagni, nei bagni per disabili e negli uffici).

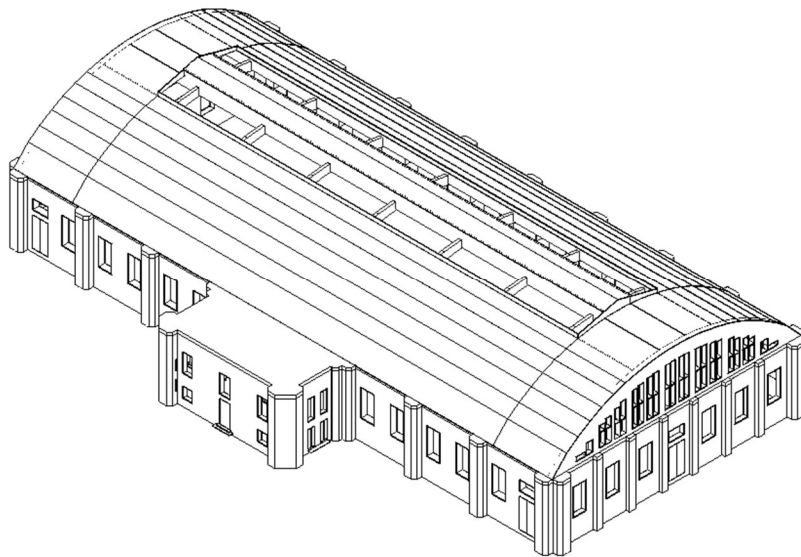
Infine, gli scenari 11 e 13 (incendio nella platea e incendio di un laptop nel convegno) sono stati compresi nell'analisi attraverso lo scenario 18 (incendio di un laptop nella sala stampa), ritenuto più rappresentativo. Gli scenari 12, 14 e 16, infine, sono stati considerati per analogia con gli incendi 15 e 17 (incendio di banchi), scelti in quanto rappresentativi della tipologia con maggior impatto.

#### 3.5.2 Analisi quantitativa

Si procede con un'analisi quantitativa degli scenari di incendio individuati, valutando gli effetti degli scenari di incendio sull'attività e, in particolare, l'impatto sulla struttura e la salvaguardia della vita umana, in linea con gli obiettivi di sicurezza delineati al punto M.1.4 del Codice di Prevenzione Incendi. Per condurre questa valutazione, verranno utilizzati modelli numerici che consentono di simulare lo sviluppo dell'incendio e le dinamiche dell'esodo. I risultati ottenuti saranno fondamentali per verificare il rispetto delle soglie di prestazione previste, permettendo così di stabilire l'adeguatezza delle soluzioni progettuali adottate in relazione agli scenari di incendio presi in esame.

##### 3.5.2.1 Modellazione BIM

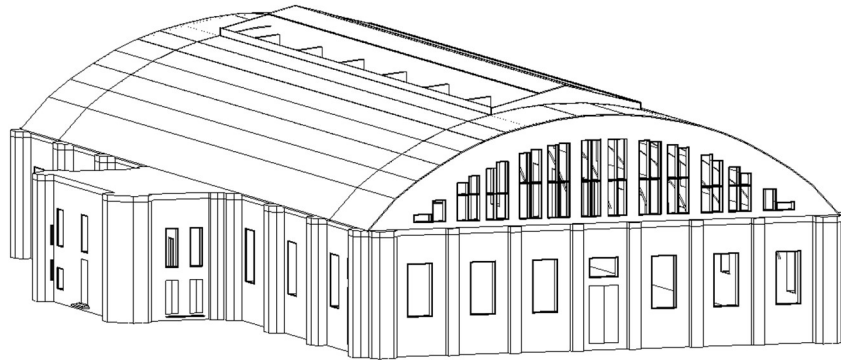
Per l'analisi prestazionale della struttura, è stato necessario sviluppare un modello BIM, realizzato utilizzando il software Revit. Durante la fase di modellazione, sono state applicate diverse semplificazioni per gestire al meglio la complessità della struttura. In particolare, si è scelto di trascurare molti degli elementi decorativi presenti, poiché non essenziali per l'obiettivo dell'analisi. La struttura risultante si presenta come segue:



*Figura 61 - Cavallerizza Caprilli modellata su Revit*

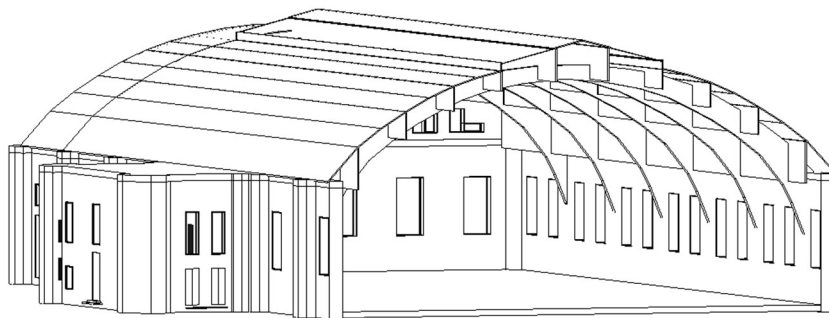
Uno degli aspetti che si può immediatamente notare è la semplificazione delle aperture. Nella realtà, queste presentano una chiusura ad arco nella parte superiore, che però non è stata modellata. La ragione di questa scelta è legata al fatto che il software utilizzato per la successiva modellazione FDS (Fire Dynamics Simulator) semplifica automaticamente le geometrie, approssimandole a forme più semplici, come parallelepipedi. Di conseguenza, anche le dimensioni delle aperture, soprattutto per quanto riguarda l'altezza, sono state adattate in modo

equivalente per riflettere tale semplificazione. Questo approccio permette di mantenere coerenza tra i modelli senza perdere informazioni cruciali per l'analisi.



*Figura 62 - semplificazione di finestre e copertura nel modello Revit della Cavallerizza Caprilli al fine della simulazione*

Anche la copertura ha subito delle semplificazioni. In origine, questa presentava una conformazione più complessa, ma è stata rappresentata mediante elementi lineari. L'obiettivo era quello di costruire una struttura che, pur semplificata, approssimasse efficacemente la forma di un arco, così da poter essere gestita correttamente nel modello di calcolo. Tale approssimazione è stata ritenuta adeguata alla tipologia di analisi prevista, che non richiedeva una rappresentazione dettagliata dei singoli elementi architettonici, ma piuttosto una riproduzione fedele della struttura dal punto di vista prestazionale e geometrico.



*Figura 63 - modellazione travatura principale longitudinale e a botte su Revit della Cavallerizza Caprilli*

Infine, va sottolineato che la struttura è dotata di una configurazione reticolare che sostiene la copertura a botte. Per semplificare ulteriormente il modello, gli archi e le travi trasversali principali sono stati rappresentati come elementi pieni. Questa scelta è stata fatta considerando l'ingombro complessivo di tali componenti, trattandoli come elementi solidi piuttosto che come strutture reticolari complesse. In questo modo, si è garantito un bilanciamento tra la fedeltà geometrica e la praticità della modellazione, senza compromettere la validità dell'analisi prestazionale finale.

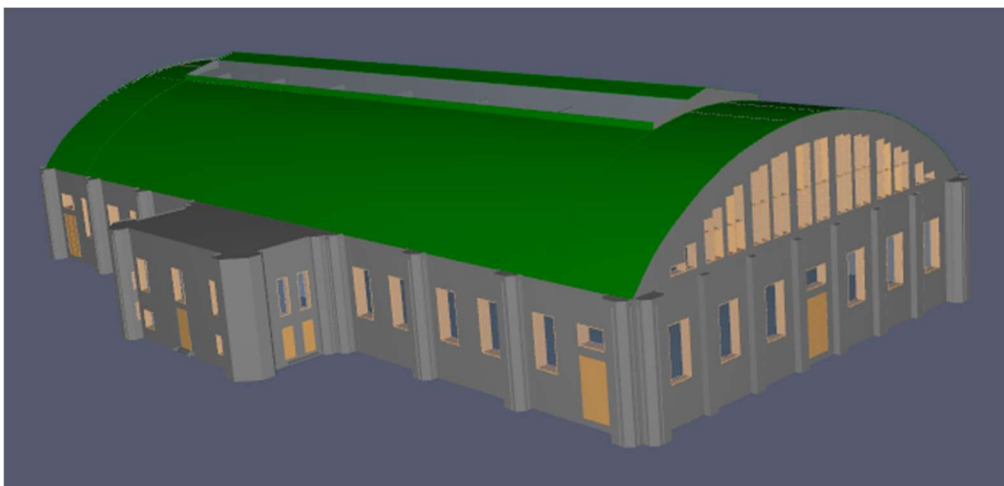
#### 3.5.2.2 *PyroSim*

PyroSim è un'interfaccia grafica avanzata per Fire Dynamics Simulator (FDS), un software basato sulla fluidodinamica computazionale (CFD) sviluppato dai ricercatori del National Institute of Standards and Technology (NIST).

FDS consente di simulare la dinamica di fluidi e gas durante gli incendi, permettendo di prevedere fenomeni come la dispersione di fumo, l'evoluzione delle temperature, la produzione di monossido di carbonio e altre sostanze pericolose che si sviluppano durante gli eventi di incendio.

I risultati delle simulazioni condotte con FDS sono utilizzati per validare la sicurezza antincendio degli edifici esistenti, permettendo di simulare delle condizioni realistiche permettendo un maggiore dettaglio dello studio, superando quelli che sono i limiti legati imposti per la conformità nei precedenti capitoli.

Nel caso specifico analizzato, è stato importato nel software PyroSim il modello tridimensionale creato precedentemente con Revit, in quanto il software FDS non è adatto alla modellazione di strutture, permette solo di aggiungere o eliminare geometrie semplici a forma di parallelepipedo. Nella seguente immagine viene mostrato il modello 3D caricato su PyroSim utilizzato nelle simulazioni.



*Figura 64 - modello Revit della Cavallerizza Caprilli importato su PyroSim*

Il primo passo per effettuare un'analisi tramite FDS richiede la creazione delle meshes, che servono a suddividere lo spazio tridimensionale in un insieme di celle più piccole, all'interno delle quali vengono risolte le equazioni di conservazione della massa, della quantità di moto e dell'energia.

La dimensione della mesh influenza l'accuratezza della simulazione, si rende necessario quindi scegliere una dimensione che permetta di raccogliere tutte le informazioni importanti ai fini del calcolo, trovando un compromesso che non richieda potere computazionale e tempi di calcolo non significativi allo studio.

Per la definizione della mesh, sono state adottate dimensioni variabili al fine di garantire una maggiore accuratezza in specifiche aree. A tal fine, è stata valutata la compatibilità tra le diverse mesh, assicurando l'allineamento dei nodi tra le varie maglie. In particolare, è stato scelto di utilizzare una dimensione delle celle di 0,50 m x 0,50 m x 0,50 m per l'intera struttura e per avere un maggior grado di dettaglio, in corrispondenza della trave reticolare a botte che si immagina maggiormente sollecitata per lo specifico scenario è stata assegnata una mesh di 0,25 m x 0,25 m x 0,25 m.

Una volta realizzate le mesh si è reso necessario modificare le superfici esterne da adiabatiche a delle superfici che permettono lo scambio di massa ed energia con l'esterno, in particolare questa apertura viene effettuata per tutte le superficie ad eccezione del piano di calpestio.

Successivamente sono stati definiti i burner, i quali presentano diverse dimensioni, posizione e caratteristiche intrinseche, in particolare sono stati studiati i seguenti sei scenari di incendio di progetto:

- A. Incendio del palcoscenico di natura elettrica all'interno dell'area multifunzionale
- B. Incendio della caffetteria di natura elettrica all'interno dell'area multifunzionale
- C. Incendio del cestino di natura accidentale all'interno del foyer
- D. Incendio di un banco di esposizione di natura elettrica all'interno dell'area multifunzionale (mercatino)
- E. Incendio di un banco di esposizione di natura elettrica all'interno dell'area multifunzionale (attività con animali)
- F. Incendio di natura elettrica all'interno dell'area multifunzionale (sala stampa)

*A. Incendio del palcoscenico di natura elettrica all'interno dell'area multifunzionale*

Il focolare presenta una superficie pari a quella del palco di 8 metri per 20 metri ed è stato posizionato come definito da layout. La trave oggetto di maggiore studio è quella posizionata sopra il focolare in quanto maggiormente esposta rispetto alle altre agli effetti dell'incendio.

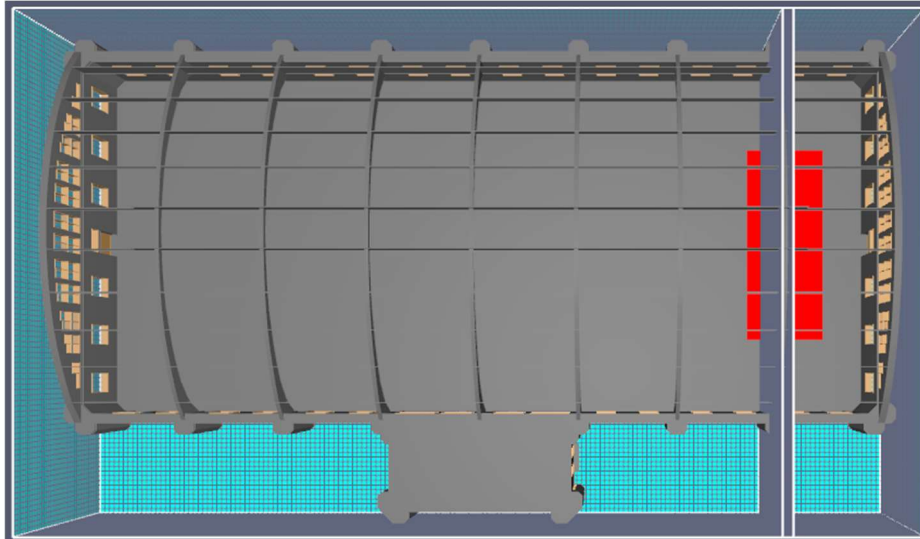


Figura 65 - individuazione delle diverse tipologie di mesh e del focolare nel caso di incendio del palcoscenico

La superficie alle quali vengono attribuite le caratteristiche del focolare è rappresentata dalla parte superiore del parallelepipedo, in particolare si rende necessaria la definizione della curva RHR acronimo di Rate of Heat Release, che rappresenta l'evoluzione della potenza termica sprigionata dall'incendio al variare del tempo. La curva RHR è uno degli aspetti fondamentali per comprendere la dinamica e le fasi di sviluppo di un incendio e influisce fortemente sui risultati attesi dalla simulazione. Il Codice di Prevenzione Incendi al capitolo M.2.7 permette di omettere le valutazioni quantitative del focolare fornendo i parametri per la descrizione di un focolare predefinito.

Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Velocità caratt. di crescita dell'incendio $t_c$	150 s (fast)	75 s (ultra-fast)
RHR <sub>max</sub> totale	5 MW	50 MW
RHR <sub>max</sub> per m <sup>2</sup> di superficie del focolare	250-500 kW/m <sup>2</sup> [1]	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]	

Figura 66 - Tabella M.2-2 – Focolari predefiniti (fonte: D.M. 03/08/2015 – Codice di Prevenzione Incendi)

La curva RHR può essere rappresentata attraverso due fasi distinte: una fase di propagazione, caratterizzata da una crescita parabolica e una seconda fase stazionaria nel quale la curva si



assesta su un valore costante. In particolare, la fase stazionaria può essere rappresentata mediante la seguente equazione:

$$\text{RHR}(t) = 1000 \cdot \left(\frac{t}{t_\alpha}\right)^2$$

Dove  $t$  è il tempo in secondi e  $t_\alpha$  è la velocità caratteristica dell'incendio, ovvero il tempo necessario affinché la curva raggiunga il valore di 1000 kW.

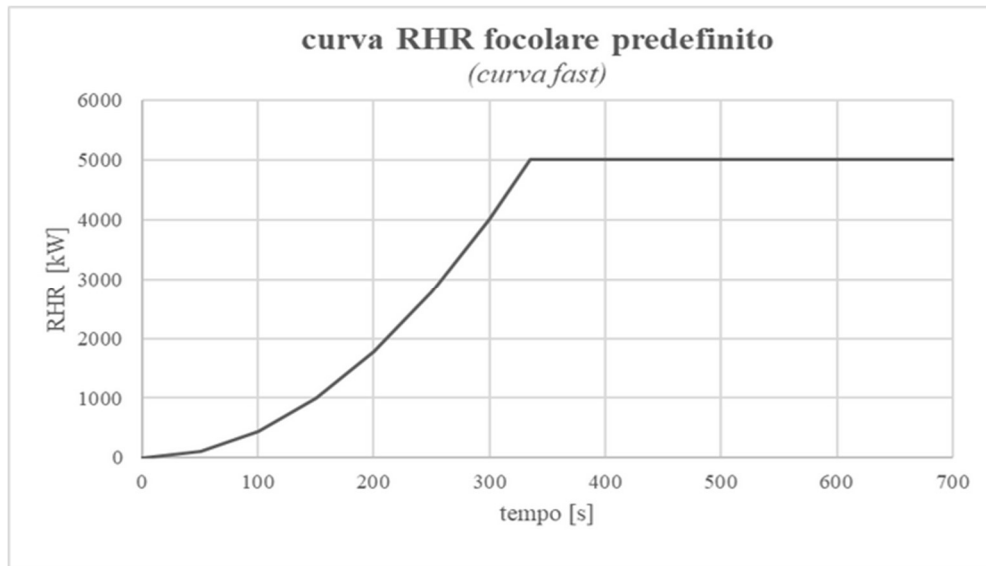


Figura 67 - curva RHR scenario incendio del palcoscenico

È possibile ricavare l'istante in cui la curva raggiunge il picco mediante formulazione inversa:

$$t_{\max} = \sqrt{\frac{\text{RHR}_{\max}}{1000}} \cdot t_\alpha = 335,41 \text{ s}$$

Successivamente al tempo  $t_{\max}$  la curva assume un valore costante pari a:

$$\text{RHR}_{\max} = 5000 \text{ kW}$$

#### *B. Incendio della caffetteria di natura elettrica all'interno dell'area multifunzionale*

Il focolare presenta le dimensioni del lato del bancone soggetto all'incendio dell'effetto combinato di frigorifero e lavastoviglie, in particolare si ha una dimensione di 10 metri per 1 metro.

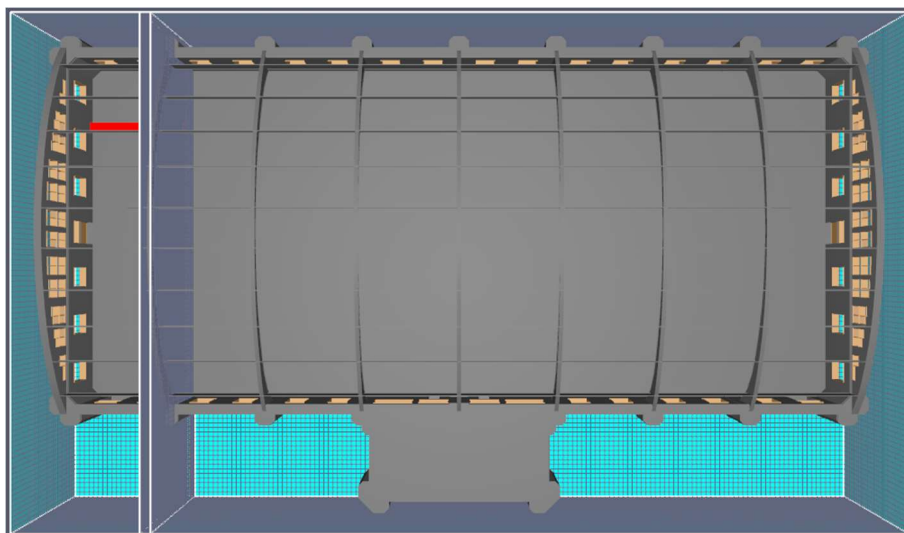


Figura 68 - Individuazione delle diverse tipologie di mesh e del focolare nel caso di incendio della caffetteria

Per la definizione delle curve RHR si è fatto riferimento al documento *Burning of Electrical Household Appliances – An Experimental Study* di Jukka Hietaniemi, Johan Mangs & Tuula Hakkarainen il quale riporta i risultati degli studi effettuati sull'incendio di alcuni elettrodomestici, tra cui la lavastoviglie e il frigorifero.

Per quanto riguarda la lavastoviglie si è fatto riferimento ai risultati riportati al capitolo 5.1.3 dello studio, in particolare per quanto riguarda la lavastoviglie è stata assunta la curva AP4 in quanto si trova all'interno di una credenza che per analogia potrebbero rappresentare una condizione simile al bancone del bar.

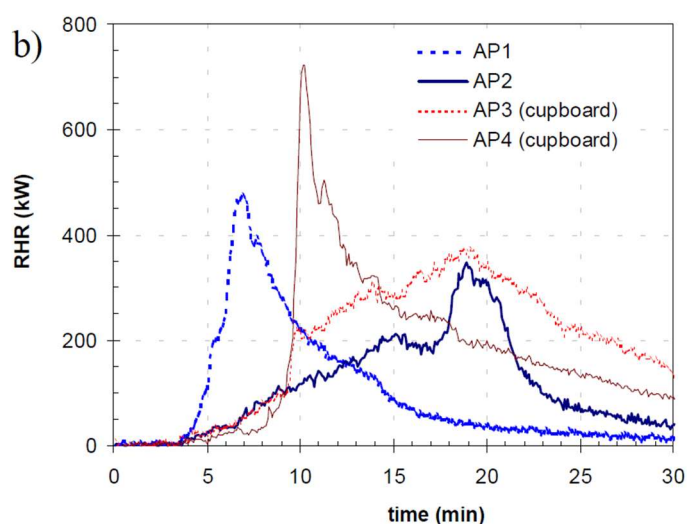


Figura 69 - Curva RHR lavastoviglie [15]- Figura 5.7.b

Per quanto riguarda invece il frigorifero si è fatto riferimento al grafico riportato al capitolo 5.1.4, dove anche in questo caso sono presenti degli studi inerenti alla posizione interna ad un mobile, pertanto è stato utilizzato il grafico KL4.

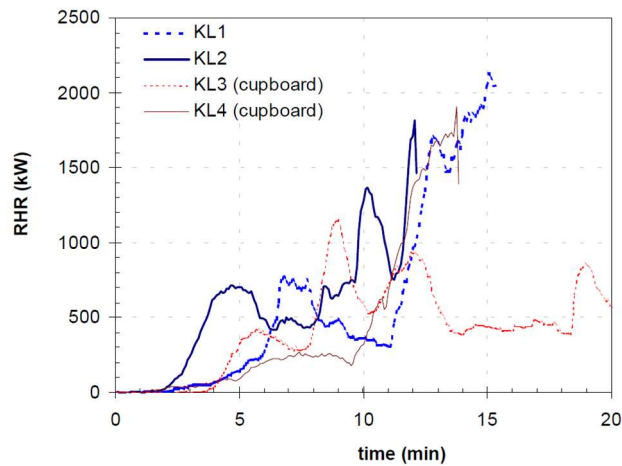


Figura 70 - Curva RHR frigorifero [15] - Figura 5.10.a

Le due curve RHR sono state elaborate ed è stata rimossa la porzione iniziale di grafico ritenuta meno rappresentativa. Successivamente è stato sommato il contributo delle due curve.

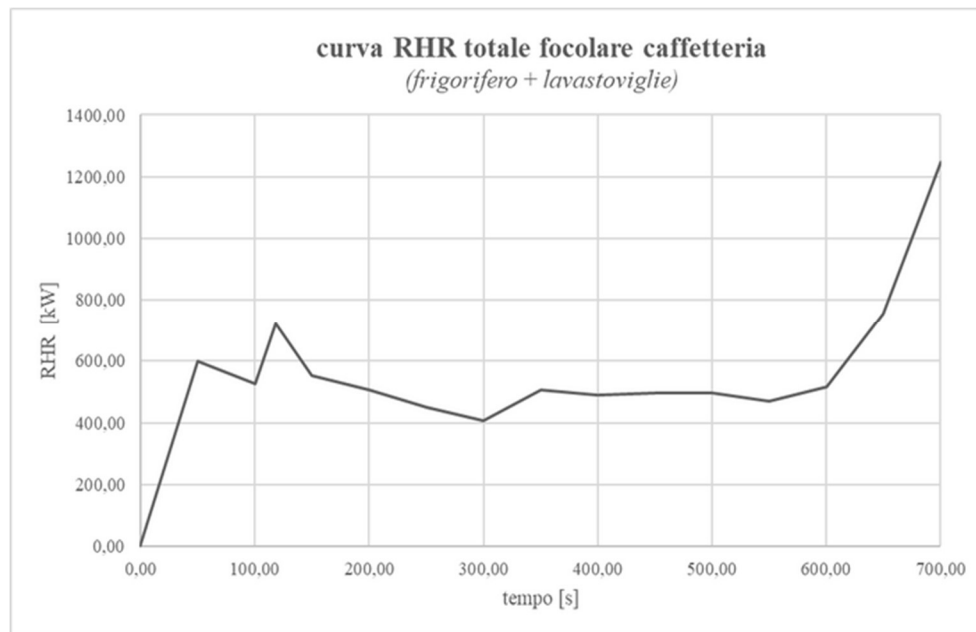


Figura 71 - Curva RHR risultante per incendio in caffetteria

Sono poi stati definiti il valore di HRRPUA e sono stati inseriti i valori della curva RHR in termini di frazione rispetto al tempo espresso in secondi.

$$\text{HRRPUA} = 203,20 \text{ kW/m}^2$$

Per quanto riguarda invece la resa in particolato  $y_s$  e la resa in monossido di carbonio  $y_{CO}$  si fa riferimento alla tabella 5.1 di “Burning of Electrical Household Appliances – An Experimental Study”, dove sono si fa riferimento ai valori di dishwahr 4 e refrigerator 4.

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Apparatus	Mass	Heat		Smoke				Carbon oxides				molar ratio CO <sub>2</sub> /CO
	$\Delta M^{2j}$ (kg)	max. RHR (kW)	avg. EHC (MJ/kg)	max. RSP (m <sup>2</sup> /s)	avg. SEA (m <sup>3</sup> /kg)	max. MRSP (g/s)	avg. Y <sub>smoke</sub> (kg/kg)	max. RCO (g/s)	max. RCO <sub>2</sub> (g/s)	avg. Y <sub>co</sub> (kg/kg)	avg. Y <sub>CO<sub>2</sub></sub> (kg/kg)	
Television 1	5,2	274	31,9	8,6	904	1,07	0,113	0,986	23,3	0,068	2,683	26
Television 2	4,6	239	28,2	9,5	962	1,18	0,120	1,253	21,8	0,077	2,528	22
Television 3	5,3	211	28,6	7,4	916	0,92	0,114	0,959	16,8	0,068	2,470	26
Washing machine 1	10,1	345	31,1	2,3	190	0,28	0,024	0,651	24,7	0,056	2,158	38
Washing machine 2	10,4	431	29,9	1,7	107	0,21	0,013	0,262	30,7	0,028	2,334	64
Washing machine 3	12,3	221	35,7	1,9	201	0,24	0,025	0,335	16,0	0,031	2,806	68
Dishwasher 1	6,1	476	33,2	5,3	289	0,67	0,036	0,877	41,7	0,074	2,999	30
Dishwasher 2	8,4	347	29,3	3,6	284	0,44	0,036	0,545	26,8	0,060	2,622	34
Dishwasher 3	19,1	374	20,0	6,7	147	0,83	0,018	1,157	31,4	0,054	1,628	43
Dishwasher 4	18,6	723	19,0	3,1	121	0,39	0,015	0,684	54,9	0,041	1,606	47
Refrigerator-freezer1	18,0	2125	28,1	16,5	223	2,07	0,037	5,578	186,8	0,044	2,268	36
Refrigerator-freezer2	14,3	1816	28,1	46,3	498	5,79	0,062	4,181	136,4	0,053	2,166	27
Refrigerator-freezer3	33,6	1148	18,5	28,6	226	3,57	0,028	3,822	87,3	0,038	1,593	40
Refrigerator-freezer 4	15,3	1904	18,7	20,5	376	2,56	0,047	3,022	164,6	0,058	1,537	21

Figura 72 - resa in particolato e monossido di carbonio per focolare caffetteria [15] - Tabella 5.1

Per la definizione del valore da assegnare sul programma si è fatto riferimento ad un valore medio di  $y_S = 0,031$  e  $y_{CO} = 0,0495$ .

Per quanto riguarda invece il calore di combustione effettivo si è assunto un valore di  $\text{avg. EHC} = 18850 \text{ kJ/kg}$ .

#### C. Incendio del cestino di natura accidentale all'interno del foyer

Il focolare presenta delle dimensioni unitarie ed è stato posizionato all'interno del foyer in posizione intermedia tra le due porte che permettono di raggiungere l'area multifunzionale.

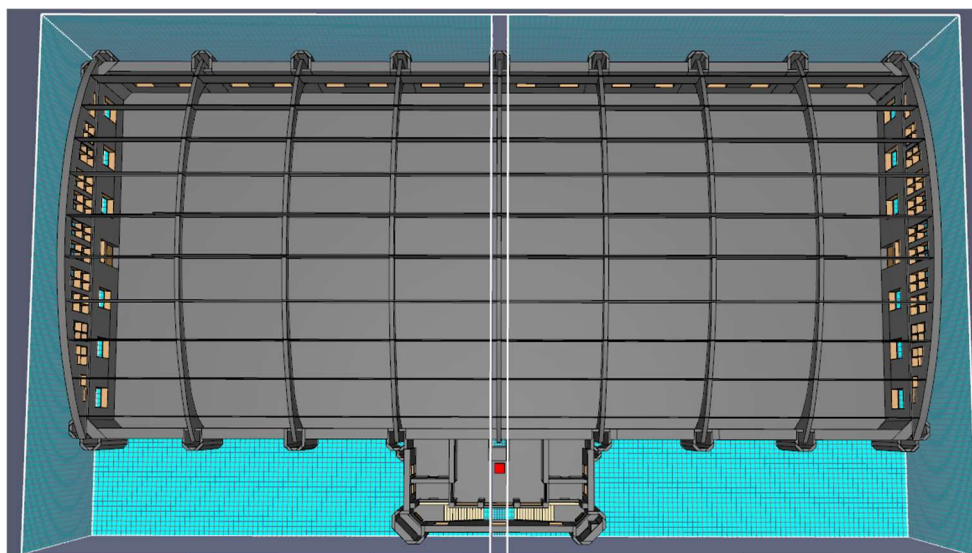


Figura 73 - individuazione delle diverse tipologie di mesh e del focolare nel caso di incendio nel foyer

La curva RHR scelta proviene dal sito del *NIST - Engineering Laboratory - Fire Research Division* e fa riferimento all'esperimento *Test36\_2Trashcan\_r2* che rappresenta l'incendio di un cestino della spazzatura contenente carta increspata.

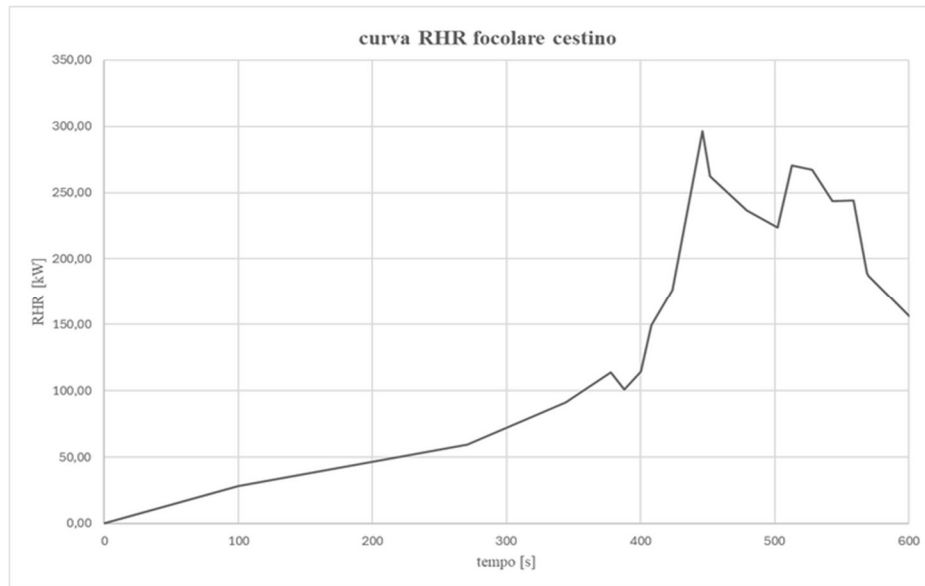


Figura 74 – curva RHR cestino [16]

Anche in questo caso la curva è stata elaborata ed estratta una porzione, ottenendo focolare caratterizzato da un valore di Heat Rate Release Per Unit Area pari a:

$$\text{HRRPUA} = 296,24 \text{ kW/m}^2$$

Per la definizione della quantità di particelle solide emesse durante la combustione  $y_S$  e la quantità di monossido di carbonio generata  $y_{CO}$  si fa riferimento ai dati ottenuti da tale esperimento che sono riportati nella seguente tabella.

Measurement	Value	Uc	Unit
Peak Heat Release Rate, PHRR	409	25	kW
Time to Peak Heat Release Rate	47.22	0.17	min
Total Heat Released, THR	253	19	MJ
Natural Gas Burner Total Heat Released, NGTHR	Not measured	-	MJ
Heat Release Quality Confirmation, HRQC	Not measured	-	MJ/MJ
Net Specimen Mass (gravimetric), NM = Mi-Mf	9.100	0.028	kg
Net Effective Heat of Combustion = THR / NM	27.8	2.1	MJ/kg
O2 Yield = O2 Consumed / NM	1.987	0.064	kg/kg
CO2 Yield = CO2 Generated / NM	2.110	0.076	kg/kg
CO Yield = CO Generated / NM	0.02144	0.00077	kg/kg
Soot Yield = Soot Generated / NM	0.0214	0.0072	kg/kg
Baseline Hood Exhaust Flow	17.70	0.53	kg/s
Test Duration = Time(Fire Out) - Time(Ignition)	56.65	0.03	min

Figura 75 – Rese di combustione [16]

*D. Incendio di un banco di esposizione di natura elettrica all'interno dell'area multifunzionale (mercato)*

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

L'incendio riguardante il banco di esposizione è stato rappresentato mediante un blocco di dimensioni medie di un banco pari a 1 metro per 3 metri ed è stata scelta come configurazione la posizione centrale, rispettando comunque il layout previsto in fase preliminare.

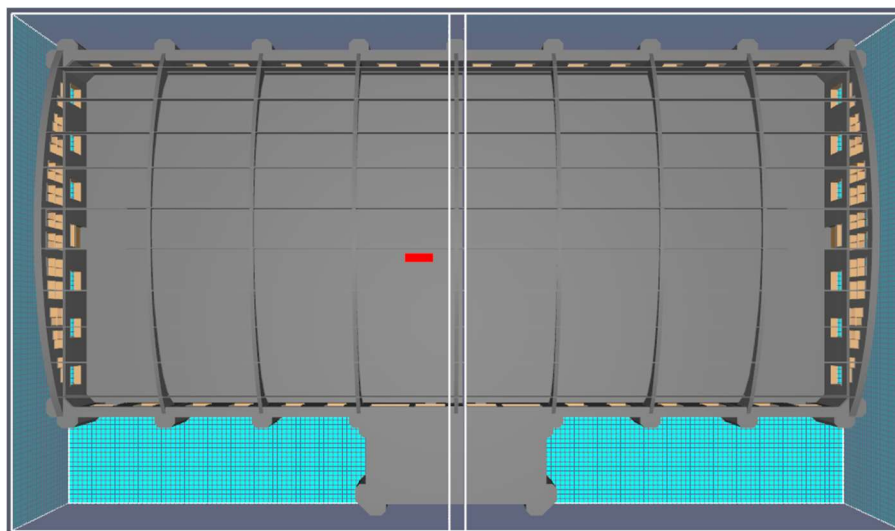


Figura 76 - individuazione delle diverse tipologie di mesh e del focolare nel caso di incendio di una bancarella (mercato)

Per quanto riguarda la definizione della curva si è fatto riferimento allo studio di Jukka Hietaniemi & Esko Mikkola – Design Fires for Fire Safety Engineering; al capitolo 5.4 sono riportati gli incendi di progetto per “shops and other commercial occupancies”, in particolare si è fatto riferimento alla seguente curva RHR:

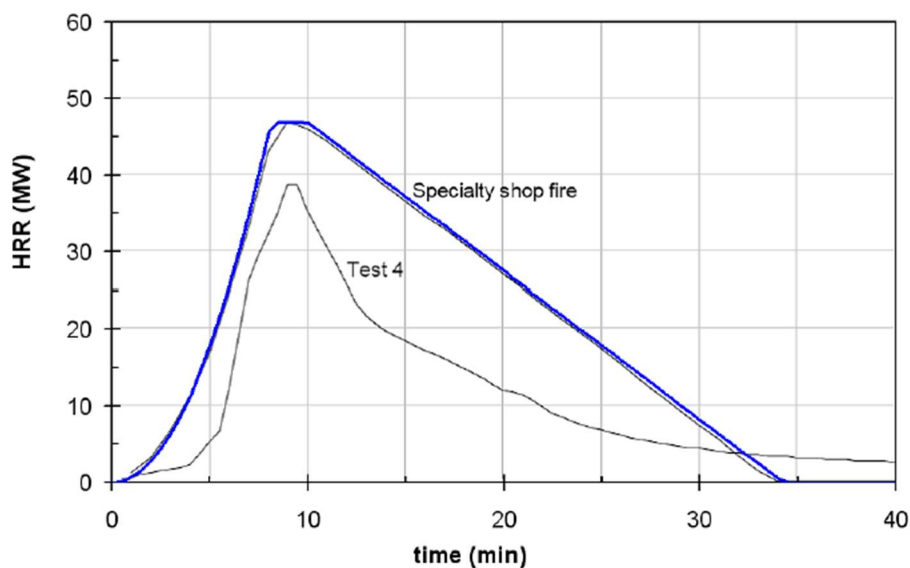


Figura 77 - curva incendio uso commerciale - [17] - Figura 27

A seguito di elaborazioni per ottenere una curva che facesse riferimento al singolo banco si è ottenuto il seguente grafico.

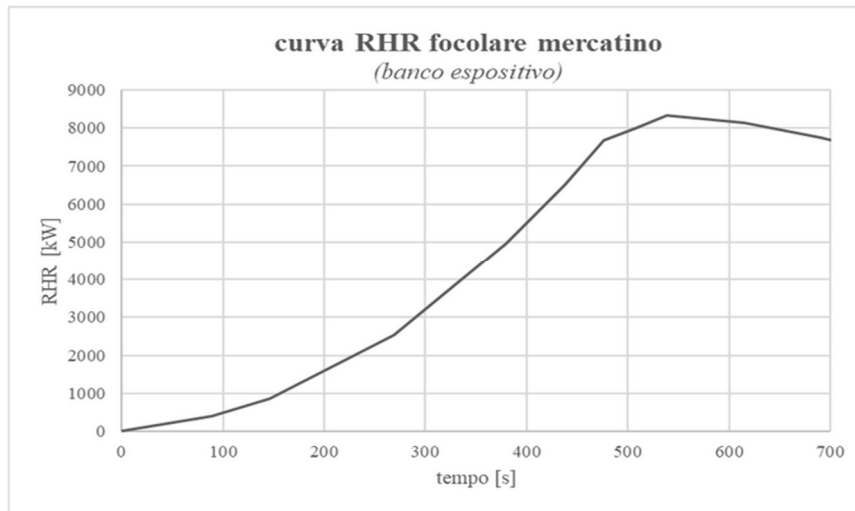


Figura 78- curva RHR risultante per incendio di un banco nell'area multifunzionale

Il valore di HRRPUA definito per il focolare in esame è pari a:

$$\text{HRRPUA} = 2779,33 \text{ kW/m}^2$$

Data la varietà e variabilità di elementi costituenti il banco del mercatino è stato assunto come riferimento per la valutazione della resa in particolato, monossido di carbonio e calore di combustione effettivo i valori indicati dalla tabella M.2-2 del Codice di Prevenzione Incendi.

*E. Incendio di un banco di esposizione di natura elettrica all'interno dell'area multifunzionale (attività con animali)*

Per quanto riguarda il presente scenario le caratteristiche sono le stesse individuate per lo scenario di incendio di progetto numero 4, con la differenza della posizione del banco analizzato che nel caso in analisi si trova in posizione laterale.

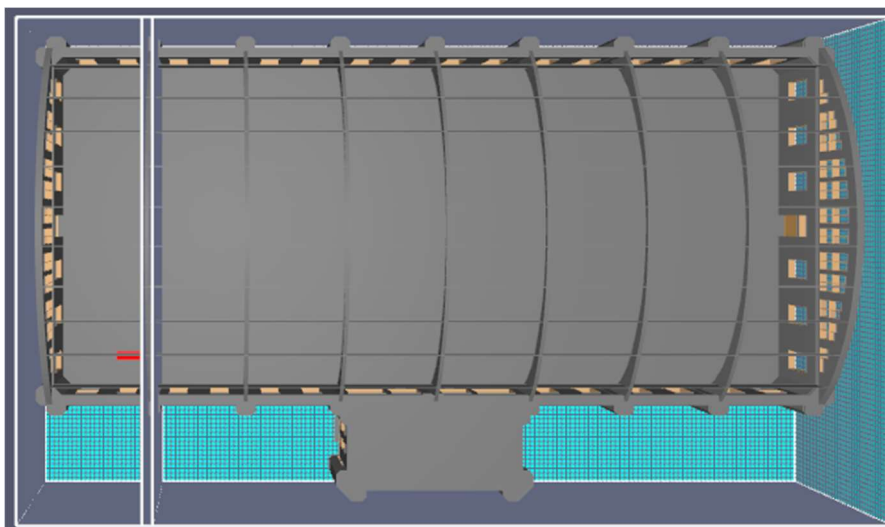


Figura 79 - individuazione delle diverse tipologie di mesh e del focolare nel caso di incendio di un banco (attività animali)

*F. Incendio di natura elettrica all'interno dell'area multifunzionale (sala stampa)*

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Il focolare individuato per il presente scenario è rappresentato da un blocco di dimensione 3 metri quadri, posizionato in posizione pressoché centrale all'area multifunzionale in corrispondenza della posizione degli elementi caratterizzanti il focolare ovvero un laptop e delle sedie messe in fila.

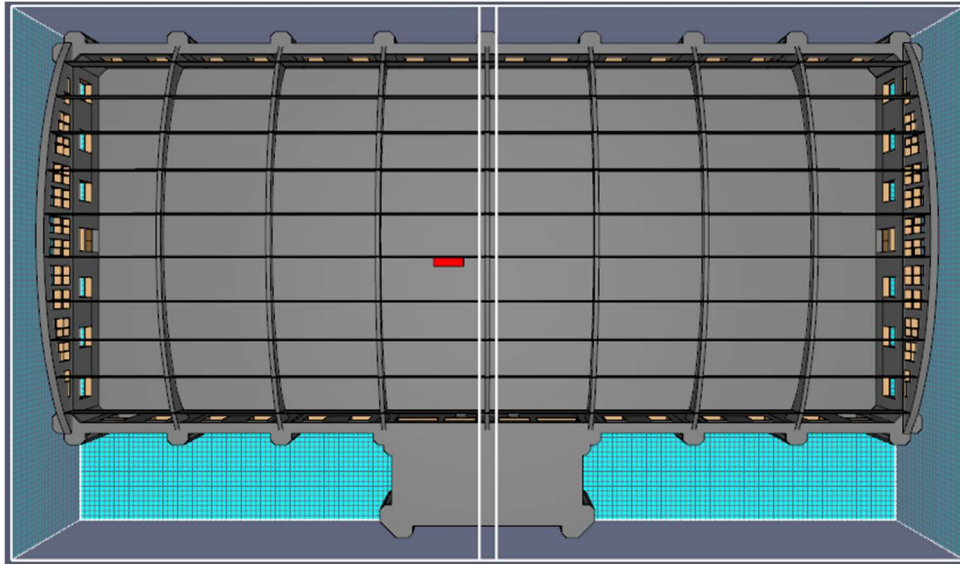


Figura 80 - individuazione delle diverse tipologie di mesh e del focolare nel caso di incendio di una portatile e sedie (sala stampa)

Per ottenere la curva RHR definitiva sono stati considerati due contributi principali, entrambi tratti dal SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Fifth Edition (Springer, 2016). Il primo contributo fa riferimento alla Figura 26.20, a pagina 818, relativa a 8 sedie disposte in 4 file da 8. Il secondo contributo, estratto dalla stessa opera, è rappresentato dalla Figura 26.53, a pagina 844, relativa a un laptop.

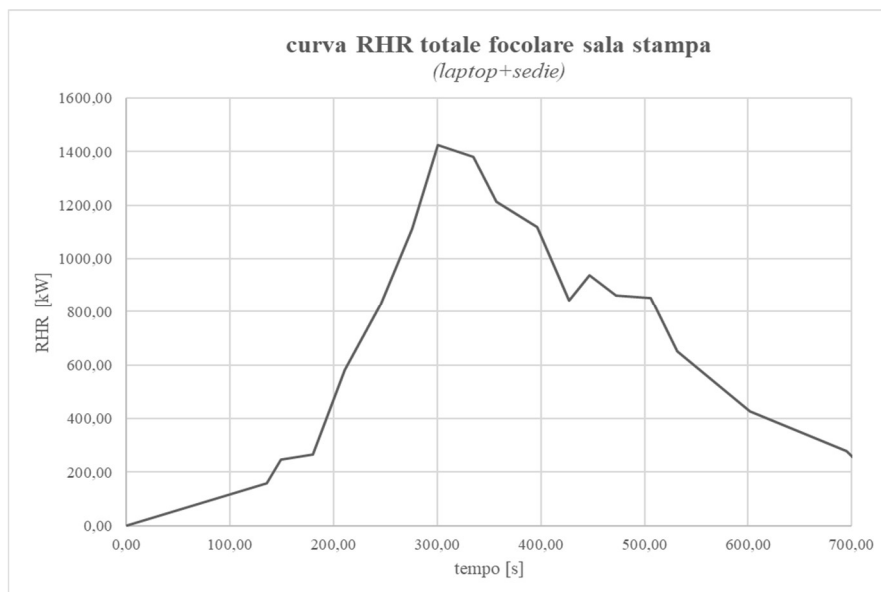


Figura 81 - Curva RHR risultante per incendio in sala stampa



Per quanto riguarda invece la definizione della quantità di particelle solide emesse durante la combustione  $y_S$  e la quantità di monossido di carbonio generata  $y_{CO}$  si fa riferimento alla seguente tabella Tab. A.39 estratta dal SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Fifth Edition (Springer, 2016), pag. 3467, in particolare sono stati adottati i valori relativi a PP.

*Synthetic materials–solids (abbreviations/names in the nomenclature)*

ABS <sup>b</sup>	–	–	–	–	0.105	30.0	–	–
POM	15.4	1.40	0.001	0.001	–	14.4	11.2	3.2
PMMA	25.2	2.12	0.010	0.001	0.022	24.2	16.6	7.6
PE	43.6	2.76	0.024	0.007	0.060	38.4	21.8	16.6
PP	43.4	2.79	0.024	0.006	0.059	38.6	22.6	0
PS	39.2	2.33	0.060	0.014	0.164	27.0	11.0	16.0
Silicone	21.7	0.96	0.021	0.006	0.065	10.6	7.3	3.3
Polyester-1	32.5	1.65	0.070	0.020	0.091	20.6	10.8	9.8
Polyester-2	32.5	1.56	0.080	0.029	0.089	19.5	–	–
Epoxy-1	28.8	1.59	0.080	0.030	–	17.1	8.5	8.6
Epoxy-2	28.8	1.16	0.086	0.026	0.098	12.3	–	–
Nylon	30.8	2.06	0.038	0.016	0.075	27.1	16.3	10.8
Polyamide-6 <sup>b</sup>	–	–	–	–	0.011	28.8	–	–
IPST <sup>b</sup>	–	–	–	–	0.080	23.3	–	–
PVEST <sup>b</sup>	–	–	–	–	0.076	22.0	–	–
Silicone rubber	21.7	0.96	0.021	0.005	0.078	10.9	–	–
Polyether ether ketone (PEEK- $CH_{0.83}O_{0.15}S_{0.04}$ )	31.3	1.6	0.029	–	0.008	17.5	–	–
Polysulfone (PSO- $CH_{0.81}O_{0.15}S_{0.04}$ )	29.0	1.8	0.034	–	0.020	24.3	–	–
Polyethersulfone (PES- $CH_{0.67}O_{0.21}S_{0.08}$ )	25.2	1.5	0.040	–	0.021	20.4	–	–
Polyetherimide (PEI- $CH_{0.68}N_{0.06}O_{0.14}$ )	30.1	2.0	0.026	–	0.014	27.2	–	–
Polycarbonate (PC- $CH_{0.38}O_{0.13}$ )	31.6	1.5	0.054	–	0.112	18.4	–	–

Figura 82 -  $y_S$  e  $y_{CO}$  focolare sala stampa [18] - Tab. A.39

### Riepilogo

Si riporta nella seguente tabella un riepilogo dei parametri di input per ogni focolare di progetto individuato.

RIEPILOGO PARAMETRI UTILIZZATI NELLE SIMULAZIONI					
scenario		RHR <sub>max</sub>	$y_{soot}$	$y_{CO}$	$\Delta H$
-		kW	-	-	kJ/kg
1	palcoscenico	5000	0,07	0,1	20000
2	caffetteria	2032	0,031	0,0495	18850
3	foyer	296,24	0,0214	0,02144	27800
4	mercato	8338	0,07	0,1	20000
5	cavalli	8338	0,07	0,1	20000
6	sala stampa	1425,74	0,059	0,024	22600

Tabella 90 - Riepilogo parametri input focolari di progetto

#### 3.5.2.3 Modellazione Pathfinder

Pathfinder è un software una tecnica di modellazione Agent Based Modeling, la quale permette di modellare e analizzare situazioni di esodo, in caso di incendio o altre situazioni pericolose. Pathfinder è un software che è sviluppato come PyroSim da Thunderhead Engineering, pertanto i risultati possono essere integrati, combinando gli effetti causati dall'incendio con la situazione di esodo, permettendo di effettuare delle valutazioni sui tempi e i percorsi di esodo.

Pathfinder permette di effettuare delle analisi in termini di tempo necessario all'evacuazione, ai punti di congestione e valutare i percorsi di esodo seguiti dagli occupanti.

In primo luogo, quindi è stato importato il modello Revit all'interno del programma al fine di semplificare il processo di modellazione, estraendo in automatico i piani all'interno dell'edificio.

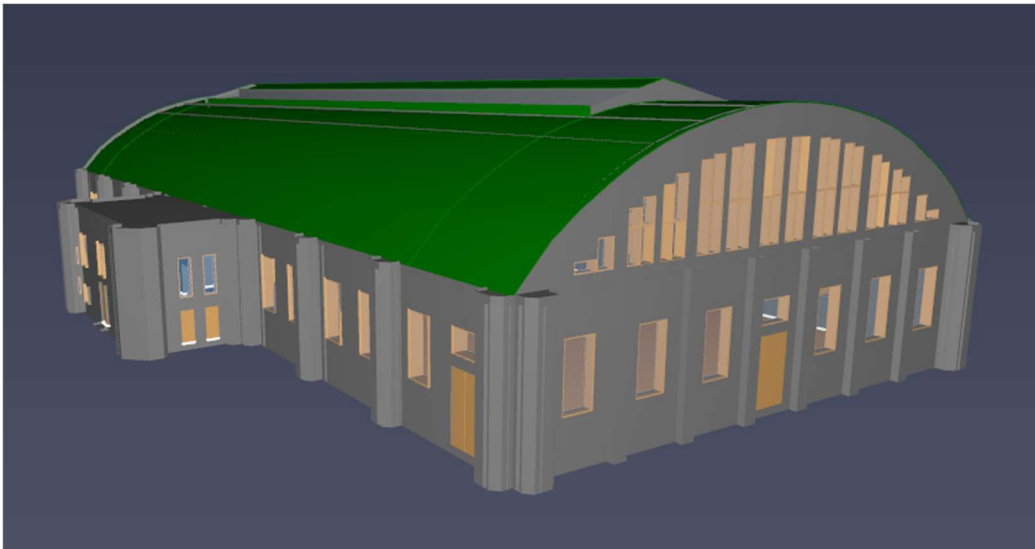


Figura 83 - modello della Cavallerizza Caprilli importato su Pathfinder

Nella figura seguente sono rappresentate le diverse stanze (rooms) della struttura, all'interno delle quali gli occupanti possono muoversi liberamente. Queste stanze sono collegate da porte, che sono suddivise in due categorie:

- Porte di connessione tra stanze (indicate in arancione): collegano due stanze tra loro, consentendo il movimento degli occupanti tra diversi ambienti.
- Porte di uscita finale (indicate in verde): queste porte rappresentano i punti di uscita definitiva dalla struttura.

Il collegamento verticale tra i diversi livelli è garantito dalla presenza di scale, che sono state modellate all'interno del software.

La figura successiva mostra la struttura modellata in Pathfinder, dove sono stati aggiunti alcuni elementi di arredo fissi. Tra questi si possono notare:

- Il palcoscenico: accessibile tramite due scale e una rampa, è calpestabile e reso facilmente raggiungibile dagli occupanti.
- Il bancone della caffetteria: posizionato lateralmente, rappresenta un ingombro fisso, ma non include un'area calpestabile.

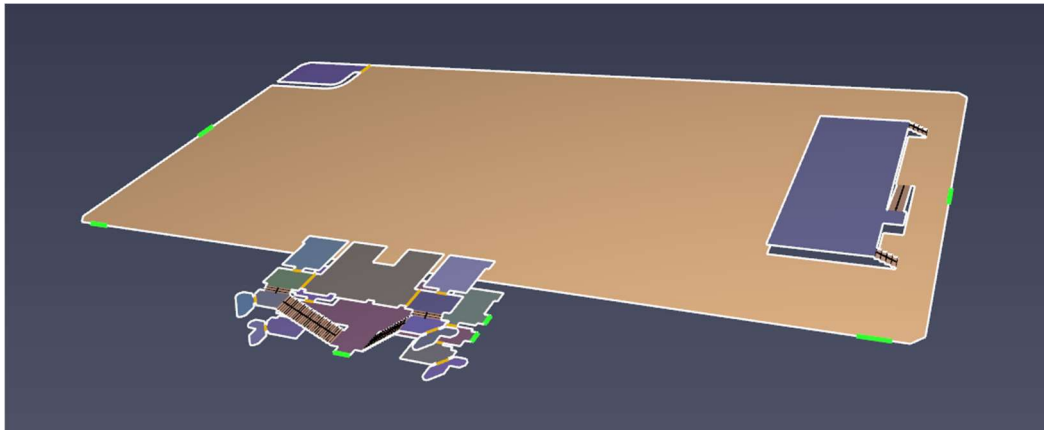


Figura 84 - configurazione di base delle room su Pathfinder

Al fine di valutare l'impatto della diversa distribuzione degli arredi e della presenza degli occupanti all'interno della struttura, sono state modellate diverse configurazioni. Queste saranno presentate nelle sezioni successive, con un'analisi dettagliata della disposizione delle persone in ciascuno scenario.

### *Profili*

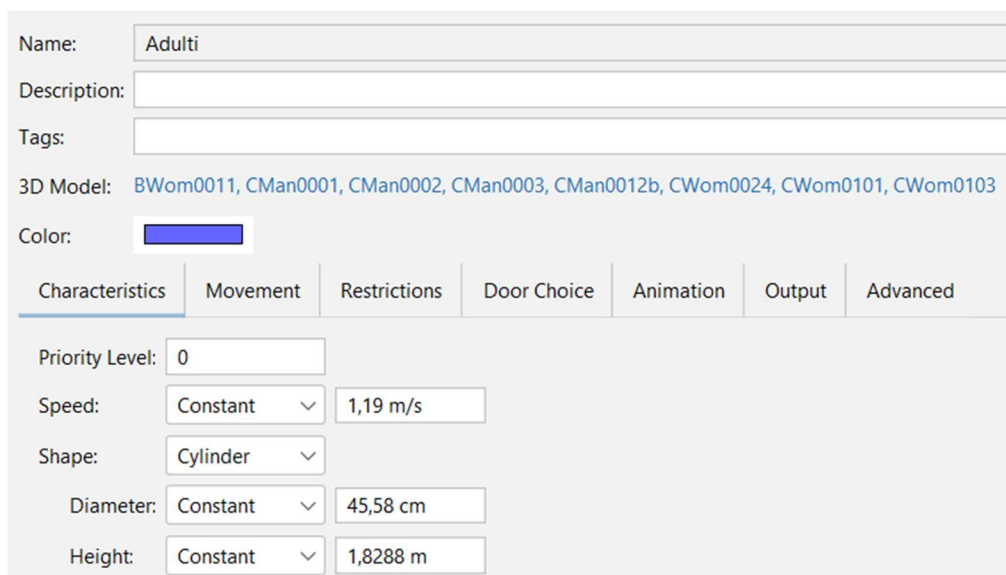
All'interno di ogni scenario sono stati analizzati i profili di occupanti presenti, i quali includono adulti, anziani, bambini, addetti, lavoratori, disabili motori e disabili cognitivo-sensoriali.

Ogni profilo di occupante è caratterizzato dai seguenti parametri:

- **Priorità:** A ciascun occupante può essere assegnata una priorità di movimento. Questo parametro è particolarmente utile per figure come soccorritori e addetti, che devono attraversare la folla più rapidamente.
- **Velocità:** La velocità di movimento varia in funzione dell'età e delle capacità motorie dell'occupante.
- **Forma:** Gli occupanti sono modellati utilizzando volumi differenti per rappresentare lo spazio fisico occupato.
- **Altezza:** Alcuni profili, come i bambini, sono rappresentati con un'altezza inferiore rispetto agli adulti, rispecchiando la loro fase di crescita.

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Gli adulti sono rappresentati come dei cilindri per il quale è stato mantenuto il diametro standard di 45,58 cm e un'altezza di 1,8288 m. La velocità assegnata pari a 1,19 m/s proviene dalla normativa ISO/TR 16738 e fa riferimento ad una velocità di movimento in orizzontale.



Name: Adulti

Description:

Tags:

3D Model: BWom0011, CMan0001, CMan0002, CMan0003, CMan0012b, CWom0024, CWom0101, CWom0103

Color: █

Characteristics | Movement | Restrictions | Door Choice | Animation | Output | Advanced

Priority Level: 0

Speed: Constant ▾ 1,19 m/s

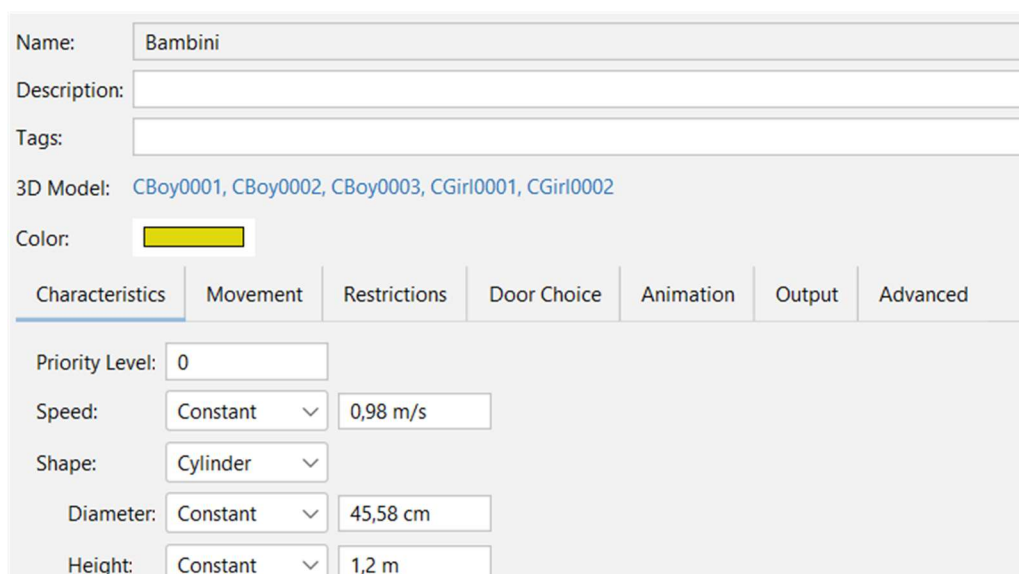
Shape: Cylinder ▾

Diameter: Constant ▾ 45,58 cm

Height: Constant ▾ 1,8288 m

Figura 85 - Profilo adulti, estratto dal programma Pathfinder

I bambini sono modellati come cilindri con un'altezza media di 1,20 m, inferiore a quella degli adulti. La velocità è stata assunta pari a 0.98 m/s.



Name: Bambini

Description:

Tags:

3D Model: CBoy0001, CBoy0002, CBoy0003, CGirl0001, CGirl0002

Color: █

Characteristics | Movement | Restrictions | Door Choice | Animation | Output | Advanced

Priority Level: 0

Speed: Constant ▾ 0,98 m/s

Shape: Cylinder ▾

Diameter: Constant ▾ 45,58 cm

Height: Constant ▾ 1,2 m

Figura 86 - Profilo addetti, estratto dal programma Pathfinder

Gli occupanti anziani sono modellati con caratteristiche simili agli adulti, ma con una velocità ridotta, pari a 0,81 m/s, in linea con i dati riportati nella ISO/TR 16738 per una persona che cammina con l'ausilio di un bastone.

Name: Anziani

Description:

Tags:

3D Model: CMan0026, CMan0027, CMan0028, CWom0028, CWom0029

Color: █

Characteristics | Movement | Restrictions | Door Choice | Animation | Output | Advanced

Priority Level: 0

Speed: Constant 0,81 m/s

Shape: Cylinder

Diameter: Constant 45,58 cm

Height: Constant 1,8288 m

Figura 87 - profilo anziani, estratto dal programma Pathfinder

Type of situation	Measured travel speeds m/s (ft/min)				
Transport terminals <sup>[51]</sup>	1,35 (265) on walkways				
Average under "normal conditions" <sup>[55]</sup>	1,0				
Experiment with disabled subjects <sup>[13]</sup>	Min.	1st quartile	3rd quartile	Max.	Mean
On horizontal surfaces:					
All disabled subjects	0,10	0,71	1,28	1,77	1,00
With locomotion disability	0,10	0,57	1,02	1,68	0,80
No aid	0,24	0,70	1,02	1,68	0,95
Crutches	0,63	0,67	1,24	1,35	0,94
Cane	0,26	0,49	1,08	1,60	0,81
Walker/rollator	0,10	0,34	0,83	1,02	0,57
Without locomotion disability	0,82	1,05	1,34	1,77	1,25
Unassisted wheelchair	0,85	—	—	0,93	0,89
Assisted ambulant	0,21	0,58	0,92	1,40	0,78
Assisted wheelchair	0,84	1,02	1,59	1,98	1,30

Figura 88 - velocità di movimento (fonte: tabella G.4 - ISO/TR 16738)

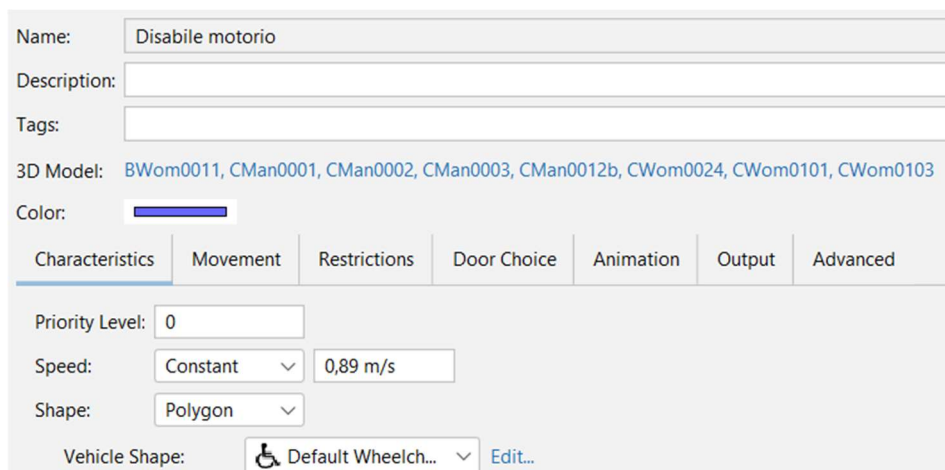
Il profilo del disabile motorio rappresenta una persona che utilizza una sedia a rotelle senza assistenza. La velocità assegnata, pari a 0,89 m/s, è tratta dalla normativa ISO/TR 16738. La forma del modello è un parallelepipedo per tenere conto dell'ingombro della sedia a rotelle, con dimensioni specifiche riportate nel modello. L'altezza complessiva è pari a 1 m.

Points:

	X	Y
1	-0,66 m	-0,38 m
2	0,66 m	-0,38 m
3	0,66 m	0,38 m
4	-0,66 m	0,38 m

Figura 89 - geometria parallelepipedo per rappresentare ingombro carrozzina estratto dal programma Pathfinder

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli



Name: Disabile motorio

Description:

Tags:

3D Model: BWom0011, CMan0001, CMan0002, CMan0003, CMan0012b, CWom0024, CWom0101, CWom0103

Color:

Characteristics Movement Restrictions Door Choice Animation Output Advanced

Priority Level: 0

Speed: Constant 0,89 m/s

Shape: Polygon


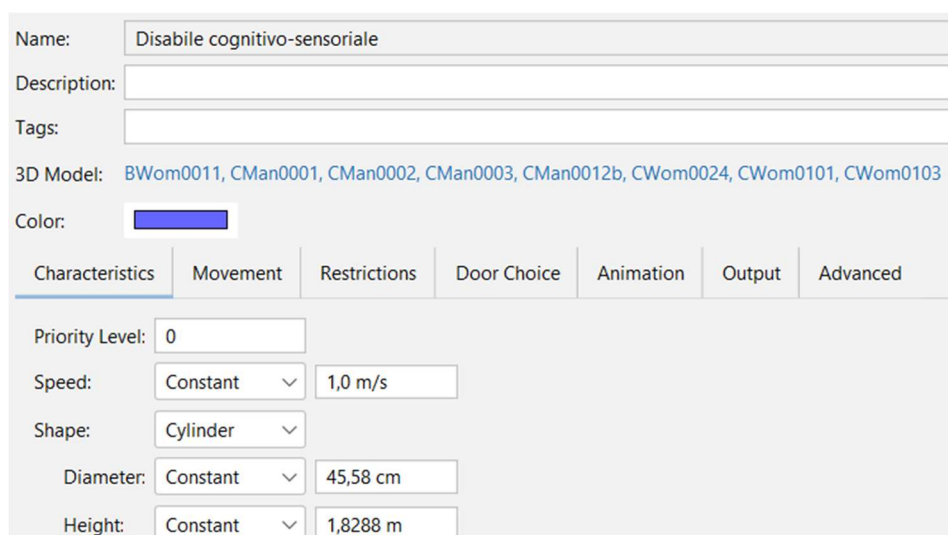
Vehicle Shape:  Default Wheelch... Edit...

Figura 90 - profilo disabilità motoria, estratto dal programma Pathfinder

Per gli occupanti con disabilità cognitive o sensoriali, la velocità assegnata è 1 m/s, che rappresenta la velocità media riportata dalla ISO/TR 16738 per persone che si muovono al di sotto delle condizioni "normali". Anche in questo caso, la forma utilizzata per il modello è cilindrica.



Name: Disabile cognitivo-sensoriale

Description:

Tags:

3D Model: BWom0011, CMan0001, CMan0002, CMan0003, CMan0012b, CWom0024, CWom0101, CWom0103

Color:

Characteristics Movement Restrictions Door Choice Animation Output Advanced

Priority Level: 0

Speed: Constant 1,0 m/s

Shape: Cylinder

Diameter: Constant 45,58 cm

Height: Constant 1,8288 m

Figura 91 - profilo disabilità cognitiva sensoriale, estratto dal programma Pathfinder

Il profilo dei lavoratori include tutte le categorie di occupanti che operano all'interno della struttura nello scenario analizzato. Per la definizione di questo profilo, sono state utilizzate le stesse caratteristiche degli adulti.

Gli addetti presentano un comportamento diverso rispetto agli altri occupanti; infatti, a loro è attribuita una maggiore priorità di movimento.

Name:

Description:

Tags:

3D Model: [WMan0009](#), [WMan0202](#)

Color:

Characteristics | Movement | Restrictions | Door Choice | Animation | Output | Advanced

Priority Level:

Speed:

Shape:

Diameter:

Height:

Figura 92 - profilo addetti, estratto dal programma Pathfinder

Gli occupanti inseriti per la simulazione sono diversi per ogni scenario analizzato tendendo conto della diversa tipologia di persone che potrebbero essere presenti ad ogni evento, in particolare sono stati inseriti i seguenti occupanti:

OCCUPANTI PER SCENARIO							
scenario	figura [pers]						
	adulto	anziano	bambino	dis. motoria	dis. c.s.	addetti/lavoratori	totale
auditorium	527	155	78	4	15	100	879
convegno	760	-	-	4	15	100	879
esposizione-mostra	520	179	179	4	18	100	1000
mercantino	520	179	179	4	18	100	1000
concerto in piedi	878	-	-	4	18	100	1000
sala stampa	333	-	-	2	7	100	442
tornei	724	87	44	2	17	100	974
attività con animali	438	248	124	4	17	100	931
libero	475	201	202	4	18	100	1000

Tabella 91 - definizione del numero di occupanti in funzione della tipologia e dello scenario

LAVORATORI/ADETTI PER TUTTI GLI SCENARI							
figura [pers]							
manutentore	addetto area ristoro	lavoratori	guardiano	addetti antincendio	addetto pulizie	impiegati	totale
2	2	70	1	19	2	4	100

Tabella 92 – definizione del numero di lavoratori in funzione della tipologia

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Il numero delle figure per ogni scenario è stato determinato in termini percentuali tranne per il numero di persone caratterizzate da una disabilità motoria che sono state definite direttamente e quindi non rientrano all'interno dei seguenti calcoli percentuali.

OCCUPANTI PER SCENARIO IN PERCENTUALE					
scenario	figura [pers]				
	adulto	anziano	bambino	dis. c.s.	totale
auditorium	68%	20%	10%	2%	100%
convegno	98%	0%	0%	2%	100%
esposizione-mostra	58%	20%	20%	2%	100%
mercato	58%	20%	20%	2%	100%
concerto in piedi	98%	0%	0%	2%	100%
sala stampa	98%	0%	0%	2%	100%
tornei	83%	10%	5%	2%	100%
attività con animali	53%	30%	15%	2%	100%
libero	53%	22.5%	22.5%	2%	100%

Tabella 93 - calcolo della tipologia di occupanti espressa in termini percentuali

LAVORATORI/ADETTI PER TUTTI GLI SCENARI IN PERCENTUALE							
manutentore	addetto area ristoro	lavoratori	guardiano	addetti antincendio	addetto pulizie	impiegati	totale
2%	2%	70%	1%	19%	2%	4%	100%

Tabella 94 - calcolo della tipologia di lavoratori espressa in termini percentuali

La definizione dei behaviours è fondamentale per il calcolo di RSET che è dato dalla seguente formulazione:

$$RSET = t_{det} + t_a + t_{pre} + t_{tra}$$

Dove:

$t_{det}$  - tempo di rivelazione è stato calcolato con apposito modello numerico, dove una sonda posizionata in copertura evidenzia il tempo in cui rivelato l'incendio.

$t_a$  - tempo di allarme generale è il tempo trascorso tra la rivelazione e la diffusione dell'allarme, in particolare per la struttura in esame è nullo, in quanto la rivelazione attiva direttamente l'allarme antincendio

$t_{pre}$  - tempo attività di pre-movimento, determinato come la somma tra tempo di riconoscimento e tempo di risposta. I parametri assunti sono dedotti dalla ISO/TR 16738 in



funzione di tre parametri A, B ed M, rispettivamente indicatori della tipologia del sistema di allarme, della complessità dell'edificio e dell'efficacia della gestione della sicurezza.

Facendo riferimento alla seguente tabella estratta dal Focus dell'Inail sui Metodi del Codice di prevenzione incendi si ricava di essere A1 – B1 – M1, in quanto si ha una rivelazione automatica estesa a tutto l'edificio in grado di attivare un immediato allarme, la pianta è molto semplice e i piani superiori sono occupati da poche persone e formate ed infine si ha un livello di gestione molto elevato.

Tipologia sistema di allarme	Livello A1	Rivelazione automatica estesa a tutto l'edificio in grado di attivare un immediato allarme generale in ogni parte dell'edificio ( $t_a = 0$ ). Se viene utilizzato un sistema di segnalazione verbale il tempo del messaggio dovrà essere aggiunto al tempo di allarme.
	Livello A2	Il sistema di rivelazione è collegato con un pre-allarme indirizzato in un luogo presidiato, che può quindi attivare l'allarme generale; $t_a$ ha un certo ritardo (2 - 5 min). Se viene utilizzato un sistema di segnalazione verbale il tempo del messaggio dovrà essere aggiunto al tempo di allarme.
	Livello A3	Sistema di rivelazione ed allarme solo nelle vicinanze del luogo in cui si è verificato l'incendio, con attivazione manuale dell'allarme; $t_a$ risulta difficilmente stimabile.
Complessità edificio	Livello B1	Edificio a pianta semplice ed un solo piano, semplice layout ed un buon accesso visivo alle condizioni interne, moderate distanze per raggiungere uscite di sicurezza che conducono direttamente all'esterno.
	Livello B2	Semplice edificio in cui sono presenti più ambienti su piani diversi, con caratteristiche rispondenti alle indicazioni prescrittive e semplice layout interno.
	Livello B3	Rappresenta un edificio complesso. Questa tipologia considera complessi costituiti da più edifici tra loro integrati (centri commerciali, aeroporti, ecc.). Per la complessità e le dimensioni possono presentare difficoltà nel <i>wayfinding</i> durante una evacuazione e la gestione dell'emergenza presenta comunque particolari necessità.
Efficacia gestione sicurezza	Livello M1	Gli occupanti sono normalmente addestrati ad un buon livello di gestione della sicurezza antincendi e nella gestione della prevenzione e manutenzione. Esiste un piano di emergenza ben strutturato con prove effettuate regolarmente. Qualora siano presenti persone che non hanno familiarità con l'ambiente, esiste un buon rapporto tra il personale addestrato ed i visitatori.
	Livello M2	Come il livello M1 ma con uno staff meno articolato e personale di vigilanza non sempre presente.
	Livello M3	Rappresenta standard con un livello minimo di gestione della sicurezza. Non viene effettuato alcun audit. Non è disponibile alcun progetto ingegneristico relativamente al rischio incendio e vengono attuate misure di prevenzione incendi derivanti da altre considerazioni. Alto livello di protezione attiva e/o passiva.

Figura 93 – Definizione dei parametri A, B ed M (fonte: Inail, Metodi del Codice di prevenzione incendi)

Secondo le indicazioni fornite dal TR 16738 si ha quindi un tempo di pre-movimento di 30 s (1° percentile) e 90 s (99° percentile) per gli occupanti svegli e familiarità con l'edificio, mentre per una condizione di stato di veglia ma luogo sconosciuto si avrà un tempo di pre-movimento di 30 s (1° percentile) e 150 s (99° percentile).

Scenario category and modifier levels <sup>a</sup>	First occupants $t_{pre}$ (1st percentile)	Occupant distribution $t_{pre}$ (99th percentile)
<b>A: Awake and familiar</b>		
M1 B1 – B2 A1 – A2 <sup>a</sup>	0,5	1,5
M2 B1 – B2 A1 – A2	1	3
M3 B1 – B2 A1 – A3	> 15 <sup>b</sup>	> 30 <sup>b</sup>
For B3, add 0,5 for way-finding.	—	—
M1 normally requires a voice alarm/PA if unfamiliar visitors likely to be present.	—	—
<b>B: Awake and unfamiliar</b>		
M1 B1 A1 – A2	0,5	2,5
M2 B1 A1 – A2	1,0	4,0
M3 B1 A1 – A3	> 15 <sup>b</sup>	> 30 <sup>b</sup>
For B2, add 0,5 for way-finding.	—	—
For B3, add 1,0 for way-finding.	—	—
M1 normally requires a voice alarm/PA.	—	—

Figura 94 - tempo di pre-movimento (fonte: tabella E.2 – ISO/TR 16738)

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

In particolare, sono stati assegnati per ogni scenario i seguenti comportamenti.

PERCENTILI OCCUPANTI PRE-MOVIMENTO			
scenario	totale occupanti	1a percentile	99a percentile
auditorium	880	9	871
convegno	880	9	871
esposizione-mostra	1000	10	990
mercato	1000	10	990
concerto in piedi	1000	10	990
sala stampa	442	4	438
tornei	974	10	964
attività con animali	931	9	922
libero	1000	10	990

Tabella 95 – Definizione del comportamento degli occupanti nella fase di pre-movimento in funzione delle percentili

I tre termini individuati rappresentano il ritardo da attribuire ai profili su Pathfinder, i quali sommati al tempo  $t_{tra}$ - *tempo di movimento*, determinato dalla simulazione permettono di ottenere RSET.

I tempi di movimento sono differenti per ogni scenario analizzato, si riportano quindi le considerazioni effettuate per ogni scenario.

#### *Auditorium*

Per quanto riguarda il concerto seduto, il pubblico è stato inserito occupando ognuno dei posti individuati all'interno del layout. Per poter rappresentare realisticamente il comportamento di una persona che si alza e percorre la fila per poi condursi all'uscita, sono state modellate delle sedie come aree non calpestabili su tre lati, portando l'occupante ad alzarsi, portarsi di fronte e poi esodare. Per quanto riguarda gli occupanti caratterizzati da disabilità motoria sono stati posizionati frontalmente in aree dedicate.

Gli addetti antincendio sono disposti in maniera uniforme tra le file, rappresentano un punto di riferimento per il pubblico, in grado di essere visibile e fornire indicazioni in caso di emergenza.

Ulteriori addetti sono posizionati in corrispondenza di ogni uscita di emergenza.

I lavoratori sono stati distribuiti ipotizzando ragionevolmente la loro posizione in funzione del ruolo e mansione che rivestono.



Figura 95 - disposizione occupanti, scenario concerto, estratto da Pathfinder

### Convegno

Per quanto riguarda il convegno è stato modellato in analogia all'auditorium ma con diversa tipologia di occupanti, in quanto non sono presenti bambini e anziani, ma solamente adulti. Anche in questo caso è stata adottata una misura gestionale in termini di esodo che prevede l'uscita a blocchi seguendo le istruzioni degli addetti.



Figura 96 - disposizione occupanti, scenario convegno, estratto da Pathfinder

### Esposizione – mostra

Per quanto riguarda la mostra è stato rappresentato l'ingombro fornito dalle opere e sono stati distribuiti gli occupanti in base all'ipotesi effettuate in termini di posizione nelle precedenti sezioni.

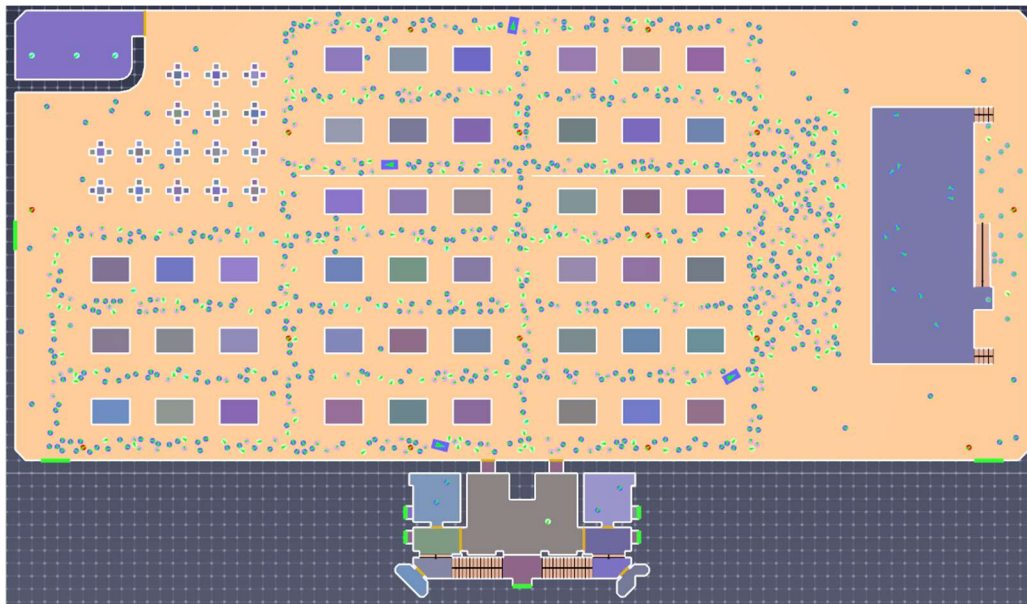


Figura 97 - disposizione occupanti, scenario esposizione, estratto da Pathfinder

### *Mercatino*

Il mercatino presenta una conformazione simile alla mostra, ma all'interno di ogni area che prima era occupata dall'opera è stato inserito un occupante lavoratore, al fine di simulare l'uscita dell'espositore dalla struttura, che potrebbe ad esempio essere un chiosco.

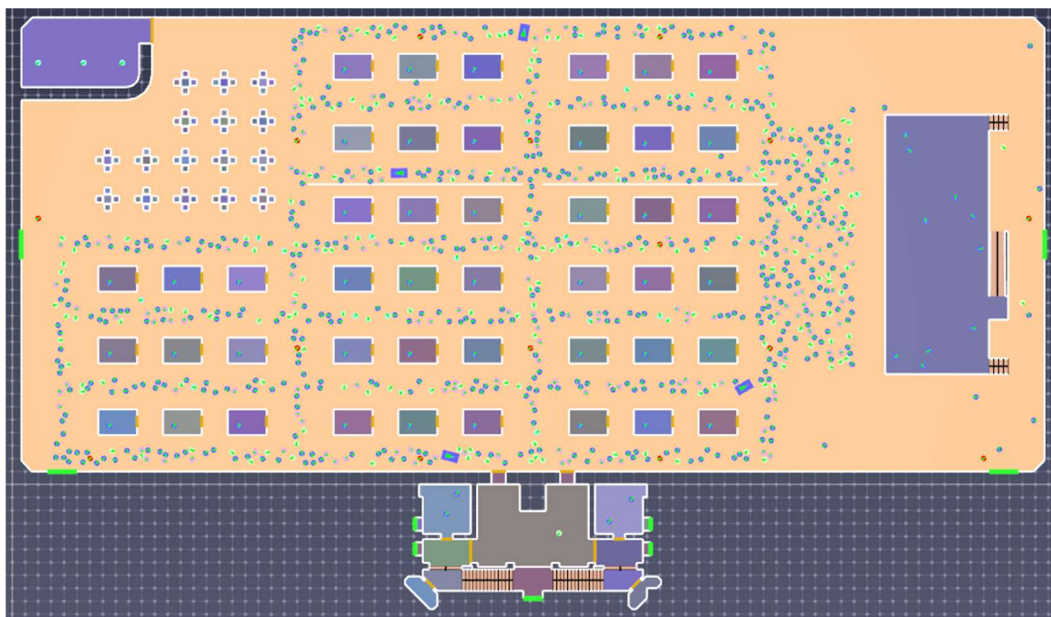


Figura 98 - disposizione occupanti, scenario mercatino, estratto da Pathfinder

### *Concerto in piedi*

All'interno della configurazione sono stati distribuiti gli occupanti in macroaree secondo le densità di affollamento previste dal Codice di Prevenzione Incendi.

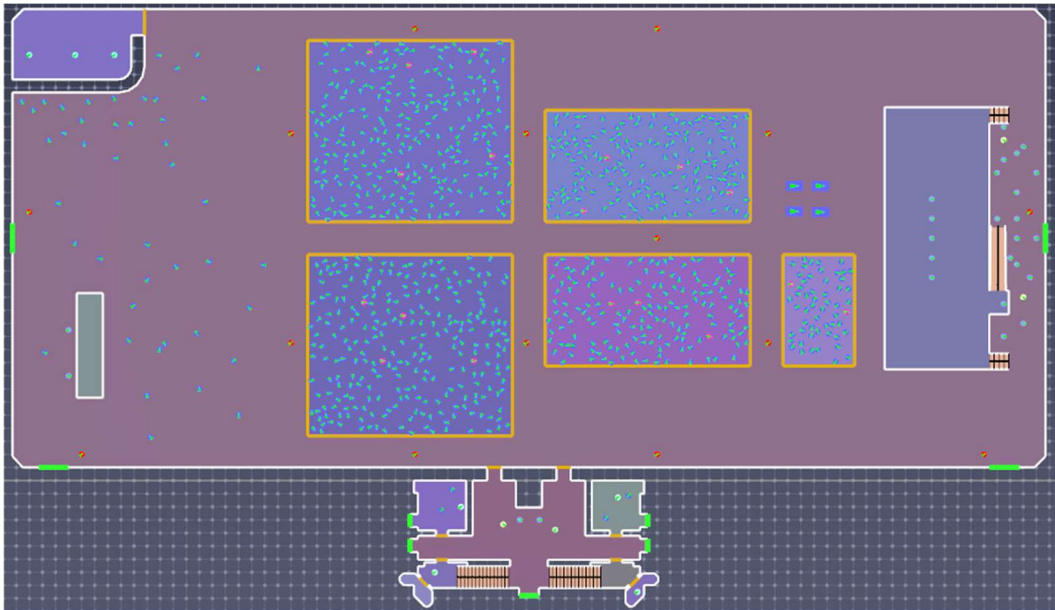


Figura 99 - disposizione occupanti, scenario concerto in piedi, estratto da Pathfinder

### Sala stampa

In analogia a quanto fatto per l'auditorium, nella sala stampa sono state modellate le sedute, consentendo agli occupanti di uscire lateralmente dal posto, percorrere la propria fila e dirigersi verso l'uscita.

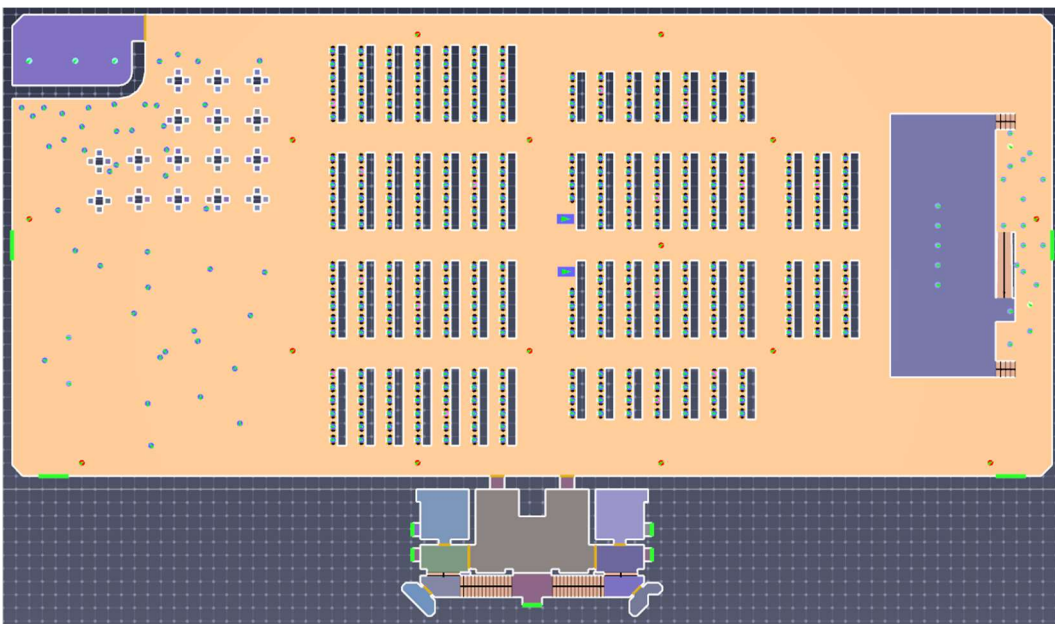


Figura 100 - disposizione occupanti, scenario sala stampa, estratto da Pathfinder

### Tornei

Anche per lo scenario dei tornei sono stati modellati gli ingombri dati dai tavoli e le sedute nel quale si trovano i partecipanti. Sono inoltre state inserite delle persone in piedi al fine di rappresentare il pubblico che assiste all'evento.

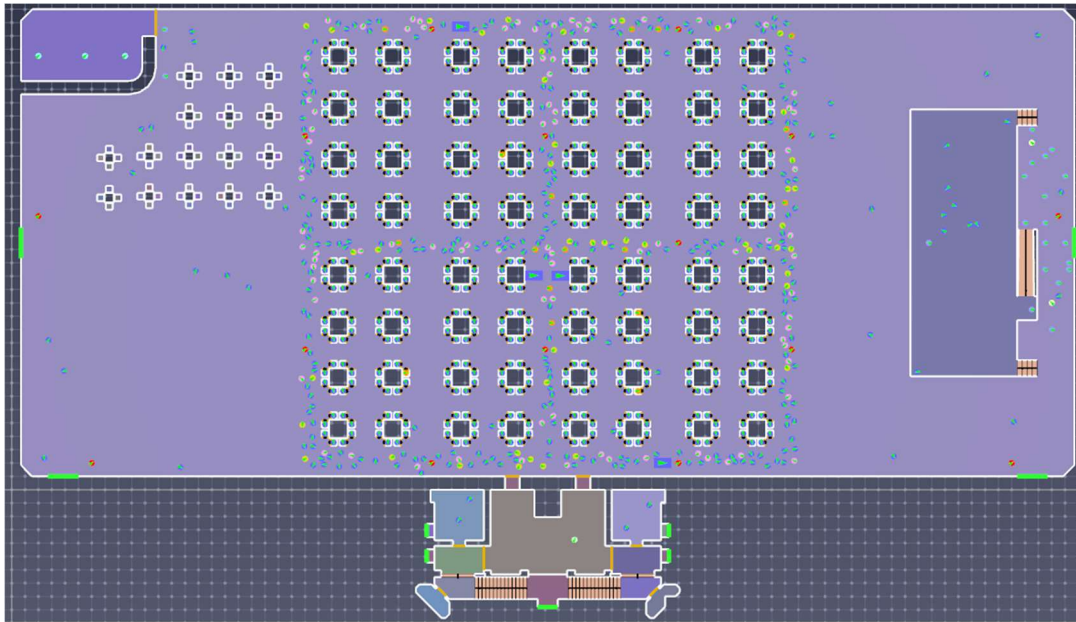


Figura 101 - disposizione occupanti, scenario tornei, estratto da Pathfinder

#### *Attività con animali*

Nello scenario in esame, sono presenti aree dedicate ad attività con gli animali, caratterizzate da una presenza limitata di persone. All'esterno, è stata predisposta una zona per il pubblico, con persone sia in piedi che sedute. Una parte degli spettatori è posizionata di fronte al palco, dove si svolgono attività come premiazioni o momenti di intrattenimento. Inoltre, sono presenti stand simili a quelli dei mercatini, che offrono prodotti tematici legati all'evento. In queste aree, si riscontra la presenza di persone in piedi anche tra le file degli stand.

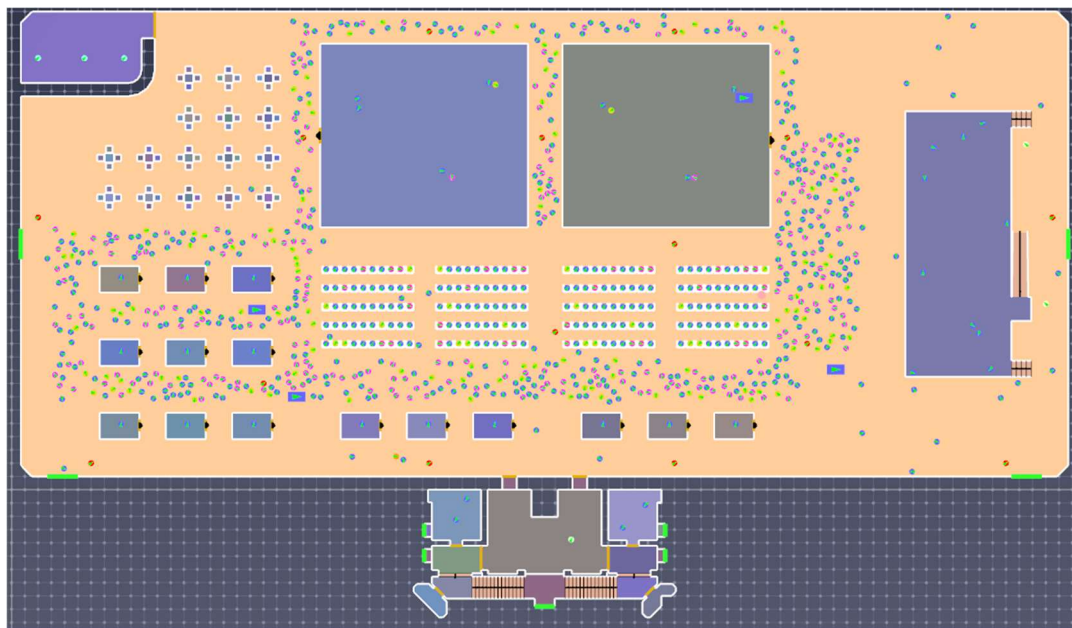


Figura 102 - disposizione occupanti, scenario attività con animali, estratto da Pathfinder

*Libero*

La configurazione finale di utilizzo libero prevede che la struttura al suo interno non presenti arredi, ma sia occupata in modo randomico da 1000 occupanti, caratterizzati da diversi profili. In questo scenario non è previsto di assegnare ad ogni profilo un'uscita la si lascia la dicitura “any exit” al fine di permettere all'occupante di decidere quale uscita adottare.

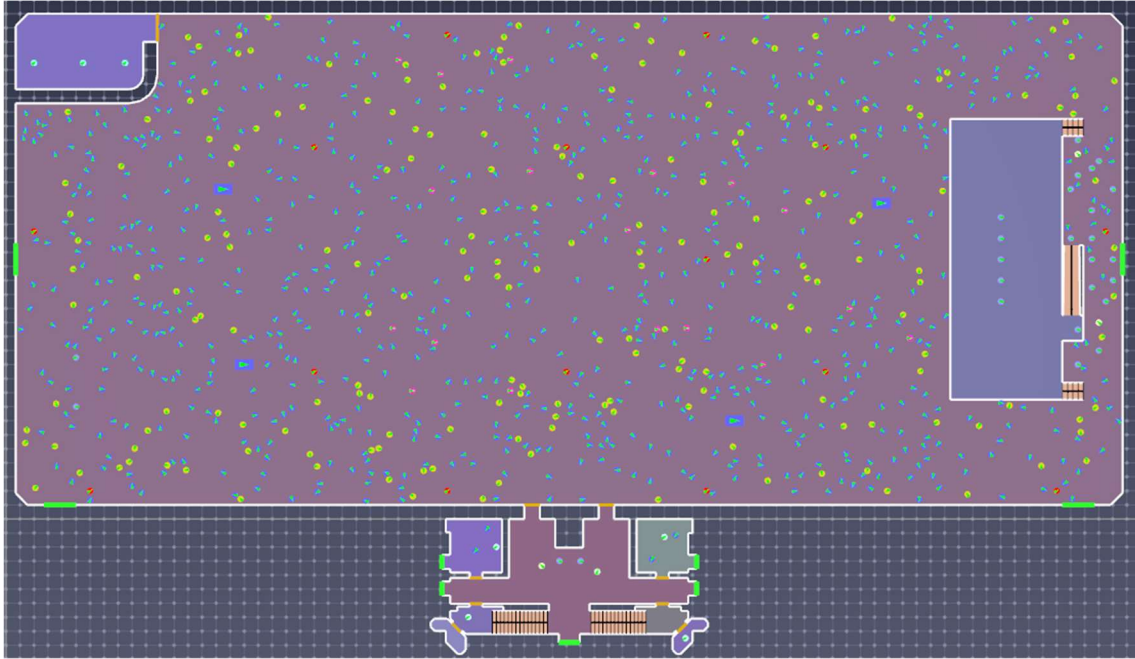
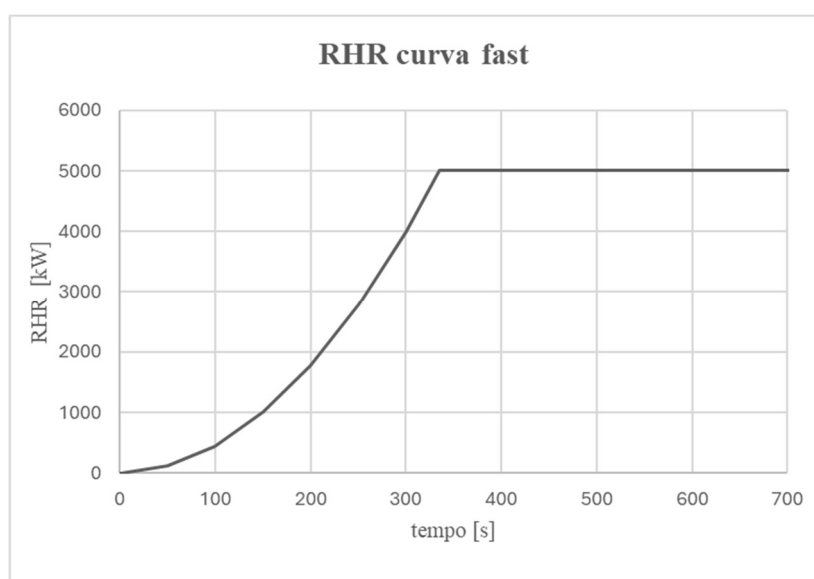


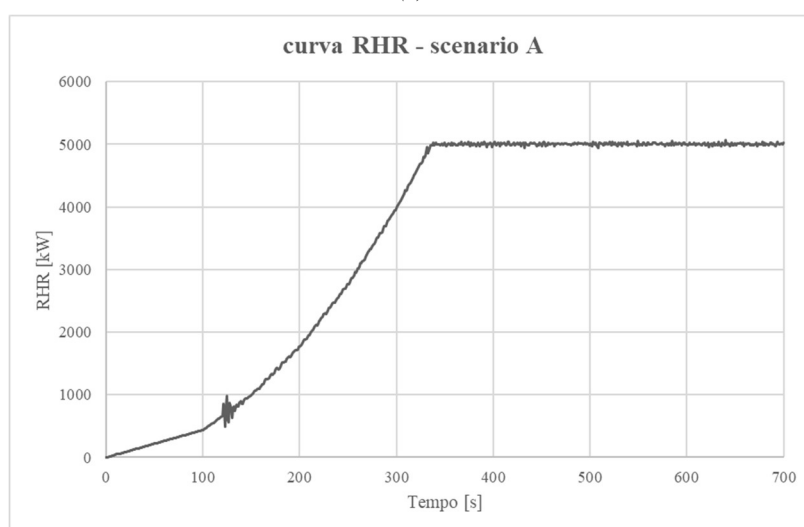
Figura 103 - disposizione occupanti, scenario utilizzo libero, estratto da Pathfinder

### 3.6 Analisi dei risultati

Al termine della fase di modellazione con i software Pathfinder e PyroSim, si è proceduto all'analisi dei risultati ottenuti per verificare gli scenari di incendio e di esodo. Le simulazioni hanno fornito i dati necessari per valutare la sicurezza e l'efficacia delle misure di protezione. Per quanto riguarda PyroSim, la prima fase di controllo ha riguardato lo sviluppo delle curve RHR (Rate of Heat Release). Le curve RHR sono un indicatore importante dell'evoluzione dell'incendio e del rilascio di calore nel tempo. Come si può osservare dai risultati, lo sviluppo delle curve appare coerente con i dati di input inseriti inizialmente nel modello. Tuttavia, si è notato un andamento meno lineare, con fluttuazioni che può essere attribuito alla natura dinamica del fenomeno incendiario sviluppato all'interno di una struttura.



(a)



(b)

Figura 104 – confronto curva di progetto (a) con curva ottenuta su PyroSim (b) – incendio palcoscenico



Successivamente, sono stati analizzati i dati provenienti dalle sonde di temperatura e visibilità, insieme ai risultati delle slice nei vari piani. Questi dati sono stati confrontati con le aspettative derivanti dalla dinamica tipica di un incendio, con l'obiettivo di verificarne la coerenza.

Un ulteriore passo nell'analisi di PyroSim è stato l'esame dello sviluppo delle isosuperfici, che offrono una rappresentazione tridimensionale delle particelle solide sospese nell'aria durante l'incendio. L'analisi del tempo di evoluzione delle isosuperfici ha permesso di comprendere come le particelle, quali fumi e cenere, si distribuiscano nell'ambiente durante l'incendio, contribuendo alla valutazione della visibilità e della qualità dell'aria negli spazi occupati.

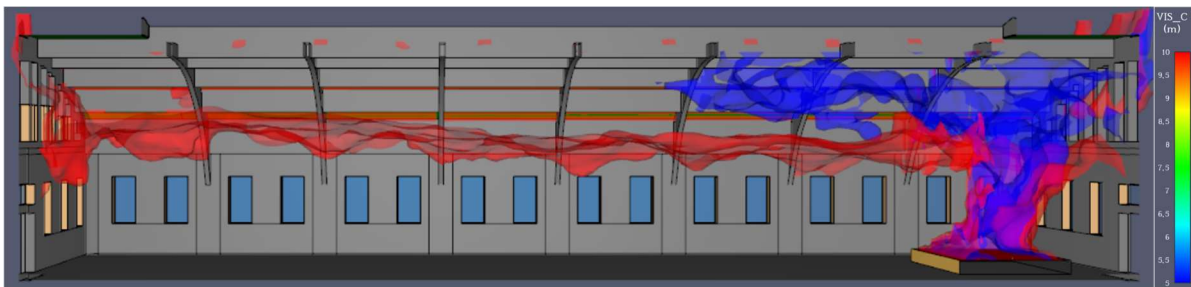


Figura 105 – Esempio controllo sviluppo isosuperficie incendio palcoscenico, 350 s

Per quanto riguarda Pathfinder, il focus è stato sul comportamento degli occupanti durante l'esodo. Sono stati analizzati i dati relativi al tempo di evacuazione, alla velocità degli occupanti e alla loro capacità di muoversi in sicurezza all'interno degli spazi. L'analisi ha permesso di identificare i punti critici lungo il percorso di esodo, valutando se il tempo disponibile fosse sufficiente a garantire un'evacuazione sicura. Sono stati esaminati anche eventuali ostacoli o situazioni di congestione che potessero compromettere l'efficacia dell'esodo.

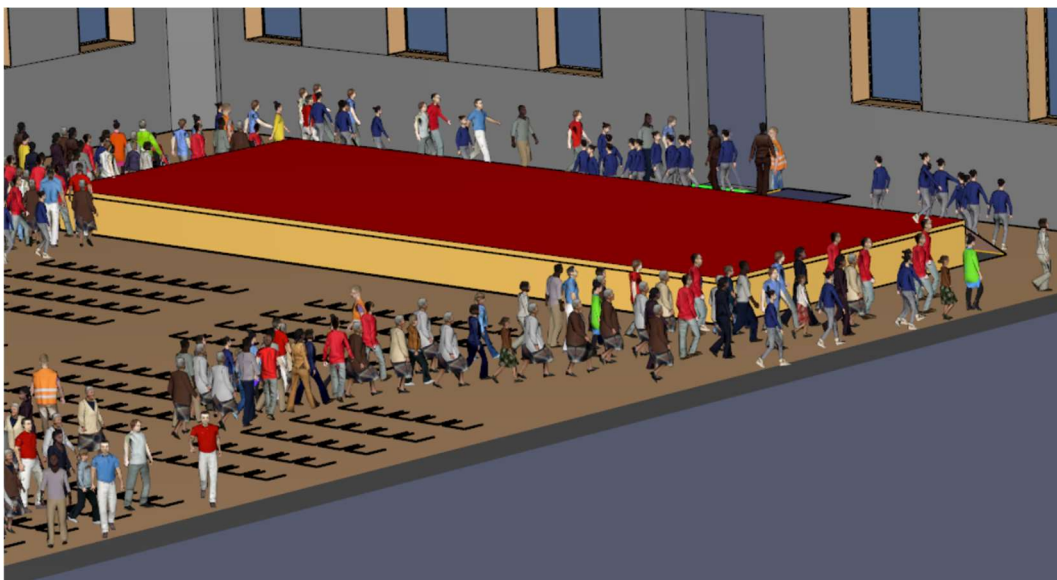


Figura 106 - Esempio analisi ostacoli e congestione

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Infine, i risultati provenienti da PyroSim sono stati utilizzati per sviluppare considerazioni relative allo studio del tempo di rivelazione dell'incendio, alle misure gestionali e alla resistenza strutturale degli elementi coinvolti. L'integrazione dei dati provenienti dai due programmi ha permesso di condurre uno studio completo sulla salvaguardia della vita degli occupanti.

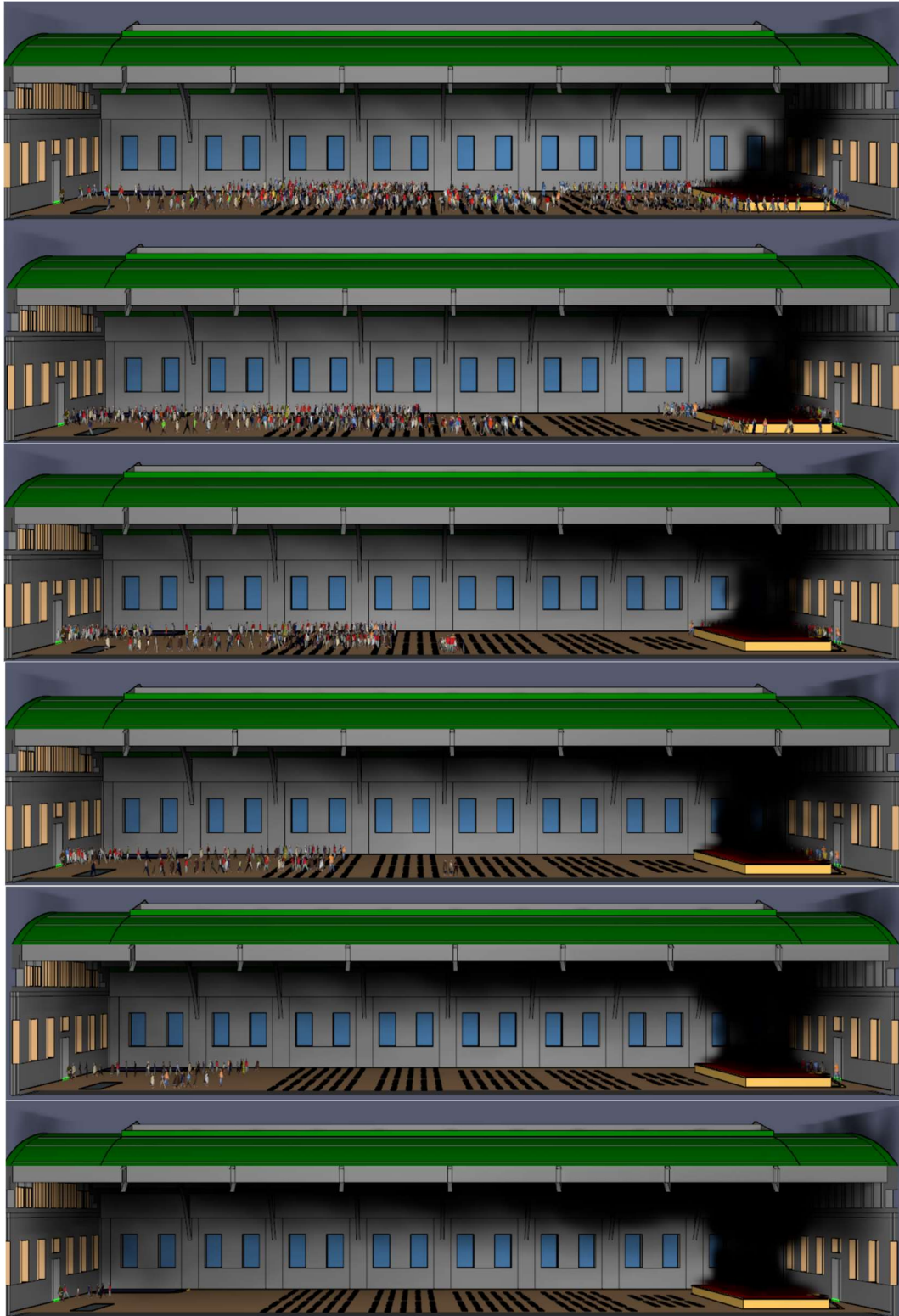


Figura 107 – esempio di integrazione risultati PyroSim e Pathfinder nel caso del focolare del palcoscenico

### 3.6.1 Tempo di rivelazione

Il tempo di rivelazione è il tempo necessario affinché il sistema di rivelazione identifichi l'incendio e il suo valore viene fornito in letteratura sommato al tempo di allarme, tempo che intercorre tra la rivelazione e la diffusione dell'allarme. Esempio sono le tabelle fornite dalla guida Metodi per l'ingegneria della sicurezza antincendio, INAIL, 2019 dalla quale è stata estratta la seguente tabella:

R <sub>vita</sub>	t <sub>det</sub> + t <sub>a</sub> (s)	Descrizione
A1	360	Attività a basso rischio, probabilmente sprovviste di IRAI, basso livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio
A2	180	Attività probabilmente provviste di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio
A3	120	Attività dotate di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio-elevato, addetti formati al rischio antincendio, compartimenti di ridotte dimensioni
A4	120	Attività dotate di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio elevato, addetti formati al rischio antincendio, compartimenti di ridotte dimensioni
B1	360	Attività a basso rischio, probabilmente sprovviste di IRAI, basso livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio, presenza di pubblico non specificamente formato
B2	180	Attività dotate di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio, addetti formati al rischio antincendio, presenza di pubblico non specificamente formato
B3	180	Attività dotate di IRAI e probabilmente di sistema EVAC, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio-elevato, addetti formati al rischio antincendio, presenza di pubblico non specificamente formato, compartimenti di ridotte dimensioni
Ciii1	360	Attività a basso rischio probabilmente sprovviste di IRAI basso livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio, presenza di pubblico non specificamente formato
Ciii2	180	Attività dotate di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio, addetti formati al rischio antincendio, presenza di pubblico non specificamente formato
Ciii3	180	Attività dotate di IRAI e probabilmente di sistema EVAC, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio-elevato, addetti formati al rischio antincendio, presenza di pubblico non specificamente formato, compartimenti di ridotte dimensioni
D1	180	Attività dotate di IRAI e di sistema EVAC, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio elevato, addetti formati al rischio antincendio, presenza di occupanti non autosufficienti, presenza di pubblico non specificamente formato, compartimenti di ridotte dimensioni
D2	180	Attività dotate di IRAI e di sistema EVAC, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio elevato, addetti formati al rischio antincendio, presenza di occupanti non autosufficienti; presenza di pubblico non specificamente formato, compartimenti di ridotte dimensioni
E1	600	Attività probabilmente dotate di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio, elevata complessità geometrica
E2	360	Attività probabilmente dotate di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio, elevata complessità geometrica
E3	180	Attività dotate di IRAI, livello di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio medio-elevato, elevata complessità geometrica

TEMPO (t<sub>det</sub> + t<sub>a</sub>)

Figura 108 – Tempo t<sub>det</sub> + t<sub>a</sub> (fonte: Metodi per l'ingegneria della sicurezza antincendio, INAIL, 2019)

Tuttavia, è possibile ricavare in maniera più accurata il tempo di rivelazione direttamente dalle modellazioni effettuate su PyroSim mediante una sonda che mostra la percentuale di oscuramento per metro nel tempo. Pertanto, è stato inserito uno smoke detector in ogni simulazione effettuata e i risultati riscontrati sono i seguenti.

Tempi di rivelazione [s]	
Caso	Tdet [s]
Incendio del palcoscenico	32
Incendio del bancone	23
Incendio banco del mercatino	26
Incendio banco nell'evento dedicato ai cavalli	22
Incendio durante la sala stampa	24

Tabella 96- Tempi di rivelazione (estratti dalle simulazioni PyroSim)

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Di seguito è riportato il grafico dell'andamento della percentuale di oscuramento per metro nel tempo; in particolare, viene mostrato un estratto dei primi cento secondi, durante i quali avviene la rivelazione in tutti gli scenari definiti.

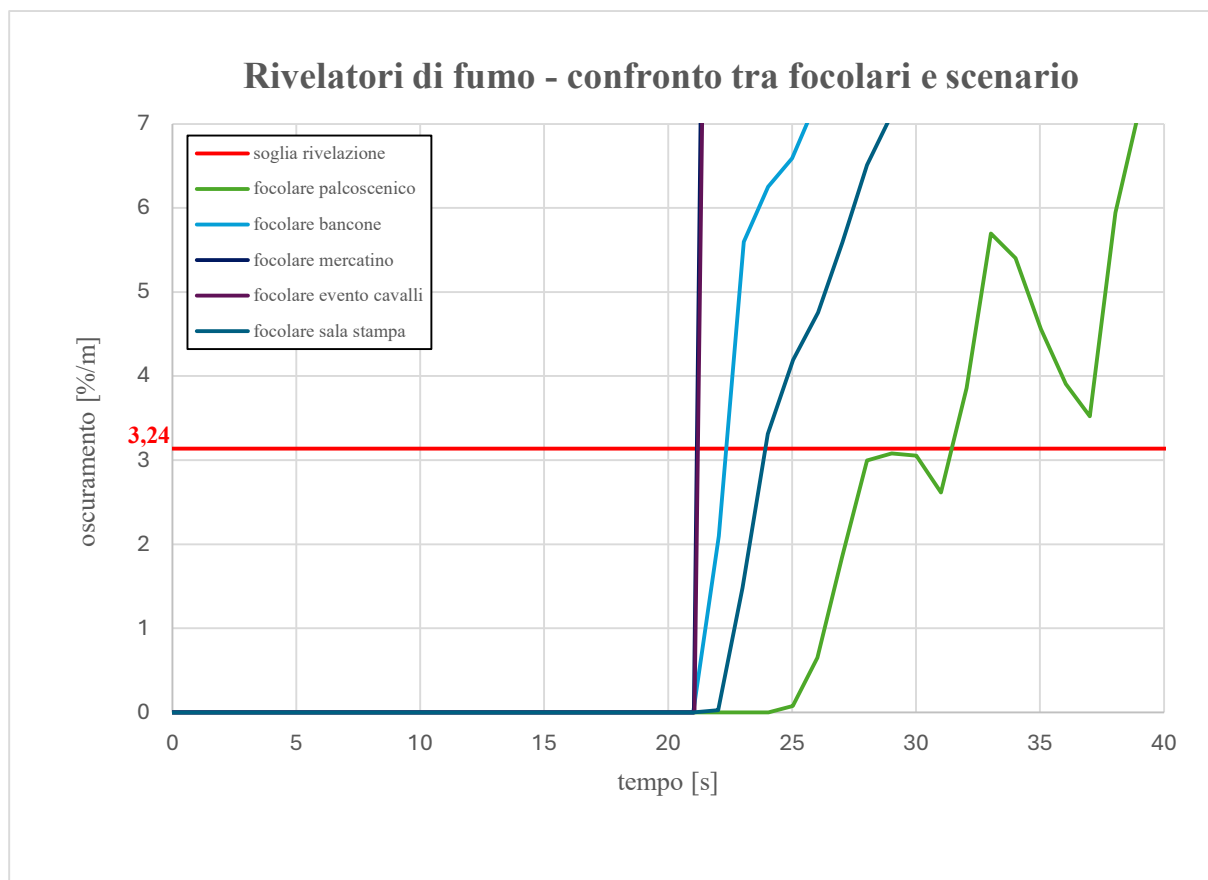


Figura 109 – confronto tra smoke detector di differenti focolari e scenari (dati estratti da PyroSim)

Considerazioni specifiche sono state effettuate per il foyer, a cui sarà dedicata una sezione separata.

Come si può osservare i tempi indicati dalla guida INAIL – Metodi per l'ingegneria della sicurezza antincendio sono dei valori più conservativi rispetto a quelli ricavati mediante modellazione fluidodinamica.

### 3.6.2 Impatto delle misure gestionali

La Gestione della Sicurezza Antincendio rappresenta una parte fondamentale della progettazione al fine garantire la protezione delle persone in caso di emergenze. Il Codice di Prevenzione Incendi dedica un intero capitolo a questo aspetto, identificato come S.5, nel quale vengono delineati principi e misure specifiche per organizzare in modo efficace le procedure, le risorse e le responsabilità connesse alla sicurezza antincendio. Questo capitolo sottolinea l'importanza di un approccio che include la formazione del personale, la pianificazione delle emergenze, il monitoraggio continuo dei rischi e la manutenzione degli impianti, al fine di prevenire e mitigare gli effetti di un incendio.

Per visualizzare l'impatto della GSA è possibile osservare il confronto tra un modello di Pathfinder nel quale viene indicata come modalità di individuazione dell'uscita di sicurezza la modalità "any exit" e un ulteriore modello nel quale viene simulato l'impatto della Gestione della Sicurezza, portando gli occupanti verso uscite definite in fase di input. La scelta di una determinata uscita può essere giustificata da una fase di informazione che viene effettuata in fase preliminare all'evento in cui vengono indicate le uscite che ogni settore in caso di posti seduti deve intraprendere. Inoltre, può essere incrementata ulteriormente dalla presenza di addetti antincendio che sono dotati di una formazione e informazione che permette di fornire indicazioni agli occupanti sulla via migliore da intraprendere in funzione della loro posizione, ponendo una limitazione alle condizioni di indecisione legate allo stato di panico creato da un'emergenza.

Si consideri ad esempio la situazione in cui la struttura sia utilizzata per un concerto che prevede delle sedute organizzate.

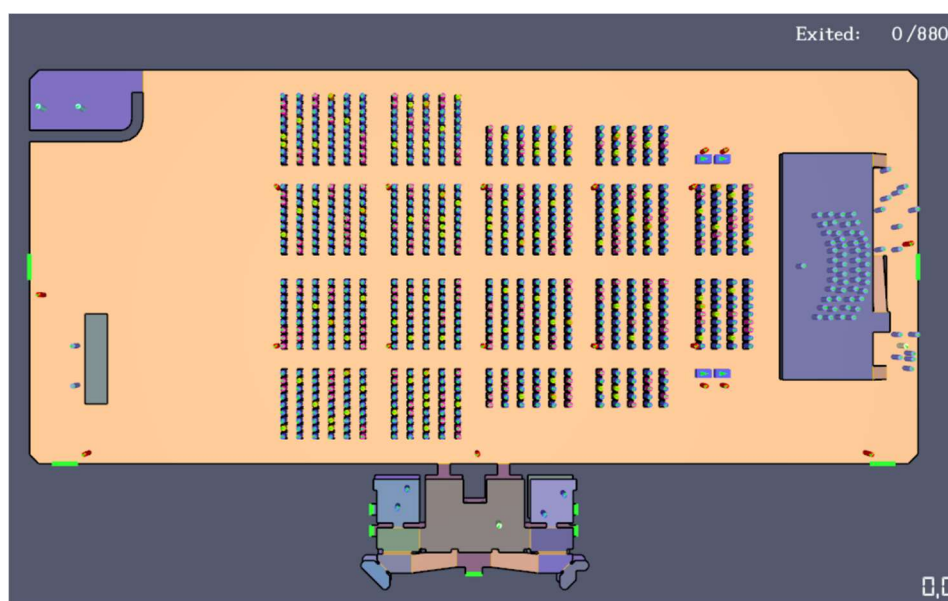


Figura 110 – Disposizione occupanti su Pathfinder nello scenario di un concerto con posti a sedere

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Nel caso di modellazione priva di misure gestionali si riscontra che il tempo necessario per l'esodo (RSET) è pari a 335,5 secondi.

È possibile osservare dalla seguente immagine il percorso intrapreso dagli occupanti per recarsi verso un'uscita di sicurezza scelta secondo le leggi della fluidodinamica.

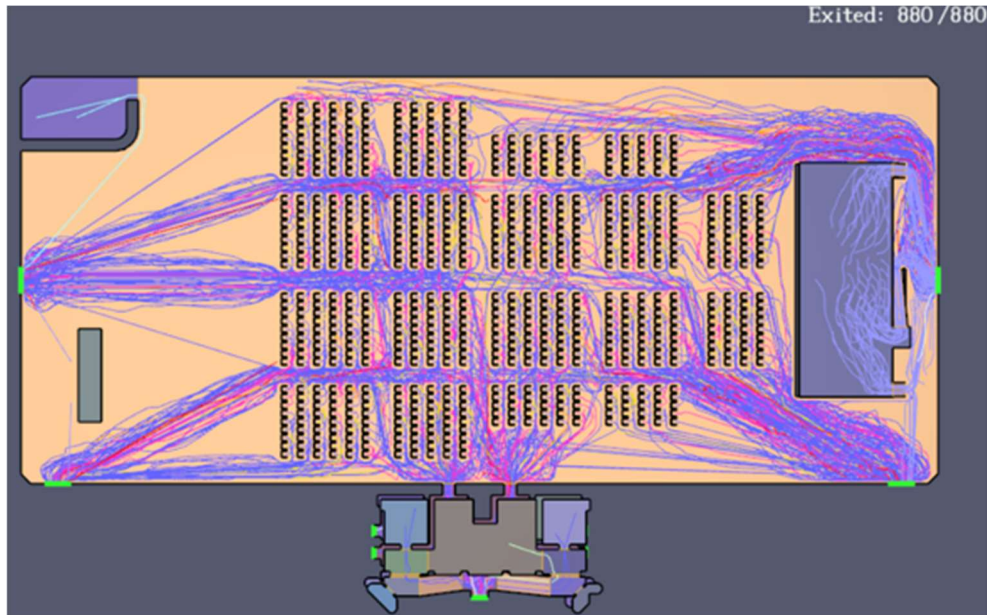


Figura 111 – Percorsi intrapresi dagli occupanti su Pathinfer nella configurazione di auditorium

Successivamente è stata effettuata la modellazione in cui vengono seguite dagli occupanti le indicazioni fornite in fase di informazione e le indicazioni in fase d'esodo dagli addetti, in particolare sono state individuate le seguenti uscite ottimali secondo un processo di iterazione che tenesse conto della riduzione del tempo, mantenendo uno schema semplice di divisione in blocchi per le uscite.

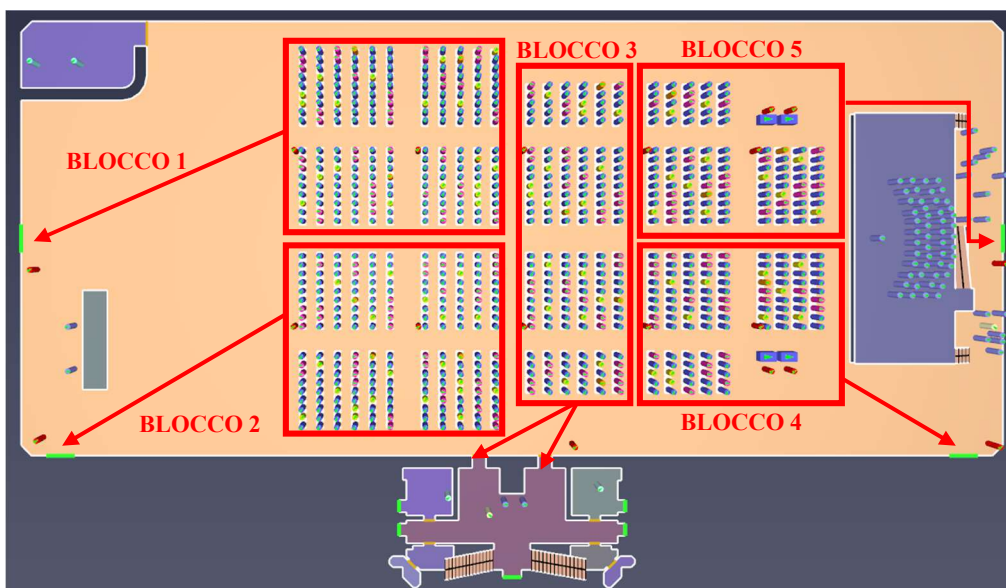
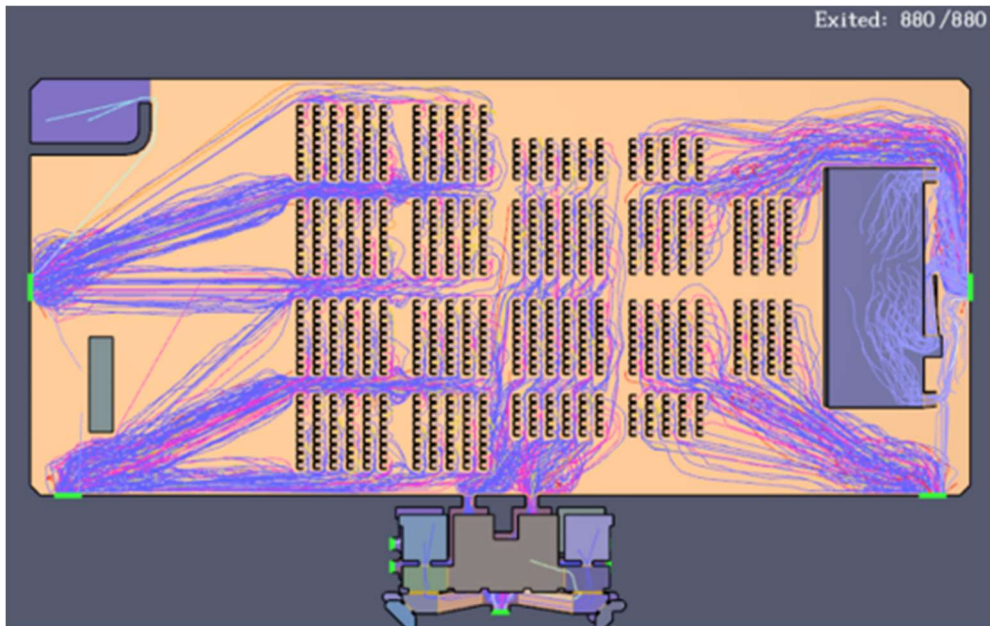


Figura 112 – Divisione in blocchi degli occupanti su Pathinfer nella configurazione di auditorium

La simulazione così impostata ha portato ad avere una riduzione del valore di RSET a 315,8 secondi, portando ad avere un risparmio di 19,7 secondi, che in condizioni di esodo possono essere cruciali.



*Figura 113 - Percorsi intrapresi dagli occupanti in funzione dei blocchi su Pathinfer nella configurazione di auditorium*

Analizzando i percorsi seguiti dagli occupanti si può notare che soprattutto nei corridoi centrali presentano un utilizzo inferiore rispetto al caso precedente, altre zone invece che prima erano utilizzate risultano non attraversate.

L'adozione di misure gestionali non ha impatto solamente sull'esodo, ma riveste un'importanza fondamentale nel garantire la sicurezza complessiva durante l'evento. La presenza di addetti distribuiti strategicamente consente un maggiore controllo sull'insorgere di eventuali focolai, permettendo una reazione più tempestiva per il contenimento e la gestione di situazioni critiche, in particolare per focolai di dimensioni ridotte.

Inoltre, gli addetti svolgono un ruolo fondamentale nella sicurezza e nella salvaguardia della vita umana, seguendo procedure precise che prevedono la loro uscita solo dopo aver verificato la completa evacuazione dei blocchi assegnati. Questa verifica garantisce che tutti gli occupanti siano stati messi in salvo. Al contempo, gli addetti sono formati per fornire informazioni ai soccorritori all'arrivo, segnalando eventuali assenze e agevolando le operazioni di soccorso in caso di persone in difficoltà.

Nel caso specifico di un concerto con posti a sedere, sono state individuate posizioni strategiche per gli addetti, distribuiti in modo omogeneo e con una presenza costante in corrispondenza di ogni porta. Inoltre, è prevista la presenza di un addetto alla conclusione di ogni blocco,

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

seguendo il modello apri-fila e chiudi-fila adottato nelle scuole per gestire ordinatamente l'evacuazione.

A ulteriore garanzia di sicurezza inclusiva, è prevista un'assistenza dedicata per le persone con disabilità. Gli addetti sono formati per offrire supporto specifico, garantendo che tutti, indipendentemente dalle proprie condizioni, possano evacuare in sicurezza e senza ostacoli.

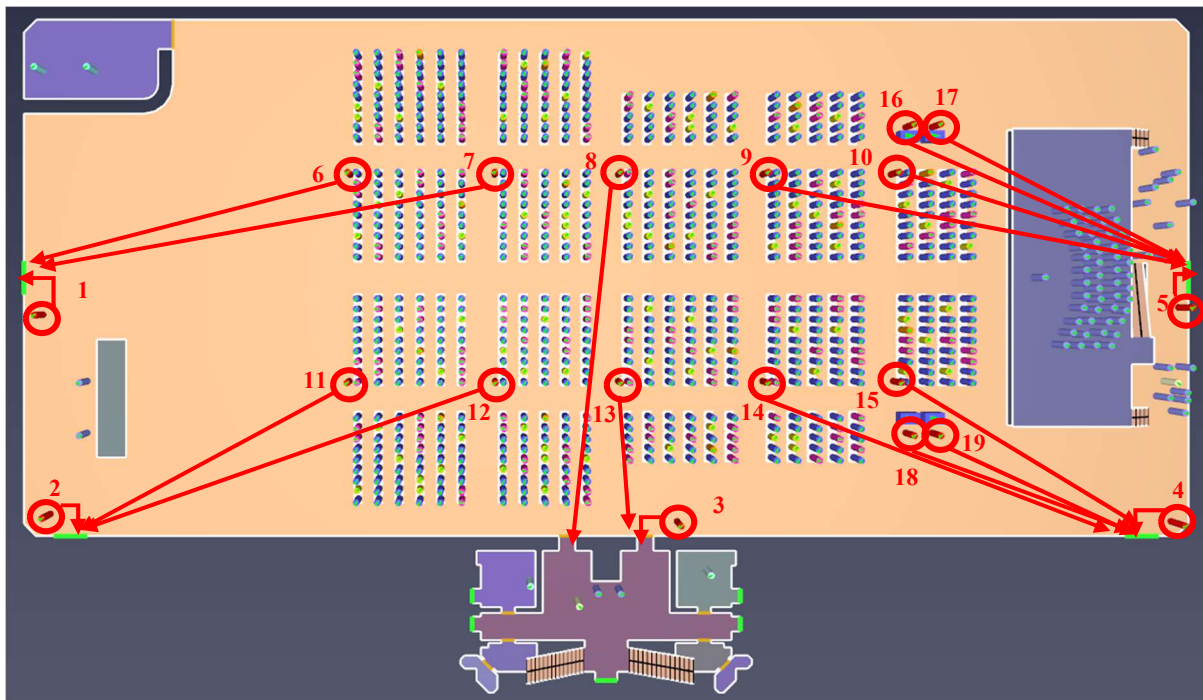


Figura 114 – Uscite assegnate agli addetti su Pathfinder nell'auditorium

Analogamente a quanto sviluppato per lo scenario del concerto con posti a sedere, il metodo proposto può essere esteso e applicato a una varietà di altri scenari. Un'analisi più approfondita mette in evidenza come l'adozione di misure gestionali abbia un impatto particolarmente significativo nei contesti caratterizzati dalla presenza di posti a sedere. Questo risultato suggerisce che l'efficacia delle strategie gestionali risulta maggiore nei contesti caratterizzati dalla presenza di posti a sedere, poiché la configurazione spaziale e le dinamiche operative sembrano amplificare i benefici derivanti da un maggiore controllo e da una più elevata organizzazione logistica.

Come evidenziato nella seguente tabella, emerge con maggiore chiarezza la differenza nei tempi di movimento  $t_{tra}$  tra lo scenario in cui sono adottate misure gestionali e quello privo di tali interventi.



IMPATTO DELLE MISURE GESTIONALI									
scenario	comuni tra gli scenari			senza misure gestionali		con misure gestionali		differenza	
	t <sub>det</sub> [s]	t <sub>a</sub> [s]	t <sub>pre</sub> [s]	t <sub>tra</sub> [s]	RSET [s]	t <sub>tra</sub> [s]	RSET [s]	Δ [s]	Δ [% su RSET no misure]
auditorium	32	0	150	153,5	<b>335,5</b>	133,8	<b>315,8</b>	<b>19,7</b>	5,87%
convegno	32	0	150	121,5	<b>303,5</b>	114,3	<b>296,3</b>	<b>7,2</b>	2,37%
concerto in piedi	32	0	150	104	<b>286</b>	100,3	<b>282,3</b>	<b>3,7</b>	1,29%
attività con animali	32	0	150	111,3	<b>293,3</b>	110,3	<b>292,3</b>	<b>1</b>	0,34%
mostra	32	0	150	106,5	<b>288,5</b>	105	<b>287</b>	<b>1,5</b>	0,52%
mercato	32	0	150	106,5	<b>288,5</b>	105	<b>287</b>	<b>1,5</b>	0,52%
sala stampa	32	0	150	89,8	<b>271,8</b>	64,5	<b>246,5</b>	<b>25,3</b>	9,31%
tornei	32	0	150	114,5	<b>296,5</b>	109,8	<b>291,8</b>	<b>4,7</b>	1,59%
utilizzo libero	32	0	150	89,8	<b>271,8</b>	85,3	<b>267,3</b>	<b>4,5</b>	1,66%

Tabella 97 - Impatto delle misure gestionali su RSET

È opportuno formulare alcune osservazioni in merito ai risultati riportati in tabella. In primo luogo, il tempo  $t_{det}$  è stato definito come il tempo relativo alla rivelazione dell'incendio del palcoscenico, in quanto questo scenario è presente in tutti i casi analizzati ed è il valore più elevato tra quelli individuati nel precedente paragrafo dedicato ai tempi di rivelazione. Per quanto riguarda il tempo  $t_{pre}$ , è stato assegnato un valore di 150 secondi, poiché il 99° percentile è il parametro che influisce direttamente sulla definizione del valore di RSET; tuttavia, su Pathfinder è stato tenuto conto della 1° percentile.

Si può quindi osservare che negli scenari caratterizzati dalla presenza di posti a sedere, quali l'auditorium, il convegno e la sala stampa, l'impatto delle misure gestionali risulta particolarmente significativo, determinando una riduzione notevole dei tempi di RSET.

### 3.6.3 Controllo fumi e calore

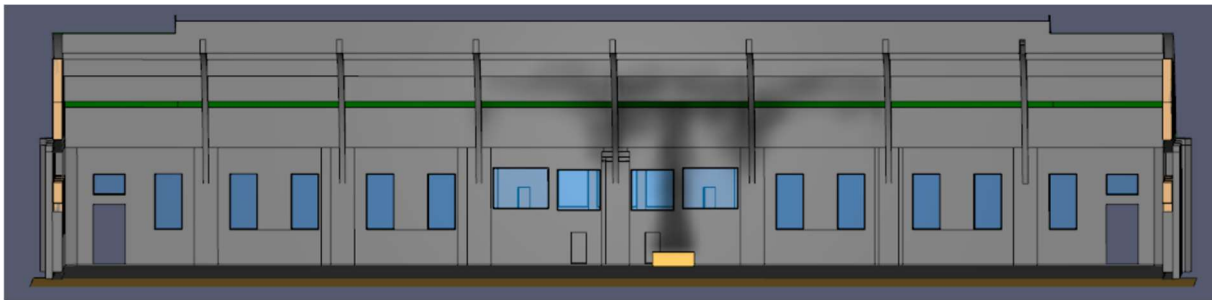
Il controllo dei fumi e del calore è un aspetto fondamentale nella prevenzione incendi, poiché riveste un ruolo fondamentale nella protezione delle vite umane e nella salvaguardia delle strutture. In caso di incendio, la rapida propagazione dei fumi e le elevate temperature rappresentano i principali fattori di rischio, ostacolando le operazioni di evacuazione e soccorso e potenzialmente compromettendo la stabilità degli edifici.

L'obiettivo primario del controllo dei fumi e del calore è analizzare e ottimizzare sistemi che assicurino una visibilità sufficiente per una fuga sicura e un ambiente operativo favorevole per i soccorritori.

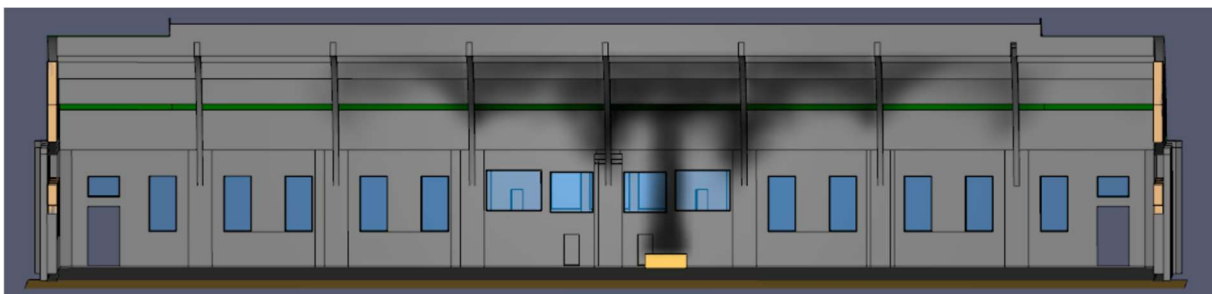
A tal fine, sono state condotte simulazioni su PyroSim, considerando diverse configurazioni di apertura dei serramenti, per valutare l'efficacia delle soluzioni adottate.

#### *Caso 1 – serramenti totalmente chiusi*

Il primo scenario analizzato prevede che tutti i serramenti siano chiusi, ed è stato adottato il focolare del mercatino posizionato lateralmente rispetto al centro dell'area multifunzionale. Questa configurazione è stata scelta per studiare lo sviluppo dei fumi e del calore. Nelle immagini seguenti è illustrato l'andamento della soot density in funzione del tempo, al fine di analizzare il comportamento dei fumi e, in particolare, delle particelle solide



*Figura 115 - Soot density visualizzata da una sezione  $Y=18.75$  m al tempo  $t=50s$  (serramenti totalmente chiusi)*



*Figura 116 - Soot density visualizzata da una sezione  $Y=18.75$  m al tempo  $t=100s$  (serramenti totalmente chiusi)*

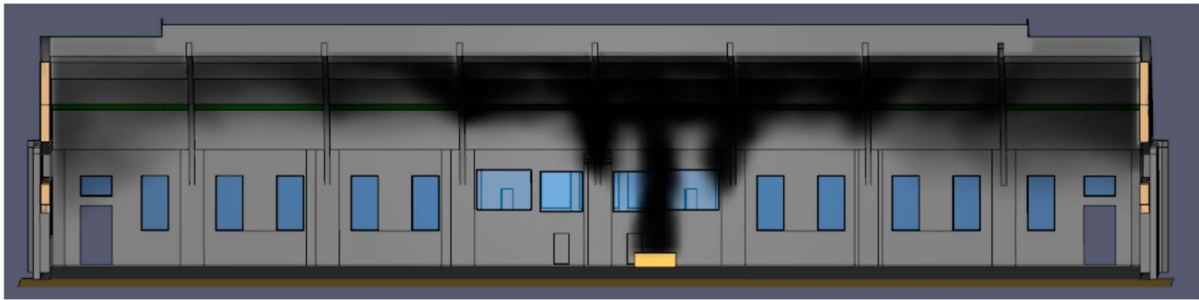


Figura 117 - Soot density visualizzata da una sezione  $Y=18.75$  m al tempo  $t=200s$  (serramenti totalmente chiusi)

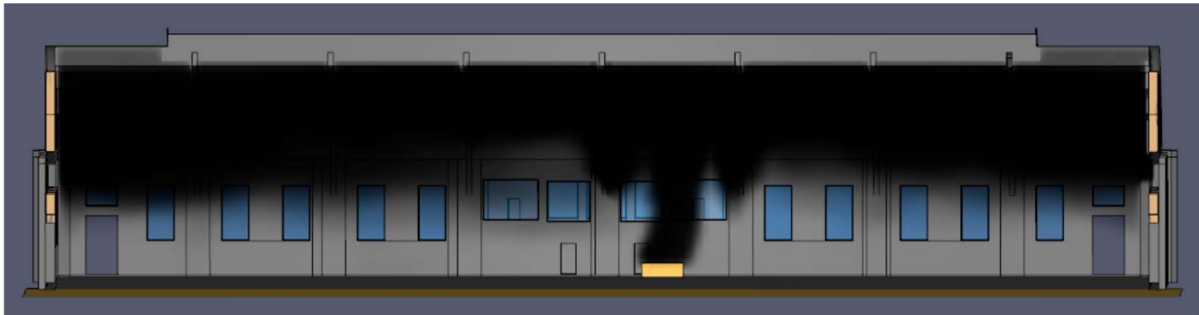


Figura 118 - Soot density visualizzata da una sezione  $Y=18.75$  m al tempo  $t=300s$  (serramenti totalmente chiusi)



Figura 119 - Soot density visualizzata da una sezione  $Y=18.75$  m al tempo  $t=400s$  (serramenti totalmente chiusi)

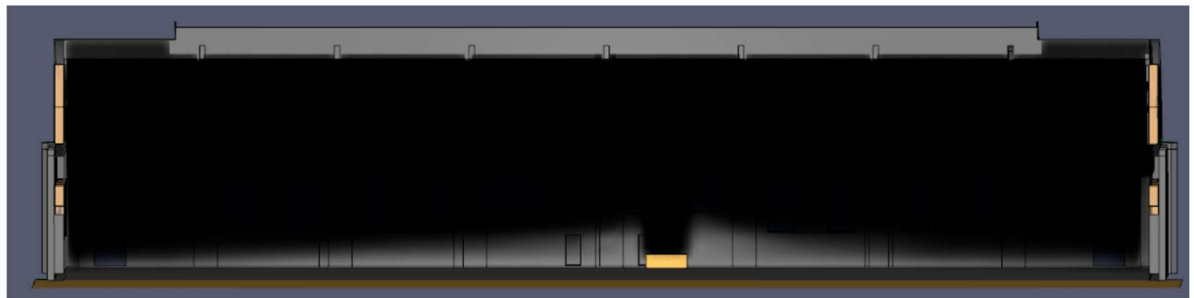


Figura 120 - Soot density visualizzata da una sezione  $Y=18.75$  m al tempo  $t=500s$  (serramenti totalmente chiusi)



Figura 121 - Soot density visualizzata da una sezione  $Y=18.75$  m al tempo  $t=600s$  (serramenti totalmente chiusi)

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli



Figura 122 - Soot density visualizzata da una sezione  $Y=18.75$  m al tempo  $t=700s$  (serramenti totalmente chiusi)

Dalle immagini precedenti emerge una criticità significativa legata alla visibilità. Con il trascorrere del tempo, le particelle solide presenti nei fumi si accumulano progressivamente a quote più basse, determinando il superamento dei limiti minimi di visibilità stabiliti dalla normativa. Questa dinamica è confermata dalle slice di visibilità posizionate a una quota di 2 metri, dove, attraverso una scala cromatica, viene rappresentata la riduzione progressiva della visibilità nel tempo. In particolare, al tempo di 435 secondi si rileva la formazione di una prima area di non visibilità nella zona della caffetteria, evidenziata da un colore nero, indicativo del raggiungimento della soglia critica di visibilità pari a 10 metri per gli occupanti della struttura.

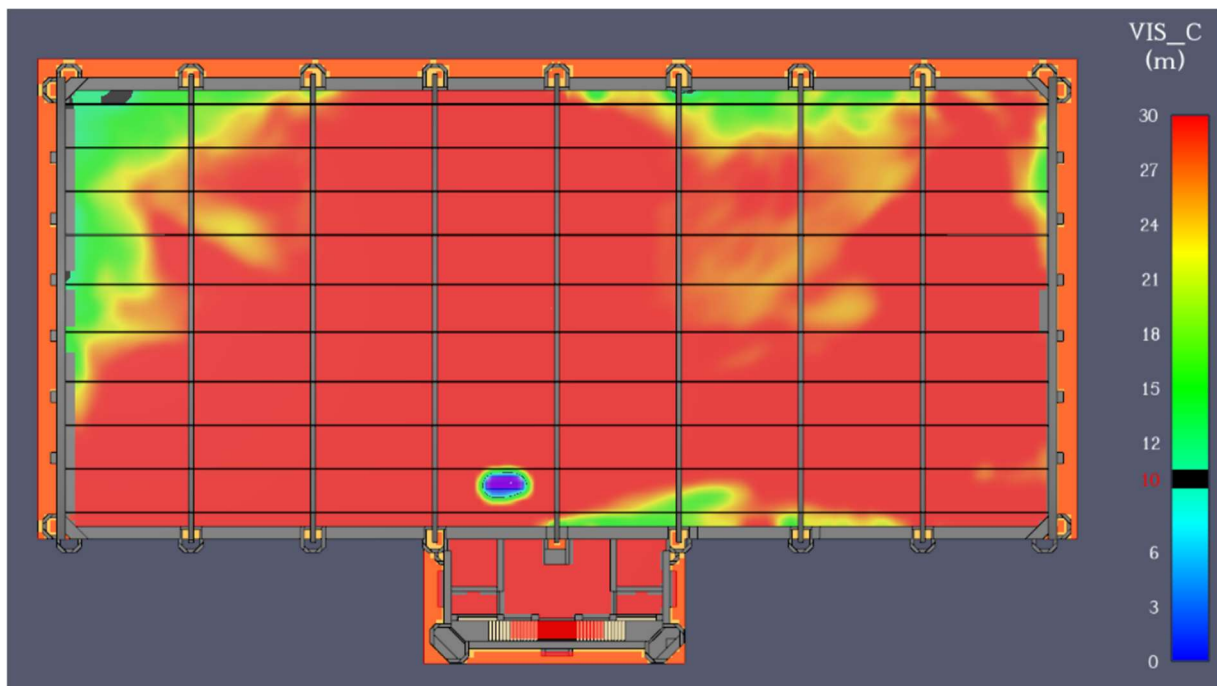


Figura 123 – Slice visibilità  $Z=2,00$  metri,  $t=435s$  (serramenti totalmente chiusi)

Al tempo di 485 secondi, la visibilità diviene critica lungo i lati corti dell'area multifunzionale, impedendo un esodo sicuro in quelle direzioni. Analizzando i fotogrammi distanziati di 50

secondi ciascuno, si osserva una progressiva riduzione della visibilità, che culmina in una condizione di criticità per gli occupanti.

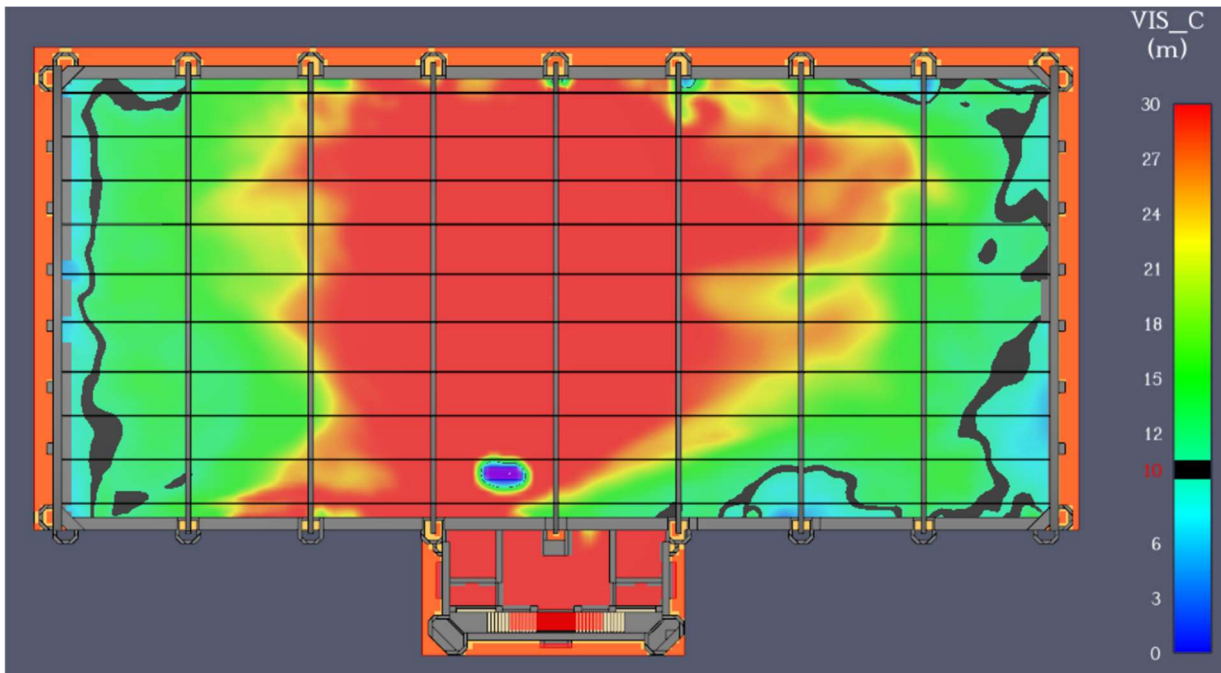


Figura 124 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=485s (serramenti totalmente chiusi)

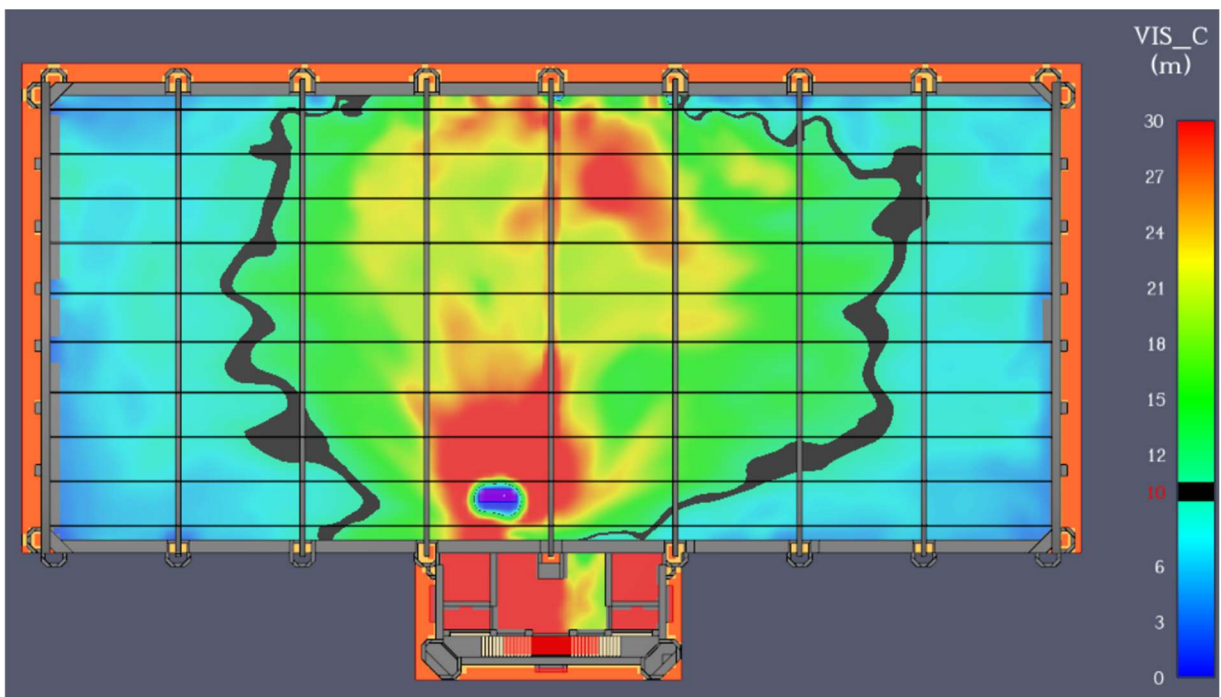


Figura 125 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=535s (serramenti totalmente chiusi)

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

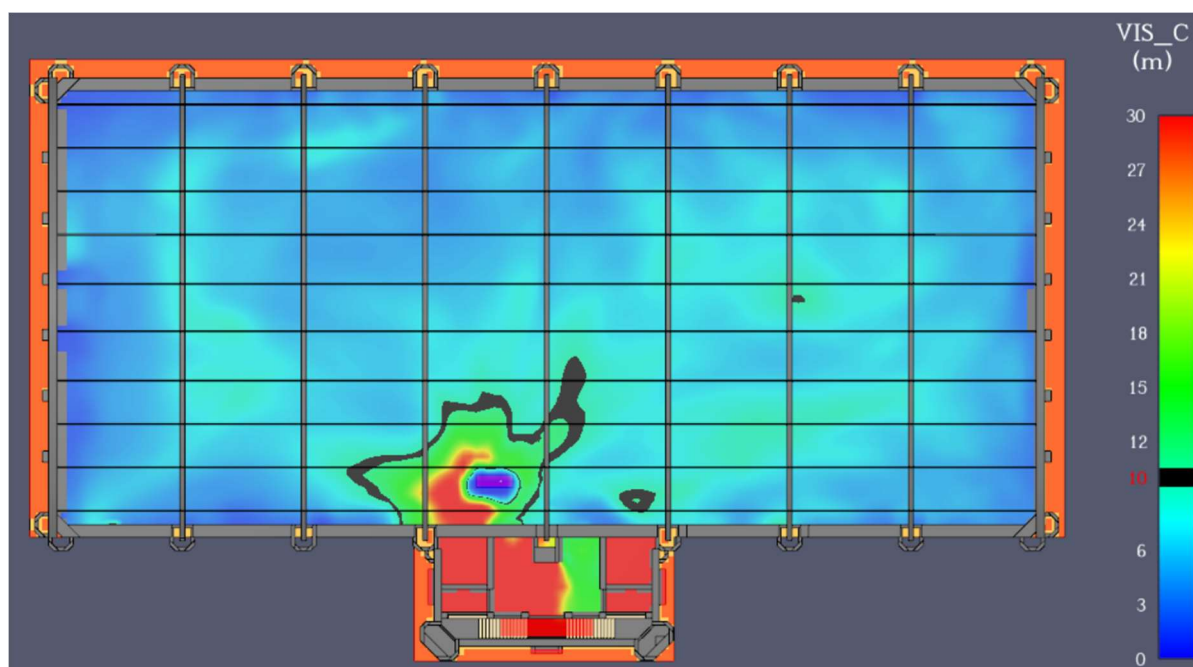


Figura 126 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=585s (serramenti totalmente chiusi)

Relativamente alla temperatura, non sono emerse criticità. Al termine della simulazione, corrispondente a un tempo di 700 secondi, la temperatura massima registrata all'interno dell'area multifunzionale è risultata pari a 35°C, un valore conforme ai limiti stabiliti dalla normativa vigente. È importante notare che, in prossimità del focolare, le temperature risultano chiaramente più elevate, ma questa condizione è limitata a un'area circoscritta al focolare stesso, senza influire significativamente sul resto dell'ambiente.

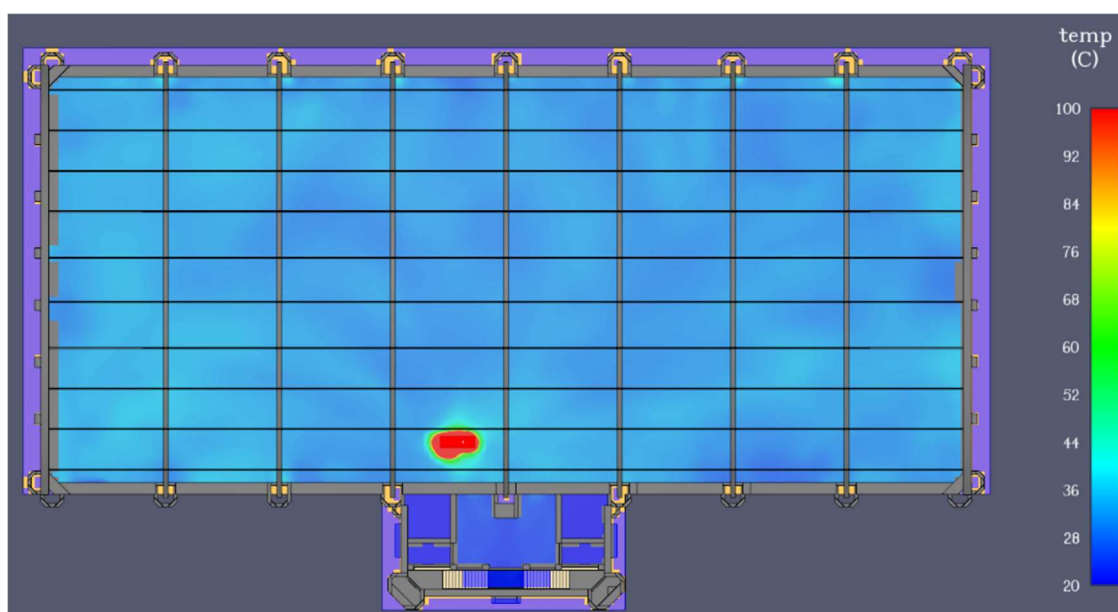
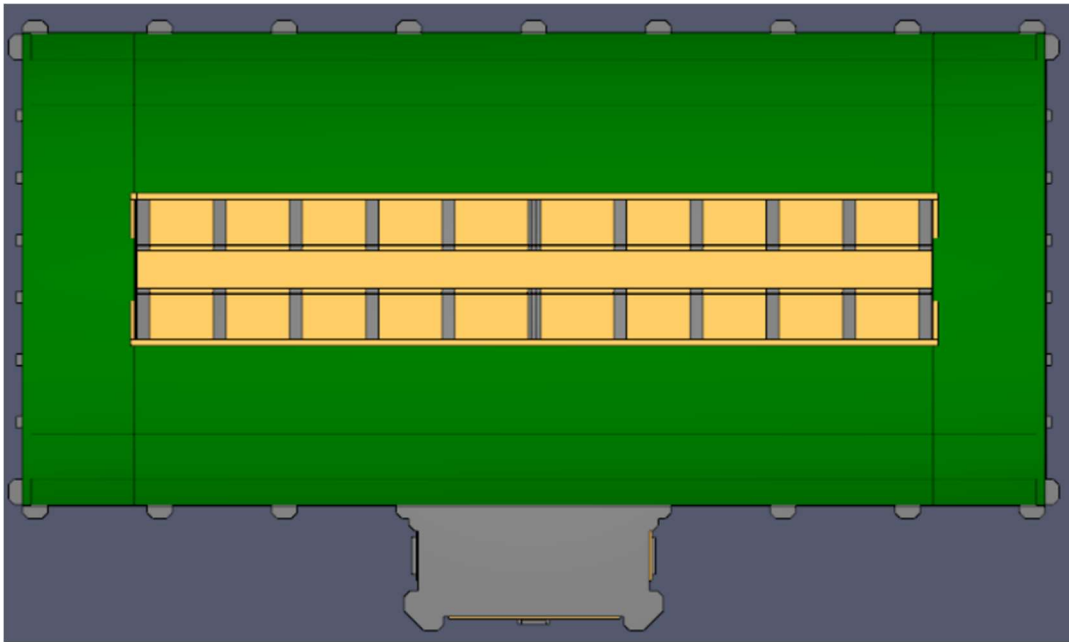


Figura 127 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=700s (serramenti totalmente chiusi)

***Caso 2 – apertura di serramenti in copertura per un'area pari ad 1/40 della superficie in pianta***

Il secondo scenario analizzato prevede l'apertura dei serramenti posti in copertura, con un'area complessiva pari a 1/40 della superficie in pianta dell'area multifunzionale. I serramenti sono stati distribuiti uniformemente sulla copertura, come mostrato nella seguente immagine.



*Figura 128 - Serramenti aperti in copertura pari a 1/40 della superficie in pianta dell'area multifunzionale*

L'apertura dei serramenti avviene in modalità automatica ed è stata impostata per avvenire al tempo di 120 secondi dall'inizio della simulazione.

Si procede con l'analisi della slice di visibilità posizionata a una quota di 2 metri, che consente di valutare l'andamento della visibilità nell'ambiente durante l'incendio. Da questa analisi emerge che, rispetto al caso in cui tutti i serramenti sono completamente chiusi, la situazione non presenta cambiamenti sostanziali. Anche in questo scenario, infatti, al tempo di 435 secondi, si osserva la comparsa di una zona di non visibilità in corrispondenza dell'area caffetteria all'interno dell'area multifunzionale.

Nel frame successivo, al tempo di 485 secondi, si rileva un leggero miglioramento rispetto alla situazione precedente. In particolare, solo uno dei due lati corti dell'area multifunzionale è interessato da una condizione di criticità, mentre l'altro risulta parzialmente visibile. Sebbene la situazione sia migliorata rispetto al caso precedente, dove entrambi i lati corti erano gravemente compromessi. Tuttavia, al tempo di 535 secondi, entrambi i lati corti risultano

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

nuovamente critici, con un progressivo deterioramento delle condizioni di visibilità. Questo segna un ulteriore passo verso una situazione di pericolo.

Al tempo di 585 secondi, la situazione si aggrava ulteriormente, con una visibilità nettamente ridotta in gran parte dell'ambiente. Nonostante ciò, si osservano ancora alcune aree centrali dell'area multifunzionale in cui la visibilità rimane sufficiente.

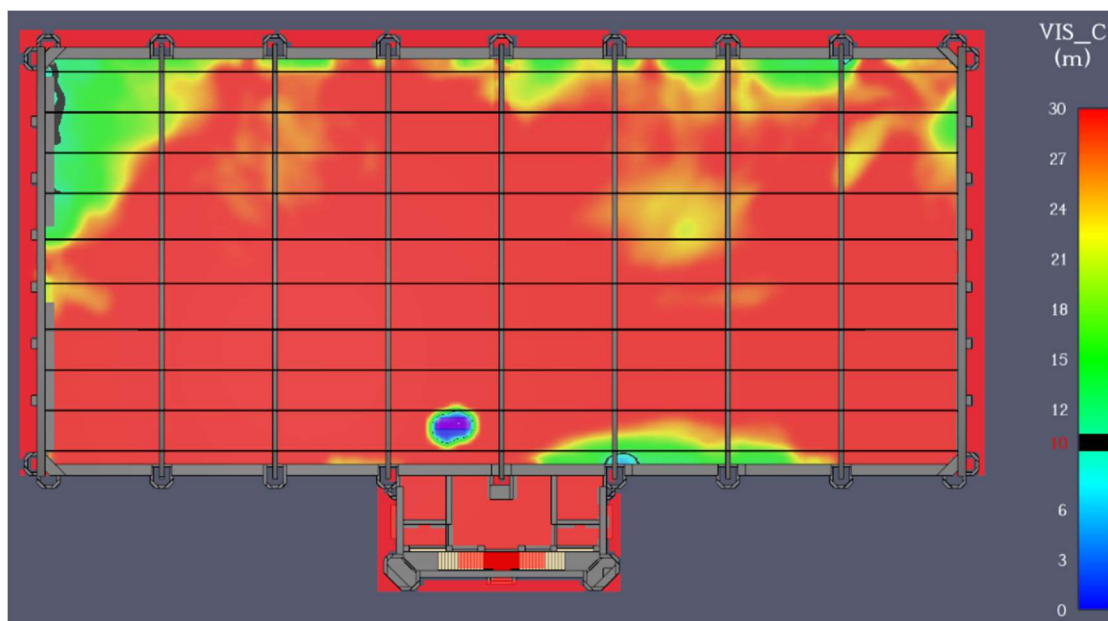


Figura 129 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=435s (serramenti aperti A=1/40 superficie)

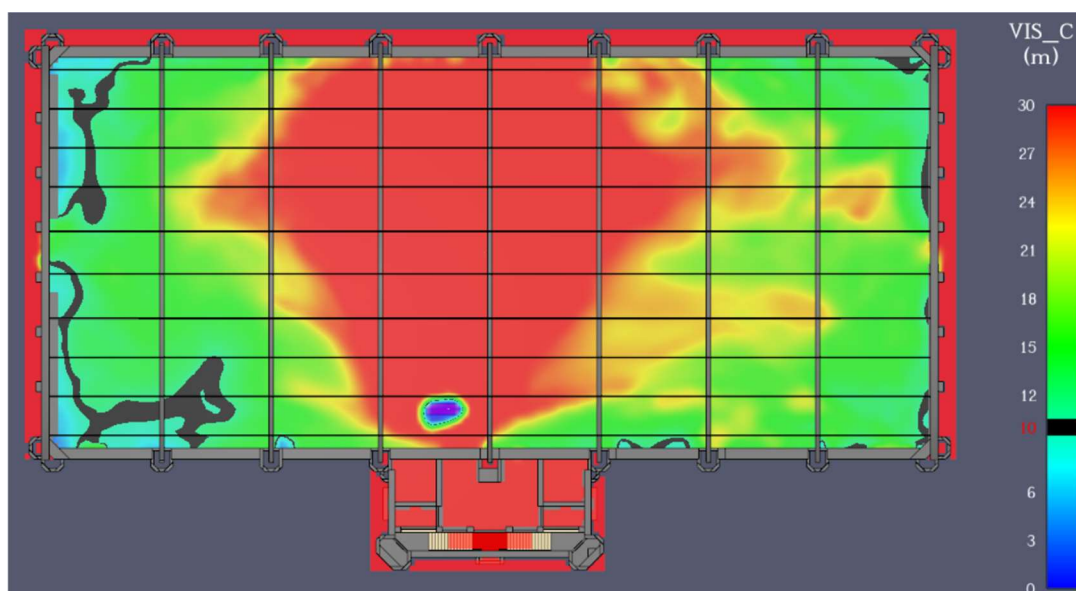


Figura 130 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=485s (serramenti aperti A=1/40 superficie)

A differenza di quanto osservato in precedenza, si può notare che in corrispondenza delle porte vi è una variazione della visibilità, poiché è stato deciso di aprirle in concomitanza con l'inizio dell'esodo.



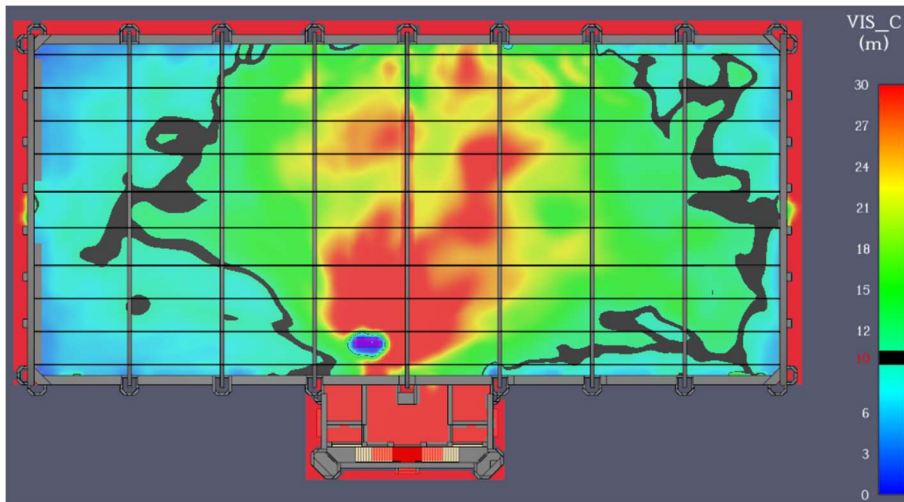


Figura 131 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=535s (serramenti aperti A=1/40 superficie)

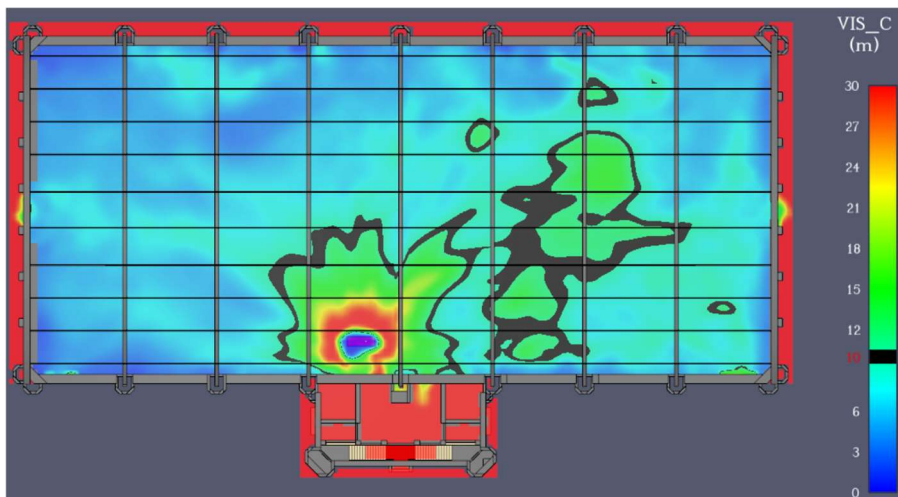


Figura 132 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=585s (serramenti aperti A=1/40 superficie)

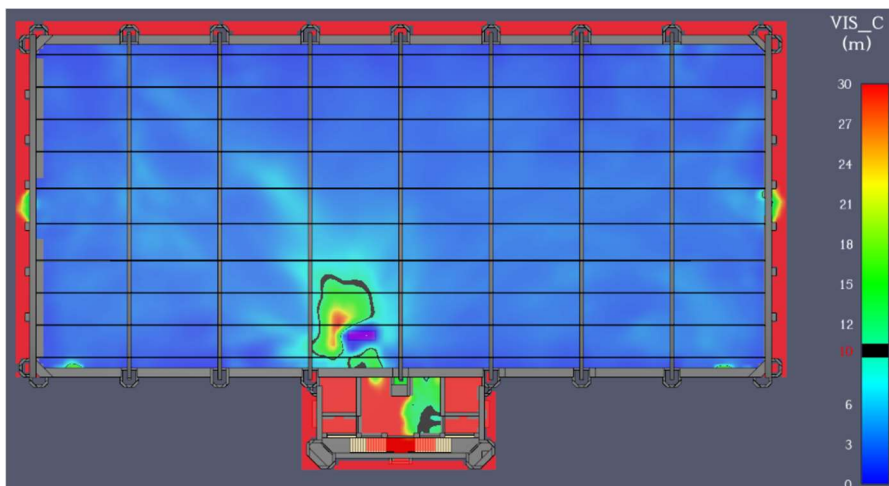


Figura 133 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=700s (serramenti aperti A=1/40 superficie)

Dall'ultima immagine si può anche notare che, in questo caso, si riscontrano delle problematiche legate alla visibilità all'interno del foyer. La situazione, sotto questo aspetto, è peggiorata

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

rispetto al caso con serramenti totalmente chiusi, in quanto, con l'apertura dei serramenti, si verifica una maggiore diffusione dei fumi che compromette la visibilità in questa zona, mentre nel caso precedente non si presentava tale difficoltà.

Nelle seguenti immagini si riporta l'andamento della visibilità visualizzato dalla slice posizionata in direzione  $Y=15,00$  m, che permette di apprezzare la progressiva diminuzione di quota del livello di visibilità.

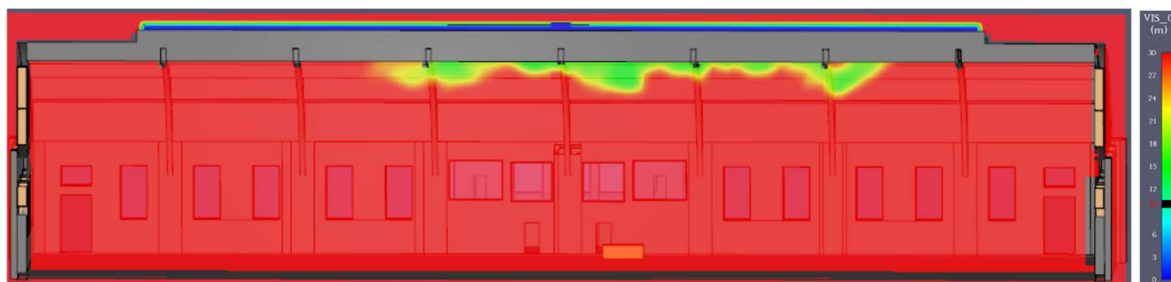


Figura 134 - Slice visibilità  $Y=15,00$  metri,  $t=100s$  (serramenti aperti  $A=1/40$  superficie)

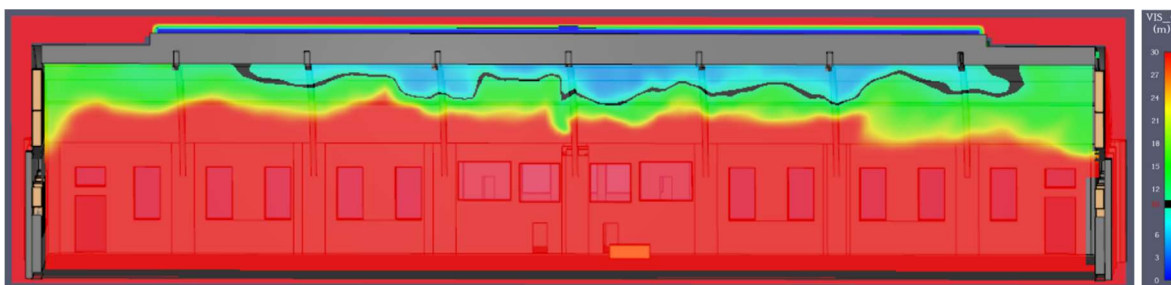


Figura 135 - Slice visibilità  $Y=15,00$  metri,  $t=200s$  (serramenti aperti  $A=1/40$  superficie)

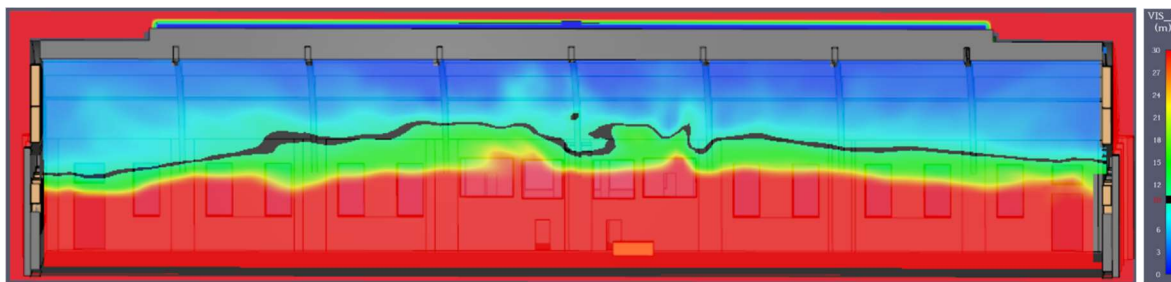


Figura 136 - Slice visibilità  $Y=15,00$  metri,  $t=300s$  (serramenti aperti  $A=1/40$  superficie)

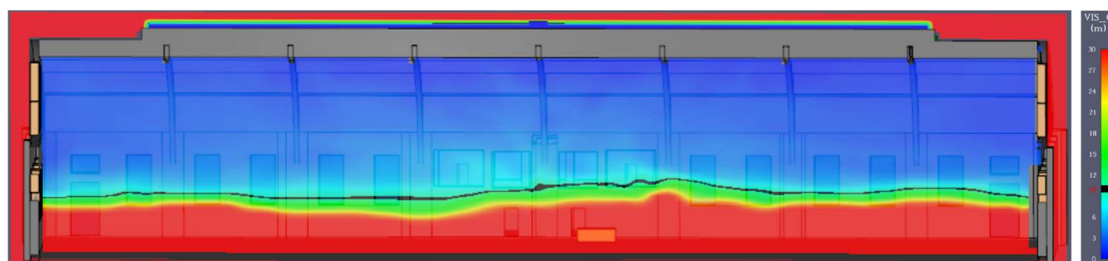


Figura 137 - Slice visibilità  $Y=15,00$  metri,  $t=400s$  (serramenti aperti  $A=1/40$  superficie)

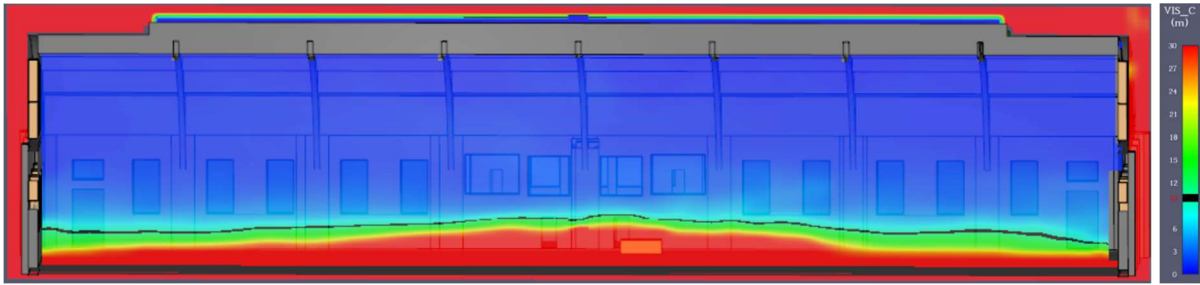


Figura 138 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=500s (serramenti aperti A=1/40 superficie)

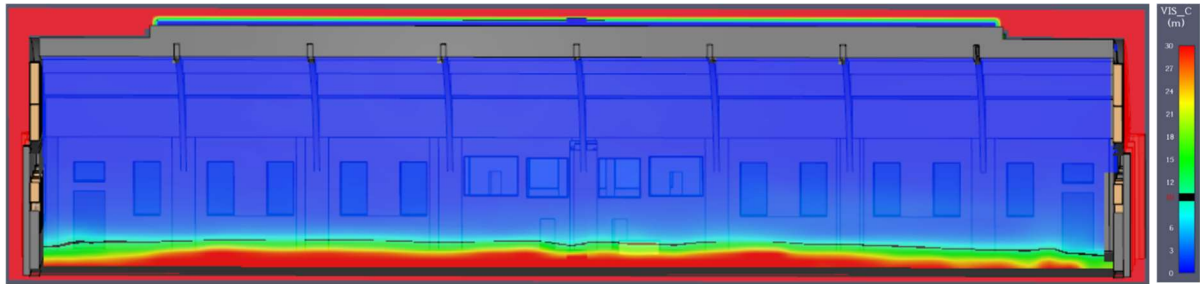


Figura 139 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=600s (serramenti aperti A=1/40 superficie)

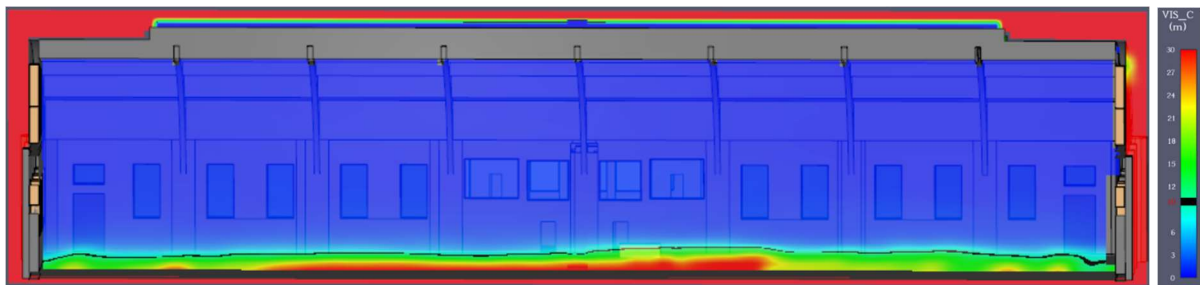


Figura 140 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=700s (serramenti aperti A=1/40 superficie)

Infine, per quanto riguarda la temperatura, anche in questo caso non si riscontrano problematiche significative, i valori elevati sono infatti circoscritti all'area del focolare.

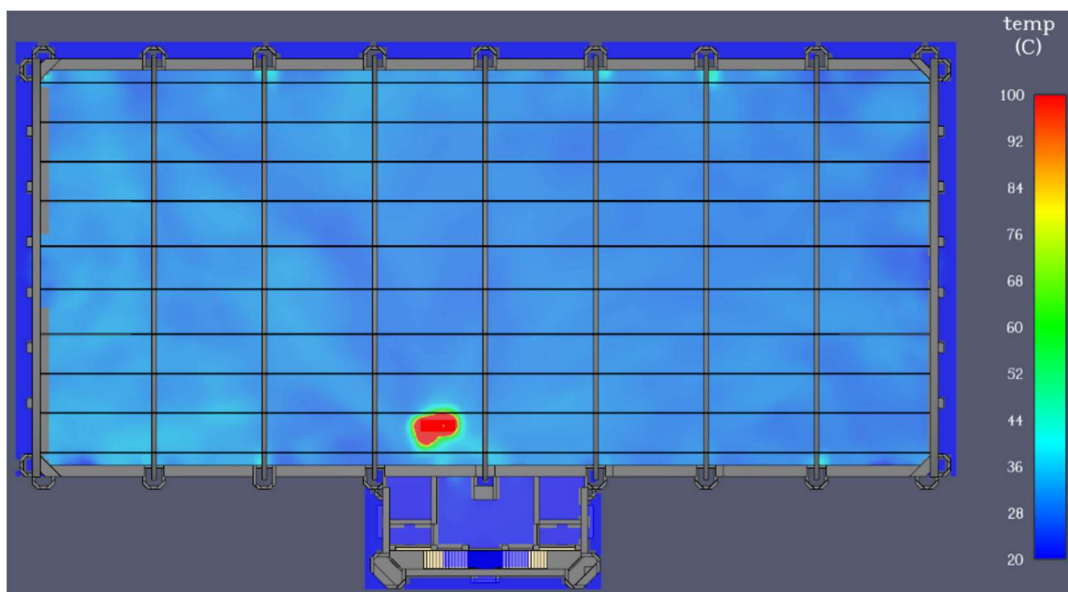


Figura 141 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=700s (serramenti aperti A=1/40 superficie)

**Caso 3 – apertura totale dei serramenti in copertura**

È stata analizzata una nuova configurazione, in cui tutti i serramenti in copertura sono stati aperti per consentire una migliore ventilazione e un'analisi più approfondita del comportamento dei fumi e del calore all'interno dell'area multifunzionale.

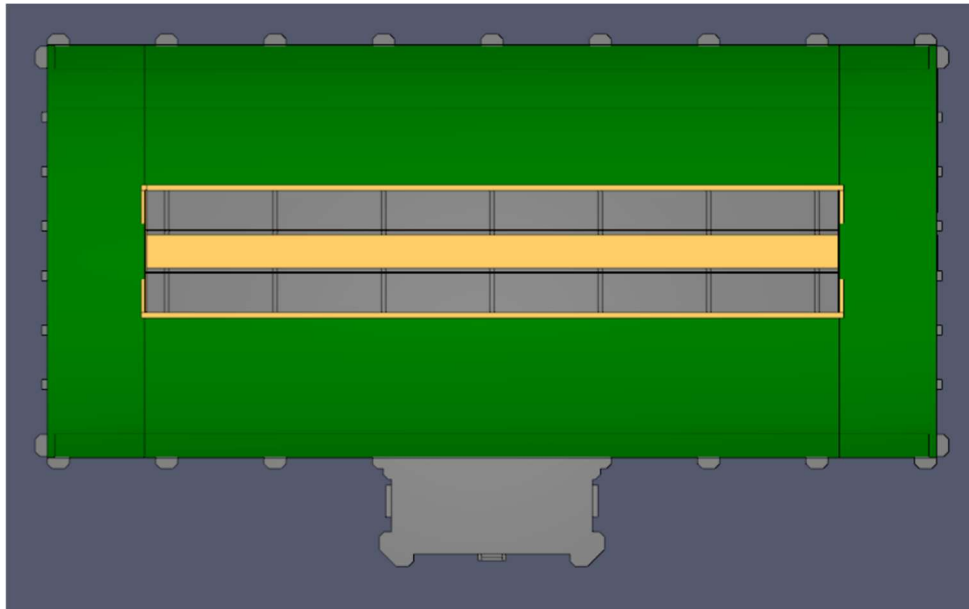


Figura 142 - Serramenti totalmente aperti in copertura

Si riportano le slice di visibilità posizionate a una quota di 2 metri agli stessi istanti temporali già analizzati in precedenza, al fine di effettuare un confronto diretto e valutare le differenze nel comportamento della visibilità in seguito alla modifica della configurazione dei serramenti.

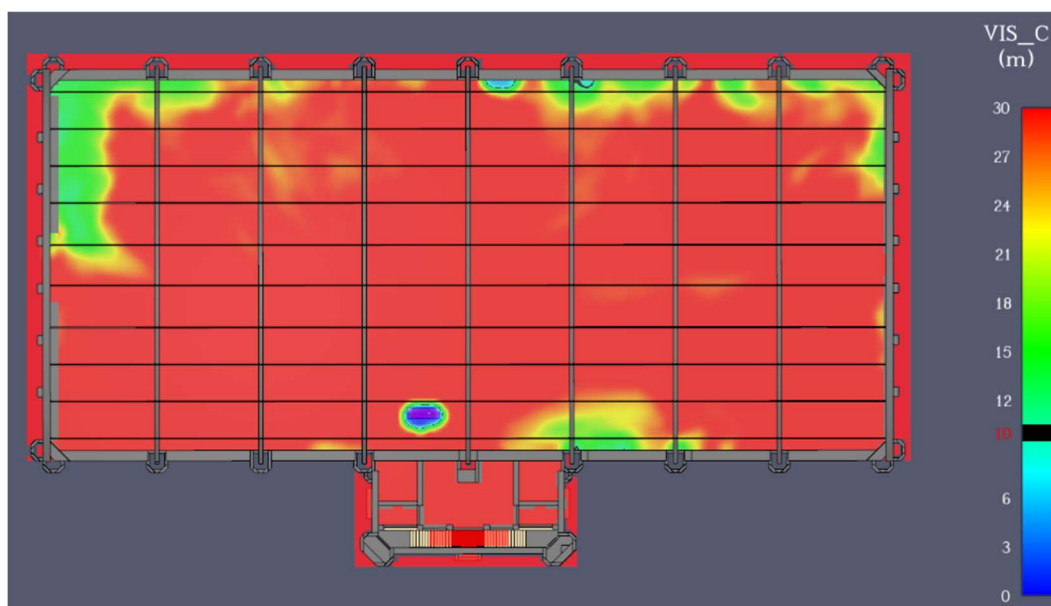


Figura 143 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=435s (serramenti totalmente aperti)

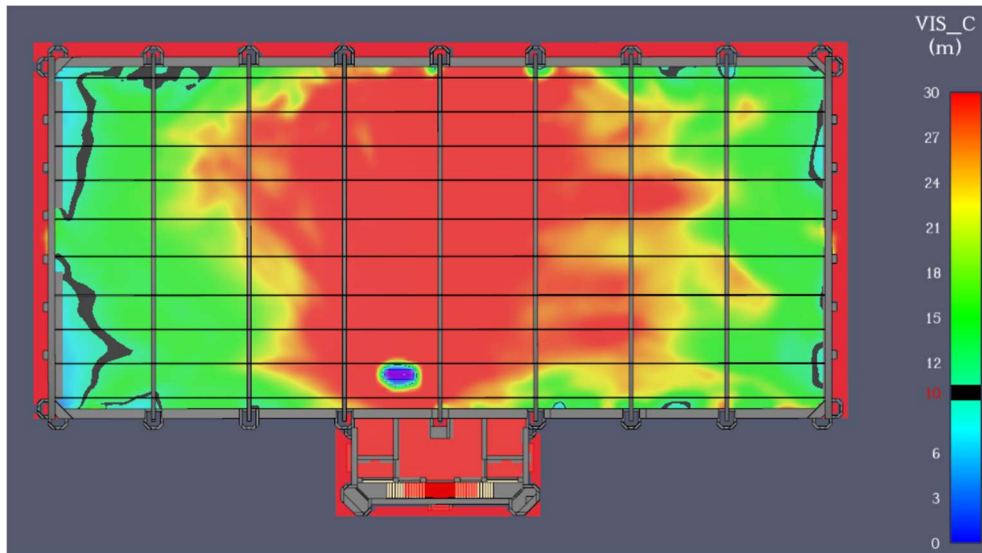


Figura 144 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=485s (serramenti totalmente aperti)

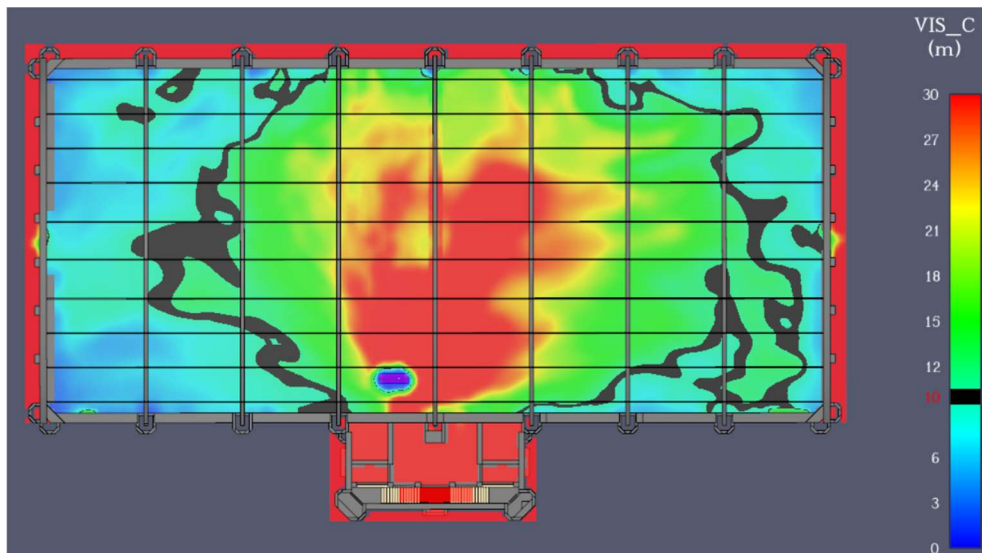


Figura 145 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=535s (serramenti totalmente aperti)

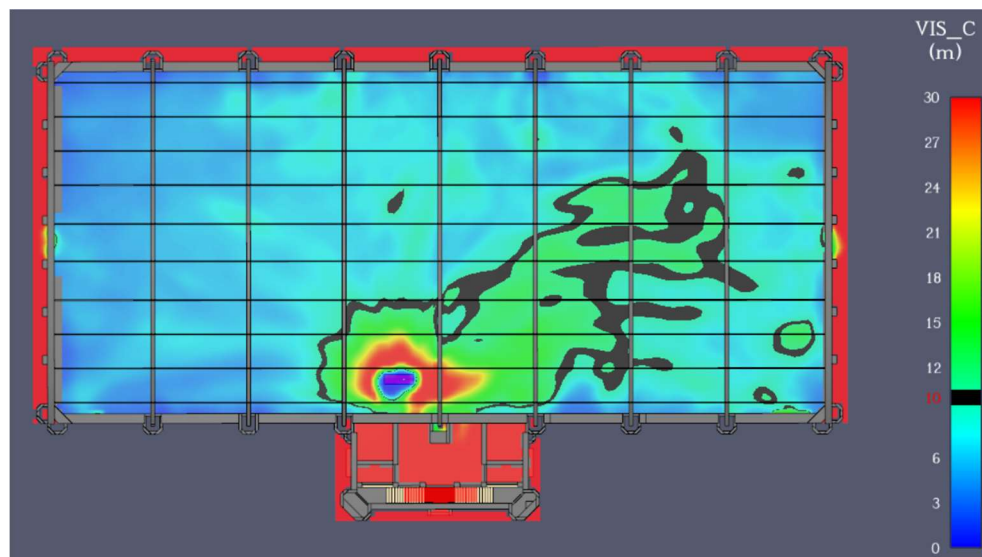


Figura 146 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=585s (serramenti totalmente aperti)

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

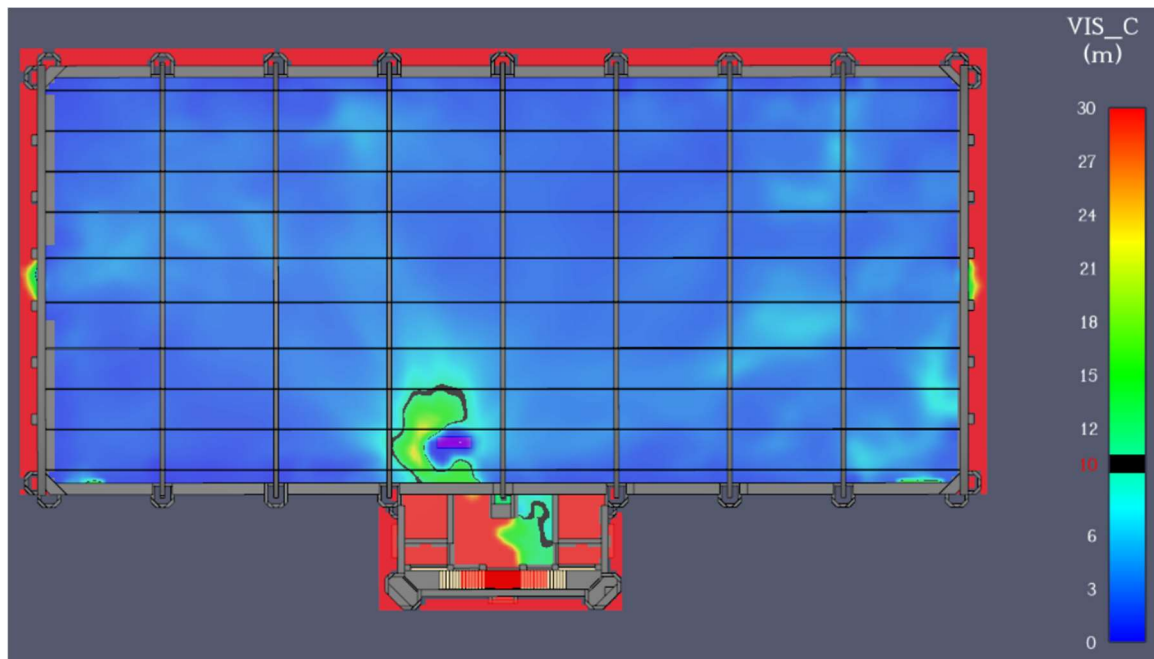


Figura 147 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=700s (serramenti totalmente aperti)

I risultati ottenuti sono analoghi a quanto riscontrato con l'apertura parziale di 1/40 della superficie in pianta. Non sono emerse differenze significative, né in termini di visibilità né in relazione alla temperatura, che si è mantenuta sostanzialmente invariata rispetto alla configurazione precedente.

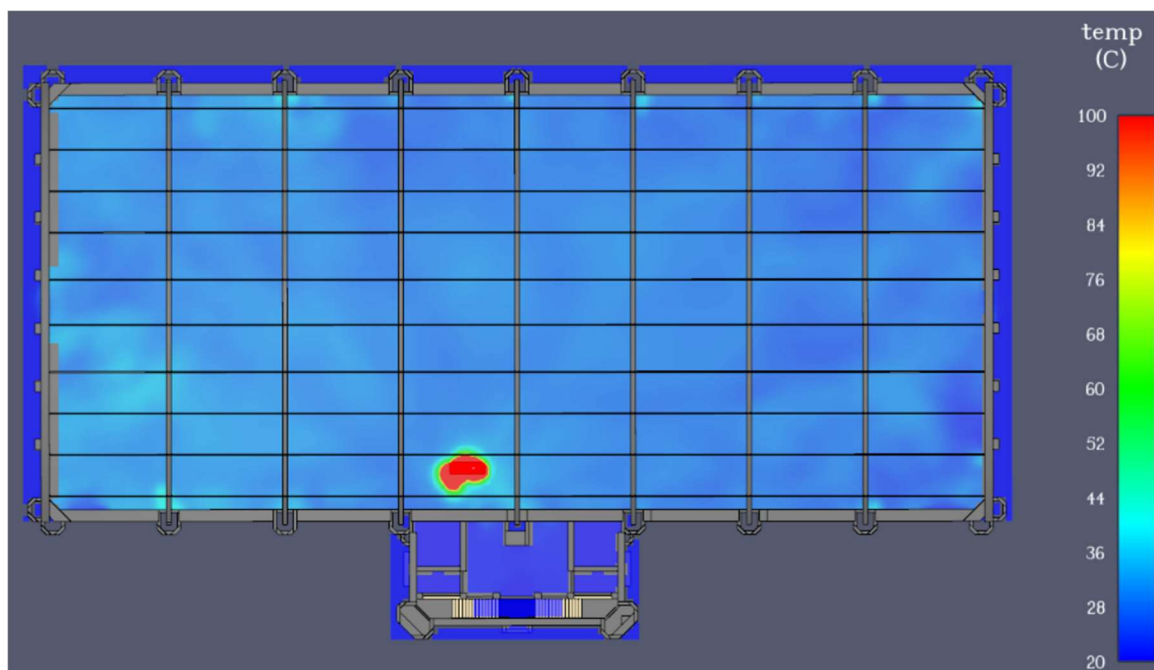


Figura 148 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=700s (serramenti totalmente aperti)

***Caso 4 – apertura di serramenti in copertura per un'area pari ad 1/40 della superficie in pianta e apertura dei serramenti in facciata***

Si analizza un ulteriore caso in cui, oltre all'apertura in copertura pari a 1/40 della superficie in pianta, vengono aperti anche i serramenti in facciata, nella parte superiore dei lati corti. Questa configurazione è stata scelta per valutare l'effetto combinato dell'apertura dei serramenti sia in copertura che in facciata sulla gestione del fumo e del calore.

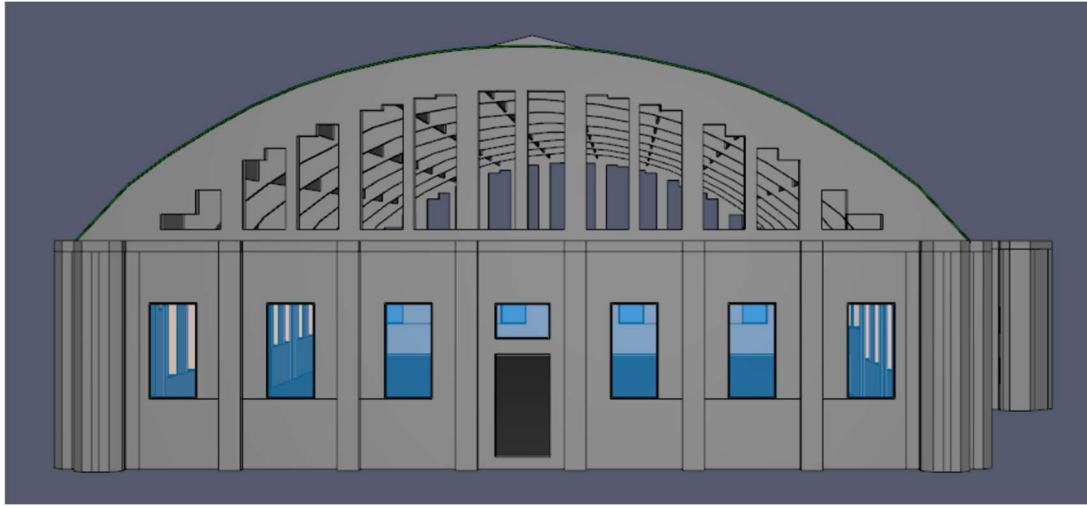


Figura 149 – Configurazione dei serramenti aperti in facciata

In questo caso, le differenze rispetto alle configurazioni precedenti sono sostanziali. Infatti, non si osserva la comparsa di aree in cui la visibilità sia compromessa per tutta la durata della simulazione.

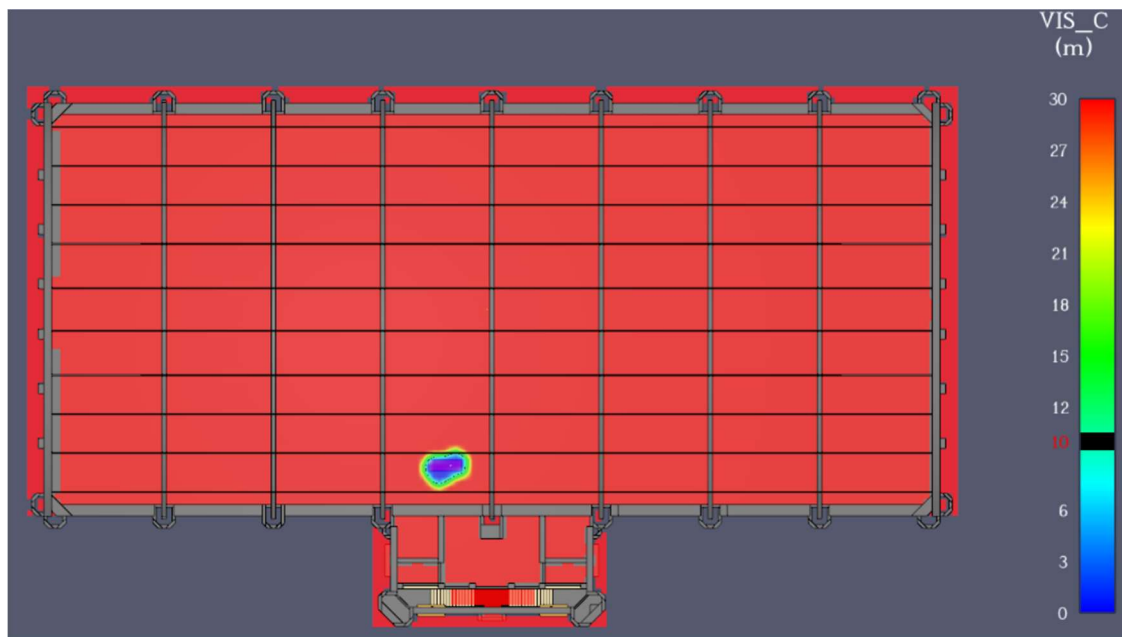


Figura 150 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=435s (serramenti aperti A=1/40 superficie + serramenti facciata lato corto)

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

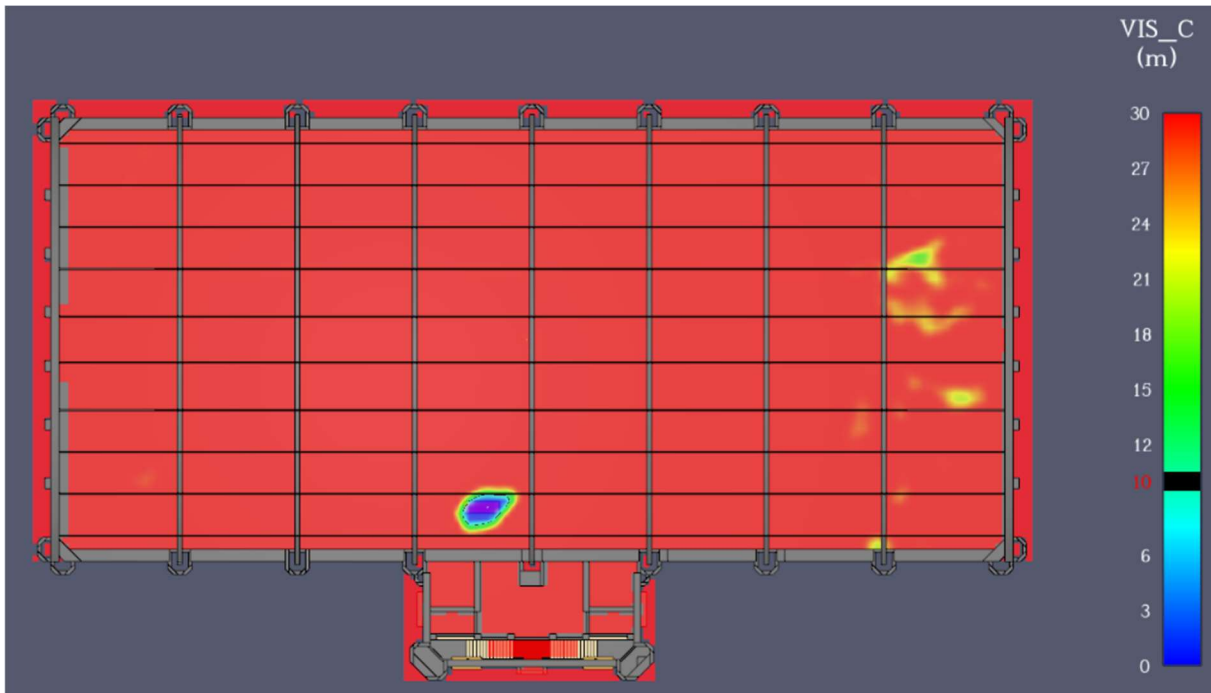


Figura 151 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=700s (serramenti aperti A=1/40 superficie + serramenti facciata lato corto)

Anche per quanto riguarda la temperatura, non si osserva alcun incremento. Al contrario, si registra una diminuzione della temperatura al termine della simulazione, grazie all'effetto combinato dell'apertura dei serramenti in copertura e in facciata.

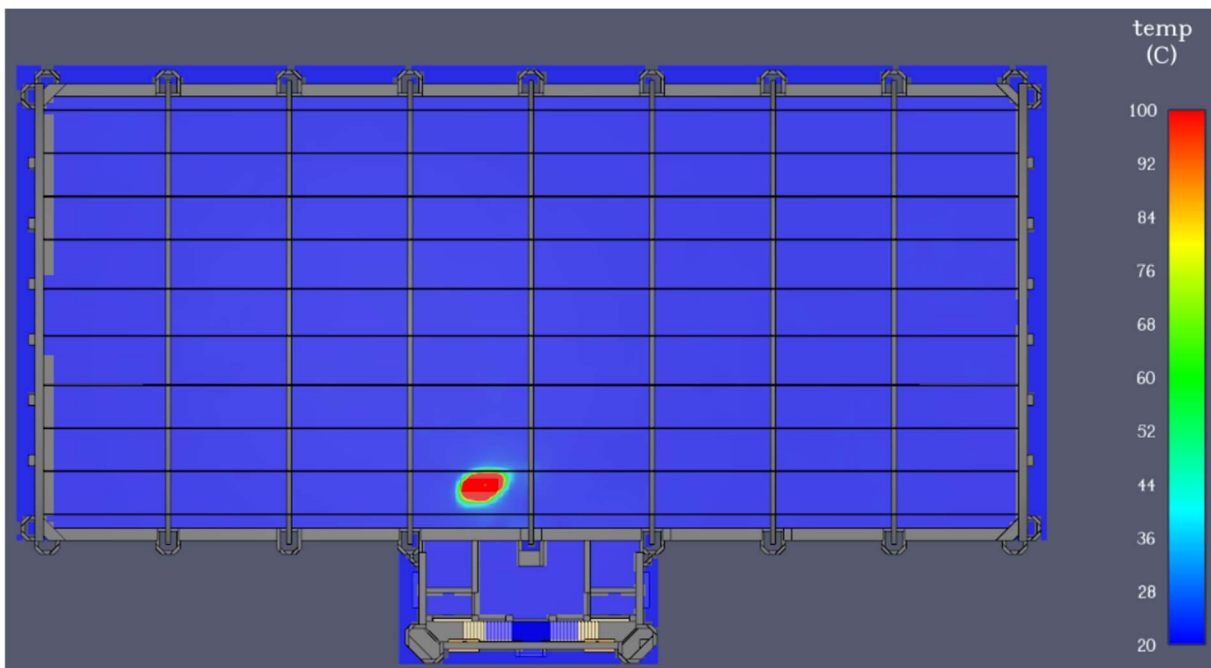


Figura 152 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=700s (serramenti aperti A=1/40 superficie + serramenti facciata lato corto)

Per apprezzare meglio le differenze nella visibilità, si riporta la slice di visibilità impostata a  $Y = 15,00$  m, analizzando i time step progressivi di 100 secondi.



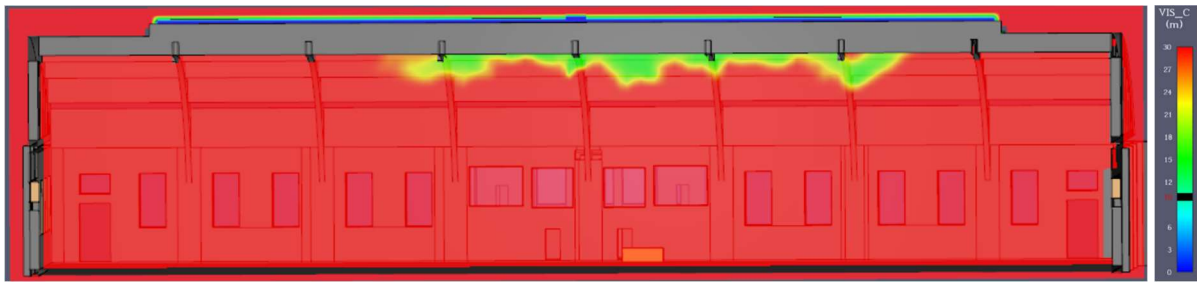


Figura 153 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=100s (serramenti aperti A=1/40 superficie + serramenti facciata lato corto)

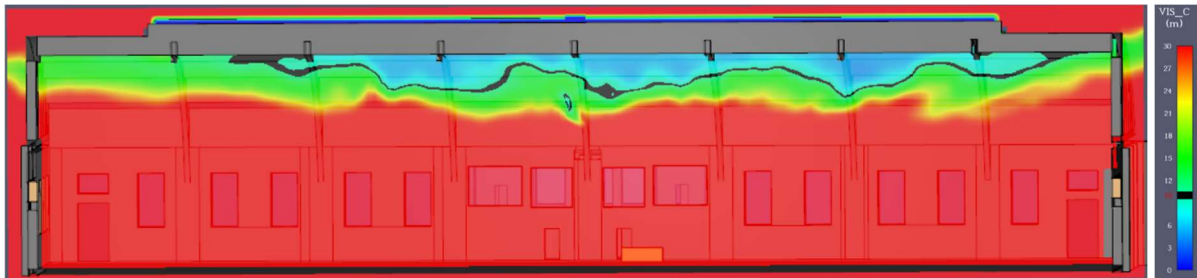


Figura 154 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=200s (serramenti aperti A=1/40 superficie + serramenti facciata lato corto)

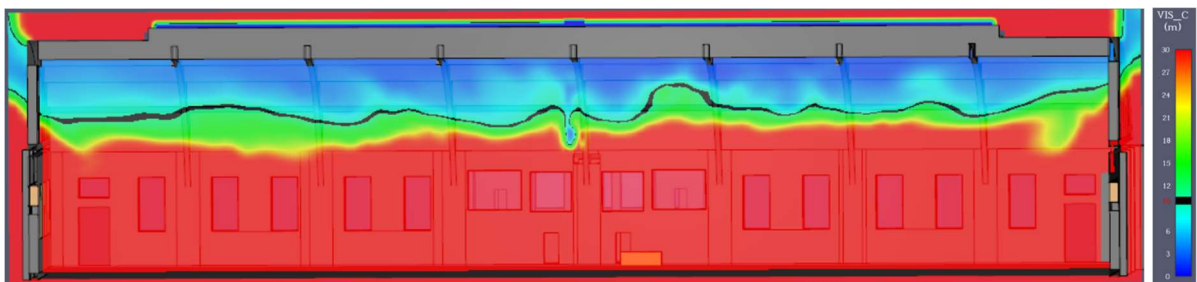


Figura 155 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=300s (serramenti aperti A=1/40 superficie + serramenti facciata lato corto)

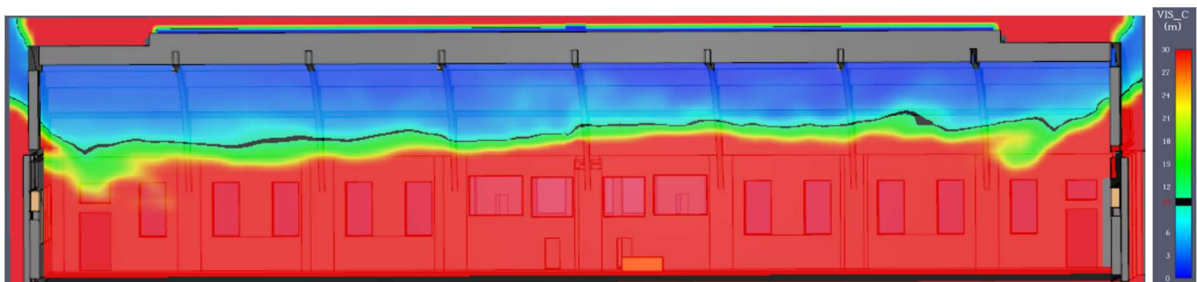


Figura 156 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=400s (serramenti aperti A=1/40 superficie + serramenti facciata lato corto)

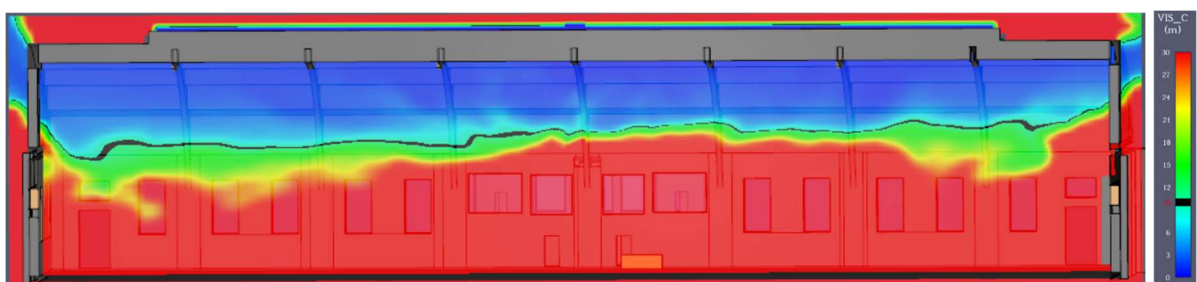


Figura 157 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=500s (serramenti aperti A=1/40 superficie + serramenti facciata lato corto)

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

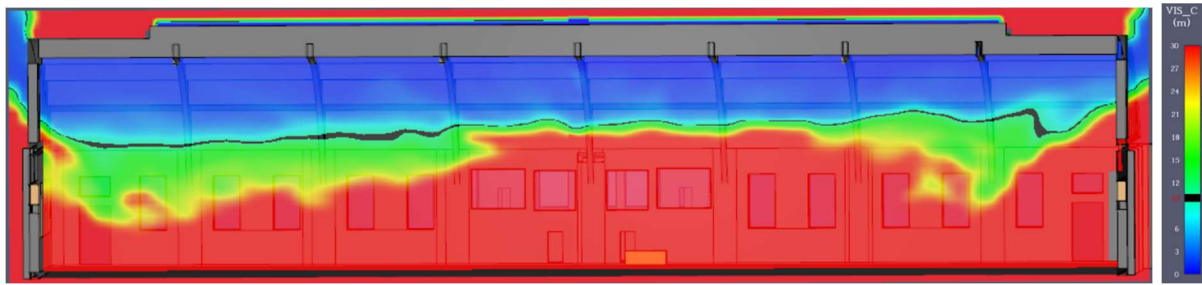


Figura 158 - Slice visibilità  $Y=15,00$  metri,  $t=600s$  (serramenti aperti  $A=1/40$  superficie + serramenti facciata lato corto)

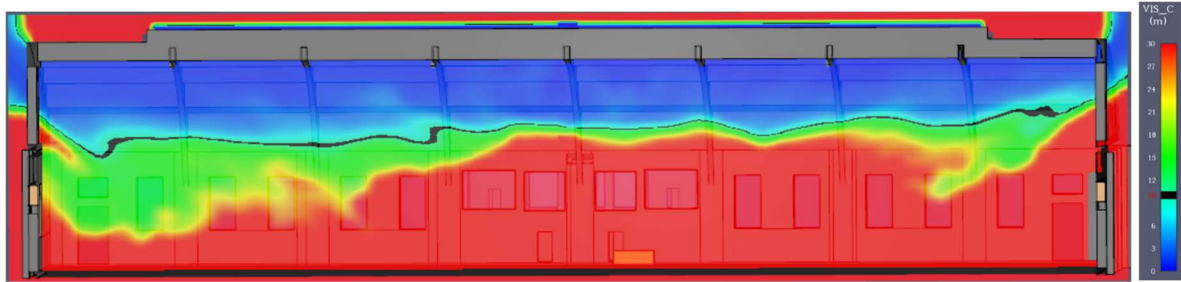


Figura 159 - Slice visibilità  $Y=15,00$  metri,  $t=700s$  (serramenti aperti  $A=1/40$  superficie + serramenti facciata lato corto)

Come si può osservare, le condizioni di visibilità rimangono adeguate fino alla fine della simulazione, senza raggiungere una situazione limite. Al contrario, si mantiene un certo margine di sicurezza mostrando che l'impatto delle aperture frontali all'area multifunzionale non è indifferente, riducendo il rischio di compromissione della visibilità causata dall'accumulo di particelle solide della combustione.

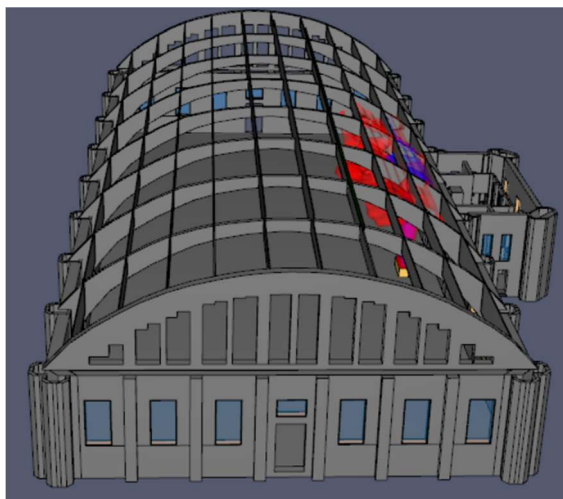


Figura 160 – Isosuperficie soot density 100 s

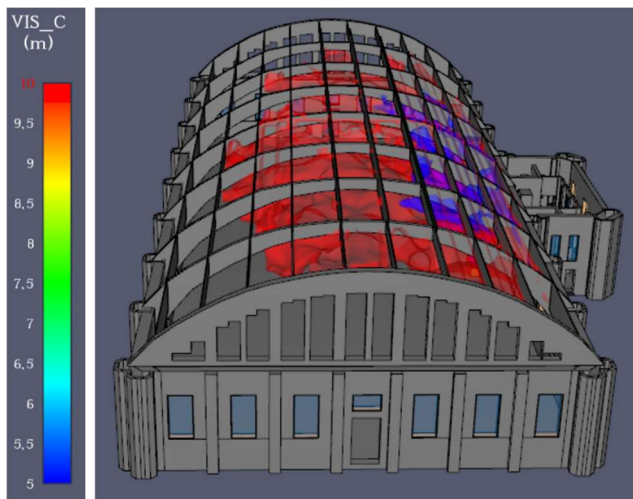


Figura 161 - Isosuperficie soot density 200 s

Nelle seguenti immagini è possibile osservare l'isosuperficie della densità di fuliggine, che rappresenta una superficie tridimensionale all'interno di un volume che collega i punti caratterizzati dallo stesso valore di densità di fuliggine, fornendo una chiara rappresentazione della distribuzione spaziale delle particelle solide prodotte dalla combustione.

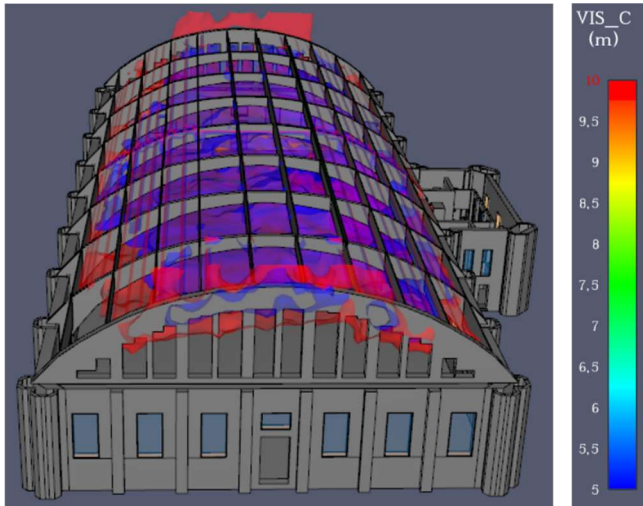


Figura 162 - Isosuperficie soot density 300 s

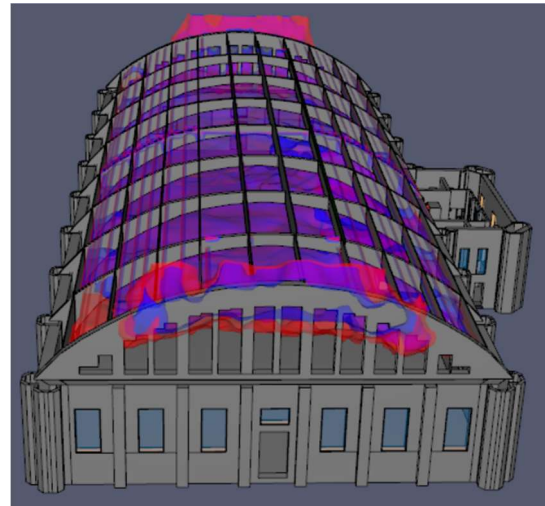


Figura 163 - Isosuperficie soot density 400 s

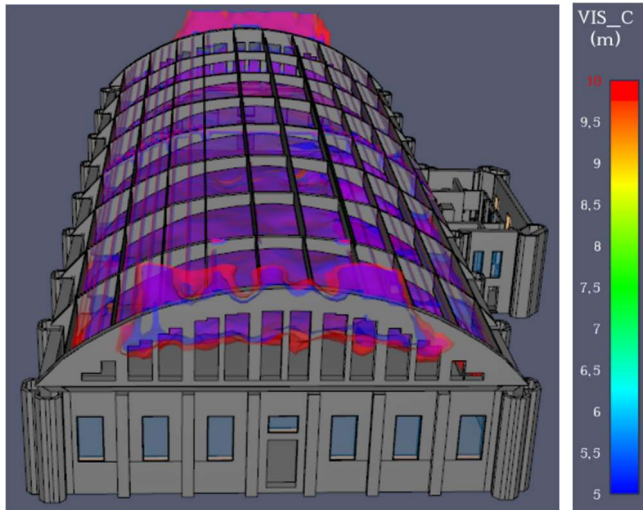


Figura 164 - Isosuperficie soot density 500 s

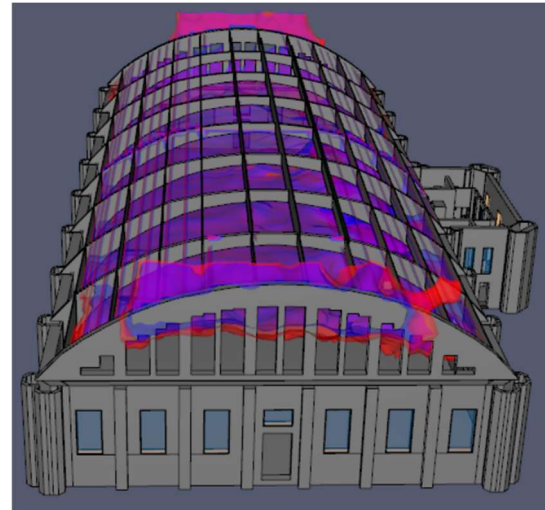


Figura 165 - Isosuperficie soot density 600 s

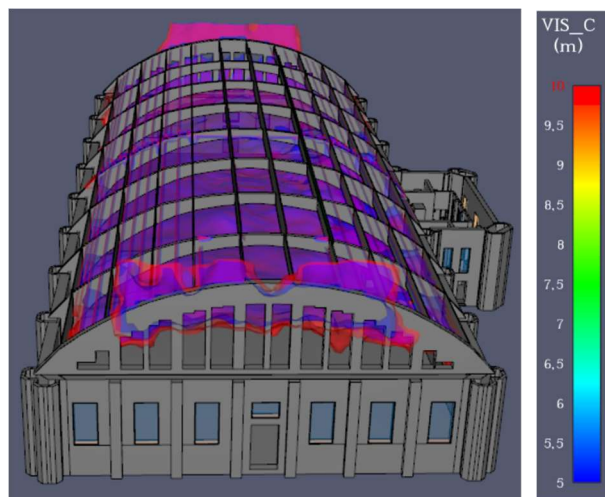


Figura 166 - Isosuperficie soot density 700 s

### **3.6.4 Combinazione dei risultati e verifica criterio ASET>RSET – area multifunzionale**

Per poter effettuare delle valutazioni sono stati integrati i risultati ottenuti con PyroSim con la modellazione di esodo effettuata con Pathfinder.

Secondo quanto previsto al comma 1 del paragrafo M.3.2.1 del Codice di Prevenzione Incendi, viene utilizzato il criterio:

$$\text{ASET} > \text{RSET}$$

Dove:

- ASET: rappresenta l'Available Safe Escape Time, ovvero il tempo disponibile per l'esodo
- RSET: rappresenta il Required Safe Escape Time, ovvero il tempo richiesto per l'esodo

La differenza tra ASET ed RSET rappresenta il margine di sicurezza della progettazione prestazionale per la salvaguardia della vita:

$$t_{\text{marg}} = \text{ASET} - \text{RSET} [\text{S}]$$

Secondo quanto previsto dal Codice di Prevenzione Incendi per soddisfare i requisiti di sicurezza senza ulteriori considerazioni è necessario che siano rispettata la seguente prescrizioni:

$$t_{\text{marg}} \geq 100\% \cdot \text{RSET}$$

$$t_{\text{marg}} \geq 30 \text{ s}$$

Per quanto riguarda la valutazione del tempo RSET si considerano i risultati delle simulazioni condotte utilizzando il software Pathfinder.

Si procede quindi con un confronto dei risultati ottenuti in termini di RSET e ASET per ciascuna configurazione di utilizzo identificata

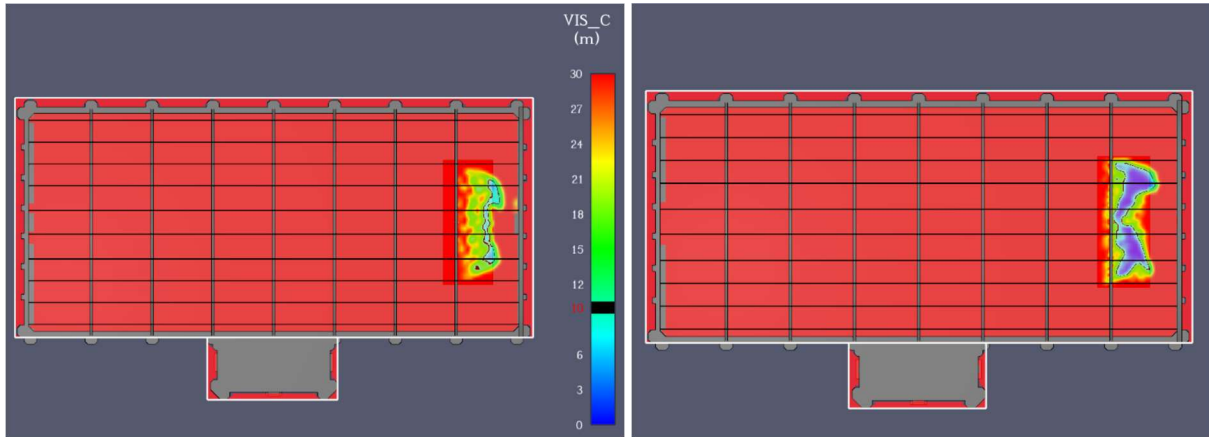
#### **3.6.4.1 Auditorium**

Attraverso la simulazione condotta utilizzando il software Pathfinder, è stato determinato un tempo necessario per l'esodo pari a:

$$\text{RSET} = 335,5 \text{ s}$$

L'analisi del tempo disponibile per l'esodo (ASET) si basa sui risultati derivanti da PyroSim.

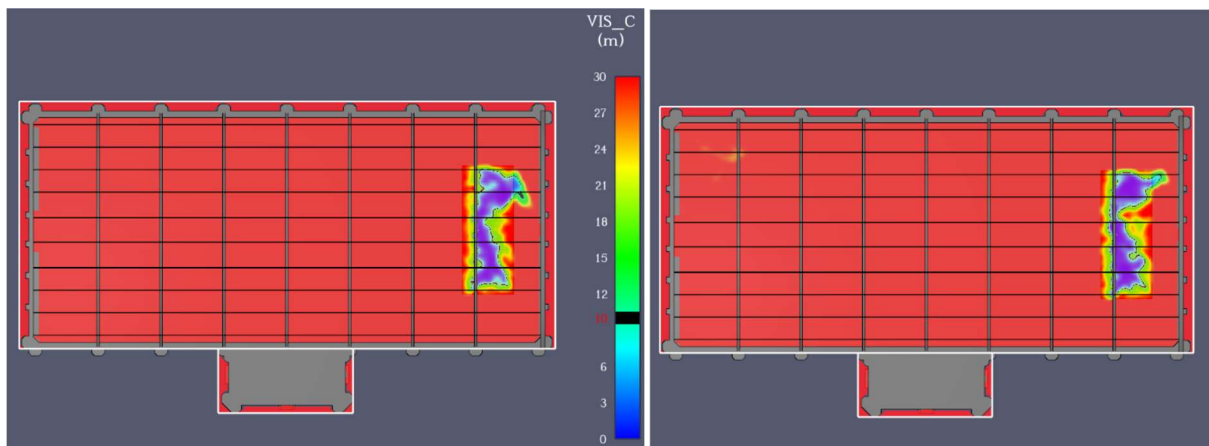
Il primo focolare considerato prevede un incendio localizzato sul palcoscenico ed è caratterizzato da un tempo di rivelazione maggiore rispetto a tutti gli altri scenari. In questa simulazione, è stato valutato anche il contributo dei serramenti, la cui apertura consente un controllo efficace di fumi e calore.



(a)

(b)

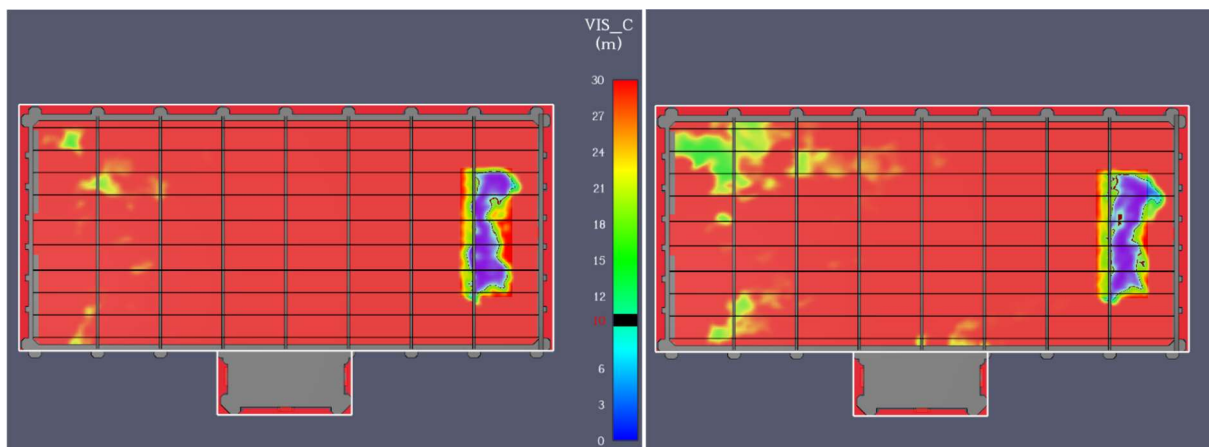
Figura 167 - Slice visibilità  $Z=2,00$  metri,  $t=100s$  (a) e  $t=200s$  (b) - focolare palcoscenico



(a)

(b)

Figura 168 - Slice visibilità  $Z=2,00$  metri,  $t=300s$  (a) e  $t=400s$  (b) - focolare palcoscenico



(a)

(b)

Figura 169 - Slice visibilità  $Z=2,00$  metri,  $t=500s$  (a) e  $t=600s$  (b) - focolare palcoscenico

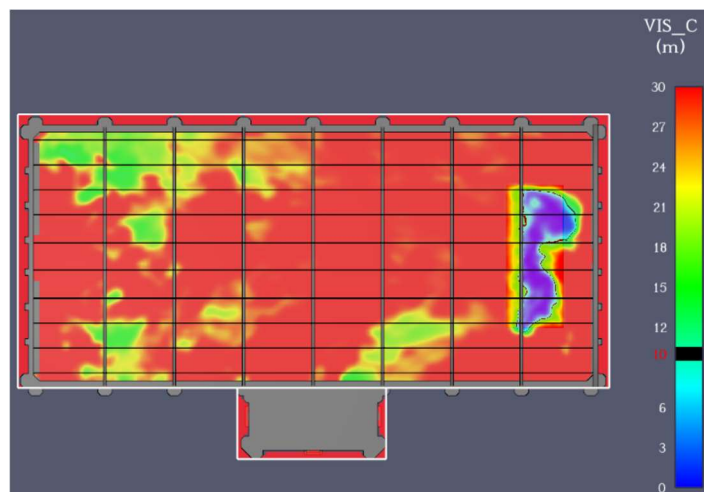


Figura 170 - Slice visibilità  $Z=2,00$  metri,  $t=700$  s - focolare palcoscenico

Dalle immagini precedenti si può osservare che le condizioni di visibilità non presentano criticità per l'esodo. A partire da 500 secondi, si evidenziano alcune zone in cui si registra un calo della visibilità, progressivamente esteso ad altre aree nel corso del tempo; tuttavia, tale fenomeno non compromette la sicurezza dell'esodo.

Per quanto riguarda i tempi corrispondenti a RSET (335,5s) e RSET + 30 secondi (365,5s), non si rilevano condizioni critiche. Le aree caratterizzate da visibilità ridotta risultano confinate esclusivamente nella zona circostante il focolare.

Infine, al tempo corrispondente al 100% di RSET, pari a 671 secondi, si evidenzia la presenza di alcune aree con visibilità ridotta. Tuttavia, tali zone mantengono valori di visibilità superiori al limite di 10 metri, assicurando condizioni di sicurezza adeguate per l'esodo.

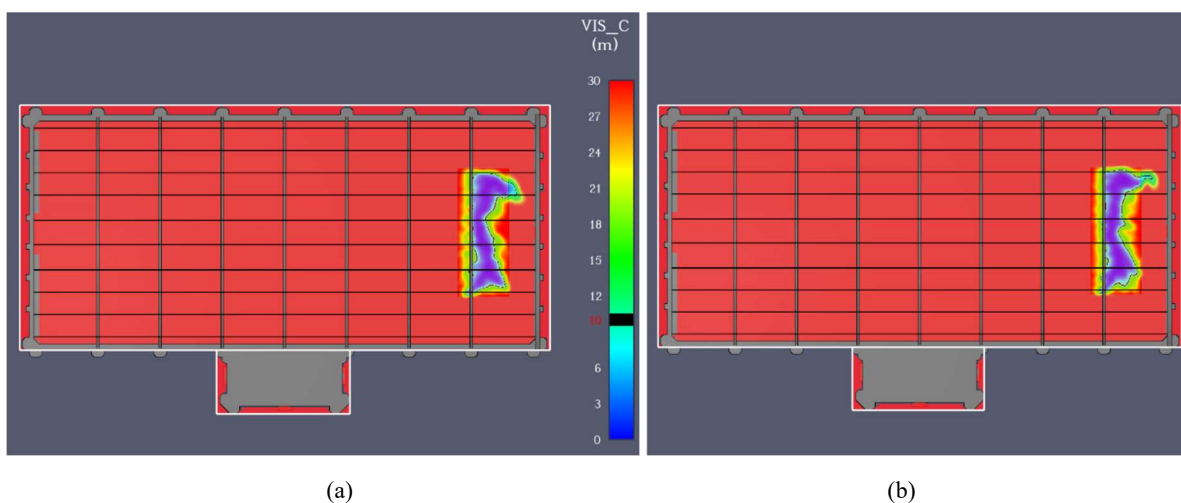


Figura 171 - Slice visibilità  $Z=2,00$  metri,  $t=335,5$ s (a) e  $t=365,5$ s (b) - focolare palcoscenico

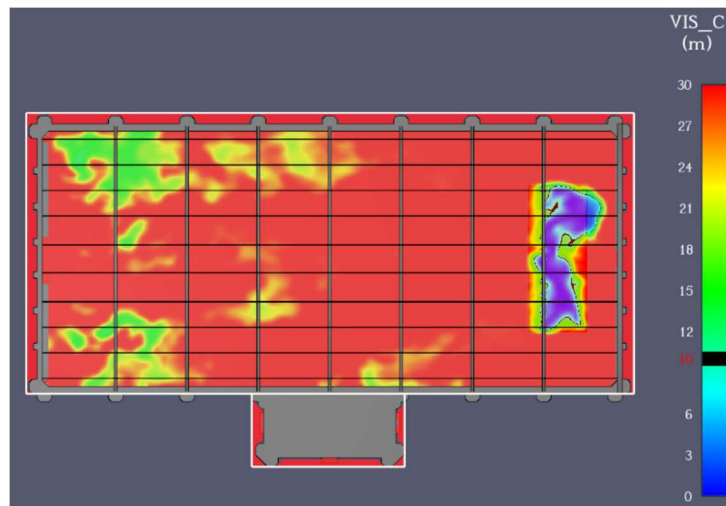


Figura 172 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=671s - focolare palcoscenico

Per favorire una migliore comprensione della diffusione delle particelle solide e della conseguente riduzione di visibilità, viene riportata una sezione della struttura con una slice posizionata a  $Y = 22,50$  m. Questa rappresentazione consente di osservare la diminuzione della visibilità lungo il piano verticale, evidenziando in modo dettagliato la distribuzione e l'entità del fenomeno.

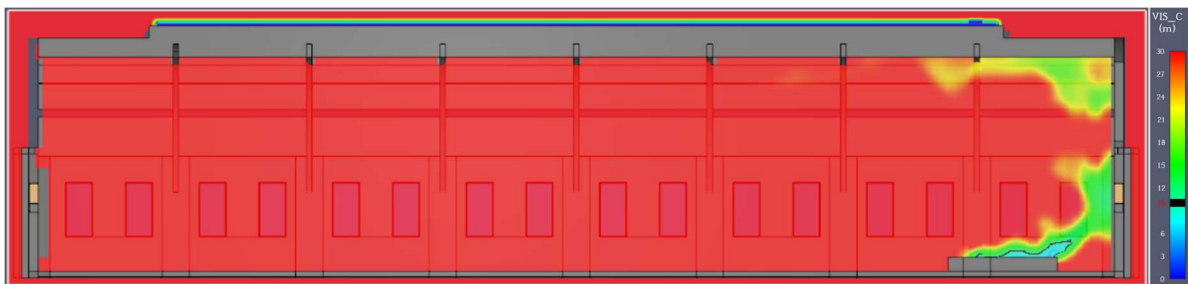


Figura 173 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=100s - focolare palcoscenico

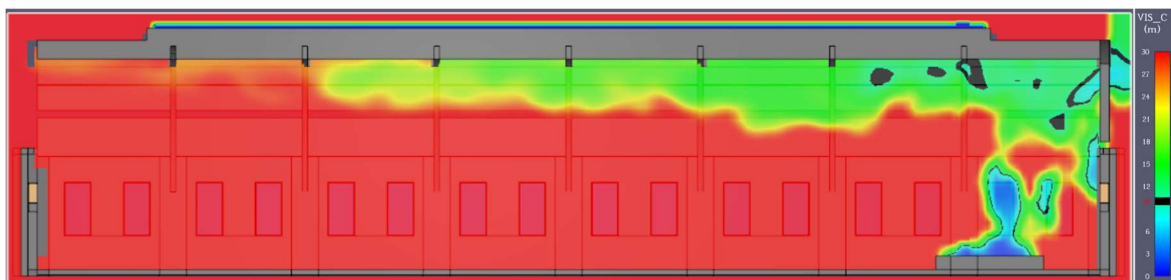


Figura 174 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=200s - focolare palcoscenico

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

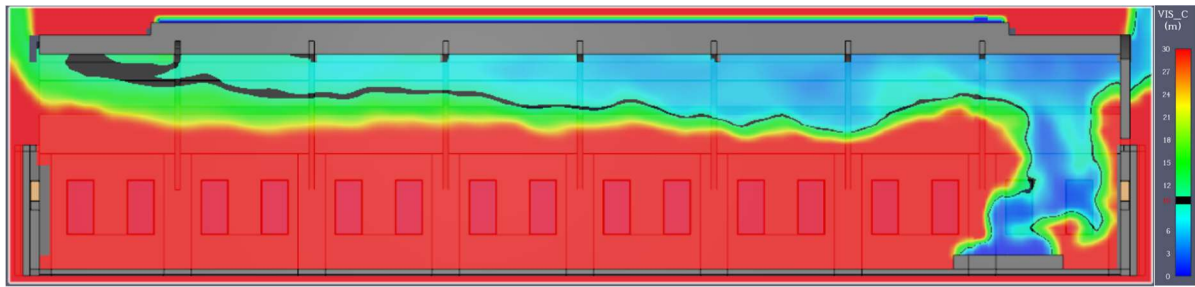


Figura 175 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=300s - focolare palcoscenico

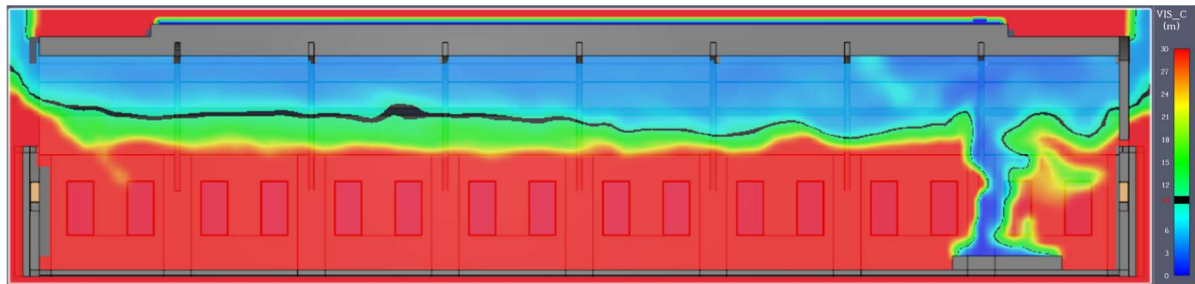


Figura 176 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=400s - focolare palcoscenico

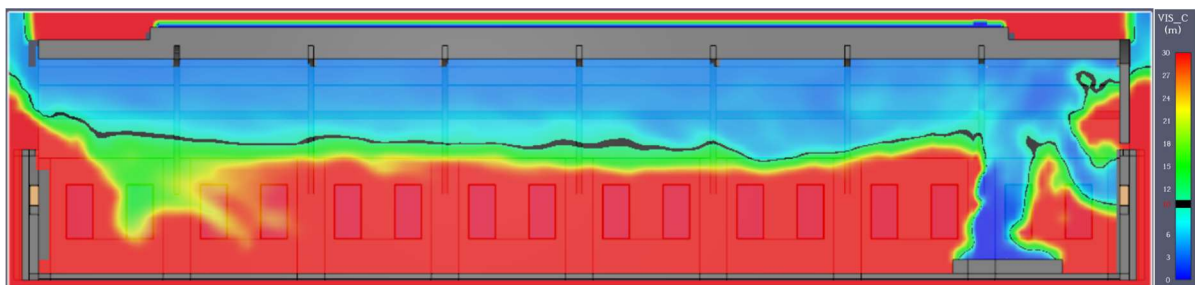


Figura 177 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=500s - focolare palcoscenico

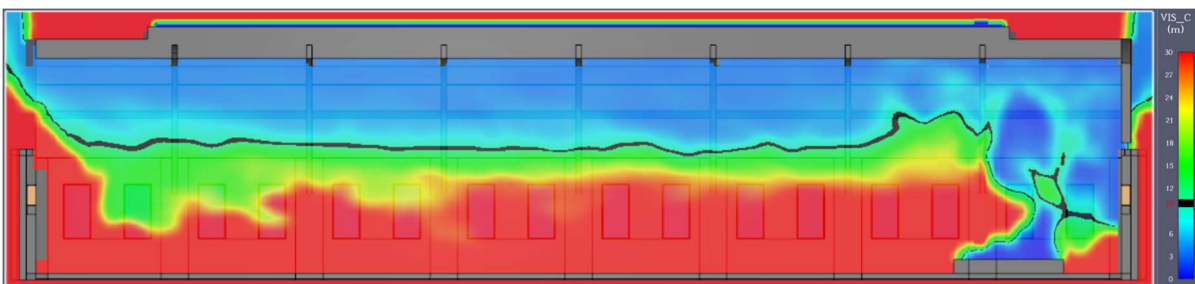


Figura 178 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=600s - focolare palcoscenico

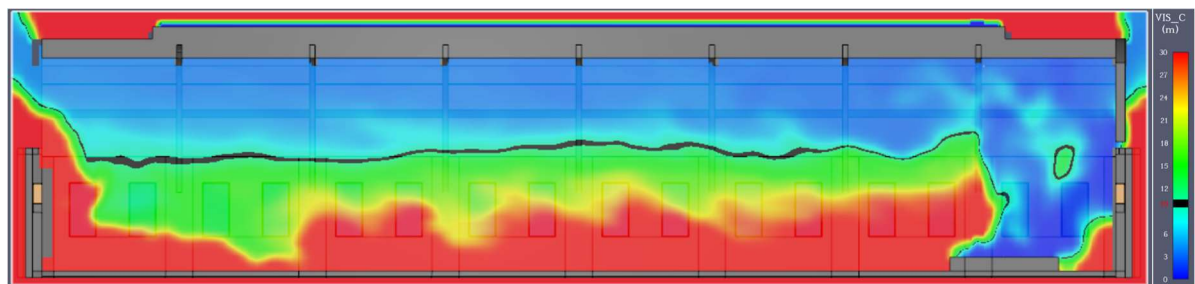


Figura 179 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=700s - focolare palcoscenico

Per quanto riguarda la temperatura, questa si mantiene costantemente al di sotto della soglia di criticità per gli occupanti, fissata a 60 gradi.



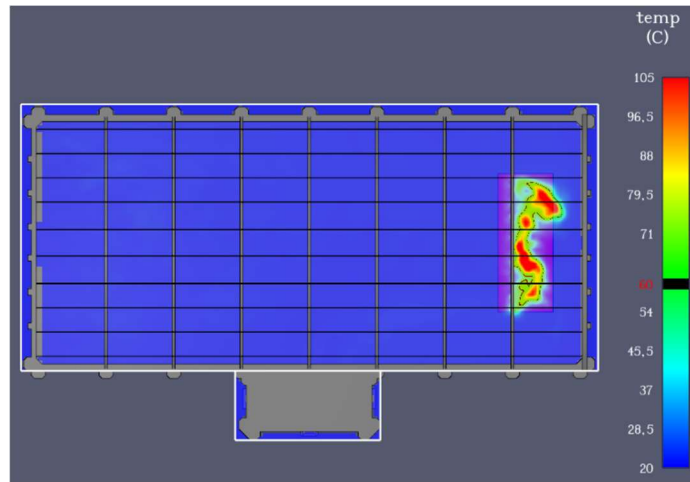


Figura 180 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=700s - focolare palcoscenico

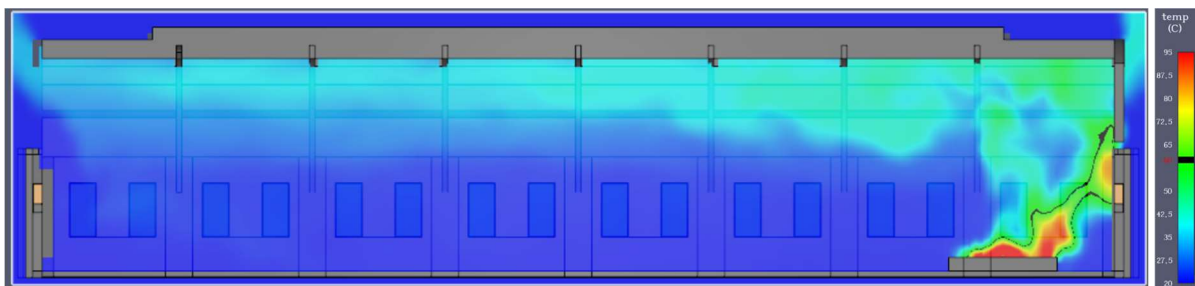


Figura 181 - Slice temperatura Y=22,50 metri, t=700s - focolare palcoscenico

Il focolare in corrispondenza del palcoscenico non presenta criticità permettendo di definire verificata la condizione.

$$ASET > RSET_{\text{palcoscenico}}$$

Il secondo scenario di incendio analizzato riguarda il focolare localizzato in corrispondenza della caffetteria. A tal proposito, si presentano le slice che illustrano l'evoluzione della visibilità nel tempo all'interno del piano orizzontale.

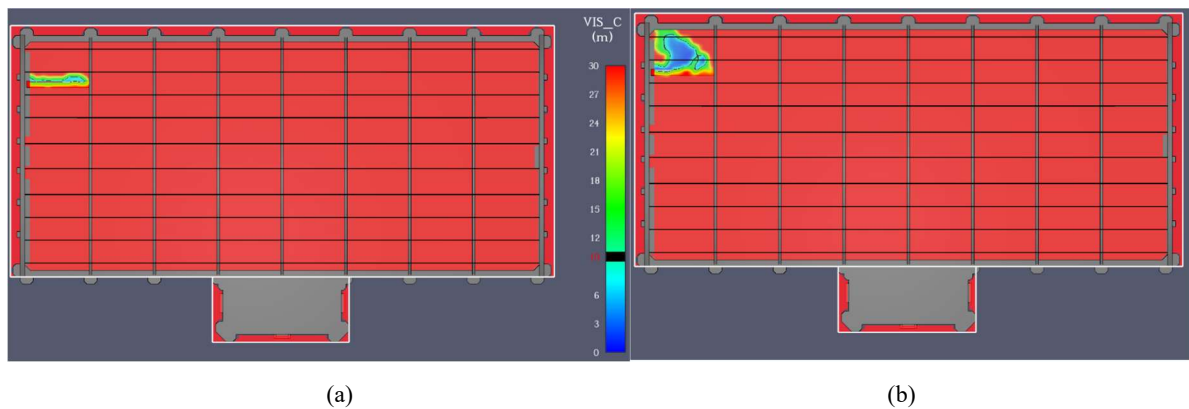


Figura 182 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=350s (a) e t=700s (b) - focolare caffetteria

Le immagini non sono riportate a intervalli di 100 secondi, come fatto in precedenza, poiché la situazione non presenta variazioni significative durante il corso della simulazione. Pertanto,

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

sono stati selezionati e mostrati i frame relativi a metà simulazione (350 secondi) e alla fine della simulazione (700 secondi), in modo da evidenziare i momenti più rappresentativi dell'andamento delle condizioni di visibilità.

Nella seguente immagine invece è riportata una slice che rappresenta la variazione della visibilità nel piano verticale. È possibile osservare che non si manifestano condizioni critiche per la visibilità. La diminuzione della visibilità risulta confinata a una piccola area, situata a quota elevata, senza influire significativamente sulle condizioni di sicurezza per l'esodo.

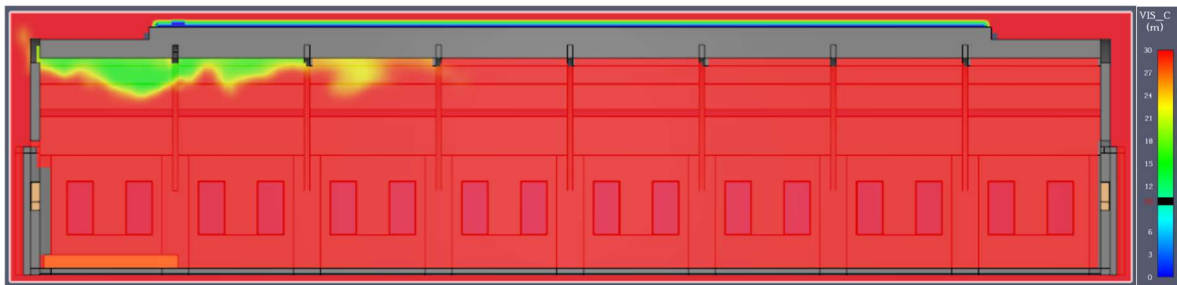


Figura 183 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=700s - focolare caffetteria

Si riporta infine la situazione a 700 secondi, sia nel piano orizzontale che in quello verticale. In entrambi i casi, la temperatura registrata risulta ampiamente al di sotto dei valori soglia stabiliti dalla normativa.

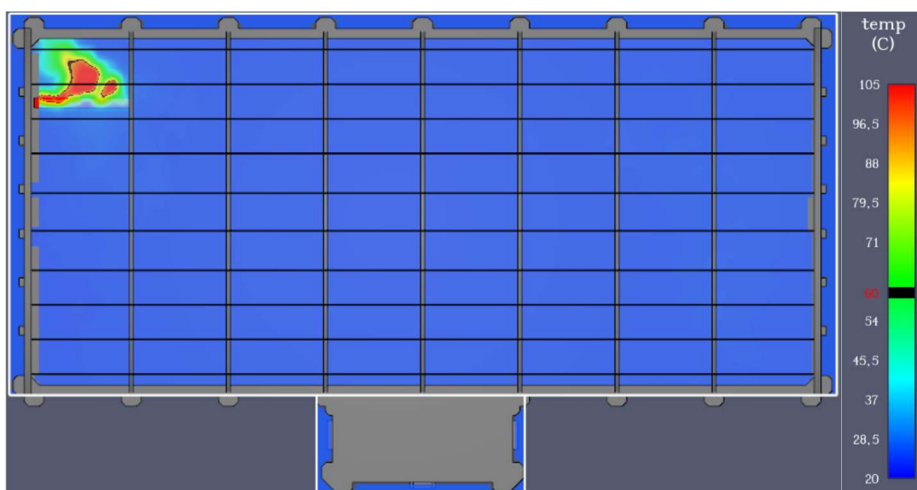


Figura 184 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=700s - focolare caffetteria

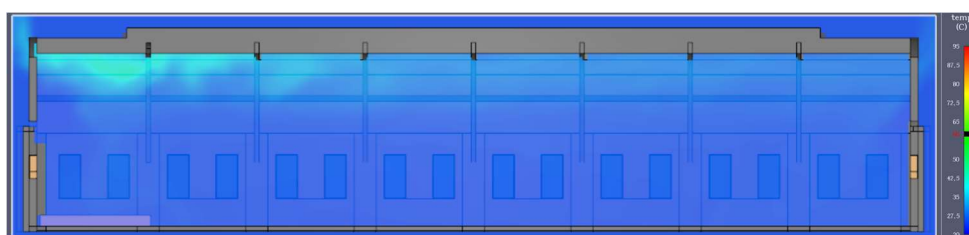


Figura 185 - Slice temperatura Y=22,50 metri, t=700s - focolare caffetteria

Anche in questo scenario di incendio di progetto è possibile quindi affermare che:

$$ASET > RSET_{\text{caffetteria}}$$

L'ultimo scenario oggetto di studio riguarda l'incendio nel foyer e il suo impatto sull'area multifunzionale. Sono riportate le slice nel piano orizzontale che consentono di visualizzare le condizioni relative alla visibilità e alla temperatura. Da queste osservazioni, si evince che non si riscontra alcun impatto significativo dell'incendio nel foyer sull'area multifunzionale, garantendo condizioni di sicurezza adeguate in quest'ultima.

Risulta pertanto soddisfatta la condizione:

$$ASET > RSET_{\text{foyer}}$$

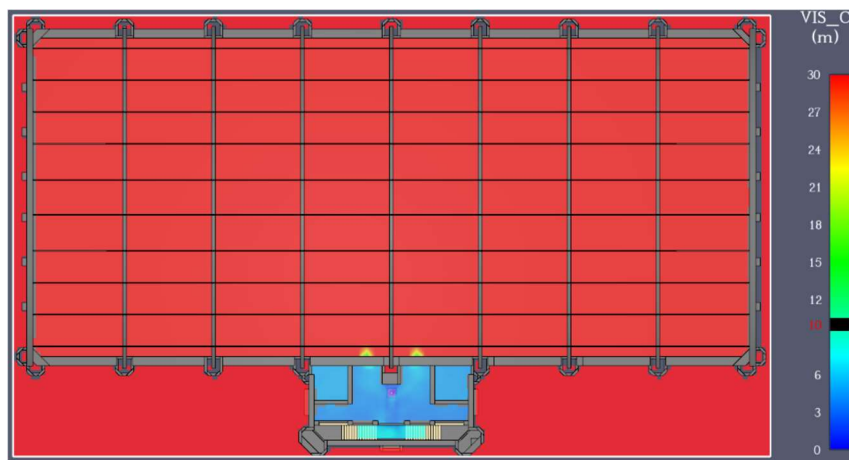


Figura 186 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=700s - focolare foyer

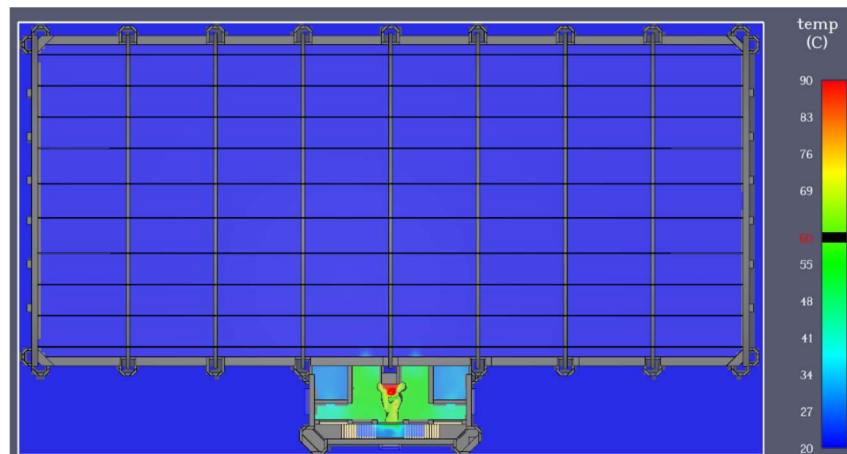


Figura 187 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=700s - focolare foyer

In conclusione, è possibile affermare che per ogni scenario di progetto individuato risulta verificata la condizione:

$$ASET > RSET$$

### 3.6.4.2 Sala convegni

Mediante simulazione di esodo condotta con Pathfinder, è stato determinato necessario un tempo pari a:

$$RSET = 303,5 \text{ s}$$

Per quanto riguarda gli scenari di incendio analizzati, non emergono criticità né per il focolare localizzato in corrispondenza del palcoscenico, né per quello situato presso il bancone, sia in termini di temperatura che di visibilità.

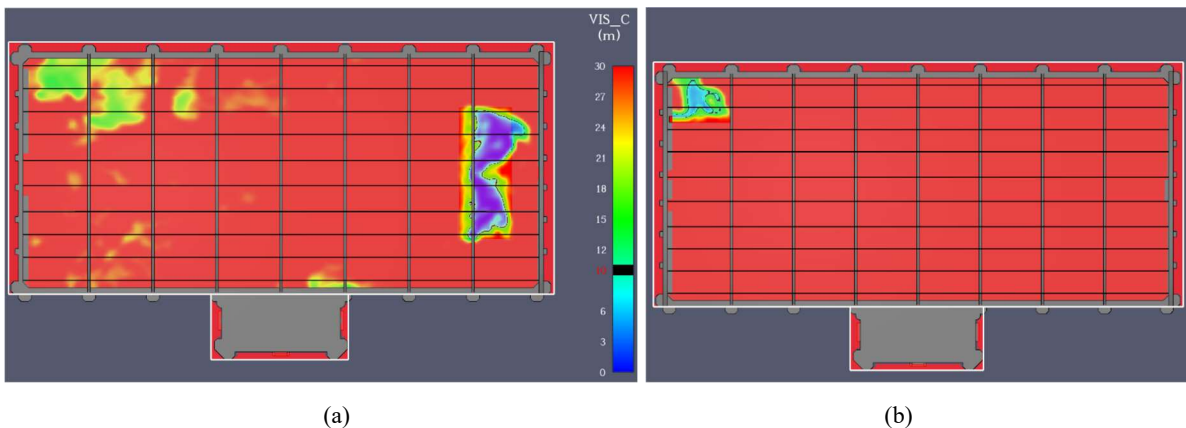


Figura 188 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=607s, focolare palcoscenico (a) e focolare caffetteria (b)

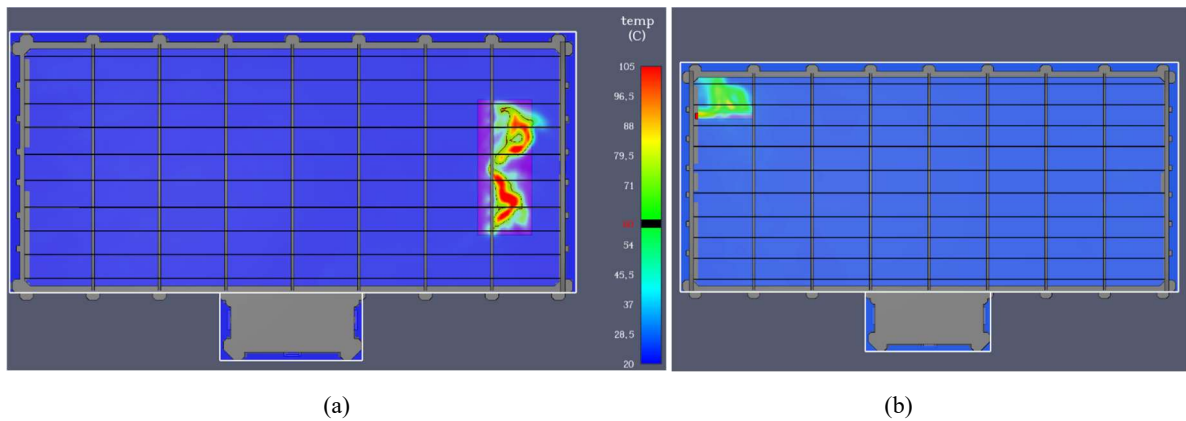


Figura 189 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=607s, focolare palcoscenico (a) e focolare caffetteria (b)

Inoltre, il focolare relativo al foyer non genera impatti sull'area multifunzionale; verrà dedicata la sezione seguente allo studio delle condizioni specifiche nel foyer.

In conclusione, è possibile affermare che per ogni scenario di progetto individuato risulta verificata la condizione:

$$ASET > RSET$$

### 3.6.4.3 Concerto in piedi

La simulazione di esodo condotta con Pathfinder ha evidenziato per la configurazione di utilizzo per il concerto in piedi un tempo pari a:

$$RSET = 286 \text{ s}$$

Anche in questa configurazione, relativamente agli scenari di incendio di progetto del palcoscenico e del bancone, non sono emerse criticità in termini di temperatura e visibilità.

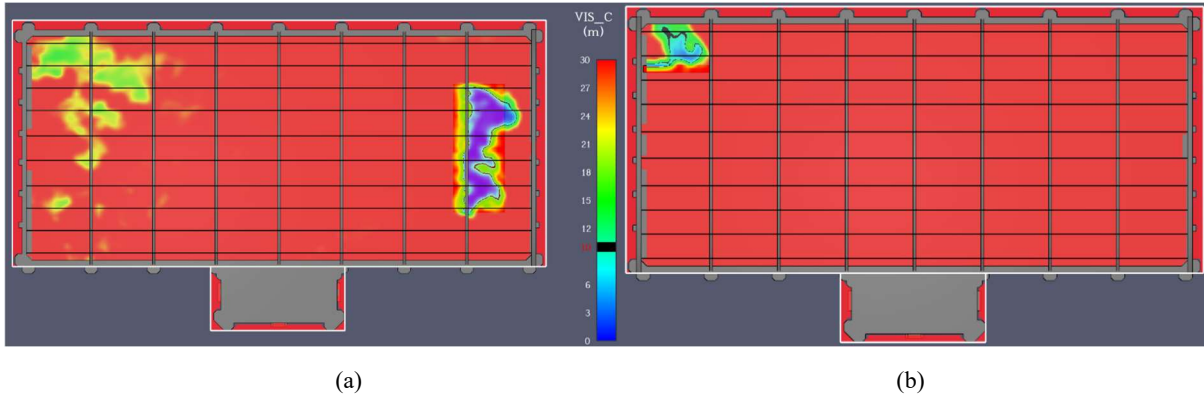


Figura 190 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=572s, focolare palcoscenico (a) e focolare caffetteria (b)

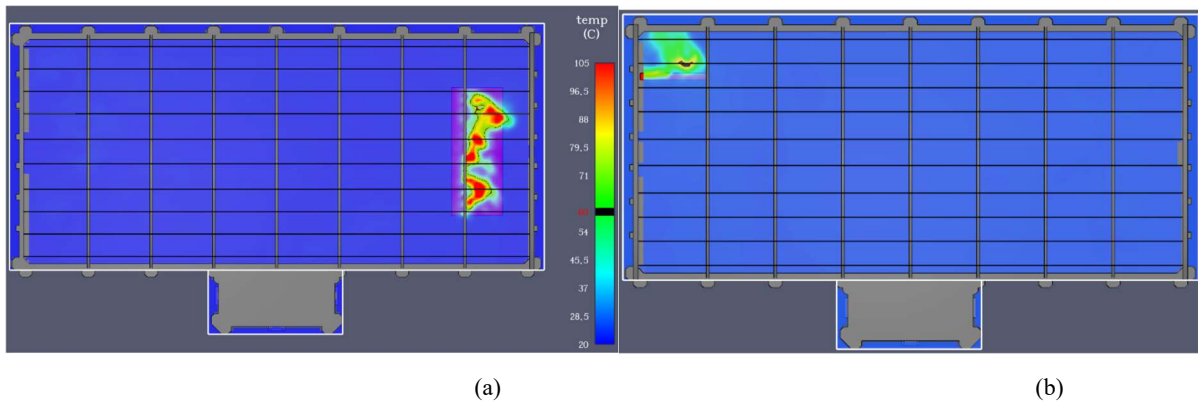


Figura 191 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=572s, focolare palcoscenico (a) e focolare caffetteria (b)

È possibile affermare che risultano verificate le condizioni:

$$ASET > RSET_{\text{palcoscenico}}$$

$$ASET > RSET_{\text{caffetteria}}$$

$$ASET > RSET_{\text{foyer}}$$

### 3.6.4.4 Attività con animali

Dalla simulazione di esodo condotta con Pathfinder è stato rilevato che il tempo necessario corrisponde a:

$$RSET = 293,3 \text{ s}$$

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

È possibile affermare che anche in questa configurazione risultano verificate le condizioni:

$$ASET > RSET_{\text{palcoscenico}}$$

$$ASET > RSET_{\text{caffetteria}}$$

$$ASET > RSET_{\text{foyer}}$$

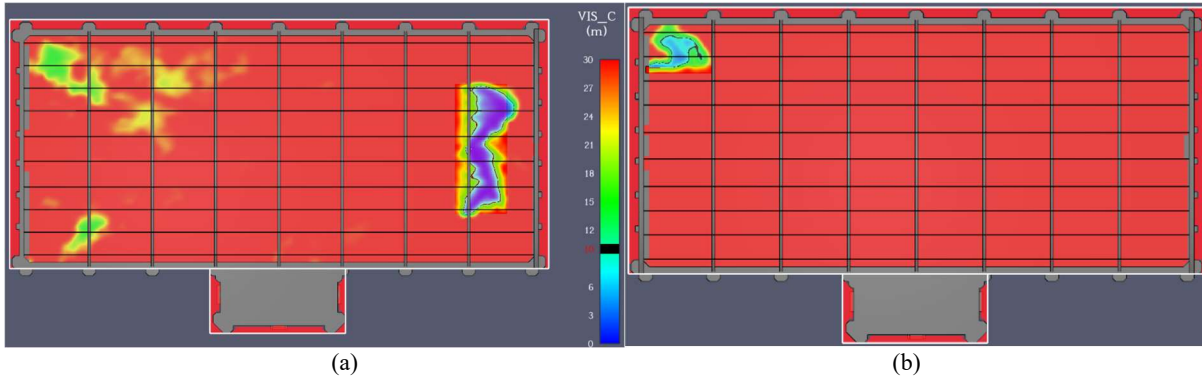


Figura 192 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=586,6s, focolare palcoscenico (a) e focolare caffetteria (b)

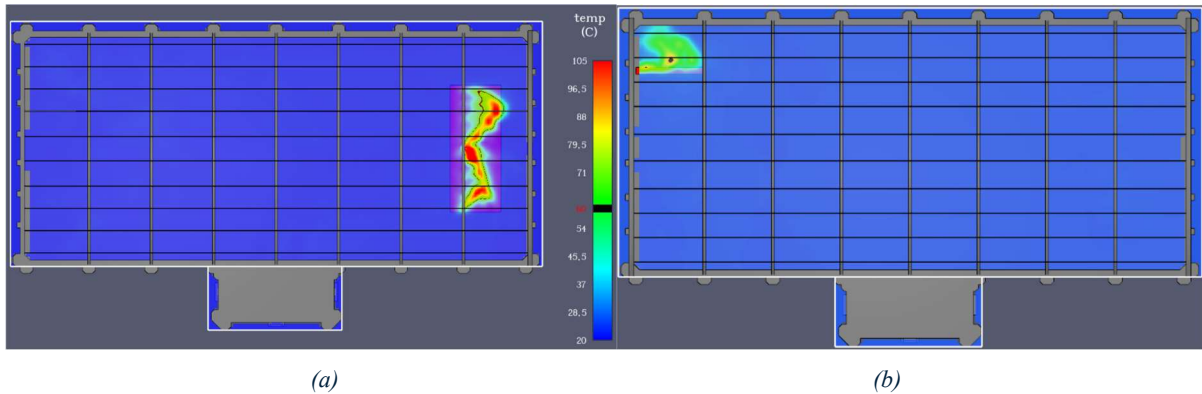


Figura 193 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=586,6s, focolare palcoscenico (a) e focolare caffetteria (b)

Nell'ambito della configurazione d'uso che prevede attività con animali, è stato identificato uno scenario di incendio specifico e riguarda un focolare originato da un banco posizionato ad angolo all'interno dell'area multifunzionale.

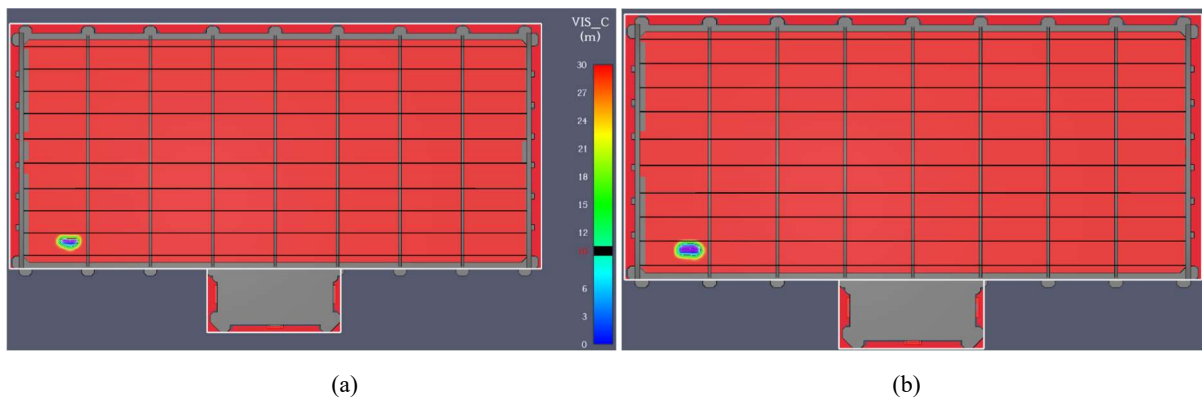
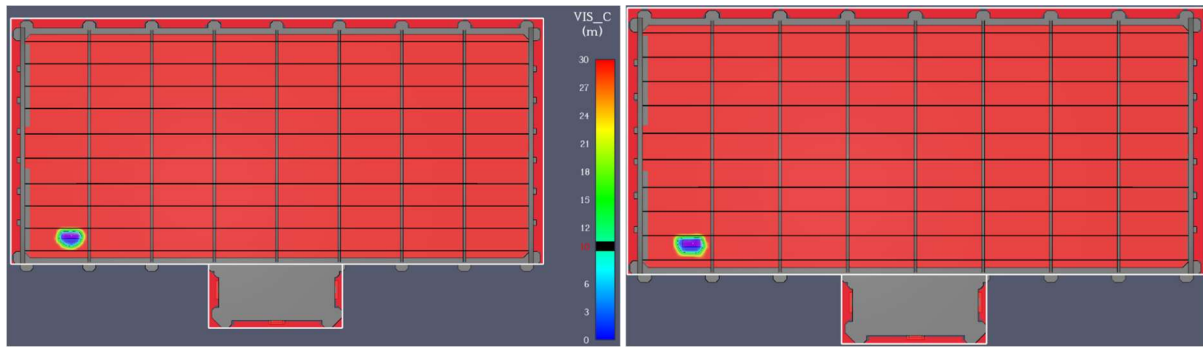
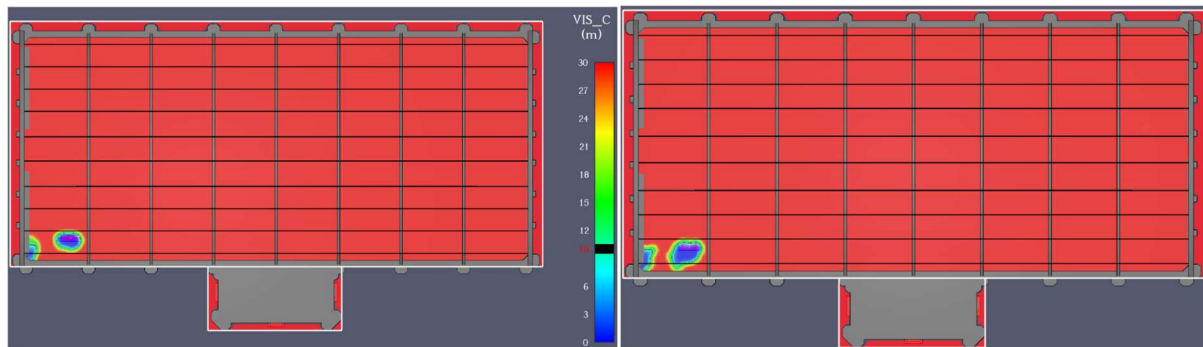


Figura 194 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=100s (a) e t=200s (b) - focolare banco in configurazione attività con animali



(a) (b)  
 Figura 195 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=300s (a) e t=400s (b) - focolare banco in configurazione attività con animali



(a) (b)  
 Figura 196 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=500s (a) e t=600s (b) - focolare banco in configurazione attività con animali

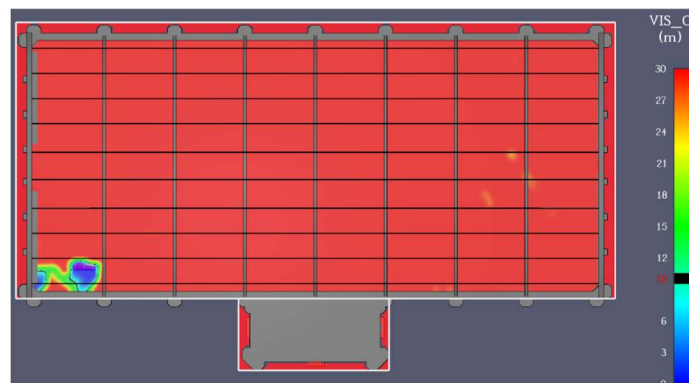


Figura 197 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=700 s - focolare banco in configurazione attività con animali

L'analisi della slice posizionata a Y=22,50 m evidenzia una progressiva diminuzione della visibilità in quota nel tempo. Tuttavia, tale variazione non determina mai condizioni di criticità, come si può vedere dalle seguenti immagini.

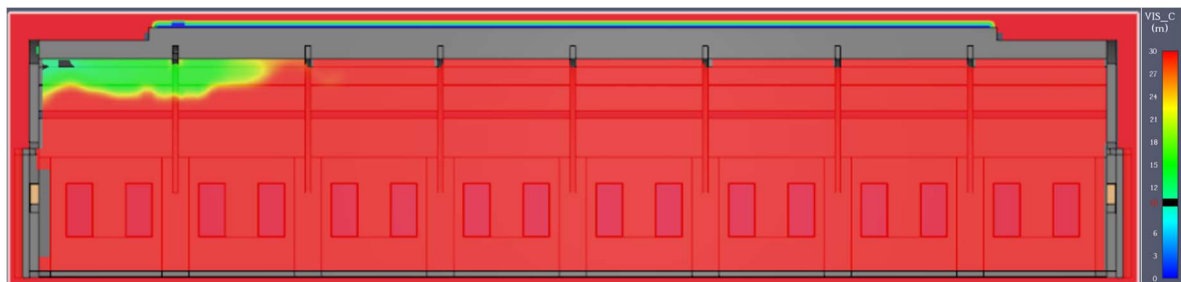


Figura 198 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=100s - focolare banco in configurazione attività con animali

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

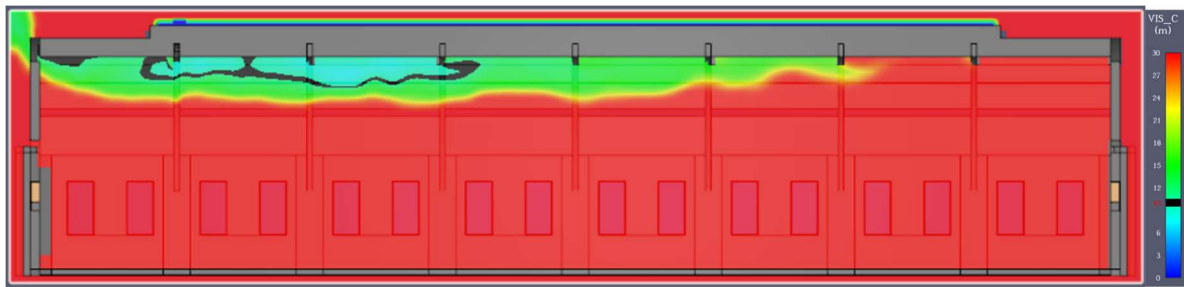


Figura 199 - Slice visibilità  $Y=22,50$  metri,  $t=200s$  - focolare banco in configurazione attività con animali

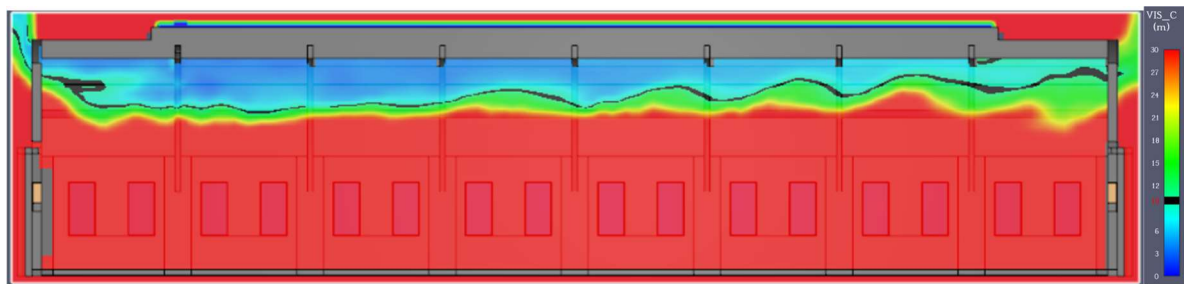


Figura 200 - Slice visibilità  $Y=22,50$  metri,  $t=300s$  - focolare banco in configurazione attività con animali

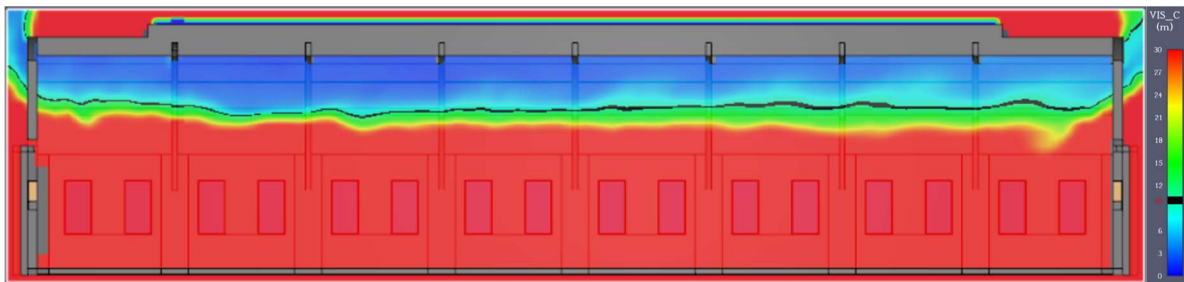


Figura 201 - Slice visibilità  $Y=22,50$  metri,  $t=400s$  - focolare banco in configurazione attività con animali

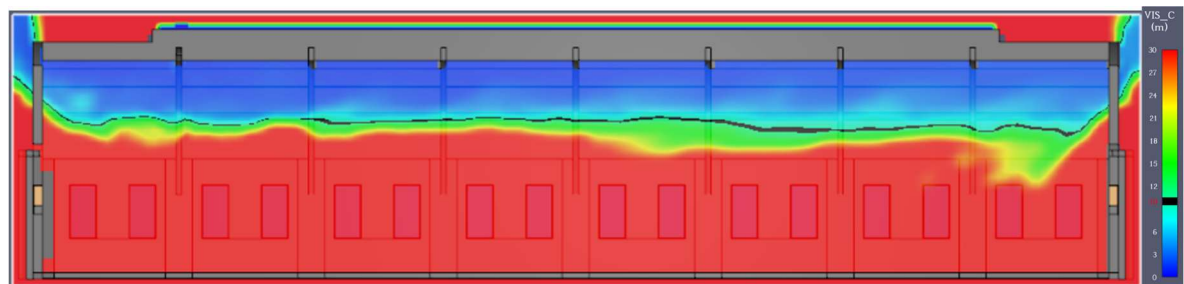


Figura 202 - Slice visibilità  $Y=22,50$  metri,  $t=500s$  - focolare banco in configurazione attività con animali

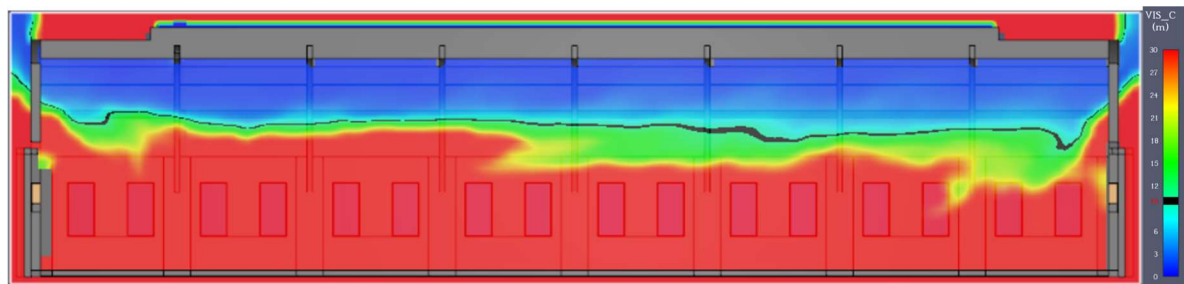


Figura 203 - Slice visibilità  $Y=22,50$  metri,  $t=600s$  - focolare banco in configurazione attività con animali



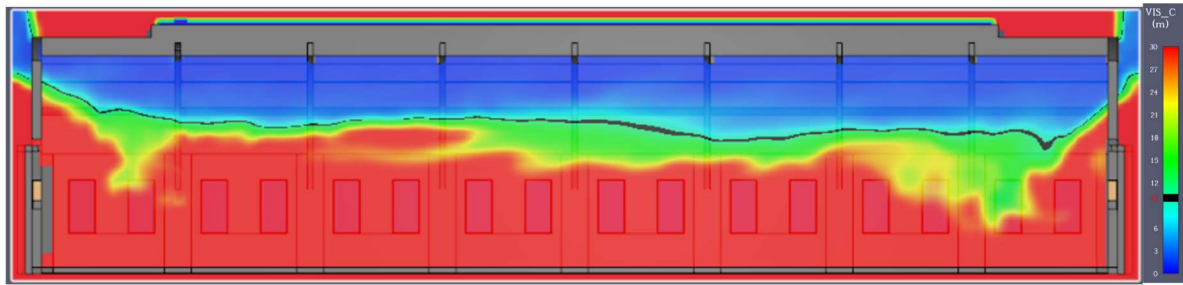


Figura 204 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=700s - focolare banco in configurazione attività con animali

Anche per quanto riguarda la temperatura, l'analisi non evidenzia situazioni di criticità. Si riporta la situazione registrata a fine simulazione, ovvero a un tempo pari a 700 secondi, dalla quale si può osservare che la temperatura non rappresenta un rischio per gli occupanti.

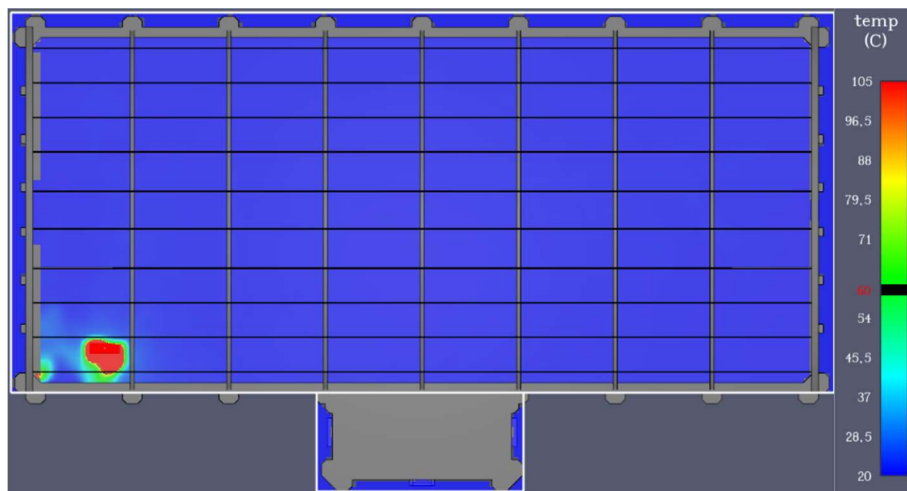


Figura 205 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=700s - focolare banco in configurazione attività con animali

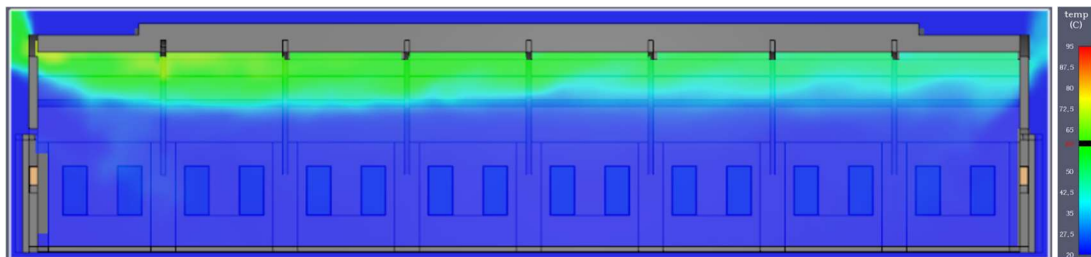


Figura 206 - Slice temperatura Y=22,50 metri, t=700s - focolare banco in configurazione attività con animali

È possibile, quindi, affermare che risultano soddisfatte tutte le equazioni necessarie a garantire la salvaguardia della vita degli occupanti.

$$ASET > RSET_{\text{palcoscenico}}$$

$$ASET > RSET_{\text{caffetteria}}$$

$$ASET > RSET_{\text{foyer}}$$

$$ASET > RSET_{\text{attività con animali}}$$

### 3.6.4.5 Mercatino

Per quanto riguarda la configurazione d'utilizzo a mercatino, è stato calcolato un tempo necessario per l'esodo pari a:

$$RSET = 288,5 \text{ s}$$

Ricorrendo alle simulazioni effettuate con PyroSim, è possibile affermare che le condizioni di visibilità e temperatura risultano adeguate per i focolari individuati del palcoscenico, della caffetteria e del foyer.

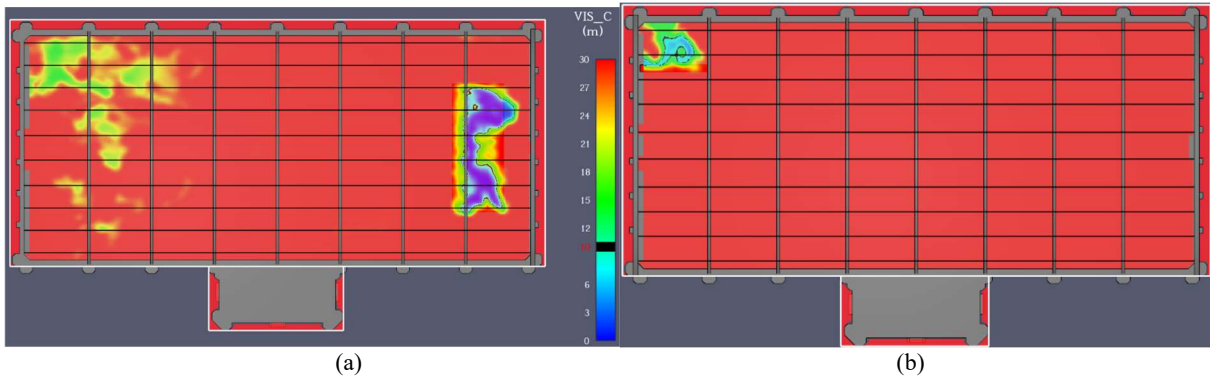


Figura 207 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=577 s - focolare palcoscenico

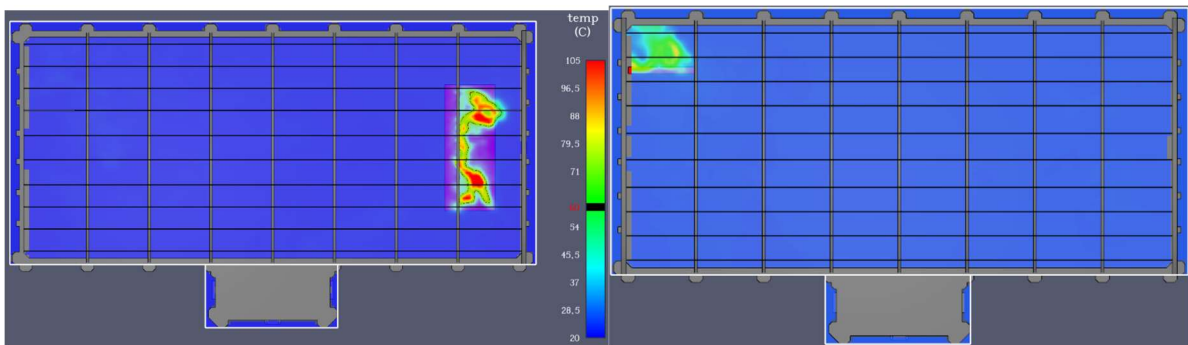


Figura 208 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=577s - focolare palcoscenico

Per quanto riguarda la configurazione d'utilizzo in oggetto, è stato individuato un ulteriore scenario di incendio di progetto caratterizzato da un focolare posizionato centralmente rispetto all'area multifunzionale, rappresentando l'incendio di un banco del mercatino.

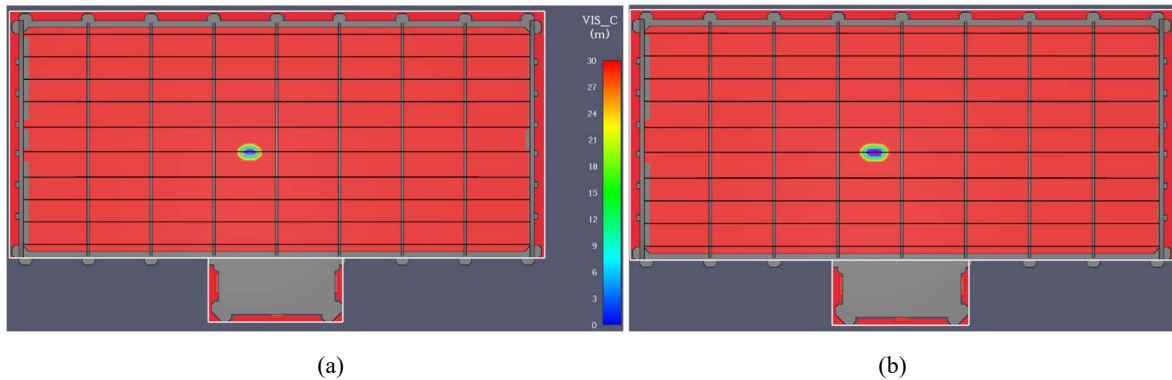


Figura 209 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=100s (a) e t=200s (b) - focolare banco in configurazione mercatino

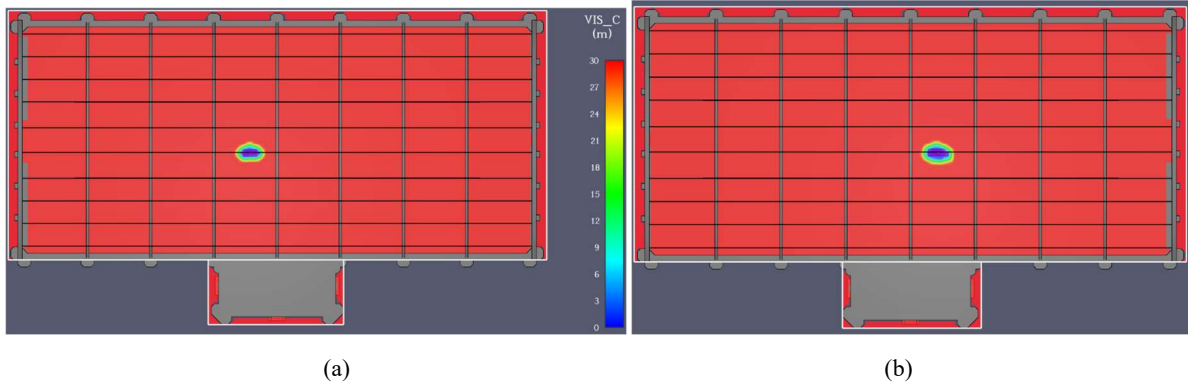


Figura 210 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=300s (a) e t=400s (b) - focolare banco in configurazione mercatino

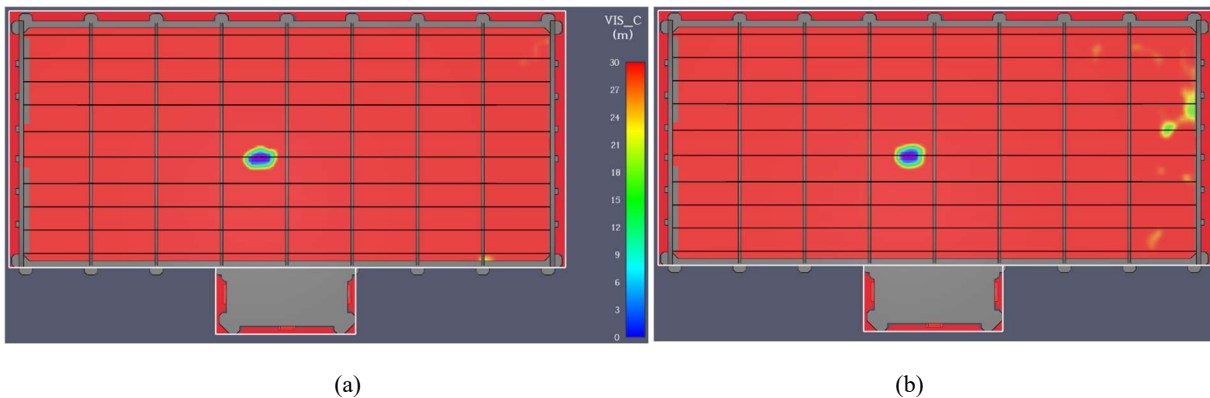


Figura 211 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=500s (a) e t=600s (b) - focolare banco in configurazione mercatino

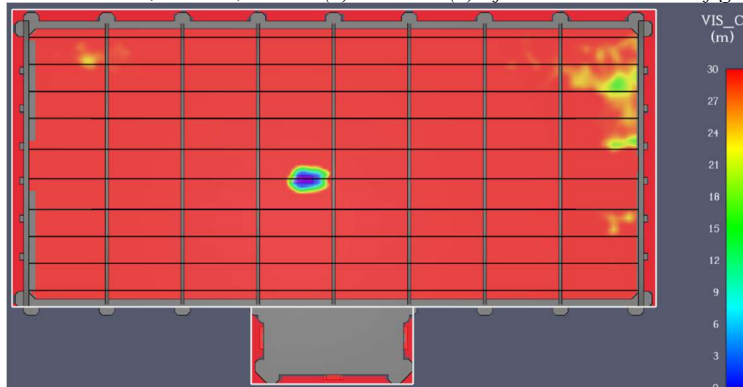


Figura 212 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=700 s - focolare banco in configurazione mercatino

Dalle immagini seguenti si può osservare che, nella slice posizionata a Y=22,50 m, la visibilità in quota diminuisce progressivamente nel tempo senza tuttavia raggiungere condizioni critiche.

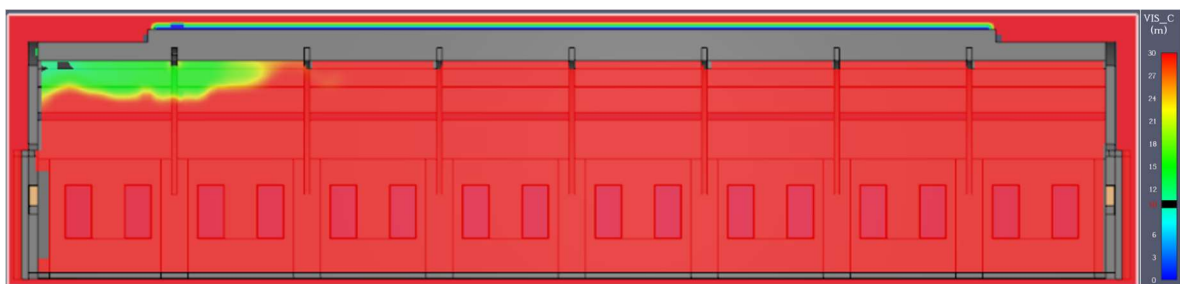


Figura 213 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=100s - focolare banco in configurazione mercatino

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

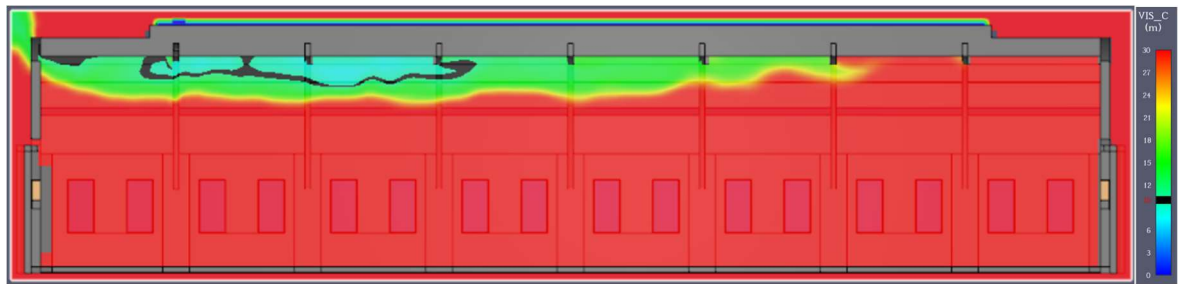


Figura 214 - Slice visibilità  $Y=22,50$  metri,  $t=200s$  - focolare banco in configurazione mercatino

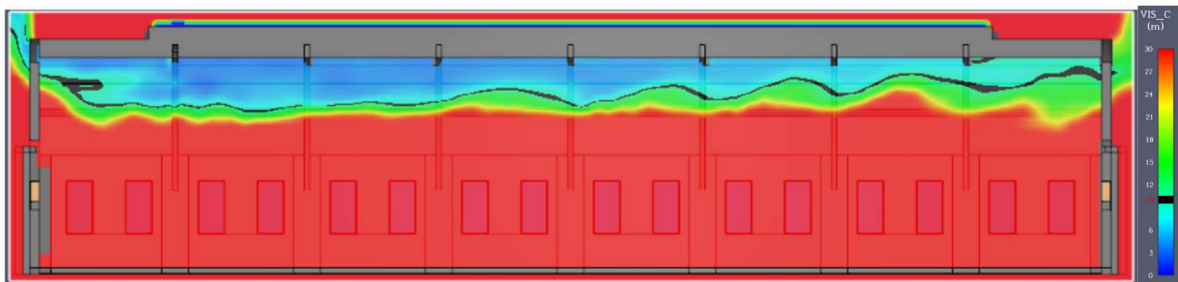


Figura 215 - Slice visibilità  $Y=22,50$  metri,  $t=300s$  - focolare banco in configurazione mercatino

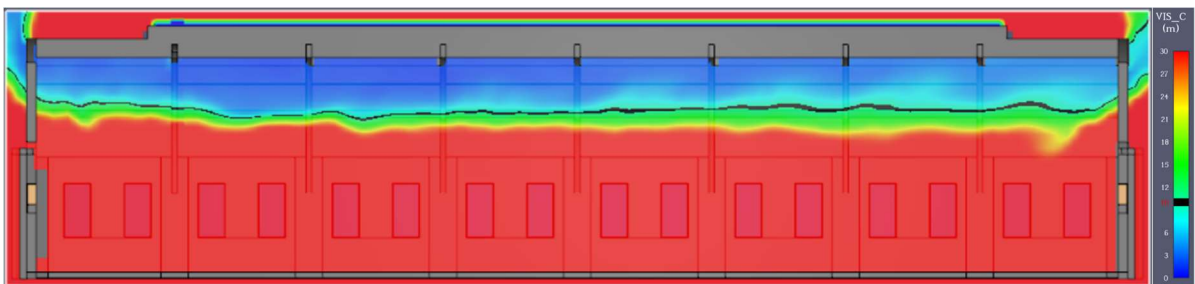


Figura 216 - Slice visibilità  $Y=22,50$  metri,  $t=400s$  - focolare banco in configurazione mercatino

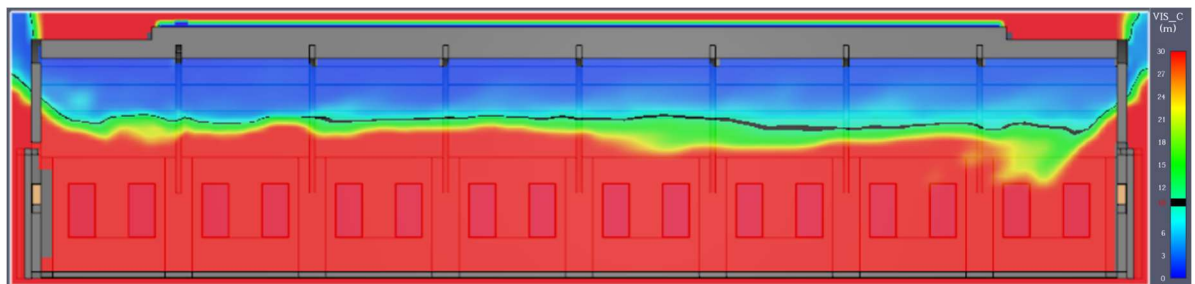


Figura 217 - Slice visibilità  $Y=22,50$  metri,  $t=500s$  - focolare banco in configurazione mercatino

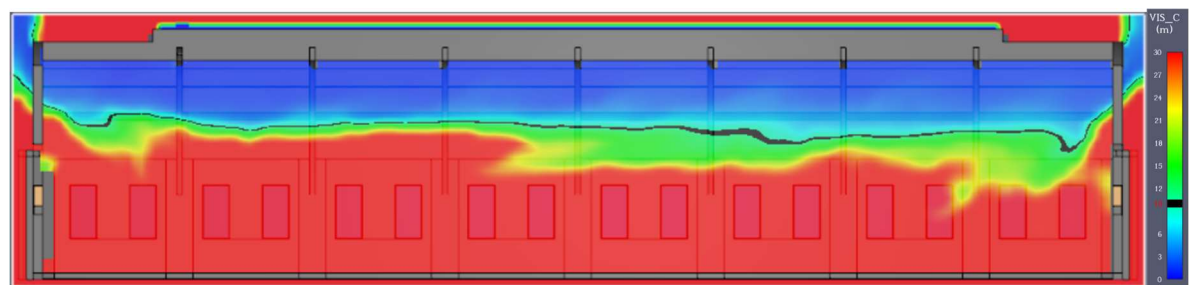


Figura 218 - Slice visibilità  $Y=22,50$  metri,  $t=600s$  - focolare banco in configurazione mercatino

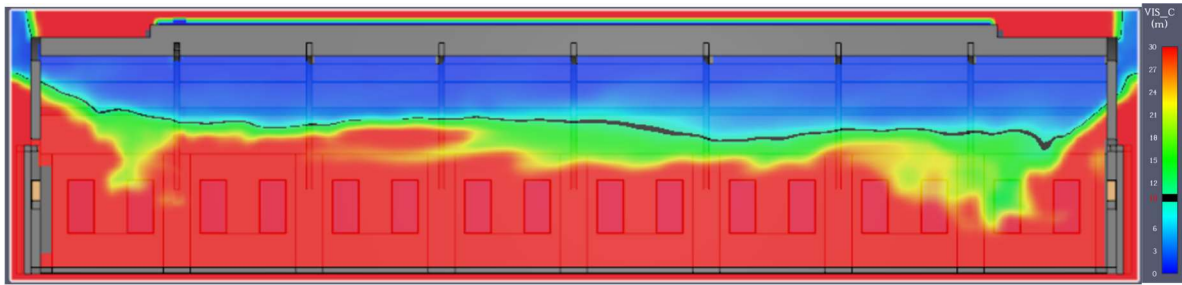


Figura 219 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=700s - focolare banco in configurazione mercatino

L'analisi dell'evoluzione temporale della temperatura evidenzia che questa non costituisce una condizione tale da compromettere la salvaguardia della vita.

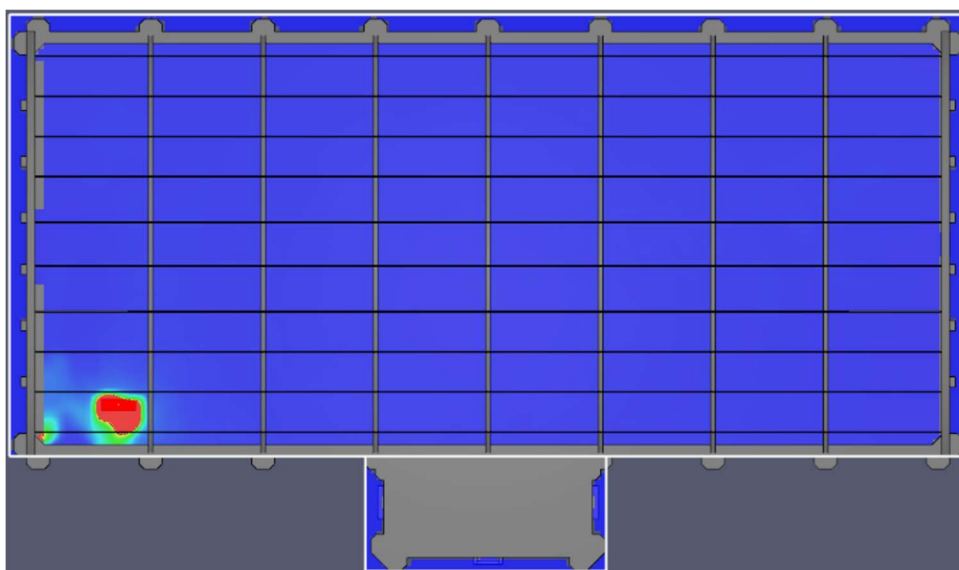


Figura 220 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=700s - focolare banco in configurazione mercatino

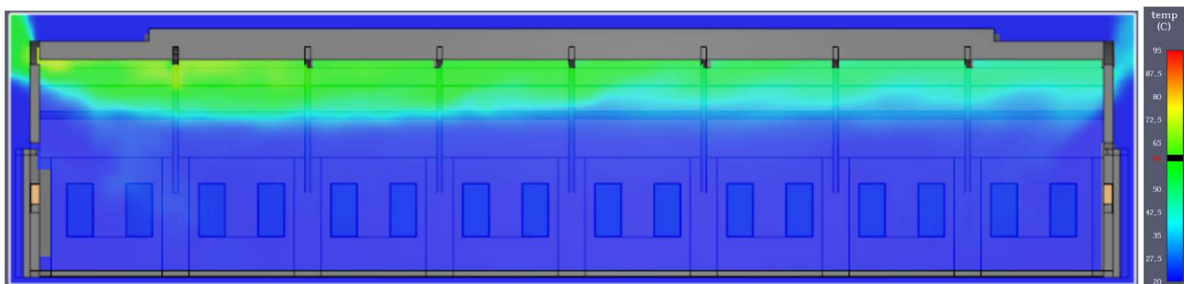


Figura 221 - Slice temperatura Y=22,50 metri, t=700s - focolare banco in configurazione mercatino

In conclusione, è possibile affermare che risultano verificate tutte le seguenti condizioni:

$$ASET > RSET_{\text{palcoscenico}}$$

$$ASET > RSET_{\text{caffetteria}}$$

$$ASET > RSET_{\text{foyer}}$$

$$ASET > RSET_{\text{mercatino}}$$

### 3.6.4.6 Esposizione

L'esposizione comporta un tempo per l'esodo pari a:

$$RSET = 287 \text{ s}$$

Mentre per quanto riguarda le considerazioni in termini di ASET non si evidenziano condizioni di criticità.

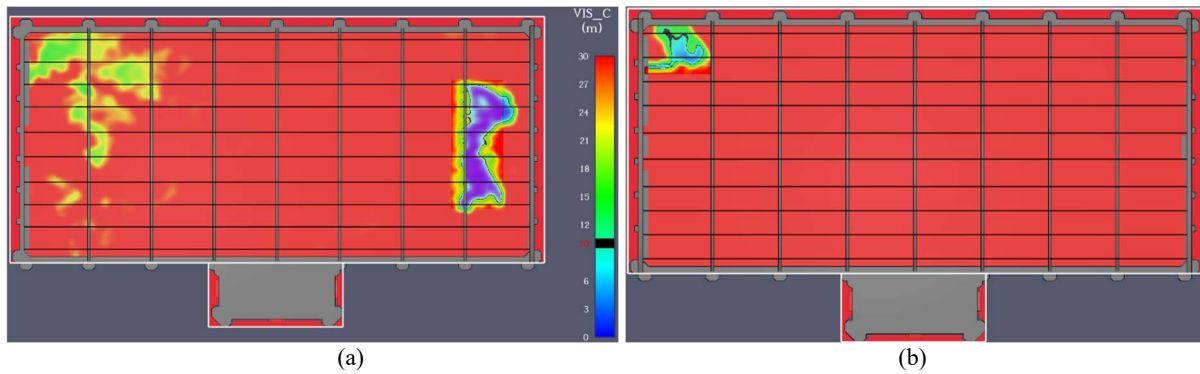


Figura 222 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=574s, focolare palcoscenico (a) e focolare caffetteria (b)

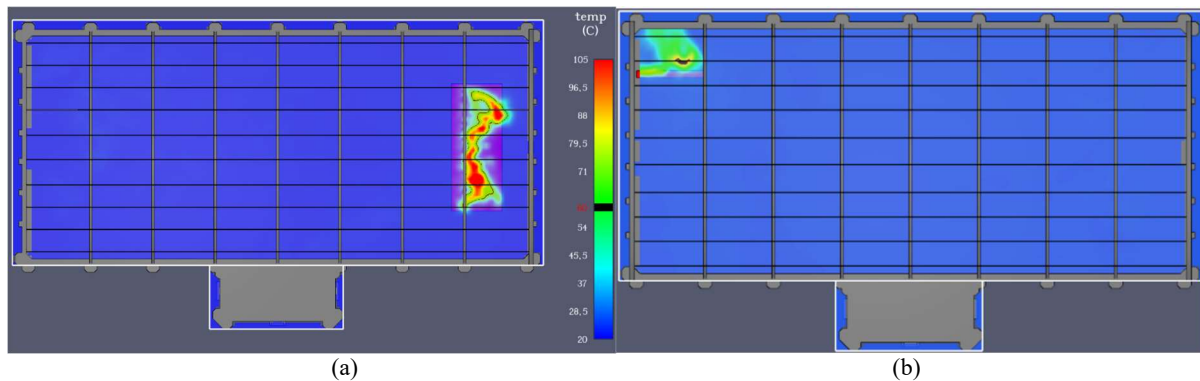


Figura 223 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=574s, focolare palcoscenico (a) e focolare caffetteria (b)

Si può quindi sostenere che tutte le disequazioni risultino soddisfatte.

$$ASET > RSET_{\text{palcoscenico}}$$

$$ASET > RSET_{\text{caffetteria}}$$

$$ASET > RSET_{\text{foyer}}$$

### 3.6.4.7 Sala stampa

La sala stampa richiede un tempo per l'esodo di:

$$RSET = 271,8 \text{ s}$$

Per quanto riguarda gli scenari di incendio del palcoscenico, della caffetteria e del foyer non emergono condizioni che potrebbero compromettere la salvaguardia della vita.

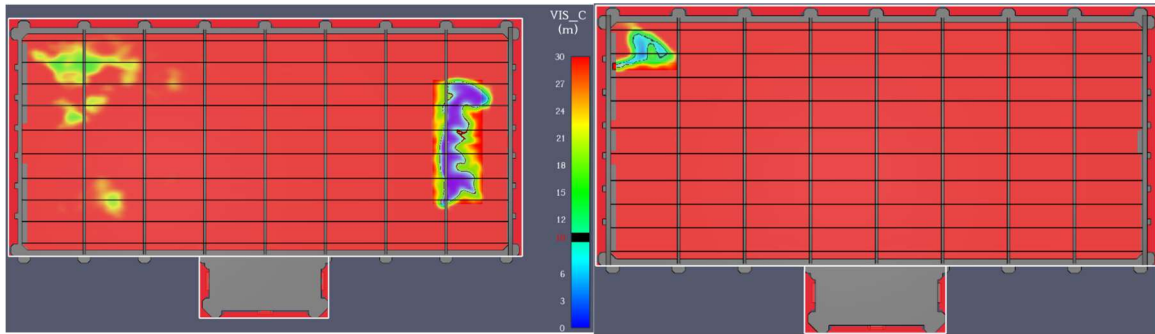


Figura 224 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=543,6 s - focolare palcoscenico

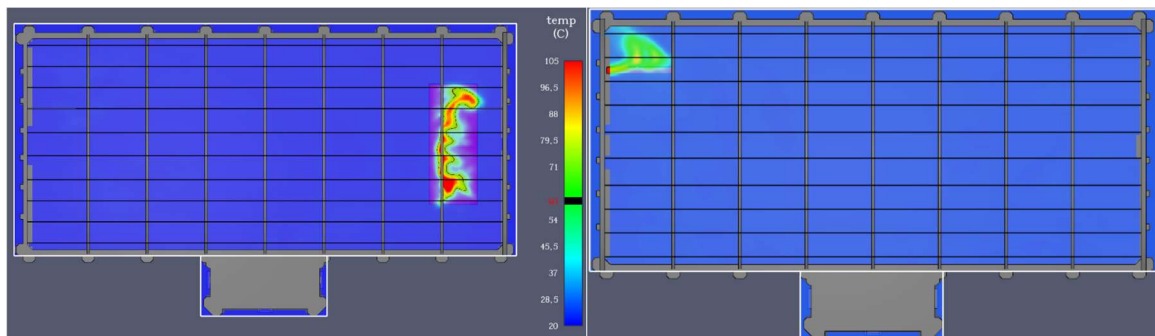


Figura 225 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=543,6 s - focolare palcoscenico

Pertanto, si ha:

$$ASET > RSET_{\text{palcoscenico}}$$

$$ASET > RSET_{\text{caffetteria}}$$

$$ASET > RSET_{\text{foyer}}$$

Ulteriore scenario di progetto individuato è specifico della configurazione di utilizzo, il cui sviluppo può essere analizzato dalle seguenti immagini.

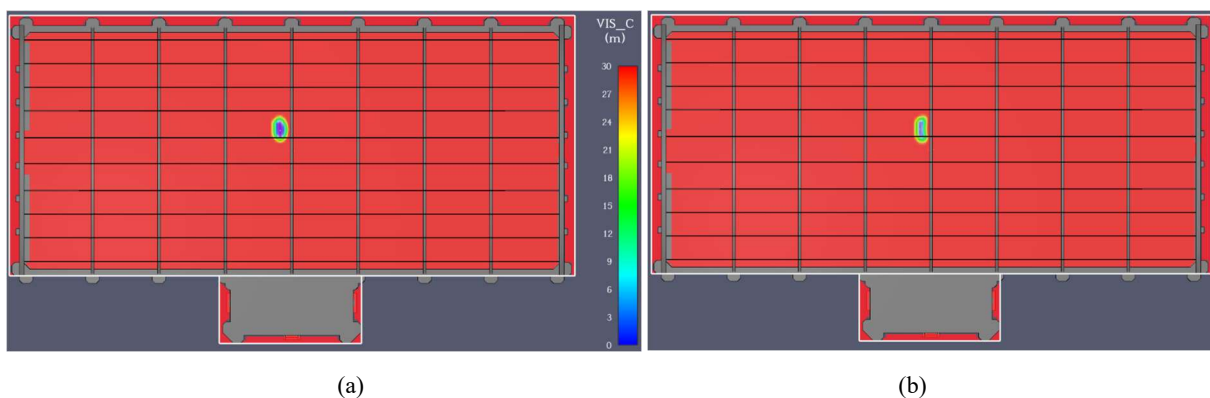


Figura 226 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=350s (a) e t=700s (b) - focolare sala stampa

Dalla slice nel piano verticale, si può osservare una diminuzione della visibilità in quota nel tempo, seguita tuttavia da un successivo ripristino delle condizioni di visibilità. In particolare, si nota una riduzione della visibilità nell'area sovrastante il focolare, che successivamente si diffonde lungo la direzione longitudinale dell'area multifunzionale.

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

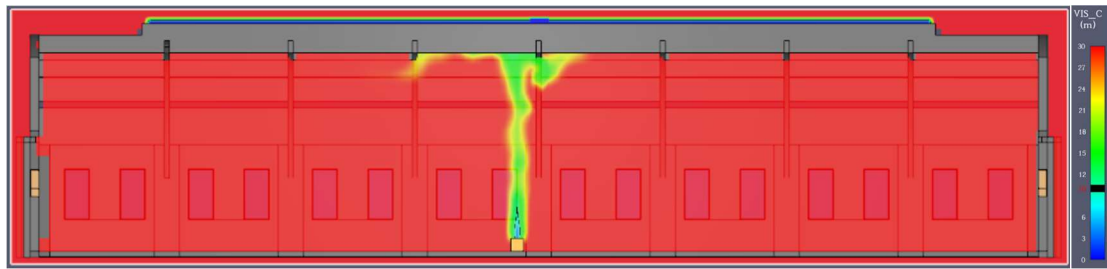


Figura 227 - Slice visibilità  $Y=22,50$  metri,  $t=100s$  - focolare sala stampa

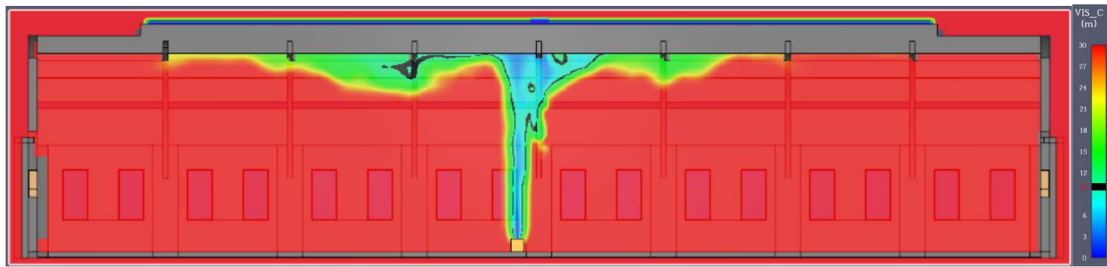


Figura 228 - Slice visibilità  $Y=22,50$  metri,  $t=200s$  - focolare sala stampa

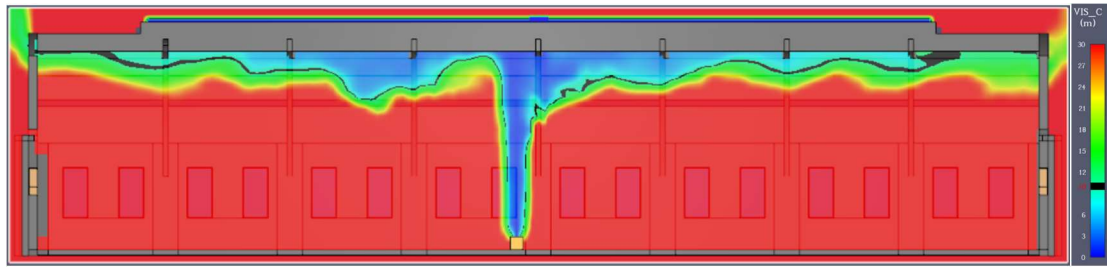


Figura 229 - Slice visibilità  $Y=22,50$  metri,  $t=300s$  - focolare sala stampa

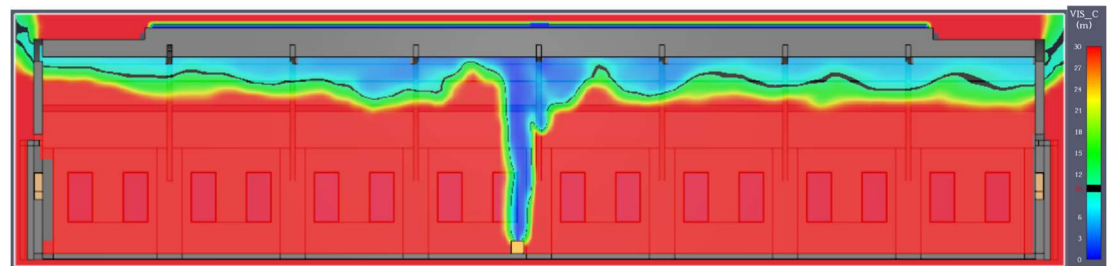


Figura 230 - Slice visibilità  $Y=22,50$  metri,  $t=400s$  - focolare sala stampa

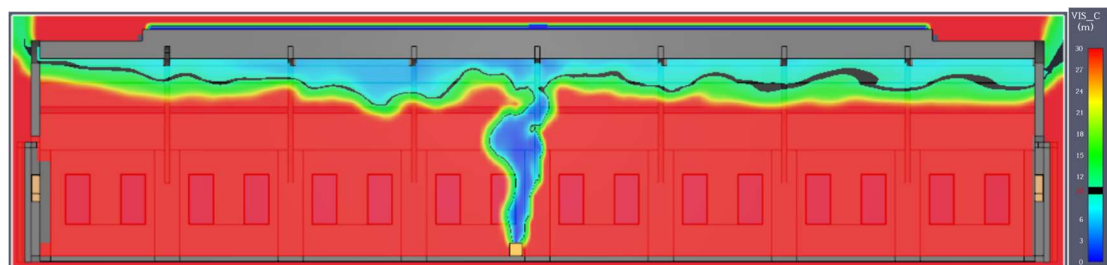


Figura 231 - Slice visibilità  $Y=22,50$  metri,  $t=500s$  - focolare sala stampa



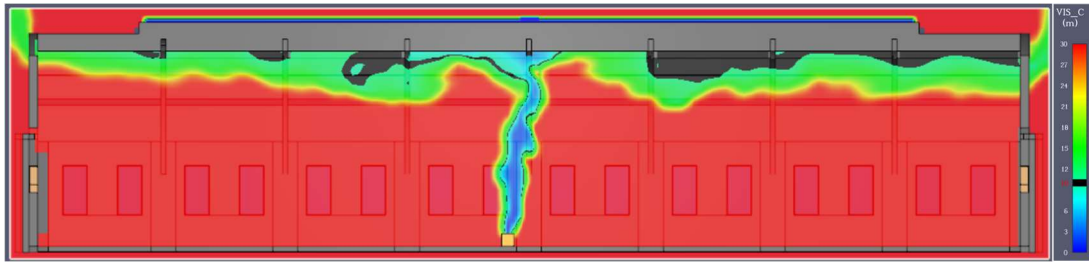


Figura 232 - Slice visibilità  $Y=22,50$  metri,  $t=600s$  - focolare sala stampa

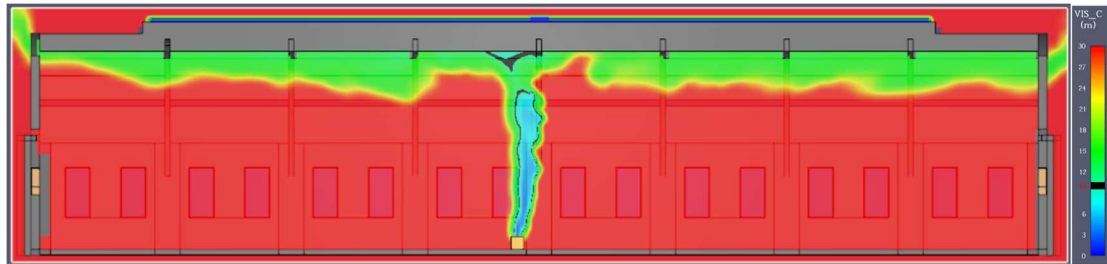


Figura 233 - Slice visibilità  $Y=22,50$  metri,  $t=700s$  - focolare sala stampa

Per quanto riguarda la temperatura, come evidenziato dalle immagini successive, non si riscontrano condizioni che potrebbero compromettere la sicurezza degli occupanti all'interno dell'area multifunzionale.

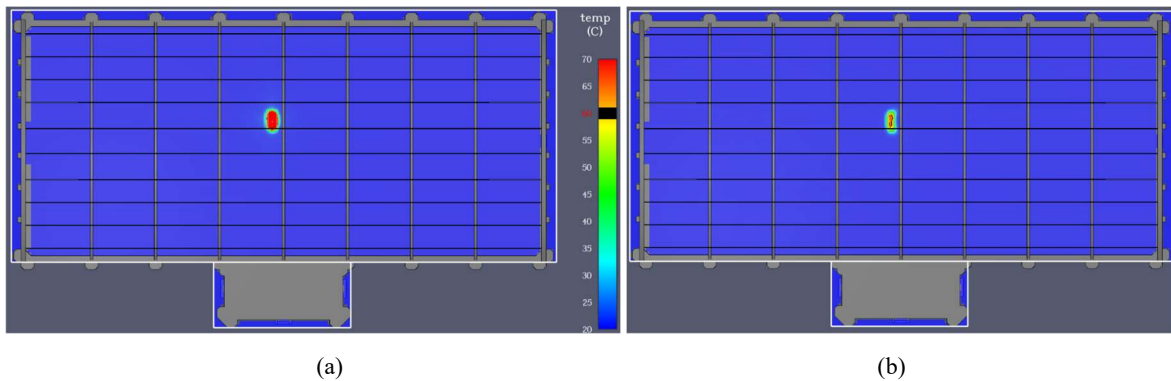


Figura 234 - Slice temperatura  $Z=2,00$  metri,  $t=350s$  (a) e  $t=700s$  (b) - focolare sala stampa

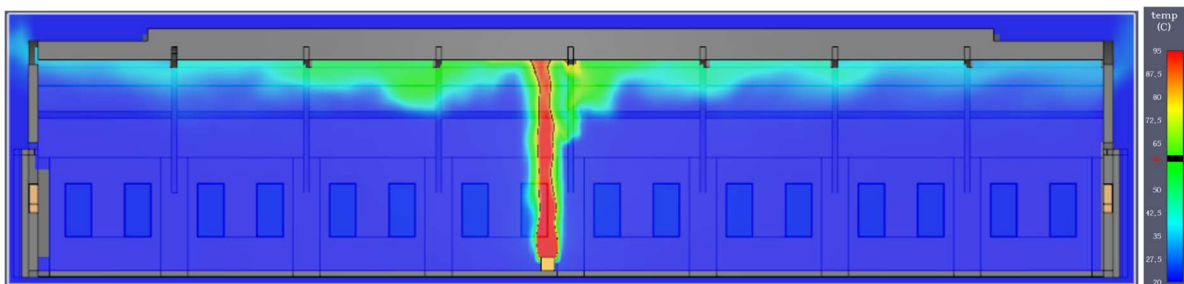


Figura 235 - Slice temperatura  $Y=22,50$  metri,  $t=350s$  - focolare sala stampa

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

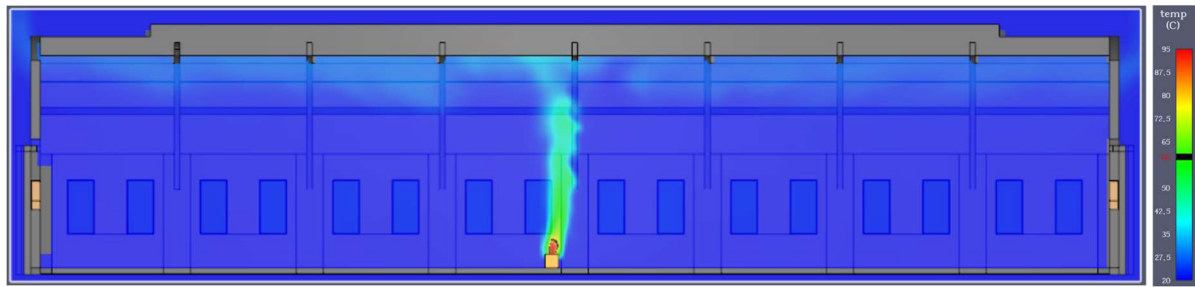


Figura 236 - Slice temperatura  $Y=22,50$  metri,  $t=700s$  - focolare sala stampa

Il focolare specifico della configurazione di utilizzo non presenta criticità permettendo di definire verificata la condizione:

$$ASET > RSET_{\text{banco mercato}}$$

#### 3.6.4.8 Sala eventi

La configurazione di utilizzo per la sala eventi richiede che il tempo disponibile per l'esodo sia sufficiente a soddisfare le verifiche, considerando un valore necessario per l'esodo pari a:

$$RSET = 296,5 \text{ s}$$

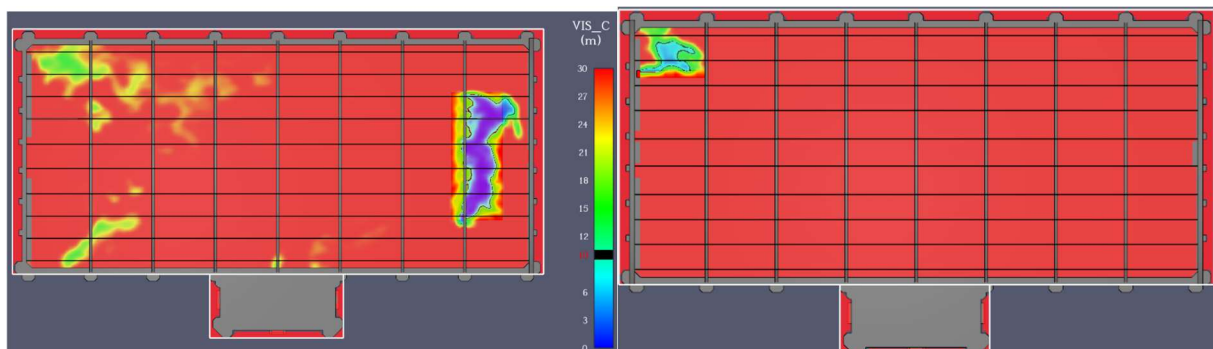


Figura 237 - Slice visibilità  $Z=2,00$  metri,  $t=593 \text{ s}$  - focolare palcoscenico

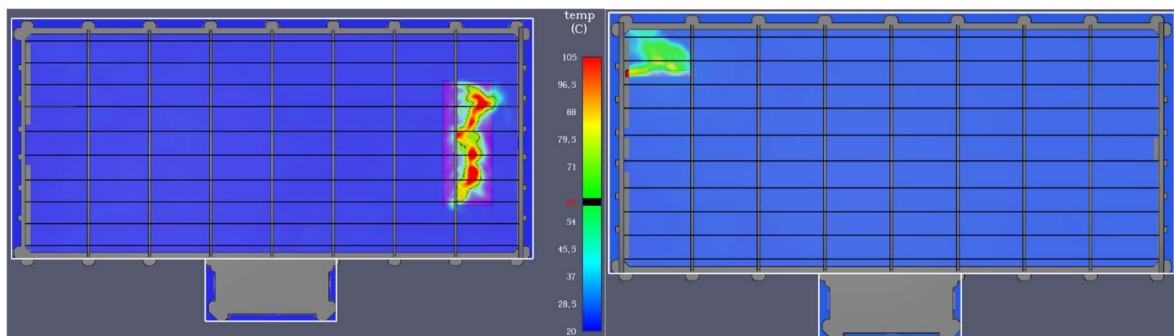


Figura 238 - Slice temperatura  $Z=2,00$  metri,  $t=593 \text{ s}$  - focolare palcoscenico

Analizzando lo sviluppo delle variabili oggetto di analisi, temperatura e visibilità, è possibile affermare che le condizioni necessarie per la salvaguardia della vita sono soddisfatte.

$$ASET > RSET_{\text{palcoscenico}}$$

$$ASET > RSET_{\text{caffetteria}}$$

$$ASET > RSET_{\text{foyer}}$$

### 3.6.4.9 Utilizzo libero

Infine, per quanto riguarda la configurazione di utilizzo libero dell'area multifunzionale è richiesto un tempo necessario all'esodo pari a:

$$RSET = 271,8 \text{ s}$$

Per quanto riguarda invece gli scenari di incendio di progetto è possibile affermare che tutte le disequazioni risultano verificate.

$$ASET > RSET_{\text{palcoscenico}}$$

$$ASET > RSET_{\text{caffetteria}}$$

$$ASET > RSET_{\text{foyer}}$$

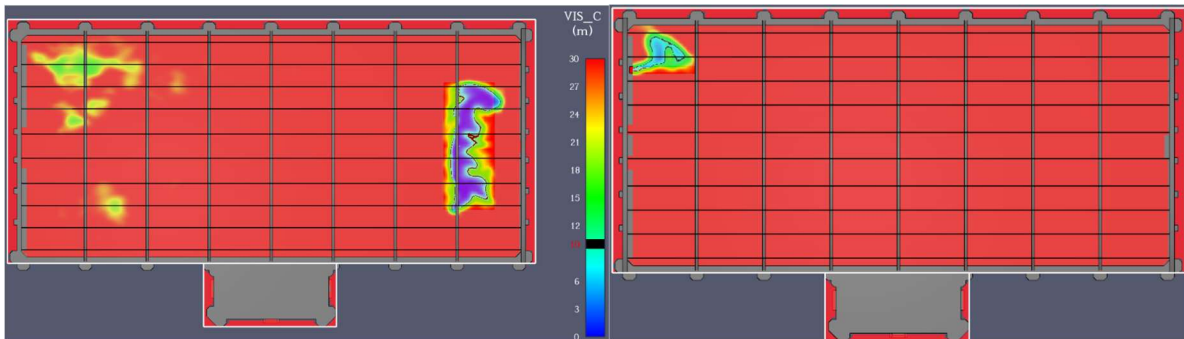


Figura 239 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=543,6 s - focolare palcoscenico

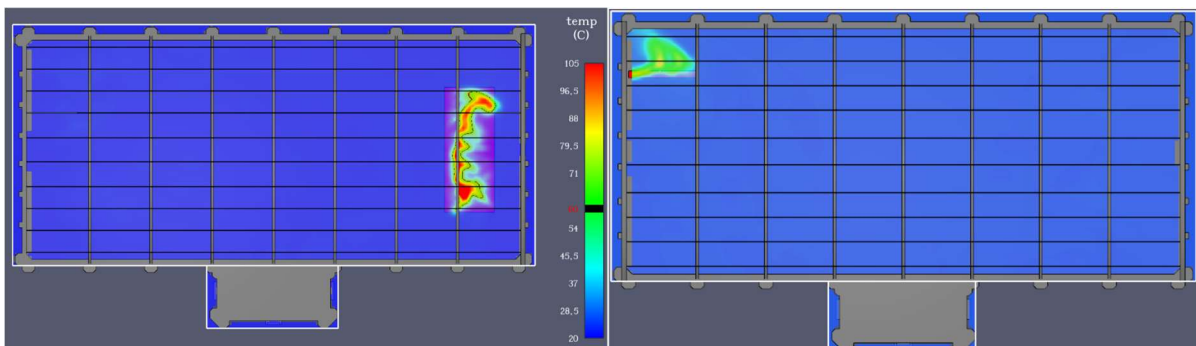


Figura 240 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=543,6 s - focolare palcoscenico

**3.6.4.10 Riepilogo verifica ASET>RSET**

Si riporta una tabella riepilogativa della verifica del soddisfacimento della diseguazione Available Safe Escape Time > Required Safe Escape Time, indicando se tale condizione è verificata o meno per ciascuna configurazione di utilizzo, associata a uno scenario di incendio di progetto differente.

VERIFICA ASET>RSET		scenario di incendio di progetto					
		focolare palcoscenico	focolare caffetteria	focolare foyer	focolare attività con animali	focolare mercatino	focolare sala stampa
configurazione di utilizzo	auditorium	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	-	-	-
	sala convegni	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	-	-	-
	concerto in piedi	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	-	-	-
	attività con animali	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	-	-
	mercatino	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	-	<i>verificata</i>	-
	esposizione	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	-	-	-
	sala stampa	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	-	-	<i>verificata</i>
	sala eventi	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	-	-	-
	libero	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	<i>verificata</i>	-	-	-

### 3.6.5 Considerazioni sul foyer

Il foyer rappresenta un caso particolare per la sua conformazione, motivo per cui viene studiato separatamente. Si distingue dall'area multifunzionale non solo per la diversa funzione, ma anche per le dimensioni ridotte e le altezze limitate che lo caratterizzano.

Per l'analisi delle condizioni all'interno del foyer, si fa riferimento ai risultati ottenuti dalla simulazione dello scenario di incendio di progetto 3. In particolare, è possibile determinare il tempo di rilevazione  $t_{det}$  dal rivelatore puntuale, il quale registra un superamento della soglia ad un tempo pari a 22 secondi. Tale valore è evidenziato nel grafico sottostante, che mostra il comportamento dello smoke detector posizionato ad una quota corrispondente al soffitto del foyer.

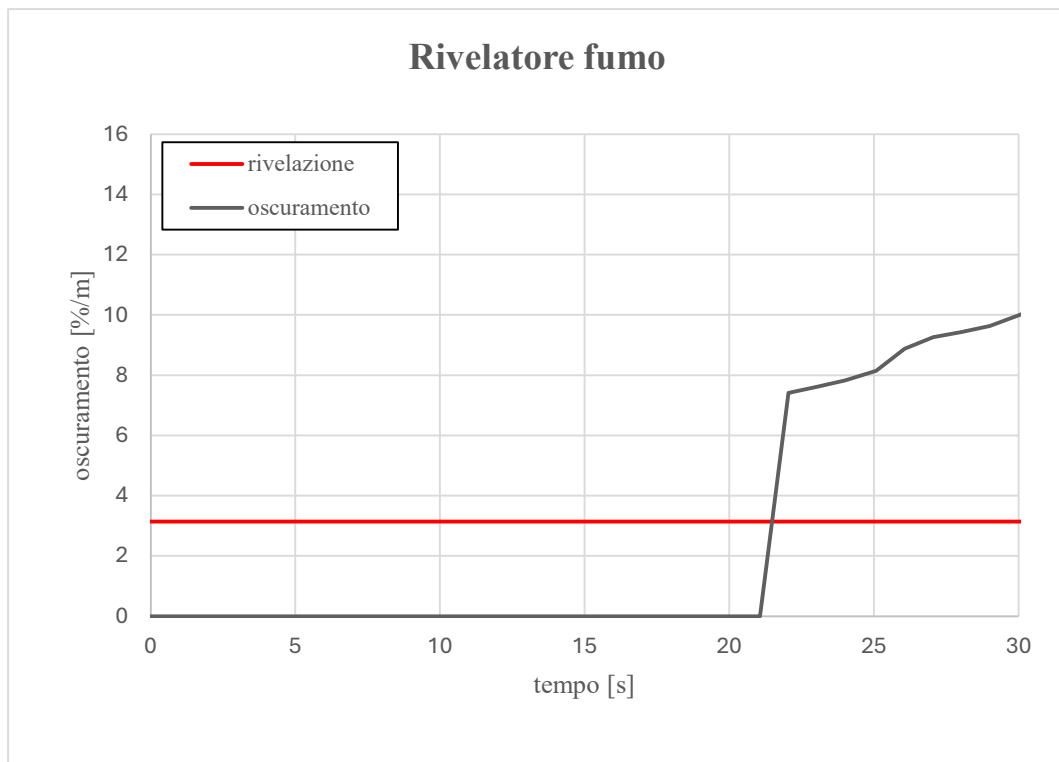


Figura 241 - Densità oscuramento dello smoke detector del foyer rispetto al tempo

Per controllare lo sviluppo dell'incendio, è stata monitorata la temperatura del focolare nel tempo, applicando una media su un intervallo di 30 secondi al fine di eliminare le fluttuazioni puntuali dei valori registrati. La temperatura è stata estratta mediante un sensore posizionato in adiacenza alla superficie superiore del focolare.

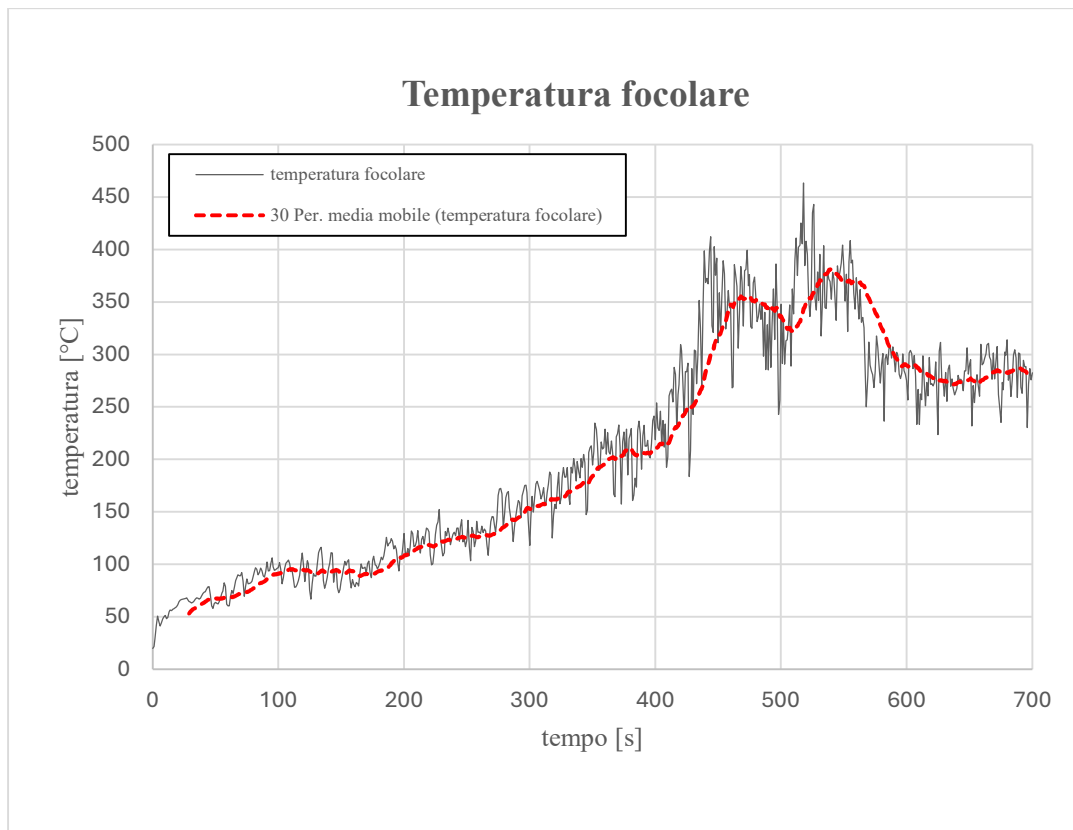


Figura 242 - Temperatura focolare nel foyer nel tempo

All'interno del foyer sono stati posizionati ulteriori sensori, alcuni collocati in corrispondenza del focolare all'altezza del soffitto, mentre altri sono stati disposti all'interno del foyer per studiare l'effetto percepito a 2 metri di distanza dal focolare. Nella seguente immagine è mostrato un estratto con i sensori relativi alla temperatura.

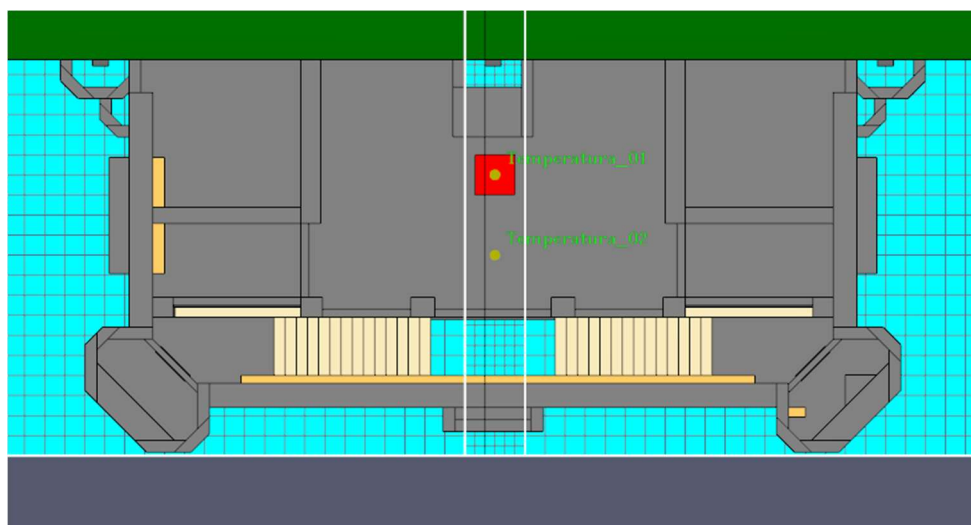


Figura 243 - Posizionamento sensori all'interno del foyer

Dall'analisi dei valori registrati dai sensori posizionati a due metri di distanza si può osservare che due parametri risultano critici rispetto alle soglie indicate ISO 13571 e ISO/TR 16738, la temperatura e la visibilità.

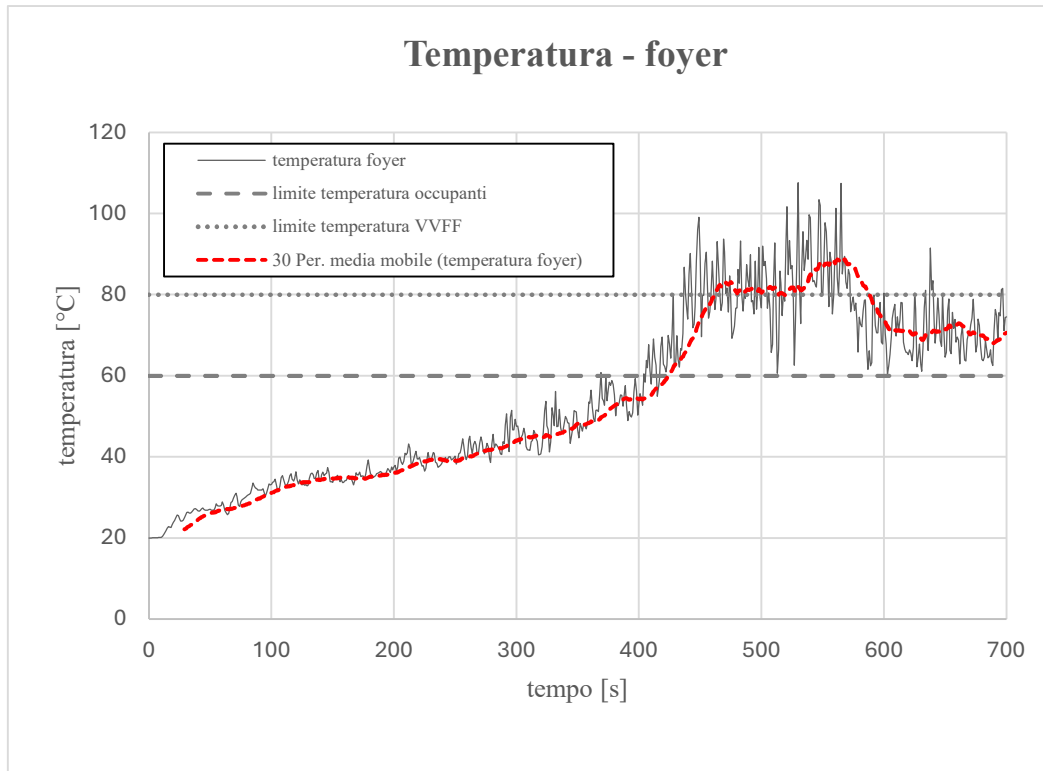


Figura 244 - Temperatura all'interno del foyer nel tempo

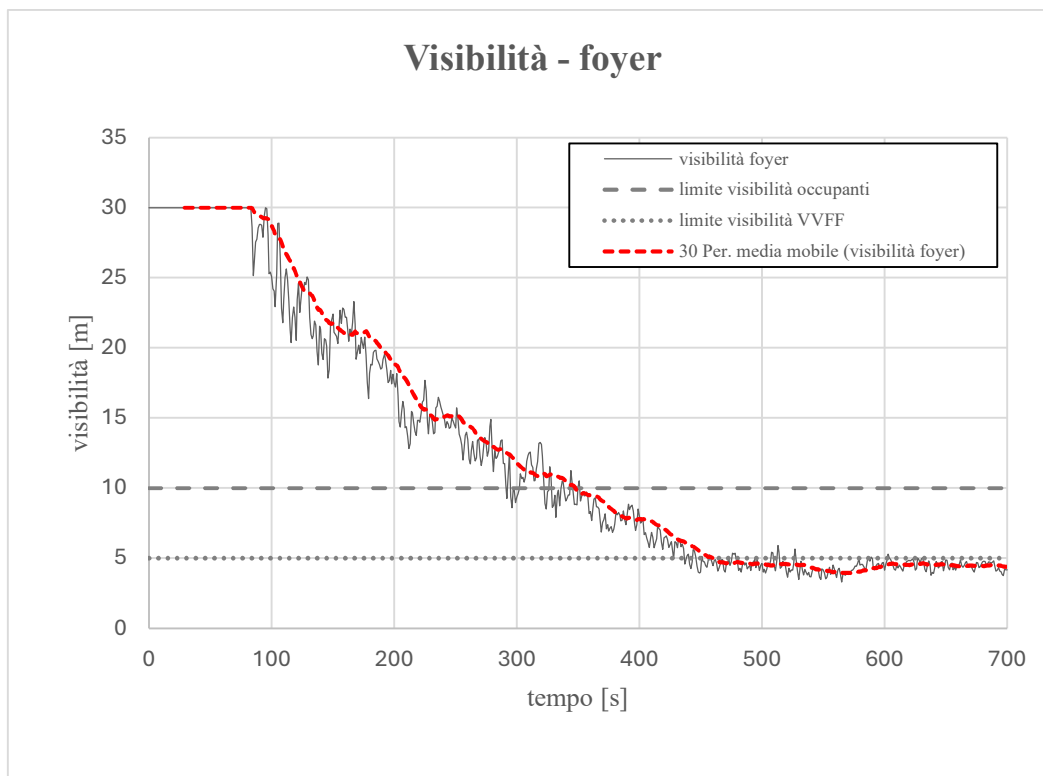


Figura 245 - Visibilità all'interno del foyer nel tempo

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

I valori riportati nei precedenti grafici riportano i dati registrati puntualmente dai sensori e rappresentano un'indicazione del tempo in cui verranno registrate delle condizioni non più ammissibili secondo la normativa. Tuttavia, per avere una visione d'insieme si rende necessario effettuare un confronto con le relative slice posizionate a due metri di altezza.

Per quanto riguarda la temperatura si è riscontrato che a 400 secondi inizia a comparire un'area dove vengono superati i 60 gradi (soglia limite per gli occupanti), diventando condizione limite a 450 secondi, dove si presentano aree diffuse nelle quali la temperatura non è più sicura per gli occupanti al loro interno.

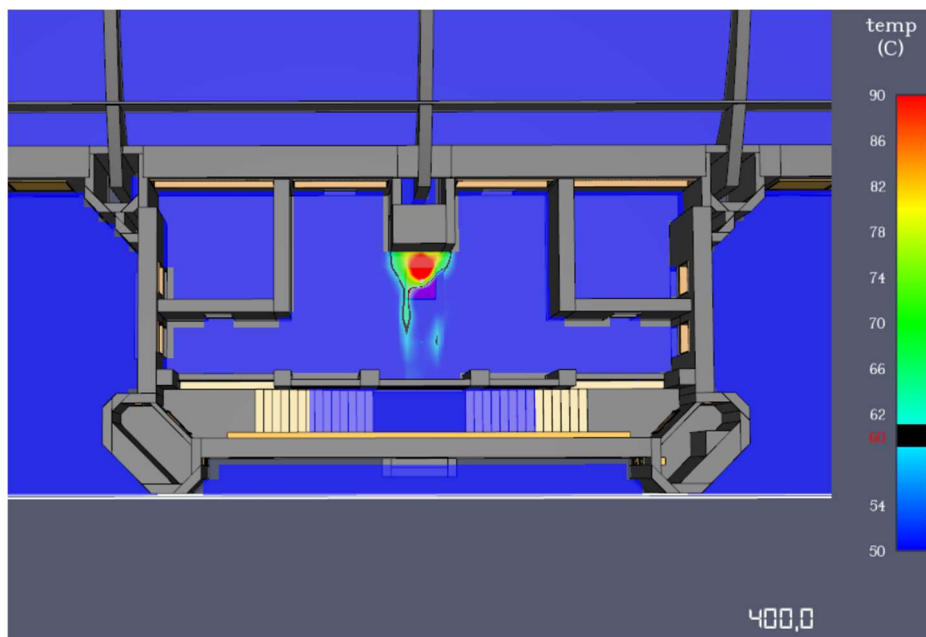


Figura 246 - Dettaglio slice temperatura nel foyer a  $z=2,00$  m,  $t=400$  s (estratto da simulazione PyroSim)

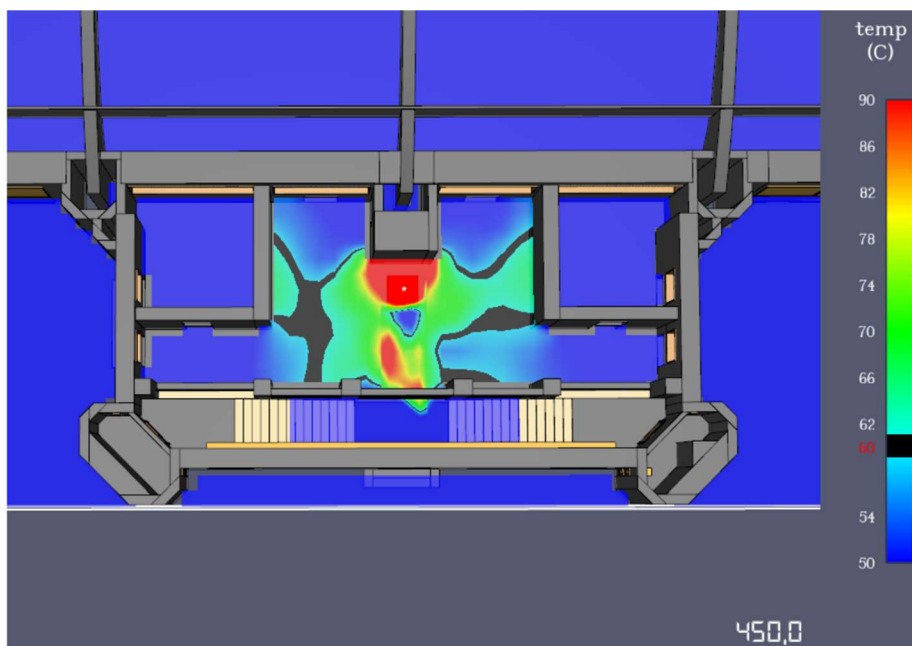


Figura 247 - Dettaglio slice temperatura nel foyer a  $z=2,00$  m,  $t=450$  s (estratto da simulazione PyroSim)



Per quanto riguarda invece le condizioni di visibilità si riscontrano delle criticità a partire da un tempo pari a 330 secondi e si ha una situazione limite a 380 secondi, dove la visibilità per gli occupanti non soddisfa i requisiti previsti dalle norme.

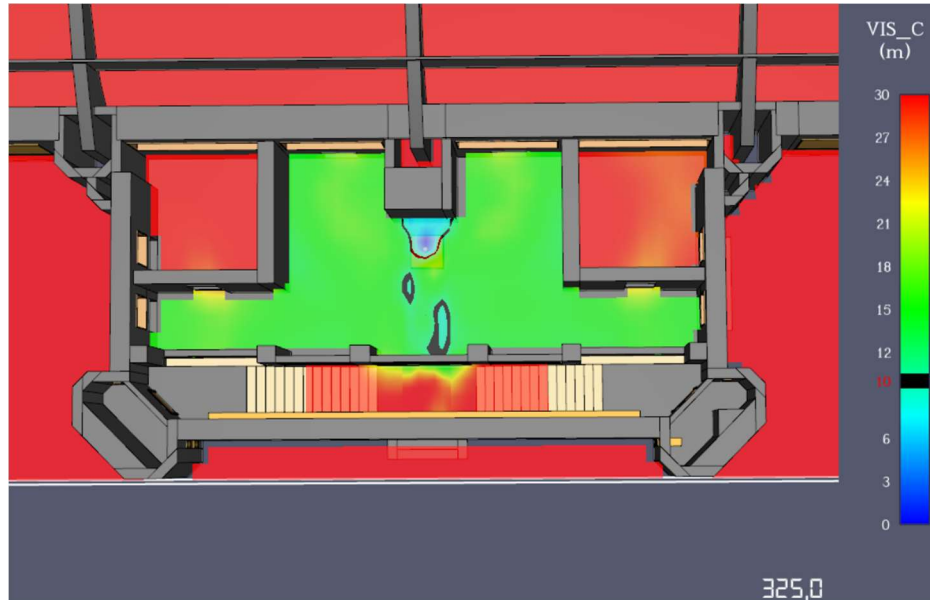


Figura 248 - Dettaglio slice visibilità nel foyer a  $z=2,00$  m,  $t=325$  s (estratto da simulazione PyroSim)

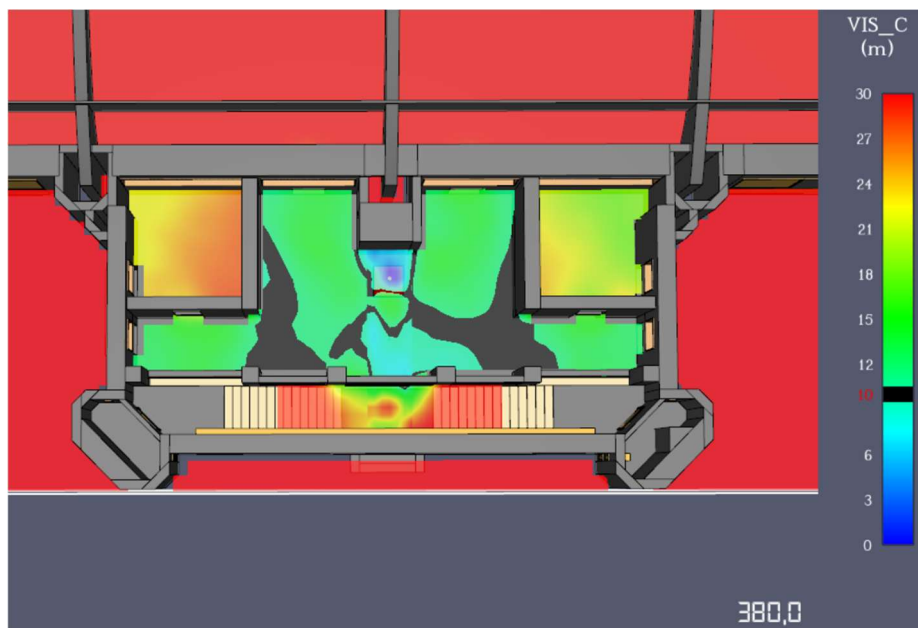


Figura 249 - Dettaglio slice visibilità nel foyer a  $z=2,00$  m,  $t=380$  s (estratto da simulazione PyroSim)

Ulteriori valutazioni sono state effettuate per il piano primo del foyer, dove la temperatura non risulta mai critica ma a 470 secondi iniziano a presentarsi criticità in termini di visibilità e a 540 secondi si presenta una condizione limite.

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

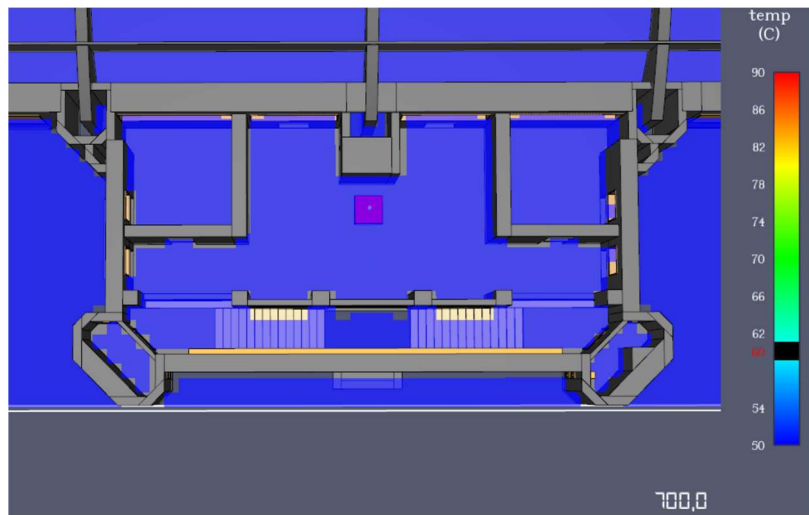


Figura 250 - Dettaglio slice temperatura nel foyer a  $z=5,00$  m,  $t=700$  s (estratto da simulazione PyroSim)

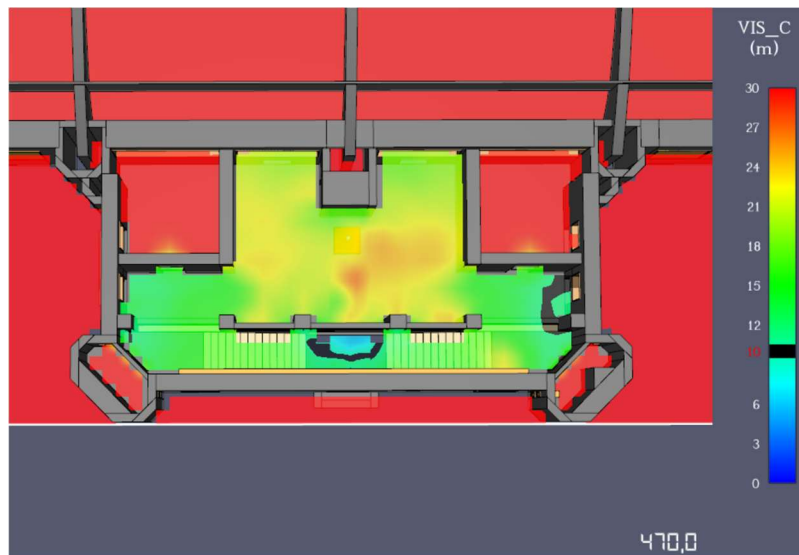


Figura 251 - Dettaglio slice visibilità nel foyer a  $z=5,00$  m,  $t=470$  s (estratto da simulazione PyroSim)

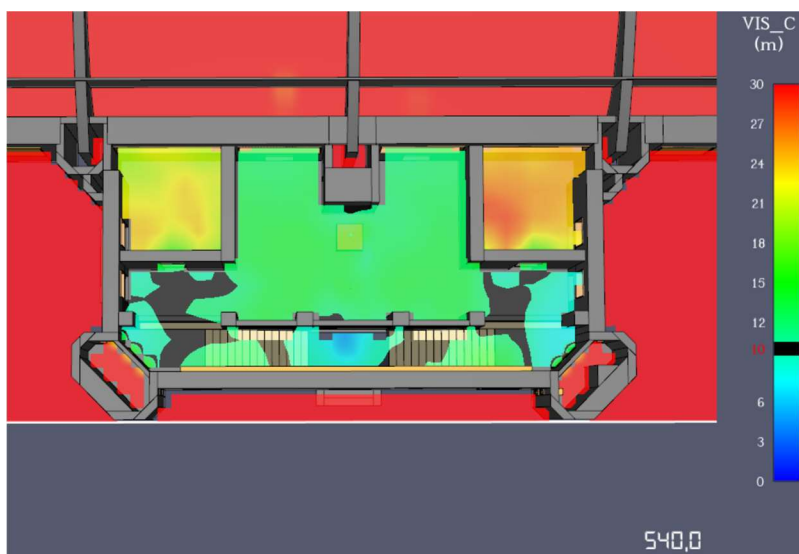


Figura 252 - Dettaglio slice visibilità nel foyer a  $z=5,00$  m,  $t=540$  s (estratto da simulazione PyroSim)

Il focolare nel foyer non provoca ripercussioni sull'area multifunzionale come si può osservare dalle precedenti slices, né in termini di temperatura che di fumo; questo comporta che le condizioni di esodo da studiare sono legate alle persone presenti nel foyer, perché all'interno dell'area multifunzionale aumenteranno sicuramente i tempi di coda a causa di un'uscita non utilizzabile ma comunque non si avranno condizioni di rischio per le persone al loro interno.

Per comprendere la situazione di esodo all'interno del foyer è stato effettuato un modello dedicato, nel quale sono stati inseriti i seguenti occupanti.

Al piano primo del foyer sono presenti cinque lavoratori, i quali hanno tutti un tempo di pre-movimento legato alla 99a percentile.

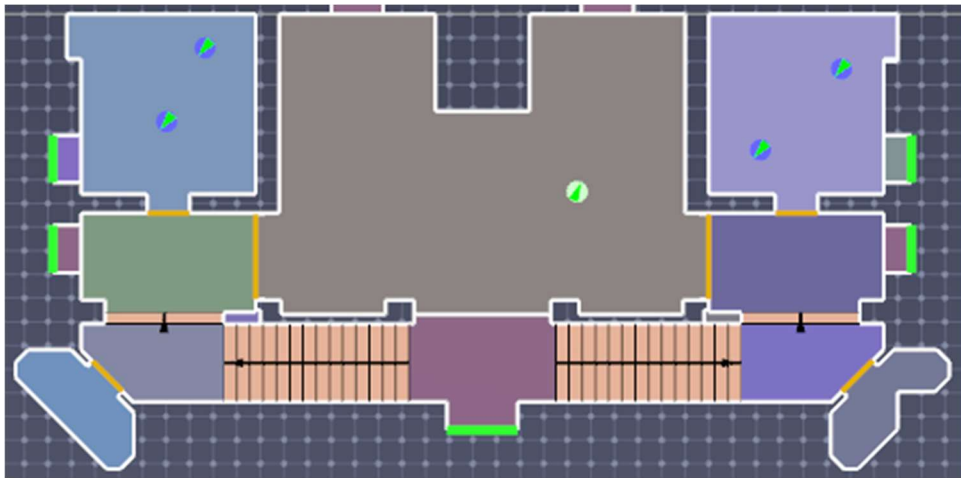


Figura 253 - posizionamento occupanti piano primo del foyer (estratto da simulazione Pathfinder)

Al piano terreno invece sono presenti cinque lavoratori, un addetto antincendio, cinquantacinque adulti e due adulti con disabilità motoria. Gli occupanti sono stati posizionati in modo sfavorevole, simulando una situazione di pausa dell'attività di intrattenimento, con i bagni pieni e le persone al di fuori in coda.

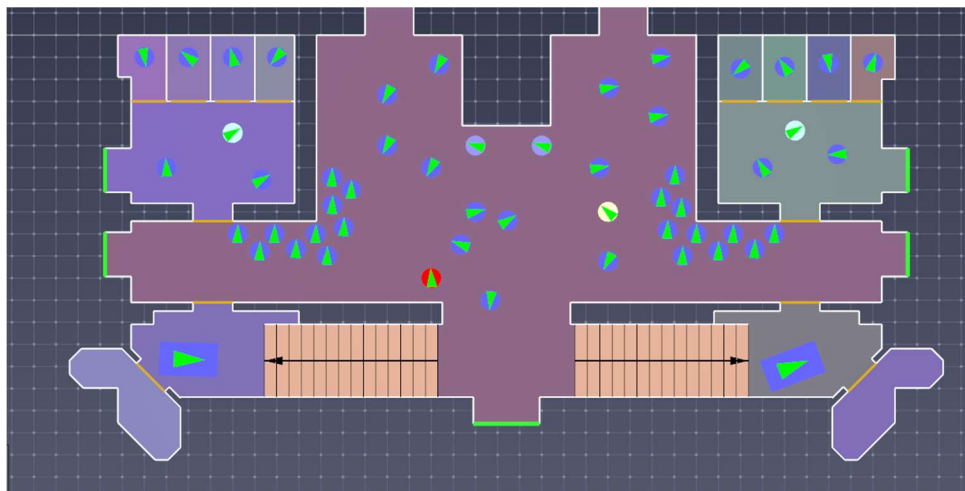


Figura 254 - posizionamento occupanti piano terra del foyer (estratto da simulazione Pathfinder)

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

---

In questa configurazione al piano terreno, gli occupanti che si trovano in prossimità del focolare hanno un comportamento di 1a percentile, mentre agli altri è stato assegnato un comportamento pari alla 99a percentile.

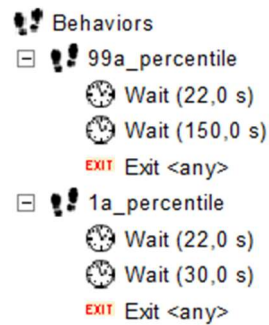


Figura 255 - behaviors assegnati agli occupanti del foyer (parametri simulazione Pathfinder)

Il tempo necessario all'esodo è pari a 188,3 secondi.

Effettuando una verifica in termini di  $ASET > RSET$  si ricava un tempo margine pari a:

$$t_{\text{marg}} = ASET - RSET \text{ [s]} = 380\text{s} - 188.3\text{s} = 191.7\text{s}$$

Secondo quanto indicato al capitolo M.3.2.2 del Codice di Prevenzione Incendi il  $t_{\text{marg}}$  deve essere maggiore del  $100\% \cdot RSET$  e non inferiore a 30 secondi. Nel caso in esame si ha:

$$t_{\text{marg}} = 101,8\% \cdot RSET$$

$$t_{\text{marg}} = 191.7\text{s} \geq 30\text{s}$$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta.

### 3.6.6 Resistenza al fuoco – considerazioni strutturali

La resistenza strutturale rappresenta un aspetto fondamentale per garantire la sicurezza delle persone e l'efficacia delle operazioni di soccorso durante un incendio. Essa si riferisce alla capacità di una struttura di mantenere la propria stabilità per un tempo sufficiente a permettere l'evacuazione in sicurezza e la protezione delle squadre di soccorso.

Lo studio delle conseguenze sulle strutture sottoposte all'azione dell'incendio oltre che avere un impatto sulla salvaguardia della vita risulta essere di particolare importanza nei casi, come quello in esame, in cui la struttura sia sottoposta a tutela secondo Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42. - Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio.

La resistenza strutturale in ambito antincendio è valutata seguendo specifiche normative tecniche, che definiscono i criteri progettuali e prestazionali a cui devono attenersi progettisti e costruttori. In Italia, il Codice di Prevenzione Incendi, e in particolare il Capitolo S.2, fornisce le linee guida principali per determinare i requisiti di sicurezza in base alle caratteristiche dell'edificio, alle attività svolte al suo interno e ai rischi associati.

A supporto di queste indicazioni, si fa riferimento anche all'Eurocodice, standard europeo per la progettazione strutturale che si concentra nella parte 2 sul comportamento delle strutture sottoposte a condizioni di incendio.

Infine, ulteriori indicazioni sono riportate all'interno del Capitolo 3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni - Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, dedicato alle Azioni sulle costruzioni. Viene infatti dedicato un paragrafo alle azioni eccezionali, tra cui rientra l'incendio – paragrafo 3.6.1.

Le NTC18 indicano come possibilità di scelta come incendio di progetto le curve di incendio nominali, curve convenzionali utilizzate per le verifiche al fuoco, valide per l'utilizzo in ambito di nuove costruzioni ma non sempre applicabili per le strutture esistenti poiché progettate in epoche nelle quali non erano tenute in considerazione le necessità legate all'antincendio. In particolare, le curve nominali indicate dalle NTC18 sono le seguenti:

- Curva nominale standard (ISO 8343)

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1)$$

- Curva nominale degli idrocarburi

$$\theta_g = 1080 (1 - e^{-0.167t} - 0.675e^{-2.5t}) + 20$$

- Curva nominale esterna

$$\theta_g = 660 (1 - 0.687e^{-0.32t} - 0.313e^{-3.8t}) + 20$$

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Nelle precedenti equazioni  $\theta_g$  rappresenta la temperatura dei gas caldi espressa in °C mentre  $t$  il tempo in minuti. Graficamente le precedenti equazioni possono essere visualizzate come segue:

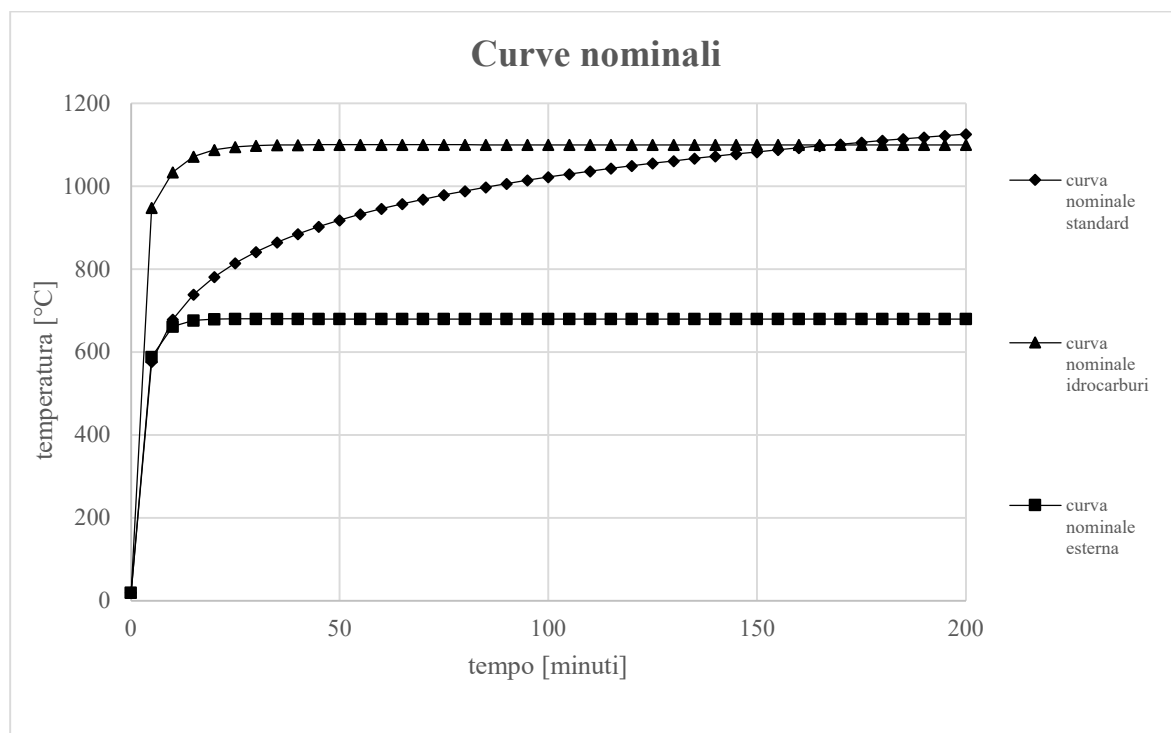


Figura 256 - Curve nominali incendio di progetto tempo-temperatura [19]- § 3.6.1.5.1

Le curve convenzionali adottate per le verifiche strutturali risultano conservative. Come si può osservare, le temperature raggiunte possono superare i 1000°C, un valore potenzialmente critico per le strutture esistenti.

In alternativa alle curve nominali previste dalle NTC18, è possibile utilizzare una curva naturale di progetto, determinabile attraverso modelli di incendio, sviluppati mediante software specifici, come PyroSim.

#### 3.6.7.1 Struttura reticolare acciaio

L'acciaio offre diversi vantaggi in termini di progettazione strutturale, trovando un equilibrio tra resistenza e leggerezza permettendo di realizzare strutture come la Cavallerizza Caprilli, caratterizzate da strutture reticolari per sostenere la copertura, permettendo di realizzare ampi spazi interni liberi. Tuttavia, la problematica riscontrabile in questo tipo di materiale è legata alla sua resistenza all'azione eccezionale dell'incendio, infatti osservando il nomogramma riportato da Promozione Acciaio basato sull'Eurocodice EN1993-1-2 è possibile valutare la diminuzione delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio all'aumentare della temperatura.

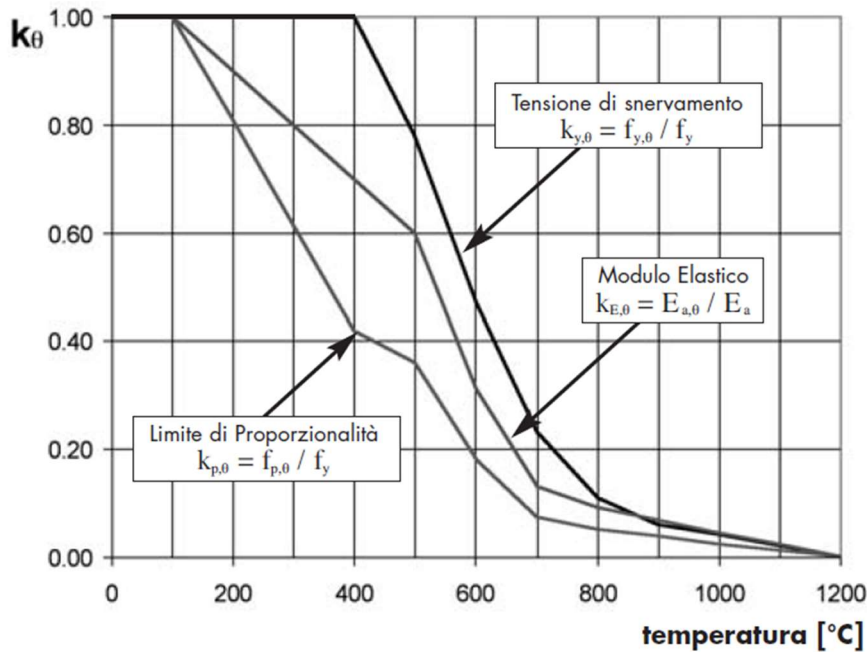


Figura 257 - Curve di riduzione delle caratteristiche meccaniche [20]

Si osserva che il fattore di riduzione della tensione di snervamento  $k_{y,\theta}$ , definito come il rapporto tra  $f_{y,\theta}$ , la tensione di snervamento dell'acciaio alla temperatura  $\theta$  [N/mm<sup>2</sup>], e  $f_y$ , la tensione di snervamento dell'acciaio a temperatura ambiente (20°C) [N/mm<sup>2</sup>], evidenzia una significativa riduzione delle proprietà meccaniche dell'acciaio all'aumentare della temperatura. In particolare, a partire da 400°C si registra un progressivo decremento della tensione di snervamento, che raggiunge circa il 50% del valore a freddo quando la temperatura tocca i 600°C.

Analoghe considerazioni possono essere fatte per il fattore di riduzione del modulo elastico  $k_{E,\theta}$ , dato dal rapporto tra  $E_{a,\theta}$ , modulo elastico dell'acciaio alla temperatura  $\theta$  [N/mm<sup>2</sup>], e  $E_a$ , modulo elastico dell'acciaio a temperatura ambiente (20°C) [N/mm<sup>2</sup>]; infatti si può osservare che a partire da 100 °C si ha una progressiva diminuzione del modulo elastico in funzione del valore della temperatura raggiunto in condizioni di incendio.

Per prevenire il degrado delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio in caso di incendio, si potrebbe ricorrere a soluzioni protettive come intonaci antincendio o pitture intumescenti. Gli intonaci antincendio agiscono come una barriera termica, rallentando il trasferimento del calore verso la struttura sottostante, mentre le pitture intumescenti, in presenza di alte temperature, si espandono formando uno strato isolante che protegge il substrato.

Tuttavia, tali interventi possono risultare incompatibili con quanto previsto dal D.lgs. 42/2004, "Codice dei beni culturali e del paesaggio". L'articolo 1 del decreto stabilisce che la tutela del

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

patrimonio culturale è finalizzata a garantire la conservazione e la protezione dei beni di interesse storico e architettonico, preservandone l'autenticità e il valore storico.

In particolare, l'applicazione di intonaci o pitture su strutture storiche può alterare visibilmente la superficie originale del materiale, compromettendo l'aspetto estetico e architettonico dell'opera. Inoltre, le caratteristiche chimico-fisiche dei materiali protettivi possono interferire con quelle originali, causando potenziali problemi di compatibilità e durabilità nel tempo. Pertanto, tali soluzioni, pur efficaci nella protezione al fuoco, sono spesso considerate inadatte per beni soggetti a vincoli di tutela, rendendo necessaria una valutazione di alternative compatibili con i principi di conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale.

A fronte delle limitazioni imposte dall'applicazione di soluzioni protettive tradizionali, sono state condotte valutazioni specifiche utilizzando PyroSim e mediante l'impiego di sonde virtuali, posizionate in punti strategici della struttura, sono state ottenute le curve tempo-temperatura a cui la struttura risulta soggetta durante un incendio.

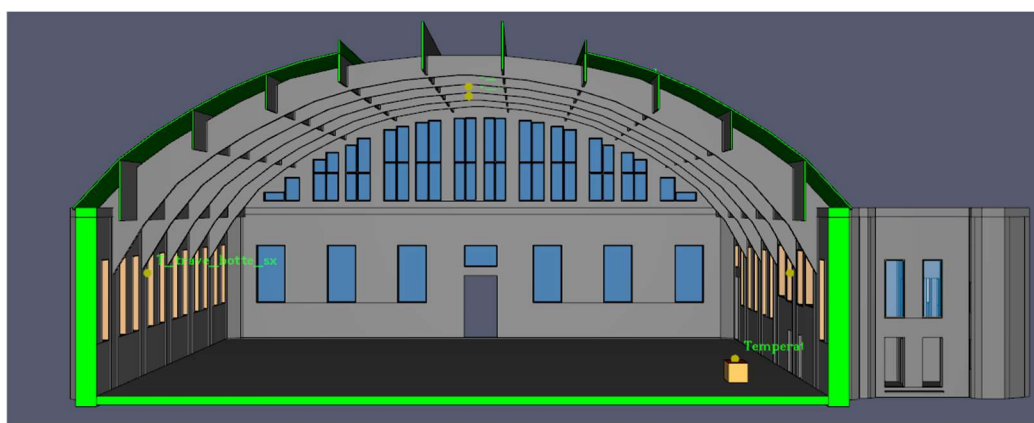


Figura 258 - Posizionamento sonde temperatura in corrispondenza della trave reticolare

Nell'ambito delle simulazioni condotte con PyroSim, le sonde virtuali sono state posizionate leggermente distanziate dalla superficie della trave. Questo accorgimento si è reso necessario a causa della rappresentazione della geometria della struttura mediante elementi cubici, propria del modello utilizzato dal software. Posizionando le sonde troppo vicine alla trave, si rischierebbe infatti che vengano inglobate nel volume solido approssimato, impedendo loro di registrare correttamente i valori di temperatura.

Il focolare visualizzato nell'immagine presenta una curva RHR identica a quella utilizzata nella simulazione del mercatino. Tuttavia, in questa simulazione, è stato posizionato nella posizione più sfavorevole in termini di vicinanza alla trave, al fine di valutare l'effetto di una maggiore esposizione termica sulla struttura.

In particolare, sono state inserite quattro sonde virtuali in posizioni strategiche per acquisire dati significativi sul comportamento termico della trave. Una sonda è stata collocata in



prossimità della parte più inferiore dell'arco, direttamente esposta all'azione del focolare, e un'altra nella posizione simmetrica rispetto alla prima. Una terza sonda è stata posizionata in corrispondenza del punto centrale e più alto della trave, mentre una quarta è stata collocata poco più in alto, per valutare l'effetto dell'incendio sui lati della trave.

Questo posizionamento tiene conto del fatto che la trave è stata modellata come elemento pieno e non reticolare, a causa dell'approssimazione intrinseca di PyroSim, che rappresenta le geometrie mediante elementi cubici. Una modellazione dettagliata e reticolare della struttura non sarebbe stata adeguatamente rappresentata, rendendo necessario un approccio semplificato che privilegiasse una descrizione volumetrica uniforme e l'acquisizione di dati affidabili dai punti strategici scelti.

In primo luogo, vengono riportati i risultati ottenuti nel caso di una struttura completamente chiusa, priva di serramenti aperti. Per facilitare l'identificazione delle sonde, si utilizzerà la seguente dicitura: Sonda 1 per la sonda inferiore a destra, Sonda 2 per la sonda inferiore a sinistra, Sonda 3 per la sonda superiore, posta inferiormente alla trave, e Sonda 4 per la sonda superiore, laterale alla trave.

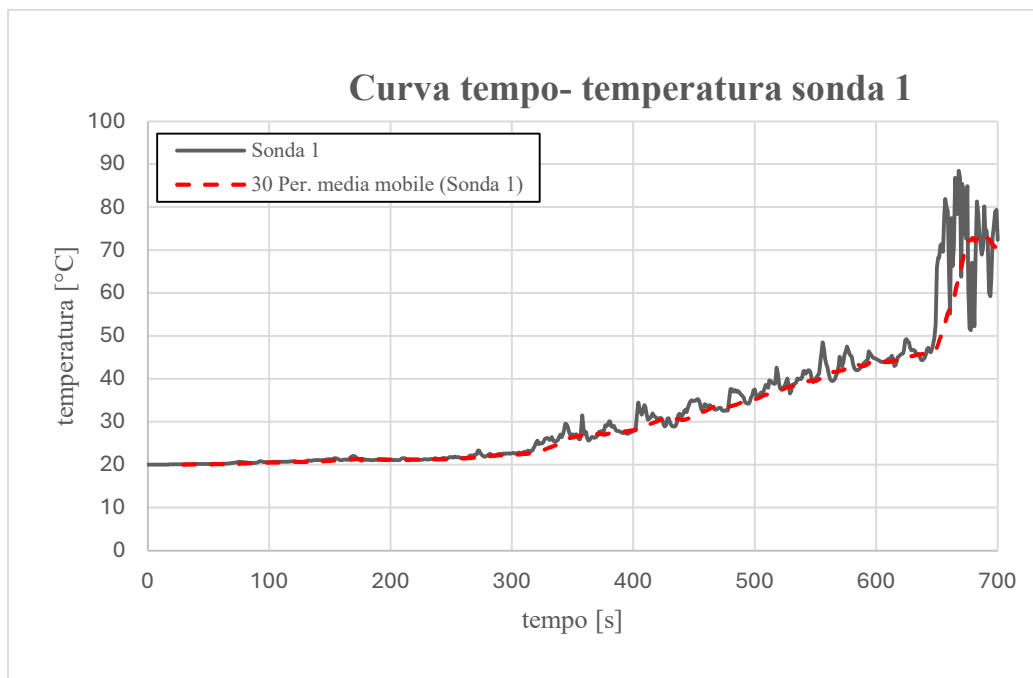


Figura 259 - Curva tempo-temperatura sonda 1 (serramenti tutti chiusi)

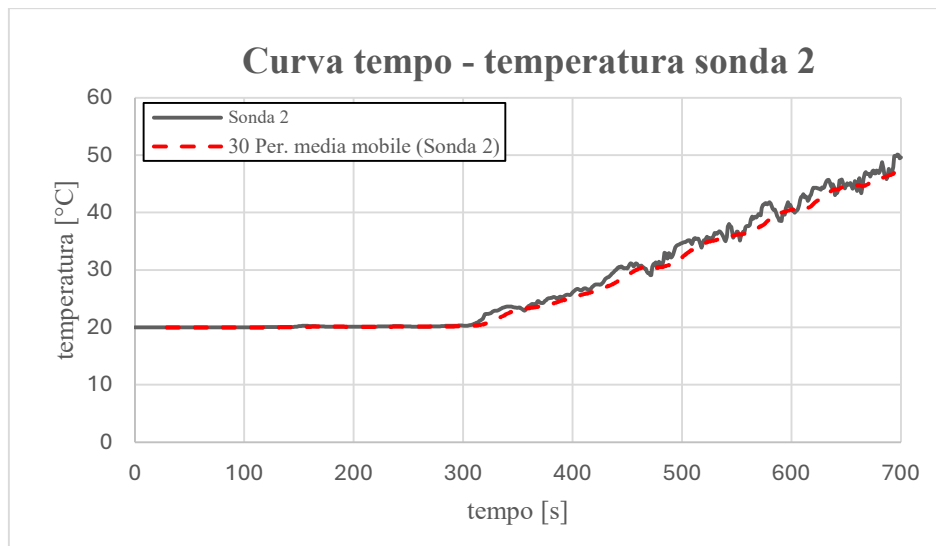


Figura 260 - Curva tempo-temperatura sonda 2 (serramenti tutti chiusi)

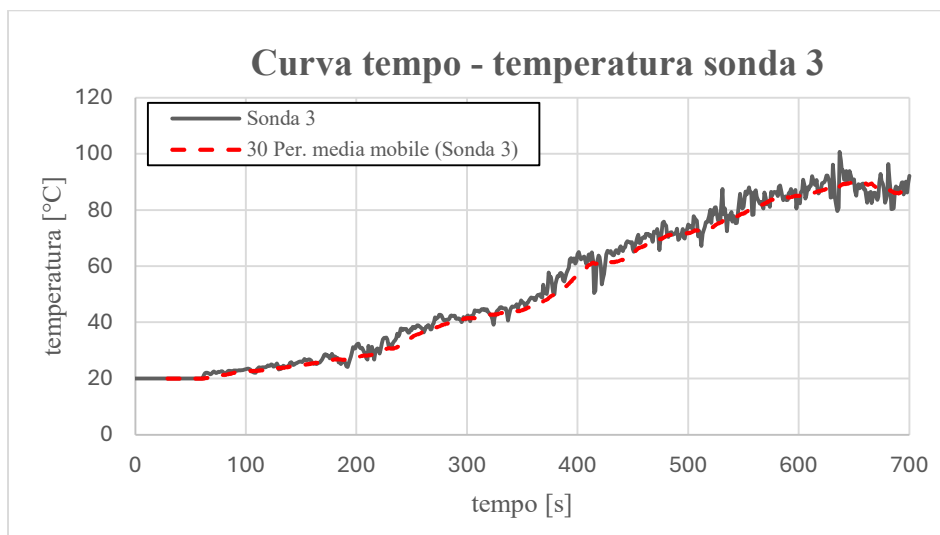


Figura 261 - Curva tempo-temperatura sonda 3 (serramenti tutti chiusi)

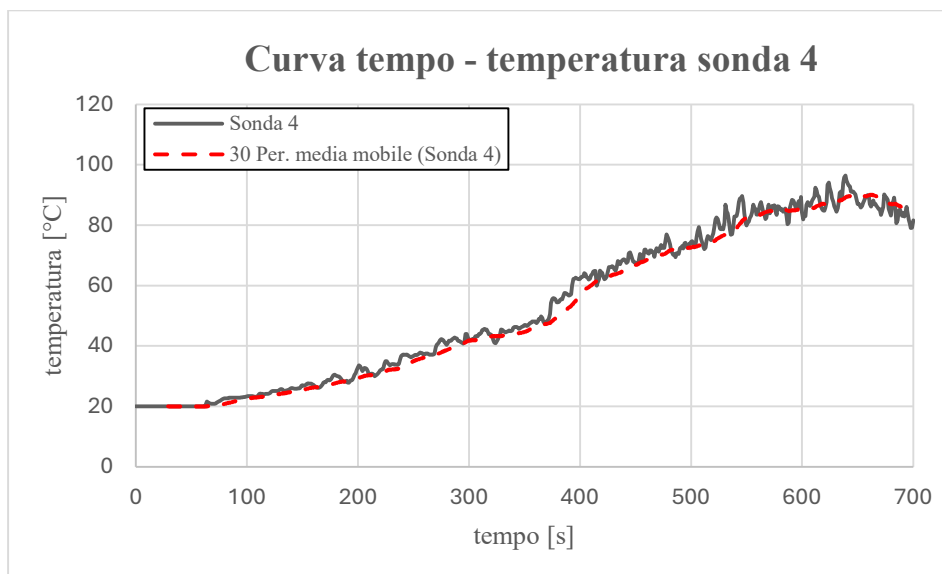


Figura 262 - Curva tempo-temperatura sonda 4 (serramenti tutti chiusi)

Nelle seguenti immagini è possibile osservare un confronto tra le curve nominali definite dalle NTC18 e i valori di temperatura registrati nel tempo mediante quattro sonde.

In particolare, esaminando il caso in cui i serramenti sono completamente chiusi, condizione nella quale sono state rilevate le temperature più elevate, si osserva che i valori di temperatura misurati risultano significativamente inferiori rispetto a quelli prescritti dalle curve nominali delle NTC18.

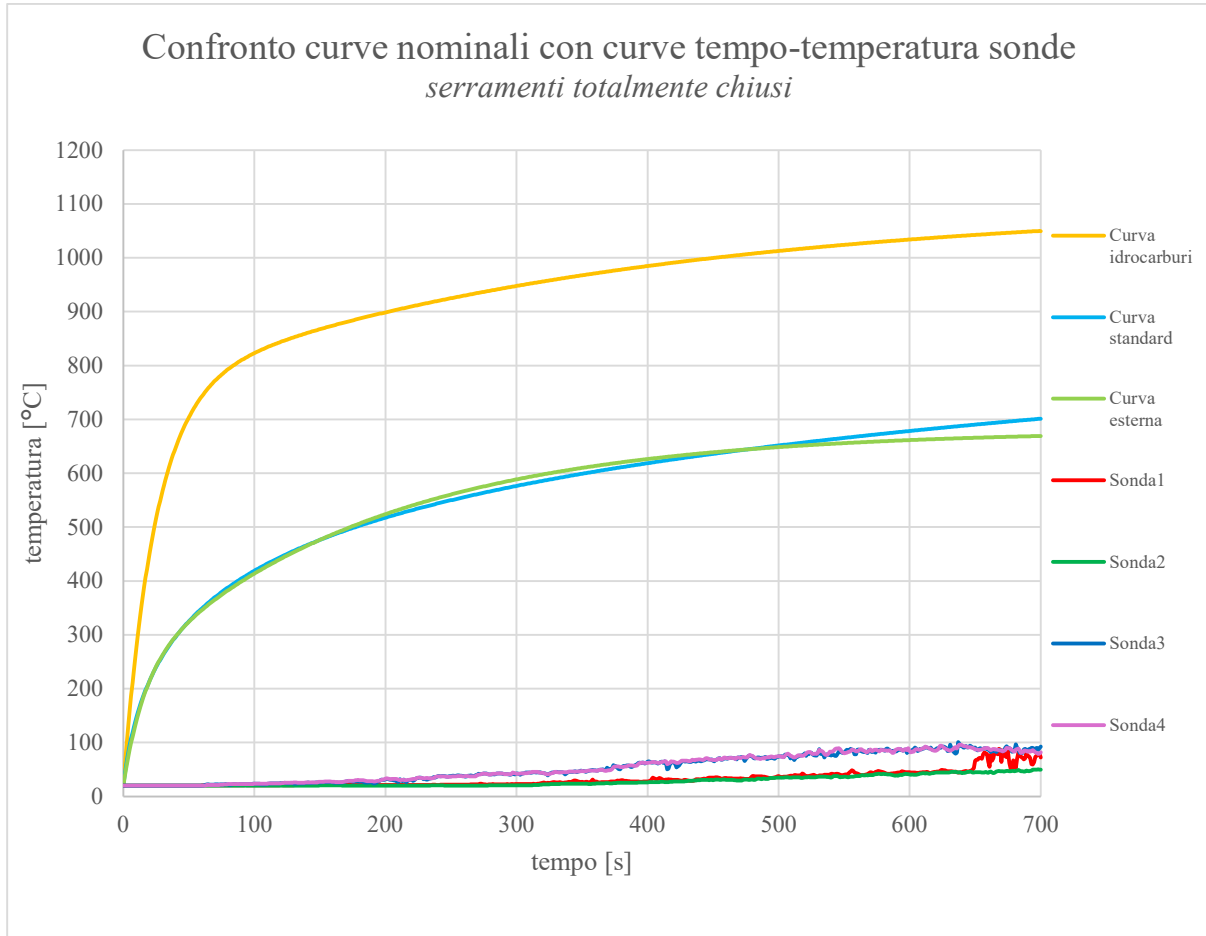


Figura 263 - Confronto curve nominali con curve tempo- temperatura sonde (serramenti totalmente chiusi)

Nella tabella sono riportati, in termini quantitativi, i valori di temperatura registrati ogni 50 secondi dalle sonde, affiancati dai corrispondenti valori delle curve nominali riferiti al medesimo istante temporale. Si osserva che la discrepanza tra i dati misurati e i valori teorici diventa evidente già a partire dai primi 50 secondi, con una differenza che raggiunge l'ordine di grandezza.

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

CONFRONTO TRA CURVE NOMINALI E CURVE TEMPO-TEMPERATURA REGISTRATE DALLE SONDE (serramenti totalmente chiusi)							
tempo [s]	Curva standard [°C]	Curva idrocarburi [°C]	Curva esterna [°C]	Sonda 1 [°C]	Sonda 2 [°C]	Sonda 3 [°C]	Sonda 4 [°C]
0	20	20	20	20	20	20	20
50	325	704	324	20	20	20	20
100	419	823	414	21	20	23	23
150	476	867	476	21	20	26	27
200	517	899	524	21	20	32	33
250	550	925	560	22	20	37	37
300	576	948	588	23	20	42	42
350	599	967	610	27	23	47	47
400	619	985	626	28	26	64	62
450	636	1000	639	35	30	66	67
500	651	1013	648	37	35	75	74
550	666	1024	656	40	37	81	80
600	678	1034	662	45	41	84	84
650	690	1043	666	66	45	91	87
700	701	1050	669	72	50	92	82

Tabella 98 - Confronto tra curve nominali e curve tempo-temperatura registrate dalle sonde (serramenti totalmente chiusi)

Osservando il grafico e la tabella relativi alla condizione in cui una porzione di serramenti aperti corrisponde a 1/40 della superficie di copertura e una parte delle facciate del lato corto risulta aperta, è possibile riscontrare una situazione ancora meno critica rispetto alla precedente.

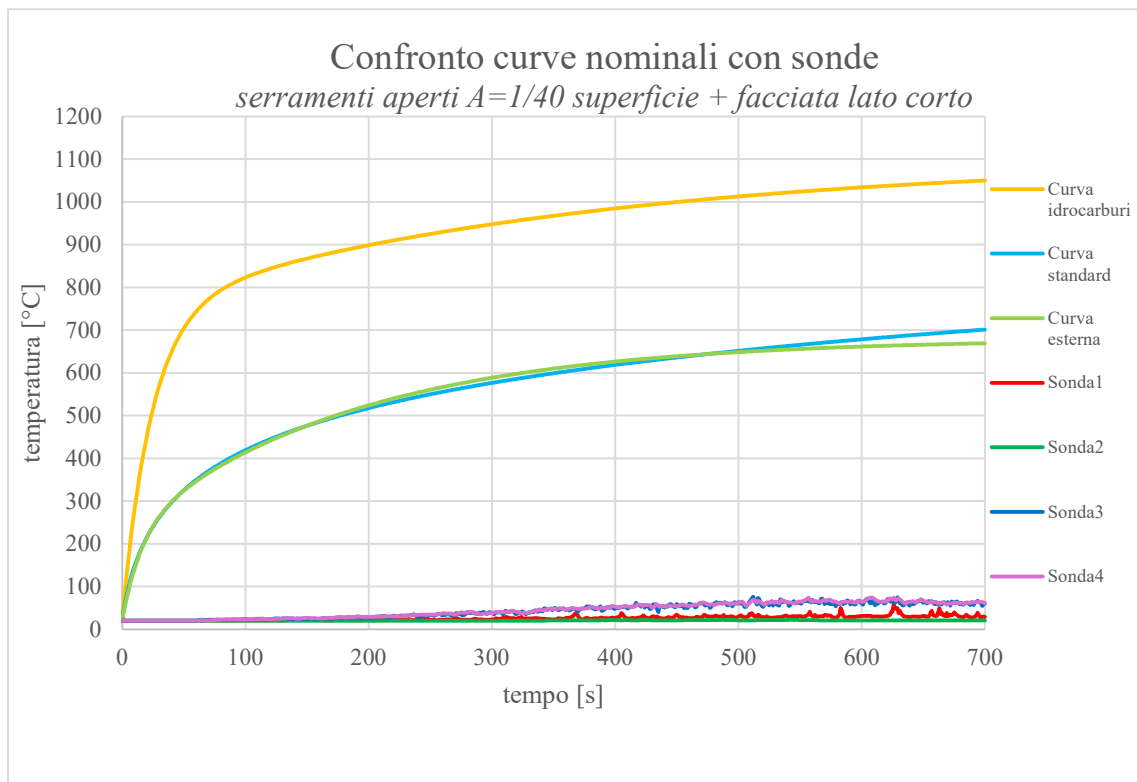


Figura 264 - Confronto curve nominali con curve tempo-temperatura sonde (serramenti aperti A=1/40 superficie + porzione facciata lato corto)

CONFRONTO TRA CURVE NOMINALI E CURVE TEMPO-TEMPERATURA REGISTRATE DALLE SONDE (serramenti aperti $A=1/40$ superficie di copertura +porzione facciata lato corto)							
tempo [s]	Curva standard [°C]	Curva idrocarburi [°C]	Curva esterna [°C]	Sonda 1 [°C]	Sonda 2 [°C]	Sonda 3 [°C]	Sonda 4 [°C]
0	20	20	20	20	20	20	20
50	325	704	324	20	20	20	20
100	419	823	414	21	20	24	23
150	476	867	476	22	20	25	26
200	517	899	524	21	20	28	29
250	550	925	560	23	20	34	34
300	576	948	588	23	20	38	38
350	599	967	610	23	20	48	47
400	619	985	626	26	21	49	53
450	636	1000	639	34	21	59	54
500	651	1013	648	29	21	64	61
550	666	1024	656	31	22	63	65
600	678	1034	662	31	21	60	64
650	690	1043	666	31	21	62	67
700	701	1050	669	29	21	61	61

Tabella 99 - Confronto tra curve nominali e curve tempo-temperatura registrate dalle sonde (serramenti aperti  $A=1/40$  superficie di copertura +porzione facciata lato corto)

Dai precedenti grafici sembrerebbe che la temperatura non superi mai il valore di cento gradi, tuttavia osservando la slice di temperature posizionate a  $X=40,00$  m si evidenzia che a metà tra le sonde si registrano dei valori eccedenti i 100 gradi.

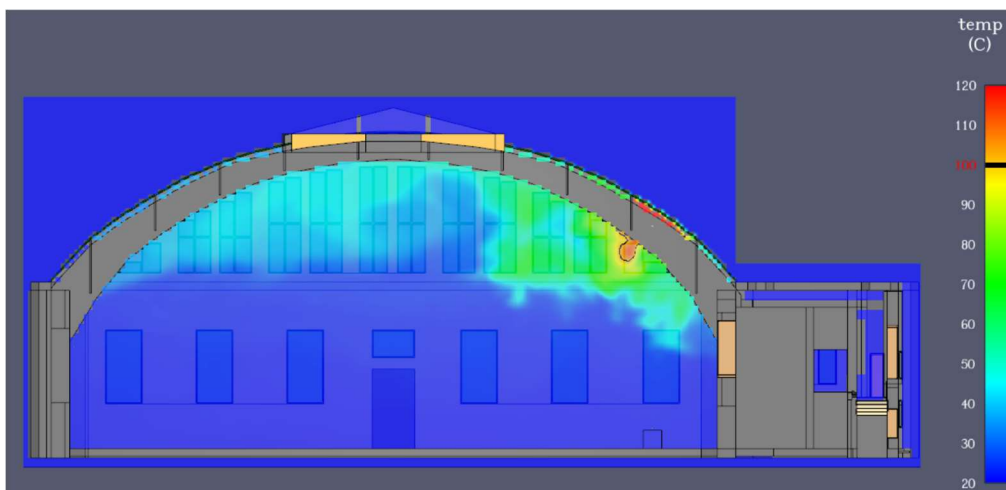


Figura 265 - Slice temperatura  $X=40,00$  metri,  $t=350s$  (serramenti totalmente chiusi)

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

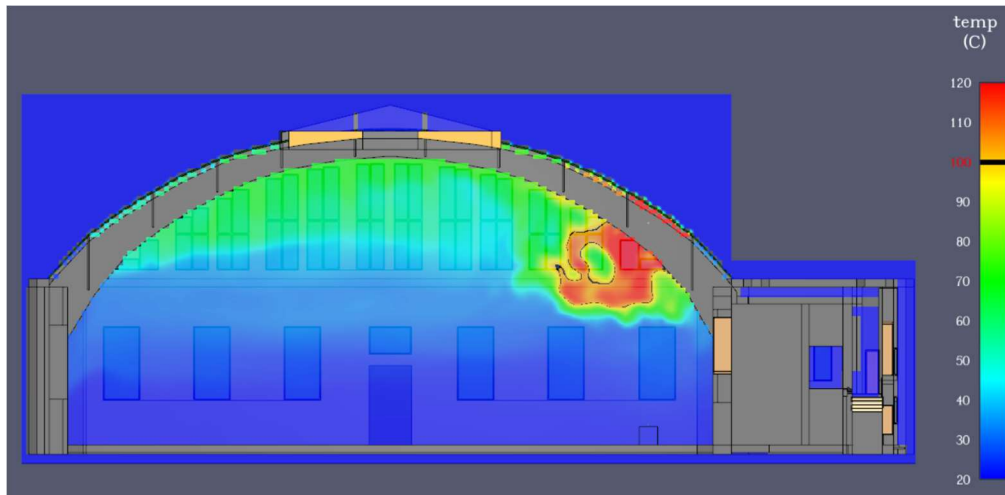


Figura 266 - Slice temperatura  $X=40,00$  metri,  $t=450s$  (serramenti totalmente chiusi)

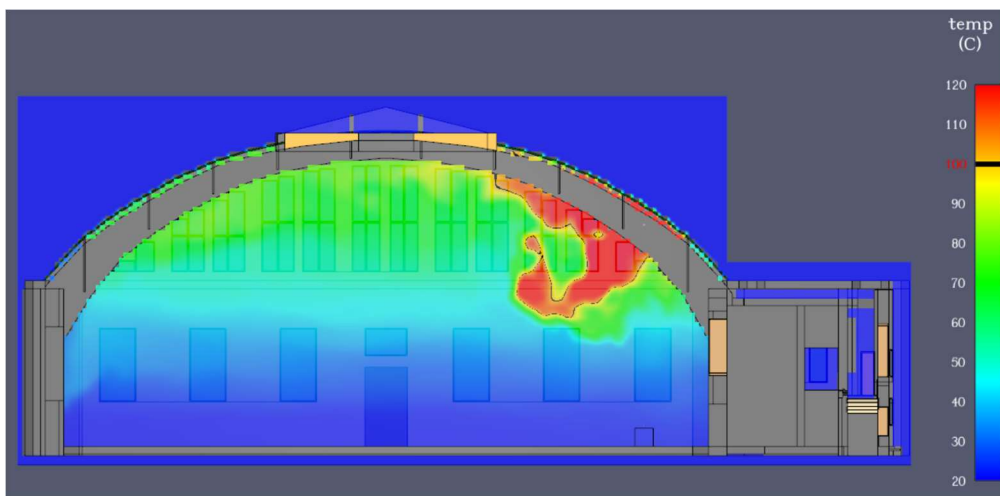


Figura 267 - Slice temperatura  $X=40,00$  metri,  $t=550s$  (serramenti totalmente chiusi)

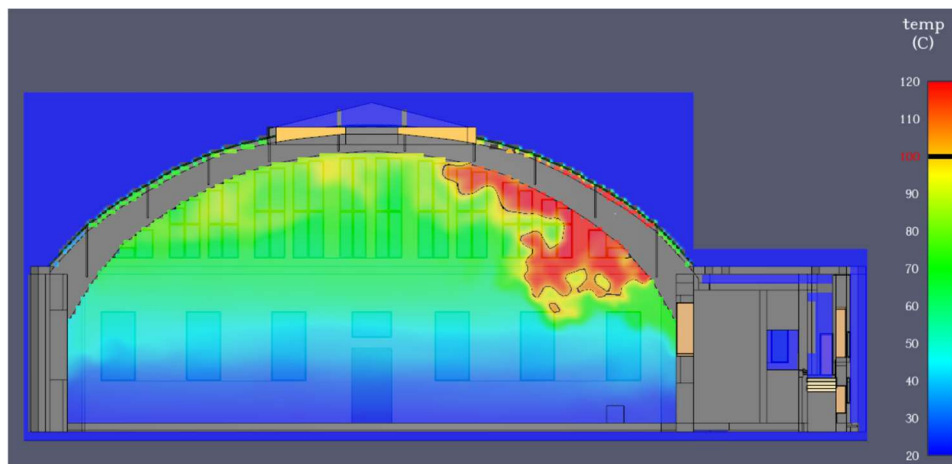


Figura 268 - Slice temperatura  $X=40,00$  metri,  $t=650s$  (serramenti totalmente chiusi)

Si osserva anche negli stessi frame temporali la slice di temperatura nella simulazione con serramenti aperti in copertura e in facciata analizzata in precedenza.

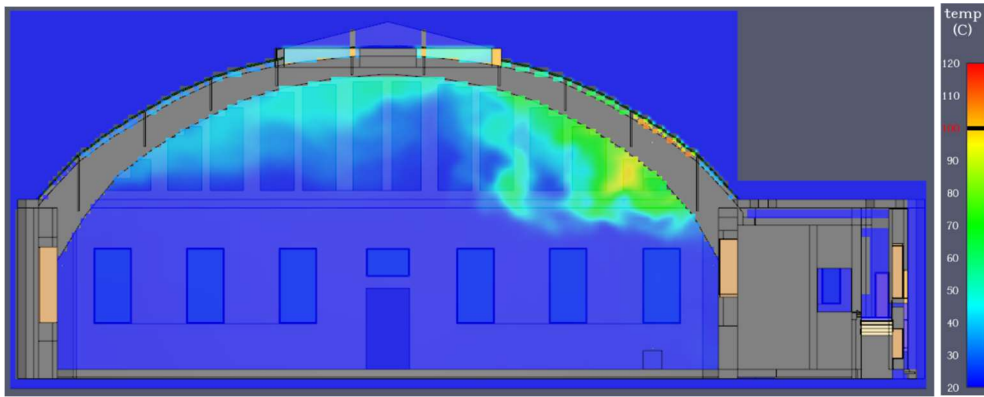


Figura 269 - Slice temperatura  $X=40,00$  metri,  $t=350s$  (serramenti aperti  $A=1/40$  superficie + facciata lato corto)

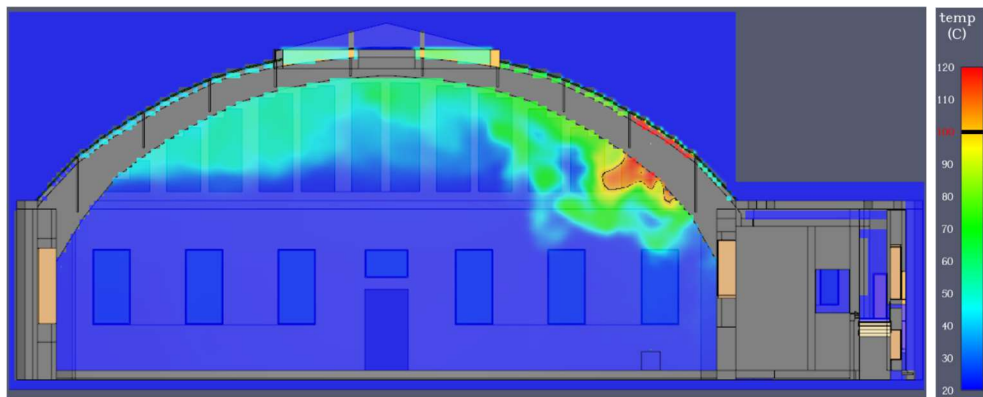


Figura 270 - Slice temperatura  $X=40,00$  metri,  $t=450s$  (serramenti aperti  $A=1/40$  superficie + facciata lato corto)

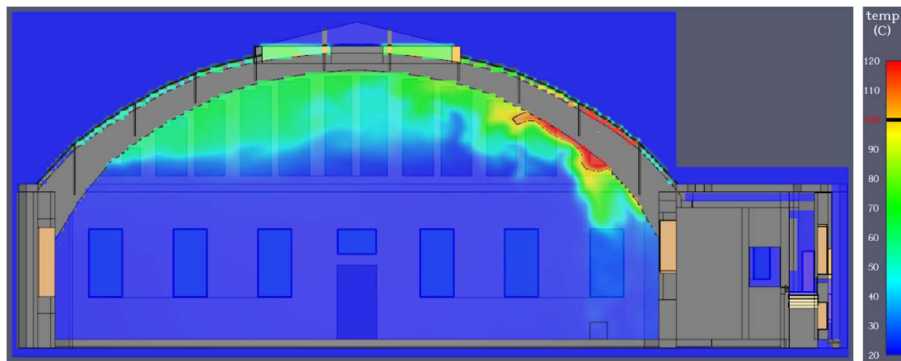


Figura 271 - Slice temperatura  $X=40,00$  metri,  $t=550s$  (serramenti aperti  $A=1/40$  superficie + facciata lato corto)

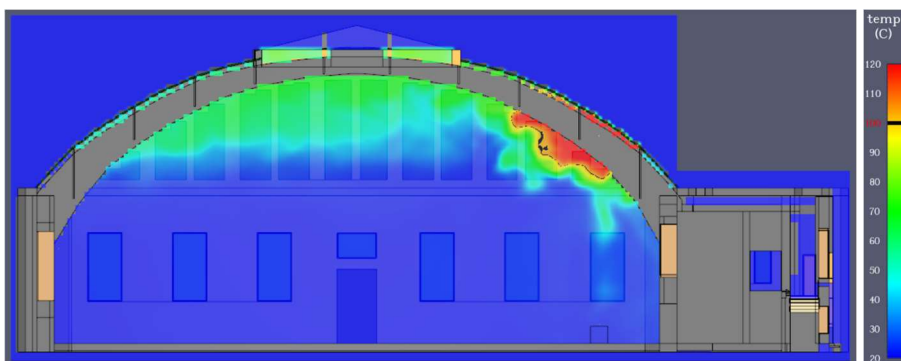


Figura 272 - Slice temperatura  $X=40,00$  metri,  $t=650s$  (serramenti aperti  $A=1/40$  superficie + facciata lato corto)

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Dal confronto con la situazione precedente, emerge che con l'apertura dei serramenti la situazione migliora significativamente, poiché si osserva una riduzione delle aree della struttura sottoposte a temperature elevate.

Per quanto riguarda la tensione di snervamento, che subisce una diminuzione a partire dai 400 gradi non si riscontrano problemi, in quanto tali temperature non vengono mai raggiunte nel corso della simulazione. Tuttavia, è necessario effettuare delle valutazioni più approfondite sul comportamento del materiale in relazione al modulo elastico e al limite di proporzionalità.

Al fine di effettuare ulteriori considerazioni, sono quindi state inserite due sonde di temperatura all'interno della simulazione, posizionate nei punti individuati come potenzialmente critici. In particolare, le sonde presentano la seguente disposizione all'interno della simulazione:

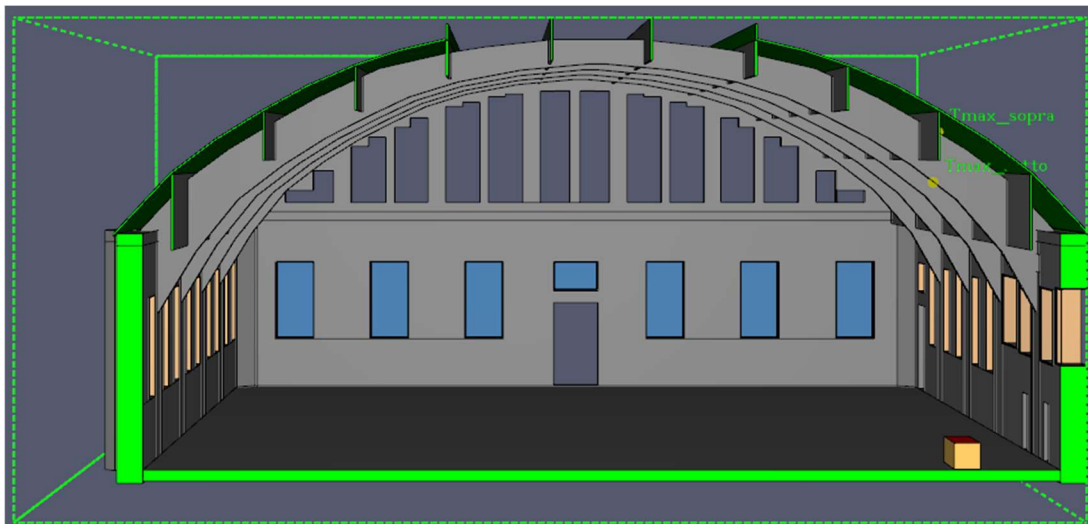


Figura 273 – Sezione  $X=34,00$  metri, individuazione posizione sonde temperatura

Si osserva che una sonda è stata collocata sotto la trave, mentre l'altra è stata posizionata sopra, in posizione laterale. Nei grafici riportati di seguito viene illustrato l'andamento temporale della temperatura rilevata dalle due sonde: quella collocata sotto la trave e quella in posizione laterale. In particolare, è possibile notare che la temperatura supera i 100 °C, come evidenziato dalle precedenti analisi delle slice.



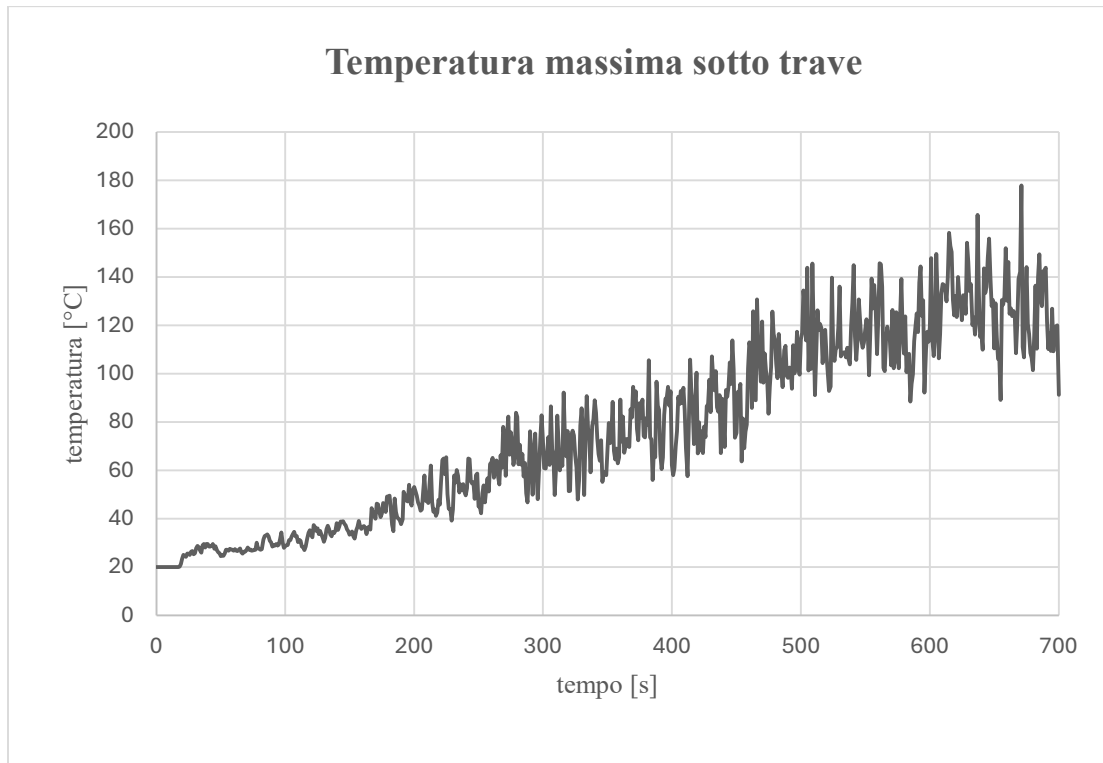


Figura 274 - Temperatura massima sotto la trave (punto critico)

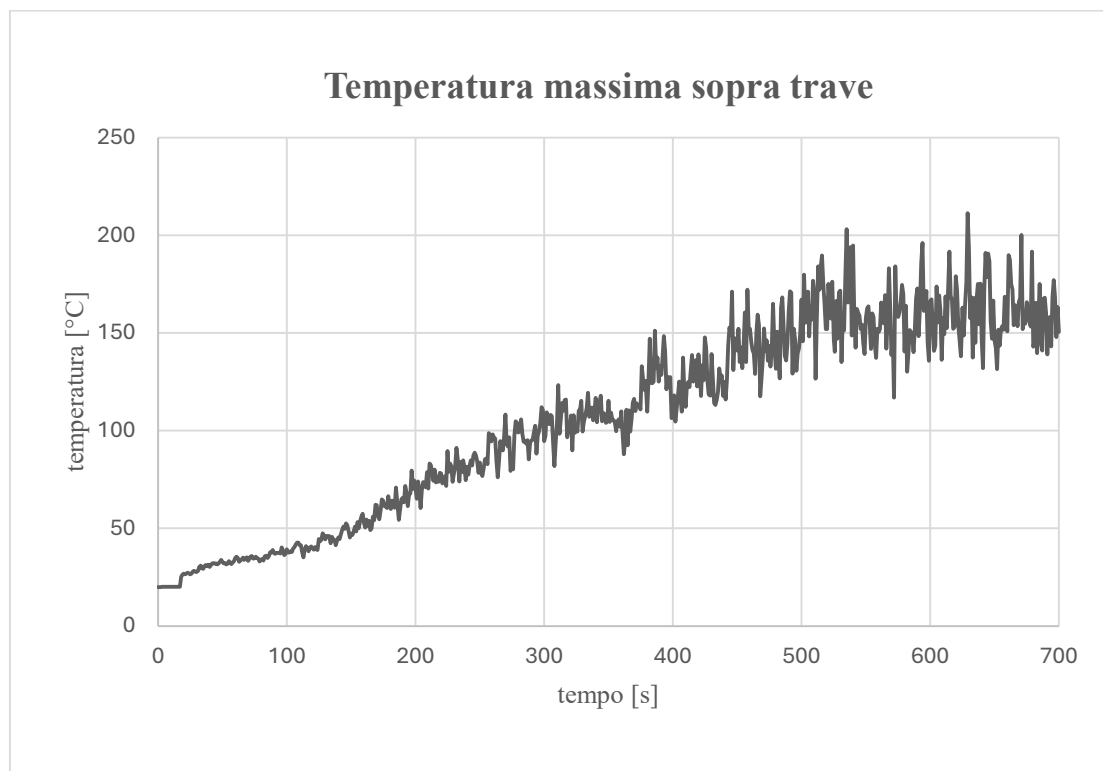


Figura 275 - Temperatura massima sopra la trave (punto critico)

I grafici mostrano un comportamento coerente con la curva RHR fornita in input, caratterizzata, nella prima parte, da una fase di crescita che raggiunge il massimo al tempo di 538 secondi.

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

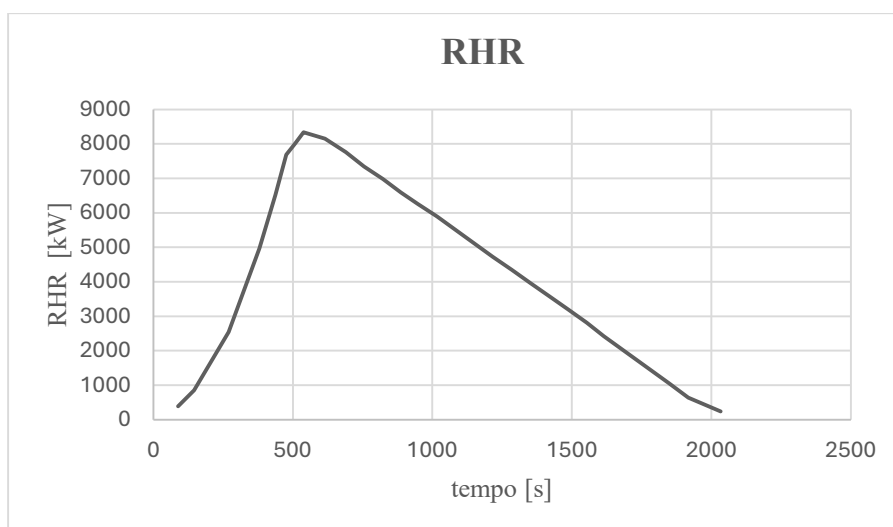


Figura 276 - curva RHR input per le simulazioni strutturali

Si può comunque osservare che i grafici tempo-temperatura presentano un andamento oscillante. Per tale motivo, i valori sono stati mediati ogni 30 secondi, ottenendo i risultati riportati di seguito.

Valori temperatura mediati su intervalli temporali di 30 secondi		
Tempo [s]	Tmax sotto trave [°C]	Tmax sopra trave [°C]
0	20,0	20
30	22,0	23,0
60	27,4	31,6
90	28,3	35,0
120	30,8	39,0
150	35,2	45,3
180	39,6	55,7
210	46,1	67,5
240	51,5	79,2
270	57,3	87,7
300	66,3	96,2
330	67,5	104,1
360	71,3	108,2

Valori temperatura mediati su intervalli temporali di 30 secondi		
Tempo [s]	Tmax sotto trave [°C]	Tmax sopra trave [°C]
390	79,1	117,7
420	80,3	124,4
450	87,0	131,4
480	98,9	143,5
510	110,4	153,4
540	111,9	166,4
570	120,1	154,5
600	114,8	157,6
630	131,8	159,2
660	128,3	162,2
690	127,6	162,3
700	114,4	157,2

Figura 277 - valori di temperatura mediati su intervalli temporali di 30 secondi, sonde per la valutazione della temperatura massima

La temperatura massima registrata si attesta a 166,4 °C. Pertanto, risulta necessario effettuare ulteriori valutazioni mediante l'utilizzo di software che consentano di condurre un'analisi strutturale della struttura in acciaio, imponendo la curva tempo-temperatura precedentemente fornita.

### 3.6.7.2 Elementi in legno

All'interno dell'area multifunzionale sono presenti diversi elementi in legno che contribuiscono al valore estetico e storico della struttura. Tra questi spicca il parastivali, un assito in legno di larice con un'altezza di 2 metri. Questo elemento rappresenta una delle caratteristiche distintive e originali dell'edificio, ed è pertanto soggetto alla tutela prevista dalla normativa per la conservazione dei beni architettonici (D.lgs. 42/2004).

Nelle valutazioni iniziali, il carico d'incendio associato a questa struttura in legno non è stato considerato. La scelta è motivata dal fatto che si è deciso di trattare il legno con una vernice protettiva, appositamente selezionata per ridurre al minimo il rischio di propagazione del fuoco e preservare al contempo le qualità estetiche e storiche dell'elemento.

In copertura invece è presente un assito che, pur non costituendo un elemento portante, rappresenta un componente secondario che, in caso di incendio, potrebbe comportare criticità, legate alla caduta di materiale dall'alto.

L'analisi della tabella riportata nello studio "*Experimental study of woods under external heat flux by spontaneous ignition - Ignition time and mass loss rate*" di Long SHI e Michael Yit Lin CHEW consente di osservare i valori della temperatura di ignizione in relazione all'essenza del legno e allo spessore considerato. Ipotizzando che il materiale sia un assito in legno di conifera e assumendo come riferimento i dati relativi al pino, si evidenzia che la temperatura di ignizione supera i 400 °C per un flusso termico di 50 kW/m<sup>2</sup> e i 300 °C per un flusso di 75 kW/m<sup>2</sup>.

**Table 3** Ignition time and ignition temperature of wood samples

Material	Thickness/mm	50 kWm <sup>-2</sup> heat flux		75 kWm <sup>-2</sup> heat flux	
		Ignition time/s	Ignition temperature/°C	Ignition time/s	Ignition temperature /°C
Pine	10	61	558.2	23	348.6
	20	48	433.8	11	306.6
	30	27	433.1	12	314.0
Beech	10	46	370.6	20	338.0
	20	45	503.8	13	270.4
	30	39	370.6	18	378.9
Cherry	10	54	465.4	16	425.0
	20	57	543.6	11	334.4
	27	37	433.1	10	346.5
Oak	10	119	511.7	26	482.2
	20	79	453.5	24	353.7
	30	57	488.6	23	398.6
Maple	10	87	436.0	27	332.4
	20	87	491.1	26	399.2
	30	56	393.0	18	361.1
Ash	10	59	425.6	21	291.7
	20	57	487.6	19	340.9
	30	23	346	13	264.4

Figura 278 – Temperatura di ignizione di diverse essenze di legno - [21]

### 3. Caso studio – La Cavallerizza Caprilli

Dall'analisi delle temperature ottenute tramite simulazione con PyroSim, emerge che i valori registrati risultano sempre inferiori alla temperatura di ignizione. Pertanto, tali condizioni non rappresentano un rischio per la salvaguardia della vita.

#### 3.6.7.3 Elementi in muratura

Infine, per quanto riguarda la muratura, le valutazioni possono essere effettuate facendo riferimento al capitolo S.2.15.2 del Codice di Prevenzione Incendi. Questo capitolo include una tabella che indica lo spessore minimo, espresso in millimetri, necessario per le murature portanti realizzate con blocchi e sottoposte a esposizione al fuoco su un solo lato. Lo spessore minimo riportato garantisce il soddisfacimento dei requisiti REI previsti per le diverse classi di resistenza al fuoco specificate nella tabella.

Materiale	Tipo blocco	REI 30	REI 60	REI 90	REI 120	REI 180	REI 240	REI 90-M	REI 120-M	REI 180-M	REI 240-M
Laterizio [1]	Pieno (foratura $\leq$ 15%)	120	150	170	200	240	300	200	200	240	300
Laterizio [1]	Semipieno e forato (15% < foratura $\leq$ 55%)	170	170	200	240	280	330	240	240	280	330
Calcestruzzo	Pieno, semipieno e forato (foratura $\leq$ 55%)	170	170	170	200	240	300	200	200	240	300
Calcestruzzo leggero [2]	Pieno, semipieno e forato (foratura $\leq$ 55%)	170	170	170	200	240	300	240	240	240	300
Calcestruzzo aerato autoclavato	Pieno	170	170	170	200	240	300	240	240	240	300
Pietra squadrata	Pieno (foratura $\leq$ 15%)	170	170	250	280	360	400	250	280	360	400

[1] presenza di 10 mm di intonaco su ambedue le facce oppure 20 mm sulla sola faccia esposta al fuoco. I valori in tabella si riferiscono agli elementi di laterizio sia normale che alleggerito in pasta.  
[2] massa volumica netta  $\leq$  1700 kg/m<sup>3</sup>.

Tabella 100 - Murature portanti in blocchi (Requisiti R, E, I, M) - [2] - Tabella S.2-44

Lo spessore della muratura perimetrale varia tra 60 cm e 100 cm, garantendo quindi il rispetto dei requisiti minimi di spessore previsti. Nelle sezioni in cui la travatura metallica penetra nella muratura, lo spessore si riduce a 25 cm; tuttavia, questo valore risulta comunque adeguato a soddisfare i requisiti REI previsti dalla strategia S.2 del Codice di Prevenzione Incendi.

---

## CONCLUSIONI

La riqualificazione funzionale della "Cavallerizza Caprilli" di Pinerolo rappresenta un esempio di come sia possibile valorizzare e rendere sicure le strutture storiche mediante l'utilizzo di strumenti di Fire Safety Engineering.

In questo elaborato, è stato analizzato un edificio caratterizzato da un utilizzo sporadico, con l'obiettivo di trasformarlo in una struttura polivalente in grado di ospitare una varietà di eventi. Sono state identificate configurazioni di utilizzo che consentissero di sfruttarne appieno le potenzialità, rendendolo idoneo ad accogliere diverse tipologie di eventi compatibili tra loro, dal punto di vista sia funzionale sia gestionale.

Il percorso progettuale è iniziato con l'applicazione del Codice di Prevenzione Incendi, normativa di carattere semi-prescrittivo che consente una valutazione delle strategie da intraprendere basata su sulle caratteristiche specifiche della struttura e del suo utilizzo. Tale approccio ha permesso di individuare le soluzioni appropriate per garantire la conformità alle normative vigenti.

Parallelamente, sono stati approfonditi alcuni aspetti mediante l'utilizzo della Fire Safety Engineering (FSE), che ha permesso di integrare le prescrizioni del Codice di Prevenzione Incendi a seguito di un'analisi più dettagliata. Le simulazioni condotte con tecniche di FSE hanno messo in evidenza tempi di rivelazione degli incendi significativamente inferiori rispetto agli standard generali, fornendo una base scientifica per ottimizzare le strategie di sicurezza.

L'analisi ha inoltre dimostrato come le misure gestionali adeguatamente pianificate, possano contribuire in maniera al miglioramento complessivo della sicurezza.

Questi interventi non solo hanno consentito di ottimizzare i tempi di esodo in caso di emergenza, ma hanno anche garantito una protezione efficace delle persone, assicurando che la struttura fosse in grado di rispondere alle necessità operative senza comprometterne la sicurezza.

Attraverso lo studio delle migliori soluzioni per il controllo di fumi e calore, è stato possibile raggiungere un equilibrio tra la salvaguardia della vita umana e la resistenza strutturale dell'edificio, garantendo al contempo un alto livello di sicurezza per gli occupanti. Le analisi condotte si sono concentrate sul confronto tra il tempo disponibile per l'evacuazione, definito come Available Safe Escape Time (ASET), e il tempo necessario per l'evacuazione, indicato come Required Safe Escape Time (RSET). I risultati hanno dimostrato che, in ogni

configurazione di utilizzo analizzata, l'ASET è sempre maggiore del RSET, soddisfacendo così uno dei principali criteri di sicurezza antincendio.

Parallelamente, l'analisi della resistenza al fuoco della struttura ha permesso di evidenziare come i requisiti normativi possano essere rispettati senza la necessità di interventi invasivi o l'applicazione di trattamenti specifici. Questo approccio consente di mantenere intatte le caratteristiche originali della struttura, preservando il valore storico dell'edificio. Tale risultato è pienamente conforme alle disposizioni del D.Lgs. 42/2004, che tutela i beni culturali e paesaggistici, dimostrando come sia possibile conciliare esigenze di sicurezza moderna e conservazione del patrimonio storico.

Questo lavoro sottolinea l'importanza di affrontare lo studio delle strutture esistenti con un approccio su misura, che tenga conto della loro complessità e unicità. Un'analisi approfondita e interdisciplinare permette di individuare soluzioni che rispondano efficacemente alle esigenze di sicurezza e funzionalità, senza compromettere il valore storico e architettonico degli edifici.

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Illustrazione M.3-1 – Confronto tra ASET ed RSET [2].....	10
Figura 2 - Cavallerizza Caprilli [4] .....	11
Figura 3 - Immagine d'epoca della Cavallerizza Caprilli [7].....	11
Figura 4 - Museo storico dell'Arma di Cavalleria [4].....	12
Figura 5 - Targa in dedica al Capitano Caprilli e targa dedicata ai progettisti ed esecutori [8] .....	12
Figura 6 – Galoppatoio della Cavallerizza Caprilli [8] .....	13
Figura 7 – Area uffici della Cavallerizza Caprilli [8].....	13
Figura 8 - Particolare decorativo agli angoli della Cavallerizza Caprilli .....	14
Figura 9 – Box cavalli esterni della Cavallerizza Caprilli [8] .....	14
Figura 10 - Inquadramento della Cavallerizza Caprilli a Pinerolo [9] .....	17
Figura 11 - Pianta piano terreno progetto originale del 1908 della Cavallerizza Caprilli (fonte: Città di Pinerolo).....	17
Figura 12 – Sezione trasversale progetto originale del 1908 della Cavallerizza Caprilli (fonte: Città di Pinerolo).....	18
Figura 13 - Pianta piano terreno e sezione progetto originale del 1908 dei locali esterni la Cavallerizza Caprilli (fonte: Città di Pinerolo) .....	19
Figura 14 - Pianta copertura progetto originale del 1908 della Cavallerizza Caprilli (fonte: Città di Pinerolo).....	19
Figura 15 - Pianta piano terra della Cavallerizza Caprilli allo stato attuale (fonte: Città di Pinerolo)..	20
Figura 16 - Pianta piano primo della Cavallerizza Caprilli allo stato attuale (fonte: Città di Pinerolo)	21
Figura 17 – Prospetto est della Cavallerizza Caprilli allo stato attuale (fonte: Città di Pinerolo).....	21
Figura 18 - Prospetto ovest della Cavallerizza Caprilli allo stato attuale (fonte: Città di Pinerolo) .....	21
Figura 19 – Prospetto nord della Cavallerizza Caprilli allo stato attuale (fonte: Città di Pinerolo).....	22
Figura 20 – Sezione longitudinale della Cavallerizza Caprilli allo stato attuale (fonte: Città di Pinerolo) .....	22
Figura 21 – Sezione trasversale della Cavallerizza Caprilli allo stato attuale (fonte: Città di Pinerolo)	22
Figura 22 – Suddivisione della struttura in macroaree.....	23
Figura 23 - pianta configurazione di utilizzo auditorium .....	25
Figura 24 - pianta configurazione di utilizzo per mostre ed esposizioni.....	27
Figura 25 - pianta configurazione di utilizzo mercatino .....	28
Figura 26 - pianta configurazione di utilizzo concerti in piedi.....	29
Figura 27 - pianta configurazione di utilizzo per attività con animali.....	30
Figura 28 - pianta configurazione di utilizzo sala stampa .....	31
Figura 29 - pianta configurazione di utilizzo tornei .....	31
Figura 30 - pianta configurazione di utilizzo libero .....	32
Figura 31 - pianta piano terreno stato attuale .....	34
Figura 32 - pianta piano primo stato attuale.....	35
Figura 33 - Pianta piano terreno stato in progetto .....	35
Figura 34 - pianta piano primo stato in progetto .....	36
Figura 35 – P.R.G.C. della Città di Pinerolo [11] .....	40
Figura 36 – Sezione trasversale della Cavallerizza Caprilli con individuate le quote di piano.....	42
Figura 37 - Indicazione dei posti a sedere all'interno dello scenario auditorium - mercatino .....	43
Figura 38 - Indicazione delle aree ragionevolmente occupate all'interno dello scenario dedicato a mostre e mercatini .....	45
Figura 39 - Indicazione delle aree dedicate al pubblico in piedi con indicazione del numero massimo di occupanti per area.....	47
Figura 40 - Indicazione delle aree ragionevolmente occupate all'interno dello scenario dedicato alle attività con animali .....	48
Figura 41 - Indicazione dei posti a sedere all'interno della configurazione di utilizzo come sala stampa .....	49

Figura 42 - Indicazione delle aree ragionevolmente occupate all'interno dello scenario dedicato alla sala eventi.....	50
Figura 43 - classificazione aree dell'attività, piano terreno.....	53
Figura 44 - classificazione aree dell'attività, piano primo.....	53
Figura 45- Compartimentazione - [2] - Tabella V.15-3.....	64
Figura 46 - Individuazione delle aree caratterizzanti la struttura.....	64
Figura 47 - Livelli di prestazione - [2] - Tabella S.4.1.....	65
Figura 48- Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione - [2] - Tabella S.4-2.....	65
Figura 49 - Individuazione area influenza roffset.....	86
Figura 50 - Individuazione del locale tecnico dedicato ad ospitare l'impianto.....	95
Figura 51 - Indicazione della resistenza al fuoco delle pareti.....	95
Figura 52 - Cause principali degli incendi negli edifici non residenziali (2013-2022) - [14].....	103
Figura 53 - individuazione scenari di incendio piano terra.....	105
Figura 54 - individuazione scenari di incendio piano primo.....	106
Figura 55 - scenari di incendio auditorium – convegno.....	107
Figura 56 - scenario di incendio concerto parterre.....	107
Figura 57 - scenario di incendio nell'esposizione.....	108
Figura 58 - scenario di incendio nel mercatino.....	108
Figura 59 - scenario di incendio nelle attività con animali.....	109
Figura 60 - scenario di incendio in sala stampa.....	109
Figura 61 - Cavallerizza Caprilli modellata su Revit.....	112
Figura 62 - semplificazione di finestre e copertura nel modello Revit della Cavallerizza Caprilli al fine della simulazione.....	113
Figura 63 - modellazione travatura principale longitudinale e a botte su Revit della Cavallerizza Caprilli.....	113
Figura 64 - modello Revit della Cavallerizza Caprilli importato su PyroSim.....	114
Figura 65 - individuazione delle diverse tipologie di mesh e del focolare nel caso di incendio del palcoscenico.....	116
Figura 66 - Tabella M.2-2 – Focolari predefiniti (fonte: D.M. 03/08/2015 – Codice di Prevenzione Incendi).....	116
Figura 67 - curva RHR scenario incendio del palcoscenico.....	117
Figura 68 - Individuazione delle diverse tipologie di mesh e del focolare nel caso di incendio della caffetteria.....	118
Figura 69 -Curva RHR lavastoviglie [15]- Figura 5.7.b.....	118
Figura 70 - Curva RHR frigorifero [15] - Figura 5.10.a.....	119
Figura 71 - Curva RHR risultante per incendio in caffetteria.....	119
Figura 72 - resa in particolato e monossido di carbonio per focolare caffetteria [15] - Tabella 5.1 ...	120
Figura 73 - individuazione delle diverse tipologie di mesh e del focolare nel caso di incendio nel foyer.....	120
Figura 74 – curva RHR cestino [16].....	121
Figura 75 – Rese di combustione [16].....	121
Figura 76 - individuazione delle diverse tipologie di mesh e del focolare nel caso di incendio di una bancarella (mercatino).....	122
Figura 77 - curva incendio uso commerciale - [17] - Figura 27.....	122
Figura 78- curva RHR risultante per incendio di un banco nell'area multifunzionale.....	123
Figura 79 - individuazione delle diverse tipologie di mesh e del focolare nel caso di incendio di un banco (attività animali).....	123
Figura 80 - individuazione delle diverse tipologie di mesh e del focolare nel caso di incendio di una portatile e sedie (sala stampa).....	124
Figura 81 - Curva RHR risultante per incendio in caffetteria.....	124
Figura 82 - ys e yco focolare sala stampa [18] - Tab. A.39.....	125
Figura 83 - modello della Cavallerizza Caprilli importato su Pathfinder.....	126
Figura 84 - configurazione di base delle room su Pathfinder.....	127
Figura 85 - Profilo adulti, estratto dal programma Pathfinder.....	128



Figura 86 - Profilo addetti, estratto dal programma Pathfinder.....	128
Figura 87 - profilo anziani, estratto dal programma Pathfinder .....	129
Figura 88 - velocità di movimento (fonte: tabella G.4 - ISO/TR 16738).....	129
Figura 89 - geometria parallelepipedo per rappresentare ingombro carrozzina estratto dal programma Pathfinder .....	129
Figura 90 - profilo disabilità motoria, estratto dal programma Pathfinder.....	130
Figura 91 - profilo disabilità cognitiva sensoriale, estratto dal programma Pathfinder .....	130
Figura 92 - profilo addetti, estratto dal programma Pathfinder.....	131
Figura 93 – Definizione dei parametri A, B ed M (fonte: Inail, Metodi del Codice di prevenzione incendi).....	133
Figura 94 - tempo di pre-movimento (fonte: tabella E.2 – ISO/TR 16738).....	133
Figura 95 - disposizione occupanti, scenario concerto, estratto da Pathfinder.....	135
Figura 96 - disposizione occupanti, scenario convegno, estratto da Pathfinder.....	135
Figura 97 - disposizione occupanti, scenario esposizione, estratto da Pathfinder.....	136
Figura 98 - disposizione occupanti, scenario mercatino, estratto da Pathfinder .....	136
Figura 99 - disposizione occupanti, scenario concerto in piedi, estratto da Pathfinder.....	137
Figura 100 - disposizione occupanti, scenario sala stampa, estratto da Pathfinder.....	137
Figura 101 - disposizione occupanti, scenario tornei, estratto da Pathfinder .....	138
Figura 102 - disposizione occupanti, scenario attività con animali, estratto da Pathfinder.....	138
Figura 103 - disposizione occupanti, scenario utilizzo libero, estratto da Pathfinder .....	139
Figura 104 – confronto curva di progetto (a) con curva ottenuta su PyroSim (b) – incendio palcoscenico .....	140
Figura 105 – Esempio controllo sviluppo isosuperficie incendio palcoscenico, 350 s .....	141
Figura 106 - Esempio analisi ostacoli e congestione.....	141
Figura 107 – esempio di integrazione risultati PyroSim e Pathfinder nel caso del focolare del palcoscenico .....	142
Figura 108 – Tempo $t_{det} + t_a$ (fonte: Metodi per l’ingegneria della sicurezza antincendio, INAIL, 2019).....	143
Figura 109 – confronto tra smoke detector di differenti focolari e scenari (dati estratti da PyroSim) 144	
Figura 110 – Disposizione occupanti su Pathinfer nello scenario di un concerto con posti a sedere..	145
Figura 111 – Percorsi intrapresi dagli occupanti su Pathinfer nella configurazione di auditorium ...	146
Figura 112 – Divisione in blocchi degli occupanti su Pathinfer nella configurazione di auditorium .	146
Figura 113 - Percorsi intrapresi dagli occupanti in funzione dei blocchi su Pathinfer nella configurazione di auditorium .....	147
Figura 114 – Uscite assegnate agli addetti su Pathfinder nell’auditorium .....	148
Figura 115 - Soot density visualizzata da una sezione $Y=18.75$ m al tempo $t=50s$ (serramenti totalmente chiusi) .....	150
Figura 116 - Soot density visualizzata da una sezione $Y=18.75$ m al tempo $t=100s$ (serramenti totalmente chiusi) .....	150
Figura 117 - Soot density visualizzata da una sezione $Y=18.75$ m al tempo $t=200s$ (serramenti totalmente chiusi) .....	151
Figura 118 - Soot density visualizzata da una sezione $Y=18.75$ m al tempo $t=300s$ (serramenti totalmente chiusi) .....	151
Figura 119 - Soot density visualizzata da una sezione $Y=18.75$ m al tempo $t=400s$ (serramenti totalmente chiusi) .....	151
Figura 120 - Soot density visualizzata da una sezione $Y=18.75$ m al tempo $t=500s$ (serramenti totalmente chiusi) .....	151
Figura 121 - Soot density visualizzata da una sezione $Y=18.75$ m al tempo $t=600s$ (serramenti totalmente chiusi) .....	151
Figura 122 - Soot density visualizzata da una sezione $Y=18.75$ m al tempo $t=700s$ (serramenti totalmente chiusi) .....	152
Figura 123 – Slice visibilità $Z=2,00$ metri, $t=435s$ (serramenti totalmente chiusi).....	152
Figura 124 - Slice visibilità $Z=2,00$ metri, $t=485s$ (serramenti totalmente chiusi) .....	153
Figura 125 - Slice visibilità $Z=2,00$ metri, $t=535s$ (serramenti totalmente chiusi) .....	153
Figura 126 - Slice visibilità $Z=2,00$ metri, $t=585s$ (serramenti totalmente chiusi) .....	154

Figura 127 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=700s (serramenti totalmente chiusi) .....	154
Figura 128 - Serramenti aperti in copertura pari a 1/40 della superficie in pianta dell'area multifunzionale.....	155
Figura 129 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=435s (serramenti aperti A=1/40 superficie).....	156
Figura 130 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=485s (serramenti aperti A=1/40 superficie).....	156
Figura 131 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=535s (serramenti aperti A=1/40 superficie).....	157
Figura 132 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=585s (serramenti aperti A=1/40 superficie).....	157
Figura 133 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=700s (serramenti aperti A=1/40 superficie).....	157
Figura 134 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=100s (serramenti aperti A=1/40 superficie) .....	158
Figura 135 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=200s (serramenti aperti A=1/40 superficie) .....	158
Figura 136 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=300s (serramenti aperti A=1/40 superficie) .....	158
Figura 137 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=400s (serramenti aperti A=1/40 superficie) .....	158
Figura 138 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=500s (serramenti aperti A=1/40 superficie) .....	159
Figura 139 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=600s (serramenti aperti A=1/40 superficie) .....	159
Figura 140 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=700s (serramenti aperti A=1/40 superficie) .....	159
Figura 141 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=700s (serramenti aperti A=1/40 superficie).....	159
Figura 142 - Serramenti totalmente aperti in copertura.....	160
Figura 143 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=435s (serramenti totalmente aperti).....	160
Figura 144 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=485s (serramenti totalmente aperti).....	161
Figura 145 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=535s (serramenti totalmente aperti).....	161
Figura 146 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=585s (serramenti totalmente aperti).....	161
Figura 147 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=700s (serramenti totalmente aperti).....	162
Figura 148 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=700s (serramenti totalmente aperti).....	162
Figura 149 - Configurazione dei serramenti aperti in facciata .....	163
Figura 150 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=435s (serramenti aperti A=1/40 superficie + serramenti facciata lato corto).....	163
Figura 151 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=700s (serramenti aperti A=1/40 superficie + serramenti facciata lato corto).....	164
Figura 152 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=700s (serramenti aperti A=1/40 superficie + serramenti facciata lato corto).....	164
Figura 153 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=100s (serramenti aperti A=1/40 superficie + serramenti facciata lato corto).....	165
Figura 154 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=200s (serramenti aperti A=1/40 superficie + serramenti facciata lato corto).....	165
Figura 155 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=300s (serramenti aperti A=1/40 superficie + serramenti facciata lato corto).....	165
Figura 156 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=400s (serramenti aperti A=1/40 superficie + serramenti facciata lato corto).....	165
Figura 157 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=500s (serramenti aperti A=1/40 superficie + serramenti facciata lato corto).....	165
Figura 158 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=600s (serramenti aperti A=1/40 superficie + serramenti facciata lato corto).....	166
Figura 159 - Slice visibilità Y=15,00 metri, t=700s (serramenti aperti A=1/40 superficie + serramenti facciata lato corto).....	166
Figura 160 - Isosuperficie soot density 100 s	166
Figura 161 - Isosuperficie soot density 200 s	166
Figura 162 - Isosuperficie soot density 300 s	167
Figura 163 - Isosuperficie soot density 400 s	167
Figura 164 - Isosuperficie soot density 500 s	167
Figura 165 - Isosuperficie soot density 600 s	167
Figura 166 - Isosuperficie soot density 700 s.....	167
Figura 167 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=100s (a) e t=200s (b) - focolare palcoscenico.....	169
Figura 168 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=300s (a) e t=400s (b) - focolare palcoscenico.....	169
Figura 169 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=500s (a) e t=600s (b) - focolare palcoscenico.....	169

Figura 170 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=700 s - focolare palcoscenico .....	170
Figura 171 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=335,5s (a) e t=365,5s (b) - focolare palcoscenico.....	170
Figura 172 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=671s - focolare palcoscenico .....	171
Figura 173 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=100s - focolare palcoscenico.....	171
Figura 174 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=200s - focolare palcoscenico.....	171
Figura 175 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=300s - focolare palcoscenico.....	172
Figura 176 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=400s - focolare palcoscenico.....	172
Figura 177 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=500s - focolare palcoscenico.....	172
Figura 178 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=600s - focolare palcoscenico.....	172
Figura 179 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=700s - focolare palcoscenico.....	172
Figura 180 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=700s - focolare palcoscenico .....	173
Figura 181 - Slice temperatura Y=22,50 metri, t=700s - focolare palcoscenico.....	173
Figura 182 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=350s (a) e t=700s (b) - focolare caffetteria.....	173
Figura 183 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=700s - focolare caffetteria .....	174
Figura 184 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=700s - focolare caffetteria.....	174
Figura 185 - Slice temperatura Y=22,50 metri, t=700s - focolare caffetteria .....	174
Figura 186 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=700s - focolare foyer .....	175
Figura 187 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=700s - focolare foyer .....	175
Figura 188 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=607s, focolare palcoscenico (a) e focolare caffetteria (b) .....	176
Figura 189 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=607s, focolare palcoscenico (a) e focolare caffetteria (b).....	176
Figura 190 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=572s, focolare palcoscenico (a) e focolare caffetteria (b) .....	177
Figura 191 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=572s, focolare palcoscenico (a) e focolare caffetteria (b).....	177
Figura 192 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=586,6s, focolare palcoscenico (a) e focolare caffetteria (b) .....	178
Figura 193 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=586,6s, focolare palcoscenico (a) e focolare caffetteria (b).....	178
Figura 194 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=100s (a) e t=200s (b) - focolare banco in configurazione attività con animali.....	178
Figura 195 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=300s (a) e t=400s (b) - focolare banco in configurazione attività con animali.....	179
Figura 196 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=500s (a) e t=600s (b) - focolare banco in configurazione attività con animali.....	179
Figura 197 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=700 s - focolare banco in configurazione attività con animali.....	179
Figura 198 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=100s - focolare banco in configurazione attività con animali.....	179
Figura 199 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=200s - focolare banco in configurazione attività con animali.....	180
Figura 200 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=300s - focolare banco in configurazione attività con animali.....	180
Figura 201 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=400s - focolare banco in configurazione attività con animali.....	180
Figura 202 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=500s - focolare banco in configurazione attività con animali.....	180
Figura 203 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=600s - focolare banco in configurazione attività con animali.....	180
Figura 204 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=700s - focolare banco in configurazione attività con animali.....	181
Figura 205 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=700s - focolare banco in configurazione attività con animali.....	181

Figura 206 - Slice temperatura Y=22,50 metri, t=700s - focolare banco in configurazione attività con animali.....	181
Figura 207 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=577 s - focolare palcoscenico .....	182
Figura 208 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=577s - focolare palcoscenico .....	182
Figura 209 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=100s (a) e t=200s (b) - focolare banco in configurazione mercatino.....	182
Figura 210 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=300s (a) e t=400s (b) - focolare banco in configurazione mercatino.....	183
Figura 211 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=500s (a) e t=600s (b) - focolare banco in configurazione mercatino .....	183
Figura 212 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=700 s - focolare banco in configurazione mercatino ....	183
Figura 213 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=100s - focolare banco in configurazione mercatino ...	183
Figura 214 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=200s - focolare banco in configurazione mercatino ..	184
Figura 215 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=300s - focolare banco in configurazione mercatino ...	184
Figura 216 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=400s - focolare banco in configurazione mercatino...	184
Figura 217 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=500s - focolare banco in configurazione mercatino...	184
Figura 218 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=600s - focolare banco in configurazione mercatino ..	184
Figura 219 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=700s - focolare banco in configurazione mercatino ...	185
Figura 220 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=700s - focolare banco in configurazione mercatino	185
Figura 221 - Slice temperatura Y=22,50 metri, t=700s - focolare banco in configurazione mercatino .....	185
Figura 222 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=574s, focolare palcoscenico (a) e focolare caffetteria (b) .....	186
Figura 223 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=574s, focolare palcoscenico (a) e focolare caffetteria (b) .....	186
Figura 224 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=543,6 s - focolare palcoscenico .....	187
Figura 225 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=543,6 s - focolare palcoscenico .....	187
Figura 226 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=350s (a) e t=700s (b) - focolare sala stampa.....	187
Figura 227 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=100s - focolare sala stampa.....	188
Figura 228 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=200s - focolare sala stampa.....	188
Figura 229 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=300s - focolare sala stampa.....	188
Figura 230 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=400s - focolare sala stampa.....	188
Figura 231 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=500s - focolare sala stampa.....	188
Figura 232 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=600s - focolare sala stampa.....	189
Figura 233 - Slice visibilità Y=22,50 metri, t=700s - focolare sala stampa.....	189
Figura 234 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=350s (a) e t=700s (b) - focolare sala stampa.....	189
Figura 235 - Slice temperatura Y=22,50 metri, t=350s - focolare sala stampa.....	189
Figura 236 - Slice temperatura Y=22,50 metri, t=700s - focolare sala stampa.....	190
Figura 237 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=593 s - focolare palcoscenico .....	190
Figura 238 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=593 s - focolare palcoscenico .....	190
Figura 239 - Slice visibilità Z=2,00 metri, t=543,6 s - focolare palcoscenico .....	191
Figura 240 - Slice temperatura Z=2,00 metri, t=543,6 s - focolare palcoscenico .....	191
Figura 241 - Densità oscuramento dello smoke detector del foyer rispetto al tempo .....	193
Figura 242 - Temperatura focolare nel foyer nel tempo.....	194
Figura 243 - Posizionamento sensori all'interno del foyer .....	194
Figura 244 - Temperatura all'interno del foyer nel tempo.....	195
Figura 245 - Visibilità all'interno del foyer nel tempo .....	195
Figura 246 - Dettaglio slice temperatura nel foyer a z=2,00 m, t=400 s (estratto da simulazione PyroSim).....	196
Figura 247 - Dettaglio slice temperatura nel foyer a z=2,00 m, t=450 s (estratto da simulazione PyroSim).....	196
Figura 248 - Dettaglio slice visibilità nel foyer a z=2,00 m, t=325 s (estratto da simulazione PyroSim) .....	197

Figura 249 - Dettaglio slice visibilità nel foyer a $z=2,00$ m, $t=380$ s (estratto da simulazione PyroSim)	197
Figura 250 - Dettaglio slice temperatura nel foyer a $z=5,00$ m, $t=700$ s (estratto da simulazione PyroSim)	198
Figura 251 - Dettaglio slice visibilità nel foyer a $z=5,00$ m, $t=470$ s (estratto da simulazione PyroSim)	198
Figura 252 - Dettaglio slice visibilità nel foyer a $z=5,00$ m, $t=540$ s (estratto da simulazione PyroSim)	198
Figura 253 - posizionamento occupanti piano primo del foyer (estratto da simulazione Pathfinder)	199
Figura 254 - posizionamento occupanti piano terra del foyer (estratto da simulazione Pathfinder)	199
Figura 255 - behaviors assegnati agli occupanti del foyer (parametri simulazione Pathfinder)	200
Figura 256 - Curve nominali incendio di progetto tempo-temperatura [19]- § 3.6.1.5.1	202
Figura 257 - Curve di riduzione delle caratteristiche meccaniche [20]	203
Figura 258 - Posizionamento sonde temperatura in corrispondenza della trave reticolare	204
Figura 259 - Curva tempo-temperatura sonda 1 (serramenti tutti chiusi)	205
Figura 260 - Curva tempo-temperatura sonda 2 (serramenti tutti chiusi)	206
Figura 261 - Curva tempo-temperatura sonda 3 (serramenti tutti chiusi)	206
Figura 262 - Curva tempo-temperatura sonda 4 (serramenti tutti chiusi)	206
Figura 263 - Confronto curve nominali con curve tempo- temperatura sonde (serramenti totalmente chiusi)	207
Figura 264 - Confronto curve nominali con curve tempo- temperatura sonde (serramenti aperti $A=1/40$ superficie di copertura +porzione facciata lato corto)	208
Figura 265 - Slice temperatura $X=40,00$ metri, $t=350$ s (serramenti totalmente chiusi)	209
Figura 266 - Slice temperatura $X=40,00$ metri, $t=450$ s (serramenti totalmente chiusi)	210
Figura 267 - Slice temperatura $X=40,00$ metri, $t=550$ s (serramenti totalmente chiusi)	210
Figura 268 - Slice temperatura $X=40,00$ metri, $t=650$ s (serramenti totalmente chiusi)	210
Figura 269 - Slice temperatura $X=40,00$ metri, $t=350$ s (serramenti aperti $A=1/40$ superficie + facciata lato corto)	211
Figura 270 - Slice temperatura $X=40,00$ metri, $t=450$ s (serramenti aperti $A=1/40$ superficie + facciata lato corto)	211
Figura 271 - Slice temperatura $X=40,00$ metri, $t=550$ s (serramenti aperti $A=1/40$ superficie + facciata lato corto)	211
Figura 272 - Slice temperatura $X=40,00$ metri, $t=650$ s (serramenti aperti $A=1/40$ superficie + facciata lato corto)	211
Figura 273 - Sezione $X=34,00$ metri, individuazione posizione sonde temperatura	212
Figura 274 - Temperatura massima sotto la trave (punto critico)	213
Figura 275 - Temperatura massima sopra la trave (punto critico)	213
Figura 276 - curva RHR input per le simulazioni strutturali	214
Figura 277 - valori di temperatura mediati su intervalli temporali di 30 secondi, sonde per la valutazione della temperatura massima	214
Figura 278 - Temperatura di ignizione di diverse essenze di legno - [21]	215



## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Tabella M.3-2 – Esempi di soglie di prestazione impiegabili con il metodo di calcolo avanzato [2].....	10
Tabella 2– Massimo numero di sedili mobili per fila del settore, [2] - Tabella S.4-10.....	24
Tabella 3 - Attività n. 65 [10].....	37
Tabella 4 - Attività n. 72 [10].....	37
Tabella 5 – Caratteristiche prevalenti degli occupanti - [2] -Tabella G.3-1 .....	38
Tabella 6– Velocità caratteristica prevalente di crescita dell’incendio - [2]- Tabella G.3-2.....	39
Tabella 7– Determinazione di <i>Rvita</i> - [2] - Tabella G.3-3 .....	39
Tabella 8 – Determinazione di <i>Rbeni</i> - [2] -Tabella G.3-5 .....	40
Tabella 9 – Riepilogo profili di rischio individuati per l’attività secondo Codice di Prevenzione Incendi.....	40
Tabella 10– Criteri per tipologia di attività - [2] - Tabella S.4-13 .....	43
Tabella 11 – Definizione del numero di addetti presenti all’interno dell’attività.....	44
Tabella 12 – Definizione dell’affollamento totale per lo scenario auditorium - convegno.....	44
Tabella 13– Densità di affollamento per tipologia di attività - [2]- Tabella S.4-12 .....	45
Tabella 14 – Calcolo numero di occupanti nello scenario di utilizzo per mostre ed esposizioni.....	46
Tabella 15 - Definizione dell’affollamento totale per lo scenario mostre ed esposizioni .....	46
Tabella 16 - Calcolo numero di occupanti nello scenario di utilizzo per concerti che prevedono pubblico in piedi.....	47
Tabella 17 - Definizione dell’affollamento totale per lo scenario concerto con pubblico in piedi .....	48
Tabella 18 - Calcolo numero di occupanti nello scenario di utilizzo per attività con animali .....	48
Tabella 19 - Definizione dell’affollamento totale per lo scenario di utilizzo per attività con animali..	49
Tabella 20 - Definizione dell’affollamento totale per lo scenario di utilizzo per sala stampa .....	49
Tabella 21 - Calcolo numero di occupanti nello scenario di utilizzo per sala eventi .....	50
Tabella 22 - Definizione dell’affollamento totale per lo scenario di utilizzo per sala eventi.....	50
Tabella 23– Larghezze unitarie per vie d’esodo orizzontali - [2] - Tabella S.4-27.....	51
Tabella 24 – Riepilogo delle densità di affollamento calcolate.....	51
Tabella 25 - Classificazione delle aree interne la struttura secondo V.15.3 e superficie lorda .....	52
Tabella 26 - Classificazione delle aree esterne la struttura secondo V.15.3 e superficie lorda.....	53
Tabella 27– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione alle vie d’esodo dell’attività - [2]- Tabella S.1-2 .....	54
Tabella 28– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione ad altri locali dell’attività - [2] - Tabella S.1-3 .....	54
Tabella 29 – Livelli di prestazione [2] - Tabella S.1-1.....	54
Tabella 30 – Classificazione in gruppi per arredamento, scenografia, tendoni per coperture - [2]- Tabella S.1.5.....	55
Tabella 31– Classificazione in gruppi di materiali per rivestimento e completamento - [2]- Tabella S.1-6.....	55
Tabella 32– Classificazione in gruppi di materiali per l’isolamento - [2] - Tabella S.1-7 .....	55
Tabella 33– Classificazione in gruppi di materiali per impianti - [2]- Tabella S.1-8.....	56
Tabella 34– Livelli di prestazione - [2]- Tabella S.2-1 .....	57
Tabella 35– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione - [2] - Tabella S.2-2 .....	57
Tabella 36– Classe minima di resistenza al fuoco - [2]– Tabella S.2-3 .....	58
Tabella 37– Classe di resistenza al fuoco - [2]- Tabella V.15-1 .....	58
Tabella 38– Parametri per la definizione del fattore $\delta q_1$ - [2] - Tabella S.2-6.....	59
Tabella 39– Parametri per la definizione del fattore $\delta q_2$ - [2] - Tabella S.2-7.....	59
Tabella 40– Parametri per la definizione dei fattori $\delta n$ - [2] - Tabella S.2-8.....	60
Tabella 41 – Carico di incendio specifico e di progetto definiti per ogni configurazione di utilizzo ...	61
Tabella 42 - Densità di carico di incendio da UNI EN 1991-1-2 - [2] -Tabella S.2-10 .....	62
Tabella 43– Livelli di prestazione - [2]- Tabella S.3-1 .....	63
Tabella 44– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione - [2] - Tabella S.3-2 .....	63
Tabella 45 - Riepilogo delle densità di affollamento calcolate .....	65

Tabella 46– Numero minimo di uscite indipendenti da locale o spazio a cielo libero - [2] - Tabella S.4-15 .....	66
Tabella 47– Larghezze unitarie per vie d’esodo orizzontali - [2] - Tabella S.4-27 .....	67
Tabella 48– Larghezze minime per vie d’esodo orizzontali - [2] - Tabella S.4-8 .....	68
Tabella 49– Larghezze unitarie per vie d’esodo verticali - [2] - Tabella S.4-29 .....	68
Tabella 50– Incremento larghezza unitaria delle scale d’esodo in relazione ai gradini - [2] - Tabella S.4-30 .....	69
Tabella 51– Larghezze minime per vie d’esodo verticali - [2] - Tabella S.4-32 .....	69
Tabella 52– Caratteristiche delle porte ad apertura manuale lungo le vie d’esodo - [2] - Tabella S.4-6 .....	70
Tabella 53– Numero minimo di uscite indipendenti da locale o spazio a cielo libero - [2] - Tabella S.4-25 .....	70
Tabella 54– Parametri per la definizione dei fattori $\delta m, i$ - [2] - Tabella S.4-38 .....	71
Tabella 55– Livelli di prestazione - [2] - Tabella S.5-1 .....	72
Tabella 56– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione - [2] - Tabella S.5-2 .....	72
Tabella 57– Soluzioni conformi per il livello di prestazione III - [2] - Tabella S.5-5 .....	73
Tabella 58– Norme e TS per verifica, controllo e manutenzione di impianti e attrezzature antincendio - [2]- Tabella S.5-8 .....	74
Tabella 59– Preparazione all’emergenza - [2] - Tabella S.5-9 .....	75
Tabella 60– Livelli di prestazione - [2]- Tabella S.6-1 .....	78
Tabella 61– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione - [2] - Tabella S.6-2 .....	78
Tabella 62– Livelli di prestazione per controllo dell’incendio - [2]- Tabella V.15-4 .....	79
Tabella 63– Classi dei fuochi secondo la norma europea EN 2 ed agenti estinguenti - [2] - Tabella S.6-4 .....	79
Tabella 64– Criteri per l’installazione degli estintori di classe A - [2] - Tabella S.6-5 .....	80
Tabella 65– Livelli di prestazione - [2] - Tabella S.7-1 .....	81
Tabella 66– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione - [2] - Tabella S.7-2 .....	81
Tabella 67– Livelli di prestazione per rivelazione ed allarme - [2] - Tabella V.15-7 .....	82
Tabella 68– Aree di installazione del sistema EVAC - [2] - Tabella V.15-8 .....	82
Tabella 69– Funzioni principali degli IRAI secondo EN 54-1 e UNI 9795 - [2] - Tabella S.7-5 .....	82
Tabella 70 – Funzioni secondarie degli IRAI secondo EN 54-1 e UNI 9795 - [2] - Tabella S.7-5 .....	83
Tabella 71 – Soluzioni conformi per rivelazione ed allarme incendio - [2] - Tabella S.7-3 .....	83
Tabella 72– Livelli di prestazione - [2] - Tabella S.8-1 .....	84
Tabella 73– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione - [2] - Tabella S.8-2 .....	84
Tabella 74– Livelli di prestazione per il controllo fumi e calore - [2] - Tabella V.15-9 .....	84
Tabella 75– Tipi di realizzazione delle aperture di smaltimento - [2] - Tabella S.8-4 .....	85
Tabella 76– Tipi di dimensionamento per le aperture di smaltimento - [2] - Tabella S.8-5 .....	85
Tabella 77– Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione - [2] - Tabella S.9-2 .....	87
Tabella 78– Livelli di prestazione - [2] - Tabella S.9-1 .....	87
Tabella 79– Autonomia minima ed interruzione dell’alimentazione elettrica di sicurezza - [2] - Tabella S.10-2 .....	90
Tabella 80 – Riepilogo dei livelli di prestazione per ogni strategia e ogni scenario .....	92
Tabella 81 - Criteri di assoggettabilità [12] .....	94
Tabella 82 – Altezza minima del locale in funzione della portata termica [12] .....	95
Tabella 83– Murature non portanti in blocchi di laterizio (Requisiti E, I, M) - [2] - Tabella S.2-40 .....	96
Tabella 84 – Parametri calcolo aperture di reazione [12] .....	97
Tabella 85 - soglie associate ai livelli di prestazione secondo ISO 13571 e ISO/TR 16738 .....	100
Tabella 86 - Interventi di soccorso urgente effettuati dal C.N.V.V.F. inerenti alle cause [13] .....	101
Tabella 87 - Interventi di soccorso urgente effettuati dal C.N.V.V.F. inerenti alle sostanze [13] .....	102
Tabella 88 - riassuntivo scenari di progetto .....	110
Tabella 89 - riassuntivo scenari di incendio di progetto .....	110
Tabella 90 - Riepilogo parametri input focolari di progetto .....	125
Tabella 91 - definizione del numero di occupanti in funzione della tipologia e dello scenario .....	131
Tabella 92 – definizione del numero di lavoratori in funzione della tipologia .....	131



---

Tabella 93 - calcolo della tipologia di occupanti espressa in termini percentuali .....	132
Tabella 94 - calcolo della tipologia di lavoratori espressa in termini percentuali .....	132
Tabella 95 – Definizione del comportamento degli occupanti nella fase di pre-movimento in funzione delle percentili .....	134
Tabella 96- Tempi di rivelazione (estratti dalle simulazioni PyroSim).....	143
Tabella 97 - Impatto delle misure gestionali su RSET .....	149
Tabella 98 - Confronto tra curve nominali e curve tempo-temperatura registrate dalle sonde (serramenti totalmente chiusi) .....	208
Tabella 99 - Confronto tra curve nominali e curve tempo-temperatura registrate dalle sonde (serramenti aperti A=1/40 superficie di copertura +porzione facciata lato corto) .....	209
Tabella 100 - Murature portanti in blocchi (Requisiti R, E, I, M) - [2] - Tabella S.2-44.....	216



## BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- [1] Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, «La Storia del Corpo,» [Online]. Available: <https://www.vigilfuoco.it/chi-siamo/memoria-storica/la-storia-del-corpo>.
- [2] Ministero dell'Interno, Dipartimento dei Vigili del fuoco, del Soccorso pubblico e della Difesa civile, Direzione centrale per la Prevenzione e la Sicurezza tecnica, «Testo coordinato dell'allegato I del DM 3 agosto 2015 - Codice di prevenzione incendi,» 03/08/2015.
- [3] ISO/TR 13387, *Fire Safety Engineering*.
- [4] Turismo Torino e Provincia, «Cavallerizza Caprilli - Opera d'arte a cielo aperto,» [Online]. Available: <https://turismotorino.org/it/visita/cosa-fare-e-vedere/musei-e-cultura/cavallerizza-caprilli>.
- [5] Percorsi Pinerolo, «Cavallerizza Caprilli,» [Online]. Available: [https://percorsipinerolo.it/it05\\_04-cavallerizza-caprilli/](https://percorsipinerolo.it/it05_04-cavallerizza-caprilli/).
- [6] Laboratorio Alte Valli, «Cavallerizza Caprilli,» [Online]. Available: <https://www.laboratorioaltevalli.it/cavallerizza-caprilli>. [Consultato il giorno 2024].
- [7] R. Caffaro, A. Barbero, M. Fenoglio, M. Drago, Pinerolo Passato & Presente, Borgaro Torinese: Canale Arte, 2009.
- [8] Film Commission Torino Piemonte, «Cavallerizza Caprilli,» [Online]. Available: [https://www.fctp.it/location\\_item.php?id=4302](https://www.fctp.it/location_item.php?id=4302).
- [9] Google Maps, «Cavallerizza Caprilli,» [Online]. Available: [https://www.google.it/maps/place/Cavallerizza+Caprilli/@44.8883856,7.3343477,16z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x4788251c78afd019:0x563d12a6c97d9f53!8m2!3d44.8883856!4d7.3343477!16s%2Fg%2F1q5bm8zfk?entry=tту&g\\_ep=EgoyMDI1MDEyOS4xIKXMDSoASAFQAw%3D%3D](https://www.google.it/maps/place/Cavallerizza+Caprilli/@44.8883856,7.3343477,16z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x4788251c78afd019:0x563d12a6c97d9f53!8m2!3d44.8883856!4d7.3343477!16s%2Fg%2F1q5bm8zfk?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MDEyOS4xIKXMDSoASAFQAw%3D%3D).
- [10] Allegato I - D.P.R. 151/2011, *Elenco delle attività soggette alle visite e ai controlli di prevenzione incendi*.
- [11] Città di Pinerolo, «Piano Regolatore Generale Comunale,» [Online]. Available: <https://comunepinerolo.nextshare.csi.it/s/3GB9sH54PRHoXPY?dir=undefined&path=%2FProgrammi%20Preliminare%20in%20salvaguardia%20dal%2030-06-2021%20al%2029-06-2024%2FTavole%20zonizzazione%20urbanistica&openfile=154964>.
- [12] D.M. 08/11/2019, *Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la realizzazione e l'esercizio degli impianti per la produzione di calore alimentati da combustibili gassosi*.
- [13] Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, «Annuario Statistico 2024».
- [14] U.S. Fire Administration, «Nonresidential Building Fire Causes (2013-2022),» [Online]. Available: <https://www.usfa.fema.gov/statistics/nonresidential-fires/causes.html>.
- [15] Jukka Hietaniemi, Johan Mangs, Tuula Hakkarainen, «Burning of Electrical Household Appliances – An Experimental Study».
- [16] National Fire Research Laboratory, «Multiple Item Transient Combustion Calorimetry - Test36\_2Trashcan\_r2,» [Online]. Available: <https://www.nist.gov/el/fcd/multiple-item-transient-combustion-calorimetry/test362trashcanr2>.
- [17] Jukka Hietaniemi, Esko Mikkola, *Design Fires for Fire Safety Engineering*.
- [18] *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Fifth Edition*, Springer, 2016.
- [19] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, *Norme Tecniche per le Costruzioni*, D.M. 17 gennaio 2018.
- [20] Fondazione Promozione Acciaio, «Nomogramma – metodo di valutazione resistenza al fuoco di strutture in acciaio,» [Online]. Available:

<https://www.promozioneacciaio.it/pubblicazioni/nomogramma-metodo-di-valutazione-resistenza-al-fuoco-di-strutture-in-acciaio/>.

- [21] Long Shi, Michael Yit Lin Chew,, *Experimental study of woods under external heat flux by spontaneous ignition - Ignition time and mass loss rate.*
- [22] D.P.R. 29 luglio 1982 n. 577, *Approvazione del regolamento concernente l'espletamento dei servizi di prevenzione e di vigilanza antincendi.*