



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea in Ingegneria Edile

Anno accademico 2022/2023

Sessione di Laurea Luglio 2023

La progettazione della sicurezza antincendio per le attività di pubblico spettacolo con applicazioni di Fire Safety Engineering

Relatore:

Prof. Ing. Roberto Vancetti

Correlatore:

Ing. Fulvio Biancorosso

Candidata:

Gaia Valente

ABSTRACT

Il settore dello spettacolo e dell'intrattenimento si è evoluto e trasformato offrendo situazioni diverse ed ingegnose. Ciò ha reso complessa la classificazione delle attività in un quadro preciso e definito. La varietà e la diversità degli eventi organizzati, degli obiettivi e dei luoghi in cui si svolgono hanno sempre reso difficile definire in modo univoco quando un ambito¹ possa essere considerato "locale di pubblico spettacolo". Pertanto, si è svolta una ricerca storica di dove fosse presente tale termine, validata dal Ministero degli Interni che ha pubblicato un testo coordinato per le procedure di pubblico spettacolo ad aprile 2023.

Si è analizzato come caso studio un'arena, con progettazione antincendio in accordo al Codice di Prevenzione Incendi e seguendo le linee guida della Green Guide ma anche utilizzando i metodi della F.S.E. per individuare l'idoneità di soluzioni progettuali alternative.

Inoltre, dal ritorno di esperienza del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Torino, si è riscontrata la necessità di approfondire le condizioni degradate del sistema di esodo, con focus sulle uscite finali. Questo modus operandi, oltre che garantire un livello elevato di sicurezza e di prevenzione per l'incolumità delle persone, permetterebbe di massimizzare i guadagni del gestore con una valutazione del rischio a monte per diversi potenziali "pericoli".

¹ D.M. 3 Agosto 2015 "Ambito: porzione delimitata dell'attività avente la caratteristica o la qualità descritta nella specifica misura. L'ambito può riferirsi all'intera attività o a parte di essa. Ad esempio: piano, compartimento, opera da costruzione, area a rischio specifico, area all'aperto, area sotto tettoia, ..."

ABSTRACT

The performing arts and entertainment sector has evolved and transformed, offering diverse and ingenious situations. This has made it complex to classify activities into a precise and defined framework. The variety and diversity of organized events, objectives and venues have always made it difficult to unambiguously define when an area can be considered a "public entertainment venue." Therefore, historical research of where this term existed was conducted and validated by the Ministry of the Interior, which published a coordinated text for public entertainment procedures in April 2023.

An arena was analyzed as a case study, with fire design in accordance with the Fire Prevention Code and following the Green Guide guidelines but also using F.S.E. methods to identify the suitability of alternative design solutions.

In addition, from the return of experience of the Turin Provincial Fire Department, it was found that there was a need to investigate in depth the degraded conditions of the exit system, with a focus on the final exits. This *modus operandi*, in addition to ensuring a high level of safety and prevention for the safety of people, would maximize the operator's gains with an upstream risk assessment for various potential "hazards."

INDICE

1	Introduzione.....	1
2	Le manifestazioni pubbliche e il locale di pubblico spettacolo.....	3
3	Un campo sportivo è un locale di pubblico spettacolo.....	9
4	Progettazione antincendio nella normativa nazionale.....	13
4.1	Le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi.....	13
4.2	Il codice di prevenzione incendi.....	14
4.2.1	La struttura del codice.....	16
4.2.2	L'approccio prestazionale.....	17
4.3	L'approccio prestazionale per la progettazione del sistema di esodo.....	18
5	Green Guide 2018.....	23
5.1	Lo scopo principale della Green Guide: “promuovere i più alti standard possibili di safety e confort”.....	23
5.2	Equilibrio tra gestione della sicurezza e design.....	25
5.3	Calcolo della capacità di sicurezza.....	25
5.3.1	La valutazione della capacità di sicurezza.....	25
5.3.2	I fattori (p) e (s).....	30
5.3.3	Sistemazione seduta – calcolo della capacità di contenimento.....	31
5.3.4	Sistemazione in piedi – il processo di calcolo della capacità di contenimento.....	31
5.3.5	Calcolo della capacità di ingresso.....	32
5.3.6	Calcolo della capacità di uscita.....	33
5.3.7	Calcolo della capacità di uscita di emergenza.....	33
5.4	Modellazione della simulazione della folla.....	35
5.5	Lo stewarding.....	35
6	Progettazione nella green guide 2018.....	39
6.1	Introduzione.....	39
6.2	Zonizzazione.....	40
6.3	Progettazione dell'ingresso.....	41

6.4	Progettazione dei collegamenti verticali	45
6.5	Barriere perimetrali del campo o dell'area di attività	48
6.6	Progettazione degli atri e dei vomitori.....	49
6.7	Progettazione delle uscite	51
6.8	Progettazione dei posti a sedere.....	52
6.9	Progettazione della sicurezza antincendio	59
7	Caso studio	65
7.1	Introduzione.....	65
7.2	L'arena.....	65
7.3	Localizzazione e zonizzazione	69
7.4	Calcolo della capacita' finale (green guide)	71
7.4.1	Calcolo del numero totale di posti a sedere utilizzabili.....	72
7.4.2	Calcolo della capacita' di contenimento delle aree sedute	72
7.4.3	Calcolo della capacita' di contenimento dell'area in piedi.....	73
7.4.4	Calcolo della capacita' di contenimento dell'arena.....	74
7.4.5	Calcolo della capacita' di ingresso dell'arena	75
7.4.6	Calcolo della capacita' di uscita.....	75
7.4.7	Calcolo della capacita' di uscita di emergenza.....	77
7.4.8	Calcolo della capacita' finale	78
7.5	Progettazione antincendio.....	78
7.5.1	Riferimenti normativi	78
7.5.2	Premessa e finalita' del progetto	78
7.5.3	Valutazione rischio incendio dell'attivitа'	80
7.5.4	Reazione al fuoco	84
7.5.5	Resistenza al fuoco	87
7.5.6	Compartimentazione.....	89
7.5.7	Esodo	92
7.5.8	Gestione della sicurezza antincendio	92
7.5.9	Controllo dell'incendio	100
7.5.10	Rivelazione ed allarme.....	103
7.5.11	Controllo di fumi e calore.....	105

7.5.12 Operatività antincendio	108
7.5.13 Sicurezza impianti tecnologici.....	109
8 Soluzione alternativa con la progettazione prestazionale.....	111
8.1 Obiettivi dello studio	111
8.2 Codifica degli elementi modellati.....	113
8.3 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale.....	118
8.3.1 Incendio.....	118
8.3.2 Durata degli scenari d'incendio di progetto.....	120
8.3.3 Attività	121
8.3.4 Occupanti	122
8.4 Calcolo di aset	123
8.4.1 Modellazione in pyrosim.....	123
8.4.2 Generazione degli output mediante l'utilizzo di un programma in python.....	132
8.4.3 Risultati	136
8.5 Calcolo di rset.....	142
8.5.1 Caratterizzazione del modello di esodo.....	142
8.5.2 Stima del tempo di rivelazione, allarme e pre-movimento	147
8.5.3 Stima del tempo di movimento con l'ausilio della modellazione avanzata	150
8.5.4 Stima di rset.....	151
9 Condizioni degradate delle uscite finali ai fini della continuità di esercizio.....	155
9.1 Introduzione.....	155
9.2 Come si inseriscono le condizioni degradate nel d.lgs 81/08	157
9.3 Le condizioni degradate nel caso studio	160
9.3.2 Condizioni degradate al piano parterre.....	162
9.3.3 Condizioni degradate al piano primo.....	167
9.3.4 Condizioni degradate al piano secondo	172
9.4 Considerazioni finali	178
Conclusioni e sviluppi futuri.....	179
Sitografia.....	183
Bibliografia	184
Riferimenti normativi	185
Indice delle tabelle	187

Indice delle figure.....189

1 INTRODUZIONE

La progettazione antincendio deve essere considerata una vera e propria progettazione integrata, che richiede un'attenta analisi e pianificazione fin dalle prime fasi di sviluppo del progetto e non come un semplice adempimento normativo da affrontare in un secondo momento. L'adozione delle misure preventive e delle soluzioni antincendio adeguate può avere un impatto significativo sulla sicurezza delle persone e sulla protezione delle strutture, allo stesso tempo può influire sulla gestione dell'edificio.

L'obiettivo principale della presente tesi è quello di analizzare e verificare l'efficacia della progettazione antincendio nelle manifestazioni e nelle attività di pubblico spettacolo. In particolare, si intende valutare l'applicazione delle disposizioni normative previste dal Codice di Prevenzione Incendi e dalla regola tecnica verticale, nonché delle linee guida fornite dalla Green Guide.

La finalità è quella di valutare l'efficacia della progettazione antincendio in relazione alla sicurezza delle persone durante le manifestazioni e di individuare eventuali aree di miglioramento. Attraverso questa analisi, si cercherà di fornire contributi utili per ottimizzare la progettazione e la gestione delle manifestazioni di pubblico spettacolo, garantendo un alto livello di sicurezza e prevenzione incendi, nel rispetto delle disposizioni normative e delle linee guida applicabili.

Partendo da tali presupposti, lo studio *Gae Engineering* ha fornito le piante e le sezioni del progetto che verrà analizzato come caso di studio. Si tratta di un'arena, un edificio multifunzionale ai sensi della regola tecnica verticale numero quindici. L'analisi del caso studio ha permesso di formulare considerazioni specifiche in materia di sicurezza antincendio.

Sono stati svolti ulteriori studi focalizzati sul sistema di esodo e sull'indisponibilità delle uscite finali. Questi aspetti specifici sono stati analizzati per comprendere le sfide e le possibili soluzioni relative alla sicurezza delle vie di fuga e alla gestione dell'evacuazione in situazioni di emergenza. L'obiettivo è stato quello di individuare le criticità al fine di proporre strategie efficaci per garantire una progettazione del sistema di esodo e una gestione efficiente dei flussi di occupanti.

Attraverso l'approfondimento di queste tematiche, si è cercato di mettere in evidenza l'importanza della progettazione antincendio come parte integrante del processo di

sviluppo di un progetto e gestione della struttura. L'analisi dell'edificio multifunzionale e lo studio specifico del sistema di esodo e delle uscite finali hanno contribuito a fornire un quadro completo delle sfide e delle opportunità connesse alla sicurezza antincendio, consentendo di adottare soluzioni adeguate e di massimizzare la protezione delle persone, preservando al contempo l'efficienza operativa. Si sono infatti prese in considerazione anche delle situazioni particolari in cui possono venir meno i requisiti minimi di sicurezza o indisponibilità temporanea di percorsi d'esodo o uscite finali. Tali stati si sono denominati "condizioni degradate".

2 LE MANIFESTAZIONI PUBBLICHE E IL LOCALE DI PUBBLICO SPETTACOLO

Il vocabolario Treccani definisce in questo modo il termine manifestazione: “Spettacolo pubblico, destinato a largo concorso di popolo: una m. artistica, musicale, pirotecnica; m. sportiva, complesso di gare o di incontri sportivi tenuti in luogo pubblico.”

Le manifestazioni pubbliche sono diverse e ingegnose, tra i siti impiegati per lo svolgimento dei grandi eventi si distinguono diverse tipologie in funzione delle soluzioni infrastrutturali e di ambientazione caratterizzati da pericoli diversi con i relativi riferimenti normativi per la sicurezza. Vanno dai concerti nei Palasport, in spiaggia, nelle piazze ma anche negli aeroporti, spettacoli teatrali di ogni genere, competizioni sportive come partite di calcio, tennis, atletica leggera dove il pubblico partecipa.

Anche se alcuni dei siti impiegati per l'organizzazione delle manifestazioni potrebbero comportare pericoli maggiori, l'approccio corretto non è quello di vietare gli allestimenti temporanei e gli eventi in tali spazi ma quello di adottare una metodologia “know how” riconducendo il tutto a condizioni di rischio minimo accettabile, ovvero adottando specifiche misure di sicurezza, atte a compensare gli aggravi di rischio.



Figura 1: Concerto dei Muse allo stadio Olimpico di Torino, 2013 (Fonte: Ing. F. Biancorosso)



Figura 2: Concerto di Vasco Rossi allo stadio Olimpico di Torino, 2018 (Fonte: Gaia Valente)



Figura 3: UEFA Nations League Italia-Belgio, allo Juventus Stadium, ottobre 2021 (Fonte: Gaia Valente)



Figura 4: Concerto di Ligabue nel 2022 a Campovolo, Aeroporto di Reggio Emilia (Fonte: Gaia Valente)



Figura 5: Concerto di Cremonini nel 2022 allo stadio Olimpico, Torino (Fonte: Gaia Valente)



Figura 6: Jova Beach Party nel 2022, Barletta (Fonte: Gaia Valente)

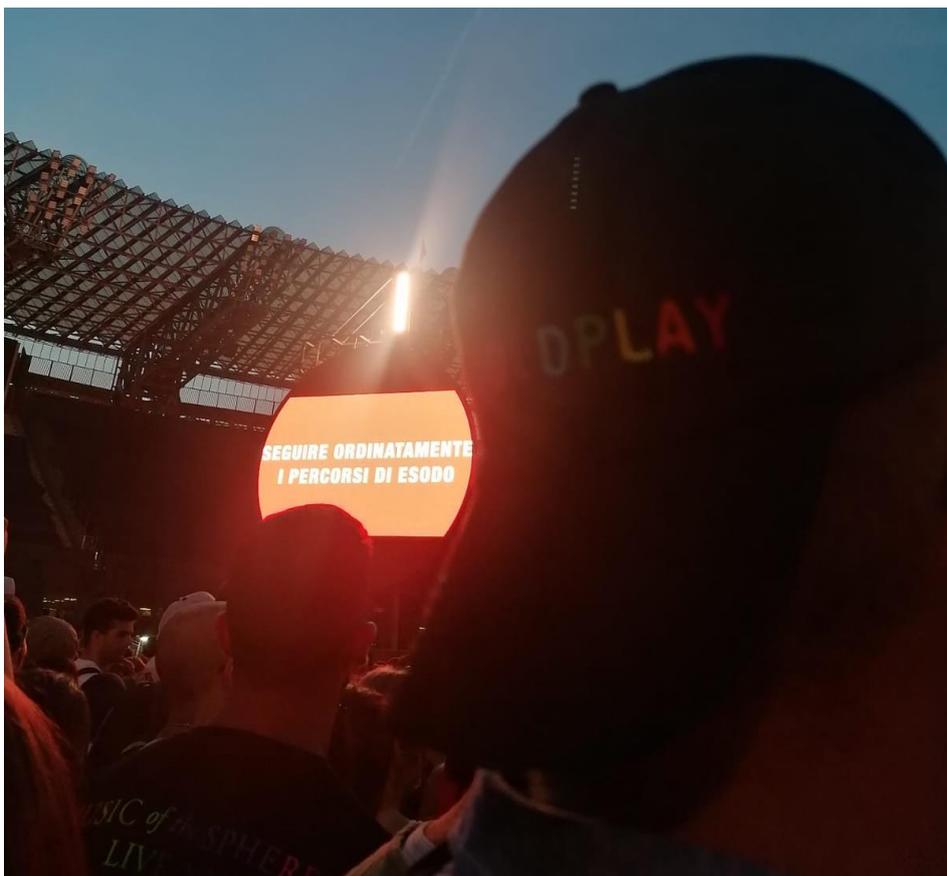


Figura 7: Concerto dei Coldplay nel 2023 allo stadio Diego Armando Maradona, Napoli (Fonte: Greta Valente)

Negli ultimi anni, la tematica delle manifestazioni pubbliche è stata interessata da importanti rivisitazioni. La nuova regola tecnica verticale V.15 per le attività di intrattenimento e spettacolo è stata introdotta con la volontà di riformulare e aggiornare la normativa esistente, che risale ai decreti del 1996, per renderla più in linea con la progettazione del Codice di Prevenzione Incendi, sostenibile e flessibile.

Per locali di “pubblico spettacolo” si intendono attività destinate a intrattenimenti e attrazioni a carattere pubblico soggette alla disciplina del Regio Decreto 18 giugno 1931, n° 773 “Approvazione del testo unico delle leggi di pubblica sicurezza” e dal suo regolamento applicativo, il Regio Decreto 06 maggio 1940, n° 635 “Approvazione del regolamento per l’esecuzione del testo unico 18 giugno 1931, n° 773 delle leggi di pubblica sicurezza”.

Le leggi di pubblica sicurezza fanno riferimento agli spettacoli e trattenimenti pubblici, intendendo per:

- "spettacolo", un evento in cui gli spettatori assistono passivamente, come un evento cinematografico, teatrale o musicale. In questo caso, lo spettatore è coinvolto principalmente come osservatore dell'azione visiva che si svolge sul palco o sullo schermo.
- "trattenimento", evento in cui il pubblico ha la possibilità di partecipare in modo più o meno attivo, di solito per divertimento.

Uno degli aspetti principali del pubblico spettacolo è il “carattere di locale pubblico quando si accerti, con un giudizio sintetico e induttivo, che in esso si svolga una attività professionalmente organizzata a scopo di lucro, diretta allo scambio o alla produzione di beni o servizi²”.

² https://www.vigilfuoco.it/allegati/PI/ProceduraPI/COORD_Procedure_Pubblico_Spettacolo.pdf

3 UN CAMPO SPORTIVO È UN LOCALE DI PUBBLICO SPETTACOLO

In questo capitolo si effettua una disamina su cosa si intenda con locale di intrattenimento e di pubblico spettacolo considerandone l'evoluzione storica nella prevenzione incendi.

Si deve cercare una soluzione ma ad un paradosso dato che nel Codice di Prevenzione Incendi nella sezione G non è riportata la definizione di locale di pubblico spettacolo e viene richiamato nella regola tecnica verticale numero quindici il campo di applicazione del T.U.L.P.S, allora dove è da ricercarsi detta definizione?

Visto l'articolo 80³ del Regio Decreto 18 giugno 1931 n°773.

Visto l'art 141 comma a del Regio Decreto 6 maggio 1940, n. 635 che afferma quanto segue: "Per l'applicazione dell'articolo 80 della legge sono istituite commissioni di vigilanza aventi i seguenti compiti: esprimere il parere sui progetti di nuovi teatri e di altri locali o impianti di pubblico spettacolo e trattenimento, o di sostanziali modificazioni a quelli esistenti [...]".

Ne segue che il T.U.L.P.S all'articolo 80, dispone che l'autorità di Pubblica Sicurezza, non può concedere la licenza per l'apertura di un teatro o di un luogo di pubblico spettacolo prima di aver fatto verificare da una Commissione Tecnica la solidità e la sicurezza dell'edificio. Il Regolamento di attuazione del T.U. (art. 141) stabilisce che la Commissione Tecnica competente alla verifica anzidetta è la Commissione di Vigilanza, nominata, annualmente, dal Prefetto competente per ogni Provincia.

Con il D.M. 16 febbraio 1982 al punto 83 rientrano i "Locali di spettacolo e di trattenimento in genere con capienza superiore a 100 posti" nelle attività soggette ai controlli dei Vigili del Fuoco. Inoltre, nella Circolare n°52 del 20 Novembre 1982 viene chiarito al punto 4 cosa si intenda con "spettacoli e/o trattenimenti"⁴.

³ Art. 80 del Regio Decreto 18 giugno 1931 n°773

"L'autorità di pubblica sicurezza non può concedere la licenza per l'apertura di un teatro o di un luogo di pubblico spettacolo, prima di aver fatto verificare da una commissione tecnica la solidità e la sicurezza dell'edificio e l'esistenza di uscite pienamente adatte a sgombrarlo prontamente nel caso di incendio"

⁴ 4.1 - Chiarimento relativo- Circolare n° 52 del 20 novembre 1982

"Per spettacoli e/o trattenimenti possono intendersi tutti quei divertimenti, distrazioni, amenità intenzionalmente offerti al pubblico, in rapporto ai quali si prospetta l'esigenza che la potestà tutrice della

Attività		Scad. C.P.I.
83	Locali di spettacolo e di trattenimento in genere con capienza superiore a 100 posti (compresi: case da gioco, sale giochi, videogiochi, drive in, sale da fitness, palestre per l'esercizio di attività sportiva, di trattamenti fisici ai fini estetici e simili, circoli privati ove si svolgono trattenimenti danzanti; locali di spettacolo e intrattenimento in genere, a prescindere dal carattere "pubblico" o "privato" attribuito; teatri di posa per riprese cinematografiche e televisive (di cui al p.to 51), laddove sia prevista la presenza di spettatori in numero superiore a 100 unità; esclusi: ristoranti, bar, sale consiliari, chiese ed edifici destinati al culto, scuole di danza)	6

Figura 8: Attività 83 soggetta ai controlli di prevenzione incendi ai sensi del DM 16 Febbraio 1982

Di seguito, il Ministero dell'Interno ha emanato la circolare 15.02.1951 n. 16 al fine di disciplinare la complessa materia.

In sintesi, può affermarsi che la Circolare 16 del 1951 individua norme di procedura per la costruzione dei locali di pubblico spettacolo e di funzionamento della C.P.V.L.P.S., inoltre, definisce e classifica i locali di pubblico spettacolo.

La circolare N.1 MI. SA. (97) che disamina gli indirizzi applicativi del DM 19 Agosto 1996 afferma che: con l'emanazione delle norme tecniche organiche e coordinate di prevenzione incendi si è proceduto all'aggiornamento delle previgenti disposizioni per i luoghi di spettacolo ed intrattenimento ricadenti nel campo di applicazione del decreto stesso. Inoltre, riporta le principali motivazioni che hanno determinato l'esigenza della emanazione di norme tecniche organiche e coordinate di prevenzione incendi ovvero definire un testo organico e coordinato di norme applicabili nello specifico settore, tenuto conto delle numerose modifiche ed integrazioni di cui è stata oggetto nel tempo la circolare del Ministero dell'Interno n. 16 del 15 Febbraio 1951, e adegua le disposizioni di sicurezza antincendio alle nuove esigenze funzionali dei luoghi di spettacolo, anche in relazione alle necessità derivanti da un nuovo e diverso inserimento degli stessi nel contesto urbanistico. In aggiunta, l'art. 7 del D.M. 19 agosto 1996 stabilisce che sono abrogate tutte le precedenti disposizioni di prevenzione incendi emanate sui locali di cui all'art. 1⁵. Tuttavia, il sopracitato DM del 1996 non fornisce una definizione di locale di pubblico spettacolo.

pubblica autorità intervenga per garantire l'incolumità pubblica, l'ordine, la moralità e il buon costume (articoli, 70, 80 T-U- delle leggi di P-S-). La differenza tra "spettacoli" e "trattenimenti" consiste essenzialmente nel fatto che gli spettacoli sono divertimenti cui il pubblico assiste in forma più passiva (cinema, teatro, ecc.), mentre i trattenimenti sono divertimenti cui il pubblico partecipa più attivamente (feste da ballo, giostre, baracconi di tiro a segno, -ecc.). [...]"

⁵ D.M. 19 agosto 1996, art. 1 - Campo di applicazione

"Il presente decreto ha per scopo l'emanazione di disposizioni di prevenzione incendi riguardanti la progettazione, la costruzione e l'esercizio dei sottoelencati locali:

Il TULPS non esplica e definisce cosa si intenda con locali o impianti di pubblico spettacolo, ciò potrebbe portare ad una mancanza di uniformità nell'interpretazione. Tuttavia, la definizione di locale di spettacolo o trattenimento in genere è da ricercarsi nella circolare 15.02.1961 n. 16, considerando che nel D.M. del 1996 non riportano una definizione di tale ambito.

Ergo, visto l'art.15⁶, 16⁷ e 17⁸ della circolare del Ministero dell'Interno n°16 del 15 Febbraio 1951 si deduce che «i campi sportivi sono locali di pubblico spettacolo»⁹.

In seguito alla stesura di questo capitolo, il Ministero degli Interni ha emanato precisamente ad Aprile 2023 un testo coordinato per le “Procedure e assoggettabilità delle manifestazioni di trattenimento in genere ai controlli dalle Commissioni di Pubblico Spettacolo¹⁰”. Emerge la medesima conclusione a cui si è arrivati nella tesi e nel testo coordinato è riportata la medesima Circolare come riferimento per la definizione di locale di spettacolo e trattenimento.

a) teatri; b) cinematografi; c) cinema-teatri; d) auditori e sale convegno; e) locali di trattenimento, ovvero locali destinati a trattenimenti ed attrazioni varie, aree ubicate in esercizi pubblici ed attrezzate per accogliere spettacoli, con capienza superiore a 100 persone; f) sale da ballo e discoteche; g) teatri tenda; h) circhi; i) luoghi destinati a spettacoli viaggianti e parchi di divertimento; l) luoghi all'aperto, ovvero luoghi ubicati in delimitati spazi all'aperto attrezzati con impianti appositamente destinati a spettacoli o intrattenimenti e con strutture apposite per lo stazionamento del pubblico. Rientrano nel campo di applicazione del presente decreto i locali multiuso utilizzati occasionalmente per attività di intrattenimento e pubblico spettacolo. [...]"

⁶ Circolare 16/51, art. 15.

“1. Le presenti norme riguardano la costruzione e l'esercizio dei locali in cui hanno luogo spettacoli o trattenimenti di qualsiasi genere o entità. Le norme generali di prevenzione incendi negli edifici in genere, nonché, quelle previste nei regolamenti locali edilizi e di igiene sono applicabili se e in quanto non contrastanti con le presenti.

2. Le norme stesse si applicano tanto ai locali in cui il pubblico è ammesso a pagamento quanto a quelli in cui è ammesso ad invito.”

⁷ Circolare 16/51, art. 16. DEFINIZIONE DI LOCALE

“1. Con la locuzione "locale" si intende l'insieme dei fabbricati, ambienti e luoghi destinati allo spettacolo o trattenimento nonché i servizi ed i disimpegni ad essi annessi.”

⁸ Circolare 16/51, art. 17. CLASSIFICAZIONE DEI LOCALI

“[...]4) Altri locali di trattenimento: ove si tengono concerti, conferenze, trattenimenti danzanti, numeri di varietà su semplice pedana, spettacoli di burattini, spettacoli e trattenimenti nelle scuole, nei circoli, negli oratori, ecc., nonché, altri locali ove il pubblico affluisce per ragioni varie senza sostarvi in modo permanente, come esposizioni, mostre, fiere, ecc. [...] 7) Stadi, sferisteri campi sportivi ed in genere luoghi per divertimento o spettacolo all'aperto: dove si presentano al pubblico, in luogo aperto, spettacoli teatrali o cinematografici o manifestazioni sportive, quali gioco del pallone, palle al cesto, atletismo, corse di cavalli, corse ciclistiche, automobilistiche, gare di calcio, ecc.”

⁹ Amaro, G. (2023, gennaio). Locali di pubblico spettacolo: Passato! Presente! Futuro? Una riflessione. antincendio, 48.

¹⁰Coordinamento Procedure di Pubblico Spettacolo, aprile 2023, Determinazione/individuazione di attività di pubblico spettacolo (Soggette ai controlli delle locali commissioni di vigilanza)

“L'art. 16 la circolare n° 16 del 15/02/1951 riporta la definizione di “locale”, nell'ambito del pubblico spettacolo”

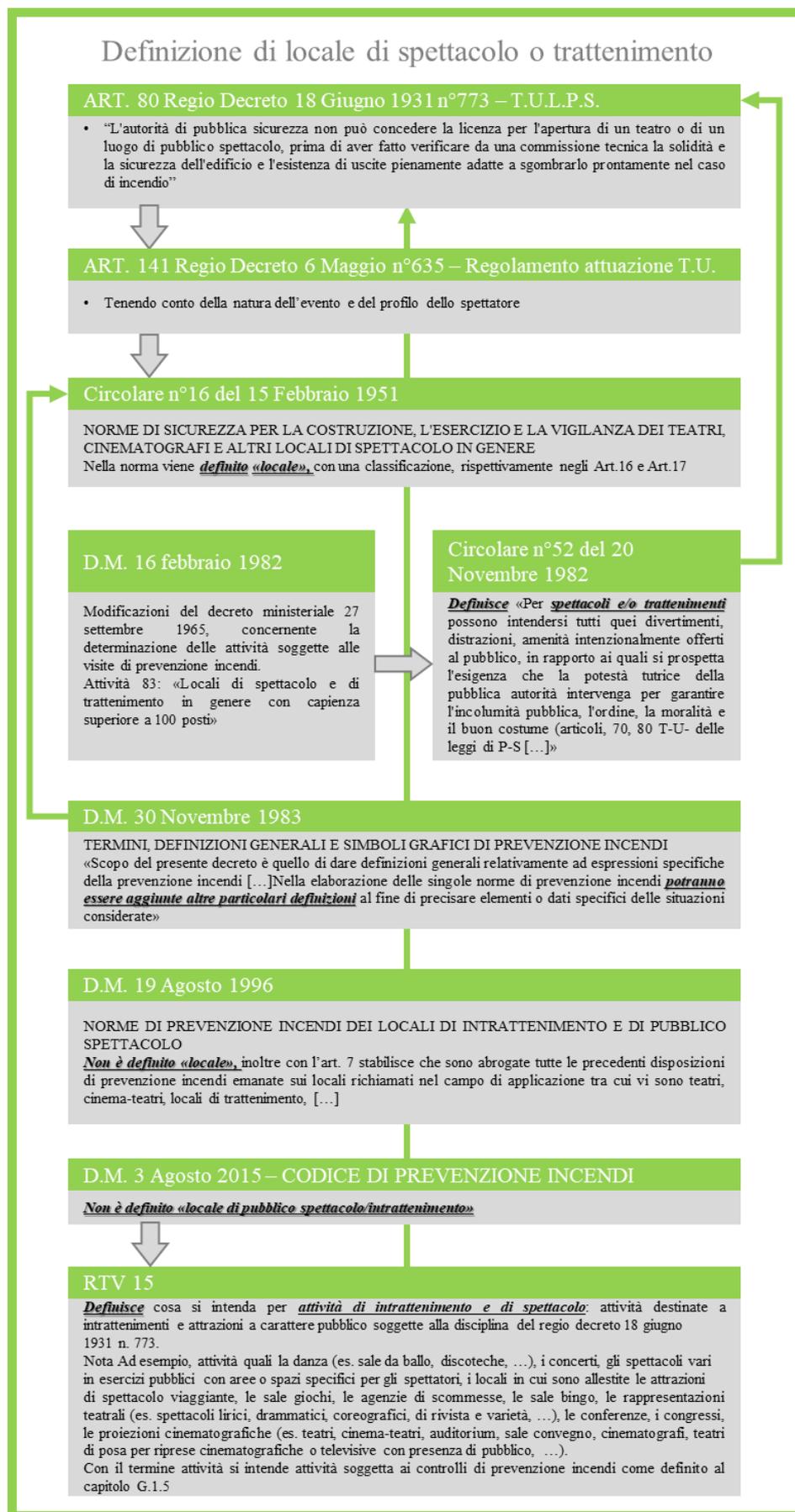


Figura 9: Schema concettuale per arrivare alla definizione di locale di pubblico spettacolo

4 PROGETTAZIONE ANTINCENDIO NELLA NORMATIVA NAZIONALE

4.1 LE ATTIVITA' SOGGETTE AI CONTROLLI DI PREVENZIONE INCENDI

Il d.P.R. 1 Agosto 2011, n. 151 individua le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi e disciplina le verifiche delle condizioni di sicurezza antincendio che, in base alla vigente normativa, sono attribuite alla competenza del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco. Le attività sottoposte ai controlli di prevenzione incendi risultano assoggettate ad un iter procedurale e amministrativo differenziato in relazione al rischio connesso dell'attività. Infatti, le attività soggette si distinguono nelle categorie A, B e C in funzione della dimensione dell'impresa, del settore di attività, alla esistenza di specifiche regole tecniche, alle esigenze di tutela della pubblica incolumità.

Progettazione	Attività soggette al D.P.R 151/2011			Altre attività (non soggette)
	Attività "normate"		Attività "non normate"	
	In presenza di: norme tecniche di prevenzione incendi (ante codice) e RTV	In presenza di: norme tecniche di prevenzione incendi (ante codice) e RTV non emanata		
Nuove attività	a. Codice (RTO + RTV); b. norme tecniche di prevenzione incendi (ante codice) per le specifiche attività	Norme tecniche di prevenzione incendi (ante codice) per le specifiche attività. (fino all'emanazione delle RTV)	Codice all'intera attività (dall'entrata in vigore del D.M. 12 aprile 2019)	Il codice può utilizzarsi come riferimento per la progettazione, la realizzazione e l'esercizio delle attività.

<p>Attività esistenti (interventi di modifica o ampliamento)</p>	<p>a. codice (RTO + RTV) per la parte interessata dall'intervento; (a condizione che le misure di sicurezza antincendio esistenti nella parte dell'attività non interessata siano compatibili con l'intervento da realizzare); oppure, se non è applicabile il punto a) possono applicarsi alternativamente:</p> <p>b. norme tecniche di prevenzione incendi (ante codice) per le specifiche attività;</p> <p>c. criteri tecnici di prevenzione incendi di cui all'art. 15, comma 3, del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139;</p> <p>d. codice all'intera attività.</p>	<p>Norme tecniche di prevenzione incendi (ante codice) per le specifiche attività. (fino all'emanazione delle RTV)</p>	<p>Codice all'intera attività (dall'entrata in vigore del D.M. 12 aprile 2019)</p>	<p>Il codice può utilizzarsi come riferimento per la progettazione, la realizzazione e l'esercizio delle attività.</p>
---	--	--	--	--

Tabella 1: Schema riepilogativo delle modalità applicative del D.M. 3/8/2015 (Fonte: G. Parisi, S. Marsella, Codice di Prevenzione Incendi commentato, EPC editori, IV edizione)

4.2 IL CODICE DI PREVENZIONE INCENDI

Il Codice di prevenzione incendi, emanato con decreto del Ministro dell'Interno 03/08/2015 "Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139", si applica alle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi da parte del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 01/08/2011, n. 151 "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi".

Il Codice è stato emanato per semplificare e razionalizzare questa materia mediante l'utilizzo di un nuovo approccio metodologico più aderente al progresso tecnologico e

aggiornato alle vigenti disposizioni tecniche in materia di prevenzione incendi sulla base dei più aggiornati standard internazionali.

L'approccio prescrittivo si fonda sul concetto che il rispetto dei requisiti del progetto rappresenti il raggiungimento dei livelli minimi di sicurezza, quindi, fornisca la garanzia di un livello di rischio residuo accettabile. In questo approccio non è ammessa alcuna soluzione alternativa a quella imposta dal normatore. Il Codice di Prevenzione Incendi ha modificato questo modus operandi con una nuova modalità di progettazione della sicurezza antincendio, passando da un sistema prescrittivo ad una metodologia più flessibile e fondata su una valutazione del rischio del caso specifico e sulle prestazioni da raggiungere. Il Codice risulta promotore del cambiamento poiché privilegia l'approccio prestazionale in grado di garantire standard di sicurezza antincendio elevati mediante un insieme di soluzioni progettuali, sia conformi che alternative.

Tra i punti di forza maggiormente apprezzati di questo nuovo strumento di progettazione c'è da annoverare il ridotto ricorso al procedimento di deroga e la possibilità di avere una maggiore uniformità su tutto il territorio nazionale nell'applicazione delle misure antincendio, anche al fine del raggiungimento degli obiettivi primari della prevenzione incendi che sono rappresentati dalla sicurezza della vita umana, dall'incolumità delle persone e dalla tutela dei beni e dell'ambiente.

Il codice di prevenzione incendi si fonda su otto principi fondamentali:

- **generalità:** il procedimento da seguire nella progettazione è applicabile a tutte le attività;
- **semplicità:** essendo stato effettuato lo sforzo di individuare, a parità di prestazioni, le soluzioni più semplici e di facile manutenibilità;
- **modularità:** il codice è organizzato in moduli che fanno da linea guida al progettista nella ricerca di soluzioni prestazionali in funzione del livello di rischio dell'attività;
- **flessibilità:** il progettista ha la possibilità di raggiungere il livello di prestazione richiesto dalla strategia antincendio attraverso una soluzione prescrittiva o prestazionale;
- **standardizzazione ed integrazione:** il linguaggio è stato uniformato agli standard internazionali;

- **inclusione:** tenuto conto che le misure di sicurezza e i relativi livelli di prestazione sono stati individuati tenendo in debita considerazione le diverse disabilità (es. motorie, sensoriali, cognitive, ...), temporanee o permanenti, delle persone che frequentano o possono frequentare le attività;
- **evidenza dei contenuti:** valutazione ed uso sistematico dei risultati della ricerca scientifica nazionale ed internazionale;
- **aggiornabilità:** essendo facilmente integrabile con le regole tecniche verticali in fase di emanazione.

4.2.1 LA STRUTTURA DEL CODICE

La rivoluzione legislativa nel campo della prevenzione incendi si evidenzia nel corpus di cui si compone il Codice suddiviso in una “Parte Generale”, Regola Tecnica Orizzontale (RTO) e in Regole Tecniche Verticali (RTV) e una sezione Metodi.

Le sezioni G, S e M sono applicabili, senza distinzioni, per le diverse attività.

Sezione G - Generalità, contiene i principi fondamentali per la progettazione della sicurezza antincendio, applicabili indistintamente alle diverse attività: è la parte generale del Codice, nella quale sono illustrati termini e definizioni ai fini della loro omogenea applicazione, le metodologie di progettazione della sicurezza antincendio finalizzate al raggiungimento degli obiettivi primari della prevenzione incendi e inoltre sono definiti i profili di rischio delle attività e i metodi per la loro definizione.

Sezione S - Strategia antincendio - RTO, contiene le misure antincendio di prevenzione, protezione e gestionali applicabili alle varie attività, per attuare la strategia antincendio finalizzata alla riduzione del rischio incendio; nella Sezione S sono indicati, per ognuna delle dieci misure antincendio, i criteri per l’attribuzione dei livelli di prestazione (I, II, III, ecc.) e la conseguente individuazione delle soluzioni progettuali. Per ciascun livello di prestazione sono specificate soluzioni conformi, ed eventualmente, soluzioni alternative.

Sezione M - Metodi, contiene la descrizione delle metodologie progettuali. Tale sezione si occupa dell’ingegneria della sicurezza antincendio definita nel documento ISO/TR 13387: Applicazione di principi ingegneristici, regole e giudizi esperti basati sulla valutazione scientifica del fenomeno della combustione, degli effetti dell’incendio e del comportamento umano, finalizzati alla tutela della vita umana, protezione beni e

ambiente, alla quantificazione dei rischi d'incendio e relativi effetti e alla valutazione analitica delle misure antincendio ottimali, necessarie a limitare, entro livelli prestabiliti, le conseguenze dell'incendio. Mediante gli strumenti della Fire Safety Engineering è possibile eseguire una valutazione quantitativa del livello di sicurezza antincendio. Ai paragrafi G.2.6 e G.2.7 si distinguono i metodi avanzati di progettazione della sicurezza antincendi, impiegabili per la verifica di soluzioni alternative, al fine di dimostrare il raggiungimento dei pertinenti obiettivi di prevenzione incendi.

4.2.2 L'APPROCCIO PRESTAZIONALE

La FSE è un approccio prestazionale poiché si basa sulle prestazioni dell'edificio. Consente di quantificare e valutare l'effetto di ogni misura alternativa attraverso l'uso di modelli di calcolo.

L'impiego di un approccio prestazionale ha come finalità la definizione di una soluzione idonea al raggiungimento degli obiettivi progettuali mediante un'analisi di tipo quantitativo.

Il professionista antincendio deve effettuare una valutazione quantitativa del livello di sicurezza antincendio per scenari d'incendio di progetto. Si devono quantificare gli effetti dell'incendio e confrontarli con i valori minimi ritenuti accettabili per le prestazioni richieste.

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 ² : 5 m	ISO 13571:2012
		Soccorritori: 5 m Soccorritori in locali di superficie lorda < 100m ² : 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 incapacitati 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 ²	ISO 13571:2012, per esposizioni inferiori a 30 minuti
		Soccorritori: 3 kW/m ²	[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.			

Figura 10: Esempio di soglie di prestazione impiegabili con il metodo di calcolo avanzato (Fonte: Tabella M.3-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

L'approccio prestazionale può essere volto alla "Life safety" ovvero alla salvaguardia della vita delle persone o alla "Structural Safety" che riguarda il livello di sicurezza delle strutture.

4.3 L'APPROCCIO PRESTAZIONALE PER LA PROGETTAZIONE DEL SISTEMA DI ESODO

La normativa antincendio è l'unica in Italia che contiene regole e dettami normativi che consentono di progettare l'esodo anche per altre tipologie di emergenza come terremoti, attacchi terroristici e altro.

La funzione principale dell'esodo è consentire agli occupanti del compartimento di primo innesco, di uscire prima che le condizioni diventino incapacitanti negli ambienti dell'attività in cui si trova.

La norma ISO 13571:2012 definisce gli occupanti come incapacitati quando non sono in grado di mettersi in salvo autonomamente a causa dell'esposizione ai prodotti

dell'incendio. Le condizioni ambientali che rendono non tenibili gli ambienti in cui si trovano gli occupanti sono le concentrazioni di prodotti tossici ed irritanti, le temperature e l'irraggiamento termico, nonché la densità ottica del fumo. La capacità degli occupanti di sopravvivere all'incendio dipende anche dal tempo che trascorrono nel compartimento colpito dalle fiamme prima di raggiungere un luogo sicuro temporaneo, dove non sono presenti queste condizioni ambientali sfavorevoli.

La tematica dell'esodo è una delle strategie focus nella prevenzione incendi poiché è la più impattante sulla salvaguardia della vita umana e risulta essere la funzione principale della disciplina della lotta al fuoco. Per tale ragione la progettazione dell'esodo deve essere studiata minuziosamente e nulla deve essere lasciato al caso affinché la magnitudo di un probabile evento sia ridotta al minimo e non coinvolga vite umane. Si ricorda che il rischio di un incendio non può essere nullo ma può essere mitigato attraverso misure preventive, protettive e di gestione dell'emergenza.

La progettazione dell'esodo si deve studiare analiticamente attraverso simulazioni di scenari d'incendio reali e definendo dei tempi, quello di $ASET > RSET$.

La progettazione dell'esodo si differenzia in funzione della tipologia di emergenza. Ad esempio, per una calamità naturale, quale il terremoto, prima di esodare ci si deve mettere in sicurezza, affinché, non si venga colpiti da macerie od oggetti in caduta, solo dopo che le scosse si sono arrestate si può procedere ad allontanarsi dall'area, per raggiungere un luogo sicuro.

L'altra discriminante oltre al tipo di emergenza è la destinazione d'uso dell'edificio, l'esodo di una scuola è diverso da quello di un ospedale che verrà effettuato in modo progressivo. Infatti, l'ambiente gioca un ruolo chiave da un punto di vista geometrico e di gestione delle emergenze (come sono definiti gli allarmi, come è la cartellonistica di emergenza, come vengono segnalati i percorsi di esodo, ...).

In aggiunta, l'esodo viene influenzato dal tipo di occupanti non solo per le caratteristiche fisiche ma anche comportamentali, se gli occupanti hanno o meno familiarità con l'edificio, se sono in stato di veglia o in transito.

Tutte queste caratteristiche vengono analizzate con:

- tempi di risposta all'emergenza
- velocità di movimento

- dimensioni degli occupanti

Nel processo edilizio la progettazione e verifica del sistema di esodo è fondamentale e come tutte le discipline nella progettazione integrale deve avere un ruolo fondamentale. Infatti, fare una progettazione integrale vuol dire che tutte le discipline sono simbiotiche e nessuna prevarica le altre. Uno dei focus della progettazione integrale e di conseguenza della progettazione del sistema di esodo è la progettazione inclusiva. Nella progettazione inclusiva si devono considerare tutte le limitazioni temporanee o permanenti, fisiche, sensoriali o cognitive della popolazione.

Il dimensionamento di un sistema d'esodo può essere fatto tramite un approccio prescrittivo e quindi seguendo la strategia S4 del Codice di prevenzione incendi, oppure tramite approccio prestazionale con la FSE.

Le innovazioni normative nel settore dell'ingegneria della sicurezza antincendio hanno suggerito ai progettisti dei grandi eventi l'impiego dell'approccio prestazionale per la progettazione dei sistemi d'esodo. Tali metodologie permettono lo studio dinamico dei flussi d'esodo mediante l'utilizzo di codici di calcolo che modellano lo spazio geometrico e i parametri di progetto.

I software simulano i comportamenti e le interazioni dei singoli individui rispetto allo spazio circostante e agli ulteriori individui presenti, permettendo quindi lo studio dinamico del fenomeno dell'esodo delle masse di persone. Richiamando per analogia la caratteristica prevalente degli occupanti e la sezione S.5 della strategia della RTO, si comprende come gli aspetti di familiarità dei luoghi e di conoscenza delle procedure di emergenza da parte del pubblico dei grandi eventi rivestano un ruolo fondamentale per l'ottenimento degli obiettivi di sicurezza, si deve pertanto tenerne in conto nella stesura e nelle azioni volte alla gestione in esercizio mediante ad esempio l'utilizzo di audio/video oppure alla sponsorizzazione dell'evento e del luogo nei giorni precedenti.

Tracciate le potenzialità degli strumenti prestazionali per la progettazione dei sistemi d'esodo è essenziale evidenziarne le logiche, i limiti di impiego e l'output dei modelli:

- modellazione dei floor e delle door;
- elaborazione delle velocità di pre-movimento e di movimento dei singoli individui e dei gruppi di persone (ISO-TR-16738);

- modellazione dei profili degli occupanti e dei behaviors che definiscono le scelte comportamentali, i percorsi d'esodo più familiari e meno congestionati.

5 GREEN GUIDE 2018

5.1 LO SCOPO PRINCIPALE DELLA GREEN GUIDE: “PROMUOVERE I PIÙ ALTI STANDARD POSSIBILI DI SAFETY E CONFORT”

La Guida alla sicurezza nei campi sportivi è un documento di consultazione ad uso delle persone competenti che lavorano nella regolamentazione e concessione di licenze, progettazione e pianificazione, gestione della sicurezza e funzionamento dei campi sportivi. La Guida si applica per la sicurezza di tutte le persone presenti in qualsiasi campo sportivo, che risponda alla definizione sotto riportata, durante lo svolgimento di una manifestazione.

Un campo sportivo è un luogo dove si svolgono attività sportive o altre attività competitive all'aria aperta e dove sono stati previste delle sistemazioni per gli spettatori, costituiti da strutture artificiali o da strutture naturali artificialmente modificate allo scopo.

I principi fondamentali contenuti nella Guida sono applicabili a tutte le manifestazioni in campo sportivo. Tuttavia, la misura in cui tali principi vengono adottati varierà a seconda delle dimensioni o del tipo di evento e del profilo dell'audience.

Si noti che ai fini della Guida, un "evento" è qualsiasi evento presso un campo sportivo, sia che si tratti di sport, intrattenimento o qualsiasi altra forma di aggregazione, a cui è ammesso il pubblico. Un "evento" (o "giornata dell'evento") inizia non appena la prima persona dello staff dell'evento entra nei locali e termina solo dopo che l'ultimo dello staff dell'evento va via.

Il focus della Guida è quello di fornire una guida alla gestione del campo, a tecnici specialistici come architetti e ingegneri, organizzatori di eventi e rappresentanti di tutte le autorità competenti, al fine di assisterle nella valutazione di quanti spettatori possono essere sistemati in sicurezza all'interno di un campo sportivo. Il documento fornisce inoltre indicazioni sulle misure volte a migliorare i livelli di safety¹¹, security¹² e servizio

¹¹ *Safety* è l'insieme di misure e strumenti atti a prevenire o ridurre gli eventi accidentali che potrebbero causare ferite a persone o danni a cose.

¹² *Security* è l'insieme delle azioni e degli strumenti in risposta ad una minaccia in atto, derivante da azione dolosa, organizzata cioè proprio allo scopo di arrecare danni.

nei campi esistenti, in termini di progettazione e gestione della sicurezza, pur tenendo conto dei vincoli e delle difficoltà che possono esistere su questi luoghi.

I termini " safety " e " security " sono spesso confusi o usati in modo intercambiabile. Il termine "safety" significa proteggere le persone da infortunio o danni fisici, mentre la security, sebbene di fondamentale importanza, è in realtà un sottoinsieme di "safety" e comprende la sicurezza fisica, sicurezza personale e sicurezza informatica.

Pertanto, quando si considera o si implementa una qualsiasi delle raccomandazioni relative alla sicurezza nella Guida, compresa l'elaborazione di eventuali piani di emergenza, la security deve sempre fare parte di tali documentazioni.

Per quanto riguarda i livelli di servizio, è importante riconoscere che anche questi svolgono un ruolo fondamentale nella fornitura di condizioni di sicurezza. Di conseguenza, tutte le parti coinvolte nell'organizzazione di un evento, e non solo quelli incaricati di ruoli legati per la safety, dovrebbero capire, abbracciare e promuovere il concetto di una cultura della sicurezza. Dovrebbero impegnarsi a creare un ambiente accogliente e a capire come questioni fondamentali, quali la segnaletica, la gestione delle informazioni, la pulizia, l'inclusione e le comunicazioni chiare, la realizzazione di relazioni positive tra la gestione del campo e la comunità locale, giocano tutti sinergicamente un ruolo chiave nel migliorare l'esperienza dello spettatore. In sintesi, un campo sportivo dove è in atto un servizio di alto livello, un approccio multi-agency è un luogo dove gli spettatori sono in grado di percepire che il loro benessere è una priorità, ed è più probabile che sia effettivamente sicuro, in termini pratici e operativi.

Infatti, l'obiettivo della Green Guide è "garantire una ragionevole sicurezza nel campo sportivo quando è in uso per attività specifica". Per raggiungere questo obiettivo, si dovrebbe sempre tenere pienamente conto del tipo, della funzione e del layout dell'evento in questione. Qualunque sia lo sport per il quale il campo è principalmente progettato, bisogna riconoscere i problemi di safety che lo riguardano direttamente:

- a. la specificità dell'evento che si sta svolgendo (ad esempio un evento sportivo o di intrattenimento; un evento di routine o un evento di alto profilo, come una semifinale o una finale; un evento locale o un evento nazionale o internazionale)
- b. il numero di spettatori presenti
- c. la tempistica dell'evento (ad esempio giorno/sera, estate/inverno)

- d. il probabile profilo degli spettatori presenti (età, sesso, se hanno familiarità con il campo e la sua località)
- e. la probabile interazione degli spettatori con il terreno (ad esempio, i loro schemi previsti di arrivo e di partenza, o come potrebbero utilizzare le strutture del terreno)
- f. la probabile risposta degli spettatori all'evento (ad esempio, celebrativa o ansiosa, tifoso o neutrale)
- g. le condizioni meteorologiche previste.

5.2 EQUILIBRIO TRA GESTIONE DELLA SICUREZZA E DESIGN

“La sicurezza nei campi sportivi si ottiene stabilendo un equilibrio tra una buona gestione e un buon design.”

La sicurezza non può essere raggiunta semplicemente garantendo che i singoli componenti di un campo come scale, passerelle, posti a sedere o vomitori siano soddisfacenti. L'interrelazione di questi e altri componenti, come le telecamere a circuito chiuso (CCTV), la gestione della sicurezza è fondamentale. Nessuno può essere trattato isolatamente senza considerare il suo effetto nella progettazione e gestione che ha su altri componenti. Dovrebbero essere tutti compatibili e dovrebbero combinarsi per formare un'unità equilibrata. Inoltre, una buona gestione non compenserà necessariamente una cattiva progettazione, o viceversa. Pertanto, i progettisti dovrebbero sempre cercare di coinvolgere le persone che gestiranno il campo sportivo al fine di garantire che i progetti siano adatti allo scopo.

5.3 CALCOLO DELLA CAPACITÀ DI SICUREZZA

5.3.1 LA VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ DI SICUREZZA

La Guida fornisce indicazioni sulla valutazione del numero di spettatori che possono essere ospitati in sicurezza all'interno di un campo sportivo mentre ospita un evento sportivo o di altra natura.

Lo scopo di questo capitolo è quello di delineare i principali fattori che devono essere considerati nell'effettuare tale valutazione, portando a un calcolo della capacità finale di ciascuna sezione del campo e/o del campo nel suo insieme.

Chiaramente le valutazioni effettuate saranno diverse a seconda del singolo campo e della tipologia di posto per la visione oggetto di valutazione; principalmente se è progettato per spettatori seduti o in piedi. Ma i fattori da applicare in ciascun caso sono gli stessi indipendentemente dall'evento in scena.

Le capacità di ciascuna sezione saranno sommate per stabilire la capacità finale del campo nel suo complesso. Una volta determinata la capienza finale di una sezione, o dell'intero campo in nessun caso deve essere ammesso un numero maggiore di spettatori.

I fattori comuni sia alla posizione seduta che a quella in piedi sono i seguenti.

a. La capacità di ingresso

La capacità di ingresso è il numero di spettatori che possono attraversare tutti i punti di ingresso o i tornelli che servono il campo, o una sezione del campo, entro un periodo di un'ora.

b. La capacità di contenimento

La capacità di contenimento è il numero di spettatori che possono essere sistemati in sicurezza nel campo, o in una sezione del campo.

- i. Nel caso dei posti, questo sarà determinato dal numero effettivo di posti, meno quelli che non possono essere utilizzati in sicurezza a causa di una visuale molto limitata o la loro condizione inadeguata e una valutazione dei fattori (P) e (S).
- ii. Nel caso di un'area di sosta, questa sarà determinata da una serie di fattori, tra cui la resistenza e la disposizione delle barriere anti-schiacciamento, visuali molto limitate e una valutazione dei fattori (P) e (S).

c. La capacità di uscita

La capacità di uscita è il numero di spettatori che possono uscire in sicurezza dal terreno, o da una sezione del terreno, in condizioni normali.

d. La capacità dell'uscita di emergenza

La capacità dell'uscita di emergenza è il numero di persone che possono percorrere in sicurezza le vie di uscita di emergenza e raggiungere un luogo sicuro entro un tempo prestabilito. La determinazione di tale tempo stabilito si basa su una valutazione dei livelli di rischio incendio presenti lungo il percorso di uscita di emergenza.

e. La capacità finale

Dopo aver calcolato tutte le cifre di cui sopra, la capacità finale del campo o sezione sarà determinata da qualunque sia la cifra più bassa raggiunta per i passaggi (a), (b), (c) o (d).

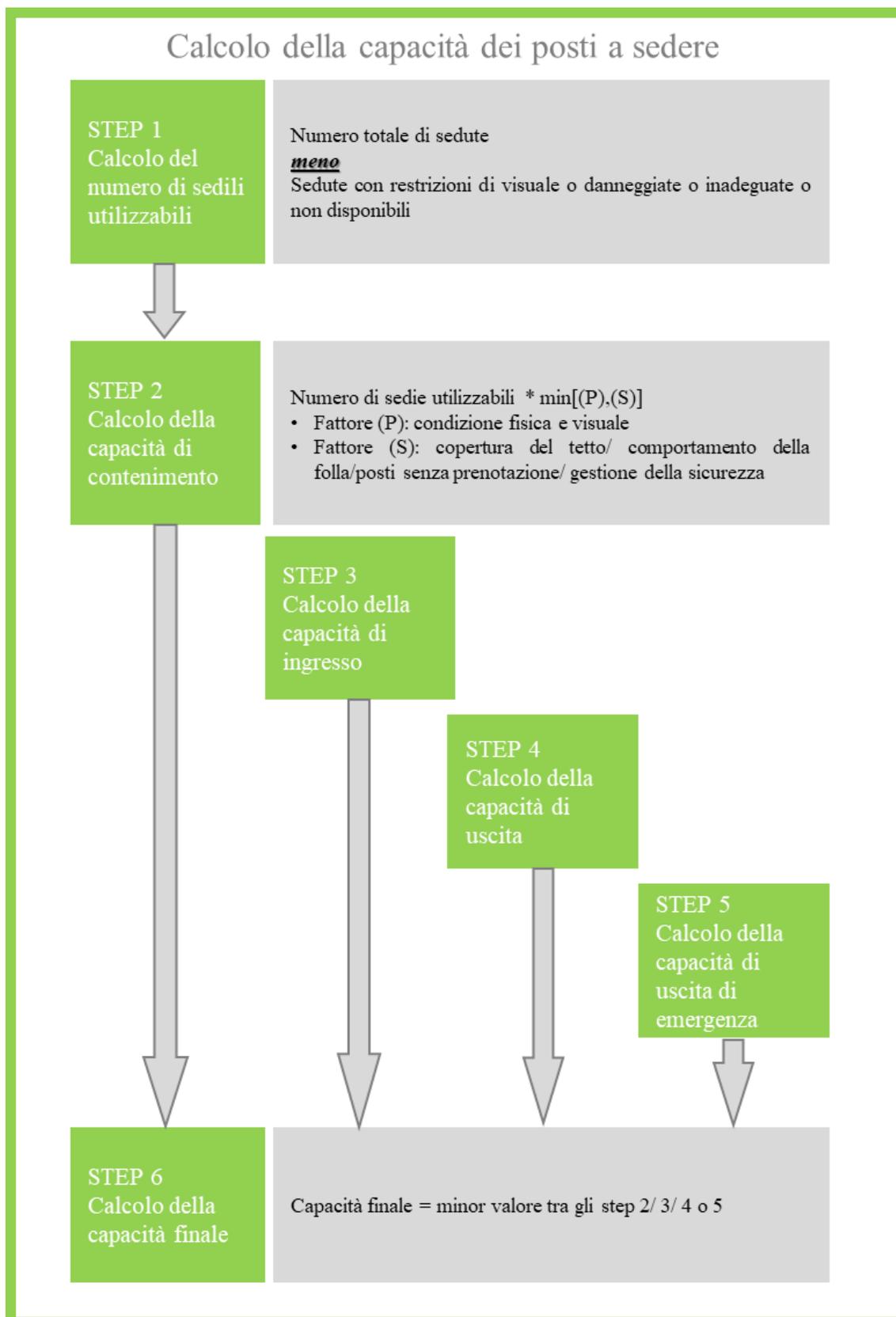


Figura 11: Calcolo della capacità dei posti a sedere (Fonte: Green Guide, 2018)

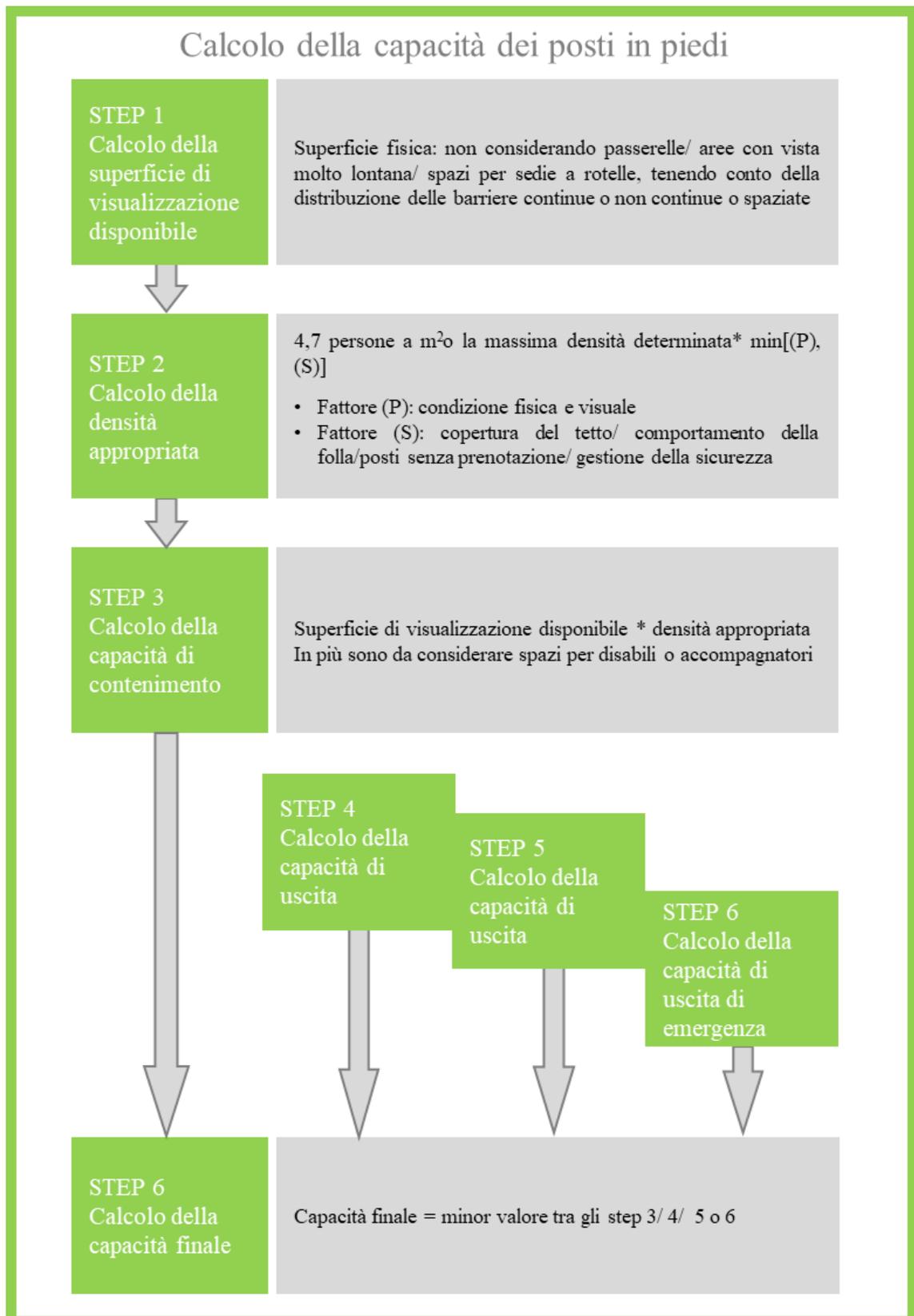


Figura 12: Calcolo della capacità dei posti in piedi (Fonte: Green Guide, 2018)

5.3.2 I FATTORI (P) E (S)

Al fine di calcolare la capacità di contenimento ciascuna parte della sistemazione di osservazione del campo dovrebbe essere valutata in base alle sue condizioni fisiche. Questa valutazione è nota come fattore (P).

Allo stesso modo, ogni parte della sistemazione di osservazione del campo da gioco dovrebbe essere valutata in base alla qualità della gestione della sicurezza di quell'area. Questa valutazione è nota come fattore (S).

Per facilitare la valutazione dei fattori (P) e (S), si assegna a ciascuno un valore numerico. Questo valore dovrebbe essere quantificato come un fattore compreso tra 0,0 e 1,0, come indicano gli esempi seguenti.

- a. Se le condizioni fisiche del posto per la visione sono di alto livello, dovrebbe essere applicato un fattore (P) di 1,0.
- b. Dove la condizione fisica è estremamente scadente, dovrebbe essere applicato un fattore di 0,0 (che avrebbe l'effetto di imporre una capacità zero sull'area).
- c. Una valutazione intermedia potrebbe comportare, ad esempio, un fattore (P) di 0,6 o forse un fattore (S) di 0,8.

Pur riconoscendo che è difficile attribuire valori numerici a tali valutazioni, è tuttavia essenziale che venga effettuata una qualche forma di valutazione quantificata. La valutazione di questi due fattori dovrebbe riflettere un giudizio complessivo ponderato e ragionevole delle condizioni fisiche o della gestione della sicurezza dell'area in questione, tenendo pienamente conto di tutte le circostanze e delle linee guida.

I fattori (P) e le caratteristiche indicative relative alla condizione fisica del campo dovrebbero essere rivisti annualmente, e anche ogni volta che si verifica un'alterazione fisica del campo sportivo o un cambiamento nella natura dell'evento.

Allo stesso modo, anche i fattori (S) e le caratteristiche indicative relative alla gestione della sicurezza del campo dovrebbero essere rivisti annualmente, e anche ogni volta che ci sono cambiamenti nella struttura di gestione della sicurezza o nel suo personale dirigente, o se vi sono cambiamenti nelle disposizioni di stewarding.

5.3.3 SISTEMAZIONE SEDUTA – CALCOLO DELLA CAPACITÀ DI CONTENIMENTO

Per calcolare la capacità finale è prima necessario calcolare la capacità di contenimento. La capacità di contenimento non corrisponderà automaticamente al numero di posti previsti, per i seguenti motivi:

- a. I posti che offrono una visuale molto ristretta dovrebbero essere esclusi dalla capacità di contenimento perché tutti gli spettatori dovrebbero avere una visione chiara e illimitata dell'intero campo o dell'area dell'attività.
- b. I posti che superano il numero consentito tra le passerelle radiali in ciascuna fila dovrebbero essere esclusi dalla capacità di contenimento, a meno che il progetto non sia stato oggetto di una valutazione del rischio e non siano presenti adeguate caratteristiche compensative.
- c. I sedili danneggiati, non disponibili per l'uso o le cui dimensioni sono inferiori ai minimi specificati per la profondità delle file di sedili, la larghezza dei sedili e/o gli spazi liberi devono essere esclusi dalla capacità di contenimento.

Stabiliti i valori di entrambi i fattori (P) e (S), la capacità di contenimento dell'area seduta può quindi essere calcolata come segue:

$$\text{Capacità di Contenimento} = \text{il numero di posti utilizzabili} \times \text{MIN}[(P), (S)]$$

5.3.4 SISTEMAZIONE IN PIEDI – IL PROCESSO DI CALCOLO DELLA CAPACITÀ DI CONTENIMENTO

Il calcolo della capacità di contenimento per le aree in piedi è notevolmente più complicato che per le aree sedute. Sono coinvolte tre fasi:

Fase 1: calcolare *l'area di visualizzazione disponibile* che è costituita solo dalle aree immediatamente dietro le barriere anti-schiacciamento meno quelle aree dalle quali sono possibili solo viste molto limitate.

Fase 2: calcolare la densità appropriata. Ai fini del calcolo della capienza delle aree in piedi negli impianti sportivi, la densità massima applicabile è di 4,7 persone a m², pari a 47 persone per 10 m², ovvero 0,21 m² a persona. Tuttavia, l'esperienza ha dimostrato che in alcuni tipi di campi sportivi e in una varietà di circostanze una densità inferiore, come 4,0 persone a m², o anche inferiore, è più sicura e più appropriata, tenendo conto delle

condizioni prevalenti (comprese le condizioni del campo), o fattori specifici dell'evento. Ad esempio, quando fa freddo è probabile che gli spettatori indossino abiti più voluminosi, nel qual caso una densità di 4,7 persone per metro quadrato potrebbe non essere raggiungibile, mentre per eventi a cui è presente una percentuale più elevata di bambini, è improbabile che tale densità sia adeguata.

Densità Appropriata = MIN[(P), (S)] × densità massima determinata

Fase 3: calcolare la capacità di contenimento come segue

Capacità di Contenimento = area di visualizzazione disponibile × Densità Appropriata

A tale cifra va aggiunto il numero di posti riservati agli utenti su sedia a rotelle e ai loro accompagnatori situati all'interno delle postazioni in piedi.

5.3.5 CALCOLO DELLA CAPACITA' DI INGRESSO

Per determinare la capacità finale di un terreno o di una sezione del terreno, è necessario effettuare il calcolo della capacità di ingresso. La capacità di ingresso è il numero massimo di persone che possono passare attraverso tutti i punti di ingresso che servono l'intero terreno o una sezione in un periodo di tempo prestabilito, generalmente di un'ora. Tuttavia, nei campi in cui gli spettatori arrivano per un periodo prolungato prima dell'inizio dell'evento, può essere ragionevole basare il calcolo della capacità di ingresso su un periodo di tempo superiore a un'ora. La velocità di attraversamento di ogni punto di ingresso dipenderà da diversi fattori. Tuttavia, per il calcolo della capacità di ingresso, dovrebbe essere applicato un limite massimo di **660 persone per punto di ingresso all'ora**, poiché un tasso di ingresso più elevato potrebbe causare un aumento della pressione della folla all'interno delle aree immediatamente all'interno del terreno. In caso di tasso di ingresso inferiore alla soglia massima per motivi diversi, tale cifra è quella che dovrebbe essere utilizzata per il calcolo della capacità di ingresso.

I fattori principali che influenzano il tasso di ingresso includono il numero e la distribuzione dei punti di ingresso, la chiarezza delle informazioni e delle indicazioni per l'orientamento, il design e le condizioni dei punti di ingresso, la formazione e l'esperienza del personale dei punti di ingresso, l'utilizzo di sistemi di ingresso elettronici, l'efficienza e l'affidabilità del sistema e la capacità degli spettatori di utilizzare il sistema, nonché il livello e il tipo di screening di sicurezza che viene eseguito.

5.3.6 CALCOLO DELLA CAPACITA' DI USCITA

Per garantire la sicurezza degli spettatori durante l'uscita come specificato nella Green Guide è importante che la direzione fornisca un sistema di uscita ben progettato e gestito, con una pianificazione adeguata del flusso di persone e un piano d'azione dettagliato per situazioni di emergenza. In questo modo, si possono prevenire incidenti e garantire un'esperienza sicura e piacevole per gli spettatori.

La Green Guide definisce l'uscita normale come l'uscita dal campo sportivo al termine di una manifestazione utilizzando le normali vie di circolazione. Ai fini della progettazione e della gestione si considera che un “percorso di uscita” inizi nel punto in cui lo spettatore lascia la postazione per la visione (Zona 2 come indicato nelle Figura 15). Un requisito fondamentale di tutte le vie di uscita è che dovrebbero essere progettate e gestite in modo da essere luoghi di ragionevole sicurezza e che devono condurre in definitiva a un luogo sicuro.

Costituisce una parte fondamentale del calcolo della capacità del sistema di uscita la portata di passaggio che è il numero di persone che possono attraversare un determinato punto in un dato tempo.

$$\textit{Portata superficie a gradini} = \frac{66}{m \cdot \textit{min}}$$

$$\textit{Portata superficie piana} = \frac{82}{m \cdot \textit{min}}$$

Nella Green Guide viene evidenziato che basando la progettazione di un percorso di uscita in piano su un calcolo della portata inferiore a 82 persone per metro di larghezza al minuto il movimento della folla sarà più scorrevole.

Un termine introdotto dalla Green Guide è il **tempo di viaggio** ovvero il tempo necessario agli spettatori per procedere dal proprio posto o posto all'interno dell'area di osservazione (Zona 2) e raggiungere l'inizio del percorso di uscita. In condizioni normali, ai fini del calcolo, il tempo di percorrenza della Zona 2 non dovrebbe superare gli **8 minuti**.

5.3.7 CALCOLO DELLA CAPACITA' DI USCITA DI EMERGENZA

L'uscita di emergenza è definita come l'uscita dal campo sportivo in un momento non programmato a seguito di un incidente come un incendio che si verifica molto probabilmente ma non esclusivamente all'interno del campo sportivo. L'uscita di

emergenza comporterà in genere l'evacuazione di tutti gli spettatori contemporaneamente utilizzando non solo le normali vie di circolazione e di uscita, ma anche vie di uscita aggiuntive porte o cancelli destinati all'uso solo in caso di emergenza. L'uscita di emergenza può includere anche la Zona 1 (Figura 15) come parte del percorso che conduce a un luogo sicuro, a condizione che tale misura faccia parte della pianificazione di emergenza della direzione.

Il tempo massimo di uscita di emergenza utilizzato ai fini del calcolo nei campi sportivi varia tra due minuti e mezzo e otto minuti a seconda del livello di rischio di incendio presente. La Green Guide considera il caso in cui il livello di rischio di incendio in qualsiasi punto lungo il percorso di uscita di emergenza è basso e le Zone 3 e 4 sono considerate luoghi di ragionevole sicurezza.

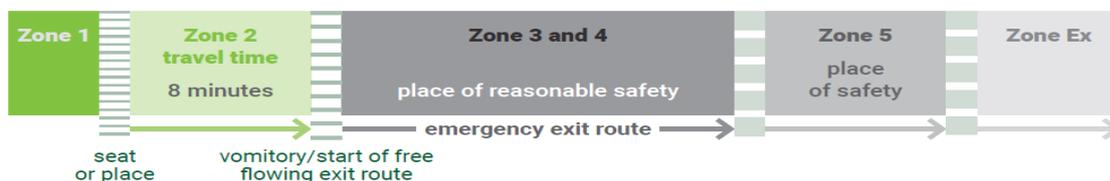


Figura 13: Tempo di viaggio della Zona 2 e tempo d'uscita di emergenza dove il livello del rischio incendio è basso (Fonte: Green Guide, 2018)

Se non ci sono luoghi di ragionevole sicurezza all'interno delle zone 3 e 4, ai fini del calcolo, il tempo di uscita di emergenza è il tempo impiegato dagli spettatori per uscire dal proprio posto all'interno dell'area di osservazione (Zona 2) e quindi percorrere l'intera lunghezza del percorso dell'uscita di emergenza prima di raggiungere un luogo sicuro (Zona 5). La determinazione di questo tempo di uscita di emergenza si baserà sul livello di rischio presente in qualsiasi fase lungo il percorso di uscita di emergenza. Se il livello di **rischio** in qualsiasi momento è **elevato** il tempo di uscita di emergenza sarà di **2,5 minuti**. Se il livello di **rischio** è **medio**, il tempo di uscita di emergenza non sarà superiore a **6 minuti**.

La Guida puntualizza che se all'interno delle Zone 3 o 4 è presente un percorso di uscita protetto, il tempo di uscita di emergenza verrà misurato dal posto o dal luogo all'interno dell'alloggio di osservazione (Zona 2) a tale uscita protetta.

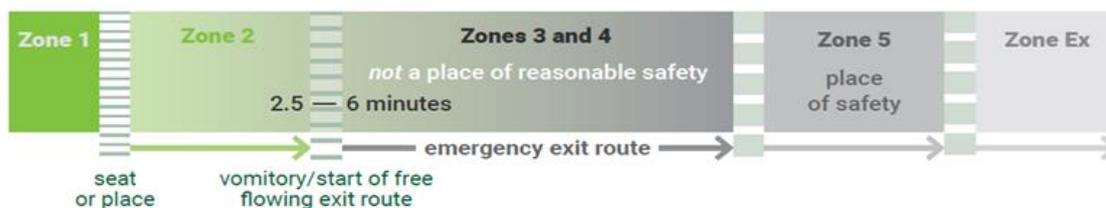


Figura 14: Tempo di viaggio tempo d'uscita di emergenza dove il livello del rischio incendio è medio o alto (Fonte: Green Guide, 2018)

Qualsiasi uscita designata per l'uso in caso di emergenza deve essere sufficientemente ampia, non solo per gli spettatori ma anche per tutte le altre persone presenti, per poter esodare entro il tempo di uscita d'emergenza specificato. ***Pertanto, nel calcolo della capacità d'uscita d'emergenza sarà necessario tenere conto del numero di personale, funzionari dell'evento e qualsiasi altra persona presente all'evento.***

5.4 MODELLAZIONE DELLA SIMULAZIONE DELLA FOLLA

La modellazione per la simulazione della folla è uno strumento che offre un supporto di verifica di numeri determinati dai calcoli della capacità di contenimento. Tale modellazione può anche aiutare la direzione e i progettisti a decidere se è necessario apportare miglioramenti alla disposizione e/o alla gestione del campo.

La base di partenza per il calcolo della capacità di uscita che fornisce una base per comprendere il flusso di folla è il calcolo delle portate. Tuttavia, l'uso della modellazione dell'esodo può offrire un'utile valutazione di modelli di movimento che aiutano a identificare eventuali problemi che potrebbero influenzare il calcolo della capacità di uscita. Tale modellazione è utile anche per evidenziare le sezioni del percorso di uscita in cui le caratteristiche del progetto o le ostruzioni possono rallentare le portate.

5.5 LO STEWARDING

La sicurezza nei campi sportivi dipende in gran parte dall'impiego di un numero adeguato di persone ben addestrate e adeguatamente attrezzate, il cui ruolo è quello di fornire un ambiente sicuro, protetto e accogliente. Comunemente, questo ruolo è noto come stewarding. Uno steward è una persona che ha completato con successo un programma di formazione che è stato mappato rispetto agli standard occupazionali nazionali pertinenti e la cui competenza professionale è stata valutata con successo in base a tali

standard, oppure una persona che si sta sottoponendo a formazione e valutazione per il raggiungimento di tali standard. Gli standard sono quelli fissati nelle norme nazionali sul lavoro pertinenti, che stabiliscono le competenze, le conoscenze e l'esperienza necessarie per lavorare nella sicurezza degli spettatori.

Gli steward forniscono un'interazione diretta e continua tra la direzione del campo e gli spettatori.

I doveri di base degli steward sono di favorire la circolazione di spettatori, impedire il sovraffollamento, ridurre la probabilità e l'incidenza del disordine e fornire i mezzi per indagare, segnalare e agire tempestivamente in caso di incidente.

Pertanto, gli sforzi e gli atteggiamenti individuali degli steward possono avere un forte impatto sul raggiungimento delle condizioni di sicurezza. Nello svolgimento delle loro funzioni, gli steward dovrebbero inoltre, sempre, essere consapevoli e garantire la cura, il comfort e il benessere di tutte le categorie di spettatori. Infatti, in molti casi va ricordato che gli steward possono essere l'unico personale di servizio che rappresenta la direzione con cui gli spettatori hanno contatti durante lo svolgimento di un evento.

La direzione redigere uno Stewarding Plan in cui viene definito il numero di steward da schierare, in base alle dimensioni e alla configurazione del campo, alla natura dell'evento e ad altri fattori rilevanti. Definerà inoltre i ruoli che ogni steward assumerà e dove sarà schierato. Il numero di steward schierati non deve scendere al di sotto del numero minimo specificato nel Piano di stewarding o nel certificato di sicurezza. Laddove un evento richieda la presenza di agenti di polizia, i compiti e le responsabilità degli steward dovrebbero essere concordati tra la direzione e la polizia.

I diversi ruoli degli steward sono così categorizzati:

- a. Personale di supervisione: ad esempio il viceresponsabile della sicurezza, il/i Chief Steward e i supervisori.
- b. Postazioni di stewarding statiche: situate, ad esempio, nei punti di monitoraggio della folla, uscite, piazzole o cancelli perimetrali dell'area di attività, scale mobili e altri punti o aree strategiche.
- c. Posti di steward mobili: in genere un rapporto di ***uno steward ogni 250 presenze previste***. Questo rapporto dovrebbe essere aumentato laddove la valutazione del rischio specifico dell'evento abbia individuato la necessità di un livello più elevato

di gestione della sicurezza; ad esempio, quando è prevista la partecipazione di un gran numero di bambini o quando è probabile che un gran numero di spettatori non rispetti le istruzioni di sicurezza. In tali circostanze il responsabile della sicurezza dovrebbe considerare un rapporto più elevato di personale complessivo, di ***uno steward ogni 100 spettatori***, o anche superiore in luoghi specifici. (In caso di rischio di invasione non autorizzata del campo o dell'area di attività, tuttavia, il rapporto più elevato deve essere applicato solo alle aree appropriate.)

- d. Steward specializzati: ad esempio steward antincendio, steward formati nella risoluzione dei conflitti e steward impiegati in aree utilizzate da bambini o persone disabili.
- e. Steward aggiuntivi: se necessari per l'impiego in circostanze particolari o per eventi particolari.

Gli steward devono essere facilmente identificabili, pertanto, devono essere dotati di giacche o cappotti ad alta visibilità, resistenti alle intemperie e conformi alle norme di sicurezza vigenti. Ogni giacca deve indicare chiaramente il compito svolto dallo steward e un numero univoco, con il quale ogni individuo può essere identificato.

Tutto il personale coinvolto nella gestione della sicurezza di un evento deve essere informato sulle istruzioni specifiche di cui potrebbe aver bisogno per svolgere le proprie funzioni in un particolare evento.

6 PROGETTAZIONE NELLA GREEN GUIDE 2018

6.1 INTRODUZIONE

I percorsi di esodo sono essenziali per consentire a tutte le persone presenti in un campo sportivo di spostarsi in modo sicuro e protetto all'interno, all'esterno e intorno al suolo, sia in condizioni normali che di emergenza. Poiché costituiscono una funzione necessaria di un campo sportivo, è fondamentale pianificare e gestire i percorsi in modo da garantirne la sicurezza e la protezione. Ciò può essere ottenuto attraverso mezzi fisici come una buona progettazione e costruzione, segnaletica chiara, illuminazione adeguata e barriere adeguate, oppure attraverso risorse umane come una buona amministrazione e comunicazioni chiare. Inoltre, l'uso di ausili tecnologici come la televisione a circuito chiuso, i sistemi di diffusione sonora e i modelli di simulazione della folla possono contribuire alla circolazione sicura e protetta.

È importante riconoscere che oltre alla sicurezza e alla protezione, anche il comfort e il godimento degli spettatori durante un evento possono essere influenzati dalla loro esperienza di passaggio attraverso i percorsi di accesso e uscita ai servizi. Pertanto, è importante considerare i modelli di arrivo e partenza degli spettatori e gli eventuali vincoli esterni che potrebbero influenzare l'ingresso e l'uscita dal campo sportivo e sui percorsi in generale.

Per garantire una circolazione efficiente all'interno e all'esterno dei campi sportivi, è importante pianificare e gestire attentamente i singoli elementi, come gli ingressi, le scale, le passerelle, i vomitori, gli atri e le uscite, in modo che si combinino per formare un sistema bilanciato nel suo complesso. È importante considerare anche i modelli di movimento degli spettatori durante gli eventi, che possono differire da quelli durante l'ingresso e l'uscita.

Inoltre, alcune parti del sistema di circolazione possono servire a usi diversi in momenti diversi durante l'evento, come l'ingresso e l'uscita, oppure come luoghi di raccolta e circolazione degli spettatori. Questa multifunzionalità deve essere gestita in modo da non compromettere le vie di circolazione essenziali.

Se le aree di circolazione multifunzionali non sono progettate o gestite correttamente, possono diventare congestionate in momenti critici. In tal caso, la direzione dovrebbe

cercare di incanalare gli spettatori in altre aree, ad esempio incentivandoli ad utilizzare scale, punti di ristoro o servizi igienici alternativi.

In generale, l'obiettivo della progettazione e gestione dei percorsi di circolazione è quello di creare le condizioni per un libero flusso di persone. Tuttavia, è importante riconoscere che durante gli eventi possono verificarsi periodi di congestione che devono essere gestiti in modo efficace.

6.2 ZONIZZAZIONE

Tutti i percorsi di circolazione si devono suddividere in una serie di zone concentriche come illustrato nella Figura 15. Le aree di circolazione sono suddivise in cinque zone principali, a seconda della loro posizione e della loro funzione.

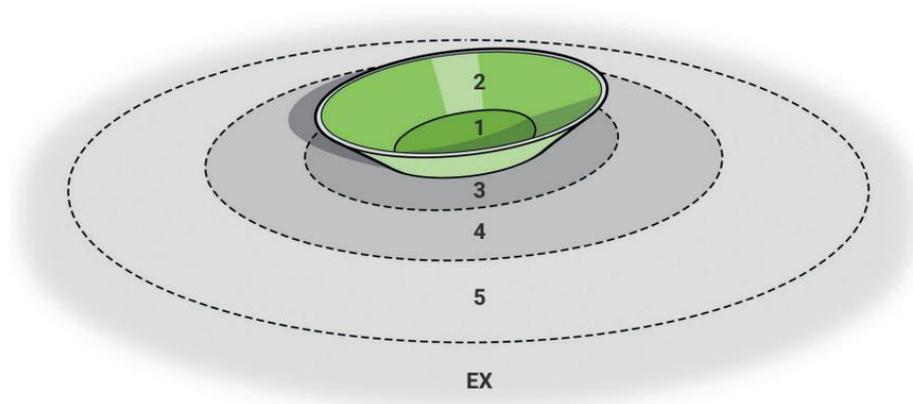


Figura 15: Zonizzazione (Fonte: Green Guide, 2018)

1. La *Zona 1* è il campo o l'area di attività. Deve essere accessibile agli spettatori della *Zona 2* tramite cancelli o aperture nel campo o barriere perimetrali dell'area di attività.
2. La *Zona 2* è l'area spettatori.
3. La *Zona 3* è costituita da atri interni, vomitori e aree di ospitalità.
4. La *Zona 4* è l'area di circolazione esterna che può fungere da area di accesso per i veicoli di emergenza e di servizio.
5. La *Zona 5* è la zona cuscinetto esterna al perimetro del campo sportivo, adibita ai momenti di aggregazione del pubblico prima dell'ingresso e di collegamento ai parcheggi e ai mezzi pubblici. Il pubblico dovrebbe circumnavigare il perimetro in questa zona, al fine di trovare un punto di ingresso appropriato.

6. La *Zona Ex* anche denominata “l’ultimo miglio” è la zona esterna di dominio pubblico che comprende i principali percorsi pedonali e veicolari che conducono dalla Zona 5 ai parcheggi pubblici, alle stazioni ferroviarie locali, alle fermate degli autobus e così via.

Si noti che le Zone 3 e 4, nella maggior parte delle situazioni, saranno considerate luoghi di ragionevole sicurezza, che gli spettatori possono raggiungere prima di uscire dalla Zona 5. Inoltre, in terreni più piccoli la Zona 3 o la Zona 4 possono fungere da equivalente della Zona 5 in terreni più grandi.

In situazioni di emergenza la Zona 1, la Zona 3, la Zona 4 e la Zona 5 possono essere considerate luoghi di ragionevole sicurezza ¹³ per gli spettatori, mentre la Zona 5 è il luogo designato di sicurezza ¹⁴ in caso di emergenza.

Il numero e l'estensione delle zone di circolazione dipenderanno dalle caratteristiche specifiche di ogni campo sportivo, ma generalmente saranno presenti almeno le zone di circolazione fondamentali, come la Zona 1, la Zona 2, la Zona 3 e la Zona Ex. Queste zone sono essenziali per garantire un corretto flusso di persone e per gestire la circolazione degli spettatori durante gli eventi sportivi.

6.3 PROGETTAZIONE DELL'INGRESSO

Per la pianificazione e la gestione dei percorsi di circolazione degli spettatori all'interno di un impianto sportivo, è essenziale monitorare il numero di persone che vi accedono. Per garantire un ingresso sicuro e protetto, è necessario fornire quanto segue:

- a. Un numero sufficiente di punti di ingresso controllati, come tornelli, cancelli o porte, presidiati o automatizzati, uniformemente distribuiti e a servizio di ciascuna sezione del campo. Il numero dei punti di ingresso deve essere adeguato a elaborare la capacità di contenimento di ogni sezione del campo e la capacità di ingresso desiderata.

¹³ Luogo di ragionevole sicurezza: un luogo all'interno di un edificio o di una struttura, come un percorso di uscita o una scala, dove, per un periodo di tempo – in base alla resistenza al fuoco della struttura che protegge il luogo o a qualsiasi soluzione antincendio in atto – le persone avranno una certa protezione dagli effetti del fuoco e del fumo o altre minacce, consentendo loro di continuare la loro evacuazione verso un luogo sicuro (GUIDE TO SAFETY AT SPORTS GROUNDS, 2018).

¹⁴ Un luogo sicuro è definito come un luogo in cui una persona non è più in pericolo dagli effetti di un incendio o di altre minacce (GUIDE TO SAFETY AT SPORTS GROUNDS, 2018).

- b. Un accurato sistema di conteggio in ogni punto di entrata.
- c. Punti di ingresso progettati e gestiti in modo da consentire l'accesso degli spettatori a una velocità che non provochi congestione o ritardi al di fuori del campo, ma che non comprometta nemmeno la sicurezza degli spettatori immediatamente dopo l'ingresso nel campo.
- d. Stewarding e segnaletica adeguati.
- e. Adeguata manutenzione e affidabilità dei sistemi di controllo accessi.
- f. Sistemi di ingresso progettati per soddisfare le esigenze di sicurezza del campo.

La direzione dovrebbe riconoscere che se ci sono carenze in uno qualsiasi di questi elementi, ad esempio se ci sono troppo pochi punti di ingresso, la capacità di ingresso dovrà essere ridotta.

Il conteggio accurato degli spettatori quando entrano ad un evento è fondamentale per tre motivi:

- a. per evitare il sovraffollamento
- b. per consentire alla direzione di monitorare il processo di ingresso e reagire quando necessario
- c. per consentire alla direzione di calcolare l'importantissima *capacità di ingresso* del campo

Tutti gli spettatori che accedono a tutte le sezioni del campo, compresi i VIP, devono quindi essere contati al loro punto di ingresso e i numeri devono essere registrati. Pertanto, ogni punto di ingresso dovrebbe essere servito da un tornello con tassametro o da un mezzo alternativo di conteggio in modo che la direzione sia in grado di mantenere una registrazione continua del numero di spettatori ammessi a quella sezione. Laddove una sezione di un terreno è servita da più punti di ingresso come una serie di tornelli, il sistema di conteggio dovrebbe essere in grado di registrare un totale combinato per tali punti di ingresso. Inoltre, è fondamentale che durante tutto il periodo di ingresso la direzione sia tenuta informata dei totali in corso e in particolare nelle fasi chiave predeterminate; ad esempio, quando è stato raggiunto il 90% della capacità totale. Questo è importante per due ragioni.

- 1 La direzione dovrà valutare prima dell'inizio dell'evento quanto tempo sarà necessario per l'ammissione delle restanti persone fuori terra (se presenti). Se il numero in coda è maggiore di quello che può essere ammesso al tasso di

ammissione prevalente, ove possibile, dovrebbero essere aperti punti di ingresso aggiuntivi per far fronte alla domanda. Se ciò non fosse possibile, si dovrebbe prendere in considerazione la possibilità di ritardare l'inizio dell'evento.

- 2 Per sapere quando la sezione è prossima alla capacità, quando l'ingresso è senza posti riservati, in modo che: i punti di ingresso possono essere chiusi prima del superamento della capacità e le persone in coda o che si avvicinano ai punti di ingresso possono essere avvertite e, ove opportuno reindirizzato verso ingressi a servizio di altre sezioni del terreno.

Al fine di assistere nel monitoraggio della densità della folla al di fuori del campo e lungo le vie di ingresso/uscita devono essere installate telecamere a circuito chiuso.

La velocità con cui le persone possono attraversare ogni punto di ingresso in un'ora (o qualsiasi altro periodo di tempo appropriato al terreno o alla natura dell'evento) varierà in base a una serie di fattori. Tuttavia, ai fini del calcolo della capacità di ingresso, dovrebbe essere applicato un limite massimo di 660 persone per punto di ingresso all'ora. Questo perché è probabile che un tasso di ingresso più elevato provochi un aumento della pressione della folla all'interno delle aree immediatamente all'interno. Sebbene la capacità di ingresso sia determinata dal numero di spettatori che possono essere ammessi entro un periodo di tempo di un'ora in pratica si ammettono spettatori con più di un'ora di anticipo rispetto all'inizio di un evento. Allo stesso modo, in alcuni eventi un gran numero di spettatori arriva in genere solo poco prima dell'orario di inizio. Pertanto, affinché tutti gli spettatori siano ammessi in tempo per l'inizio, potrebbe essere necessario un numero maggiore di punti di ingresso rispetto a quello che potrebbe essere altrimenti se il numero fosse basato esclusivamente sulla velocità di ingresso di 660 persone all'ora per punto di ingresso.

I punti di ingresso devono essere distribuiti uniformemente lungo il perimetro del campo. Tutti gli ingressi devono essere chiaramente segnalati e illuminati ed inoltre deve esserci sempre nei punti strategici una planimetria che mostri tutti i punti di accesso in modo che le persone possano decidere quale utilizzare. Laddove un'area di libera circolazione conduce a un varco di punti di ingresso, si devono dividere gli accessi in canali (o percorsi di preselezione delle code) utilizzando barriere mobili. Questi canali devono essere segnalati in anticipo e, se del caso, divisi da barriere alte almeno 1,1 m. Ove possibile, dovrebbe essere previsto un percorso libero di almeno 600 mm tra ciascun canale per

l'uso degli steward e di qualsiasi persona che desideri lasciare la coda. Gli steward dovrebbero anche essere posizionati prima dei canali per indirizzare le persone al canale appropriato. I punti di ingresso dovrebbero essere disposti in modo tale da distribuire uniformemente il flusso delle persone verso l'area degli spettatori. Se ci fossero congestioni, si potrebbe considerare di modificare la disposizione dei punti di ingresso o di indirizzare le persone verso gli accessi meno utilizzati. Tutte le recinzioni e i cancelli dei muri perimetrali dovrebbero essere progettati in modo tale da non presentare buchi o fessure o appigli che potrebbero essere utilizzati per arrampicarsi.

Le vie di ingresso e di uscita spesso condividono lo stesso percorso. Pertanto, le vie di ingresso devono essere progettate e gestite con gli stessi standard di sicurezza dell'uscita.

Si deve considerare che i tornelli non sono accessi adeguati alle persone con esigenze speciali, come chi usa una sedia a rotelle, persone non vedenti o ipovedenti, o persone accompagnate da cani guida. In questi casi, è meglio fornire un accesso a livello tramite un cancello o una porta gestita da personale che abbia le attrezzature necessarie per aiutare queste persone.

Un punto da tenere in considerazione nella progettazione dell'ingresso sono le politiche di ammissione. Infatti, la vendita dei posti influenza direttamente la capienza dell'evento. La vendita di posti senza prenotazione è più facile da amministrare. Tuttavia, gli spettatori tenderanno ad occupare i posti in modo causale e può essere difficile occupare i posti liberi nel periodo chiave prima dell'inizio dell'evento. Per questo motivo, quando si vendono posti senza prenotazione, è probabile che sia necessaria una riduzione dei posti messi a disposizione per la vendita. Questa riduzione può essere dell'ordine di grandezza del 10% della capacità totale della sezione in funzione delle circostanze locali. Al contrario, vendita di biglietti per specifici posti numerati ha il vantaggio che è più probabile che i posti vengano venduti in blocco. Questa politica amministrativa aiuta ad evitare lacune casuali e garantisce che nel periodo chiave che precede l'inizio dell'evento sarà necessario che gli steward debbano indirizzare i ritardatari ai posti rimanenti o far spostare alcuni spettatori. Un altro vantaggio di questa politica è che consente di vendere la capacità totale di posti a sedere del terreno o della sezione del terreno.

6.4 PROGETTAZIONE DEI COLLEGAMENTI VERTICALI

I progettisti e la direzione degli impianti sportivi devono considerare tutti gli aspetti della progettazione, pianificazione e gestione dei percorsi di collegamento verticale, ovvero le scale, le passerelle radiali, le rampe, gli ascensori e le scale mobili, al fine di garantire la circolazione fluida e senza ostacoli di tutte le persone presenti durante un evento, sia in condizioni normali che di emergenza.

Per la progettazione e la valutazione degli impianti sportivi, è importante notare che i criteri applicabili alle scale possono differire da quelli relativi alle passerelle radiali. A tal proposito, vengono fornite le seguenti definizioni:

- *una scala* è quella parte della struttura che include almeno una rampa di scale, compresi i pianerottoli in testa e in fondo alla scala (Figura 16);
- *una passerella radiale* è un canale a gradini o inclinato che corre tra file di sedili o gradini della terrazza e attraversa un'area di osservazione (Figura 18);
- *una passerella laterale* è un canale a livello che corre parallelo alle file di sedili o ai gradini della terrazza e attraversa un'area di osservazione (Figura 18).

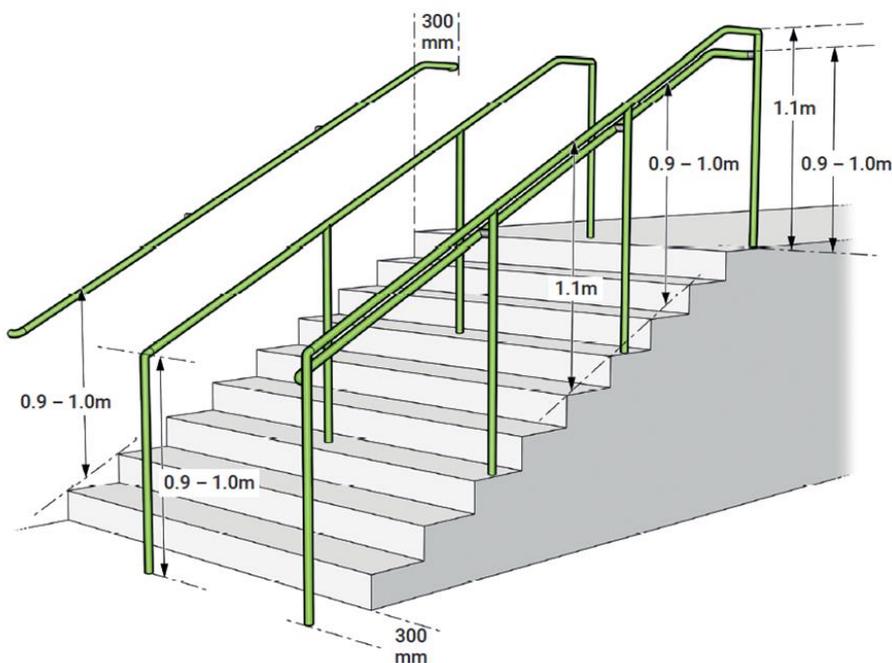


Figura 16: Barriere e corrimano sulle scale (Fonte: Green Guide, 2018). La Figura 16 illustra una scala con un muro da un lato e uno spazio aperto dall'altro. Sul lato aperto è installata una barriera per evitare che le persone cadano. Poiché, questa barriera deve avere un'altezza di 1,1 m, un corrimano è fissato a un livello inferiore per guida o supporto. L'altezza del corrimano deve essere compresa tra 0,9 m 1,0 m, misurata dalla linea di falda o dalla

superficie del pianerottolo. Si noti che ciascuna estremità del corrimano si piega attorno alle estremità della barriera e si estende per 300 mm oltre le alzate superiore e inferiore della scala. Un altro corrimano è fissato al muro. Anche questo è fissato ad un'altezza compresa tra 0,9 m e 1,0 m sopra la linea di falda o dalla superficie del pianerottolo, e si estende per 300 mm oltre le alzate superiore e inferiore della scala. Bisogna fare attenzione durante il fissaggio di tale corrimano, per evitare che si stacchi dal muro.

Il movimento sulle scale, in particolare la discesa rappresenta un notevole rischio di assembramenti sia in condizioni normali come al termine di un evento che in condizioni di emergenza. La larghezza della scala deve essere uniforme, tutti i bordi delle pedate devono essere chiaramente contrassegnati per mezzo di una vernice a contrasto permanente o materiali fissati sia alla pedata che all'alzata. Sui gradini superiori e inferiori delle scale esterne deve essere prevista una pavimentazione tattile per l'inclusività delle persone non vedenti e ipovedenti. Tutte le scale devono essere antiscivolo, avere bordi durevoli.

Larghezza minima: 1200 mm Larghezza massima: 1800 mm

Profondità minima: 280 mm Profondità massima (ottimale): 305 mm

Alzata minima (ottimale): 150 mm Alzata massima: 180 mm

Le pedate di ciascun pianerottolo in testa e al piede delle scale non devono essere inferiori alla larghezza della rampa. Le rampe delle scale dovrebbero essere con non più di 12 alzate. Tuttavia, se la scala è una scala secondaria solo per l'esodo in emergenza, questa può essere aumentata a 16 alzate.

Al fine di garantire un flusso libero di persone e limitare l'accumulo di pressione in avanti alla testata di ciascuna scala, dovrebbe essere progettata in modo tale che il flusso sulla scala sia uniforme su tutta la sua larghezza. Allo stesso modo, quando una scala è suddivisa in canali, la scala deve essere progettata per garantire un flusso uniforme lungo ciascun canale.

La **larghezza minima** di A e B deve essere **1,2 m** per le nuove costruzioni ma la larghezza complessiva di **A + B** su un lato della scala **non deve superare i 3 m** (Figura 17).

$$3 \times (A + B) = C$$

Da questo calcolo si può vedere che le scale più larghe di 9 m richiederebbero l'aggiunta di più barriere in testa alla scala.

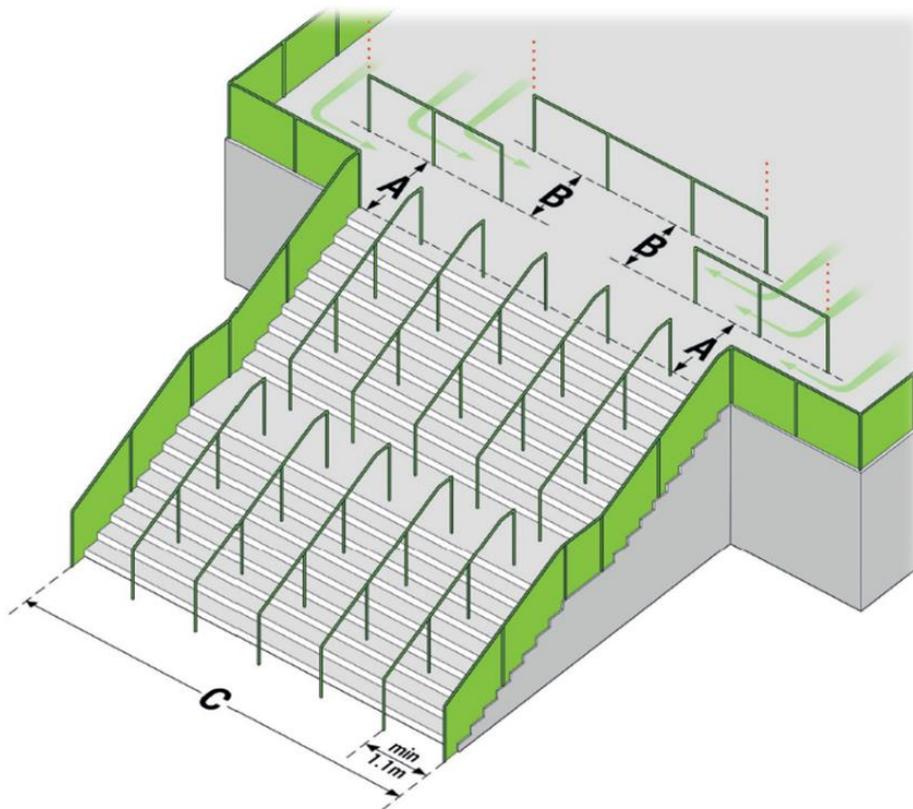


Figura 17: Progettazione delle scale con divisori (Fonte: Green Guide, 2018)

Tutte le passerelle radiali devono avere una larghezza di 1,2 m per le nuove costruzioni. Sebbene nella maggior parte dei casi nei campi sportivi le pedate e le alzate su ciascuna passerella radiale debbano essere uniformi (come nel caso delle scale), tuttavia, a causa del profilo parabolico di molte grandi tribune le differenze nelle dimensioni delle andate e alzate possono essere inevitabili. Questo non dovrebbe costituire un problema di sicurezza se le differenze si verificano tra le lunghezze delle passerelle radiali separate da passerelle laterali. Se tuttavia le differenze si verificano all'interno di una singola lunghezza ininterrotta di una passerella radiale, si dovrebbe prendere in considerazione il posizionamento di elementi strutturali come maniglie o corrimano su entrambi i lati della passerella radiale per fornire ulteriore supporto agli spettatori durante la salita o la discesa. Si raccomanda inoltre che una passerella radiale con pendenza superiore a 25 gradi siano costituite da non più di 40 file di sedili.

Tutti gli spettatori devono trovarsi entro 12 m da una passerella o da un'uscita, per tale ragione la distanza tra le passerelle è di 24 m l'una dall'altra.

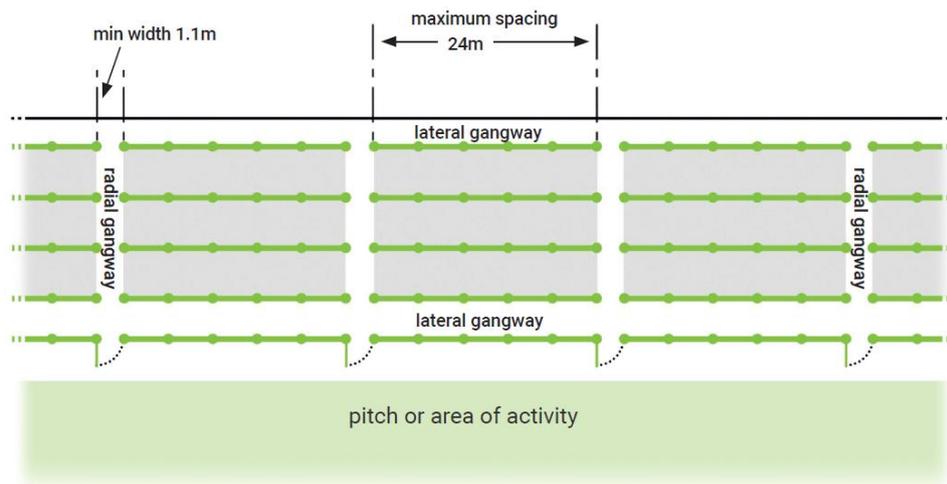


Figura 18: Progettazione delle passerelle radiali e laterali (Fonte: Green Guide, 2018)

6.5 BARRIERE PERIMETRALI DEL CAMPO O DELL'AREA DI ATTIVITÀ

Una barriera perimetrale è una barriera installata per separare gli spettatori dal campo o dall'area dell'attività. Tali barriere possono assumere la forma di muri o barriere anti-schiacciamento.

L'altezza del tipo e il carico orizzontale imposto di una barriera perimetrale variano in base alla sua posizione e alla funzione richiesta.

Se gli spettatori possono appoggiarsi o raccogliersi immediatamente dietro la barriera perimetrale, questa dovrebbe essere classificata come barriera anti-schiacciamento e quindi soddisfare i requisiti di altezza di 1,1 m e carico orizzontale non inferiore a 2 kN/m

Inoltre, qualunque sia l'altezza della barriera perimetrale, **devono essere previsti cancelli o aperture per consentire l'accesso di emergenza al campo o all'area di attività** (Figura 18).

I cartelloni pubblicitari posizionati lungo il campo o l'area di attività non sono considerati barriere perimetrali e non devono pregiudicare il funzionamento di tali barriere né oscurare la vista degli spettatori.

6.6 PROGETTAZIONE DEGLI ATRI E DEI VOMITORI

Ai fini della Guida si intende per atrio un'area, coperta o zona scoperta, che:

1. fornisce l'accesso diretto alle posizioni per la visualizzazione (Zona 2 nella Figura 15), tramite scale, rampe, vomitori o passaggi;
2. funge da area ristoro e di intrattenimento e/o fornisce l'accesso ai servizi igienici;
3. può anche far parte dei sistemi di ingresso e uscita del terreno.

Un'area di ospitalità che non fa parte dei sistemi di ingresso o di uscita del campo, ad esempio una lounge autonoma a cui l'ingresso è limitato, non dovrebbe essere considerata un atrio. Oltre a offrire spazio per la folla, gli atri sono parte integrante del sistema di circolazione dei campi sportivi e spesso forniscono l'accesso a servizi previsti per il comfort e divertimento degli spettatori. Pertanto, è importante che la direzione monitori e gestisca gli atri in ogni momento durante un evento e disponga di strategie per affrontare i vari livelli di densità della folla che potrebbe verificarsi, soprattutto nei periodi di massimo utilizzo. Chiaramente nella maggior parte dei campi sportivi non è né praticabile né possibile prevedere aree di atrio sufficientemente ampie da accogliere in sicurezza ogni spettatore. Allo stesso tempo, il numero di spettatori che utilizzano o attraversano un atrio in qualsiasi momento varierà considerevolmente durante un evento.

La Green Guide raccomanda che lo spazio a pavimento disponibile sia in grado di ospitare il 50% della capacità dell'area di osservazione che l'atrio serve, in qualsiasi momento, a un livello di densità non superiore a 2 persone per metro quadrato (0,5 m² per persona).¹⁵

Densità (persone/m ²)	DENSITA' (persone in 10 m ²)	SPAZIO A PERSONA (m ²)	Osservazioni
4,7	47	0,21	densità massima consentita per gli spettatori in piedi
4,0	40	0,25	densità massima per gli spettatori in piedi e le persone in coda ai bar/banchi/toilette
3,3	33	0,30	densità ottimale per spettatori in piedi/aree di ristoro nell'atrio
2,0	20	0,50	densità per le aree generali dell'atrio e per gli spettatori in piedi su aree pianeggianti durante i concerti

¹⁵ Spazio raccomandato per la zona 3

1,4	14	0,71	densità più confortevole per le aree di atrio/ospitalità
0,7	7	1,43	densità ottimale per club style/aree hospitality

Tabella 2: Densità della folla per le aree di movimento o in piedi (Green Guide,2018)



Figura 19: Livello di densità medio negli atri non superiore a 2 persone per metro quadrato (Fonte: Green Guide,2018)

La Green Guide definisce il vomitorio come un percorso di accesso integrato nella pendenza di una tribuna o di una terrazza che collega direttamente le posizioni di osservazione (Zona 2) agli atri e/o ai percorsi per l'ingresso e l'uscita nelle Zone 3 e 4 (vedere la Figura 15). Il passaggio attraverso un vomitorio può essere in piano, a rampe o tramite scale. Nella Figura 20 è riportato un tipico vomitorio, in cui dalla parte superiore della gradinata scende una passerella di larghezza 1,2 m, e viene poi biforcata in due passerelle, ciascuna misura un minimo di 800 mm, su entrambi i lati del vomitorio.

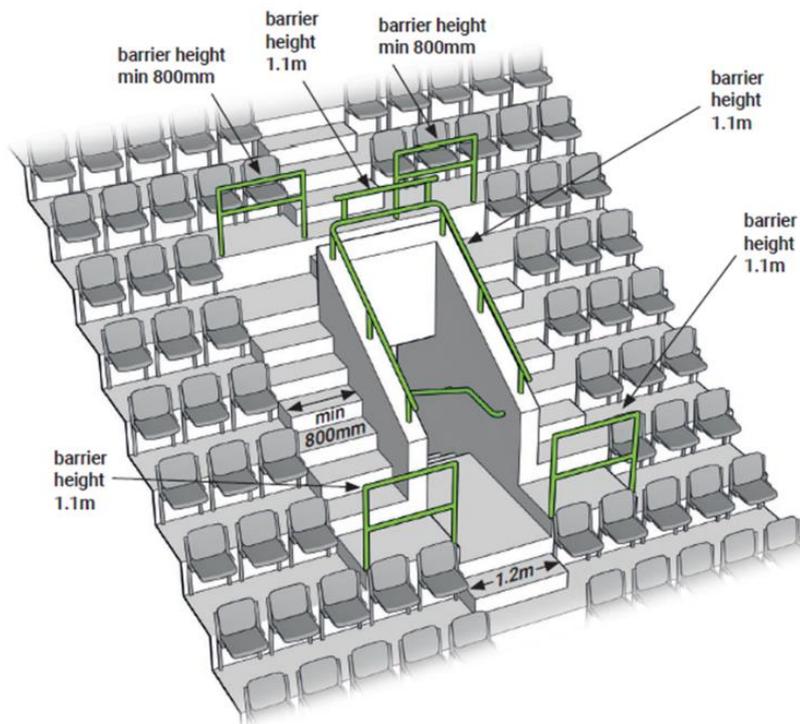


Figura 20: Misure di controllo del vomitorio e altezze delle barriere (Fonte: Green Guide,2018)

La larghezza minima di un vomitorio è di 1,2 m e va calcolata come segue:

- a. determinare il numero di spettatori che probabilmente utilizzeranno quel vomitorio in ingresso o uscita;
- b. determinare il tempo di uscita d'emergenza di quella zona
- c. infine, si deve applicare la seguente formula:

$$\frac{\text{numero di spettatori}}{\text{tempo di uscita di emergenza [min]} * 66} = \text{larghezza vomitorio [m]}$$

6.7 PROGETTAZIONE DELLE USCITE

Alla fine di un evento, nella fase di uscita, le persone reagiscono e rispondono in modi diversi, influenzati dal loro stato d'animo, dai piani di viaggio e dalla loro percezione del rischio. Infatti, in condizioni normali potrebbero formarsi congestioni e incidenti. Pertanto, è necessaria una progettazione e una gestione che permetta un passaggio sicuro e scorrevole dall'area di osservazione e che conduca ad un luogo sicuro, entro un periodo di tempo accettabile e senza che si crei congestione.

Ai fini della progettazione e della gestione si considera che un "percorso di uscita" inizi nel punto in cui lo spettatore lascia l'alloggio di visione (Zona 2 in Figura 15), tipicamente il punto in cui gli spettatori entrano in un vomitorio, un atrio, una scala o un corridoio.

Nel complesso, al fine di ottenere un'uscita sicura in tutte le condizioni, i progettisti e la direzione devono garantire quanto segue:

- a. uscite sufficienti e distribuite proporzionalmente sul terreno e devono essere chiaramente identificabili in qualsiasi condizioni;
- b. gli spettatori non devono percorrere distanze eccessive per lasciare l'alloggio di osservazione (Zona 2) ed entrare in un percorso di uscita a flusso libero; in condizioni normali, ai fini del calcolo, il tempo di percorrenza non deve superare gli otto minuti;
- c. le vie di uscita devono essere sufficientemente larghe (larghezza minima 1,2 m) da consentire l'uscita entro un tempo adeguato alla capacità degli alloggi di osservazione cui servono;
- d. le vie di uscita non devono restringersi in nessun punto lungo la loro lunghezza
- e. la portata massima delle persone che attraversano il percorso di uscita è da differenziarsi in due casi, il primo di percorso in piano pari a 82 persone per metro di larghezza al minuto, mentre nel caso di percorso in pendenza su scale o rampe è di 66 persone per metro di lunghezza al minuto;
- f. l'altezza del soffitto nei percorsi di circolazione orizzontali in tutte le aree a cui il pubblico ha accesso deve avere un'altezza minima di 2,3 m, mentre l'altezza libera su scale e rampe dovrebbe essere di almeno 2,0 m misurata dalla linea del campo.

6.8 PROGETTAZIONE DEI POSTI A SEDERE

Negli eventi in cui gli spettatori sono essenzialmente non deambulanti durante l'evento, è raccomandata, ove possibile, la fornitura di posti a sedere per tutti gli spettatori.

Si riconosce, tuttavia, che laddove gli spettatori possono deambulare durante l'evento, ad esempio nei locali di pubblico spettacolo, una combinazione di sistemazione seduta e in piedi è un requisito progettuale fondamentale.

Le aree a sedere dovranno fornire aree di visione accessibili per gli spettatori disabili, compresi gli spettatori disabili ambulanti. Queste aree devono essere collocate intorno al terreno in numero adeguato e devono avere una qualità visiva adeguata, per offrire a tutti

gli spettatori un'adeguata gamma di opzioni di visualizzazione. La direzione deve anche prendere in considerazione la fornitura di servizi o posti di facile accesso per gli spettatori con esigenze particolari¹⁶.

Assicurare una visione chiara e illimitata per tutti gli spettatori è un fattore chiave per garantire la sicurezza, il comfort e la soddisfazione del pubblico. Ciò contribuisce a creare un'esperienza positiva e inclusiva per tutti coloro che partecipano a un evento o frequentano una struttura di intrattenimento. Gli standard di visione adeguati includono la posizione e l'orientamento delle sedute, l'altezza e la distanza dagli elementi visivi principali, come il palco o il campo, e l'assenza di ostacoli che possano limitare la visibilità.

Il concetto di visuale si riferisce alla capacità degli spettatori di vedere un punto focale predeterminato, come ad esempio un palco, un campo sportivo o un'area di attività, al di sopra delle teste degli spettatori immediatamente di fronte a loro. Una buona qualità della visuale è fondamentale per garantire che gli spettatori possano godere appieno dell'evento o dell'attività a cui stanno assistendo. Una visuale adeguata non solo migliora l'esperienza degli spettatori, ma contribuisce anche alla sicurezza della sistemazione seduta. Se gli spettatori non fossero in grado di vedere chiaramente ciò che sta accadendo sul palco o sul campo, potrebbe esserci confusione o rischi di incidenti. Ad esempio, durante eventi sportivi, una visuale adeguata consente agli spettatori di seguire l'azione e di reagire in modo appropriato a eventuali situazioni di pericolo. Inoltre, una buona qualità della visuale può incentivare gli spettatori a rimanere seduti durante l'evento anziché cercare di spostarsi in posizioni migliori per vedere. Questo può contribuire a mantenere l'ordine e la sicurezza nella sistemazione seduta, riducendo il rischio di affollamento e potenziali situazioni di pericolo.

La qualità della visione è espressa come valore C che deve essere compreso tra 90 mm e 120 mm.

¹⁶ sono posti previsti per gli spettatori che potrebbero richiedere più spazio e/o che hanno una mobilità ridotta

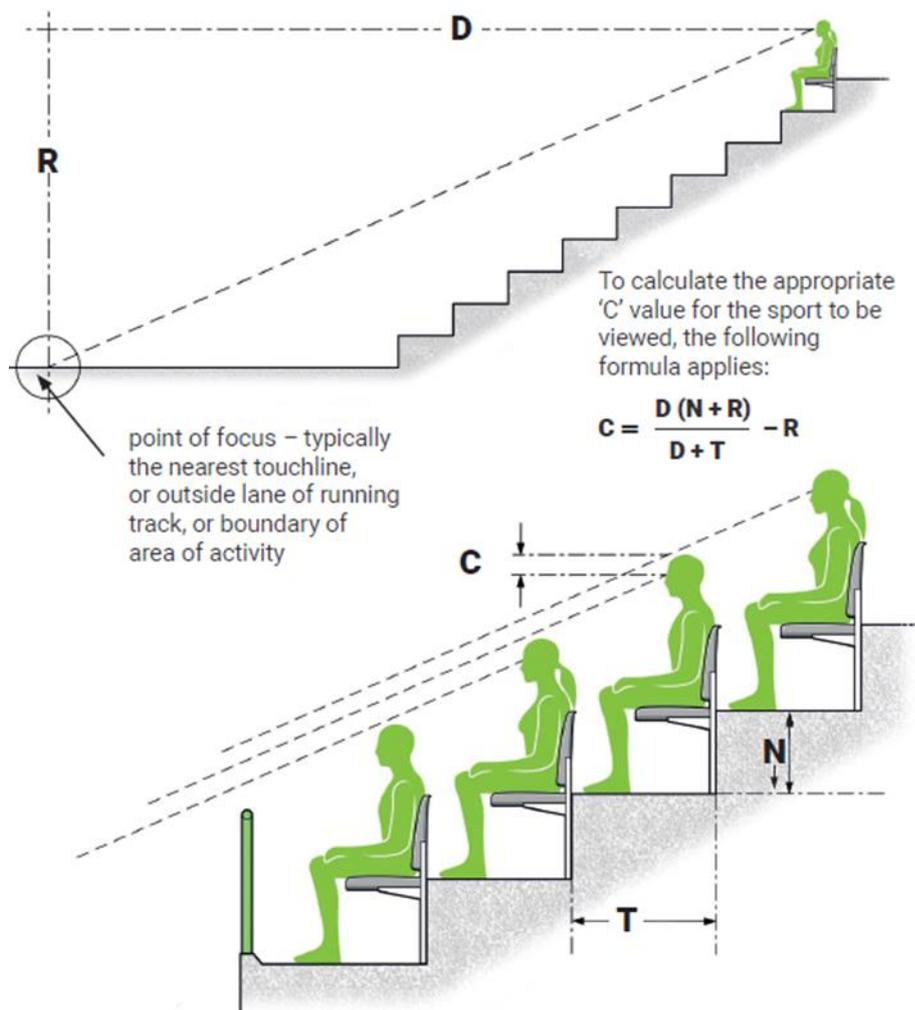


Figura 21: Linee visive per spettatori seduti (Fonte: Green Guide 2018)

C = qualità della visuale

D = la distanza orizzontale dall'occhio al punto di messa a fuoco

N = l'altezza del gradino della tribuna

R = l'altezza verticale al punto di messa a fuoco

T = la profondità della fila di posti a sedere

L'effetto della visuale degli spettatori in piedi in un'area progettata specificamente per sedersi è compromessa per tutti coloro che si trovano nell'area interessata, seduti o in piedi. Coloro che rimangono seduti avranno la visuale ostruita. Coloro che sono più piccoli di statura avranno la visuale ostruita, anche se stanno in piedi. Inoltre, per tutti coloro che stanno in piedi il punto focale si allontanerà ulteriormente, portando gli spettatori a stirarsi, sforzarsi, spingere, spintonarsi e stare in punta di piedi per avere una visuale migliore.

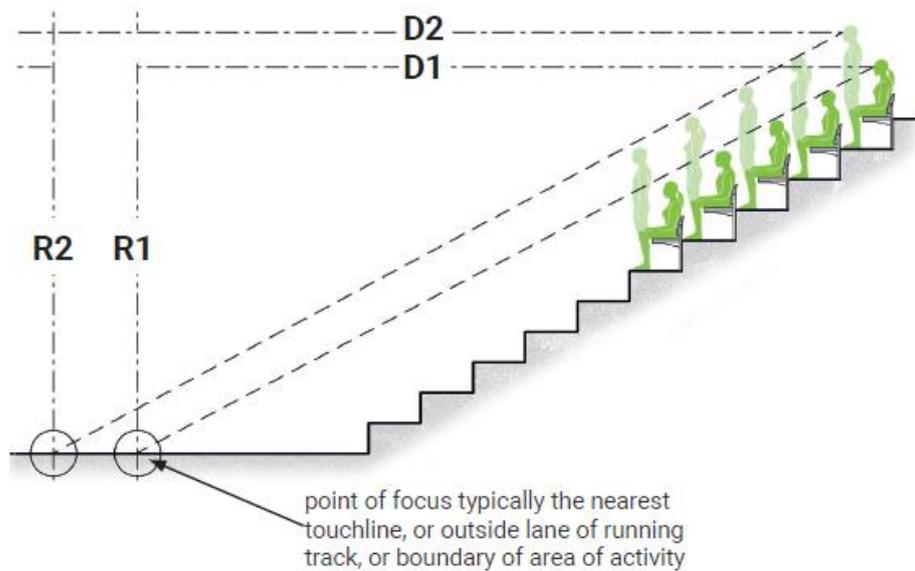


Figura 22: Effetto sulla visuale degli spettatori in piedi nelle aree sedute (Fonte: Green Guide 2018)

Alle persone disabili dovrebbe essere offerta la stessa possibilità degli altri spettatori: vedere un evento da qualsiasi livello o livello di un'area con posti a sedere. Tuttavia, gli utenti su sedia a rotelle non sono sempre in grado di alzarsi in piedi, gli spazi assegnati a loro e ai loro accompagnatori devono essere posizionati e progettati in modo tale che se gli spettatori o altro personale si alzano o camminano davanti a loro, la loro visuale non sarà ostruita. Il metodo consigliato per raggiungere questo obiettivo è la costruzione di un'alzata di altezza maggiore, o "super alzata" (Figura 22). Va inoltre riconosciuto che alcuni utenti su sedia a rotelle non sono in grado di girare la testa, o di sporgersi in avanti o di lato, e che quindi la loro posizione preferita all'interno di un campo sportivo sarà una posizione sopraelevata e ad angolo.

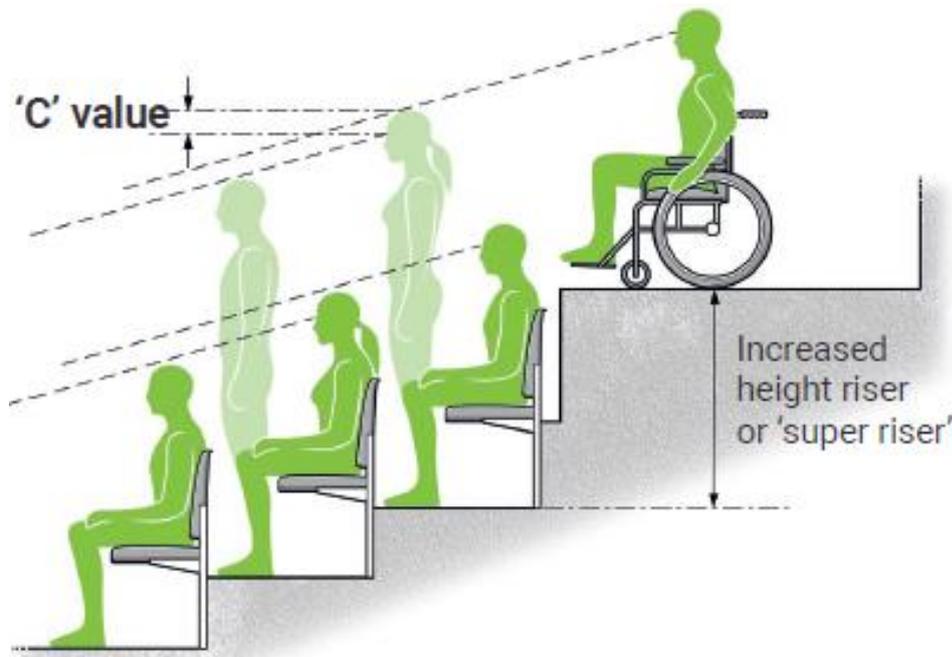


Figura 23: Linee di visibilità per gli utenti in sedia a ruote (Fonte: Green Guide 2018)

Il progettista deve valutare l’impatto della visione limitata da ogni posto a cui hanno accesso gli spettatori e di intraprendere le azioni appropriate ove necessario. Ciò potrebbe includere una riduzione della capacità. Le restrizioni parziali si applicano ai sedili dai quali la visuale può essere limitata ad esempio da supporti di copertura ma non al punto da costringere gli spettatori a sforzarsi o a stare in piedi per avere una visuale migliore. La grave restrizione si applica ai posti in cui la visuale è limitata ad esempio da cartelloni pubblicitari tanto da incoraggiare gli spettatori a stare in piedi. Le nuove costruzioni non devono contenere posti con gravi restrizioni e si devono limitare fino ad eliminare le postazioni in cui ci sono delle restrizioni parziali.

Come si evidenzia nella Figura 21 le dimensioni delle file dei posti a sedere influenzano la qualità della visuale. La larghezza del sedile (L) deve essere di 500mm misurati tra i centri dei sedili, mentre la profondità della fila dei posti a sedere (T) deve essere di 700 mm. L’altezza del sedile (H) misurata dalla quota della fila alla superficie superiore del sedile deve essere di almeno 400 mm. La profondità del sedile (SD) compreso lo spessore dello schienale, deve essere di minimo 350 mm. Il passaggio libero (CW) ovvero la profondità della fila tra la sporgenza più avanzata di un sedile e lo schienale del sedile di fronte deve essere minimo 400 mm. In presenza di sedili ribaltabili, la distanza di passaggio è misurata con il sedile ribaltato, questo valore può essere ridotto a 305 mm se non ci sono più di sette posti per fila serviti da una passerella su un lato o non più di 14

posti in fila serviti da passerelle su entrambi i lati. Un'altra dimensione che richiede un'attenta considerazione è la profondità utile del sedile (USD), che è la distanza orizzontale tra lo schienale del sedile misurata all'altezza del sedile e la parte posteriore del sedile davanti. La profondità utile del sedile sarà anche in parte determinata dalla dimensione ribaltata (TD) del sedile.

Per contribuire a creare un ambiente accogliente e sicuro per tutti coloro che partecipano a un evento o frequentano una struttura di intrattenimento si deve assicurare la disponibilità di posti comfort o di facile accesso per gli spettatori con esigenze specifiche affinché venga offerta un'esperienza inclusiva e accessibile. Questi posti devono soddisfare una serie di requisiti per garantire la sicurezza e il comfort di coloro che li utilizzano.

- **Accessibilità**

I posti comfort dovrebbero essere posizionati in luoghi facilmente accessibili, richiedendo l'utilizzo di non più di uno o due gradini. Inoltre, essi dovrebbero essere collocati alla fine delle file o vicino alle uscite per consentire un'evacuazione rapida in caso di emergenza.

- **Prossimità ai servizi igienici**

I posti comfort dovrebbero essere situati entro una distanza di circa 40 metri dai servizi igienici accessibili.

- **Dimensioni del sedile**

I sedili dei posti comfort devono essere conformi ai requisiti di larghezza minima raccomandata di 500 mm e alla profondità della fila di sedili di 800 mm. Ciò offre spazio sufficiente per gli spettatori con mobilità ridotta o che utilizzano ausili per la deambulazione.

- **Visibilità**

I posti comfort dovrebbero offrire una visuale adeguata, posizionandoli in aree in cui gli spettatori davanti o di lato hanno meno probabilità di alzarsi in piedi. Inoltre, si dovrebbe fare in modo che il personale o gli oggetti che passano davanti agli spettatori non ostruiscano la loro visuale.

- **Spazio per i cani da assistenza**

Quando necessario, dovrebbe essere previsto spazio aggiuntivo per ospitare un cane da assistenza.

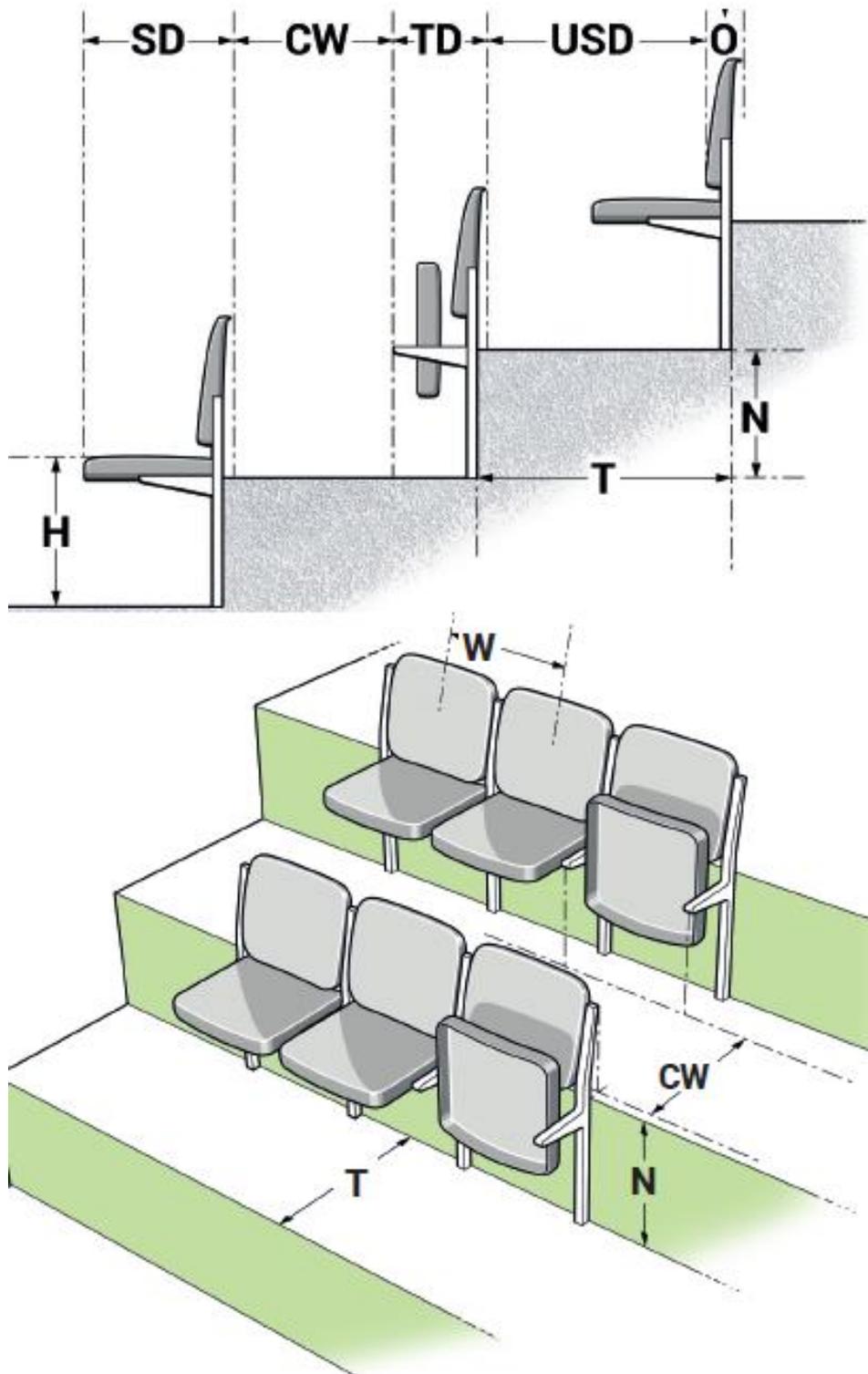


Figura 24: Dimensioni delle sedute (Fonte: Green Guide 2018)

6.9 PROGETTAZIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO

L'obiettivo primario della sicurezza antincendio è prevenire lo scoppio di un incendio, adottando misure per ridurre il rischio di incendio e fornendo e mantenendo i mezzi adeguati di protezione antincendio attivi e passivi. Con il termine protezione antincendio attiva si intendono tutti i componenti di un sistema di rilevamento e prevenzione incendi, come un estintore manuale o un sistema sprinkler automatico, che attivandosi prevengono la propagazione del fuoco. In aggiunta, con il termine protezione antincendio passiva si fa riferimento a tutti quei componenti di rilevazione e prevenzione incendi, quali pareti o compartimenti resistenti al fuoco, atti a contenere o rallentare la propagazione di un incendio.

Gli altri obiettivi della sicurezza antincendio sono, in caso di incendio:

- a. Rilevare l'incendio in una fase precoce, per mitigarne i danni diretti e consequenziali,
- b. compartimentazione, per ridurre la diffusione,
- c. allertare la squadra di gestione della sicurezza del campo e i funzionari dell'evento in modo che le procedure di indagine e la potenziale evacuazione possano essere attuate immediatamente,
- d. fornire vie di fuga per tutte le persone presenti a terra verso un luogo sicuro, come parte di una procedura di evacuazione pianificata che non richiede l'assistenza del servizio antincendio e di soccorso.

Si sottolinea inoltre che le raccomandazioni sulla sicurezza antincendio contenute nella Guida riguardano la protezione della vita.

Uno dei fattori chiave nel calcolo della capacità di sicurezza di un campo sportivo, o sezione di un campo, è la determinazione di un tempo di uscita di emergenza. Al fine di determinare la durata di un tempo di uscita di emergenza è necessario che la direzione effettui una valutazione del rischio.

Per le nuove costruzioni è necessario formulare una strategia antincendio. I progettisti di nuovi campi sportivi e tribune, o di importanti modifiche ai campi esistenti, dovrebbero commissionare una strategia antincendio, incentrata sui seguenti aspetti:

- a. vie di uscita di emergenza
- b. sistemi di rivelazione e allarme incendio

- c. la resistenza al fuoco di pareti, porte, solai e strutture
- d. il potenziale di propagazione del fuoco
- e. accesso dei vigili del fuoco
- f. dettagli di qualsiasi ingegneria antincendio utilizzata, come la modellazione del fumo, l'ingegneria strutturale o la modellazione dell'evacuazione.

La strategia antincendio dovrebbe includere una descrizione dei presupposti e delle filosofie che hanno portato alla progettazione della sicurezza antincendio, compresi i presupposti riguardanti la futura gestione e manutenzione dell'edificio. Al termine dei lavori di costruzione, la strategia antincendio passerà sotto la giurisdizione del responsabile della sicurezza antincendio presso il campo sportivo. La strategia antincendio dovrebbe essere soggetta a un audit annuale, come avviene anche per il piano di sicurezza antincendio e tutte le valutazioni del rischio incendio.

La persona responsabile del campo sportivo commissiona una valutazione del rischio incendio. Lo scopo di tale valutazione è determinare i livelli di rischio incendio nel campo sia nei giorni di evento che nei giorni di assenza di eventi. Una valutazione del rischio incendio dovrebbe comprendere le cinque fasi descritte nella Figura 25. Una volta eseguite le fasi da 1 a 4, è potenzialmente ridotto il rischio incendio, è quindi possibile determinare il tempo di uscita di emergenza, che farà parte del calcolo della capacità del terreno.

Categorizzazione del basso rischio di incendio

È probabile che una struttura o un'area a basso rischio all'interno di un campo sportivo sia quella in cui:

- a. il rischio che si verifichi un incendio è basso
- b. nell'improbabile eventualità di un incendio, il potenziale di propagazione del fuoco, del calore o del fumo da esso generato è basso
- c. c'è un basso rischio per la vita.

Tali strutture possono includere stand costruiti con materiali di limitata combustibilità e con punti di ristoro completamente protetti dal fuoco e aree scoperte di alloggi per gli spettatori.

Laddove tutte le strutture o le aree che fanno parte del sistema di uscita di emergenza sono a basso rischio, ai fini del calcolo, il ***tempo*** necessario per gli spettatori per procedere

dal proprio posto per la visione (Zona 2) e raggiungere l'inizio del percorso di uscita nella Zona 3, che normalmente sarà un luogo di ragionevole sicurezza, non dovrebbe durare più di **8 minuti**. Il tempo di uscita di emergenza, ovvero dall'inizio della Zona 3 a un luogo sicuro, sarà quindi determinato dalla resistenza al fuoco dell'edificio e/o dalle soluzioni di ingegneria antincendio in atto durante l'uscita.

Categorizzazione del rischio di incendio medio

È probabile che una struttura o un'area a rischio medio all'interno di un campo sportivo sia quella in cui:

- a. il rischio di propagazione di un incendio è basso
- b. in caso di incendio, è probabile che sia confinato in una stanza o nel suo luogo di origine
- c. è presente un efficace sistema antincendio o di contenimento.

Laddove qualsiasi struttura o area che fa parte del sistema di uscita di emergenza è a rischio medio, ai fini del calcolo, in condizioni di emergenza, il tempo necessario agli spettatori per uscire dal proprio posto o posto all'interno dell'area di osservazione (Zona 2) e raggiungere un luogo ragionevolmente sicuro, o un luogo sicuro, ovvero il **tempo di uscita di emergenza, non deve superare i 6 minuti**.

Categorizzazione di alto rischio di incendio

È probabile che una struttura o un'area ad alto rischio di incendio all'interno di un campo sportivo sia quella in cui si applicano una o più delle seguenti caratteristiche:

- a. Sono presenti elementi strutturali combustibili.
- b. Sono presenti elementi strutturali che potrebbero favorire la propagazione del fuoco, del calore e del fumo.
- c. Ci sono spazi vuoti sotto le pedane, i pavimenti o le terrazze dove possono accumularsi rifiuti.
- d. Ci sono diversi piani, con sistemi di uscita dai livelli superiori indirizzati attraverso le aree di ospitalità.
- e. Le aree dell'atrio presentano una separazione antincendio inadeguata tra le strutture commerciali e/o di ristorazione e le vie di uscita di emergenza.
- f. Sono presenti materiali altamente infiammabili o esplosivi.
- g. Le persone nell'area sono a rischio incidente che si verifica in un'area adiacente.

Laddove qualsiasi struttura o area facente parte del sistema di uscita di emergenza sia ad alto rischio, ai fini del calcolo, come dettagliato nella Sezione 10.12, in condizioni di emergenza il tempo necessario agli spettatori per procedere dal proprio posto all'interno dell'area di osservazione (Zona 2) e raggiungere un luogo di ragionevole sicurezza, o un luogo sicuro, ovvero ***il tempo di uscita di emergenza, non deve essere superiore a 2,5 minuti.***

Categorizzazione delle aree a rischio misto

Va notato che possono esserci parti del campo in cui le vie di uscita di emergenza attraversano aree classificate come aventi diversi livelli di rischio di incendio; ad esempio, quando gli spettatori in un'area con posti a sedere a basso rischio devono evacuare attraverso un'area di ospitalità a rischio medio o alto. In tali casi, il tempo di uscita di emergenza più breve per l'area a rischio medio o alto dovrebbe applicarsi all'intero percorso verso un luogo sicuro.

Valutazione del rischio incendio: le 5 fasi

FASE 1: Identificare e registrare i rischi incendio

- Identificare e registrare l'ubicazione e la natura di tutti i materiali combustibili, infiammabili o dispositivi e qualsiasi fonte d'ignizione.
- Individuare e registrare eventuali incendi o impianti presenti nel campo sportivo che potrebbero comportare di per sé un rischio incendio



FASE 2: Identificare le persone a rischio

- Tenendo conto della natura dell'evento e del profilo dello spettatore



FASE 3: Progettare misure specifiche

- Stilare piani di emergenza
- Sviluppare misure preventive e protettive per ridurre al minimo il rischio d'incendio e/o ridurre il tasso di crescita e di propagazione dell'incendio
- Erogare formazione al personale
- Valutare e migliorare le misure di protezione come sistemi di rivelazione e allarme incendi



FASE 4: Registrare e pianificare

- Registrare i risultati significativi e le azioni intraprese nelle fasi 1-3
- Determinare gli opportuni tempi di uscita d'emergenza
- Formazione, informazione e addestramento dei soggetti interessati



FASE 5: Revisione

- La revisione della valutazione andrà fatta dopo eventuali modifiche alle procedure gestionali e alle soluzioni alternative ed ogni anno.

Figura 25: Le 5 fasi del rischio incendio (Fonte: Green Guide)

7 CASO STUDIO

7.1 INTRODUZIONE

In questa sezione, verrà esaminato un caso studio specifico per approfondire i concetti discussi nei capitoli precedenti. Il caso studio riguarda un progetto architettonico di un'arena, oggi in fase di realizzazione. Le piante in formato dwg del progetto architettonico sono state fornite dallo studio *Gae Engineering*.

Attraverso l'analisi approfondita di questo caso studio si cercherà di cogliere le eventuali limitazioni che possono emergere e verrà evidenziato come queste siano state superate utilizzando la FSE (Fire Safety Engineering), consentendo così di realizzare un impianto che rispetti gli standard di sicurezza richiesti.

7.2 L'ARENA

La struttura chiamata Arena è ubicata a Bergamo in via Carlo Serrassi.

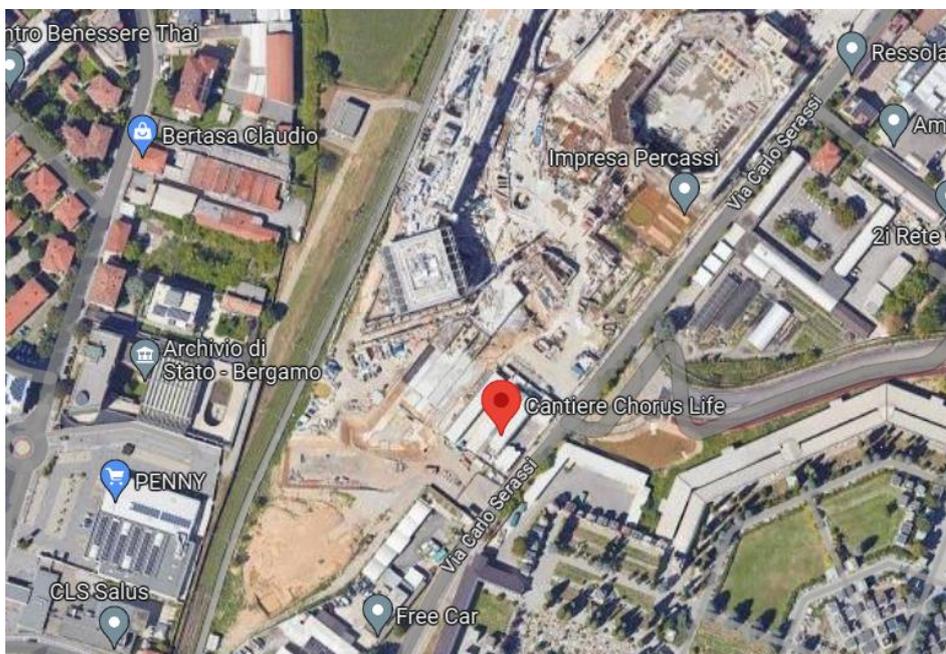


Figura 26: Ubicazione cantiere Chorus Life di Bergamo (Fonte: Google Maps)

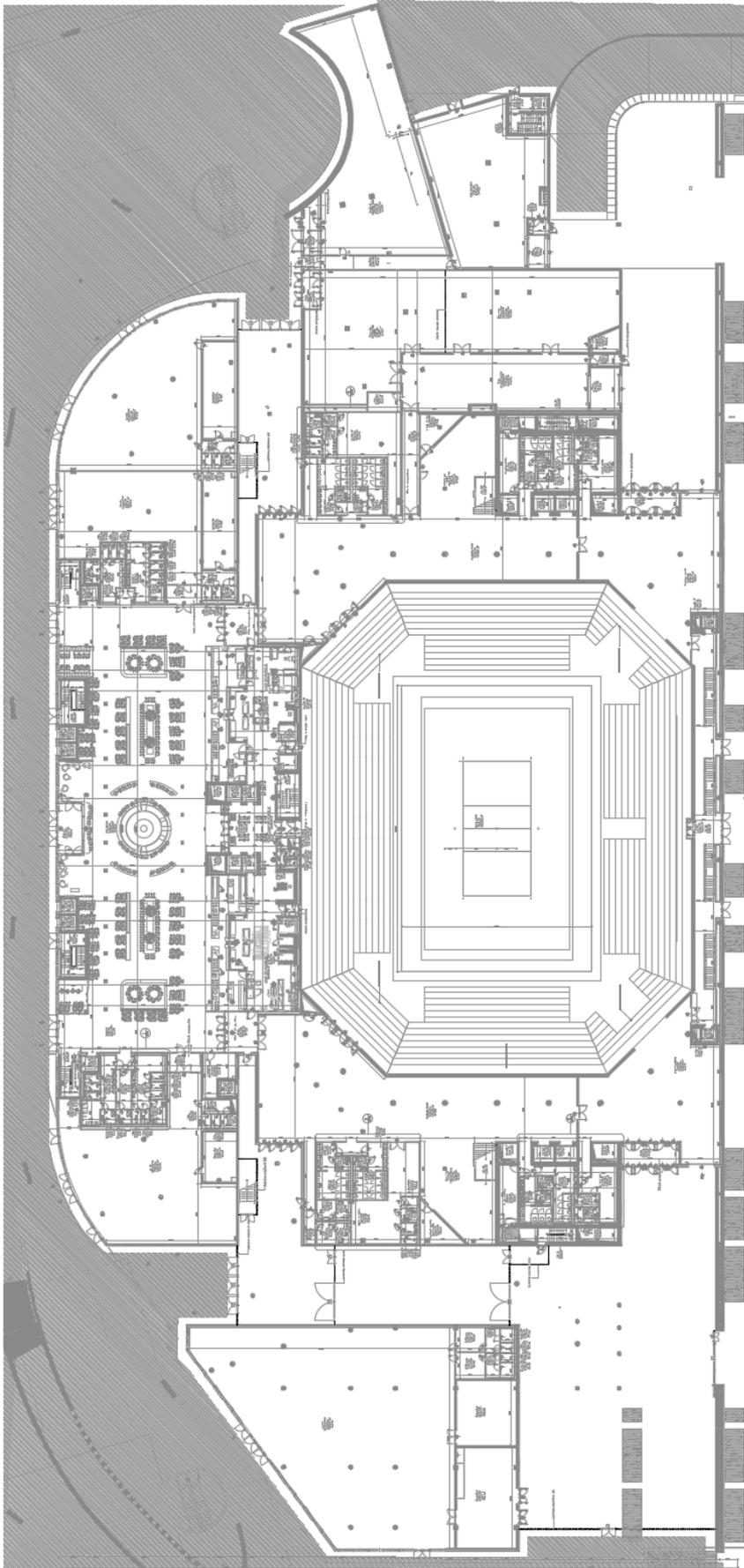


Figura 27: Pianta del parterre (Fonte: Studio GAe Engineering)

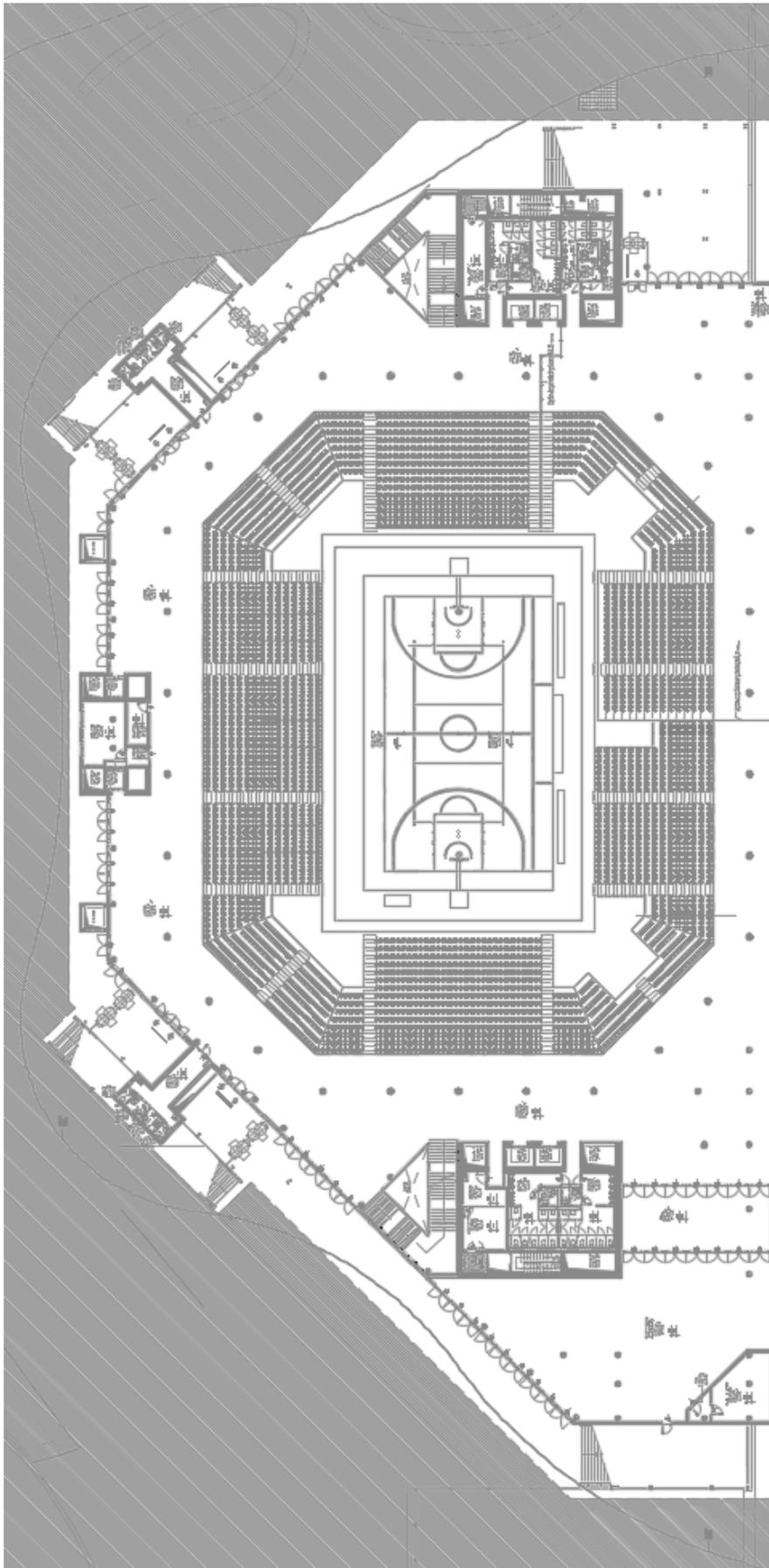


Figura 28: Pianta piano primo (Fonte: Studio GAe Engineering)

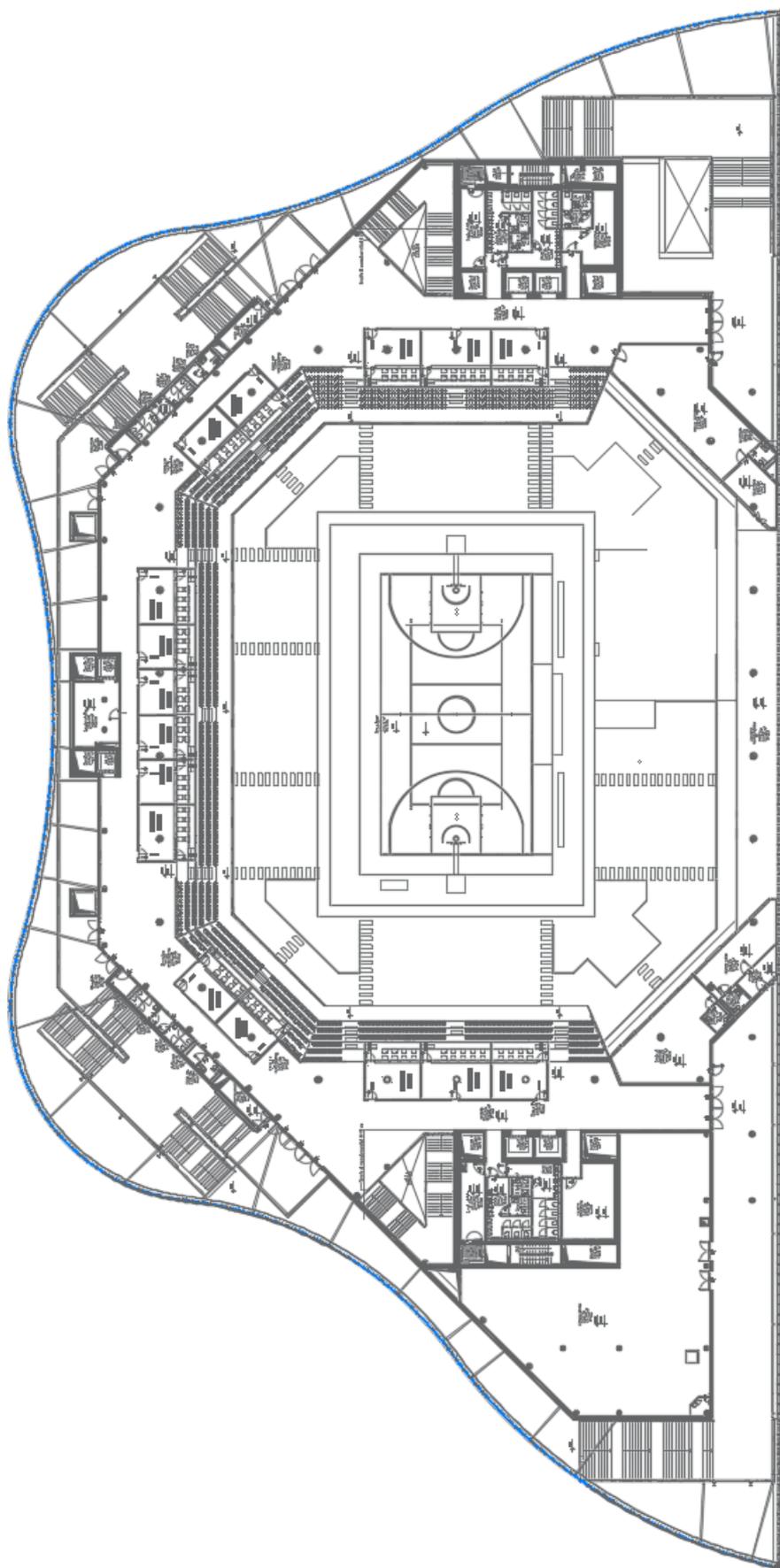


Figura 29: Pianta piano secondo (Fonte: Studio GAe Engineering)

Chorus Life è stata progettata come una grande corte su due livelli sulla quale fronteggiano gli edifici con diversa destinazione d'uso, l'arena ha un affaccio su di una ampia piazza scoperta che viene utilizzata come spazio di prefiltraggio in occasione degli eventi.

L'ingresso dell'edificio è collocato al primo livello delle tribune, offre al pubblico una vista immediata della zona parterre. Questa soluzione architettonica che conferisce una continuità tra interno ed esterno, permette di identificare facilmente le vie di fuga verso le "aree sicure".

La struttura ad anello che circonda la cavea offre un accesso comodo non solo alle tribune, ma anche ai servizi come i bagni, le aree ristoro, la sicurezza e i servizi di primo soccorso, che sono concentrati in due grandi aree laterali. A questa altezza, che garantisce un facile ingresso/uscita e un'eccellente visibilità sul parterre, sono stati designati i posti riservati ai disabili.

L'accesso al parterre può avvenire tramite due ampie scale laterali, che collegano anche l'anello superiore. In alternativa, si può accedere al parterre utilizzando le scale presenti nelle tribune. Per garantire la massima accessibilità, sono presenti due coppie di ascensori posizionate in modo opposto.

Nell'anello superiore, che può ospitare circa 1.000 spettatori, sono presenti 16 skybox, ognuno dei quali è dotato di un'area lounge e di posti a sedere riservati sulla gradinata.

Il piano interrato ospita gli spogliatoi, i locali di servizio, la sala stampa e un parcheggio riservato con un accesso dedicato.

Ci sono due grandi magazzini di circa 400 m² ciascuno, accessibili direttamente con i camion dalla strada e la possibilità di entrare con gli stessi all'interno dell'arena.

7.3 LOCALIZZAZIONE E ZONIZZAZIONE

Nella pianificazione, progettazione e gestione dell'arena può essere utile considerare le aree di circolazione in termini di zone. In questo caso studio, si ha l'equivalente delle zone 1, 2, 3, 4 e della "Zona Ex" esterna.

La *Zona 1* è il campo o l'area di attività. Deve essere accessibile agli spettatori della *Zona 2* tramite cancelli o aperture nel campo o barriere perimetrali dell'area di attività. (Figura 32).

La *Zona 2* è l'area spettatori. Quindi è l'area dedicata ad ospitare gli spettatori come le tribune e gli skybox. Il numero di persone che possono essere ospitate è 6995. Queste si distribuiscono tra il parterre, le tribune accessibili dal piano primo e le tribune accessibili dal piano secondo ed inoltre gli skybox. Le tribune accessibili dal primo piano sono costituite da 16 anelli, la cui numerazione è crescente dall'alto verso il basso; pertanto, l'anello 1 è collocato a quota del piano 1 ovvero 5,93 m mentre l'anello 16 è quello che dà accesso al parterre. La tribuna del piano secondo è costituita da 6 anelli con numerazione crescente dall'alto al basso; quindi, l'anello 1 è collocato alla quota 11,37 m mentre l'anello 6 è collocato a quota 8,62 m.

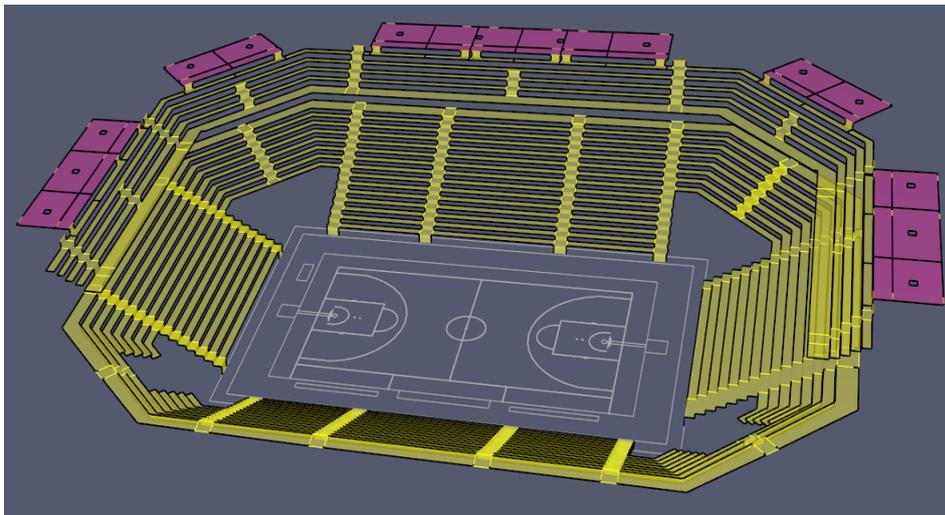


Figura 30: Zona 2

La *Zona 3* è costituita da atri interni, vomitori e aree di ospitalità. Secondo quanto riportato al capitolo 6.6 PROGETTAZIONE DEGLI ATRI E DEI VOMITORI, si è verificato che lo spazio a pavimento disponibile fosse in grado di ospitare il 50% della capacità dell'area di osservazione che l'atrio serve, in qualsiasi momento, a un livello di densità non superiore a 2 persone per metro quadrato.

ATRIO	Area (m ²)	Densità (persone/m ²)	Capacità di contenimento dell'atrio (-)	Capacità area osservazione (-)	VERIFICA GRADO OSPITALITA' DELL'ATRIO
PT	777	2	1554	1958	VERO
P1	2477	2	4954	4037	VERO
P2	974	2	1948	1000	VERO

Tabella 3: Verifica capacità di contenimento della zona 3

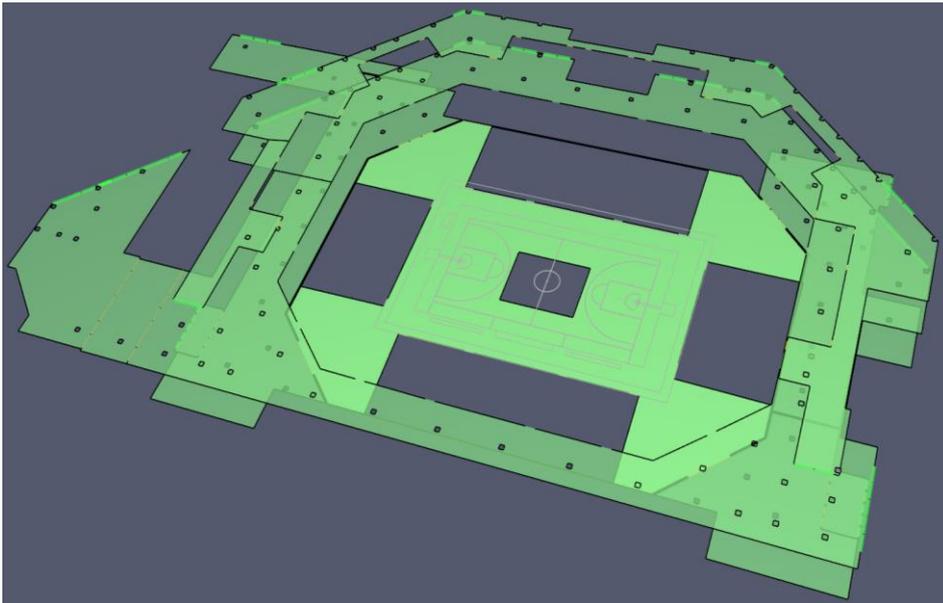


Figura 31: Zona 3

La zona 4 funge da area di accesso per i veicoli di emergenza e di servizio dal piano parterre a quota $-0,63$ m sia dal piano primo, a quota $+5,93$ m che si affaccia sulla piazza principale di Chorus Life. Inoltre, rappresenta la zona cuscinetto esterna al perimetro che serve per i momenti di aggregazione precedenti all'ingresso e come collegamento ai parcheggi e ai mezzi pubblici.

7.4 CALCOLO DELLA CAPACITA' FINALE (GREEN GUIDE)

L'arena offre una combinazione di posti a sedere riservati, oltre ad un'area in piedi. Il sistema di circolazione è illimitato; ovvero, una volta entrati nell'arena, gli spettatori possono circolare liberamente in tutte le aree attraverso collegamenti verticali interni ed ascensori.

7.4.1 CALCOLO DEL NUMERO TOTALE DI POSTI A SEDERE UTILIZZABILI

Questo passaggio è spiegato nel capitolo 5.3.3 SISTEMAZIONE SEDUTA – CALCOLO DELLA CAPACITÀ DI CONTENIMENTO della presente tesi e nella Figura 11.

La tribuna accessibile dal piano primo è composta da 3943 posti a sedere. Ci sono 35 postazioni per persone su sedia a rotelle e 35 posti a sedere per accompagnatori.

La tribuna accessibile dal piano secondo è costituita da 866 posti a sedere e 124 posti riservati all'interno degli skybox.

	Numero di sedute	Sedute con restrizione della visuale	Sedute danneggiate/inadeguate	Totale parziale
Tribuna 1	4013	0	0	4013
Tribuna 2	866	0	0	866
Skybox	124	0	0	124
Numero totale di sedute utilizzabili				5003

Tabella 4: Numero posti a sedere disponibili

Pertanto, il **numero di posti utilizzabili** è di **5003**.

7.4.2 CALCOLO DELLA CAPACITÀ DI CONTENIMENTO DELLE AREE SEDUTE

Questo passaggio è spiegato nel capitolo 5.3.3 SISTEMAZIONE SEDUTA – CALCOLO DELLA CAPACITÀ DI CONTENIMENTO della presente tesi e nella Figura 11.

Si sono valutati i **fattori P ed S** di tutta la superficie destinata ai posti a sedere pari ad **I** poiché nessun sedile è danneggiato e nessuno ha una visuale limitata. Inoltre, tra le passerelle radiali non sono presenti file con numero di posti in eccesso rispetto a quello consigliato.

Si effettua un calcolo con la capacità massima possibile considerando il caso in cui la politica amministrativa preveda la vendita di posti riservati. Se così non fosse la capienza di qualsiasi posto a sedere in cui vengono venduti biglietti senza prenotazione sarebbe ridotta del 10%.

Pertanto, la **capacità di contenimento** dell'alloggio seduto è: $5003 \times 1,0 = 5003$.

Capacità di contenimento tribune è:	5003
--	-------------

Tabella 5: Capacità di contenimento tribune

7.4.3 CALCOLO DELLA CAPACITÀ DI CONTENIMENTO DELL'AREA IN PIEDI

Questo calcolo è spiegato nel capitolo 5.3.4 SISTEMAZIONE IN PIEDI – IL PROCESSO DI CALCOLO DELLA CAPACITÀ DI CONTENIMENTO

La prima fase consiste nell'individuare l'area di visualizzazione disponibile. Nel caso studio coincide con l'area del campo da gioco. La superficie individuata ha lato maggiore di 38 m e lato minore di 25,30 m (Figura 32).

Pertanto, *l'area di visualizzazione disponibile* del parterre è di: **961 m²**.

La seconda fase di questo calcolo prevede l'indicazione della densità appropriata che nella Green Guide è di 47 persone ogni 10 m². Tuttavia, tale parametro si scontra con la normativa italiana che prevede una densità massima per luoghi di pubblico spettacolo al chiuso di 1,2 persone al m² con possibilità di usare una soluzione alternativa. Pertanto, delineata quello che è il parametro conforme alla normativa, si anticipa che nel caso studio si userà una soluzione alternativa con una *densità* di **2 persone al m²**.

In ultima fase, si calcola la capacità di tenuta della superficie considerata.

Area di visualizzazione disponibile	961	m ²
Densità appropriata (soluzione alternativa al Codice di prevenzione incendi)	2	persone /m ²
Capacità spettatori area PT	1922	persone

Tabella 6: Capacità di contenimento area in piedi

Pertanto, la *capacità di contenimento* del parterre è: **1922**.

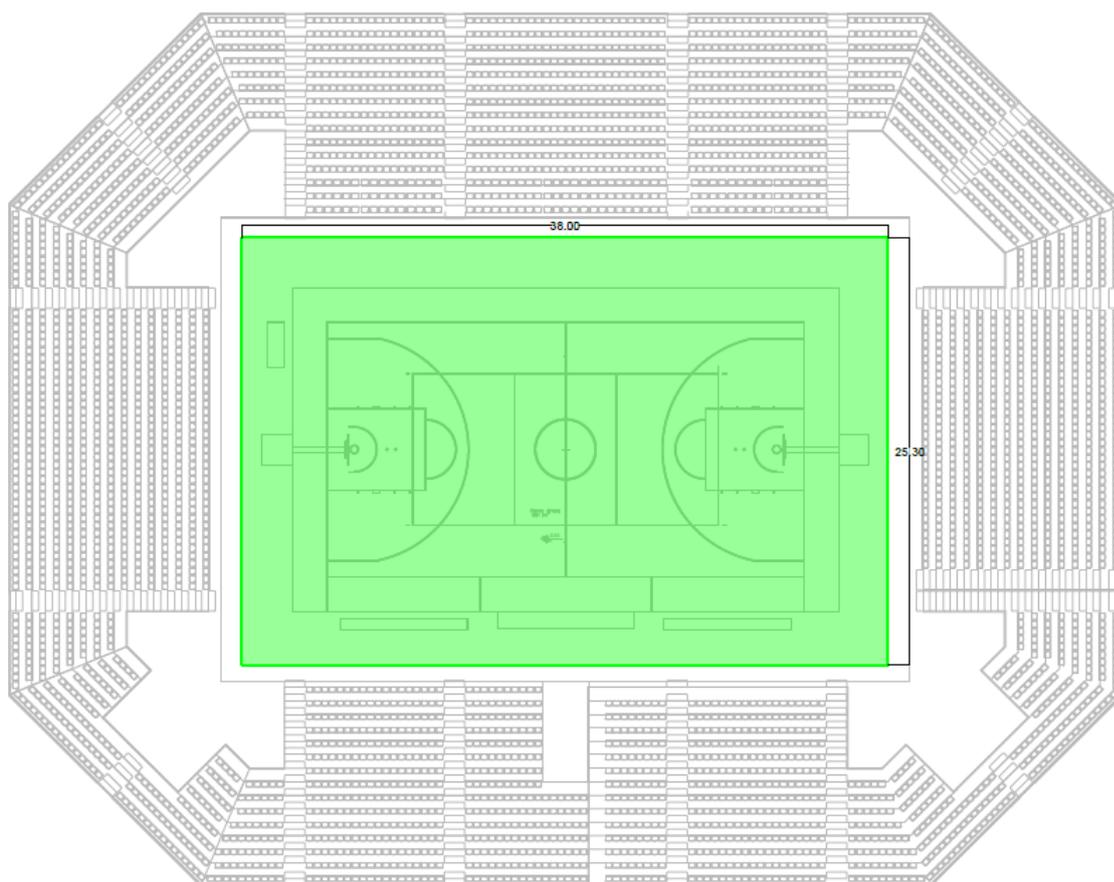


Figura 32: Area del campo da gioco coincidente con area spettatori in piedi

7.4.4 CALCOLO DELLA CAPACITÀ DI CONTENIMENTO DELL'ARENA

Considerando la combinazione di posti a sedere e posti in piedi per eventi e manifestazioni di pubblico spettacolo all'interno dell'arena, si ha una capacità di contenimento pari a 6925 persone, non considerando 70 unità che rappresentano personale che lavora all'interno dell'arena e gli steward.

Capacità di contenimento posti a sedere	5003	persone
Capacità di contenimento posti in piedi	1922	persone
Capacità di contenimento dell'arena	6925	persone

Tabella 7: Capacità di contenimento dell'arena

7.4.5 CALCOLO DELLA CAPACITÀ DI INGRESSO DELL'ARENA

Questo passaggio è spiegato nel capitolo 5.3.5 CALCOLO DELLA CAPACITÀ DI INGRESSO

Poiché vi è libera circolazione intorno all'arena, la capacità di ingresso è calcolata in funzione dei tornelli e i punti di controllo presenti al piano primo e al piano parterre. Gli undici tornelli e i punti di controllo dei biglietti possono fornire il tasso massimo di ingresso raccomandato, ovvero 660 persone per punto di ingresso all'ora.

<i>Piano d'ingresso</i>	<i>Ingressi</i>	<i>Capacità d'ingresso</i>
<i>PT</i>	2	1320
<i>PI</i>	9	5940
	11	7260

Tabella 8: Capacità d'ingresso dell'arena

Pertanto, la **capacità di ingresso** dell'arena è $660 \times 11 = 7260$

7.4.6 CALCOLO DELLA CAPACITÀ DI USCITA

Questo passaggio è spiegato nel capitolo 5.3.6 CALCOLO DELLA CAPACITÀ DI USCITA

Ai fini del calcolo, il tempo di uscita in condizioni normali dalla postazione all'inizio del sistema di uscita, indicato nella Guida come tempo di percorrenza della Zona 2, è fissato in un massimo di 8 minuti.

Livello principale P1: l'inizio del sistema di uscita è costituito da 12 passerelle radiali, ciascuna larga 1,2 m. Queste passerelle radiali conducono all'atrio del piano principale costituito da 18 uscite, ognuna delle quali misura 2,06 metri di larghezza. Ai fini del calcolo va utilizzata la larghezza minore, quella delle passerelle radiali (14,4 m) piuttosto che quella delle uscite finali (37,08 m). Tutti gli spettatori diversi da quelli in ultima fila devono salire dalle passerelle radiali per uscire nell'atrio. Su una superficie a gradini, la portata massima utilizzata per il calcolo è di 66 persone per metro di larghezza al minuto.

Pertanto, la capacità di uscita del livello principale dell'arena è: $(14,4) \times 8 \times 66 = 7603$.

Livello parterre: l'uscita normale avviene attraverso quattro vie di uscita ragionevolmente contrapposte, in totale le uscite sono costituite da 18 porte larghe 1,2 m, che conducono a luogo sicuro. Tutte le vie di uscita sono su fondo pianeggiante e con pochi cambi di direzione. Pertanto, si applica la portata massima di 82 persone per metro di larghezza al minuto.

Pertanto, la capacità di uscita dell'area parterre è di: $(18 \times 1,2) \times 8 \times 82 = 14169$.

Livello P2: vi è una rete condivisa di passerelle laterali e radiali che portano all'atrio del piano secondo, collegato al piano primo da due scale contrapposte di 1,9 m ciascuna. Questa è la configurazione di uscita normale, tuttavia in caso di emergenza dal piano secondo ci sono 6 vie di uscita contrapposte costituite da 14 porte collegate direttamente a scale esterne di emergenza. Nel calcolo in esame si tiene conto della configurazione uscita normale a favore di sicurezza, in tal modo si sottostimano le possibili vie di uscita.

Pertanto, la capacità di uscita del piano secondo è di: $(2 \times 1,9) \times 8 \times 66 = 2006$.

Piano	Portata superficie in piano [persona/(m × min)]	Tempo di viaggio max [min]	Numero di porte di uscita al piano [-]	Dimensione [m]	Capacità di uscita finale [persone]
PT	82	8	18	1,2	14170
P1	82	8	34	2,06	45946
P2	82	8	14	2,06	18919

Tabella 9: Capacità di uscita in piano

Collegament o verticale	Portata superficie a gradini [persona/(m × min)]	Tempo di viaggio max [min]	Numero di passerelle radiali o scale [-]	Dimensione [m]	Capacità di uscita finale [persone]
Tribune P1	66	8	12	1,2	7603
Tribune P2	66	8	6	1,2	3802
Scale da P2 a P1	66	8	2	1,9	2006

Tabella 10: Capacità di uscita collegamenti verticali

Pertanto, la **capacità di uscita** totale dell'arena è: $2006 + 14169 + 7603 = 23778$.

7.4.7 CALCOLO DELLA CAPACITÀ DI USCITA DI EMERGENZA

Tutte le vie di uscita di emergenza attraversano zone, parti delle quali a basso rischio, altre a medio rischio. Come indicato nel capitolo 6.9 PROGETTAZIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO, il tempo di uscita di emergenza per tutte le parti del percorso dovrebbe quindi essere impostato come se l'intero percorso fosse soggetto a rischio medio. Non è considerato necessario escludere alcune uscite di emergenza ai fini del calcolo. Inoltre, le condizioni e la gestione delle vie di uscita sono buone. Si considera applicabile un tempo massimo di uscita di emergenza di 6 minuti.

Inoltre, come indicato nel capitolo 5.3.7 CALCOLO DELLA CAPACITÀ DI USCITA DI EMERGENZA, la capacità di uscita di emergenza del terreno deve includere non solo gli spettatori ma tutte le persone presenti nel terreno. In questa arena sono presenti 70 steward.

Tuttavia, la capacità dell'uscita di emergenza supera di gran lunga il numero totale di spettatori, personale e altro personale che potrebbe essere in servizio nell'arena; pertanto, non è necessario ricalcolare la capacità dell'uscita di emergenza.

Piano	Portata superficie in piano [persona/(m × min)]	Tempo di viaggio max [min]	Numero di porte di uscita al piano	Dimensione [m]	Capacità di uscita finale [persone]
PT	82	6	18	1,2	10627
P1	82	6	34	2,06	34460
P2	82	6	14	2,06	14189

Tabella 11: Capacità di uscita di emergenza in piano

Collegamento verticale	Portata superficie a gradini [persona/(m × min)]	Tempo di viaggio max [min]	Numero di passerelle radiali o scale [-]	Dimensione [m]	Capacità di uscita finale [persone]
Tribune P1	66	6	12	1,2	5702
Tribune P2	66	6	6	1,2	2851

Tabella 12: Capacità di uscita di emergenza in collegamento verticale

Pertanto, la **capacità di uscita di emergenza** totale dell'arena è: $10627 + 5702 + 2851 = 19180$.

7.4.8 CALCOLO DELLA CAPACITÀ FINALE

Questa rappresenta l'ultima fase per perseguire l'obiettivo principale e consolidato della Green Guide che è quello di fornire una valutazione di quante persone possono essere sistemate in sicurezza all'interno dell'arena mentre ospita un evento.

Come rappresentato nella Figura 11: Calcolo della capacità dei posti a sedere (Fonte: Green Guide, 2018) e nella Figura 12: Calcolo della capacità dei posti in piedi (Fonte: Green Guide, 2018), si deve considerare il minimo tra le capacità calcolate ai precedenti passaggi.

In conclusione, la *capacità finale* dell'arena è: **6925 persone**¹⁷.

Capacità di tenuta	6925
Capacità di ingresso	7260
Capacità di uscita	23778
Capacità uscita in emergenza	19180,00
Capacità finale	6925

Tabella 13: Capacità finale dell'arena

7.5 PROGETTAZIONE ANTINCENDIO

7.5.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente progettazione è stata realizzata seguendo le prescrizioni dettate dal D.M. 3 agosto 2015 “Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139” e secondo il D.M. 22 novembre 2022 “Attività di intrattenimento e di spettacolo a carattere pubblico”.

7.5.2 PREMESSA E FINALITÀ DEL PROGETTO

Il presente progetto ha lo scopo di individuare le misure di prevenzione incendio dell'arena.

L'attività in esame è soggetta ai controlli di prevenzione incendi da parte del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, ai sensi del D.P.R. 15 Novembre 2011:

- Attività 65 di categoria C

¹⁷ La capacità finale non tiene conto degli steward, membri del personale di terra, impiegati, addetti alla ristorazione.

N.	ATTIVITÀ (DPR 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 ² . Sono escluse le manifestazioni temporanee ¹ , di qualsiasi genere, che si effettuano in locali o luoghi aperti al pubblico. ^{2, 3, 4, 5, 6, 7.}		Fino a 200 persone	Oltre 200 persone

Figura 33: Attività n° 65 soggetta ai controlli dei Vigili del Fuoco (Fonte: D.P.R. 151/2011)

- Altezze interne e quote dei piani: l'attività in oggetto è costituita da tre piani fuori terra e un interrato ed ha le seguenti caratteristiche altimetriche:
piano di riferimento: -0,65m da Via Serassi
altezza antincendio: +11,35 m
quota del tetto: +20,38 m
- Dimensioni planimetriche: l'arena ha una superficie in pianta pari a circa 12.400 m².

SUPERFICIE [m ²]	
Parterre	961
Area distributiva PT	3422
Tribune P1	1376
Piano Primo	3664
Tribune P2	588
Piano Secondo	1923
Skybox P2	447
Superficie totale	12381

Tabella 14: Superficie arena

Nel corso dell'elaborato, attraverso il metodo induttivo si è arrivati ad una conclusione: un impianto sportivo, quale è l'arena, è un locale di pubblico spettacolo (pag. 9); pertanto, vista anche la multifunzionalità della struttura, si verificano le soluzioni progettuali conformi alla RTV.15. Se dal confronto tra RTO e RTV.15 la prima presenta soluzione progettuale ad una data strategia con un livello di prestazione superiore si utilizza quest'ultima, in caso contrario si adopera la soluzione progettuale conforme alla RTV.15.

7.5.3 VALUTAZIONE RISCHIO INCENDIO DELL'ATTIVITA'

7.5.3.1 Individuazione dei pericoli d'incendio

I pericoli di incendio sono rappresentati da una significativa presenza di materiale elettrico ed elettronico presente per la scena. Tuttavia, gli impianti e le apparecchiature elettriche saranno realizzati in conformità alle norme CEI-EN.

7.5.3.2 Classificazione

Ai fini della regola tecnica verticale, l'attività è classificata come segue:

- a. in relazione al numero di occupanti n: **OD** ($n > 5000$)
- b. in relazione alla quota dei piani h accessibili al pubblico: **HC** ($-10 \text{ m} \leq h \leq 24 \text{ m}$)¹⁸

Le aree dell'attività sono classificate come segue:

TO1: ambiti al chiuso ed accessibili al pubblico

TA1: ambiti non aperti al pubblico adibiti a sale prove o camerini, di superficie $> 100 \text{ m}^2$;

TA2: ambiti non aperti al pubblico adibiti a camerini o servizi, comunicanti direttamente con la scena, di superficie complessiva $> 50 \text{ m}^2$;

TA3: ambiti non aperti al pubblico adibiti ad uffici o servizi, di superficie $> 200 \text{ m}^2$;

TM1: depositi con carico di incendio specifico $q_f > 600 \text{ MJ/m}^2$, aventi superficie $> 200 \text{ m}^2$;

TM2: depositi con carico di incendio specifico $q_f > 1200 \text{ MJ/m}^2$;

TM3: depositi di servizio alla scena di superficie $> 50 \text{ m}^2$;

TT1: locali in cui siano presenti quantità significative di apparecchiature elettriche ed elettroniche, locali tecnici rilevanti ai fini della sicurezza antincendio¹⁹;

TT2: aree destinate alla ricarica di accumulatori elettrici di trazione²⁰;

TZ: altre aree non ricomprese nelle precedenti.

¹⁸ Per ambiti con più piani (es. tribune, gradinate, ...), si considera la quota più sfavorevole dei piani accessibili al pubblico.

¹⁹ Ad esempio: CED, sala server, cabine elettriche, ...

²⁰ Ad esempio: muletti, transpallet, macchine per la pulizia con uomo a bordo, ...

Sono considerate aree a rischio specifico (capitolo V.1) almeno le seguenti aree: TK1, TM2 e TM3.

7.5.3.3 Occupanti e attività

L'affollamento massimo dell'arena è determinato impiegando i criteri della tabella S.4-12 e tabella S.4-13. Tuttavia, si ricorre alla **soluzione alternativa** dell'esodo per un affollamento del parterre con una densità di affollamento di 2,0 persone/m².

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 ²
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 $q_i \leq 50 \text{ MJ/m}^2$	
Ambiti per mostre, esposizioni	1,2 persone/m ²
Ambiti destinati ad attività di spettacolo o intrattenimento (es. sale concerti, trattenimenti danzanti, ...) con presenza di arredi o con carico di incendio specifico $q_i > 50 \text{ MJ/m}^2$	

SOLUZIONE ALTERNATIVA

Figura 34: Densità di affollamento per tipologia di attività (Fonte: Tabella S.4-12 dal DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

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
Ambiti con posti a sedere o posti letto (es. sale riunioni, aule scolastiche, dormitori, ...)	Numero posti + addetti
Altri ambiti	Numero massimo presenti (addetti + pubblico)

Figura 35: Criteri per tipologia di attività (Fonte: Tabella S.4-13 dal DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

AFFOLLAMENTO [-]	
Parterre	1958
Tribune P1	4037 ²¹
Tribune P2	876
Skybox P2	124
Affollamento totale	6995

Tabella 15: Affollamento dell'arena

²¹ Nell'affollamento della tribuna del P1 sono incluse 35 persone con disabilità motoria su sedia a rotelle e 35 accompagnatori ed inoltre, 35 persone con ridotta capacità motoria con posti riservati nell'ultima fila.

7.5.3.4 Profili di rischio

Sono definiti 3 profili di rischio:

- Rvita: profilo di rischio relativo alla salvaguardia della vita umana;
- Rbeni: profilo di rischio relativo alla salvaguardia dei beni economici;
- Rambiente: profilo di rischio relativo alla tutela dell'ambiente

Tipologie di destinazione d'uso	R _{vita}
Palestra scolastica	A1
Autorimessa privata	A2
Ufficio non aperto al pubblico, sala mensa, aula scolastica, sala riunioni aziendale, archivio, deposito librario, centro sportivo privato	A2-A3
Attività commerciale non aperta al pubblico (es. all'ingrosso, ...)	A2-A4
Laboratorio scolastico, sala server	A3
Attività produttive, attività artigianali, impianti di processo, laboratorio di ricerca, magazzino, officina meccanica	A1-A4
Depositi sostanze o miscele pericolose	A4
Galleria d'arte, sala d'attesa, ristorante, studio medico, ambulatorio medico	B1-B2
Autorimessa pubblica	B2
Ufficio aperto al pubblico, centro sportivo pubblico, sala conferenze aperta al pubblico, discoteca, museo, teatro, cinema, locale di trattenimento, area lettura di biblioteca, attività espositiva, autosalone	B2-B3
Attività commerciale aperta al pubblico (es. al dettaglio, ...)	B2-B4 [1]
Civile abitazione	Ci2-Ci3
Dormitorio, residence, studentato, residenza per persone autosufficienti	Cii2-Cii3
Camera d'albergo	Ciii2-Ciii3
Degenza ospedaliera, terapia intensiva, sala operatoria, residenza per persone non autosufficienti e con assistenza sanitaria	D2
Stazione ferroviaria, aeroporto, stazione metropolitana	E2
[1] Per raggiungere un valore ammesso fra quelli indicati alla tabella G.3-3, δ_2 può essere ridotto di un livello come specificato nel comma 3. del paragrafo G.3.2.1.	

Figura 36: Profilo di rischio R_{vita} per alcune tipologie di destinazione d'uso (Fonte: tabella G.3-4 del DM 03 08 2015)

Codice di Prevenzione Incendi)

G.3.2 Profilo di rischio R_{vita}

Il profilo di rischio R_{vita} è attribuito in relazione ai seguenti fattori:

- δ_{occ} : caratteristiche prevalenti degli occupanti;

Caratteristiche prevalenti degli occupanti δ_{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"> • in attività individuale di lunga durata 	Civile abitazione
Cii	<ul style="list-style-type: none"> • in attività gestita di lunga durata 	Dormitorio, residence, studentato, residenza per persone autosufficienti
Ciii	<ul style="list-style-type: none"> • in attività gestita di breve durata 	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		

Figura 37: Caratteristiche prevalenti degli occupanti (Fonte: Tabella G.3-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

- δ_{α} : velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio, riferita al tempo t_{α} in secondi, impiegato dalla potenza termica per raggiungere il valore di 1000 kW.

δ_{α}	t_{α} [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 ultrarapida	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 <i>non significative</i> 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.		

Figura 38: Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio (Fonte: Tabella G.3-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

G.3.3 Profilo di rischio R_{beni}

L'attribuzione del profilo di rischio R_{beni} è effettuata in funzione del carattere strategico dell'intera attività o degli ambiti che costituiscono l'attività, e dell'eventuale valore storico, culturale, architettonico o artistico delle stesse e dei beni in esse contenuti.

Ai fini dell'applicazione del presente documento:

- una attività o un ambito si considerano vincolati per arte o storia se essi stessi o i beni in essi contenuti sono tali a norma di legge;
- una attività o un ambito risultano strategici se sono tali a norma di legge o in considerazione di pianificazioni di soccorso pubblico e difesa civile o su indicazione del responsabile dell'attività.

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

Figura 39: Determinazione di R_{beni} (Fonte: Tabella G.3-5 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

G.3.4 Profilo di rischio $R_{ambiente}$

Il profilo di rischio $R_{ambiente}$ è ritenuto non significativo negli ambiti protetti da impianti o sistemi automatici di completa estinzione dell'incendio (capitolo S.6)

7.5.4 REAZIONE AL FUOCO

“La reazione al fuoco è 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. Essa si riferisce al comportamento al fuoco dei materiali nelle effettive condizioni d'uso finali, con particolare riguardo al grado di partecipazione all'incendio che essi manifestano in condizioni standardizzate di prova.

Tali requisiti sono applicati agli ambiti dell'attività ove si intenda limitare la partecipazione dei materiali alla combustione e ridurre la propagazione dell'incendio.”²²

²² https://www.vigilfuoco.it/allegati/PI/COORD_DM_03_08_2015_Codice_Prevenzione_Incendi.pdf

7.5.4.1 Soluzione conforme prevista dai corrispondenti livelli di prestazione della RTO.

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.

Figura 40: Livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.1-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

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_{vita} in B1.
III	Vie d'esodo [1] dei compartimenti con profilo di rischio R_{vita} in B2, B3, Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3, E1, E2, E3.
IV	Vie d'esodo [1] dei compartimenti con profilo di rischio R_{vita} in D1, D2.

[1] Limitatamente a vie d'esodo verticali, percorsi d'esodo (corridoi, atri, filtri, ...) e spazi calmi.

Figura 41: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione alle vie d'esodo dell'attività (Fonte: Tabella S.1-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Locali non ricompresi negli altri criteri di attribuzione.
II	Locali di compartimenti con profilo di rischio R_{vita} in B2, B3, Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3, E1, E2, E3.
III	Locali di compartimenti con profilo di rischio R_{vita} 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.

Figura 42: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione ad altri locali dell'attività (Fonte: Tabella S.1-3 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

7.5.4.2 Indicazioni sostitutive della RTV.15

Nei passaggi di comunicazione delle vie di esodo orizzontali e nelle vie di esodo verticali devono essere impiegati materiali appartenenti al gruppo GM2 di reazione al fuoco. Mentre negli ambiti al chiuso ed accessibili al pubblico devono essere impiegati materiali del gruppo GM2 e non GM3 come previsto dalla regola tecnica orizzontale, ad eccezione per le pavimentazioni per le quali possono essere impiegati materiali appartenenti al gruppo GM3 di reazione al fuoco.

7.5.4.3 Soluzione della strategia S1

Di seguito sono riportate, per ciascun livello di prestazione, le soluzioni conformi.

Si considera soluzione conforme per il livello di prestazione II l'impiego di materiali compresi nel gruppo GM3 ad eccezione per le aree classificate TO1 per cui solo per le pavimentazioni possono essere impiegati materiali compresi nel suddetto gruppo.

Si considera soluzione conforme per le vie di esodo e per le aree TO1 il livello di prestazione III con l'impiego di materiali compresi nel gruppo GM2.

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

Figura 43: Classificazione in gruppi per arredamento, scenografie, tendoni per coperture (Fonte: Tabella S.1-5 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

Descrizione materiali	GM1	GM2	GM3
	EU	EU	EU
Rivestimenti a soffitto [1]			
Controsoffitti, materiali di copertura [2], pannelli di copertura [2], lastre di copertura [2]	A2-s1,d0		
Pavimentazioni sopraelevate (superficie nascosta)		B-s2,d0	C-s2,d0
Rivestimenti a parete [1]	B-s1,d0		
Partizioni interne, pareti, pareti sospese			
Rivestimenti a pavimento [1]			
Pavimentazioni sopraelevate (superficie calpestabile)	B _r -s1	C _{1r} -s1	C _{1r} -s2

[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.

Figura 44: Classificazione in gruppi di materiali per rivestimento e completamento (Fonte: Tabella S.1-6 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

Descrizione materiali	GM1	GM2	GM3
	EU	EU	EU
Isolanti protetti [1]	C-s2,d0	D-s2,d2	E
Isolanti lineari protetti [1], [3]	C _L -s2,d0	D _L -s2,d2	E _L
Isolanti in vista [2]	A2-s1,d0	B-s2,d0	B-s3,d0
Isolanti lineari in vista [2], [3]	A2 _L -s1,d0	B _L -s3,d0	B _L -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.

Figura 45: Classificazione in gruppi di materiali per l'isolamento (Fonte: Tabella S.1-7 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

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 _{ca} -s1a,d0,a1	[na]	C _{ca} -s1b,d0,a2	[na]	C _{ca} -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_{ca}-s3,d1,a3 possono essere installati cavi E_{ca} in presenza di IRAI di livello di prestazione III oppure in caso di posa singola.

Figura 46: Classificazione in gruppi di materiali per impianti (Fonte: Tabella S.1-8 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

7.5.5 RESISTENZA AL FUOCO

La finalità della resistenza al fuoco è quella di garantire la capacità portante delle strutture in condizioni di incendio nonché la capacità di compartimentazione, per un tempo minimo necessario al raggiungimento degli obiettivi di sicurezza di prevenzione incendi.

7.5.5.1 Soluzione conforme prevista dai corrispondenti livelli di prestazione della RTO

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.

Figura 47: Livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.2-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

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"> • 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; • adibite ad attività afferenti ad un solo <i>responsabile dell'attività</i> e con profilo di rischio R_{beni} pari ad 1; • non adibite ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto.
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"> • compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti; • 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; • 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"> ○ R_{vita} compresi in A1, A2, A3, A4; ○ R_{beni} pari ad 1; • densità di affollamento $\leq 0,2$ persone/m²; • non prevalentemente destinate ad occupanti con disabilità; • aventi piani situati a quota compresa tra -5 m e 12 m.
III	Opere da costruzione non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV, V	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitoli tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per opere da costruzione destinate ad attività di particolare importanza.

Figura 48: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.2-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

La classe minima di resistenza al fuoco è ricavata per compartimento in relazione al carico di incendio specifico di progetto $q_{f,d}$ come indicato in tabella S.2-3.

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

Figura 49: Classe minima di resistenza al fuoco (Fonte: Tabella S.2-3 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

7.5.5.2 Indicazioni complementari della RTV.15

La classe di resistenza al fuoco dei compartimenti (7.5.5.1 Soluzione conforme prevista dai corrispondenti livelli di prestazione della RTO) non può essere inferiore a quanto previsto in 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.

Figura 50: Classe di resistenza al fuoco (Fonte: Tabella V.15-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

7.5.5.3 Soluzione della strategia S2

Di seguito sono riportate, per ciascun livello di prestazione, le soluzioni conformi.

Nei compartimenti fuori terra le attività sono progettate con classe REI 60, mentre nei compartimenti interrati la soluzione progettuale prevede una classe REI 90.

7.5.6 COMPARTIMENTAZIONE

La finalità della compartimentazione è di limitare la propagazione dell'incendio e dei suoi effetti: verso altre attività, afferenti ad altro responsabile dell'attività o di diversa tipologia; all'interno della stessa attività.

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

7.5.6.1 Soluzione conforme prevista dai corrispondenti livelli di prestazione della RTO

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"> • la propagazione dell'incendio verso altre attività; • la propagazione dell'incendio all'interno della stessa attività.
III	È contrastata per un periodo congruo con la durata dell'incendio: <ul style="list-style-type: none"> • la propagazione dell'incendio verso altre attività; • la propagazione dell'incendio e dei fumi freddi all'interno della stessa attività.

Figura 51: Livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.3-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

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_{vita} compreso in D1, D2, Cii2, Cii3, Ciii2, Ciii3, per proteggere gli occupanti che dormono o che ricevono cure mediche.

Figura 52: Livelli di attribuzione (Fonte: Tabella S.3-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

7.5.6.2 Indicazioni sostitutive o complementari della RTV.15

1. Le aree TO1, TA1 devono rispettare le quote di piano, le limitazioni e le misure antincendio della tabella V.15-2.
2. Le aree dell'attività devono avere le caratteristiche di compartimentazione previste in tabella V.15-3.
3. Per ciascuna sala:
 - a. non si applicano i limiti della massima superficie lorda dei compartimenti per cui la superficie lorda del compartimento non deve superare i 16.000 m²;
 - b. è ammessa la compartimentazione multipiano²³ indipendentemente dalle quote dei piani accessibili al pubblico.
4. Ove sia dimostrata necessità funzionale, sono ammesse le seguenti comunicazioni:

²³ Nota ad esempio: per i piani dei soppalchi, delle gallerie, delle gradinate, dei loggioni, ...

- a. di tipo a prova di fumo, tra l'attività ed altre attività con sistemi d'esodo indipendenti;
- b. di tipo protetto con chiusure almeno E 30-Sa, tra l'attività ed altre attività civili con sistemi d'esodo indipendenti;
- c. di tipo protetto, tra l'attività ed altre attività dei complessi multifunzionali con sistemi d'esodo comuni;

Quote dei piani	Attività	Misure antincendio aggiuntive
0,5 m ≤ h ≤ 1 m [1]	OA	Almeno una via d'esodo verticale di tipo protetto.
	Tutte eccetto OA	Controllo di fumi e calore (capitolo S.8) di livello di prestazione III [2] ed almeno due vie d'esodo verticali di tipo protetto.
1,0 m ≤ h ≤ 5 m [3]	Tutte	<ul style="list-style-type: none"> ● Gestione dell'emergenza (capitolo S.5) di livello di prestazione III; ● Controllo dell'incendio (capitolo S.6) di livello di prestazione IV; ● Controllo di fumi e calore (capitolo S.8) di livello di prestazione III [2]; ● Almeno due vie d'esodo verticali a prova di fumo.
h > 24 m	Tutte eccetto OA	Tutte le vie d'esodo a prova di fumo
<p>[1] Nel caso di un solo piano interrato è ammesso che h arrivi fino a -7,5 m. [2] Per le singole sale di superficie ≤ 600 m² è ammesso il livello di prestazione II con aperture di smaltimento di tipo SEb o SEc. [3] Nel limite massimo di due piani interrati.</p>		

Figura 53: Quote di piano, limitazioni e misure antincendio delle aree TO1 e TA1 (Fonte: Tabella V.15-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

Al fine di limitare la propagazione dell'incendio all'interno della stessa attività devono essere impiegati le seguenti soluzioni.

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			
<p>[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.</p>				

Figura 54: Compartimentazione (Fonte: Tabella V.15-3 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

Sono previste le seguenti comunicazioni:

- a. di tipo a prova di fumo, tra l'attività ed altre attività con sistemi d'esodo indipendenti come il Ristopub o il retail;

b. di tipo protetto, tra l'attività ed altre attività del complesso multifunzionale con sistemi d'esodo comuni come i bar che servono l'arena ad ogni piano.

7.5.7 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. La modalità previste per l'esodo è quella di tipo simultaneo.

Si verifica il sistema di esodo mediante l'impiego del metodo di ingegneria per la sicurezza antincendio.

7.5.8 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.

7.5.8.1 Soluzione conforme prevista dai corrispondenti livelli di prestazione della RTO

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

Figura 55: Livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.5-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Attività ove siano verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> ● profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> ○ R_{vita} compresi in A1, A2; ○ R_{beni} pari a 1; ○ R_{ambiente} non significativo; ● non prevalentemente destinata ad occupanti con disabilità; ● tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -10 m e 54 m; ● carico di incendio specifico q_i ≤ 1200 MJ/m²; ● non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; ● non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
II	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione
III	Attività ove sia verificato <u>almeno una</u> delle seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> ● profilo di rischio R_{beni} compreso in 3, 4; ● <u>se aperta al pubblico: affollamento complessivo > 300 occupanti;</u> ● se non aperta al pubblico: affollamento complessivo > 1000 occupanti; ● numero complessivo di posti letto > 100 e profili di rischio R_{vita} compresi in D1, D2, Ciii1, Ciii2, Ciii3; ● si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative ed affollamento complessivo > 25 occupanti; ● si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio ed affollamento complessivo > 25 occupanti.

Figura 56: Criteri di attribuzione (Fonte: Tabella S.5-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

Per un'attività aperta al pubblico come quella in esame, avente un affollamento superiore a 300 persone, il Codice prevede un livello di prestazione III. Tale livello richiede una struttura gestionale di supporto dedicata.

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

Figura 57: Soluzioni conformi per il livello di prestazione III (Fonte: Tabella S.5-5 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

Il responsabile dell'attività deve predisporre un registro dei controlli periodici, mantenuto costantemente aggiornato e disponibile per gli organi di controllo, dove siano annotati:

- a. i controlli, le verifiche, gli interventi di manutenzione su sistemi, dispositivi, attrezzature e le altre misure antincendio adottate;
- b. le attività di informazione, formazione ed addestramento, ai sensi della normativa vigente per le attività lavorative;
- c. le prove di evacuazione.

Pertanto, è fondamentale per mantenere un livello di sicurezza antincendio adeguato effettuare:

- la programmazione dell'attività di informazione, formazione e addestramento del personale addetto alla struttura, comprese le esercitazioni all'uso dei mezzi antincendio e di evacuazione in caso di emergenza;
- la manutenzione di sistemi, dispositivi, attrezzature e impianti rilevanti ai fini della sicurezza antincendio secondo quanto riportato all'interno dei manuali di uso e manutenzione.

Il controllo e la manutenzione degli impianti e delle attrezzature antincendio devono essere effettuati nel rispetto delle disposizioni legislative e regolamentari vigenti, secondo la regola dell'arte in accordo a norme, TS e TR pertinenti, ed al manuale di uso e manutenzione dell'impianto e dell'attrezzatura. Il manuale di uso e manutenzione degli impianti e delle attrezzature antincendio è predisposto secondo la regolamentazione applicabile o normativa tecnica ed è fornito al responsabile dell'attività. Le operazioni di controllo e manutenzione sugli impianti e sulle attrezzature antincendio e la loro cadenza temporale sono almeno quelle indicate da norme, TS e TR pertinenti, nonché dal manuale d'uso e manutenzione dell'impianto. La manutenzione sugli impianti e sulle attrezzature antincendio è svolta da personale esperto in materia, sulla base della regola dell'arte, che garantisce la corretta esecuzione delle operazioni svolte.

I documenti della GSA devono essere oggetto di revisione periodica a cadenza **annuale** e, in ogni caso, devono essere aggiornati in occasione di modifiche dell'attività.

Impianto o attrezzatura antincendio	Norme e TS per verifica, controllo, manutenzione
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

Figura 58: Norme e TS per verifica, controllo e manutenzione di impianti e attrezzature antincendio (Fonte: Tabella S.5-8 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

7.5.8.2 Indicazioni sostitutive o complementari della RTV.15

La GSA in esercizio deve prevedere la verifica delle condizioni di sicurezza prima dell'apertura al pubblico dell'attività e la successiva sorveglianza durante l'esercizio, con particolare riguardo ai locali e alle vie d'esodo, ai sistemi di protezione attiva ed agli impianti rilevanti ai fini della sicurezza antincendio.

Il centro di Gestione delle Emergenze è prescritto sia realizzato in locale a uso esclusivo dal comma 2 del paragrafo V.15.5.5 della RTV. Tale locale è sito al piano secondo, con accesso dall'esterno, è sempre disponibile durante lo svolgimento di una qualsiasi attività con presenza di pubblico all'interno dell'edificio e dotato di:

- informazioni necessarie alla gestione dell'emergenza (es. pianificazioni, planimetrie, schemi funzionali di impianti, numeri telefonici, ...);
- radio per la comunicazione con le squadre di soccorso e il personale;
- microfono del sistema EVAC per la comunicazione con il pubblico;
- centrale di controllo degli impianti di protezione attiva;
- visibilità dell'area dall'alto diretta o a mezzo di telecamere con alimentazione elettrica di sicurezza.

7.5.8.3 GSA in esercizio

Il sistema di gestione della sicurezza antincendio in esercizio prevede i seguenti punti:

- controlli delle vie di esodo per garantirne la fruibilità e controlli della segnaletica di sicurezza;
- in prossimità degli accessi di ciascun piano dell'attività, devono essere esposte: planimetrie esplicative del sistema d'esodo e dell'ubicazione delle attrezzature antincendio;
- istruzioni sul comportamento degli occupanti durante l'evento e in caso di emergenza, trasmettendo audiovideo esplicativi sui comportamenti da adottare durante l'evento o in emergenza nelle fasi di accesso del pubblico e nelle pause degli spettacoli;
- adozione della segnaletica di sicurezza ridondata per il sistema d'esodo al fine di permetterne la visibilità a grande distanza, anche per gli eventi in che si tengono durante gli orari serali;
- adozione del servizio di stewarding (**70 steward**), personale formato per la gestione dei siti, atto ad informare e facilitare il pubblico per i divieti, le norme di comportamento, gli accessi, l'esodo e l'utilizzo degli spazi delle manifestazioni, per mitigare i sovraffollamenti localizzati di talune zone, per indirizzare e "trascinare" la folla verso un punto di raccolta in caso di emergenza;
- percorsi dedicati per gli accessi di soccorso alle aree delle manifestazioni.

7.5.8.4 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"> ● istruzioni per la chiamata del soccorso pubblico e le informazioni da fornire per consentire un efficace soccorso; ● istruzioni di primo intervento antincendio, attraverso: <ul style="list-style-type: none"> ○ azioni del responsabile dell'attività in rapporto alle squadre di soccorso; ○ azioni degli eventuali addetti antincendio in riferimento alla lotta antincendio ed all'esodo, ivi compreso l'impiego di dispositivi di protezione ed attrezzature; ○ azioni per la messa in sicurezza di apparecchiature ed impianti; ● istruzioni per l'esodo degli occupanti, anche per mezzo di idonea segnaletica; ● istruzioni generali per prestare assistenza agli occupanti con specifiche necessità; ● istruzioni specifiche per prestare assistenza agli occupanti con specifiche necessità, in caso di presenza non occasionale; ● Istruzioni per il ripristino delle condizioni di sicurezza dopo l'emergenza.
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"> ● procedure di allarme: modalità di allarme, informazione agli occupanti, modalità di diffusione dell'ordine di evacuazione; ● procedure di attivazione del centro di gestione delle emergenze, se previsto; ● 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; ● 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; ● procedure per l'esodo degli occupanti e le azioni di facilitazione dell'esodo; ● procedure per assistere occupanti con ridotte o impedito capacità motorie, sensoriali e cognitive o con specifiche necessità; ● 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; ● 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.

Figura 59: Preparazione all'emergenza (Fonte: Tabella S.5-9 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

Procedure per assistere occupanti con ridotte o impedito capacità motorie, sensoriali e cognitive o con specifiche necessità

Considerando che le persone su sedia a rotelle si trovano sul piano stesso di sbarco all'uscita su luogo sicuro, sono presenti un numero di steward in grado di prestare aiuto in caso di emergenza.

Procedure di allarme: modalità di allarme, informazione agli occupanti, modalità di diffusione dell'ordine di evacuazione.

La principale forma di comunicazione tra la direzione e gli spettatori sarà il sistema di diffusione sonora (EVAC).

Nel predisporre il piano di emergenza, il responsabile della sicurezza deve prevedere una adeguata assistenza alle persone con esigenze speciali, indicando misure di supporto alle

persone con ridotte capacità sensoriali o motorie: tra le quali vi sono le modalità di diffusione dell'allarme, attraverso dispositivi sensoriali (luci, scritte luminose, dispositivi a vibrazione).

Nella gestione delle emergenze risulta difficile riconoscere le limitazioni funzionali degli occupanti e intervenire in modo tempestivo, infatti alcune disabilità sono invisibili. Ad esempio, i daltonici non vedono i colori nel medesimo modo di una persona con una vista normale. Pertanto, secondo quanto indicato nell'allegato C della Green Guide, le informazioni trasmesse esclusivamente dal colore sia in materiale stampato che in forma digitale, su biglietti, cartelli, planimetrie, sedili, schermi, spie luminose o in qualsiasi altra forma o contesto devono essere integrate, ove possibile, da informazioni scritte chiaramente leggibili, o aggiungendo tratteggi, punteggiature, motivi, sottolineature o simboli che consentano alle persone affette da daltonismo di interpretare le informazioni in modo accurato.



Figura 60: utilizzo di testo per differenziare i ruoli degli steward in modo da essere facilmente distinguibili dalle persone affette da daltonismo (Fonte: Green Guide)

La segnalazione di uscita antincendio standard montato su un semplice sfondo di cemento si distingue per una persona con una vista normale ma non per una persona con daltonismo. Pertanto, si raccomanda di utilizzare un bordo contrastante in modo da rendere il segno più prominente, oppure montare il segnale su un muro con colore a contrasto. Se i segnali sono sospesi possono anche perdersi su sfondi neutri. In tali casi un bordo fortemente contrastante deve essere aggiunto.

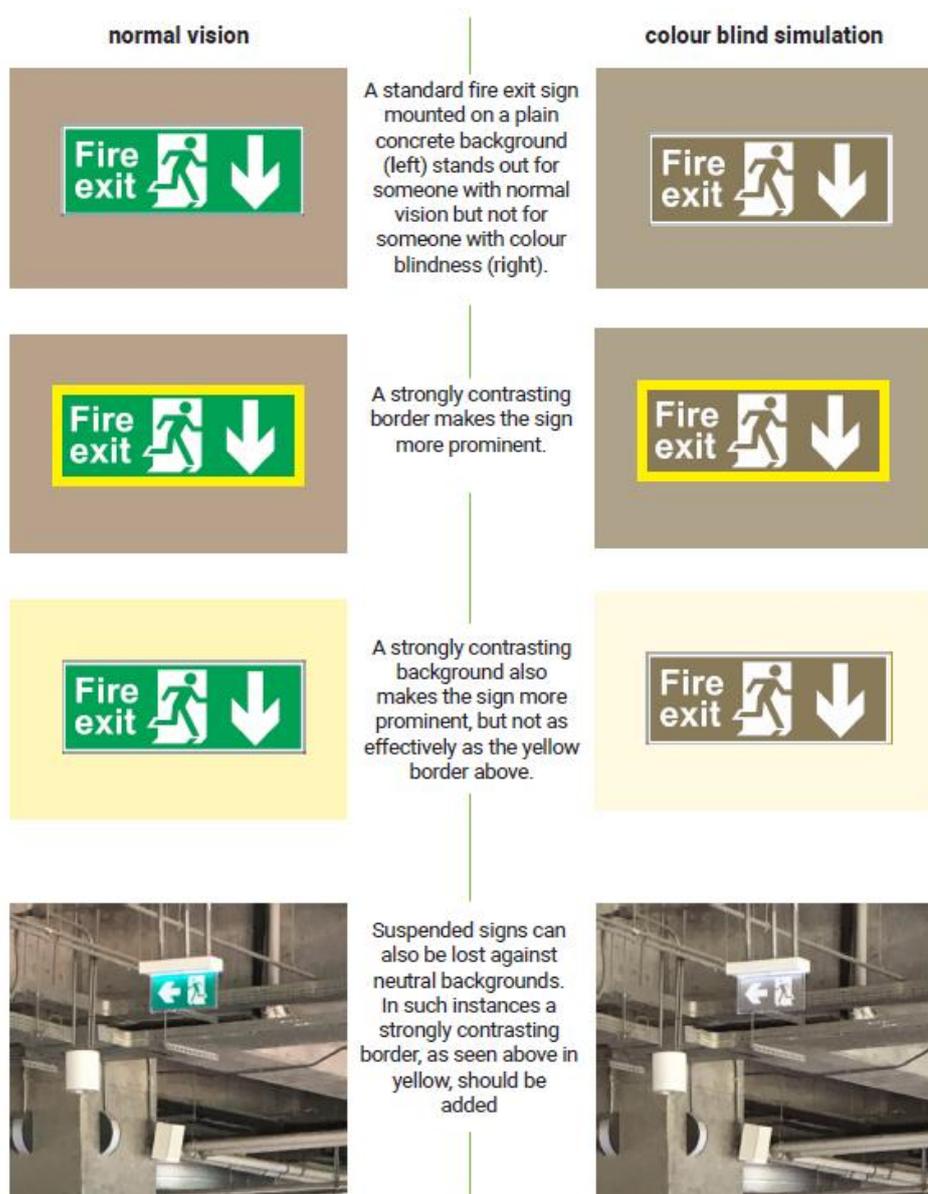


Figura 61: segnaletica di sicurezza antincendio per una progettazione inclusiva (Fonte: Green Guide)

In conclusione, è importante la percezione degli indicatori che caratterizzano uno stato emergenziale per poter attivare la risposta di tutti. Quindi è raccomandato l'uso di sistemi multisensoriali, sistemi acustici integrati da sistemi ottici.

Procedure di attivazione del centro di gestione delle emergenze

In occasione degli eventi aperti al pubblico, è presente la Control Room come centro di gestione della sicurezza e dell'emergenza delle manifestazioni.

La Control Room accoglie il Coordinatore per l'Emergenza designato dall'Organizzatore, il responsabile Tecnico per la sicurezza e:

- il rappresentante Polizia di Stato
- il rappresentante Vigili Urbani Polizia Municipale
- il rappresentante Vigili del Fuoco
- il rappresentante 118

Durante gli eventi con pubblico l'impianto di allarme EVAC è in configurazione manuale sotto il diretto controllo del Coordinatore Emergenza Evento.

Chiunque rilevi o venga a conoscenza dell'insorgere di un incendio, mantenendo la calma, deve informare immediatamente gli addetti e/o il responsabile Coordinatore per la gestione dell'emergenza, precisando: l'area dove è avvenuto l'incidente, eventuale presenza di infortuni, la tipologia e l'entità della emergenza.

L'emergenza viene segnalata in una precisa modalità:

- viene avvisato il coordinatore dell'emergenza dell'accaduto da un addetto o steward mediante segnale radio;
- dopo una verifica da parte del coordinatore dell'emergenza, viene diffuso attraverso il sistema EVAC un messaggio di segnalazione dell'emergenza;
- la conclusione dello stato di emergenza viene dato dal coordinatore dell'emergenza.

Gestione della sicurezza in emergenza

La gestione della sicurezza antincendio durante l'emergenza nell'attività deve prevedere:

1. attivazione del centro di gestione delle emergenze secondo indicazioni del paragrafo e della unità gestionale GSA;
2. alla rivelazione manuale o automatica dell'incendio segue generalmente la verifica dell'effettiva presenza di un incendio a cui seguono le procedure d'emergenza.

7.5.9 CONTROLLO DELL'INCENDIO

La presente misura antincendio ha come scopo l'individuazione dei presidi antincendio da installare nell'attività.

7.5.9.1 Soluzione conforme prevista dai corrispondenti livelli di prestazione della RTO

Il livello di prestazione di questa strategia viene riportata nella regola tecnica verticale.

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

Figura 62: Livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.6-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

7.5.9.2 Indicazioni sostitutive della RTV.15

Le attività devono essere dotate di misure di controllo dell'incendio (capitolo S.6) conformi ai livelli di prestazione previsti in tabella V.15-4.

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			
[1] Livello di prestazione III per i compartimenti delle attività con carico d'incendio specifico $q_f > 600 \text{ MJ/m}^2$.					
[2] Livello di prestazione riferito alle attività soggette.					
[3] Livello di prestazione IV con carico d'incendio specifico $q_f > 900 \text{ MJ/m}^2$, oppure con carico d'incendio specifico $q_f > 600 \text{ MJ/m}^2$ se ubicate in opere da costruzione con presenza di altre attività (fabbricato o edificio di tipo misto).					

Figura 63: Livelli di prestazione per controllo dell'incendio (Fonte: Tabella V.15-4 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

La soluzione conforme per il livello di prestazione III prevede:

- devono essere installati estintori d'incendio idrici a protezione dell'intera attività, poiché l'impiego di estintori a polvere in luoghi chiusi causa, generalmente, un'improvvisa riduzione della visibilità che potrebbe compromettere l'orientamento degli occupanti durante l'esodo in emergenza o altre operazioni di messa in sicurezza; inoltre, la polvere potrebbe causare irritazioni sulla pelle e sulle mucose degli occupanti. Gli estintori devono essere sempre disponibili per l'uso immediato, pertanto devono essere collocati: in posizione facilmente visibile e raggiungibile, lungo i percorsi d'esodo in prossimità delle uscite dei locali, di piano o finali, in prossimità delle aree a rischio specifico. Le impugnature dei

presidi manuali devono essere collocate ad una quota pari a 110 cm dal piano di calpestio. La minima capacità estinguente degli estintori di classe A è di 6 litri, inoltre, devono possedere ciascuno anche una capacità estinguente non inferiore alla classe 89 B.

Profilo di rischio R _{vita}	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	

Figura 64: Criteri per l'installazione degli estintori di classe A (Fonte: S.6-5 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

- Deve essere installata una rete idranti (RI) a protezione dell'intera attività, devono essere adottati i parametri minimi riportati in tabella V.15-5 ai fini dell'applicazione della norma UNI 10779 per la progettazione è richiesto un livello di pericolosità 2 e la UNI EN 12845 per l'alimentazione idrica richiede una singola superiore.

Un livello di pericolosità 2 implica una discreta presenza di combustibili quindi un moderato rischio per probabilità d'innescio e velocità di propagazione delle fiamme. La protezione prevista è sia interna con l'ausilio degli idranti, per un attacco ravvicinato all'incendio, sia esterna (mediante idranti a colonna o sottosuolo) per la lotta all'incendio dall'esterno del fabbricato. L'alimentazione idrica deve essere di tipo singola superiore²⁴, viene previsto un serbatoio ad accumulo con almeno due pompe.

²⁴ Alimentazione superiore di tipo singolo: quando si hanno a disposizione rifornimenti idrici che forniscono un più alto grado di affidabilità. Le possibilità sono le seguenti:

- un tronco di acquedotto alimentato da entrambe le estremità (che si attenga ad una serie di prescrizioni previste dalla norma);
- un serbatoio a gravità senza la pompa di surpressione o un serbatoio ad accumulo con due o più pompe (in cui il serbatoio deve avere requisiti specifici previsti dalla norma);
- una fonte inesauribile con due o più pompe.

Attività		Livello di pericolosità	Protezione esterna	Alimentazione idrica
Occupanti	Quota dei piani			
OB	HA, HB	1	Non richiesta	Singola
OC	HA			
OB	HC	2	Si	Singola superiore
OC	HB, HC			
OB, OC	HD			
OD	Qualsiasi			

Figura 65: Parametri progettuali per la rete idranti secondo UNI 10779 e caratteristiche minime dell'alimentazione idrica secondo UNI EN 12845 (Fonte: Tabella V.15-5 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

7.5.10 RIVELAZIONE ED ALLARME

La strategia S7 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.

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.

Figura 66: Livelli di prestazione per rivelazione ed allarme (Fonte: Tabella V.15-7 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

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.

Figura 67: Livelli di prestazione per rivelazione ed allarme (Fonte: Tabella S.7-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

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 richiesta l'installazione di un EVAC.
[8] Funzione O prevista solo in attività dove si prevedono applicazioni domotiche (*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_{vita} in Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3, D1 e D2, aree dei beni da proteggere, aree a rischio specifico.

Figura 68: Soluzioni conformi per rivelazione ed allarme incendio (Fonte: Tabella S.7-3 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

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

Figura 69: Funzioni principali degli IRAI secondo EN 54-1 e UNI 9795 (Fonte: Tabella S.7-5 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

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>)

Figura 70: Funzioni secondarie degli IRAI secondo EN 54-1 e UNI 9795 (Fonte: Tabella S.7-6 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

Il livello di prestazione è definito IV per l'intera attività secondo quanto indicato nella regola tecnica verticale. Deve essere installato un sistema EVAC per gli ambiti al chiuso ed accessibili al pubblico, per camerini e servizi la cui superficie è maggiore di 50 m².

Deve essere installato un IRAI progettato ed installato secondo la norma UNI 9795, implementando la funzioni A, B, D, L, C, E, F, G, H, M, N, O. Per consentire a tutti gli occupanti, anche a quelli che impiegano ausili di movimento, di inviare l'allarme d'incendio, i pulsanti manuali devono essere collocati ad una quota pari a circa 110 cm dal piano di calpestio. La comunicazione dell'allarme con la funzione principale C deve essere veicolata attraverso modalità multisensoriali cioè percepibili dai vari sensi (vista e udito) per ottenerne una partecipazione collaborativa adeguata alla situazione di emergenza.

Con l'attivazione del sistema IRAI, devono essere avviati automaticamente i sistemi di protezione attiva, compresi i sistemi di ripristino della compartimentazione (es. chiusura delle serrande tagliafuoco, sgancio delle porte tagliafuoco, ...); si deve prevedere il controllo o arresto degli impianti tecnologici, di servizio o di processo non destinati a funzionare in caso di incendio.

Si prevede una ***soluzione alternativa*** alla funzione A dell'impianto di rivelazione e allarme automatici dell'incendio quando l'evento prevede l'impiego di effetti scenici che possono compromettere falsi allarmi. In tali situazioni l'ambito sarà sorvegliato mediante videocamere a circuito chiuso da parte del Coordinatore dell'emergenza che presidia la Control Room e dagli steward, specificamente formati, presenti con continuità nell'ambito medesimo.

7.5.11 CONTROLLO DI FUMI E CALORE

La presente misura antincendio 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.

7.5.11.1 Soluzione conforme prevista dai corrispondenti livelli di prestazione della RTO

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

Figura 71: Livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.8-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Compartimenti dove siano verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> • carico di incendio specifico $q_f \leq 600 \text{ MJ/m}^2$; • per compartimenti con $q_f > 200 \text{ MJ/m}^2$: superficie lorda $\leq 25 \text{ m}^2$; • per compartimenti con $q_f \leq 200 \text{ MJ/m}^2$: superficie lorda $\leq 100 \text{ m}^2$; • non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
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, ...).

Figura 72: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.8-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

7.5.11.2 Indicazioni sostitutive della RTV.15

Le aree TO1 delle attività devono essere dotate di misure di controllo fumi e calore secondo i livelli di prestazione della tabella V.15-9.

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.			

Figura 73: Livelli di prestazione per il controllo fumi e calore (Fonte: Tabella V.15-9 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

Il Codice prevede, per la tipologia di attività in oggetto, tre livelli di prestazione ammissibili: III per le aree ad elevato affollamento, II per gli altri locali di servizio dove non ci sia carico d'incendio specifico elevato e I per i locali tecnici con superficie minore

o uguale a 100 m² e carico d'incendio specifico di 200 MJ/ m². La RTV aggiunge delle misure specifiche per le aree TO1.

La soluzione conforme al livello di prestazione II prevede che per ogni compartimento ci sia la possibilità di effettuare lo smaltimento di fumo e calore d'emergenza per facilitare l'opera di estinzione dei soccorritori. Si prevedono aperture di tipo Seb (dotate di sistema automatico di apertura con attivazione asservita ad IRAI) e SEc (elementi di chiusura (es. infissi, ...) ad apertura comandata da posizione protetta e segnalata). La superficie utile minima complessiva delle aperture di smaltimento di piano è calcolata come indicato in tabella S.8-5 in funzione del carico di incendio. Le aperture di smaltimento dovrebbero essere distribuite uniformemente nella porzione superiore di tutti i locali, al fine di facilitare lo smaltimento dei fumi caldi dagli ambiti del compartimento. L'uniforme distribuzione in pianta delle aperture di smaltimento è verificata imponendo che il compartimento sia completamente coperto in pianta dalle aree di influenza delle aperture di smaltimento ad esso pertinenti con un raggio di influenza r_{offset} pari a 20 m.

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 m²
[2] Con A superficie lorda di ciascun piano del compartimento in m²

Figura 74: Tipi di dimensionamento per le aperture di smaltimento (Fonte: Tabella S.8-5 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

Nell'area TO1 l'altezza dello strato libero dai fumi che si vuole mantenere risulta maggiore rispetto i 10 m che prevede la norma UNI 9494-2.

Pertanto, si ricorre alla **soluzione alternativa**, dimostrando il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza per gli occupanti ed i soccorritori impiegando i metodi di ingegneria prestazionale.

7.5.12 OPERATIVITÀ ANTINCENDIO

L'operatività antincendio ha lo scopo di agevolare l'efficace conduzione di interventi di soccorso dei Vigili del fuoco in tutte le attività.

7.5.12.1 Soluzione conforme prevista dai corrispondenti livelli di prestazione della RTO

I criteri di attribuzione sono definiti interamente nel capitolo S9 del Codice. Per l'attività aperta al pubblico con affollamento maggiore di 300 persone è richiesto il livello IV.

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

Figura 75: Livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.9-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

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"> ● profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> ○ R_{vita} compresi in A1, A2, B1, B2; ○ R_{beni} pari a 1; ○ $R_{ambiente}$ non significativo; ● densità di affollamento $\leq 0,2$ persone/m²; ● tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -5 m e 12 m; ● carico di incendio specifico $q_f \leq 600$ MJ/m²; ● per compartimenti con $q_f > 200$ MJ/m²: superficie lorda ≤ 4000 m²; ● per compartimenti con $q_f \leq 200$ MJ/m²: superficie lorda qualsiasi; ● non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; ● non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
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"> ● profilo di rischio R_{beni} compreso in 3, 4; ● se aperta al pubblico: affollamento complessivo > 300 occupanti; ● se non aperta al pubblico: affollamento complessivo > 1000 occupanti; ● numero totale di posti letto > 100 e profili di rischio R_{vita} compresi in D1, D2, Ciii1, Ciii2, Ciii3; ● si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative ed affollamento complessivo > 25 occupanti; ● si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio ed affollamento complessivo > 25 occupanti.

Figura 76: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.9-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

I sistemi di controllo e comando dei servizi di sicurezza destinati a funzionare in caso di incendio (es. quadri di controllo dei SEFC, degli impianti di spegnimento, degli IRAI,...) devono essere ubicati nel centro di gestione delle emergenze, se previsto, e comunque in posizione segnalata e facilmente raggiungibile durante l'incendio. La posizione e le logiche di funzionamento devono essere considerate nella gestione della sicurezza antincendio (capitolo S.5), anche ai fini di agevolare l'operato delle squadre dei Vigili del fuoco. Gli organi di intercettazione, controllo, arresto e manovra degli impianti tecnologici e di processo al servizio dell'attività rilevanti ai fini dell'incendio (es. impianto elettrico, adduzione gas naturale, impianti di ventilazione, impianti di produzione, ...) devono essere ubicati in posizione segnalata e facilmente raggiungibile durante l'incendio. La posizione e le logiche di funzionamento devono essere considerate nella gestione della sicurezza antincendio (capitolo S.5), anche ai fini di agevolare l'operato delle squadre dei Vigili del fuoco.

Sono assicurati percorsi d'accesso ai piani attraverso le scale esterne per consentire ai soccorritori di raggiungere tutti i piani dell'attività.

Come esplicito al capitolo concernente la strategia di controllo dell'incendio è assicurata la protezione esterna della rete idranti.

7.5.13 SICUREZZA IMPIANTI TECNOLOGICI

Per la sicurezza degli impianti deve essere rispettato l'unico livello di prestazione previsto dal Codice e le misure complementari previste dalla RTV.15.

7.5.13.1 Soluzione conforme prevista dai corrispondenti livelli di prestazione della RTO

Gli impianti sono progettati, realizzati e mantenuti in efficienza secondo la regola d'arte, in conformità alla regolamentazione vigente, con requisiti di sicurezza antincendio specifici.

In apposite zone, adeguatamente segnalate ed agevolmente accessibili, sono installati dei pulsanti manuali per il sezionamento di emergenza dei vari impianti elettrici a servizio dell'arena (in prossimità della cabina elettrica e della reception del Centro, presidiata H24). Si avrà cura, all'atto dell'installazione, di distinguere convenientemente i pulsanti di sgancio degli impianti con finalità di sicurezza antincendio, rispetto agli altri.

Gli impianti 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 (≤ 15 s)	> 30' [1]
Sistemi di controllo o estinzione degli incendi	Interruzione media (≤ 15 s)	> 120' [2]
Ascensori di soccorso	Interruzione media (≤ 15 s)	> 120'
Altri Impianti	Interruzione media (≤ 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		

Figura 77: Autonomia minima ed interruzione dell'alimentazione elettrica di sicurezza (Fonte: Tabella S.10-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

7.5.13.1 Soluzioni complementari della RTV.15

I gas refrigeranti degli impianti centralizzati di climatizzazione e condizionamento, inseriti in aree TO1 e TA1, devono essere classificati A1 o A2L secondo ISO 817.

Gli impianti di produzione calore alimentati a combustibili solidi, liquidi o gassosi di potenza ≤ 35 kW devono essere ubicati all'esterno delle attività oppure in compartimenti di classe di resistenza al fuoco ≥ 30 .

Gli impianti temporanei non devono costituire causa di inciampo negli ambiti aperti al pubblico. Devono essere realizzati tenendo conto delle prevedibili sollecitazioni ambientali, con particolare riferimento al rischio di danneggiamento meccanico. Prima del loro utilizzo, devono essere sottoposti a verifica secondo le norme tecniche di riferimento.

8 SOLUZIONE ALTERNATIVA CON LA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

8.1 OBIETTIVI DELLO STUDIO

Il metodo idoneo a dimostrare la soluzione alternativa e dunque il raggiungimento del collegato livello di prestazione è quello di utilizzare l'ingegneria della sicurezza antincendio. Ovvero, si devono applicare i metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio, secondo procedure, ipotesi e limiti indicati in particolare nei capitoli M.1, M.2 e M.3 del Codice di Prevenzione Incendi.

Si è reso necessario adottare una soluzione alternativa al fine di dimostrare che le vie di esodo siano sempre fruibili, verificando che gli effetti dell'incendio non generino condizioni incapacitanti all'evacuazione degli occupanti e per le squadre di emergenza. Nello specifico al fine di determinare i tempi di RSET e ASET per l'esodo in emergenza degli occupanti presenti all'interno dell'arena e il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza per i soccorritori. Si farà riferimento ai metodi e ai parametri del capitolo M.3 del Codice di Prevenzione Incendi e allo strumento di simulazione fluidodinamica FDS. Affinché la verifica sia soddisfatta, i parametri considerati al paragrafo M3.3 devono restare al di sotto della rispettiva soglia critica per tutta la durata dell'indagine ($ASET > RSET$).

Le caratteristiche dell'attività influenzano l'esodo degli occupanti, lo sviluppo dell'incendio e la diffusione dei prodotti della combustione. Le caratteristiche dell'attività sono indicate nei capitoli precedenti dove si sono definite le strategie antincendio da perseguire al fine del raggiungimento del livello di prestazione conforme. Tuttavia, nella strategia S4 ed S8 si è reso necessario l'utilizzo del metodo prestazionale per valutare il raggiungimento degli obiettivi richiesti per il corrispondente livello di prestazione individuato. Per la strategia di esodo si è dimostrato il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza per gli occupanti.

Oggetto della soluzione	Modalità progettuale
Caratteristiche del luogo sicuro (§ S.4.5.1)	Si dimostri che tali luoghi non siano investiti da effetti dell'incendio che determinano condizioni incapacitanti per gli occupanti.
Caratteristiche del luogo sicuro temporaneo (§ S.4.5.2), delle vie d'esodo (§ S.4.5.3)	Si dimostri che tali luoghi non siano investiti da effetti dell'incendio che determinano condizioni incapacitanti durante l'esodo degli occupanti.
Caratteristiche delle porte (§ S.4.5.7), numero minimo uscite indipendenti (§ S.4.8.1)	Si dimostri, anche tramite descrizione, come nella specifica attività il <i>sovraffollamento localizzato</i> alle uscite sia reso improbabile grazie a specifiche misure gestionali dell'esodo.
Disposizione dei posti a sedere (§ S.4.5.11)	Si dimostri che la diversa disposizione consenta di effettuare l'esodo in un tempo non superiore a quello di riferimento e senza ostacoli.
Numero minimo vie d'esodo indipendenti (§ S.4.8.1), corridoi ciechi (§ S.4.8.2)	Si dimostri che sia improbabile che l'esodo degli occupanti possa essere impedito dall'incendio lungo il corridoio cieco o negli ambiti collegati.
Lunghezze d'esodo (§ S.4.8.3)	Si dimostri che diverse lunghezze d'esodo consentano comunque di abbandonare il compartimento di primo innesco prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti per gli occupanti.
Larghezze minime delle vie d'esodo orizzontali (§ S.4.8.7), delle vie d'esodo verticali (§ S.4.8.8), delle uscite finali (§ S.4.8.9)	Si dimostri che diverse larghezze delle vie d'esodo siano adeguate agli occupanti che le impiegano, grazie al basso affollamento effettivo che non determina la formazione di code, per specifiche misure gestionali che rendano improbabili condizioni di <i>sovraffollamento localizzato</i> .
Tutti i casi	Si dimostri il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza per gli occupanti impiegando i metodi del capitolo M.3 e le informazioni reperibili nei riferimenti (§ S.4.12).

Figura 78: Modalità progettuali per soluzioni alternative sicurezza (Fonte: Tabella S.4-3 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

Per la strategia S8 data l'impossibilità di ricorrere alla norma UNI 9494-2 poiché il caso studio per le caratteristiche geometriche non rientra nel campo di applicazione della norma si è dimostrato il raggiungimento della salvaguardia della vita degli occupanti e delle squadre di soccorso.

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

Figura 79: Modalità progettuali per soluzioni alternative (Fonte: Tabella S.8-3 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

La progettazione prestazionale per verificare quantitativamente il raggiungimento del livello di prestazione attribuito alle misure S4 ed S8 consiste nel calcolo e nel confronto tra due intervalli di tempo così definiti:

- ASET, tempo disponibile per l'esodo (Available Safe Escape Time);
- RSET, tempo richiesto per l'esodo (Required Safe Escape Time).

8.2 CODIFICA DEGLI ELEMENTI MODELLATI

Come in ogni studio, la cosa fondamentale è suddividere un problema in tante piccole parti. Ad esempio, si richiama la creazione della work breakdown structure utilizzata per la scomposizione del lavoro o struttura analitica di un progetto. Non è il caso ora in cui si utilizzerà tale metodologia, ma al fine di una chiara analisi della presentazione dei dati e degli output finali si ritiene necessario definire in sintesi la struttura di codifica utilizzata nella modellazione e nelle scelte di presentazione.

Ogni elemento come muri, porte, o pavimenti presentano il piano di riferimento nella loro nominazione, in modo da poter cercare velocemente gli elementi per poterli ad esempio nascondere all'occorrenza. Ad esempio “wall_2_(numero progressivo di modellazione)”, “door_2_(numero progressivo di modellazione)”, “floor_p2”.

Le file della tribuna 1 che si sviluppa dal P1 al PT sono state numerate in ordine crescente a partire dalla quota maggiore; pertanto, la fila 1 della tribuna 1 è localizzata alla quota 5,93 m. Lo stesso criterio è stato utilizzato per la tribuna 2 del piano secondo.

L'attenzione maggiore si è avuta nella nomenclatura delle sonde per la creazione degli output, affinché avendo chiarito la modalità della loro classificazione, sia semplice focalizzarli in una planimetria mentale mentre si leggono i grafici ed inoltre è stata utilizzata come base per la creazione del programma in python presentato ai capitoli successivi.

GRANDEZZA ESAMINATA	PIANO/TRIBUNA	PUNTO CARDINALE	VICINANZA FOCOLARE/FILA
V	PT	N	F6
I	P1	S	F12
T	P2	E	1
F	T1	O	2
	T2	NE o SE	3
		NO o SO	

Tabella 16: Schematizzazione per la nomenclatura dei devices

Grandezza esaminata:

- V = devices di visibilità;
- I = devices di irraggiamento;
- T = devices di temperatura;
- F = devices FED.

Punto cardinale: è definito in funzione della posizione della struttura nell’ambiente di lavoro di Pyrosim; pertanto, è un sistema di riferimento locale.

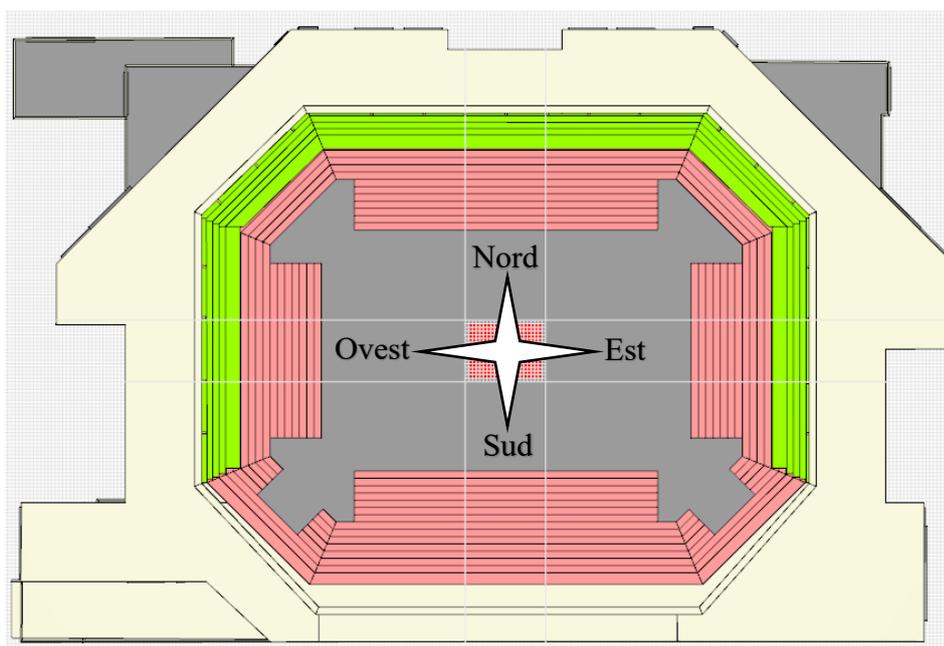


Figura 80: Sistema di riferimento locale

Di seguito sono riportate le posizioni dei sensori di visibilità a tutti i piani, nella medesima posizione sono stati collocati gli altri device, viene modificata solo la prima componente della nomenclatura poiché si modifica la *grandezza esaminata*.

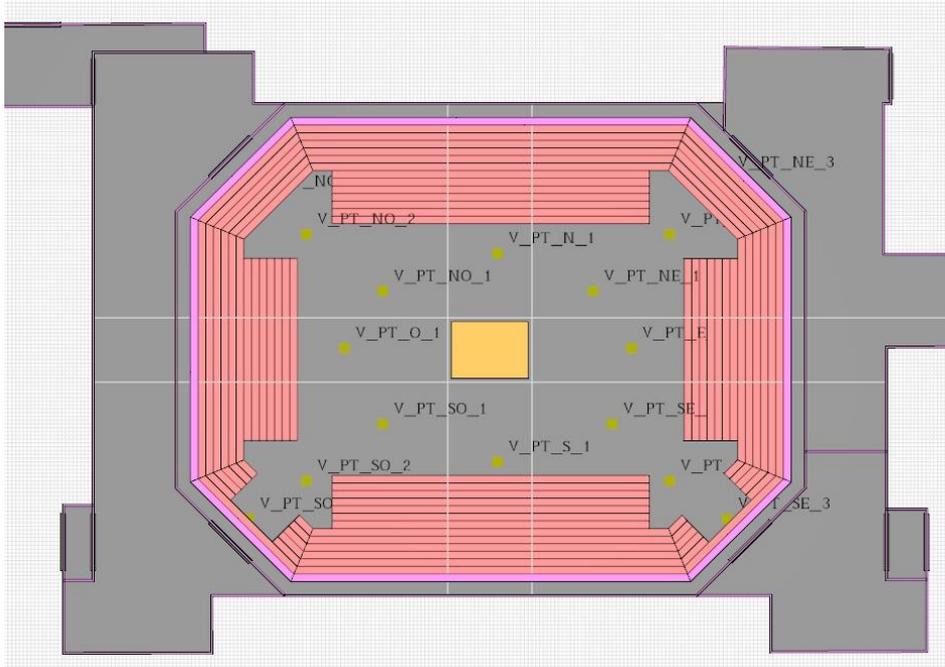


Figura 81: Sensori visibilità PT

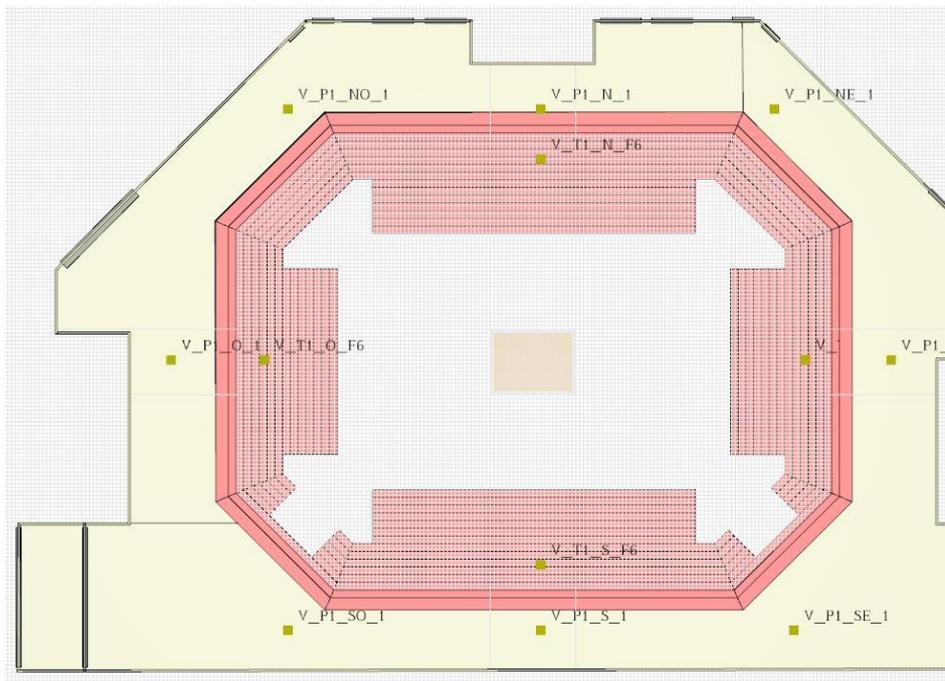


Figura 82: Sensori di visibilità al P1 e T1

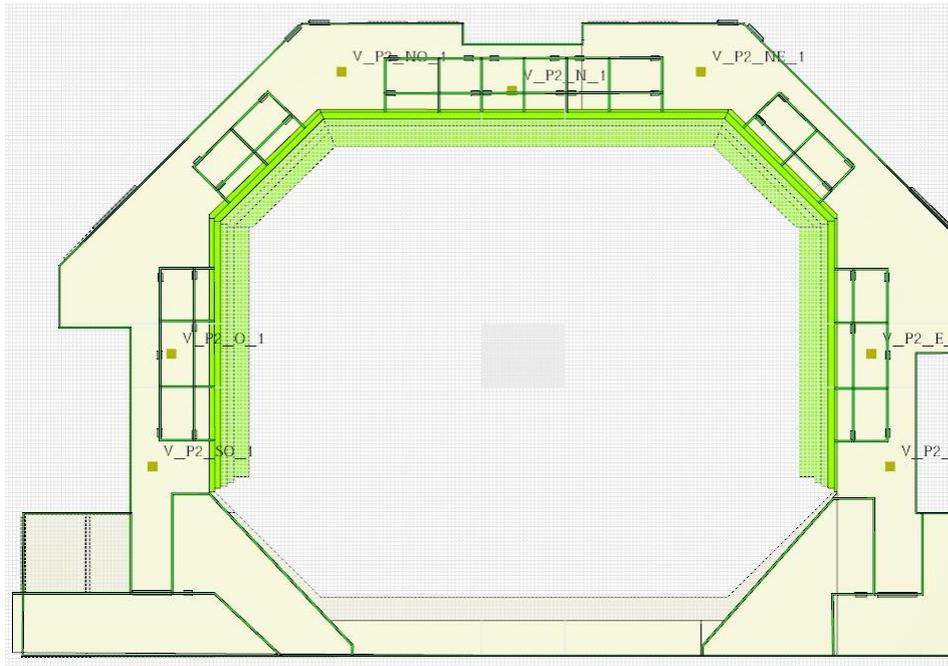


Figura 83: Sensori di visibilità al P2

Al fine di discriminare le uscite finali, ognuna costituita da 2 fino a 4 porte, si sono numerate per ogni piano dalla prima alla n-esima partendo sempre da nord-ovest e ruotando in senso orario. Si sono codificate perché fondamentali per lo studio finale delle condizioni degradate.

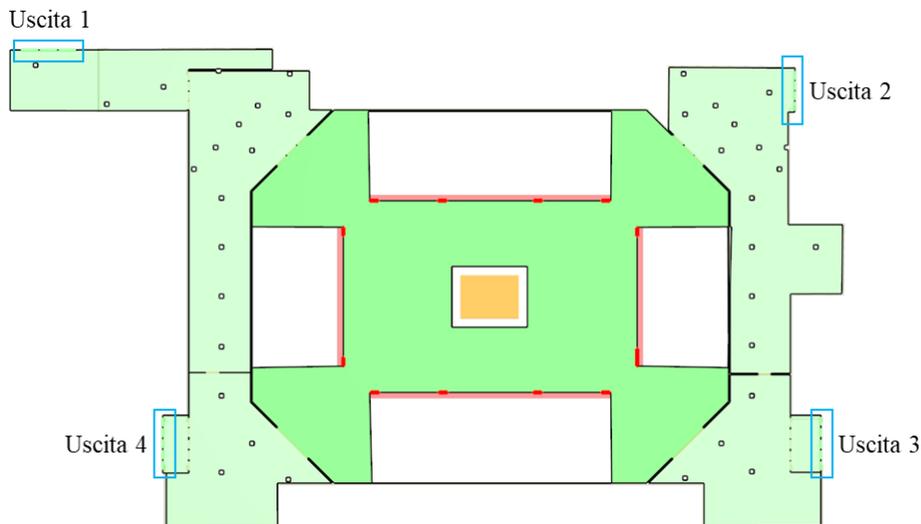


Figura 84: Uscite finali al piano parterre

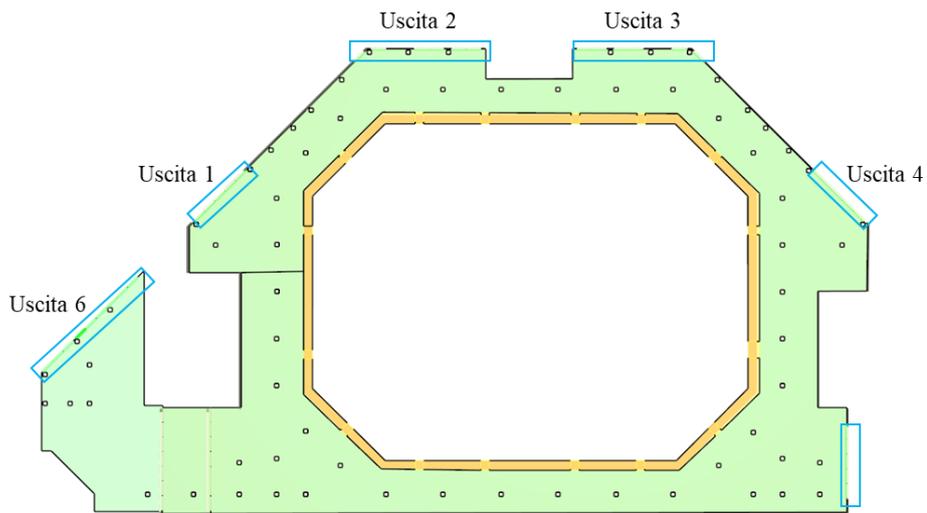


Figura 85: Uscite finali al piano primo

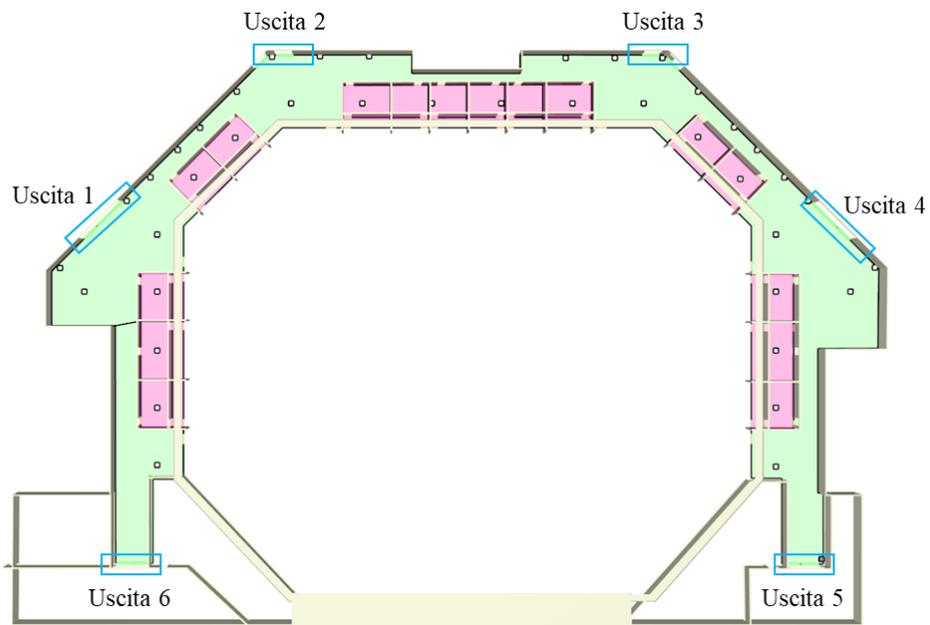


Figura 86: Uscite finali al piano secondo

8.3 SCENARI DI INCENDIO PER LA PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE

Lo scenario d'incendio rappresenta l'evoluzione dell'incendio in relazione a tre aspetti fondamentali: incendio, attività ed occupanti.

Tra gli scenari che rappresentano la schematizzazione degli eventi che possono ragionevolmente verificarsi nell'attività, deve essere scelto lo scenario più critico ipotizzabile all'interno dell'attività (Codice di Prevenzione Incendi par. M.2.3).

8.3.1 INCENDIO

Lo scenario d'incendio che per l'attività rappresenta un livello di rischio d'incendio non inferiore rispetto tutti quelli che si potrebbero ipotizzare è l'incendio del palco in una configurazione centrale in cui tutti i presenti sarebbero coinvolti nell'emergenza. Si esplicano le ragioni per cui altri scenari d'incendio, che si sarebbero potuti analizzare, sarebbero stati perimetrati in una data area non coinvolgendo in toto l'arena. Si può ad esempio pensare all'incendio di un cestino in uno degli skybox ma la rivelazione incendi avrebbe portato all'azione repentina delle squadre di soccorso ed inoltre l'incendio sarebbe stato localizzato solo in quell'area. Infatti, alla rivelazione dell'incendio le porte collegate all'IRAI si sarebbero chiuse e le squadre di emergenza sarebbero intervenute nei primi 5 minuti. Per le medesime ragioni non si è considerato l'incendio in uno dei punti bar presenti al P1 o PT poiché sarebbero stati localizzati e non avrebbero coinvolto le persone presenti. Le misure gestionali sono fondamentali nel caso studio in esame, infatti, uno dei punti fondamentali è che al P2 ci sia un numero elevato di addetti all'emergenza e servizio di stewarding (almeno 1:100) e che i punti in cui si trovano i cestini siano presidiati da estintore e ci sia un addetto vicino in grado di agire su un principio d'incendio. Nelle misure gestionali di ogni evento si localizzeranno precisamente gli addetti all'emergenza e gli steward.

Nel caso in esame, considerati i materiali presenti in maniera più significativa e preponderante, si prevede l'incendio del palco in una configurazione centrale; pertanto, si è utilizzato il valore di RHRmax relativo al focolare predefinito del Codice per attività civili. Con tale ipotesi, la superficie esposta di materiale combustibile è pari all'area del palco di 48 m², che avesse un HRR di 1000 kW in 150s.

L'intervento manuale effettuato dalle squadre antincendio non può essere considerato in fase progettuale ai fini della modifica dell'andamento della curva. Inoltre, dato che è presente un sistema di controllo dell'incendio non si raggiungerà mai il flashover.

Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Velocità caratt. di crescita dell'incendio t_d	150 s (<i>fast</i>)	75 s (<i>ultra-fast</i>)
RHR _{max} totale RHR _{max} per m ² di superficie del focolare	5 MW 250-500 kW/m ² [1]	50 MW 500 -1000 kW/m ² [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 ΔH_c	20 MJ/kg [3]	
Resa in biossido di carbonio Y _{CO2}	1,5 kg/kg [3,6]	
Resa in acqua Y _{H2O}	0,82 kg/kg [3,6]	
Frazione di RHR in irraggiamento (<i>Radiative fraction</i>)	35% [3]	
<p>[1] Da impiegare in alternativa all'RHR_{max} totale, considerando la massima superficie del focolare, pari al compartimento antincendio nel caso di carico di incendio uniformemente distribuito, ma che può essere un valore inferiore nel caso d'incendio localizzato.</p> <p>[2] Robbins A P, Wade C A, Study Report no 185 "Soot Yield Values for Modelling Purposes - Residential Occupancies", BRANZ, 2008</p> <p>[3] "C/VM2 Verification method: Framework for fire safety design", New Zealand Building Code</p> <p>[4] "SFPE handbook of fire protection engineering", NFPA, 4th ed., 2008. Tabella 3-4.16, pag. 3-142, da <i>polyurethane flexible foams</i>.</p> <p>[5] Stec A A, Hull T R, "Fire Toxicity", Woodhead Pub., 2010. § 2.4 con $\Phi = 1,25$ (<i>underventilated fire</i>)</p> <p>[6] In alternativa alle rese Y_{CO2} e Y_{H2O}, si può imporre nel codice di calcolo il combustibile generico CH₂O_{0,5}.</p>		

Figura 87: Focolari predefiniti (Fonte: Tabella M.2-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

8.3.2 DURATA DEGLI SCENARI D'INCENDIO DI PROGETTO

Si è descritta tutta la sequenza di evoluzione dell'incendio, dall'evento iniziatore per un intervallo di tempo che dipende dagli obiettivi di sicurezza da raggiungere.

Obiettivo di sicurezza antincendio	Durata minima degli scenari di incendio di progetto
Salvaguardia della vita degli occupanti	Dall'evento iniziatore fino al momento in cui tutti gli occupanti dell'attività raggiungono o permangono in un luogo sicuro. Se il luogo sicuro è prossimo o interno all'opera da costruzione, devono essere valutate eventuali interazioni tra il mantenimento della capacità portante dell'opera da costruzione ed il luogo sicuro.
Salvaguardia della vita dei soccorritori	Dall'evento iniziatore fino a 5 minuti dopo il termine delle operazioni previste per i soccorritori o l'arrivo delle squadre dei Vigili del fuoco presso l'attività. Il tempo di riferimento per l'arrivo dei Vigili del fuoco può essere assunto pari alla media dei tempi d'arrivo desunti dall' <i>Annuario statistico dei Vigili del fuoco</i> (http://www.vigilfuoco.it), considerando i dati dell'ultimo anno disponibile, riferiti all'ambito provinciale.
Mantenimento della capacità portante in caso d'incendio	Dall'evento iniziatore fino all'arresto dell'analisi strutturale, in fase di raffreddamento, al momento in cui gli effetti dell'incendio sono ritenuti non significativi in termini di variazione temporale delle caratteristiche della sollecitazione e degli spostamenti

Figura 88: Durata minima degli scenari d'incendio di progetto (Fonte: Tabella M.2-1 Tabella S.8-3 del DM 03/08/2015 Codice di Prevenzione Incendi)

Nel caso studio, data la presenza del servizio di stewarding, del servizio di vigilanza e la presenza di una squadra dei VVF presente sul luogo durante ogni evento, si ritiene che la durata minima dello scenario d'incendio sia da considerarsi dal tempo di rivelazione dell'incendio fino a cinque minuti dopo, poiché essi interverrebbero efficacemente sull'incendio. È stato scelto, però, di effettuare una valutazione conservativa e si è esteso il tempo considerando l'arrivo delle squadre dei Vigili del fuoco presso l'arena.

Regione	Provincia	Tempi Medi in minuti di Arrivo sul luogo dell'intervento (uscita sede - arrivo sul luogo)				Durate medie in minuti degli interventi di soccorso (inizio-chiusura operazioni)			
		2021	Media (*)	Var % (**)	Var % (***)	2021	Media (*)	Var % (**)	Var % (***)
LOMBARDIA	BERGAMO	17,1	16,0	6,9%	2,3%	63,4	55,6	13,9%	3,0%
	BRESCIA	20,5	18,9	8,4%	2,4%	60,3	55,9	7,9%	9,6%

Figura 89: Tempo medio di arrivo e durata intervento operativo in minuti (Fonte: annuario statistico del corpo nazionale dei vigili del fuoco 2022)

Tuttavia, sebbene dall'annuario risulti un tempo di intervento medio di 16 min, da Google Maps si è riscontrato che il tempo impiegato dal Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Bergamo all'arena è di circa 2 minuti. Pertanto, considerando che in massimo 6

minuti gli spettatori escono dall'arena (tempo di uscita di emergenza secondo Green Guide per campi con rischio medio) e che il tempo di pre-evacuazione è di circa 210 secondi, considerando il caso peggiore quindi il tempo medio di intervento dell'annuario dei Vigili del Fuoco, si è estesa la fase di analisi dell'incendio ad una durata complessiva di oltre 16 minuti ovvero 1000 secondi.

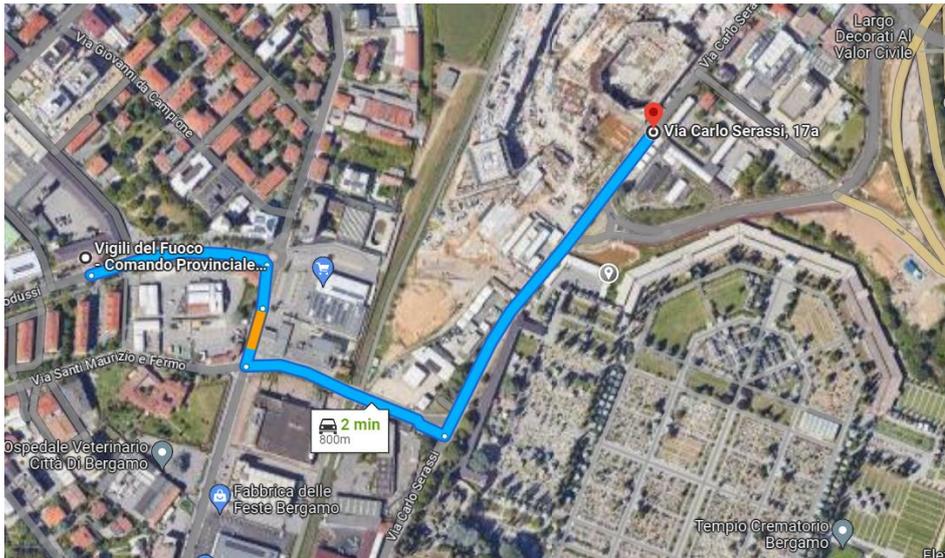


Figura 90: Tempo impiegato dalla squadra dei Vigili del Fuoco ad arrivare dalla sede centrale (Fonte: Google Maps)

8.3.3 ATTIVITÀ

Affinché siano perseguiti gli obiettivi identificati, si sono fatte alcune ipotesi qualitative concernenti la soluzione progettuale. In primis si è calcolata la quantità di fumo che si stratifica in copertura per poi cercare una soluzione per evacuarlo. Tuttavia, la presenza degli skybox fa sì che una parte del fumo stratifichi in basso alla quota del piano secondo e venga smaltita successivamente. Pertanto, si è verificato che gli occupanti non riscontrassero delle condizioni incapacitanti nella fase di esodo e che i soccorritori potessero operare in sicurezza e tempestivamente nei primi cinque minuti dalla rivelazione dell'incendio.

Di seguito sono riportate le caratteristiche degli impianti.

<i>Tipologia di impianto</i>	<i>Note</i>
Impianto di spegnimento automatico	Assente
Impianto protezione interna ed esterna	Presente
Rivelazione fumi e allarme	Presente
Sistema di ventilazione	Presente

Tabella 17: Impianti antincendio

8.3.4 OCCUPANTI

Profilare gli occupanti significa caratterizzare gli occupanti, creando profili specifici da associargli.

È stato fondamentale collocare i posti disabili messi in funzione del totale dell'affollamento previsto. Una persona disabile occupa una dimensione differente, ha una risposta differente e quindi i tempi si allungano e la velocità di risposta all'emergenza si riduce. Nel caso studio dato che queste persone si portano dietro dei limiti noti, sono aiutate nell'esodo dai rispettivi accompagnatori. I posti a loro dedicati sono collocati al piano primo di fronte i varchi di ingresso/uscita affinché siano più agevolati in ogni movimentazione che non preclude solo lo stato di emergenza (inclusività). Inerentemente, al numero considerato si è fatto riferimento al D.M. del 14 giugno 1989, n. 236 che all'art.5.2²⁵ assevera che devono essere previsti posti riservati per persone con ridotta

²⁵ Art.5.2 del D.M. 236/89

Sale e luoghi per riunioni, spettacoli e ristorazione.

Nelle sale e nei luoghi per riunioni e spettacoli, almeno una zona deve essere agevolmente raggiungibile, anche dalle persone con ridotta o impedita capacità motoria, mediante un percorso continuo in piano o raccordato con rampe, ovvero mediante ascensore o altri mezzi di sollevamento.

Qualora le attività siano soggette alla vigente normativa antincendio, detta zona deve essere prevista in posizione tale che, nel caso di emergenza, possa essere agevolmente raggiunta una via di esodo accessibile o un «luogo sicuro statico».

In particolare, la sala per riunione, spettacolo e ristorazione deve inoltre:

- essere dotata di posti riservati per persone con ridotta capacità motoria, in numero pari ad almeno due posti per ogni quattrocento o frazione di quattrocento posti, con un minimo di due;
- essere dotata, nella stessa percentuale, di spazi liberi riservati per le persone su sedia a ruote, predisposti su pavimento orizzontale, con dimensioni tali da garantire la manovra e lo stazionamento di una sedia a ruote;
- essere consentita l'accessibilità ad almeno un servizio igienico e, ove previsti, al palco, al palcoscenico ed almeno ad un camerino spogliatoio con relativo servizio igienico.

capacità motoria in una frazione di 2 posti ogni 400 e la stessa frazione deve essere prevista di spazi liberi riservati per le persone su sedia a ruote.

Per i valori di affollamento si rimanda al capitolo 7.5.3.3 Occupanti e attività.

8.4 CALCOLO DI ASET

8.4.1 MODELLAZIONE IN PYROSIM

Lo strumento di modellazione numerica utilizzato per calcolare gli effetti degli scenari d'incendio di progetto in relazione alla soluzione progettuale ipotizzata per l'attività è Pyrosim, un'interfaccia grafica per FDS versione 6.7.6. FDS è un potente simulatore di incendio sviluppato dal National Institute of Standards and Technology (NIST).

8.4.1.1 Modellazione del focolare

PARAMETRO	VALORE	U.M.
Velocità caratteristica di crescita (FAST)	150	s
RHR per mq	500	kW/m ²
Area	48	m ²
Ysoot	0,07	kg/kg
Yco	0,1	kg/kg
RHR_{max}	24000	kW

Tabella 18: Dati di input simulazione incendio

La superficie del bruciatore è stata modellata come vent²⁶ e sono state attribuite le caratteristiche della superficie “focolare” con le caratteristiche riportate nella Tabella 18.

Nelle sale per la ristorazione, almeno una zona della sala deve essere raggiungibile mediante un percorso continuo e raccordato con rampe, dalle persone con ridotta o impedita capacità motoria, e deve inoltre essere dotata di almeno uno spazio libero per persone su sedia a ruote.

Questo spazio deve essere predisposto su pavimento orizzontale e di dimensione tale da garantire la manovra e lo stazionamento di una sedia a ruote;

- deve essere consentita l'accessibilità ad almeno un servizio igienico.

Per consentire la visitabilità nelle sale e nei luoghi per riunioni, spettacoli e ristorazione, si devono rispettare quelle prescrizioni di cui ai punti 4.1, 4.2 e 4.3, che sono atte a garantire il soddisfacimento dei suddetti requisiti specifici.

²⁶ I vent hanno un uso generale in FDS per descrivere una superficie rettangolare 2D su una superficie di un ostacolo solido o su un bordo della mesh.

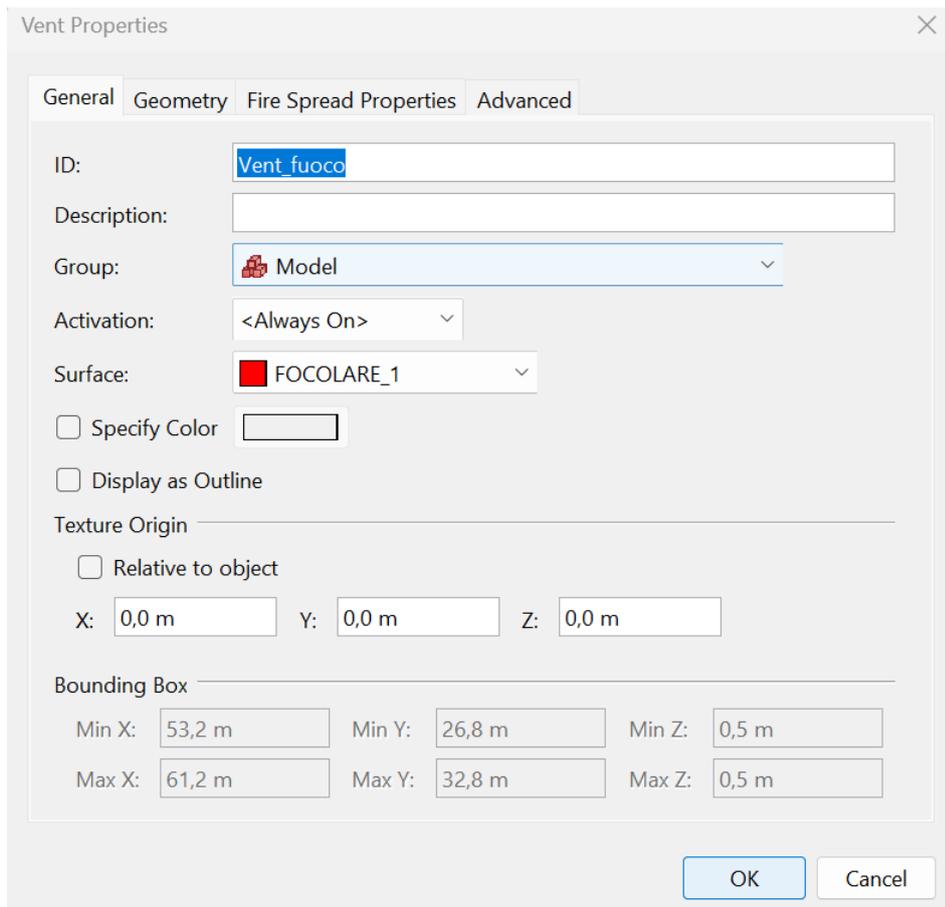


Figura 91: Focolare

Considerando che l'incendio non coinvolge dall'inizio tutto il palco ma si propaga da un punto per poi espandersi, si è modellato l'incendio in questo modo.

Si è ipotizzato il punto di inizio dell'incendio corrispondente con uno dei vertici del palco. Nella modellazione si è considerato che è un incendio di tipo fast ovvero che in 150s bruciano 1000 kW. Dato che la diagonale del palco è di 10 m, mediante la distanza e tempo in cui si raggiunge RHR_{max} corrisponde a T_A pari a 735s, si è calcolata la velocità di propagazione pari a 0.0136 m/s. Eseguendo delle simulazioni di prova, attraverso un metodo iterativo si è affinato il valore della velocità in modo da avere convergenza con la tipologia di curva definita ovvero $RHR(150s) = 1000$ kW. La velocità di partecipazione all'incendio del palco che porta a convergenza è di 0,0018 m/s.

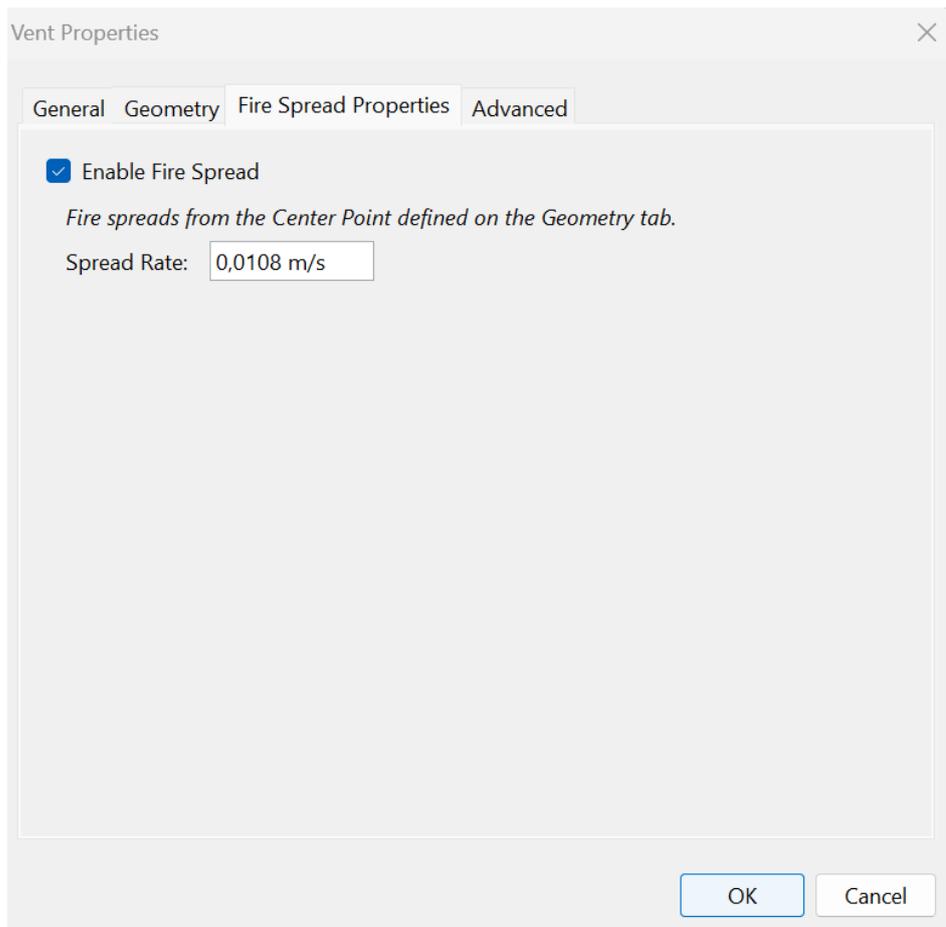


Figura 92: Velocità di propagazione dell'incendio

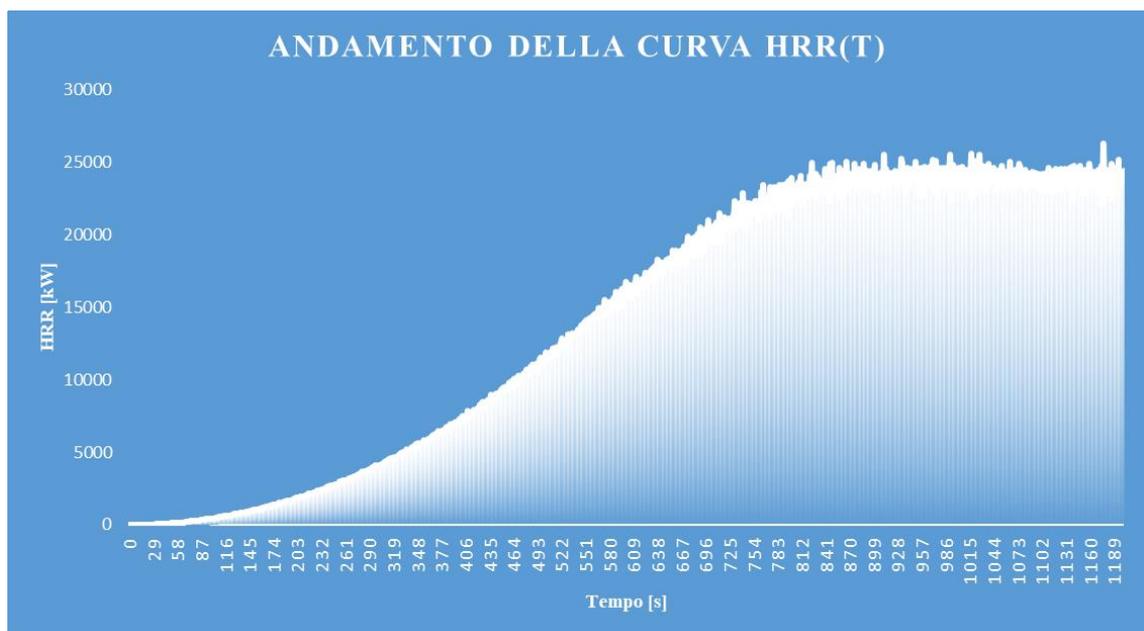


Figura 93: Andamento della curva HRR(t)

Si sono definite le impostazioni dei parametri utilizzati per modellare la combustione; pertanto, la definizione della chimica base del combustibile è quella del legno, materiale presente in tavolato sul palco con reazione di $C_{3,4}H_{6,2}O_{2,5}$. Con riferimento ad uno studio condotto²⁷ si sono verificati che i valori di Y_{CO} e Y_{soot} fossero meno gravosi di quelli dello scenario d'incendio predefinito dal Codice, che si sono infatti presi come riferimento.

8.4.1.2 Modellazione dell'impianto SEFFC

L'impianto di estrazione meccanica è costituito da 6 bocchette di ripresa collocate ad una quota di 15,54 m. La porta totale in grado di essere smaltita è di 500.000 m³/h.

L'immissione di aria è di tipo naturale ed avviene dalle porte di ingresso e uscita ai livelli PT, P1 e P2 la cui apertura automatica in caso d'incendio è demandata al sistema IRAI.

La dimensione delle aperture di riscontro è di:

- 102,8 m² al piano primo,
- 65,4 m² al piano secondo.

Gli estrattori si attivano automaticamente alla rivelazione dell'incendio.

²⁷Janardhan, Rahul Kallada; Hostikka, Simo; When is the fire spreading and when it travels? – Numerical simulations of compartments with wood crib fire loads; Fire Safety Journal

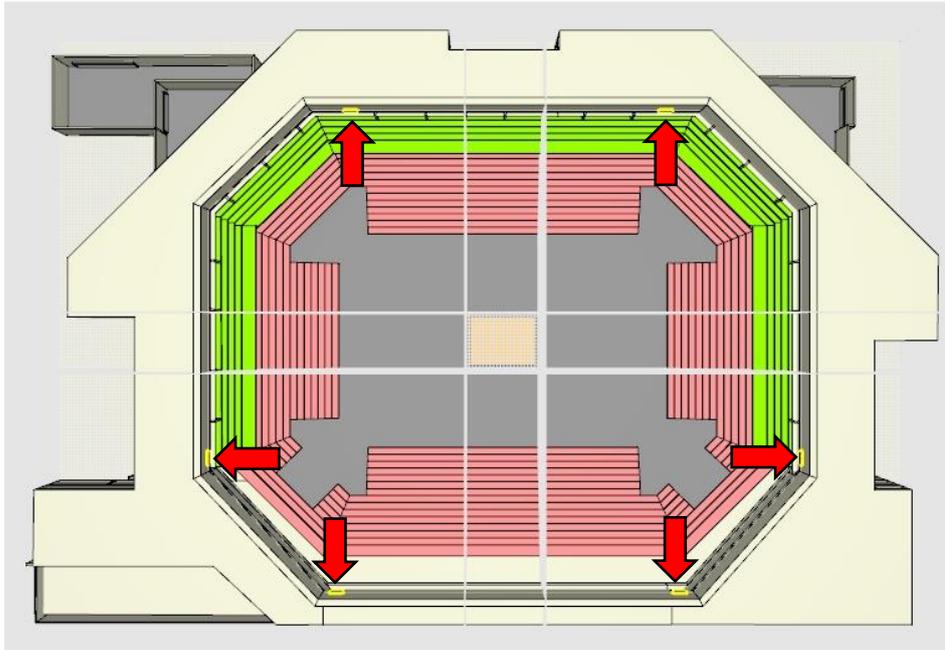


Figura 94: Punti di estrazione dell'aria

8.4.1.3 Definizione del dominio computazionale

IL parametro numerico più importante è la dimensione della cella della mesh. I modelli FDS risolvono una forma approssimativa delle equazioni di conservazione di massa, quantità di moto ed energia su una griglia numerica. L'errore associato alla discretizzazione delle derivate parziali è funzione della dimensione delle celle della griglia e del tipo di differenziazione utilizzata. FDS utilizza approssimazioni accurate del secondo ordine delle derivate sia temporali che spaziali delle equazioni di Navier-Stokes, il che significa che l'errore di discretizzazione è proporzionale al quadrato del passo temporale o alla dimensione della cella. In teoria, ridurre la dimensione della cella della griglia di un fattore 2 riduce l'errore di discretizzazione di un fattore 4. Tuttavia, aumenta anche il tempo di calcolo.

Si è effettuata per tale ragione un'analisi di sensibilità per definire una corretta dimensione della mesh. Per raggiungere tale scopo, si è utilizzata l'espressione seguente:

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_\infty c_p T_\infty \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}}$$

Q = rilascio termico (RHR) (kW);
 ρ = densità dell'aria (Kg m⁻³);
 T = temperatura (K);
 c_p = calore specifico (kJ kg⁻¹K⁻¹);
 g = accelerazione di gravità (m s⁻²).

In condizioni ambiente standard ($T_\infty = 293,15$ K), l'espressione diventa: $D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{1100} \right)^{\frac{2}{5}}$

NOTA: la griglia dovrebbe avere dimensioni pari al 5÷10% del valore calcolato per D^* .

Figura 95: Equazione per analisi di sensibilità della mesh (Fonte: Slides del corso di Fire Safety Engineering: modellazione dell'incendi, del Prof. Vancetti)

RHRmax	D	10%D	5%D
[kW]	[m]	[m]	[m]
24000	3,43	0,34	0,17

Tabella 19: Analisi di sensibilità del dominio di calcolo

Nelle simulazioni, il dominio computazionale (mesh) è stato esteso al di fuori del compartimento affinché si potesse osservare negli output se il fumo invadesse le vie di esodo esterne.

Una potente caratteristica di PyroSim è il supporto integrato per l'elaborazione parallela della soluzione del Fire Dynamics Simulator (FDS). Ciò riduce significativamente il tempo necessario per completare una simulazione. Tuttavia, per utilizzare l'elaborazione parallela è necessario suddividere il dominio in più mesh, che vengono quindi risolte in parallelo. FDS utilizza MPI (Message-Passing Interface) per consentire a più core su una singola CPU²⁸ (processore) di eseguire un singolo lavoro FDS multi-mesh. L'idea principale è che è necessario suddividere il dominio in più mesh e quindi calcolare il

²⁸ Si utilizza il termine CPU, poiché nel caso studio la simulazione è stata eseguita su una work station, computer fisico e non in cloud, dove viene utilizzato il termine vCPU che non corrisponde alla CPU fisica. Ogni CPU ha in genere più core e ogni core è essenzialmente un'unità di elaborazione indipendente che condivide l'accesso all'alimentazione e alla memoria. I processori prodotti da Intel supportano una tecnologia denominata Hyper Threading che raddoppia il numero di processori apparenti. Questi processori sono chiamati processori logici per distinguerli dai core fisici.

campo di flusso in ciascuna mesh come un processo diverso. Nota la sottile differenza tra questi termini: un processo (entità eseguita dal core, un core esegue un processo alla volta) non ha lo stesso significato di un processore (CPU costituito da più core). Il processo può essere pensato come un "task". Il processore si riferisce all'hardware del computer, un singolo processore può eseguire più processi.

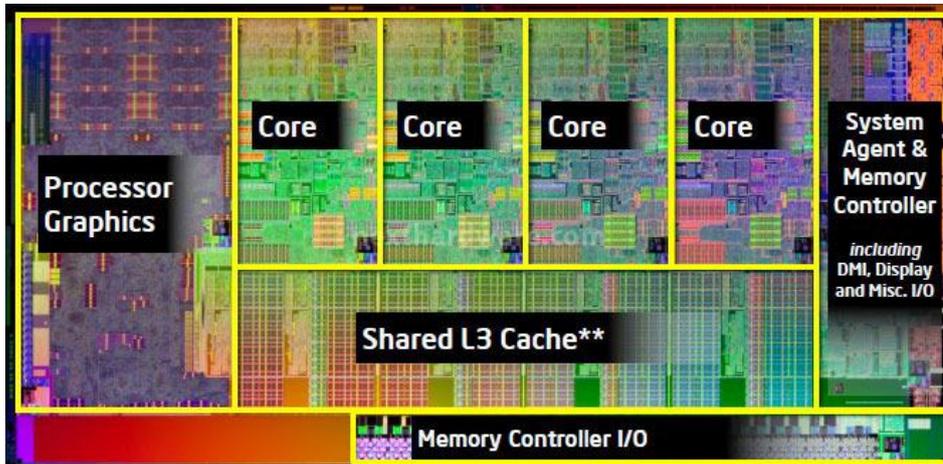


Figura 96: Come è fatta una CPU, nell'immagine è riportata una CPU da 4 core (Fonte: <https://www.nexthardware.com/focus/intel-sandy-bridge-architettura-152/3/>)

Il calcolo su una determinata mesh viene considerato come un singolo processo, e MPI gestisce il trasferimento di informazioni tra questi processi. Di solito, ogni mesh viene assegnata al proprio processo in un calcolo MPI, anche se è anche possibile assegnare più mesh a un singolo processo. In questo modo, le mesh più grandi possono essere calcolate su processori dedicati, mentre le mesh più piccole possono essere raggruppate insieme in un singolo processo in esecuzione su un singolo processore, senza la necessità di scambi di messaggi MPI tra loro.

Inoltre, FDS fa riferimento alle sue mesh con i numeri 1, 2, 3, e così via, mentre MPI fa riferimento ai suoi processi con i numeri 0, 1, 2, e così via.

L'opzione "run FDS Parallel" in PyroSim imposta automaticamente il numero di processi MPI uguale al numero di mesh nel modello, ogni processo sarà assegnato ad un core.

“Ogni core completerà la sua simulazione, otterrà i risultati e li combinerà in una soluzione unica mediante l'uso della libreria di comunicazione Message Passing Interface (MPI).”²⁹

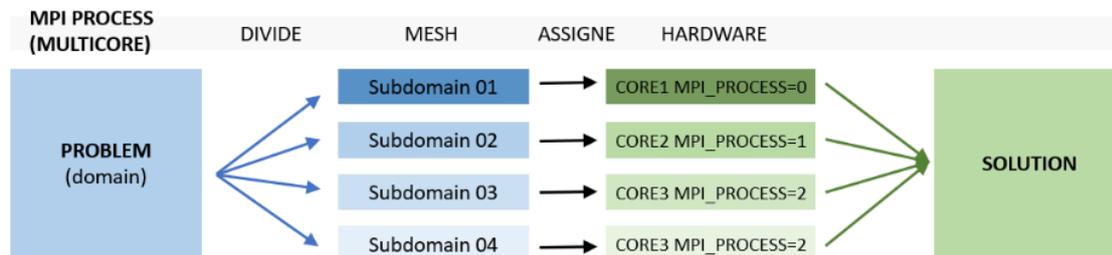


Figura 97: MPI Process (Fonte: <https://cloudhpc.cloud/2022/01/28/fds-scalability/>)

In conclusione, la soluzione più semplice per l'utilizzo del processo MPI è assegnare una mesh a ciascun core fisico disponibile per eseguire il calcolo in parallelo. Quindi, il numero di core fisici determina quanti processi o mesh indipendenti si possono gestire simultaneamente. Tuttavia, nel caso in esame poiché si doveva utilizzare la work station (computer) anche per le simulazioni di esodo, si sono ridotte il numero di mesh rispetto quelle che si sarebbero potute utilizzare per non monopolizzare l'intero computer durante l'esecuzione di una simulazione in Pyrosim.

Considerando che la work station ha una CPU Intel Xeon® E5-2650, costituito da 12 cores fisici e 24 processori logici, si sarebbe potuto dividere il dominio computazionale in 12 mesh.

²⁹ Dr. Susanne Kilian, “Numerical Insights Into the Solution of the FDS Pressure Equation: Scalability and Accuracy”, 2014

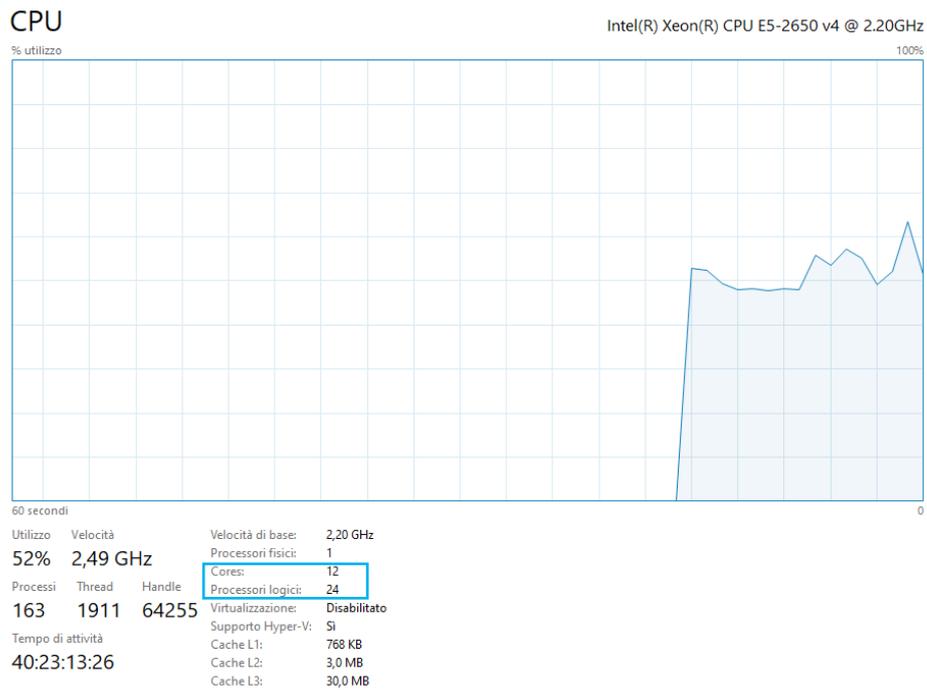


Figura 98: CPU della work station utilizzata

Tuttavia, si è diviso il dominio in 10 mesh. È stata utilizzata una mesh con dimensione delle celle di 20 cm per discretizzare il focolare e il volume attorno ad esso. Mentre, il dominio esterno è stato caratterizzato da mesh con dimensioni delle celle di 40 cm.

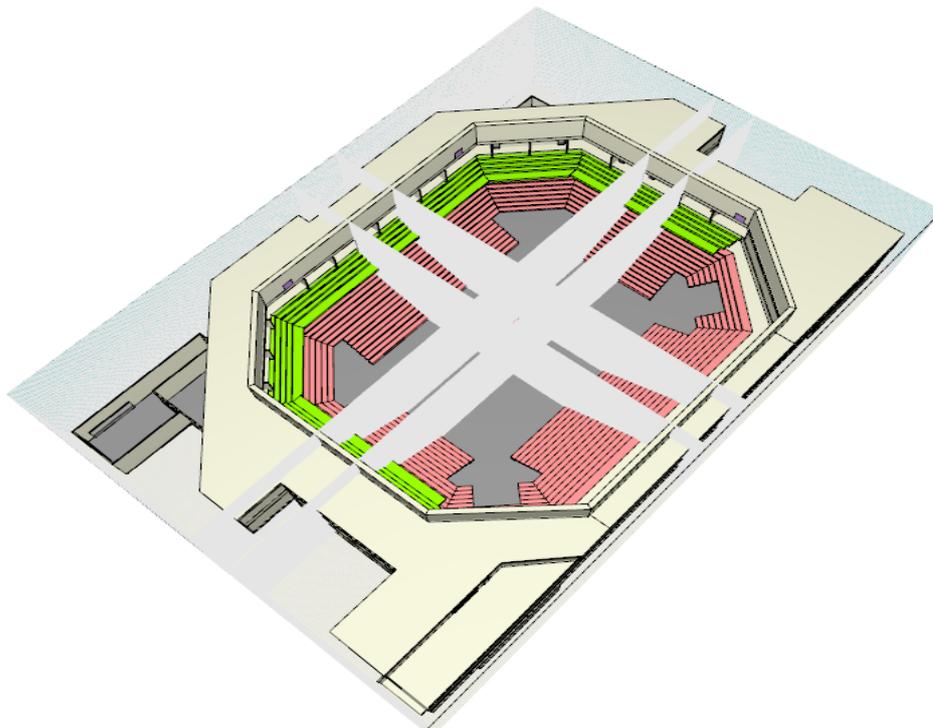


Figura 99: Divisione del dominio in 10 mesh

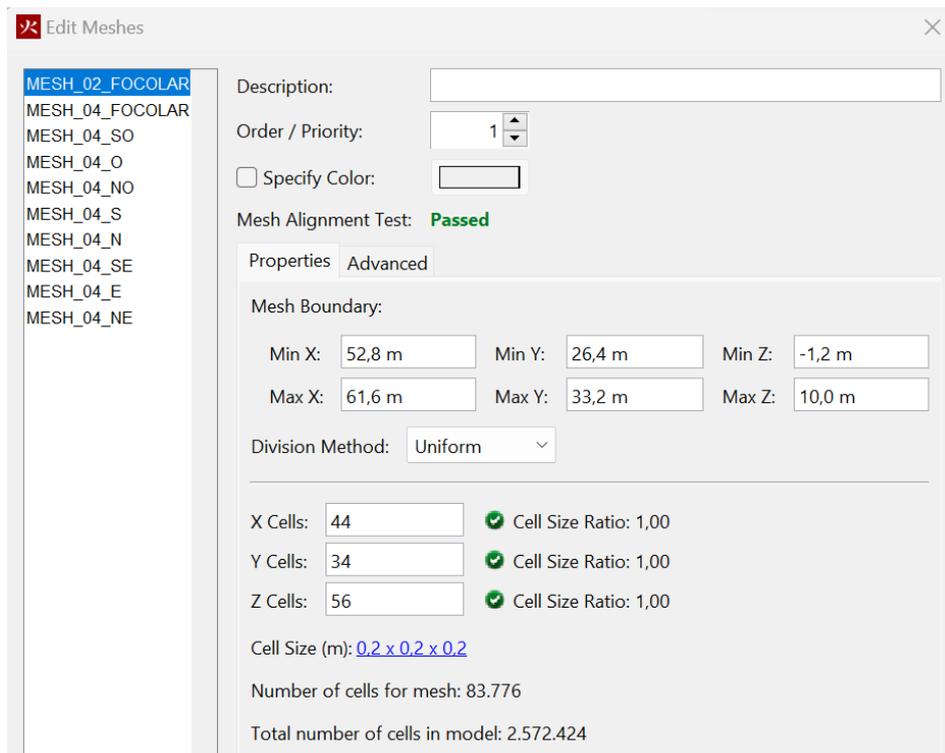


Figura 100: Mesh di divisione del dominio. Ogni mesh è codificata in funzione della dimensione delle celle, 02 se sono da 20 cm o con 04 se sono di 40 cm, questo numero è seguito dalla posizione rispetto l'ambiente di lavoro

8.4.2 GENERAZIONE DEGLI OUTPUT MEDIANTE L'UTILIZZO DI UN PROGRAMMA IN PYTHON

Per la generazione degli output di Pyrosim e dei controlli che si devono effettuare per la verifica delle ipotesi qualitative della modellazione che si è effettuata, si è ricorso ad un programma in Python. Infatti, uno degli obiettivi dei professionisti è ottimizzare i tempi per arrivare nel più breve tempo possibile ai risultati. Da un anno a questa parte avendo studiato le modalità con cui vengono forniti gli output da Pyrosim su file csv si è scritto questo programma che di seguito viene definito e commentato. Si è quindi utilizzato del tempo per la scrittura di questo script, utile per la generazione di output non solo in questo contesto ma anche in futuro; pertanto, si risparmierà del tempo per la generazione dei risultati finali con “Excel” che non sono per nulla immediati.

Nello script si deve modificare il nome del file csv che viene preso per analizzare ed elaborare gli output in modo automatico. Tuttavia, si devono rispettare alcune

nomenclature nella modellazione iniziale di Pyrosim. Infatti, si è utilizzato il metodo `filter()` con l'argomento `regex`, che ha la finalità di selezionare le colonne di un dataframe che corrispondono a un determinato pattern di espressione regolare. Nel caso in esame i nomi delle sonde da cui si ricavano i differenti modelli richiamati nella Tabella M.3-2 del Codice di Prevenzione Incendi sono riportati nella Tabella 20. Dunque, per facilitarne un futuro utilizzo si dovrebbero seguire alcune linee guida, tuttavia, nulla vieta di modificare il pattern da inserire nel metodo `filter` con il nome che si è dato ai sensori.

Modello	Nome sonda
Oscuramento della visibilità da fumo	V
Gas tossici	F
Calore: temperatura massima di esposizione	T
Calore: irraggiamento termico di esposizione	I

Tabella 20: Come nominare i sensori per la visualizzazione dei modelli per calcolo ASET

Il file `.csv` viene aperto come un dataframe nominato nel programma “`df`”.

Tramite la funzione sopra indicata, si crea una lista “`sensori`” contenente i nomi delle colonne del dataframe che corrispondono al pattern `regex` specificato.

Il passo successivo è la creazione di un nuovo dataframe (“`df_2`”) in cui sono presenti solo le colonne che sono presenti nella lista “`sensori`”.

Per verificare che i valori del `df_2` sono maggiori della soglia, differente a seconda del modello che si analizza, si crea un terzo dataframe perché la funzione di condizione (`>` della soglia in tutti i modelli ad eccezione di quello di visibilità in cui la condizione è `<`) che si adopera allo scopo, modifica le celle di valori booleani³⁰. Nel nuovo `df_3`, gli elementi che sono superiori alla soglia vengono mantenuti, mentre quelli inferiori o uguali vengono impostati come `NaN`. Quindi, l'operazione restituisce un `df_3` con la stessa struttura di `df_2`, ma con i valori filtrati secondo la condizione specificata. Si concatena a questa funzione condizionale, una seconda funzione che conta i valori non nulli. Questo passaggio è fondamentale perché, se il conteggio è 0 vuol dire che i valori risultanti dall'analisi del modello analizzato sono influenti. Al contrario se il conteggio è maggiore di 0 allora si deve ricercare il valore minore tra quelli che superano il valore di

³⁰ I valori booleani sono un tipo di dato che può assumere solo due valori: vero (`True`) o falso (`False`). Sono chiamati così in onore del matematico britannico George Boole, che ha sviluppato l'algebra booleana, un sistema di logica formale basato su questi due valori.

soglia e prendere il corrispondente istante di tempo dal dataframe iniziale df. Tale tempo sarà l'ASET per il modello analizzato.

```

20
21 # ASET temperatura piano secondo
22 soglia = 60
23 # Creazione di una lista dei sensori di temperatura, in cui "^" serve per indicare
    alla
24 # regex che deve selezionare tutto quello che inizia con l'argomento specificato
25 sensori = df.filter(regex='^T_P2').columns.tolist()
26 # Selezione dei valori corrispondenti alle colonne desiderate
27 df_2 = df.loc[:, sensori]
28 # Creazione di un terzo DataFrame in cui fare la ricerca dei valori maggiori della
    soglia
29 # In df_3 è presente il valore se è superiore alla soglia oppure NaN
30 df_3 = df_2[df_2 >= soglia]
31 # Conteggio dei valori superiori alla soglia
32 conteggio = df_3.count().sum()
33 if conteggio > 0:
34     # Per cercare l'indice minimo si setta al massimo intero rappresentabile una
        variabile index_min
35     index_min = sys.maxsize
36     for colonna in df_3.columns:
37         index = df_3[colonna].first_valid_index()
38         if index != None:
39             if index < index_min:
40                 index_min = index
41     print("L'ASET risultato dall'analisi del modello del calore, analizzando gli
        output della temperatura massima di esposizione al piano secondo, è:{:.2f}".format
            (df['Time'][index_min] )+ "secondi")
42 # Se conteggio è zero allora vuol dire che non c'è nessun valore che ha superato la
    soglia
43 # Pertanto, nel tempo di simulazione non si sono verificate condizioni incapacitanti
44 else:
45     print("I valori risultanti dall'analisi del modello del calore, che analizza le
        temperatura massima di esposizione al piano secondo, sono ininfluenti")
46

```

Vista l'oscillazione dei valori, si calcola la media di questi ultimi in un intervallo che si è considerato pari a 10 s, e si fa la media dei valori ogni 10 s, assegnando tale valore al valore superiore dell'intervallo.

```

164
165 # Creazione di un DataFrame vuoto per le medie di tutti gli intervalli poiché
    potrebbe esserci la necessità
166 # di calcolare la media negli intervalli
167 df_medie = pd.DataFrame(columns=dict(zip(df.columns, col_names)))
168 df_medie.rename(columns={'Time': 'Interval'}, inplace=True)
169 # Interpolazione dei risultati con un range di 10, data l'oscillazione dei valori,
    for i in range(0,x,y),
170 # x è la durata della simulazione, in y deve essere sostituito l'intervallo di tempo
    su cui fare la media
171 for i in range(0, 1200, 10):
172     df_intervallo = df[(df['Time'] > i) & (df['Time'] < i + 10)]
173     df_media = df_intervallo.mean()
174     interval = str(i)
175     df_temp = pd.concat([pd.DataFrame([interval]), df_media.to_frame().T], axis=1)
176     df_temp.columns = ['Interval'] + df_media.index.tolist()
177     df_medie = pd.concat([df_medie, df_temp])
178 df_medie = df_medie.drop('Time', axis=1)
179 df_medie = df_medie.reset_index(drop=True)
180 df_medie
181

```

Infine, si stampano i risultati.

```
184 # Stampa sensori di temperatura
185 y_plot = df_medie.filter(regex='^T').columns.tolist()
186 ax = df_medie.plot(x='Interval', y=y_plot, kind='line', grid=True, figsize=(10,10))
187 # Set origine
188 ax.set_xlim(left=0)
189 ax.set_ylim(bottom=19.9)
190 # Set caratteristiche e posizione legenda
191 legend = ax.legend(loc='upper right', bbox_to_anchor=(1.2, 1))
192 # Titoli
193 legend.set_title('Legenda sensori\n di temperatura')
194 ax.set_xlabel('Tempo [s]')
195 ax.set_ylabel('Temperatura [°C]')
196 plt.show()
197
```

L'utilizzo del programma online è possibile mediante l'ausilio di Jupyter Lite, che è un'applicazione web open-source che consente di creare e condividere documenti interattivi contenenti codice, testo descrittivo, immagini e risultati. È un ambiente di programmazione che supporta diversi linguaggi di programmazione, tra cui Python.

Una delle caratteristiche distintive di Jupyter Lite è la possibilità di eseguire e modificare il codice in modo incrementale. Ogni cella può essere eseguita indipendentemente, consentendo di sperimentare e iterare rapidamente il codice. Inoltre, Jupyter Lite supporta la visualizzazione dei risultati in linea, come tabelle, grafici e visualizzazioni interattive.

8.4.3 RISULTATI

- 2 L'ASET risultato dall'analisi del modello del calore , analizzando gli output della temperatura massima di esposizione al piano secondo, è:859.01secondi
- 3 I valori risultanti dall'analisi del modello del calore, che analizza le temperatura massima di esposizione al piano parterre e primo, sono ininfluenti
- 4 I valori risultanti dall'analisi del modello del calore, che analizza il massimo irraggiamento termico di esposizione degli occupanti, sono ininfluenti
- 5 L'ASET risultato dall'analisi del modello dello oscuramento della visibilità da fumo, analizzando gli output al piano secondo, è: 440.01 secondi
- 6 I valori risultanti dall'analisi del modello dell' oscuramento della visibilità da fumo, che analizza la minima visibilità al piano parterre e piano primo, sono ininfluenti
- 7 L'ASET risultato dall'analisi del modello dei gas tossici, analizzando gli output della FED al piano secondo (fractional effective dose), è:972.01secondi
- 8 I valori risultanti dall'analisi del modello dei gas tossici, analizzando gli output della FED al piano parterre e primo (fractional effective dose), sono ininfluenti

Figura 101: Output del programma in Python che restituisce in automatico il valore di ASET

Come si può notare dai risultati ottenuti, i valori risultanti dall'analisi sono ininfluenti ad eccezione per il piano secondo dove a causa del plume di fumo che cresce e quindi si abbassa, l'area viene invasa dai fumi. Pertanto, ad un tempo pari a 440 s si raggiungono condizioni incapacitanti per gli spettatori del piano secondo ma non nei restanti piani. Inoltre, considerando che le squadre di emergenza interna possono agire nei 5 minuti successivi all'allarme IRAI, anche la salvaguardia della vita dei soccorritori è perseguita.

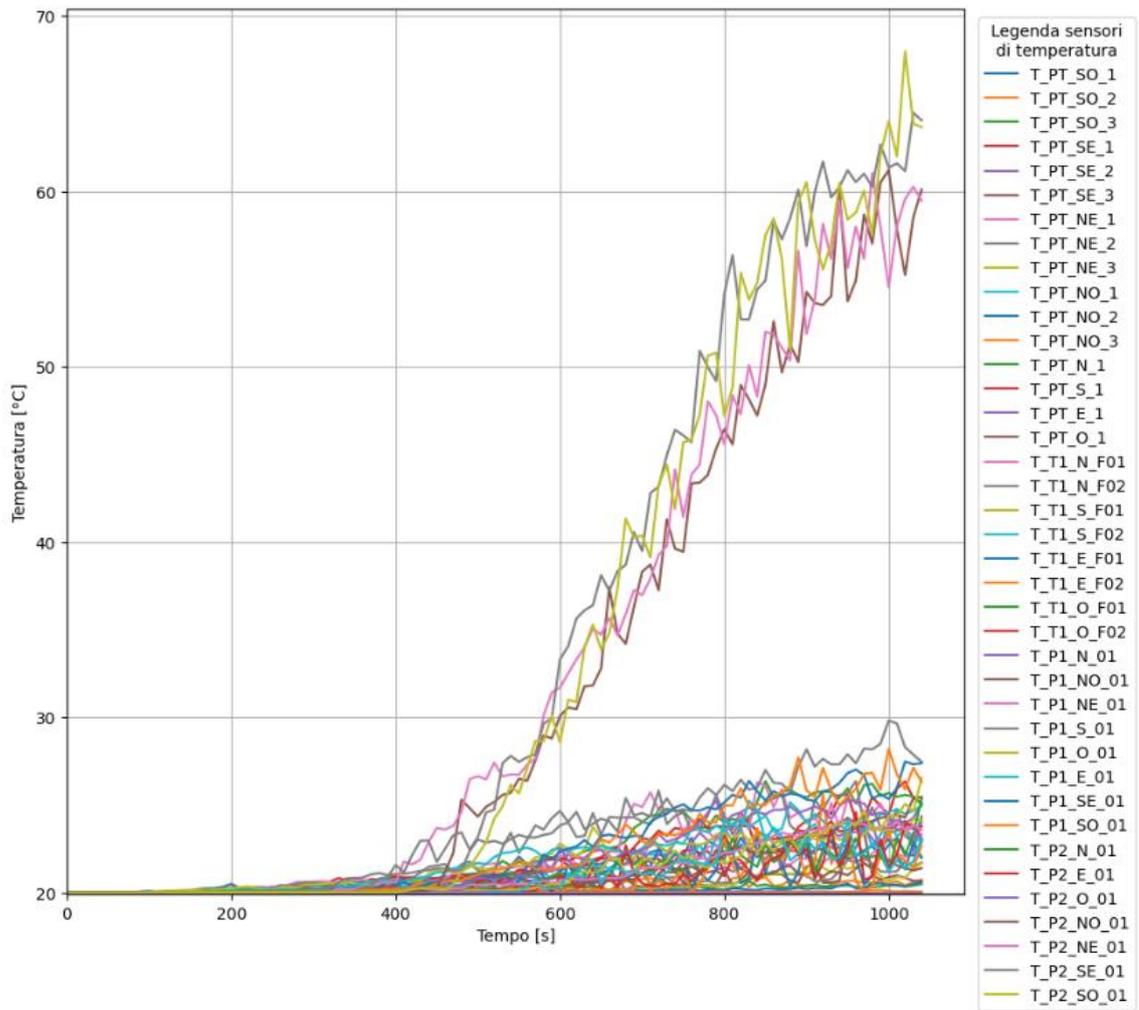


Figura 102: Grafico sensori di temperatura, output grafico da JupyterLite

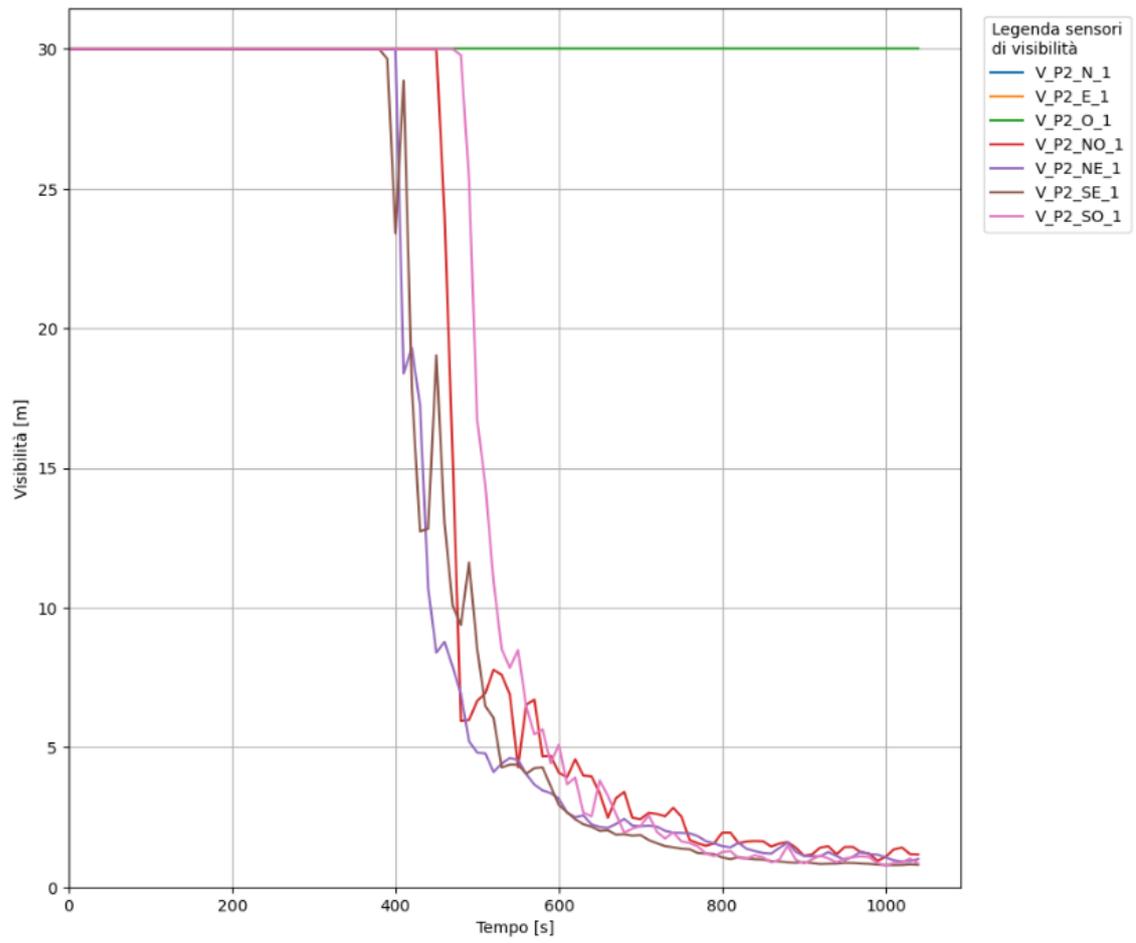


Figura 104: Grafico sensori di visibilità al piano secondo, output grafico da JupyterLite

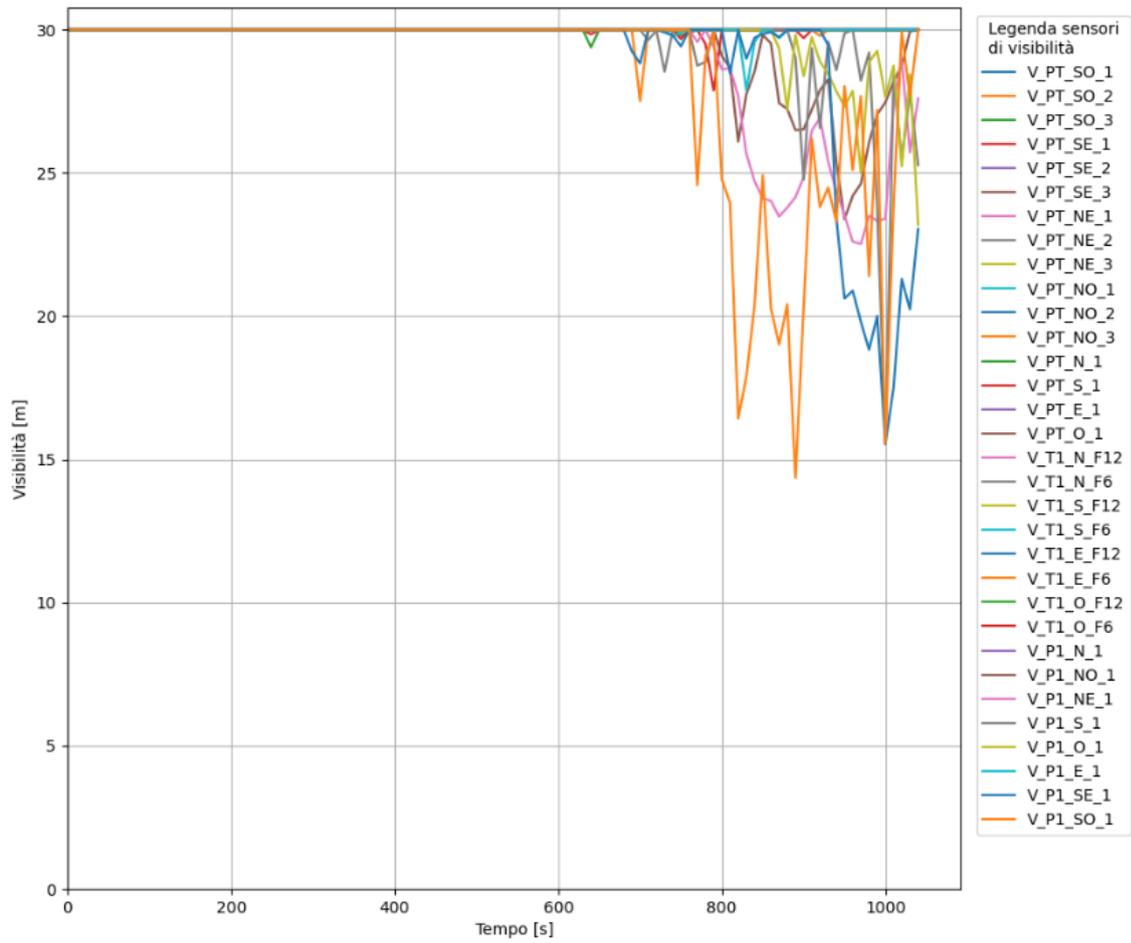


Figura 105: Grafico sensori di visibilità piano parterre e primo, output grafico da JupyterLite

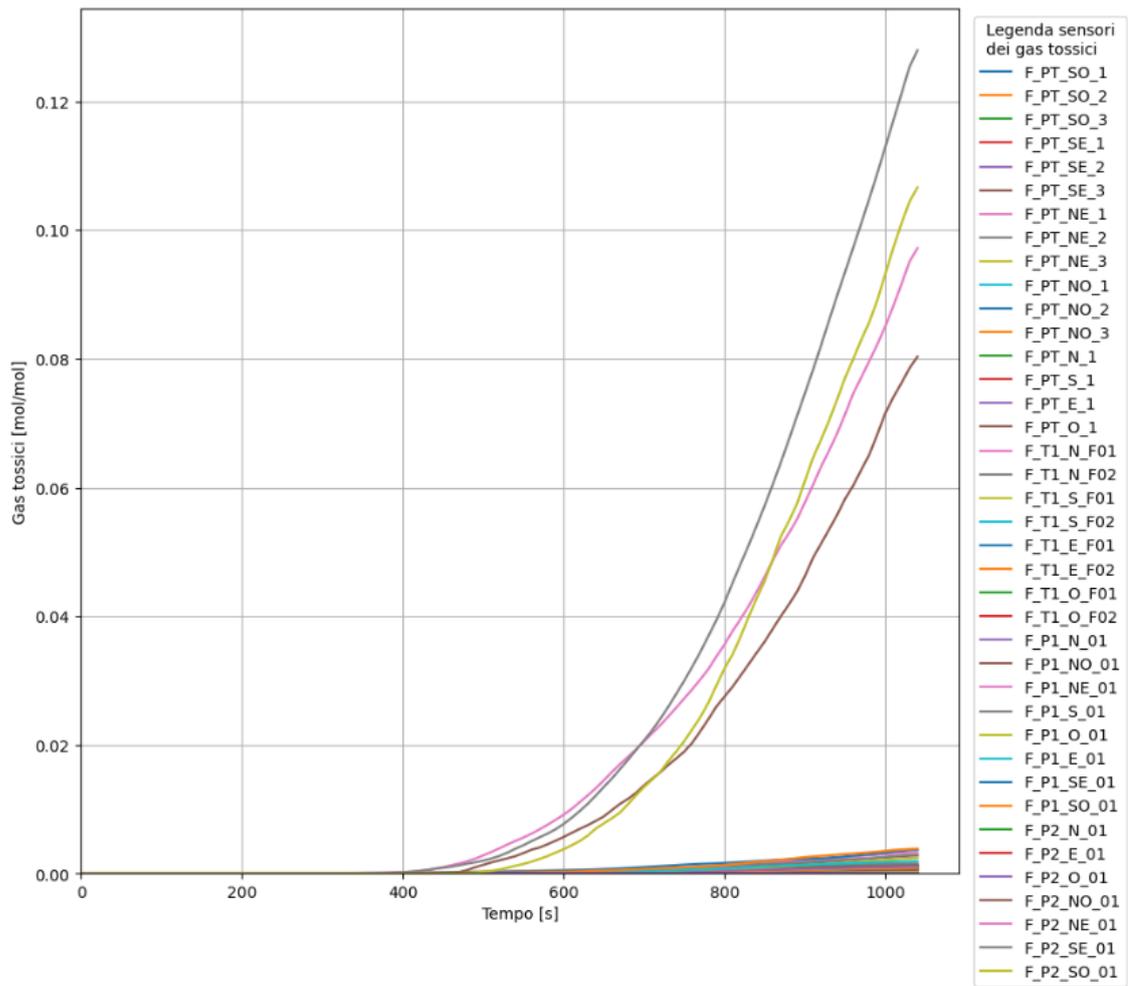


Figura 106: Grafico sensori FED, output grafico da JupyterLite

8.5 CALCOLO DI RSET

8.5.1 CARATTERIZZAZIONE DEL MODELLO DI ESODO

Nel caso studio si ha un layout ben definito, si sono resi indisponibili le aree del palco con un franco di 1,2 m su ogni lato.

Gli occupanti sono stati posizionati in modo coerente con i posti a sedere nelle tribune, mentre nel parterre si è ipotizzato che le persone più vicine al palco fossero disposte con una densità di $3,8^{31}$ p/m² poiché questa è la condizione più simile alla realtà per poi diminuire, rispettando comunque l'affollamento calcolato prevedendo che l'area del parterre avesse una densità di affollamento di $2p/m^2$.

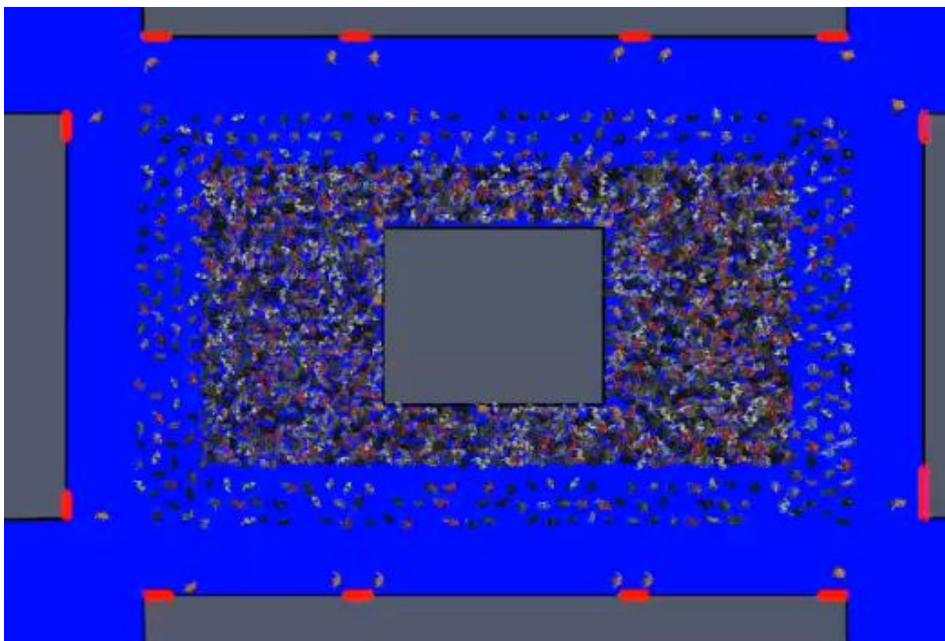


Figura 107: Posizionamento delle persone intorno al palco, in arancione sono stati individuati gli steward che gestiscono il parterre e le tribune

Inoltre, si sono individuati degli appositi spazi per persone con sedia a rotelle al piano primo (nella Figura 108 i soggetti suddetti sono colorati in celeste e hanno forma rettangolare), tali postazioni sono direttamente collegate mediante un percorso continuo in piano alle uscite di emergenza, come raccomandato dal DM 236.

³¹ Condizione più cautelativa sviluppata, poiché la condizione di $2p/m^2$ non viene rispettata e si è simulata questa condizione che rispecchia maggiormente la realtà.

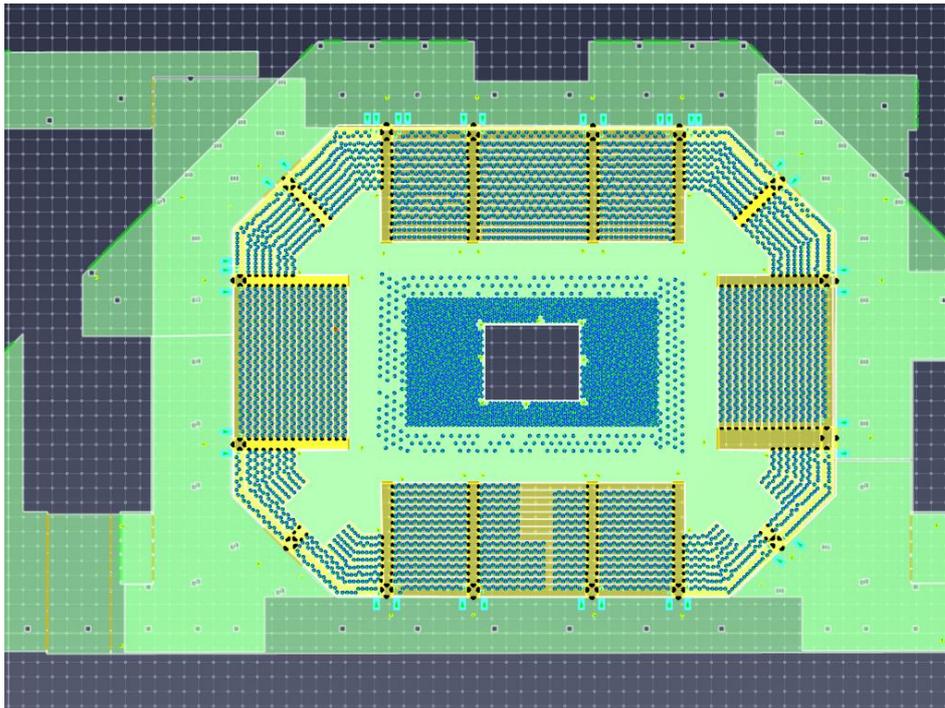


Figura 108: Posizionamento degli occupanti

Per quanto riguarda le dimensioni e gli ingombri degli occupanti, sono stati mantenuti i valori predefiniti dal sistema, che corrispondono a un diametro di 45,58 cm per l'occupante standard e un ingombro di 1,32 per 0,76 cm per una persona disabile in sedia a rotelle.

In funzione della disabilità si hanno velocità differenti (nel caso studio si sono considerati i valori medi). In qualche modo se si assiste il disabile il rapporto tecnico 16738 fornisce un valore di velocità più alto rispetto la media della velocità di un occupante standard che è in normali condizioni e si muove verso l'uscita più vicina. A favore di sicurezza si è ipotizzato che una persona assistita si muova come un utente standard e non con una velocità maggiore.

Per una persona standard il TR fornisce il valore medio di 1,19 m/s.

Type of situation		Measured travel speeds m/s (ft/min)				
Transport terminals ^[51]		1,35 (265) on walkways				
Average under "normal conditions" ^[55]		1,0				
Experiment with disabled subjects ^[13]		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 109: Velocità nella letteratura scientifica (Fonte: Technical Report 16738)

Exit route element		k^a	Travel speed m/s	Maximum specific flow F_{Smax} persons/m/s of effective width
Corridor, aisle, ramp, doorway		1,40	1,19	1,19
Stair riser mm	Stair tread mm	—	—	—
191	254	1,00	0,85	0,94
178	279	1,08	0,95	1,01
165	305	1,16	1,00	1,09
165	330	1,23	1,05	1,16

^a Constants for Equation (G.1), effects of density on travel speed.

Figura 110: Velocità nella letteratura scientifica (Fonte: Technical Report 16738)

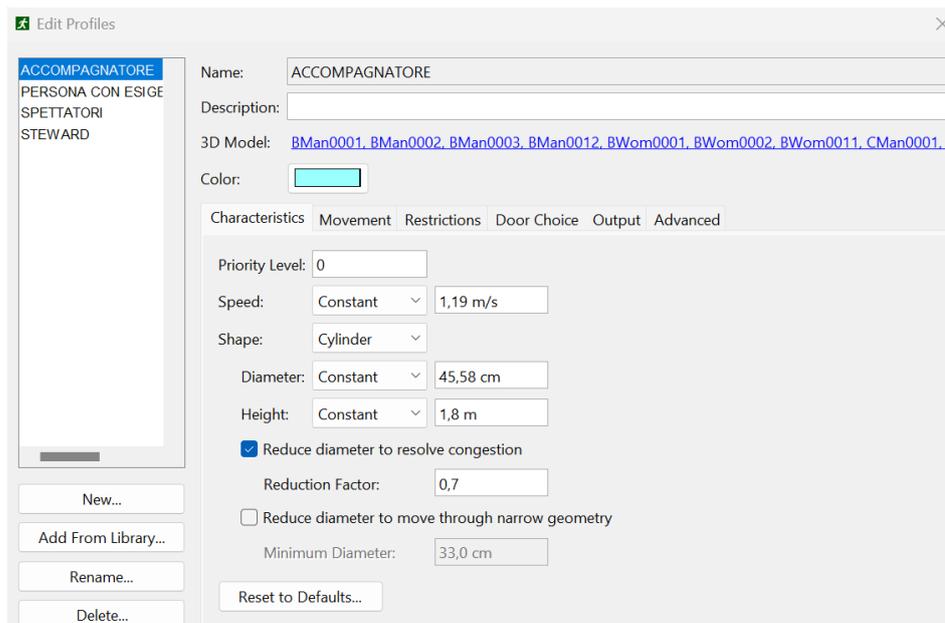


Figura 111: Profili degli accompagnatori che è uguale in tutti gli altri casi ad eccezione della persona su sedia a rotelle

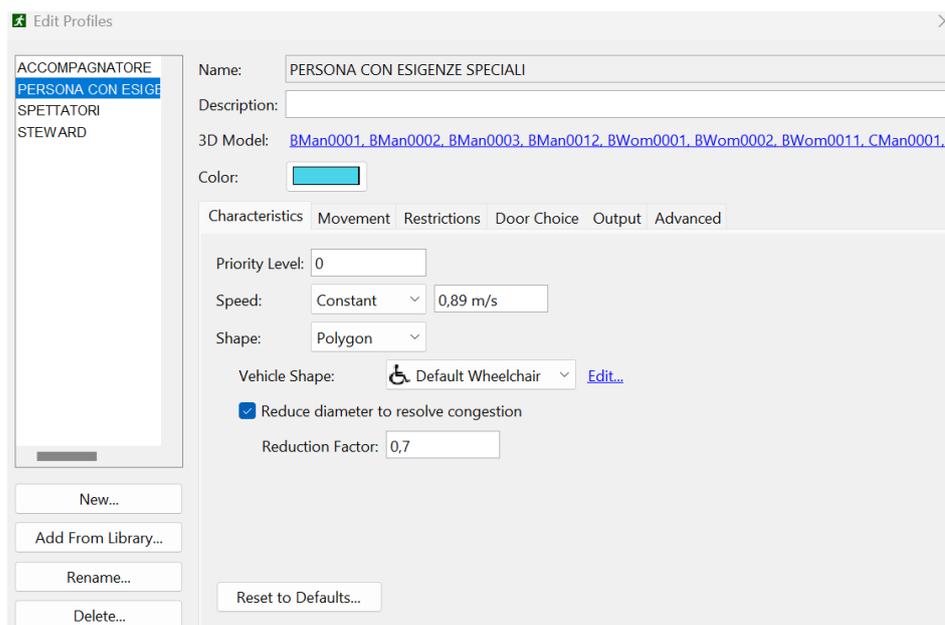


Figura 112: Profilo persona disabile su sedia a rotelle

Gli occupanti sono stati suddivisi in utenti standard, utenti con disabilità motoria che richiedevano l'assistenza, gli assistenti ed infine gli steward che secondo la GSA devono essere gli ultimi ad uscire in caso di emergenza per verificare che gli spettatori siano usciti e si convogliano ai punti di raccolta presenti al di fuori dell'arena. Ciò presuppone che il personale sia perfettamente formato sulle misure di sicurezza presenti nell'edificio. Per

tale ragione, è stata affinata affinché gli ultimi occupanti ad abbandonare l'arena fossero gli steward. Infatti, come si può notare si sono esaminati differenti behaviors a seconda della loro posizione all'interno dell'arena, visualizzando lo scenario di "bozza", si è segnato il tempo in cui tutti gli spettatori hanno concluso l'esodo e si è riportato tale valore come inizio dell'esodo per i diversi steward. Inoltre, un'altra modifica che si è resa necessaria nel iter delle simulazioni, affinché ci fosse convergenza con un possibile scenario reale, è l'impostazione dell'esodo verticale delle tribune. Si è impostato che avvenga in salita, attraverso la chiusura delle "doors" di collegamento che ci sono tra i due ambienti (come è possibile visualizzare dalle linee rosse presenti nella Figura 107). Tuttavia, le tribune come viene specificato nella Green Guide devono essere direttamente collegate con il parterre e ciò implica un RSET minore. Contrariamente, lo scenario analizzato rappresenta un'ipotesi conservativa, dove il valore del tempo richiesto per l'esodo è superiore.

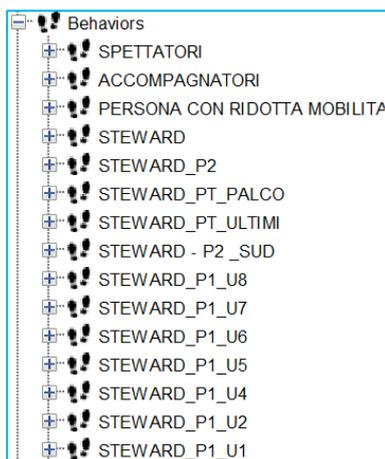


Figura 113: Behaviors impostati

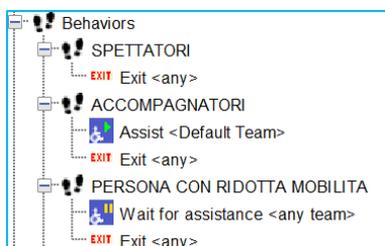


Figura 114: Behaviors impostati

8.5.2 STIMA DEL TEMPO DI RIVELAZIONE, ALLARME E PRE-MOVIMENTO

$$RSET = t_{det} + t_a + t_{pre} + t_{tra}$$

Per la definizione dei behaviors è stato necessario un delay ovvero un ritardo nel tempo di movimento che sta a identificare tre differenti tempi: il tempo di rivelazione dell'incendio, tempo di allarme, tempo di pre-travel-activity. Di seguito si effettua una disamina sul significato e sul valore assegnato ad ogni tempo.

tdet = tempo di rivelazione ovvero in quanto tempo viene segnalata la presenza del focolare.

Nel caso studio, il tempo di rivelazione può essere rimandato ad un impianto oppure alla segnalazione manuale.

Il primo modo si è simulato collocando una sonda di controllo sopra al focolare, alla quota dell'imposta della copertura. Si specifica che nell'arena sono stati collocati più punti di rivelazione automatica dell'incendio, la prima sonda che è passata dallo stato di disattiva in attiva ha determinato il valore di tdet. Inoltre, all'attivazione di una delle sonde e quindi in uno scenario reale dell'impianto IRAI, questo comanda la chiusura automatica di alcune porte come quelle dello skybox.

Un'altra strada perseguibile nel caso studio è la rivelazione manuale ovvero una persona accorgendosi dell'incendio lo segnala.

Nel caso in esame per la rivelazione si ha un livello di prestazione 3 dato dai criteri di attribuzione secondo quanto progettato seguendo il codice e la RTV.15, c'è rivelazione

automatica e quindi si è preso come riferimento l'output delle sonde modellate nello scenario d'incendio su Pyrosim.

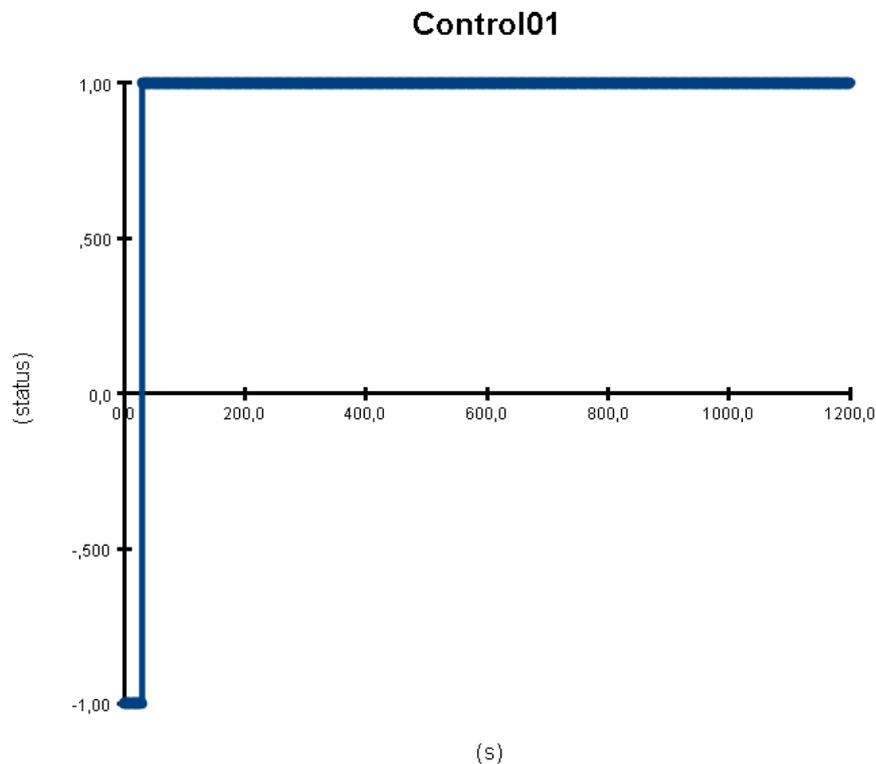


Figura 115: Controllo, attivazione sistema evacuazione calore quando uno degli smoke detector si attiva

In conclusione, il valore di t_{det} è di **29,76s** dato dalla attivazione dello smoke detector di tipo fotoelettrico.

t_a = tempo di allarme, pari a **0s** quando la rivelazione attiva direttamente l'allarme antincendio.

t_{pre} =tempo di premovimento detto anche pre-travel activity time è composto da due componenti, il tempo di riconoscimento e il tempo di risposta.

Per approcciarsi in modo statistico si è considerata come fonte per valutarli il Technical Report ISO_TR_16738 che in funzione delle caratteristiche degli occupanti, del livello di gestione che definisce dei tempi più o meno dilazionati del movimento degli occupanti, della geometria dell'edificio e complessità e del tipo di allarme definisce questo valore temporale.

Scenario category and modifier levels ^a	First occupants <i>t</i> _{pre} (1st percentile)	Occupant distribution <i>t</i> _{pre} (99th percentile)
A: Awake and familiar		
M1 B1 – B2 A1 – A2 ^a	0,5	1,5
M2 B1 – B2 A1 – A2	1	3
M3 B1 – B2 A1 – A3	> 15 ^b	> 30 ^b
For B3, add 0,5 for way-finding.	—	—
M1 normally requires a voice alarm/PA if unfamiliar visitors likely to be present.	—	—
B: Awake and unfamiliar		
M1 B1 A1 – A2	0,5	2,5
M2 B1 A1 – A2	1,0	4,0
M3 B1 A1 – A3	> 15 ^b	> 30 ^b
For B2, add 0,5 for way-finding.	—	—
For B3, add 1,0 for way-finding.	—	—
M1 normally requires a voice alarm/PA.	—	—

Figura 116: Tempo suggerito di pre-travel activity times *M* indica il livello di gestione della sicurezza antincendio; *B* indica il livello di complessità dell'edificio; *A* indica il livello del sistema di allarme (Fonte: pag.42 TR 16738)

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 (<i>t</i> _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; <i>t</i> _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; <i>t</i> _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 wayfinding 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 117: Distinzione e definizione dei parametri *A*, *B* ed *M* (Fonte: Inail, Progettazione della misura esodo)

Nel caso in esame:

- **B = tipologia di occupante** essendo il numero più elevato quello degli spettatori, dei “visitatori” dell’arena che non hanno conoscenza dei luoghi ma sono svegli;
- **A = 1** poiché si ha un impianto di segnalazione e allarme automatico, in grado di attivare l’allarme generale in tutto l’edificio;
- **M = 1** il livello di gestione è molto elevato ed inoltre è presente l’impianto EVAC, condizione necessaria affinché l’arena venga classificata in questa categoria in modo cogente alla definizione del TR. Gli occupanti sono svegli, non

hanno familiarità con l'ambiente ma in compenso c'è un ottimo rapporto tra personale addestrato e spettatori (1:100);

- **B = 2** poiché l'edificio anche se ha una pianta semplice, si sviluppa su più piani.

In conclusione, per tale tipologia di classificazione si ricavano i seguenti tempi di pre-evacuazione:

$$t_{pre(1^\circ percentile)} = 60s$$

$$t_{pre(99^\circ percentile)} = 180s$$

8.5.3 STIMA DEL TEMPO DI MOVIMENTO CON L'AUSILIO DELLA MODELLAZIONE AVANZATA

$$RSET = t_{det} + t_a + t_{pre} + t_{tra}$$

Per il calcolo del tempo di movimento si è ricorso all'ausilio del software di simulazione dell'esodo Pathfinder. Pathfinder è un software validato NIST prodotto da Thunderhead Engineering Consultants, che viene utilizzato per modellare il movimento degli occupanti durante situazioni di emergenza.

Si sono settate nelle impostazioni le ipotesi precedentemente elencate come i profili e i comportamenti degli occupanti. Il passaggio precedente a questo è stato quello di esportare le rooms dal modello di Pyrosim precedentemente modellato e invece modellare le porte e le scale disponibili per l'esodo, con le dimensioni reali e senza nessuna semplificazione.

Si sono ottenuti alla conclusione della simulazione base i seguenti valori di tempi di movimento per gli ultimi occupanti di ogni piano.

Piano	t_{travel} [s]
P2	175,00
P1	303,28
PT	70,00

Tabella 21: Tempo di movimento e valori dei tempi di coda all'uscita finale per gli ultimi occupanti

Una delle verifiche cogenti alle richieste per conformità alla progettazione secondo Green Guide è che il tempo di uscita di emergenza sia inferiore ai 6 minuti (360s).

Di seguito viene riportata la verifica di conformità a tale prescrizione. In conclusione, si può affermare che le ipotesi progettuali qualitative hanno avuto un riscontro positivo a livello quantitativo e la progettazione conforme alla Green Guide risulta validata.

	t_{emergenza} [s]	Verifica del tempo se conforme a GREEN GUIDE
P2	175,00	VERO
P1	303,28	VERO
PT	70,00	VERO

Tabella 22: Verifica del tempo di uscita di emergenza Green Guide

8.5.4 STIMA DI RSET

I tempi precedentemente definiti sono stati inseriti nel software come un ritardo nell'attivazione al movimento.

Si è ottenuto un valore di RSET per lo scenario base di 492,8 s per il piano primo e 322 s per il piano secondo, unico piano dove si verificano condizioni incapacitanti nel tempo di simulazione.

Piano	RSET	N° persone	N° uscite indipendenti	Note
P2	322	1000	6	Tutte le uscite sono utilizzabili
PT	280	1958	4	Tutte le uscite sono utilizzabili
P1	492,8	4037	8	Tutte le uscite sono utilizzabili

Tabella 23: Valori di RSET per ogni piano

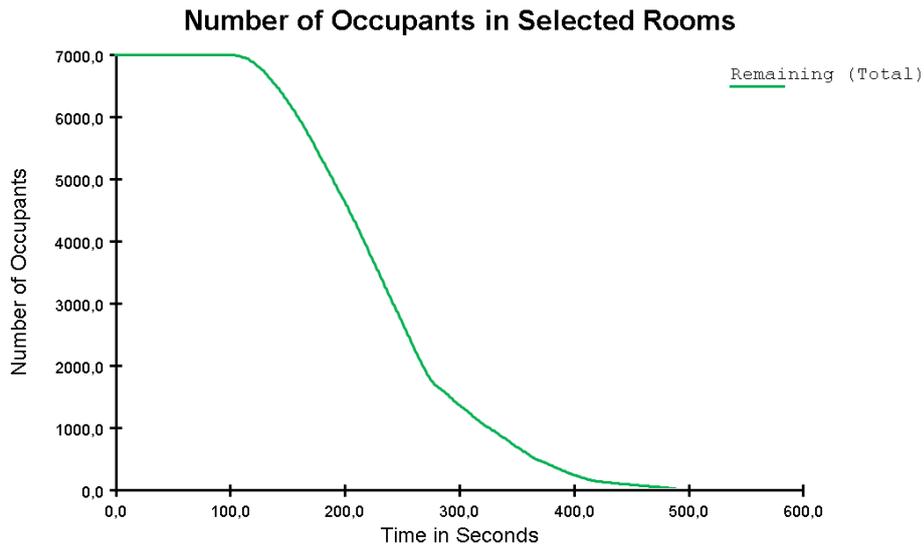


Figura 118: Numero di occupanti nell'arena in funzione del tempo - valutazione RSET

8.6 CRITERIO ASET > RSET

È stato possibile pertanto dimostrare che, nello scenario critico individuato, il tempo disponibile per l'esodo in caso d'incendio (ASET) risulta sempre maggiore del tempo che sarebbe necessario a qualsiasi spettatore dell'arena per raggiungere un luogo sicuro (RSET) in caso d'incendio, anche tenendo conto del margine di sicurezza del 10%, in alcuni casi esteso sino al 100%.

In conclusione, si è dimostrato che, nell'arena oggetto dello studio, lo sviluppo e la propagazione dei fumi e dei prodotti della combustione in genere in caso d'incendio non compromette l'esodo degli occupanti verso luogo sicuro né l'operatività delle squadre di soccorso interne, che agiscono entro cinque minuti dalla rivelazione.

Tuttavia, si sono dovuti definire i valori per il piano secondo e per i restanti. Poiché come viene mostrato nei risultati in Figura 101, si raggiungono condizioni incapacitanti solo al piano secondo, tale condizione si raggiunge dopo oltre il valore del tempo margine di RSET dell'ultimo occupante. Pertanto, si deve tenere in considerazione che le squadre di soccorso interne devono agire tempestivamente nei primi 5 minuti dopo la rivelazione dell'incendio e gli steward devono verificare prima di uscire dal piano secondo che tutti gli spettatori abbiano abbandonato il piano. Visti i risultati, sarà necessario schierare un

numero elevato di addetti antincendio e steward (*1:100 occupanti*³²) al piano secondo dove la stratificazione del fumo potrebbe essere rilevante dopo il tempo di esodo degli occupanti, dunque, si deve garantire che tutti gli occupanti escano nei tempi prescritti.

	RSET	ASET	t_{margin}	t_{margin} > 10% RSET
P2	322	440	118	VERO
P1	492,8	1200 (tempo di simulazione)	759,7	VERO
PT	280	1200 (tempo di simulazione)	980	VERO

Tabella 24: Verifica $ASET > RSET$

³² La Green Guide suggerisce di prevedere un rapporto di 1 steward ogni 250 occupanti, salvo casi in cui si riscontra un rischio maggiore.

9 CONDIZIONI DEGRADATE DELLE USCITE FINALI AI FINI DELLA CONTINUITÀ DI ESERCIZIO

9.1 INTRODUZIONE

Dal ritorno di esperienza del **Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Torino** si riscontra che l'aspetto delle “**condizioni degradate**” delle uscite finali ai fini della continuità di esercizio non viene preso in considerazione sebbene sia **uno degli scenari più comuni** che potrebbero presentarsi.

L'analisi storica incidentale, i ritorni di esperienze per gli eventi di pubblico spettacolo, l'esperienza del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Torino evidenziano rischi specifici aggiuntivi da valutare e mitigare per garantire la sicurezza delle manifestazioni. Tra questi si annoverano situazioni particolari, oltre ai pericoli standard, che richiedono un'attenta valutazione e mitigazione, come ad esempio le “condizioni degradate” delle uscite finali, in cui viene a modificarsi il sistema d'esodo.

Nel contesto dell'ingegneria della sicurezza, il termine gestione “degli stati degradati”³³ è generalmente utilizzato per la verifica dei sistemi ed impianti a disponibilità superiore. Al fine di mantenere il livello di sicurezza previsto per l'attività, quando si utilizzano sistemi o impianti a disponibilità superiore, si deve prevedere una gestione degli stati degradati o dello stato di indisponibilità del sistema. Quando un sistema o un impianto è classificato come "a disponibilità superiore", significa che è progettato per funzionare a un livello di affidabilità superiore rispetto ai requisiti minimi stabiliti dalle norme di riferimento. Tuttavia, ciò non significa che il sistema o l'impianto siano esenti da guasti o malfunzionamenti. Pertanto, è fondamentale prevedere una gestione adeguata degli stati degradati o dell'indisponibilità del sistema. Ciò include l'implementazione di procedure e piani di manutenzione preventiva per garantire che il sistema o l'impianto rimangano in condizioni operative ottimali e modalità di miglioramento della disponibilità. Per il miglioramento della disponibilità, ad esempio, si può pensare ad una progettazione del sistema con schema dell'impianto semplificato attraverso l'impiego di un minor numero di componenti che porterebbe ad una riduzione delle probabilità dei guasti; una

³³ D.M. 03/08/2015, capitolo G.2.10.2 Sistemi o impianti a disponibilità superiore (URL: https://www.vigilfuoco.it/allegati/PI/COORD_DM_03_08_2015_Codice_Prevenzione_Incendi.pdf)

ridondanza delle modalità di accensione dell'impianto, ridondanza delle fonti di alimentazione. Per il miglioramento della manutenibilità in caso di guasto o malfunzionamento, devono essere previsti piani di riparazione o sostituzione rapida delle componenti interessate e diagnosi mediante sistemi informativi per un sistema di monitoraggio continuo affinché vengano rilevate eventuali anomalie o situazioni di indisponibilità del sistema. È consigliabile implementare sistemi di allarme o di segnalazione che avvertano tempestivamente il personale responsabile in caso di situazioni di degrado o indisponibilità. La gestione degli stati degradati o dell'indisponibilità del sistema contribuisce a garantire che il sistema o l'impianto rimangano operativi nel modo previsto e che siano in grado di svolgere efficacemente la loro funzione di sicurezza antincendio.

“Le condizioni degradate”³⁴ ai fini della continuità d'esercizio si devono considerare durante la valutazione dei rischi affinché vengano fornite informazioni importanti sulla sicurezza e sulla gestione dei potenziali pericoli. L'obiettivo della valutazione dei rischi è identificare e valutare i pericoli che possono presentarsi in un determinato contesto e valutare l'entità del rischio associato a tali pericoli. Le condizioni normali di funzionamento sono prese in considerazione durante la valutazione dei rischi, poiché rappresentano lo stato ideale di un sistema o di un processo. Tuttavia, le condizioni degradate rappresentano situazioni in cui le normali misure di sicurezza potrebbero non essere pienamente operative o efficaci. L'utilizzo delle condizioni degradate nella valutazione dei rischi aiuta a identificare i potenziali scenari di pericolo che possono verificarsi in caso di guasto o malfunzionamento di attrezzature, dispositivi di sicurezza o procedure operative. Questo può includere situazioni come interruzioni di energia, guasti di attrezzature, errori umani o situazioni di emergenza. Considerare le condizioni degradate durante la valutazione dei rischi consente di valutare l'impatto potenziale di tali situazioni e di prendere misure preventive o correttive appropriate. Ciò contribuisce a garantire che gli ambienti di lavoro siano sicuri non solo in condizioni normali, ma anche in situazioni anomale o di emergenza.

³⁴ Nella prosecuzione dell'analisi il termine condizioni degradate verrà utilizzato senza virgolette, tuttavia si fa sempre riferimento alle condizioni degradate per la continuità d'esercizio e non per il sistema a disponibilità superiore.

In sintesi, l'utilizzo delle condizioni degradate nella valutazione dei rischi è un modo per considerare una vasta gamma di scenari possibili e garantire una gestione adeguata dei pericoli anche in circostanze non ideali o inaspettate.

9.2 COME SI INSERISCONO LE CONDIZIONI DEGRADATE NEL D.LGS 81/08

L'articolo 17 del Decreto Legislativo 81/08 stabilisce che il datore di lavoro non può delegare la valutazione di tutti i rischi e l'elaborazione del documento previsto dall'articolo 28. L'articolo 28 del Decreto Legislativo 81/08 riguarda l'oggetto della valutazione dei rischi e stabilisce le informazioni che devono essere contenute nel documento di valutazione dei rischi. Il documento deve essere munito di data certa o attestata dalla sottoscrizione del datore di lavoro, nonché dal responsabile del servizio di prevenzione e protezione, dal rappresentante dei lavoratori per la sicurezza e dal medico competente, ove nominato. Il documento di valutazione dei rischi deve contenere le seguenti informazioni:

- a) Una relazione sulla valutazione di tutti i rischi per la sicurezza e la salute durante l'attività lavorativa, con specificazione dei criteri adottati per la valutazione stessa. La scelta dei criteri di redazione è a discrezione del datore di lavoro, che deve garantire la completezza e l'idoneità del documento come strumento operativo per la pianificazione degli interventi di prevenzione aziendale.
- b) L'indicazione delle misure di prevenzione e protezione adottate e dei dispositivi di protezione individuale.
- c) Il programma delle misure ritenute opportune per migliorare nel tempo i livelli di sicurezza.
- d) L'individuazione delle procedure per l'attuazione delle misure da realizzare e dei ruoli dell'organizzazione aziendale responsabili dell'attuazione. Tali ruoli devono essere assegnati solo a soggetti con competenze e poteri adeguati.
- e) L'indicazione del nominativo del responsabile del servizio di prevenzione e protezione, del rappresentante dei lavoratori per la sicurezza o territoriale e del medico competente che hanno partecipato alla valutazione dei rischi.

f) L'individuazione delle mansioni che espongono i lavoratori a rischi specifici che richiedono capacità professionali riconosciute, specifica esperienza, adeguata formazione e addestramento.

Nella Sezione IV del Decreto Legislativo 81/08 riguardante la formazione, l'informazione e l'addestramento dei lavoratori l'art.36 disciplina l'informazione che il datore di lavoro deve fornire ai lavoratori. Ecco una riformulazione dei punti principali di questo articolo:

- a) i rischi per la salute e la sicurezza sul lavoro correlati alle attività svolte dall'azienda in generale;
- b) le procedure relative al primo soccorso, alla lotta antincendio e all'evacuazione dei luoghi di lavoro;
- c) i nominativi dei lavoratori incaricati di applicare le misure previste dagli articoli 45 e 46 del decreto (misure di protezione e prevenzione);
- d) i nominativi del responsabile del servizio di prevenzione e protezione, degli addetti al servizio di prevenzione e protezione, e del medico competente, se presente.

Il datore di lavoro deve inoltre garantire che ogni lavoratore riceva un'adeguata informazione riguardante:

- a) i rischi specifici ai quali è esposto in relazione alle attività svolte, le normative di sicurezza e le disposizioni aziendali in materia;
- b) i pericoli legati all'uso di sostanze e miscele pericolose, basandosi sulle schede dei dati di sicurezza previste dalla normativa vigente e dalle norme di buona tecnica;
- c) le misure e le attività di protezione e prevenzione adottate dall'azienda.

La valutazione dei rischi deve essere rielaborata in determinate circostanze, come indicato nell'articolo 29 del Decreto Legislativo 81/08.

“Sezione II - VALUTAZIONE DEI RISCHI, Art. 29. Modalità di effettuazione della valutazione dei rischi, comma 3.

La valutazione dei rischi deve essere immediatamente rielaborata, nel rispetto delle modalità di cui ai commi 1 e 2, in occasione di modifiche del processo produttivo o della organizzazione del lavoro significative ai fini della salute e sicurezza dei lavoratori, o in relazione al grado di evoluzione della tecnica, della prevenzione o della protezione o a

seguito di infortuni significativi o quando i risultati della sorveglianza sanitaria ne evidenzino la necessità. A seguito di tale rielaborazione, le misure di prevenzione debbono essere aggiornate. [...]. Anche in caso di rielaborazione della valutazione dei rischi, il datore di lavoro deve comunque dare immediata evidenza, attraverso idonea documentazione, dell'aggiornamento delle misure di prevenzione e immediata comunicazione al rappresentante dei lavoratori per la sicurezza. A tale documentazione accede, su richiesta, il rappresentante dei lavoratori per la sicurezza. Quindi andare a sviluppare le condizioni degradate permette di avere in partenza un'ulteriore valutazione del rischio in partenza ancor prima che il sistema di esodo non funzioni per qualsiasi motivo.”

La rielaborazione della valutazione dei rischi è necessaria quando si verificano modifiche significative nel processo produttivo, nell'organizzazione del lavoro o quando si evidenziano nuovi dati o informazioni che richiedono un aggiornamento delle misure di prevenzione.

La valutazione dei rischi, comprese le condizioni degradate, consente di prevedere e considerare scenari di emergenza o situazioni anomale in cui il sistema di esodo potrebbe non funzionare correttamente. In altre parole, l'analisi delle condizioni degradate contribuisce a identificare i potenziali punti deboli o problemi che potrebbero compromettere la sicurezza in caso di emergenza.

L'analisi delle condizioni degradate, è fondamentale per assicurare che le misure di prevenzione siano aggiornate e adattate alle nuove circostanze o ai cambiamenti nell'ambiente di lavoro. Ciò garantisce che i lavoratori siano protetti in modo efficace e che le procedure di sicurezza siano allineate con gli standard attuali.

La documentazione relativa all'aggiornamento della valutazione dei rischi e delle misure di prevenzione deve essere conservata e resa disponibile al rappresentante dei lavoratori per la sicurezza su richiesta, come stabilito all'articolo 3 della sezione II del Titolo Primo del D.lgs 81/08.

In conclusione, sviluppare e considerare le condizioni degradate nella valutazione dei rischi consente di prevedere e affrontare situazioni critiche o emergenze, garantendo una gestione adeguata dei rischi e la sicurezza dei lavoratori.

9.3 LE CONDIZIONI DEGRADATE NEL CASO STUDIO

9.3.1 LE BASI NELLO STUDIO

Nel caso studio, è stata effettuata una valutazione delle condizioni degradate delle uscite finali nell'arena per verificare le condizioni sufficienti per garantire l'affollamento massimo di progetto. Non si sono progettati e installati i sistemi di protezione attiva (come, ad esempio, gli impianti di spegnimento automatico degli incendi o i sistemi di estrazione del fumo) con una disponibilità superiore rispetto ai requisiti minimi richiesti dalle norme di riferimento poiché non svolgono un ruolo importante nella riduzione della potenza termica rilasciata dall'incendio $RHR(t)$ o nella mitigazione degli effetti di un incendio.³⁵

È stato creato un albero degli eventi per determinare quali vie di uscita non fossero utilizzabili, si è riassunto tutto mediante tabelle di verità che sono di più facile comprensione e visualizzazione per il caso in esame. Nelle tabelle di verità è stato utilizzato il valore 0 per identificare un'uscita indisposta o sistema di esodo non verificato; mentre il valore 1 è stato utilizzato per indicare un'uscita disponibile e il sistema di esodo verificato.

Ci si è concentrati sul garantire che l'arena continuasse ad esplicare la sua funzione di intrattenimento e spettacolo pubblico con l'affollamento massimo previsto da progetto, nonostante la degradazione del sistema di esodo. Durante la valutazione, si è tenuto conto del rispetto della disuguaglianza dei tempi $ASET > RSET$ con $t_{\text{margine}} \geq 10\% RSET$, come stabilito dalla sezione M del Codice di Prevenzione Incendi. Inoltre, si è attribuita grande importanza ai tempi di coda, coerentemente con quanto riportato nella sezione S4 del Codice di Prevenzione Incendi e la ridondanza delle vie di uscita.

All'interno del Codice di Prevenzione Incendi sono riportati due valori del tempo di coda per l'attività con rischio vita B2. A favore di sicurezza si è effettuata una verifica con il valore del tempo di coda negli atri più cautelativo pari a 180 s. Tuttavia, per le tribune la verifica è fatta sull'esodo base perché non si prevedono configurazioni diverse.

³⁵ D.M. 3 Agosto 2015, capitolo M.1.8 comma 5 (URL: https://www.vigilfuoco.it/allegati/PI/COORD_DM_03_08_2015_Codice_Prevenzione_Incendi.pdf)

R _{vita}	Larghezza unitaria	Δt _{coda}	R _{vita}	Larghezza unitaria	Δt _{coda}
A1	3,40	330 s	B1, C1, E1	3,60	310 s
A2	3,80	290 s	B2, C2, D1, E2	4,10	270 s
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 Δt_{coda}.

[1] Per occupanti prevalentemente in piedi e densità d'affollamento > 0,7 p/m².

Figura 119: Larghezze unitarie per vie d'esodo orizzontali (Fonte: Tabella S.4-27 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)

La valutazione dei tempi di coda si è eseguita al fine di evitare il rischio di sovraffollamenti localizzati in specifiche zone dell'arena, considerando le aree di maggiore interesse per il pubblico, le restrizioni geometriche del sito e le fasi di deflusso delle persone. Questa valutazione ha richiesto un'analisi dinamica dell'esodo degli spettatori, per esaminare dettagliatamente le varie fasi temporali del deflusso e i comportamenti del pubblico. Senza un approccio dinamico di questo tipo, non si sarebbero potuti valutare dei fattori di contesto e perturbazioni interne, mettendo a rischio la sicurezza delle persone nonostante il rispetto dei parametri nominali di progetto per l'intera area. Infatti, lo studio dinamico dell'esodo funzione dipendente nello spazio e nel tempo permette di considerare alcuni scenari che in un approccio alternativo di tipo analitico non si sarebbero analizzati, come affermato nell'analogia dell'Ing. Calogero BARBERA Dirigente Addetto e Vice-Comandante VV.F. di Venezia: *“Per fare un'analogia idraulica, le leggi dell'idrostatica da sole non consentono di studiare le perdite di carico, che possono essere analizzate solo attraverso lo studio dinamico dei fluidi”*³⁶.

Un focus deve essere fatto sul sistema di evacuazione di fumo e calore. Infatti, nel caso studio l'aria di riscontro per il sistema di evacuazione di fumi e calore entra dall'apertura delle porte. Tuttavia, per valutare lo stato degradato delle uscite finali in un contesto reale, sarebbe necessario riprogettare il sistema di evacuazione dei fumi e del calore per garantire prestazioni simili a quelle previste nel caso studio. Di conseguenza si ipotizza che sia stata effettuata una simulazione dello scenario d'incendio con un sistema di evacuazione di fumi e calore con immissione forzata di aria dall'esterno e non con riscontro di tipo naturale e si siano avuti dei risultati analoghi al caso studio.

³⁶ Amaro, Giuseppe. Manifestazioni pubbliche nei luoghi aperti, capitolo 9, paragrafo 3.

9.3.2 CONDIZIONI DEGRADATE AL PIANO PARTERRE

Si analizzano di seguito gli output ottenuti per le condizioni degradate al piano parterre, partendo dal degradare di tutte le porte per ogni uscita ad esclusione di un'unica che resta disponibile. La porta che per ogni uscita analizzata resta disponibile è quella che dalla simulazione di base ha un grado di utilizzo minore rispetto le altre e quindi gli scenari analizzati sono costituiti da quattro uscite indipendenti con un'uscita sottodimensionata rispetto le altre. Questi sono gli scenari che hanno più probabilità di accadimento. Si è scelto di considerare solo una porta disponibile tra le n-esime per ogni uscita perché in questo modo si è verificata la condizione più sfavorita.

<i>Uscita analizzata</i>	<i>RSET</i>	<i>N persone</i>	<i>N uscite indipendenti</i>	<i>At_coda</i>
1	288	1958	4	ok
2	310	1958	4	ok
3	310	1958	4	ok
4	349	1958	4	ok

Tabella 25: *Quattro uscite indipendenti al piano parterre*

Pertanto, con il riscontro dei risultati ottenuti se le uscite fossero tutte disponibili e solo una fosse sottodimensionata rispetto il progetto allora comunque non si creerebbero dei tempi di coda tali da far risultare il sistema di esodo non ottemperante gli obiettivi da perseguire.

Ai fini dell'esodo, per comprendere fino quando un'uscita possa essere considerata disponibile, nello scenario con tutte le vie di fuga, si è fatta un'ipotesi restrittiva. Si sono simulate tutte le uscite disponibili sottodimensionate, verificando che non ci fossero congestioni. Dal riscontro dei risultati ottenuti, per motivi di sicurezza ne deriva che è necessario che ogni uscita abbia almeno due porte funzionanti per essere considerata disponibile per l'esodo.

<i>N° porte non indisposte per uscita</i>	<i>RSET</i>	<i>N persone</i>	<i>N uscite indipendenti</i>	<i>At_coda</i>
1	544,5	1958	4	NO
2	354,4	1958	4	ok

Tabella 26: *Quattro uscite indipendenti tutte sottodimensionate*

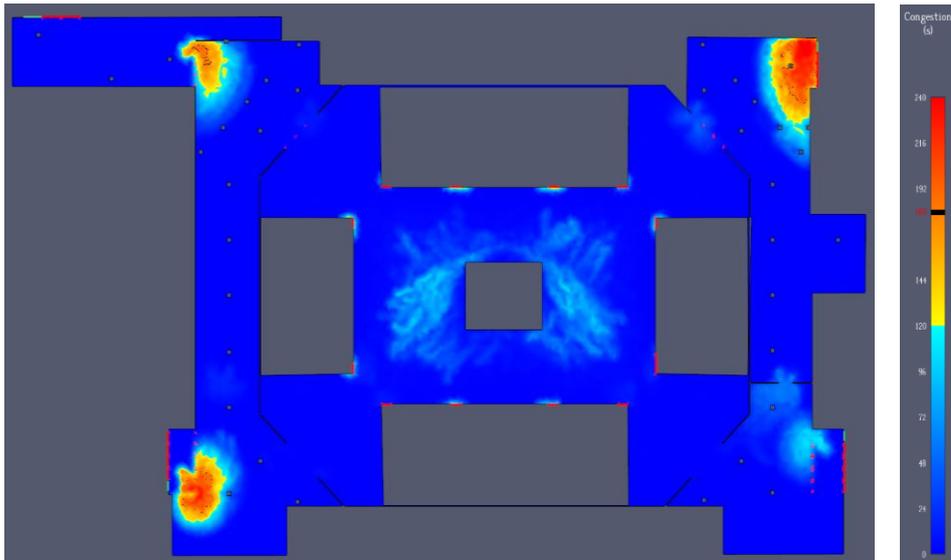


Figura 120: Tutte le uscite del parterre sono sottodimensionate, solo una porta per uscita è disponibile

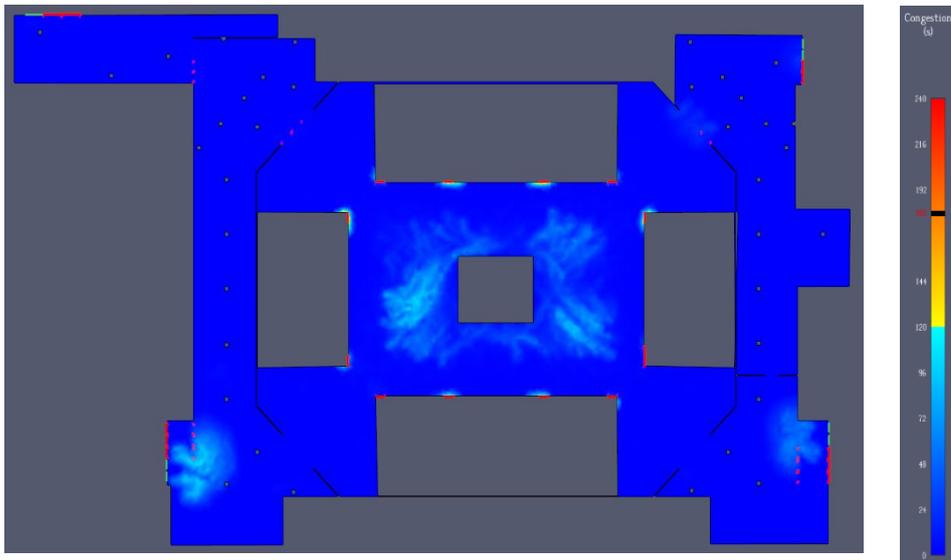


Figura 121: Tutte le uscite del parterre sono sottodimensionate, solo due porte per uscita sono disponibili

Al secondo step delle condizioni degradate si è indisposta completamente un'uscita per volta.

	U1	U2	U3	U4	RISULTATO
3 USCITE INDIPENDENTI	0	1	1	1	1
	1	0	1	1	1
	1	1	0	1	1
	1	1	1	0	1

Tabella 27: Sintesi della valutazione per tre uscite indipendenti al piano parterre

<i>Uscite indisposte</i>	<i>RSET</i>	<i>N persone</i>	<i>N uscite indipendenti</i>	<i>At_coda</i>
1	294	1958	3	ok
2	305	1958	3	ok
3	294,4	1958	3	ok
4	308,1	1958	3	ok

Tabella 28: Tre uscite indipendenti al piano parterre, condizioni verificate

Tuttavia, se iniziano a rompersi due o più porte afferenti ad uscite differenti allora si devono rendere inutilizzabili le uscite suddette e verificare lo scenario secondo le analisi effettuate e riportate di seguito. Dunque, al terzo step si è effettuato un secondo livello di degradazione delle uscite finali, rendendo indisponibili due uscite su quattro.

	U1	U2	U3	U4	RISULTATO
2 USCITE INDIPENDENTI	0	0	1	1	1
	0	1	0	1	1
	0	1	1	0	1
	1	0	0	1	1
	1	0		0	1
	1	1	0	0	1

Tabella 29: Sintesi della valutazione per due uscite indipendenti al piano parterre

<i>Porte indisposte</i>	<i>RSET</i>	<i>N persone</i>	<i>N uscite indipendenti</i>	<i>At_coda</i>
3 e 4	350,6	1958	2	ok
2 e 4	364	1958	2	ok
2 e 3	341,7	1958	2	ok
1 e 4	351,6	1958	2	ok
1 e 3	330,4	1958	2	ok
1 e 2	323	1958	2	ok

Tabella 30: Due uscite indipendenti al piano parterre, condizione LIMITE

Il gestore se accadesse situazioni che andrebbero ulteriormente a degradare il sistema di esodo non potrebbe più sfruttare l'affollamento, inoltre non sarebbe più garantita una delle caratteristiche fondamentali della progettazione del sistema di esodo nel Codice di Prevenzione Incendi: la ridondanza delle uscite. Infatti, di seguito come affermato dalla tabella della verità per un'unica uscita utilizzabile in caso di esodo, una delle condizioni necessarie e sufficienti per la verifica del sistema viene a mancare. Tale grandezza è il valore del tempo di coda che fa avere diverse congestioni superiori ai 180 s.

	U1	U2	U3	U4	RISULTATO
1 USCITA	1	0	0	0	0
	0	1	0	0	0
	0	0	1	0	0
	0	0	0	1	0

Tabella 31: Sintesi della valutazione per un'unica uscita al piano parterre

<i>Uscite indisposte</i>	<i>RSET</i>	<i>N persone</i>	<i>N uscite</i>	<i>At_coda</i>
2, 3 e 4	591,80	1958	1	NO
1, 2 e 3	512,80	1958	1	NO
1, 3 e 4	519,00	1958	1	NO
1, 2 e 4	520,10	1958	1	NO

Tabella 32: Unica uscita utilizzabile al piano parterre, condizioni non verificate

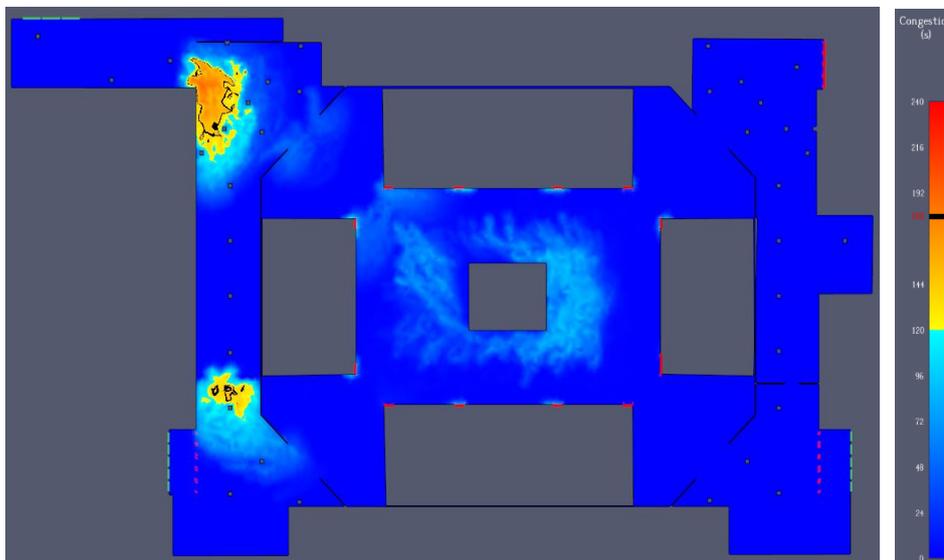


Figura 122: Congestione massima che si ha all'esodo completato quando tutte le uscite al piano parterre sono indisposte ad eccezione della prima

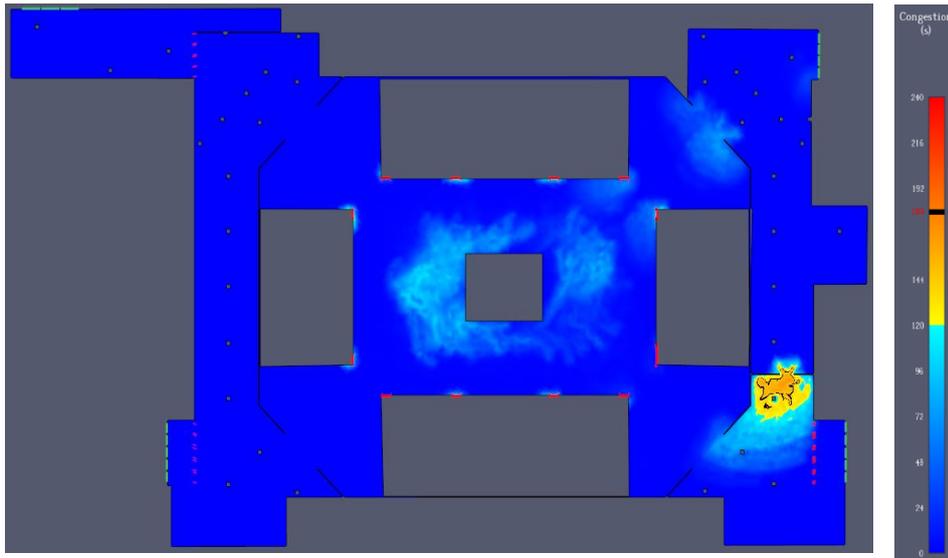


Figura 123: Congestione massima che si ha all'esodo completato quando tutte le uscite al piano parterre sono indisposte ad eccezione della seconda

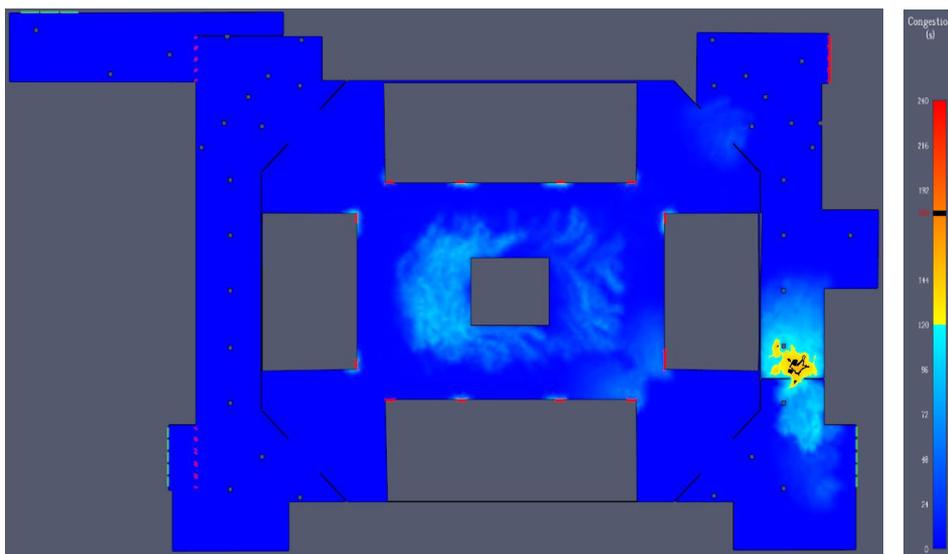


Figura 124: Congestione massima che si ha all'esodo completato quando tutte le uscite al piano parterre sono indisposte ad eccezione della terza

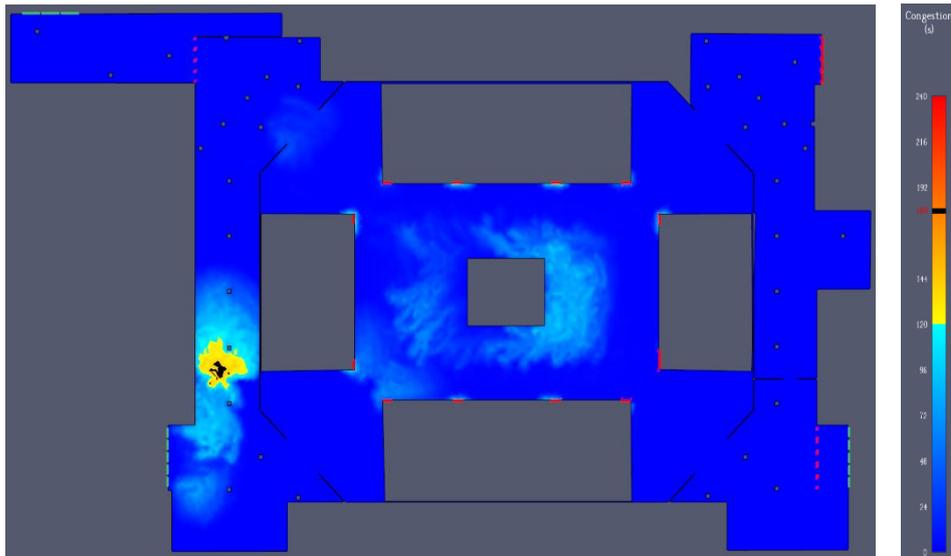


Figura 125: Congestione massima che si ha all'esodo completato quando tutte le uscite al piano parterre sono indisposte ad eccezione della quarta

9.3.3 CONDIZIONI DEGRADATE AL PIANO PRIMO

Di seguito vengono analizzati gli output ottenuti per le condizioni degradate al primo piano. Nella simulazione, si è inizialmente degradato un'uscita per volta, mantenendo solo una porta disponibile per ogni uscita, affinché si avessero comunque sei uscite indipendenti, con una di esse sottodimensionata rispetto alle altre. Questo scenario è considerato il più probabile in termini di accadimento. Tuttavia, i risultati ottenuti indicano che anche nel caso in cui tutte le uscite fossero disponibili ma solo una di esse fosse sottodimensionata rispetto al progetto, il sistema di evacuazione non supererebbe i tempi di coda previsti e continuerebbe a raggiungere gli obiettivi prefissati. In altre parole, anche in situazioni di degradazione con una sola porta sottodimensionata, il sistema di evacuazione risulterebbe ancora efficace e in grado di gestire l'esodo senza incorrere in tempi di coda eccessivi che possano compromettere gli obiettivi di sicurezza.

<i>Uscita analizzata</i>	<i>RSET</i>	<i>N persone</i>	<i>N uscite indipendenti</i>	<i>At_coda</i>
1	501	4037	6	ok
2	500,3	4037	6	ok
3	500,3	4037	6	ok
4	500,3	4037	6	ok
5	500,3	4037	6	ok
6	510,5	4037	6	ok

Tabella 33: Sei uscite indipendenti al piano primo

Affinché possa essere verificato l'esodo con sei uscite indipendenti si è fatta un'ipotesi restrittiva considerandole tutte sottodimensionate. Dal riscontro dei risultati ottenuti la massima degradazione è verificata.

<i>N° porte non indisposte per uscita</i>	<i>RSET</i>	<i>N persone</i>	<i>N uscite indipendenti</i>	<i>At_coda</i>
1	504	1958	6	ok

Tabella 34: Sei uscite indipendenti tutte sottodimensionate

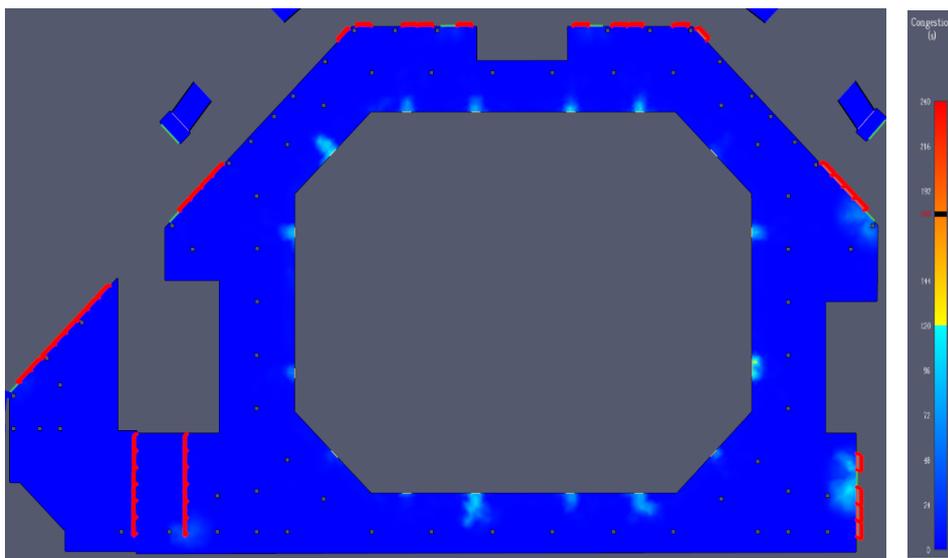


Figura 126: Tutte le uscite del piano primo sono sottodimensionate, solo una porta per uscita è disponibile

Al secondo step delle condizioni degradate si è indisposta completamente un'uscita per volta.

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	RISULTATO
5 USCITE INDIPENDENTI	0	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	1	1	1	1
	1	1	0	1	1	1	1
	1	1	1	0	1	1	1
	1	1	1	1	0	1	1
	1	1	1	1	1	0	1

Tabella 35: Sintesi della valutazione di cinque uscite indipendenti al piano primo

<i>Uscita indisposta</i>	<i>RSET</i>	<i>N persone</i>	<i>N uscite indipendenti</i>	<i>At_coda</i>
1	518	4037	5	ok
2	502,8	4037	5	ok
3	502,8	4037	5	ok
4	502,8	4037	5	ok
5	502,8	4037	5	ok
6	502,8	4037	5	ok

Tabella 36: Cinque uscite indipendenti al piano primo

Tuttavia, se iniziano a rompersi due o più porte afferenti ad uscite differenti allora si devono rendere inutilizzabili le uscite suddette e verificare lo scenario secondo le analisi effettuate e riportate di seguito. Dunque, al terzo step si è effettuato un secondo livello di degradazione delle uscite finali, rendendo indisponibili due uscite su sei.

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	RISULTATO
4 USCITE INDIPENDENTI	0	0	1	1	1	1	1
	0	1	0	1	1	1	1
	0	1	1	0	1	1	1
	0	1	1	1	0	1	1
	0	1	1	1	1	0	1
	1	0	0	1	1	1	1
	1	0	1	0	1	1	1
	1	0	1	1	0	1	1
	1	0	1	1	1	0	1
	1	1	0	0	1	1	1
	1	1	0	1	0	1	1
	1	1	0	1	1	0	1
	1	1	1	0	0	1	1
	1	1	1	0	1	0	1
	1	1	1	1	0	0	1

Tabella 37: Sintesi della valutazione di quattro uscite indipendenti al piano primo

<i>Porte indisposte</i>	<i>RSET</i>	<i>N persone</i>	<i>N uscite indipendenti</i>	<i>At_coda</i>
5 e 6	502,8	4037	4	ok
4 e 6	502,8	4037	4	ok
4 e 5	502,8	4037	4	ok
3 e 6	502,8	4037	4	ok
3 e 5	502,8	4037	4	ok
3 e 4	502,8	4037	4	ok
2 e 6	506	4037	4	ok
2 e 5	502,8	4037	4	ok
2 e 4	502,8	4037	4	ok
2 e 3	502,8	4037	4	ok
1 e 6	519	4037	4	ok

1 e 5	519	4037	4	ok
1 e 4	519	4037	4	ok
1 e 3	519	4037	4	ok
1 e 2	539	4037	4	ok

Tabella 38: Quattro uscite indipendenti al piano primo

Al quarto step si è effettuato un terzo livello di degradazione delle uscite finali, rendendo indisponibili tre uscite su sei. Come si può notare dai risultati ottenuti, nel caso di tre uscite finali non ragionevolmente contrapposte ma allineate, il sistema di esodo non è verificato poiché il valore del tempo di coda è superiore alla soglia.

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	RISULTATO
3 USCITE INDIPENDENTI	0	0	0	1	1	1	1
	0	0	1	0	1	1	1
	0	0	1	1	0	1	1
	0	0	1	1	1	0	0
	0	1	0	0	1	1	1
	0	1	0	1	0	1	1
	0	1	0	1	1	0	1
	0	1	1	0	0	1	1
	0	1	1	0	1	0	1
	0	1	1	1	0	0	1
	1	0	0	0	1	1	1
	1	0	0	1	0	1	1
	1	0	0	1	1	0	1
	1	0	1	0	0	1	1
	1	0	1	0	1	0	1
	1	0	1	1	0	0	1
	1	1	0	0	0	1	0
	1	1	0	0	1	0	1
	1	1	0	1	0	0	1
	1	1	1	0	0	0	0

Tabella 39: Sintesi della valutazione di tre uscite indipendenti al piano primo

<i>Uscite indisposte</i>	<i>RSET</i>	<i>N persone</i>	<i>N uscite indipendenti</i>	<i>At_coda</i>
4, 5 e 6	500,3	4037	3	ok
3, 5 e 6	500,3	4037	3	ok
3, 4 e 6	500,3	4037	3	ok
3, 4 e 5	500,3	4037	3	NO
2, 5 e 6	500,3	4037	3	ok
2, 4 e 6	500,3	4037	3	ok
2,4 e 5	500,3	4037	3	ok
2, 3 e 6	500,3	4037	3	ok
2, 3 e 5	500,3	4037	3	ok
2, 3 e 4	503,8	4037	3	ok
1, 5 e 6	518,3	4037	3	ok
1, 4 e 6	518,3	4037	3	ok
1, 4 e 5	518,3	4037	3	ok
1, 3 e 6	518,3	4037	3	ok
1, 3 e 5	518,3	4037	3	ok
1, 2 e 6	544,3	4037	3	NO
1, 2 e 5	538,5	4037	3	ok
1, 2 e 4	538,5	4037	3	ok
1, 2 e 3	547,8	4037	3	ok
1, 3 e 4	518,3	4037	3	ok

Tabella 40: Tabella riepilogativa dello scenario della fase tre delle condizioni degradate

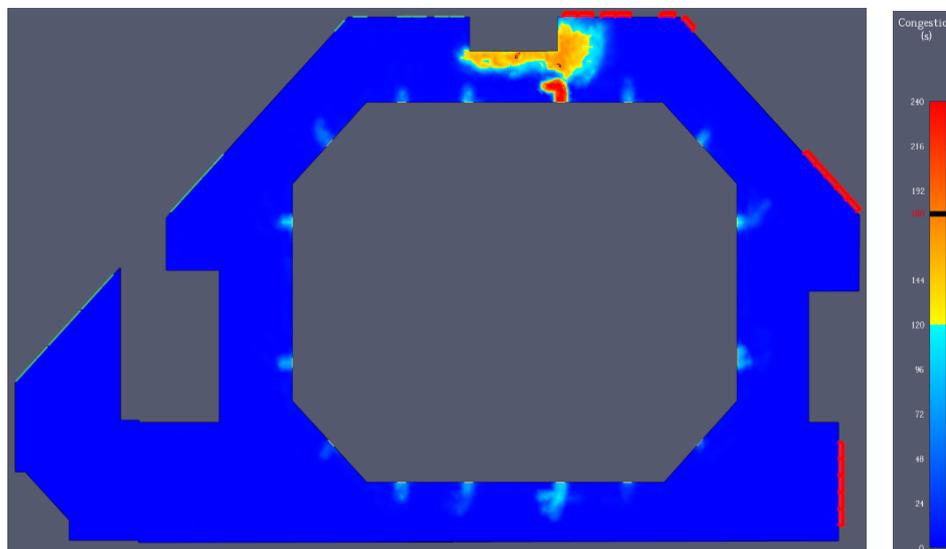


Figura 127: Uscite indisposte 3,4 e 5

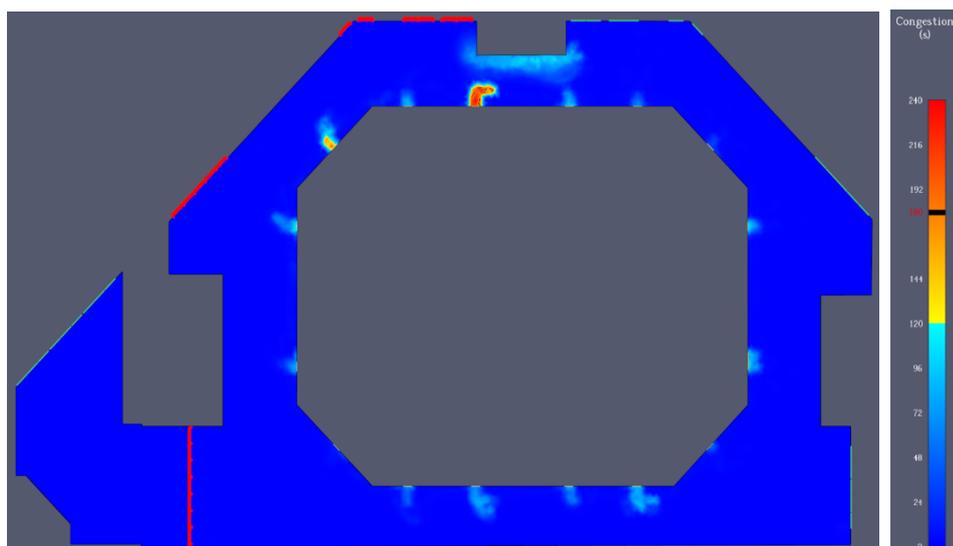


Figura 128: Uscite indisposte 1, 2 e 6

9.3.4 CONDIZIONI DEGRADATE AL PIANO SECONDO

Nella simulazione delle condizioni degradate al piano secondo come negli altri piani, è stata adottata la strategia di degradazione di un'uscita alla volta, mantenendo solo una porta disponibile per ogni uscita. In questo modo si sono ottenute sei uscite indipendenti, con una di esse sottodimensionata rispetto alle altre.

<i>Uscita analizzata</i>	<i>RSET</i>	<i>N persone</i>	<i>N uscite ind</i>	<i>At_coda</i>
6	324	1000	6	ok
5	327	1000	6	ok
4	326	1000	6	ok
3	326	1000	6	ok
2	327	1000	6	ok
1	328	1000	6	ok

Tabella 41: Sei uscite indipendenti al piano secondo

Affinché un'uscita possa essere considerata disponibile ai fini dell'esodo si è fatta un'ipotesi restrittiva considerando tutte le uscite disponibili sottodimensionate e verificando che non ci fossero congestioni. Dal riscontro dei risultati ottenuti la massima degradazione è consentita ovvero per ogni uscita almeno una porta funzionante consente l'esodo in sicurezza.

<i>N° porte non indisposte per uscita</i>	<i>RSET</i>	<i>N persone</i>	<i>N uscite indipendenti</i>	<i>At_coda</i>
1	352,3	1958	6	ok

Tabella 42: Sei uscite indipendenti tutte sottodimensionate

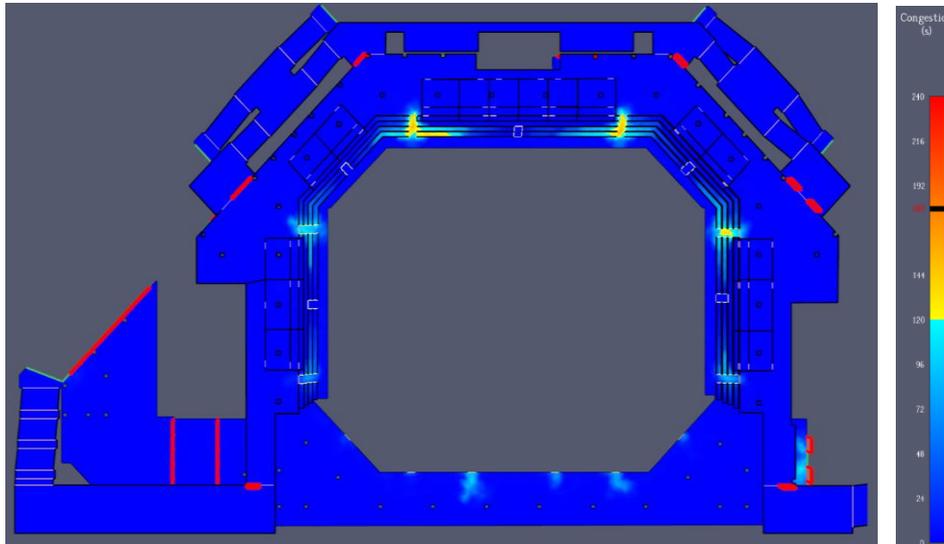


Figura 129: Tutte le uscite del piano secondo sono sottodimensionate, solo una porta per uscita è disponibile

Al secondo step delle condizioni degradate al piano secondo si è indisposta completamente un'uscita per volta.

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	RISULTATO
5 USCITE INDIPENDENTI	0	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	1	1	1	1
	1	1	0	1	1	1	1
	1	1	1	0	1	1	1
	1	1	1	1	0	1	1
	1	1	1	1	1	0	1

Tabella 43: Sintesi della valutazione di cinque uscite indipendenti al piano secondo

<i>Uscita indisponibile</i>	<i>RSET</i>	<i>N persone</i>	<i>N uscite indipendenti</i>	<i>At_coda</i>
6	328	1000	5	ok
5	328	1000	5	ok
4	329	1000	5	ok
3	329	1000	5	ok
2	334	1000	5	ok
1	329	1000	5	ok

Tabella 44: Cinque uscite indipendenti al piano secondo

Nel caso in cui due o più porte afferenti a uscite diverse si rompessero, sarebbe necessario rendere inutilizzabili tali uscite e valutare lo scenario secondo le analisi effettuate e riportate di seguito. Quindi, come terzo passo, si è proceduto a un secondo livello di degradazione delle uscite finali, rendendo indisponibili due uscite su sei.

In questa nuova configurazione, con due uscite indisponibili, si sono analizzati gli output ottenuti e i risultati indicano che il sistema di esodo risulta ancora in grado di gestire il deflusso della folla senza superare i tempi di coda previsti e di soddisfare gli obiettivi di sicurezza prefissati. Nonostante la riduzione delle uscite disponibili, il sistema riesce ad assicurare una corretta evacuazione senza causare tempi di coda superiore a 180s.

In conclusione, anche in situazioni in cui due uscite siano indisponibili a causa della rottura delle porte afferenti, il sistema di evacuazione continua ad essere efficace e in grado di garantire la sicurezza delle persone coinvolte, mantenendo tempi di coda accettabili.

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	RISULTATO
4 USCITE INDIPENDENTI	0	0	1	1	1	1	1
	0	1	0	1	1	1	1
	0	1	1	0	1	1	1
	0	1	1	1	0	1	1
	0	1	1	1	1	0	1
	1	0	0	1	1	1	1
	1	0	1	0	1	1	1
	1	0	1	1	0	1	1
	1	0	1	1	1	0	1
	1	1	0	0	1	1	1
	1	1	0	1	0	1	1
	1	1	0	1	1	0	1
	1	1	1	0	0	1	1
	1	1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0	1	

Tabella 45: Sintesi della valutazione di quattro uscite indipendenti al piano secondo

<i>Uscita indisponibile</i>	<i>RSET</i>	<i>N persone</i>	<i>N uscite ind</i>	<i>At_coda</i>
5 e 6	328	1000	4	ok
4 e 6	330	1000	4	ok
4 e 5	329	1000	4	ok
3 e 6	329	1000	4	ok
3 e 5	337	1000	4	ok
3 e 4	343	1000	4	ok
2 e 6	343	1000	4	ok
2 e 5	343	1000	4	ok

2 e 4	338	1000	4	ok
2 e 3	344	1000	4	ok
1 e 6	329	1000	4	ok
1 e 5	329	1000	4	ok
1 e 4	337	1000	4	ok
1 e 3	337	1000	4	ok
1 e 2	359	1000	4	ok

Tabella 46: Quattro uscite indipendenti al piano secondo

Al quarto step, si è proceduto a un terzo livello di degradazione delle uscite finali, rendendo indisponibili tre uscite su sei. Dai risultati ottenuti, è evidente che nel caso in cui tre uscite finali, che non siano ragionevolmente contrapposte ma allineate, siano indisponibili, il sistema di evacuazione non riesce a soddisfare i requisiti di sicurezza. Questa conclusione deriva dalla mancata verifica della disuguaglianza tra ASET (Available Safe Escape Time, tempo di esodo disponibile) e RSET (Required Safe Escape Time, tempo di esodo richiesto), e dal valore del tempo di coda che è stato analizzato mediante una scala colorimetrica come output dei risultati delle simulazioni di Pathfinder.

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	RISULTATO
3 USCITE INDIPENDENTI	0	0	0	1	1	1	1
	0	0	1	0	1	1	1
	0	0	1	1	0	1	1
	0	0	1	1	1	0	0
	0	1	0	0	1	1	1
	0	1	0	1	0	1	1
	0	1	0	1	1	0	1
	0	1	1	0	0	1	1
	0	1	1	0	1	0	1
	0	1	1	1	0	0	1
	1	0	0	0	1	1	1
	1	0	0	1	0	1	1
	1	0	0	1	1	0	1
	1	0	1	0	0	1	1
	1	0	1	0	1	0	1
	1	0	1	1	0	0	1
1	1	0	0	0	1	0	

	1	1	0	0	1	0	1
	1	1	0	1	0	0	1
	1	1	1	0	0	0	0

Tabella 47: Sintesi della valutazione di tre uscite indipendenti al piano secondo

<i>Uscite indisposte</i>	<i>RSET</i>	<i>N persone</i>	<i>N uscite ind</i>	<i>At_coda</i>
4, 5 e 6	330	1000	3	ok
3, 5 e 6	351	1000	3	ok
3, 4 e 6	352	1000	3	ok
3, 4 e 5	470	1000	3	NO
2, 5 e 6	352	1000	3	ok
2, 4 e 6	352	1000	3	ok
2, 4 e 5	349	1000	3	ok
2, 3 e 6	352	1000	3	ok
2, 3 e 5	352	1000	3	ok
2, 3 e 4	361	1000	3	ok
1, 5 e 6	329	1000	3	ok
1, 4 e 6	338	1000	3	ok
1, 4 e 5	332	1000	3	ok
1, 3 e 6	337	1000	3	ok
1, 3 e 5	352	1000	3	ok
1, 3 e 4	357	1000	3	ok
1,2 e 6	458	1000	3	NO
1,2 e 5	374	1000	3	ok
1,2 e 4	389	1000	3	ok
1,2 e 3	408	1000	3	ok

Tabella 48: Tre uscite indipendenti al piano secondo, caso LIMITE

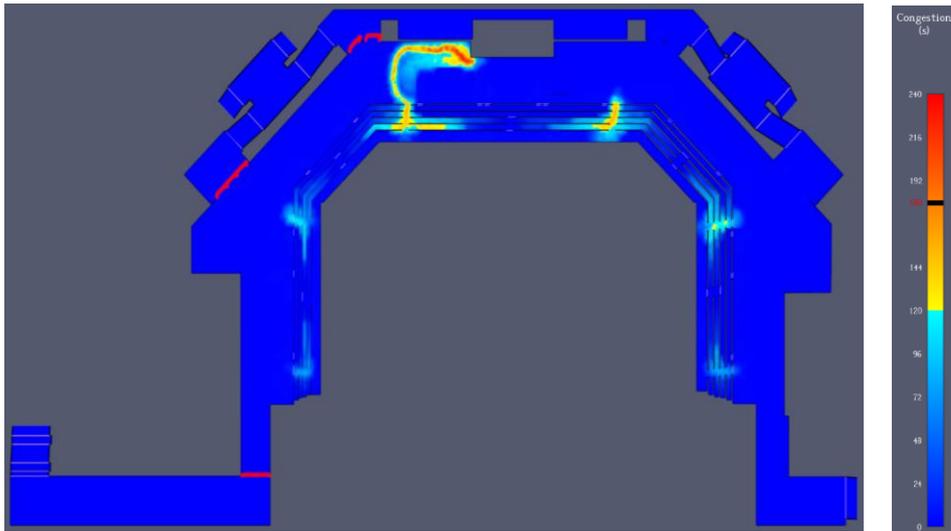


Figura 130: Uscite indisposte 1, 2 e 6

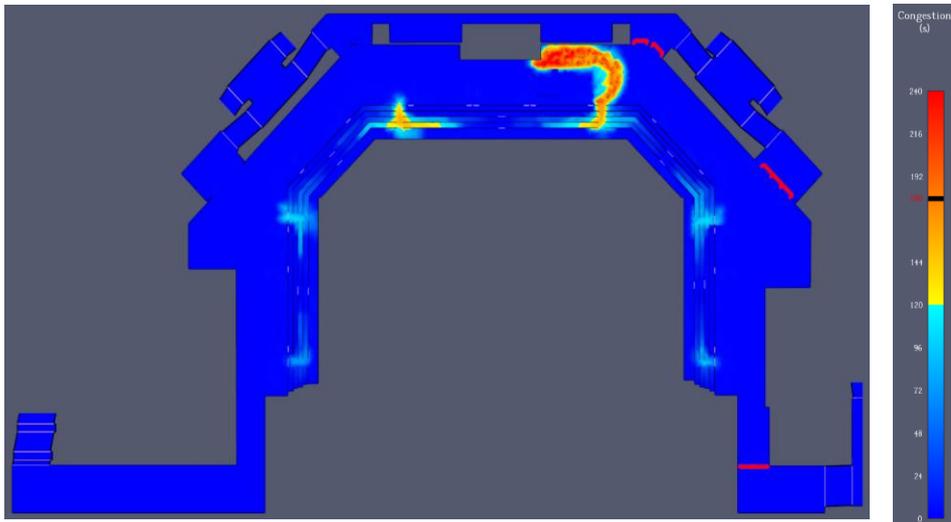


Figura 131: Uscite indisposte 3, 4 e 5

9.4 CONSIDERAZIONI FINALI

A partire dai risultati ottenuti, le condizioni degradate del sistema di esodo possono essere utilizzate nei limiti imposti dal tempo margine tra ASET e RSET.

Pertanto, l'ASET deve essere inferiore a:

1. 386,1 s per il piano parterre inferiore;
2. 602,8 s per il piano primo;
3. 427,9 s per il secondo piano.

Tali valori si sono ottenuti considerando un 10% di margine rispetto al massimo valore desunto dagli scenari di condizione degradate limite per ogni piano.

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Una delle caratteristiche del codice è la flessibilità, che consente di verificare diverse soluzioni progettuali, in funzione degli obiettivi richiesti dal committente. Sono stati identificati i punti di forza e le potenziali sfide che emergono durante la progettazione e la gestione di manifestazioni e locali di pubblico spettacolo, prendendo in considerazione aspetti come la sicurezza, l'accessibilità, la gestione dei flussi di persone.

La fase di ricerca e analisi delle normative e delle linee guida della Green Guide, sono stati fondamentali per l'impostazione del lavoro, consentendo di identificare le “best practices” ed i limiti che sono emersi durante l'implementazione.

In primis grazie all'approccio prestazionale e la Fire Safety Engineering è stato possibile superare le limitazioni richieste dalla nuova regola tecnica verticale e dalla regola tecnica orizzontale.

Grazie all'ingegnosa implementazione di una procedura automatizzata, sviluppata utilizzando il linguaggio di programmazione Python, si è riusciti ad estrapolare con precisione i risultati delle simulazioni d'incendio dal file csv. Questa straordinaria soluzione ha consentito un notevole risparmio di tempo nell'elaborazione dei dati, a vantaggio di maggior tempo da dedicare alla fase cruciale di valutazione diretta dei risultati ottenuti dalle simulazioni. Tale metodo efficiente ed efficace ha fornito una base solida per un'analisi dettagliata e tempestiva, contribuendo significativamente alla velocità ed alla qualità delle decisioni prese.

Dall'analisi approfondita del caso studio emerge un importante insegnamento: la progettazione antincendio riveste un ruolo fondamentale nell'operatività di un edificio. I punti chiave affrontati sono tre.

1. Al fine di garantire la continuità dell'esercizio dell'attività anche in situazioni in cui i requisiti minimi non siano soddisfatti, è necessario usare una metodologia basata sul “know-how” affinché si possano adottare misure preventive e protettive adeguate.
2. Per ottimizzare la progettazione e la gestione delle attività di pubblico spettacolo, è indispensabile eseguire una approfondita analisi del rischio incendio per individuare le possibili fonti di rischio non ordinarie ed intervenire con soluzioni

progettuali, in grado di compensare le condizioni degradate che potrebbero presentarsi nella vita utile dell'opera.

3. L'analisi dei rischi permetterebbe di utilizzare l'attività con i valori di affollamento previsti da progetto, massimizzando così anche i guadagni del gestore.

L'analisi dei rischi è un processo che consente al gestore di valutare in anticipo i potenziali rischi e le criticità che possono presentarsi durante un'attività. Attraverso questa analisi, il gestore può adottare misure preventive e pianificare interventi immediati, come richiesto dal decreto legislativo 81/2008, al fine di garantire la continuità dell'attività e affrontare situazioni critiche in modo tempestivo.

L'obiettivo principale di questo approccio è fornire al gestore uno strumento che gli permetta di gestire l'attività in modo sicuro ed efficiente. L'analisi dei rischi consente di prendere decisioni informate, basate sulla valutazione dei potenziali rischi e delle misure preventive necessarie. Questo modus operandi fornisce al gestore gli strumenti necessari per anticipare e affrontare i rischi, consentendo una gestione informata, sicura ed efficiente dell'attività. Pertanto, contribuisce a massimizzare le potenzialità di utilizzo, proteggendo allo stesso tempo la sicurezza e il benessere delle persone coinvolte.

Nel caso studio analizzato, si è affrontato specificamente il rischio legato alla gestione dei flussi di occupanti in situazioni in cui il sistema di esodo non funziona adeguatamente. Tuttavia, è possibile individuare altri potenziali rischi derivanti da stati degradati per il sistema di evacuazione dei fumi e del calore o per il sistema di rilevazione e allarme incendio.

Lo schema seguito nel presente lavoro di tesi è il seguente:

1. Utilizzo dei metodi dell'ingegneria antincendio per garantire tutti i livelli di prestazione previsti da ogni strategia di sicurezza.
2. Approccio lungimirante in cui è fondamentale identificare i potenziali pericoli e trovare soluzioni adeguate a minimizzare il rischio (indisponibilità temporanea o i guasti delle porte di uscita, guasti ai ventilatori del sistema di evacuazione dei fumi e del calore e guasti al sistema di rivelazione e allarme incendi).
3. Esame del caso di rottura delle porte come un potenziale pericolo e individuazione del caso limite in cui l'arena non può essere utilizzata nelle condizioni d'affollamento massimo previste.

4. Ricerca di soluzioni adeguate a mitigare i potenziali rischi identificati con l'utilizzo della Fire Safety Engineering.

L'insegnamento chiave è che una progettazione accuratamente pensata ed una gestione attenta delle varie componenti antincendio, sono essenziali per garantire la sicurezza delle persone e la protezione dell'edificio. Affrontare i rischi non ordinari sin dall'inizio e adottare soluzioni progettuali adeguate, sono passi cruciali per mitigare gli effetti negativi di condizioni di emergenza non ordinarie, al fine di avere un luogo sicuro in cui è massimizzata la protezione delle persone e dove è garantita la continuità d'esercizio dell'attività di pubblico spettacolo.

SITOGRAFIA

1. <https://mauromalizia.it/quesiti-di-prevenzione-incendi/locali-di-spettacolo/> [02/2023]
2. https://www.cni.it/images/bozza_RTV_pubblico_spettacolo_CCTS_2020-09-30.pdf [02/2023]
3. <https://www.ingenio-web.it/articoli/la-regola-tecnica-di-prevenzione-antincendio-per-locali-di-pubblico-spettacolo-la-nuova-rtv-15/> [02/2023]
4. <https://www.ingenio-web.it/articoli/attivita-di-intrattenimento-e-di-spettacolo-a-carattere-pubblico-nuova-rtv-antincendio/> [03/2023]
5. https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-pubbl-il-codice-di-prevenzione-incendi_6443123648696.pdf [03/2023]
6. <https://mauromalizia.it/intrattenimento-e-pubblico-spettacolo/> [03/2023]
7. <https://mauromalizia.it/testi-coordinati/locali-di-pubblico-spettacolo/> [03/2023]
8. https://www.fse-italia.eu/PDF/ManualiFDS/FDS_User_Guide.pdf [04/2023]
9. <https://cloudhpc.cloud/2022/01/28/fds-scalability/> [04/2023]
10. <https://www.youtube.com/watch?v=PxtxQvIfghe> [04/2023]
11. <https://www.thunderheadeng.com/news/effective-use-of-mpi-to-speed-solutions> [04/2023]
12. <https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-pubbl-reazione-al-fuoco.pdf> [04/2023]
13. <https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-pubbl-compartimentazione-antincendio.pdf> [04/2023]
14. <https://www.youtube.com/watch?v=bhCUdViw6Hg> [04/2023]
15. <https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-pubbl-progettazione-misura-esodo.pdf> [04/2023]
16. <http://conference.ing.unipi.it/vgr2016/images/papers/138.pdf> [04/2023]
17. https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-pubbl-resistenza-al-fuoco-elementi-strutturali_6443132510561.pdf [04/2023]
18. <https://www.vigilfuoco.it/asp/page.aspx?IdPage=10259> [05/2023]
19. <https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-pubbl-gestione-sicurezza-operativita-antincendio.pdf> [05/2023]
20. <https://ceimagazine.ceinorme.it/ceifocus/sicurezza-antincendio-piu-prevenzione-codice-dei-vigili-del-fuoco/> [05/2023]

21. <https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-pubbl-la-protezione-attiva-antincendio.pdf> [26/05/2023]
22. https://www.vigilfuoco.it/allegati/PI/ProceduraPI/COORD_Procedure_Pubblico_Spettacolo.pdf [25/05/2023]
23. <https://www.puntosicuro.it/valutazione-dei-rischi-C-59/l-autocertificazione-dell-avvenuta-valutazione-dei-rischi-AR-12525/> [26/05/2023]

BIBLIOGRAFIA

1. UK (England) Sports Grounds Safety Authority (SGSA). “Safety of SportsGrounds Guidance - Green Guide”. 6th Edition, 2018
2. Amaro, Giuseppe. Manifestazioni pubbliche nei luoghi aperti. EPC Editore
3. Janardhan, Rahul Kallada; Hostikka, Simo; When is the fire spreading and when it travels? – Numerical simulations of compartments with wood crib fire loads; Fire Safety Journal
4. Muneretto P. Le manifestazioni pubbliche e i locali di pubblico spettacolo. Guida pratica. EPC Editore
5. Gissi E, Ronchi E, Purser D A, “Transparency vs magic numbers: The development of stair design requirements in the Italian Fire Safety Code”, Fire Safety Journal, 91, 882–891, 2017.
6. Gissi E, RESISTENZA AL FUOCO, “Necessità e genesi del nuovo esodo del Codice di prevenzione incendi”, Rivista Antincendio, EPC, settembre 2015;
7. Gissi E, Calcolo dei parametri per il dimensionamento dei sistemi d'esodo secondo soluzione conforme al Codice di prevenzione incendi, in Codice di prevenzione incendi commentato, EPC Editore, 2015, pp.465 - 512.
8. Roberto Vancetti, Slides del corso di Fire Safety Engineering.
9. K. McGrattan et al, “Fire Dynamics Simulator User’s Guide Sixth Edition,” 2019
10. Daniel Haarhoff, “Performance Analysis and Shared Memory Parallelisation of FDS”, 2014
11. Dr. Susanne Kilian, “Numerical Insights Into the Solution of the FDS Pressure Equation: Scalability and Accuracy”, 2014
12. Gissi, E., soluzioni progettuali alternative per l'esodo, procedure analitiche di base e flessibilità progettuale

13. G. Parisi, S. Marsella. Codice di Prevenzione Incendi commentato. EPC editori.
IV edizione
14. Antonio La Malfa, Salvatore La Malfa, Roberto La Malfa. Ingegneria della
sicurezza antincendio: progettazione con il metodo tradizionale e il codice di
prevenzione incendi. 9° Edizione.

RIFERIMENTI NORMATIVI

1. D.M. 3 agosto 2015 “Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai
sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139.”
(https://www.vigilfuoco.it/allegati/PI/COORD_DM_03_08_2015_Codice_Prevenzione_Incendi.pdf)
2. D.P.R. 1° agosto 2011, n. 151
(<https://www.vigilfuoco.it/asp/ReturnDocument.aspx?IdDocumento=4993>)
3. Regio Decreto 18 giugno 1931 n. 773
(<https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:regio.decreto:1931-06-18:773>)
4. Regio Decreto 06 maggio 1940 n. 635
(<https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:regio.decreto:1940-05-06:635>)
5. D.M. 18 marzo 1996
(https://www.vigilfuoco.it/allegati/pi/regoletecnichexattivita/coord_dm_18_03_1996.pdf)
6. D.M. 19 agosto 1996
(https://www.vigilfuoco.it/allegati/PI/RegoleTecnicheXAttivita/COORD_DM_19_08_1996.pdf)
7. D.Lgs 81 del 2008
(https://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/2008_0081.htm)
8. D.M. 14 giugno 1989, n. 236, Prescrizioni tecniche necessarie a garantire
l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia
residenziale pubblica, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere
architettoniche
(https://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/1989_0236.htm)

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Schema riepilogativo delle modalità applicative del D.M. 3/8/2015 (Fonte: G. Parisi, S. Marsella, Codice di Prevenzione Incendi commentato, EPC editori, IV edizione)	14
Tabella 2: Densità della folla per le aree di movimento o in piedi (Green Guide,2018)	50
Tabella 3: Verifica capacità di contenimento della zona 3	71
Tabella 4: Numero posti a sedere disponibili	72
Tabella 5: Capacità di contenimento tribune	73
Tabella 6: Capacità di contenimento area in piedi	73
Tabella 7: Capacità di contenimento dell'arena	74
Tabella 8: Capacità d'ingresso dell'arena	75
Tabella 9: Capacità di uscita in piano	76
Tabella 10: Capacità di uscita collegamenti verticali	76
Tabella 11: Capacità di uscita di emergenza in piano	77
Tabella 12: Capacità di uscita di emergenza in collegamento verticale	77
Tabella 13: Capacità finale dell'arena	78
Tabella 14: Superficie arena	79
Tabella 15: Affollamento dell'arena	81
Tabella 16: Schematizzazione per la nomenclatura dei devices	114
Tabella 17: Impianti antincendio	122
Tabella 18: Dati di input simulazione incendio	123
Tabella 19: Analisi di sensibilità del dominio di calcolo	128
Tabella 20: Come nominare i sensori per la visualizzazione dei modelli per calcolo ASET	133
Tabella 21: Tempo di movimento e valori dei tempi di coda all'uscita finale per gli ultimi occupanti	150
Tabella 22: Verifica del tempo di uscita di emergenza Green Guide	151
Tabella 23: Valori di RSET per ogni piano	151
Tabella 24: Verifica $ASET > RSET$	153
Tabella 25: Quattro uscite indipendenti al piano parterre	162
Tabella 26: Quattro uscite indipendenti tutte sottodimensionate	162
Tabella 27: Sintesi della valutazione per tre uscite indipendenti al piano parterre	163
Tabella 28: Tre uscite indipendenti al piano parterre, condizioni verificate	164

Tabella 29: Sintesi della valutazione per due uscite indipendenti al piano parterre	164
Tabella 30: Due uscite indipendenti al piano parterre, condizione LIMITE	164
Tabella 31: Sintesi della valutazione per un'unica uscita al piano parterre	165
Tabella 32: Unica uscita utilizzabile al piano parterre, condizioni non verificate.....	165
Tabella 33: Sei uscite indipendenti al piano primo	167
Tabella 34: Sei uscite indipendenti tutte sottodimensionate	168
Tabella 35: Sintesi della valutazione di cinque uscite indipendenti al piano primo	168
Tabella 36: Cinque uscite indipendenti al piano primo.....	169
Tabella 37: Sintesi della valutazione di quattro uscite indipendenti al piano primo.....	169
Tabella 38: Quattro uscite indipendenti al piano primo	170
Tabella 39: Sintesi della valutazione di tre uscite indipendenti al piano primo.....	170
Tabella 40: Tabella riepilogativa dello scenario della fase tre delle condizioni degradate	171
Tabella 41: Sei uscite indipendenti al piano secondo	172
Tabella 42: Sei uscite indipendenti tutte sottodimensionate	173
Tabella 43: Sintesi della valutazione di cinque uscite indipendenti al piano secondo..	173
Tabella 44: Cinque uscite indipendenti al piano secondo	173
Tabella 45: Sintesi della valutazione di quattro uscite indipendenti al piano secondo .	174
Tabella 46: Quattro uscite indipendenti al piano secondo	175
Tabella 47: Sintesi della valutazione di tre uscite indipendenti al piano secondo	176
Tabella 48: Tre uscite indipendenti al piano secondo, caso LIMITE	176

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Concerto dei Muse allo stadio Olimpico di Torino, 2013 (Fonte: Ing. F. Biancorosso)	3
Figura 2: Concerto di Vasco Rossi allo stadio Olimpico di Torino, 2018 (Fonte: Gaia Valente).....	4
Figura 3: UEFA Nations League Italia-Belgio, allo Juventus Stadium, ottobre 2021 (Fonte: Gaia Valente).....	4
Figura 4: Concerto di Ligabue nel 2022 a Campovolo, Aeroporto di Reggio Emilia (Fonte: Gaia Valente).....	5
Figura 5: Concerto di Cremonini nel 2022 allo stadio Olimpico, Torino (Fonte: Gaia Valente).....	5
Figura 6: Jova Beach Party nel 2022, Barletta (Fonte: Gaia Valente).....	6
Figura 7: Concerto dei Coldplay nel 2023 allo stadio Diego Armando Maradona, Napoli (Fonte: Greta Valente)	6
Figura 8: Attività 83 soggetta ai controlli di prevenzione incendi ai sensi del DM 16 Febbraio 1982	10
Figura 9: Schema concettuale per arrivare alla definizione di locale di pubblico spettacolo	12
Figura 10: Esempio di soglie di prestazione impiegabili con il metodo di calcolo avanzato (Fonte: Tabella M.3-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	18
Figura 11: Calcolo della capacità dei posti a sedere (Fonte: Green Guide, 2018)	28
Figura 12: Calcolo della capacità dei posti in piedi (Fonte: Green Guide, 2018)	29
Figura 13: Tempo di viaggio della Zona 2 e tempo d'uscita di emergenza dove il livello del rischio incendio è basso (Fonte: Green Guide, 2018).....	34
Figura 14: Tempo di viaggio tempo d'uscita di emergenza dove il livello del rischio incendio è medio o alto (Fonte: Green Guide, 2018)	35
Figura 15: Zonizzazione (Fonte: Green Guide,2018).....	40
Figura 16: Barriere e corrimano sulle scale (Fonte: Green Guide, 2018). La Figura 16 illustra una scala con un muro da un lato e uno spazio aperto dall'altro. Sul lato aperto è installata una barriera per evitare che le persone cadano. Poiché, questa barriera deve avere un'altezza di 1,1 m, un corrimano è fissato a un livello inferiore per guida o supporto. L'altezza del corrimano deve essere compresa tra 0,9 m 1,0 m, misurata dalla linea di falda o dalla superficie del pianerottolo. Si noti che ciascuna estremità del	

corrimano si piega attorno alle estremità della barriera e si estende per 300 mm oltre le alzate superiore e inferiore della scala. Un altro corrimano è fissato al muro. Anche questo è fissato ad un'altezza compresa tra 0,9 m e 1,0 m sopra la linea di falda o dalla superficie del pianerottolo, e si estende per 300 mm oltre le alzate superiore e inferiore della scala. Bisogna fare attenzione durante il fissaggio di tale corrimano, per evitare che si stacchi dal muro.....	45
Figura 17: Progettazione delle scale con divisori (Fonte: Green Guide, 2018)	47
Figura 18: Progettazione delle passerelle radiali e laterali (Fonte: Green Guide, 2018)	48
Figura 19: Livello di densità medio negli atri non superiore a 2 persone per metro quadrato (Fonte: Green Guide,2018)	50
Figura 20: Misure di controllo del vomitorio e altezze delle barriere (Fonte: Green Guide,2018).....	51
Figura 21: Linee visive per spettatori seduti (Fonte: Green Guide 2018).....	54
Figura 22: Effetto sulla visuale degli spettatori in piedi nelle aree sedute (Fonte: Green Guide 2018).....	55
Figura 23: Linee di visibilità per gli utenti in sedia a ruote (Fonte: Green Guide 2018)	56
Figura 24: Dimensioni delle sedute (Fonte: Green Guide 2018)	58
Figura 25: Le 5 fasi del rischio incendio (Fonte: Green Guide)	63
Figura 26: Ubicazione cantiere Chorus Life di Bergamo (Fonte: Google Maps).....	65
Figura 27: Pianta del parterre (Fonte: Studio GAe Engineering).....	66
Figura 28: Pianta piano primo (Fonte: Studio GAe Engineering)	67
Figura 29: Pianta piano secondo (Fonte: Studio GAe Engineering).....	68
Figura 30: Zona 2	70
Figura 31: Zona 3	71
Figura 32: Area del campo da gioco coincidente con area spettatori in piedi	74
Figura 33: Attività n° 65 soggetta ai controlli dei Vigili del Fuoco (Fonte: D.P.R. 151/2011)	79
Figura 34:Densità di affollamento per tipologia di attività (Fonte: Tabella S.4-12 dal DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	81
Figura 35: Criteri per tipologia di attività (Fonte: Tabella S.4-13 dal DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	81
Figura 36: Profilo di rischio Rvita per alcune tipologie di destinazione d'uso (Fonte: tabella G.3-4 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	82

Figura 37: Caratteristiche prevalenti degli occupanti (Fonte: Tabella G.3-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi).....	83
Figura 38: Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio (Fonte: Tabella G.3-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi).....	83
Figura 39: Determinazione di Rbeni (Fonte: Tabella G.3-5 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	84
Figura 40: Livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.1-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	85
Figura 41: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione alle vie d'esodo dell'attività (Fonte: Tabella S.1-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	85
Figura 42: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione ad altri locali dell'attività (Fonte: Tabella S.1-3 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	85
Figura 43: Classificazione in gruppi per arredamento, scenografie, tendoni per coperture (Fonte: Tabella S.1-5 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	86
Figura 44: Classificazione in gruppi di materiali per rivestimento e completamento (Fonte: Tabella S.1-6 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	86
Figura 45: Classificazione in gruppi di materiali per l'isolamento (Fonte: Tabella S.1-7 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi).....	87
Figura 46: Classificazione in gruppi di materiali per impianti (Fonte: Tabella S.1-8 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	87
Figura 47: Livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.2-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	88
Figura 48: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.2-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi).....	88
Figura 49: Classe minima di resistenza al fuoco (Fonte: Tabella S.2-3 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi).....	89
Figura 50: Classe di resistenza al fuoco (Fonte: Tabella V.15-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	89
Figura 51: Livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.3-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	90
Figura 52: Livelli di attribuzione (Fonte: Tabella S.3-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	90
Figura 53: Quote di piano, limitazioni e misure antincendio delle aree TO1 e TA1 (Fonte: Tabella V.15-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	91

Figura 54: Compartimentazione (Fonte: Tabella V.15-3 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi).....	91
Figura 55: Livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.5-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi).....	92
Figura 56: Criteri di attribuzione (Fonte: Tabella S.5-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi).....	93
Figura 57: Soluzioni conformi per il livello di prestazione III (Fonte: Tabella S.5-5 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi).....	93
Figura 58: Norme e TS per verifica, controllo e manutenzione di impianti e attrezzature antincendio (Fonte: Tabella S.5-8 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	95
Figura 59: Preparazione all'emergenza (Fonte: Tabella S.5-9 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi).....	97
Figura 60: utilizzo di testo per differenziare i ruoli degli steward in modo da essere facilmente distinguibili dalle persone affette da daltonismo (Fonte: Green Guide)	98
Figura 61: segnaletica di sicurezza antincendio per una progettazione inclusiva (Fonte: Green Guide).....	99
Figura 62: Livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.6-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi).....	101
Figura 63: Livelli di prestazione per controllo dell'incendio (Fonte: Tabella V.15-4 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi).....	101
Figura 64: Criteri per l'installazione degli estintori di classe A (Fonte: S.6-5 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	102
Figura 65: Parametri progettuali per la rete idranti secondo UNI 10779 e caratteristiche minime dell'alimentazione idrica secondo UNI EN 12845 (Fonte: Tabella V.15-5 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	103
Figura 66: Livelli di prestazione per rivelazione ed allarme (Fonte: Tabella V.15-7 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi).....	103
Figura 67: Livelli di prestazione per rivelazione ed allarme (Fonte: Tabella S.7-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	103
Figura 68: Soluzioni conformi per rivelazione ed allarme incendio (Fonte: Tabella S.7-3 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi).....	104
Figura 69: Funzioni principali degli IRAI secondo EN 54-1 e UNI 9795 (Fonte: Tabella S.7-5 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	104

Figura 70: Funzioni secondarie degli IRAI secondo EN 54-1 e UNI 9795 (Fonte: Tabella S.7-6 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	104
Figura 71: Livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.8-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	106
Figura 72: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.8-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	106
Figura 73: Livelli di prestazione per il controllo fumi e calore (Fonte: Tabella V.15-9 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	106
Figura 74: Tipi di dimensionamento per le aperture di smaltimento (Fonte: Tabella S.8-5 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi).....	107
Figura 75: Livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.9-1 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	108
Figura 76: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione (Fonte: Tabella S.9-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	108
Figura 77: Autonomia minima ed interruzione dell'alimentazione elettrica di sicurezza (Fonte: Tabella S.10-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	110
Figura 78: Modalità progettuali per soluzioni alternative sicurezza (Fonte: Tabella S.4-3 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi).....	112
Figura 79: Modalità progettuali per soluzioni alternative (Fonte: Tabella S.8-3 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	112
Figura 80: Sistema di riferimento locale.....	114
Figura 81: Sensori visibilità PT	115
Figura 82: Sensori di visibilità al P1 e T1	115
Figura 83: Sensori di visibilità al P2.....	116
Figura 84: Uscite finali al piano parterre	116
Figura 85: Uscite finali al piano primo	117
Figura 86: Uscite finali al piano secondo	117
Figura 87: Focolari predefiniti (Fonte: Tabella M.2-2 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	119
Figura 88: Durata minima degli scenari d'incendio di progetto (Fonte: Tabella M.2-1 Tabella S.8-3 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi)	120
Figura 89: Tempo medio di arrivo e durata intervento operativo in minuti (Fonte: annuario statistico	120

Figura 90: Tempo impiegato dalla squadra dei Vigili del Fuoco ad arrivare dalla sede centrale (Fonte: Google Maps).....	121
Figura 91: Focolare	124
Figura 92: Velocità di propagazione dell'incendio	125
Figura 93: Andamento della curva HRR(t)	125
Figura 94: Punti di estrazione dell'aria	127
Figura 95: Equazione per analisi di sensibilità della mesh (Fonte: Slides del corso di Fire Safety Engineering: modellazione dell'incendi, del Prof. Vancetti).....	128
Figura 96: Come è fatta una CPU, nell'immagine è riportata una CPU da 4 core (Fonte: https://www.nexthardware.com/focus/intel-sandy-bridge-architettura-152/3/).....	129
Figura 97: MPI Process (Fonte: https://cloudhpc.cloud/2022/01/28/fds-scalability/) ..	130
Figura 98: CPU della work station utilizzata	131
Figura 99: Divisione del dominio in 10 mesh	131
Figura 100: Mesh di divisione del dominio. Ogni mesh è codificata in funzione della dimensione delle celle, 02 se sono da 20 cm o con 04 se sono di 40 cm, questo numero è seguito dalla posizione rispetto l'ambiente di lavoro	132
Figura 101: Output del programma in Python che restituisce in automatico il valore di ASET	136
Figura 102: Grafico sensori di temperatura, output grafico da JupyterLite	137
Figura 103: Grafico sensori dell'irraggiamento, output grafico da JupyterLite	138
Figura 104: Grafico sensori di visibilità al piano secondo, output grafico da JupyterLite	139
Figura 105: Grafico sensori di visibilità piano parterre e primo, output grafico da JupyterLite.....	140
Figura 106: Grafico sensori FED, output grafico da JupyterLite.....	141
Figura 107: Posizionamento delle persone intorno al palco, in arancione sono stati individuati gli steward che gestiscono il parterre e le tribune.....	142
Figura 108: Posizionamento degli occupanti	143
Figura 109: Velocità nella letteratura scientifica (Fonte: Technical Report 16738).....	144
Figura 110: Velocità nella letteratura scientifica (Fonte: Technical Report 16738).....	144
Figura 111: Profili degli accompagnatori che è uguale in tutti gli altri casi ad eccezione della persona su sedia a rotelle.....	145
Figura 112: Profilo persona disabile su sedia a rotelle.....	145
Figura 113: Behaviors impostati	146

Figura 114: Behaviors impostati.....	146
Figura 115: Controllo, attivazione sistema evacuazione calore quando uno degli smoke detector si attiva.....	148
Figura 116: Tempo suggerito di pre-travel activity times M indica il livello di gestione della sicurezza antincendio; B indica il livello di complessità dell'edificio; A indica il livello del sistema di allarme (Fonte: pag.42 TR 16738)	149
Figura 117: Distinzione e definizione dei parametri A, B ed M (Fonte: Inail, Progettazione della misura esodo)	149
Figura 118: Numero di occupanti nell'arena in funzione del tempo - valutazione RSET	152
Figura 119: Larghezze unitarie per vie d'esodo orizzontali (Fonte: Tabella S.4-27 del DM 03 08 2015 Codice di Prevenzione Incendi).....	161
Figura 120: Tutte le uscite del parterre sono sottodimensionate, solo una porta per uscita è disponibile.....	163
Figura 121: Tutte le uscite del parterre sono sottodimensionate, solo due porte per uscita sono disponibile	163
Figura 122: Congestione massima che si ha all'esodo completato quando tutte le uscite al piano parterre sono indisposte ad eccezione della prima.....	165
Figura 123: Congestione massima che si ha all'esodo completato quando tutte le uscite al piano parterre sono indisposte ad eccezione della seconda	166
Figura 124: Congestione massima che si ha all'esodo completato quando tutte le uscite al piano parterre sono indisposte ad eccezione della terza	166
Figura 125: Congestione massima che si ha all'esodo completato quando tutte le uscite al piano parterre sono indisposte ad eccezione della quarta	167
Figura 126: Tutte le uscite del piano primo sono sottodimensionate, solo una porta per uscita è disponibile.....	168
Figura 127: Uscite indisposte 3,4 e 5.....	171
Figura 128: Uscite indisposte 1, 2 e 6.....	172
Figura 129: Tutte le uscite del piano secondo sono sottodimensionate, solo una porta per uscita è disponibile.....	173
Figura 130: Uscite indisposte 1, 2 e 6.....	177
Figura 131: Uscite indisposte 3, 4 e 5.....	177

