

PROGETTAZIONE DELLA MISURA ESODO

INAIL

Focus sulla misura S.4
del Codice di prevenzione incendi

- ESODO

2020



COLLANA RICERCHE

PROGETTAZIONE DELLA MISURA ESODO

INAIL

Focus sulla misura S.4
del Codice di prevenzione incendi

- ESODO

2020

Pubblicazione realizzata da

Inail

Dipartimento innovazioni tecnologiche
e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici

Responsabili scientifici

Raffaele Sabatino¹, Mara Lombardi², Marco Cavriani³, Gaetano Fede⁴

Autori

Raffaele Sabatino¹, Mara Lombardi², Davide Berardi², Andrea Michetti², Nicolò Sciarretta², Piergiacomo Cancelliere³, Emanuele Gissi³, Antonio Maggi³, Andrea Marino³, Marco Di Felice⁴, Alfredo Amico⁵, Martina Bellomia⁶, Vincenzo Cascioli⁷, Filippo Così⁸

¹ Inail, Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici

² "Sapienza" Università di Roma - DICMA

³ Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco

⁴ Consiglio Nazionale degli Ingegneri

⁵ Libero professionista - iscritto all'Ordine degli Ingegneri della provincia di Catania

⁶ Libero professionista - iscritta all'Ordine degli Architetti della provincia di Ragusa

⁷ Libero professionista - iscritto all'Ordine degli Ingegneri della provincia di Terni

⁸ Libero professionista - iscritto all'Ordine degli Ingegneri della provincia di Torino

per informazioni

Inail - Dipartimento innovazioni tecnologiche
e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici
via Roberto Ferruzzi, 38/40 - 00143 Roma
dit@inail.it
www.inail.it

© 2020 Inail

ISBN 978-88-7484-643-6

Gli autori hanno la piena responsabilità delle opinioni espresse nella pubblicazione, che non vanno intese come posizioni ufficiali dell'Inail.

Le pubblicazioni vengono distribuite gratuitamente e ne è quindi vietata la vendita nonché la riproduzione con qualsiasi mezzo. È consentita solo la citazione con l'indicazione della fonte.

La presente pubblicazione è il risultato della collaborazione tra Inail, Sapienza Università di Roma, Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco e Consiglio Nazionale degli Ingegneri nell'ambito dei progetti previsti nel Piano delle attività di ricerca dell'Inail per il triennio 2019/2021

INAIL



**CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI INGEGNERI**

Indice

Prefazione	11
1. Obiettivi	13
2. Introduzione	14
3. Le soluzioni fornite dal Codice - la misura antincendio S.4	15
S.4.1 Premessa	15
S.4.2 Livelli di prestazione	16
S.4.3 Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione	16
S.4.4 Soluzioni progettuali	16
S.4.5 Caratteristiche del sistema d'esodo	17
S.4.6 Dati di ingresso per la progettazione del sistema d'esodo	27
S.4.7 Requisiti antincendio minimi per l'esodo	28
S.4.8 Progettazione del sistema d'esodo	30
S.4.9 Eliminazione o superamento delle barriere architettoniche per l'esodo	44
S.4.10 Requisiti antincendio aggiuntivi per l'esodo	46
S.4.11 Esodo per attività all'aperto	47
S.4.12 Riferimenti	48
L'esodo nelle nuove RTV	50
4. Il dimensionamento dei sistemi d'esodo secondo le soluzioni conformi del Codice	53
<i>Stato dell'arte</i>	53
<i>Regole empiriche</i>	53
L'esodo nel Codice	54
<i>Metodologia</i>	56
<i>Strategia di calcolo</i>	58
<i>Modello di calcolo per il tempo di movimento</i>	59
<i>Applicazione del modello idraulico</i>	60
<i>Larghezza efficace delle vie d'esodo</i>	61
<i>Affidabilità del sistema d'esodo</i>	62
<i>Modello di calcolo per le larghezze unitarie</i>	63
<i>Larghezze minime delle vie d'esodo</i>	64
Confronto con la tradizione italiana	65
Confronto con BS 9999:2008	66
Conclusioni	66
Le soluzioni alternative del Codice per l'esodo, procedure analitiche e flessibilità progettuale	67
<i>Flessibilità progettuale</i>	67
<i>Ingegneria della sicurezza antincendio</i>	68
Esempi di progettazione in soluzione conforme	71
Caso studio 1: esodo da un ufficio; analisi comparativa tra le soluzioni Codice e d.m. 22 febbraio 2006	72
Premessa	72
Descrizione	72
Contestualizzazione dell'attività in relazione alla prevenzione incendi	75
<i>Riferimenti normativi</i>	75
Studio della problematica antincendio	76
Obiettivi dello studio	76
RTV d.m. 22 febbraio 2006	76
<i>Scopo e campo di applicazione</i>	76
<i>Classificazione</i>	76

Esodo secondo il d.m. 22 febbraio 2006	78
<i>Misure per l'evacuazione in caso di emergenza</i>	78
<i>Capacità di deflusso</i>	78
<i>Sistemi di vie di uscita</i>	78
<i>Numero delle vie di uscita</i>	78
<i>Larghezza delle vie di uscita</i>	79
<i>Lunghezza delle vie di uscita</i>	79
<i>Porte</i>	79
<i>Scale</i>	79
<i>Impianti di sollevamento</i>	80
<i>Attività accessorie</i>	80
<i>Locali per riunioni</i>	80
<i>Archivi e depositi</i>	81
RTV V.4 Attività Ufficio	82
<i>V.4.1 Campo di applicazione</i>	82
<i>V.4.2 Classificazione</i>	82
<i>V.4.3 Profili di rischio</i>	82
<i>Attribuzione dei livelli di prestazione</i>	83
Focus misura S.4 Esodo	84
<i>S.4.1 Premessa</i>	84
<i>S.4.2 Livelli di prestazione</i>	84
<i>S.4.3 Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione</i>	84
<i>S.4.4 Soluzioni progettuali</i>	84
<i>S.4.4.1 Soluzioni conformi per il livello di prestazione I</i>	84
<i>S.4.6 Dati di ingresso per la progettazione del sistema di esodo</i>	85
<i>S.4.6.1 Profilo di rischio Rvita di riferimento</i>	85
<i>S.4.6.2 Affollamento</i>	85
<i>S.4.7 Requisiti antincendio minimi per l'esodo</i>	87
<i>S.4.8 Progettazione del sistema d'esodo</i>	88
<i>S.4.8.1 Vie d'esodo ed uscite indipendenti</i>	88
<i>S.4.8.2 Corridoi ciechi</i>	89
<i>S.4.8.3 Lunghezze d'esodo</i>	91
<i>S.4.8.4 Altezza delle vie d'esodo</i>	91
<i>S.4.8.5 Larghezza delle vie d'esodo</i>	91
<i>S.4.8.6 Verifica di ridondanza delle vie d'esodo</i>	91
<i>S.4.8.7 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali</i>	92
<i>S.4.8.8 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo verticali</i>	93
<i>S.4.8.9 Calcolo della larghezza minima delle uscite finali</i>	97
<i>S.4.9 Eliminazione o superamento delle barriere architettoniche per l'esodo</i>	100
<i>S.4.5 Caratteristiche del sistema d'esodo</i>	101
Considerazioni a commento	104
Caso studio 2 A: esodo da un'autorimessa	105
Premessa	105
Descrizione	105
Contestualizzazione dell'attività in relazione alla prevenzione incendi	106
<i>Riferimenti normativi</i>	106
Studio della problematica antincendio	107
Obiettivi dello studio	107
RTV V.6 Autorimesse	107
<i>V.6.1 Scopo e campo di applicazione</i>	107
<i>V.6.3 Classificazioni</i>	107
<i>V.6.4 Profili di rischio</i>	107
<i>Attribuzione dei livelli di prestazione</i>	108
<i>V.6.5 Strategia antincendio (sintesi delle varie misure antincendio)</i>	108
Focus misura S.4 Esodo	111
<i>S.4.1 Premessa</i>	111
<i>S.4.2 Livelli di prestazione</i>	111
<i>S.4.3 Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione</i>	111
<i>S.4.4 Soluzioni progettuali</i>	111
<i>S.4.4.1 Soluzioni conformi per il livello di prestazione I</i>	111

S.4.6 Dati di ingresso per la progettazione del sistema di esodo	111
S.4.6.1 Profilo di rischio Rvita di riferimento	111
S.4.6.2 Affollamento	112
S.4.7 Requisiti antincendio minimi per l'esodo	112
S.4.8 Progettazione del sistema d'esodo	112
S.4.8.1 Vie d'esodo ed uscite indipendenti	112
S.4.8.2 Corridoi ciechi	113
S.4.8.3 Lunghezze d'esodo	113
S.4.8.4 Altezza delle vie d'esodo	115
S.4.8.5 Larghezza delle vie d'esodo	115
S.4.8.6 Verifica di ridondanza delle vie d'esodo	115
S.4.8.7 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali	115
S.4.8.8 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo verticali	118
S.4.8.9 Calcolo della larghezza minima delle uscite finali	119
S.4.9 Eliminazione o superamento delle barriere architettoniche per l'esodo	119
S.4.5.3 Vie d'esodo	119
S.4.5.6 Rampe d'esodo	120
S.4.5.7 Porte lungo le vie d'esodo	120
S.4.5.8 Uscite finali	121
S.4.5.9 Segnaletica d'esodo ed orientamento	121
S.4.5.10 Illuminazione di sicurezza	122
Considerazioni a commento	123
Caso studio 2 B: esodo da una autorimessa	124
Premessa	124
Descrizione	124
Contestualizzazione dell'attività in relazione alla prevenzione incendi	125
Riferimenti normativi	125
Studio della problematica antincendio	125
Obiettivi dello studio	125
RTV V.6 Autorimesse	125
V.6.1 Scopo e campo di applicazione	125
V.6.2 Classificazioni	125
V.6.4 Profili di rischio	126
Attribuzione dei livelli di prestazione	126
Focus misura S.4 Esodo	129
S.4.1 Premessa	129
S.4.2 Livelli di prestazione	129
S.4.3 Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione	129
S.4.4 Soluzioni progettuali	129
S.4.4.1 Soluzioni conformi per il livello di prestazione I	129
S.4.6 Dati di ingresso per la progettazione del sistema di esodo	129
S.4.6.1 Profilo di rischio Rvita di riferimento	129
S.4.6.2 Affollamento	130
S.4.7 Requisiti antincendio minimi per l'esodo	130
S.4.8 Progettazione del sistema d'esodo	130
S.4.8.1 Vie d'esodo ed uscite indipendenti	130
S.4.8.3 Lunghezze d'esodo	131
S.4.8.4 Altezza delle vie d'esodo	131
S.4.8.5 Larghezza delle vie d'esodo	131
S.4.8.6 Verifica di ridondanza delle vie d'esodo	131
S.4.8.7 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali	131
S.4.8.8 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo verticali	134
S.4.8.9 Calcolo della larghezza minima delle uscite finali	134
S.4.9 Eliminazione o superamento delle barriere architettoniche per l'esodo	134
S.4.5 Caratteristiche del sistema d'esodo	134
Considerazioni a commento	135
Caso studio 3: esodo da un albergo	136
Descrizione	136
Contestualizzazione dell'attività in relazione alla prevenzione incendi	137
Riferimenti normativi	137

Studio della problematica antincendio	138
Obiettivi dello studio	138
RTV V.5 Attività ricettive turistico-alberghiere	138
V.5.1 Scopo e campo di applicazione	138
V.5.2 Classificazioni	138
V.5.3 Profili di rischio	138
Attribuzione dei livelli di prestazione	138
V.5.4 Strategia antincendio (sintesi delle varie misure antincendio)	139
Focus misura S.4 Esodo	143
S.4.1 Premessa	143
S.4.2 Livelli di prestazione	143
S.4.3 Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione	143
S.4.4 Soluzioni progettuali	144
S.4.4.1 Soluzioni conformi per il livello di prestazione I	144
S.4.6 Dati di ingresso per la progettazione del sistema di esodo	144
S.4.6.1 Profilo di rischio Rvita di riferimento	144
S.4.6.2 Affollamento	144
S.4.8 Progettazione del sistema d'esodo	146
S.4.8.1 Vie d'esodo ed uscite indipendenti	146
S.4.8.2 Corridoi ciechi	148
S.4.8.3 Lunghezze d'esodo	150
S.4.8.4 Altezza delle vie d'esodo	151
S.4.8.5 Larghezza delle vie d'esodo	151
V.5.4.4 Esodo	151
S.4.8.6 Verifica di ridondanza delle vie d'esodo	151
S.4.8.7 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali	151
S.4.8.8 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo verticali	152
S.4.8.9 Calcolo della larghezza minima delle uscite finali	153
S.4.9 Eliminazione o superamento delle barriere architettoniche per l'esodo	153
S.4.5 Caratteristiche del sistema d'esodo	154
Considerazioni a commento	156
Caso studio 4: esodo da una scuola	157
Descrizione	157
Contestualizzazione dell'attività in relazione alla prevenzione incendi	159
Riferimenti normativi	159
Studio della problematica antincendio	159
Obiettivi dello studio	160
RTV V.7 Attività scolastiche	160
V.7.1 Scopo e campo di applicazione	160
V.7.2 Classificazioni	160
V.7.3 Profili di rischio	160
Attribuzione dei livelli di prestazione	161
V.7.4 Strategia antincendio (sintesi delle varie misure antincendio)	161
Focus misura S.4 Esodo	164
S.4.1 Premessa	164
S.4.2 Livelli di prestazione	164
S.4.3 Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione	164
S.4.4 Soluzioni progettuali	164
S.4.4.1 Soluzioni conformi per il livello di prestazione I	164
S.4.6 Dati di ingresso per la progettazione del sistema di esodo	165
S.4.6.1 Profilo di rischio Rvita di riferimento	165
S.4.6.2 Affollamento	165
S.4.7 Requisiti antincendio minimi per l'esodo	166
S.4.8 Progettazione del sistema d'esodo	167
S.4.8.1 Vie d'esodo ed uscite indipendenti	167
S.4.8.2 Corridoi ciechi	168
S.4.8.3 Lunghezze d'esodo	169
S.4.8.4 Altezza delle vie d'esodo	170

S.4.8.5 Larghezza delle vie d'esodo	170
S.4.8.6 Verifica di ridondanza delle vie d'esodo	170
S.4.8.7 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali	170
S.4.8.8 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo verticali	170
S.4.8.9 Calcolo della larghezza minima delle uscite finali	172
S.4.9 Eliminazione o superamento delle barriere architettoniche per l'esodo	173
S.4.5 Caratteristiche del sistema d'esodo	173
Considerazioni a commento	174
Esempi di progettazione in soluzione alternativa	175
Caso studio 5: esodo da un ufficio sito in un edificio vincolato	176
Descrizione	176
Dati salienti e attribuzione dei livelli di prestazione:	176
Contestualizzazione dell'attività in relazione alla prevenzione incendi	181
<i>Riferimenti normativi</i>	181
Studio della problematica antincendio	181
Obiettivi dello studio	181
<i>Definizione del progetto dell'esodo</i>	181
<i>Identificazione degli obiettivi di sicurezza antincendio per l'esodo</i>	181
<i>Calcolo dei tempi di esodo</i>	182
<i>Calcolo di RSET</i>	182
<i>Calcolo di ASET</i>	184
<i>Identificazione degli scenari d'incendio</i>	185
<i>Focolaio d'incendio</i>	185
<i>Individuazione degli scenari d'incendio di progetto</i>	186
<i>Risultati delle simulazioni</i>	187
<i>Criterio di ASET > RSET</i>	187
<i>Selezione delle soluzioni progettuali idonee</i>	187
Considerazioni a commento	193
Caso studio 6: esodo da un istituto universitario sito in un edificio vincolato	194
Descrizione	194
Dati salienti e attribuzione dei livelli di prestazione:	195
Contestualizzazione dell'attività in relazione alla prevenzione incendi	199
<i>Riferimenti normativi</i>	199
Studio della problematica antincendio	199
Obiettivi dello studio	199
<i>Definizione del progetto dell'esodo</i>	199
<i>Identificazione degli obiettivi di sicurezza antincendio per l'esodo</i>	199
<i>Calcolo dei tempi di esodo</i>	199
<i>Calcolo di RSET</i>	200
<i>Calcolo di ASET</i>	201
<i>Identificazione degli scenari d'incendio</i>	201
<i>Focolaio d'incendio</i>	202
<i>Individuazione degli scenari d'incendio di progetto</i>	204
<i>Scenario d'incendio per lo studio dell'esodo</i>	204
<i>Curva HRR-tempo - Scenario A</i>	205
<i>Curva HRR-tempo - Scenario B</i>	208
<i>Curva HRR-tempo - Scenario C</i>	211
<i>Curva HRR-tempo - Scenario D</i>	214
<i>Risultati delle simulazioni</i>	217
<i>Determinazione dei componenti di RSET</i>	217
<i>Criterio di ASET > RSET</i>	219
<i>Selezione delle soluzioni progettuali idonee</i>	220

Considerazioni a commento	227
Caso studio 7: esodo da un ospedale	228
Descrizione	228
Oggetto di studio	228
Dati salienti e attribuzione dei livelli di prestazione:	228
Contestualizzazione dell'attività in relazione alla prevenzione incendi	234
<i>Riferimenti normativi</i>	234
Studio della problematica antincendio	234
Obiettivi dello studio	234
<i>Definizione del progetto dell'esodo</i>	234
<i>Identificazione degli obiettivi di sicurezza antincendio per l'esodo</i>	235
<i>Calcolo dei tempi di esodo</i>	235
<i>Calcolo di RSET</i>	236
<i>Calcolo di ASET</i>	237
<i>Identificazione degli scenari d'incendio</i>	237
<i>Focolaio d'incendio</i>	239
<i>Individuazione degli scenari d'incendio di progetto</i>	240
<i>Scenario d'incendio per lo studio dell'esodo</i>	240
<i>Curve HRR-tempo</i>	241
<i>Risultati delle simulazioni</i>	242
<i>Criterio di ASET > RSET</i>	245
<i>Selezione delle soluzioni progettuali idonee</i>	251
Considerazioni a commento	252
Caso studio 8: esodo da un asilo nido sito in un edificio vincolato	253
Descrizione	253
Oggetto di studio	253
Dati salienti e attribuzione dei livelli di prestazione:	253
Contestualizzazione dell'attività in relazione alla prevenzione incendi	257
<i>Riferimenti normativi</i>	257
Studio della problematica antincendio	257
Obiettivi dello studio	257
<i>Valutazione del rischio di incendio negli asili nido</i>	258
<i>Utenti, definizione e caratterizzazione - gestione degli spazi</i>	259
<i>Definizione del progetto dell'esodo</i>	262
<i>Calcolo della superficie dello spazio calmo al piano primo</i>	263
<i>Nota sulla GSA (Cap.S.7)</i>	263
<i>Identificazione degli obiettivi di sicurezza antincendio per l'esodo</i>	264
<i>Calcolo dei tempi di esodo</i>	264
<i>Calcolo di RSET</i>	265
<i>Calcolo di ASET</i>	265
<i>Identificazione degli scenari d'incendio</i>	265
<i>Focolaio d'incendio</i>	267
<i>Scenario d'incendio per lo studio dell'esodo</i>	269
<i>Risultati delle simulazioni</i>	272
<i>Determinazione dei componenti di RSET</i>	272
<i>Criticità emerse</i>	274
<i>Introduzione di una modifica progettuale</i>	277
<i>Criterio di ASET > RSET</i>	280
<i>Selezione delle soluzioni progettuali idonee</i>	281
Considerazioni a commento	282
Bibliografia	283
Fonti immagini	283

Prefazione

La progettazione della sicurezza antincendio nelle attività soggette alle visite ed i controlli dei Vigili del Fuoco e, in generale, nei luoghi di lavoro, al fine di ridurre l'insorgenza di un incendio e di limitarne le conseguenze, è sancita dal d.p.r. 1 agosto 2011 n. 151 per le attività soggette, mentre nei luoghi di lavoro è prescritta dall'art. 17 del d.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i. (Testo unico per la sicurezza).

Le suddette misure, che si basano sulla preliminare valutazione del rischio incendio, possono essere individuate a partire da un approccio progettuale di tipo prescrittivo o di tipo prestazionale.

Si ribadisce che tali obblighi valgono anche in attività che non sono luoghi di lavoro in virtù del d.lgs. 139 dell'8 marzo 2006 e s.m.i..

La progettazione antincendio, nel rispetto della normativa vigente in materia, può essere effettuata elaborando soluzioni tecniche flessibili e aderenti alle specifiche caratteristiche ed esigenze delle attività soggette al controllo di prevenzione incendi (metodo prestazionale).

In questo contesto si inserisce il Codice di prevenzione incendi (Co.P.I.) il quale, senza effettuare uno strappo rispetto al passato, si propone come promotore del cambiamento, privilegiando l'approccio prestazionale, in grado di garantire standard di sicurezza antincendio elevati mediante un insieme di soluzioni progettuali, sia conformi che alternative.

In sostanza, il Codice rappresenta uno strumento finalizzato all'ottenimento degli obiettivi di sicurezza antincendio, caratterizzato da un linguaggio allineato con gli standard internazionali.

La strategia antincendio in esso rappresentata, in dipendenza dei livelli di prestazione scelti, garantisce i prefissati obiettivi di sicurezza, mediante diverse soluzioni progettuali, grazie alla compresenza ed all'apporto delle varie misure antincendio.

Si segnala che il d.m. 12 aprile 2019, modificando il d.m. 3 agosto 2015, prevede l'eliminazione del cosiddetto "doppio binario" per la progettazione antincendio delle attività soggette al controllo da parte dei VV.F.; in particolare sono stati introdotti due elementi:

- l'ampliamento del campo di applicazione del Codice (sono state inserite alcune nuove attività dell'allegato I al d.p.r. 1 agosto 2011 n. 151);
- l'obbligatorietà dell'utilizzo del Codice per la progettazione delle attività non normate, in luogo dei "criteri tecnici di prevenzione incendi".

In definitiva, risultano 42 le attività soggette comprese nel citato allegato 1, per le quali la Regola Tecnica Orizzontale (RTO) del Codice rappresenta l'unico riferimento progettuale possibile.

Peraltro, è recentemente entrato in vigore il d.m. 18 ottobre 2019, Modifiche all'allegato 1 al decreto del Ministro dell'interno 3 agosto 2015, recante «Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139». (19A06608) (GU Serie Generale n. 256 del 31 ottobre 2019 - Suppl. Ordinario n. 41).

Le motivazioni di tale revisione si leggono in premessa all'articolato:

Ritenuto necessario proseguire il percorso di aggiornamento delle vigenti disposizioni tecniche in materia di prevenzione incendi sulla base dei più aggiornati standard internazionali;

Ravvisata l'opportunità', in ragione dell'entità delle modifiche apportate, di sostituire integralmente alcune sezioni dell'allegato 1 al decreto del Ministro dell'interno del 3 agosto 2015, anche per favorire una più immediata lettura del testo.

Da ultimo si segnala la pubblicazione del d.m. 14 febbraio 2020¹ recante "Aggiornamento della sezione V dell'allegato 1 al decreto 3 agosto 2015, concernente l'approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi". (20A01155) (GU Serie Generale n. 57 del 6 marzo 2020), che aggiorna le cinque RTV finora pubblicate permettendo un completo allineamento con le modifiche introdotte dal d.m. 18 ottobre 2019.

In realtà le "nuove" RTV non riportano alcuna variazione sostanziale, eccettuata la correzione di un refuso nella tab. V.4-4 della RTV V.4 Uffici e dell'esplicitazione di qualche allineamento con la nuova versione del Codice (es.: par. V.5.4.4 della RTV V.5 Attività ricettive turistico-alberghiere); anche per questo motivo, nel prosieguo della pubblicazione, si continuerà a menzionare i decreti originari afferenti alla pubblicazione delle RTV.

Già nel 2016 il Consiglio Nazionale Ingegneri aveva curato la realizzazione di un primo sondaggio per testare la conoscenza ed il reale utilizzo del Codice di prevenzione incendi.

¹ Nell'Allegato 2 del d.m. 14 aprile 2020 sono riportate alcune correzioni relative alle classificazioni contenute nelle RTV4, RTV5 e RTV7

In quell'occasione il sondaggio vide coinvolti più di 2000 ingegneri - il 6,3% "professionisti antincendio" allora iscritti negli elenchi del Ministero dell'Interno - in merito al ricorso al Codice come metodo di progettazione per i progetti e le richieste di deroghe.

I risultati, pubblicati dal CNI sul proprio sito (www.tuttoingegnere.it) il 17 ottobre 2016, evidenziarono un notevole interesse verso le nuove potenzialità introdotte dal Codice ma, allo stesso tempo, un utilizzo non ancora sufficientemente diffuso dello stesso: oltre il 62% dei progettisti, infatti, pur avendo frequentato corsi di formazione incentrati sull'utilizzo del Codice, non aveva ancora provato ad utilizzarlo.

I professionisti che dichiaravano di averlo adottato non avevano fatto ricorso alle cosiddette soluzioni alternative.

Probabilmente, a causa della percepita complessità dello strumento normativo e conseguente aumento della responsabilità, al Codice era stato preferito il più "consolidato" metodo prescrittivo.

Ora, a quasi 4 anni dalla sua entrata in vigore, il Codice è stato oggetto di un nuovo sondaggio che ha analizzato tutti gli elementi riconosciuti critici nonché il grado di applicabilità e di conoscenza. L'indagine ha coinvolto quasi cinquemila ingegneri, esclusivamente professionisti antincendio iscritti all'Albo, che hanno risposto alle domande del sondaggio in forma anonima.

L'iniziativa è stata curata dal Centro Studi del Consiglio Nazionale degli Ingegneri, con il supporto del gruppo di lavoro sicurezza e prevenzione incendi del CNI.

I risultati del sondaggio confermano l'accoglimento favorevole del Codice di prevenzione incendi e delle sue potenzialità da parte dei professionisti, anche se si conferma il ritardo nell'assimilazione dei nuovi metodi e la difficoltà ad *interiorizzare il cambiamento di approccio progettuale*.

Gran parte degli intervistati restituisce ancora sentimenti di incertezza e timore sulle responsabilità stessi.

Sicuramente l'attività di miglioramento delle normative di settore relativamente agli aspetti di chiarezza ed uniformità favorirebbe la riduzione della percezione del "rischio professionale".

A conclusione del secondo sondaggio emerge che *gli ambiti soggetti ad ampio margine di miglioramento sono le capacità comunicative e propositive dei progettisti nei confronti del committente e soprattutto la qualità dell'offerta formativa e di aggiornamento periodico da parte degli Ordini*.

La Direzione Centrale Prevenzione e Sicurezza Tecnica del C.N.VV.F. ha effettuato un'analisi statistica sull'applicazione del Codice grazie all'attività di monitoraggio sui dati acquisiti dalle Direzioni Regionali dei VV.F..

Il periodo di riferimento è dalla data di entrata in vigore del Codice (18 novembre 2015) al 31 gennaio 2018.

L'analisi ha restituito i seguenti elementi:

- incremento di attività di progettazione con il Codice (da 54 progetti/mese nei primi due anni e mezzo dall'entrata in vigore del Codice a 86 progetti/mese nell'ultimo anno disponibile);
- applicazione del Codice non uniforme sul territorio nazionale (complessivamente il 60% dei progetti è stato presentato nelle regioni del centro-nord Italia - Piemonte, Lombardia, Veneto, Emilia Romagna e Toscana);
- utilizzo quasi esclusivo di soluzioni conformi;
- costanza del numero di progetti con soluzione conforme (indice di appropriatezza delle soluzioni tecniche associate ad un dato livello di prestazione);
- ricorso a soluzioni alternative per aspetti strutturali (resistenza al fuoco e compartimentazione) e per l'esodo;
- 82% delle pratiche è stato evaso con esito positivo (favorevole o favorevole condizionato).

L'attività di monitoraggio ha evidenziato che, per incrementare l'applicazione del Codice è necessario ampliare il numero delle attività progettabili con il ricorso all'approccio RTO/RTV e, quindi, emanare altre RTV per specifiche attività.

Tenuto conto dei risultati delle indagini condotte, al fine quindi di illustrare le potenzialità del Codice e di fornire degli strumenti esplicativi, incentrati su esempi pratici di progettazione, che sembrano rappresentare un'esigenza particolarmente sentita dai professionisti del settore, è stata attivata una collaborazione tra il Dipartimento di Ingegneria Chimica Materiali Ambiente - Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale - Università di Roma "Sapienza", il Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici - Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro e il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (C.N.VV.F.).

Saranno quindi sviluppati, secondo l'approccio e con gli obiettivi sopra evidenziati, una serie di compendi riguardanti, fondamentalmente, le dieci misure della strategia antincendio presenti nel Codice.

La presente pubblicazione si occupa delle tematiche relative alla misura *S.4 Esodo*.

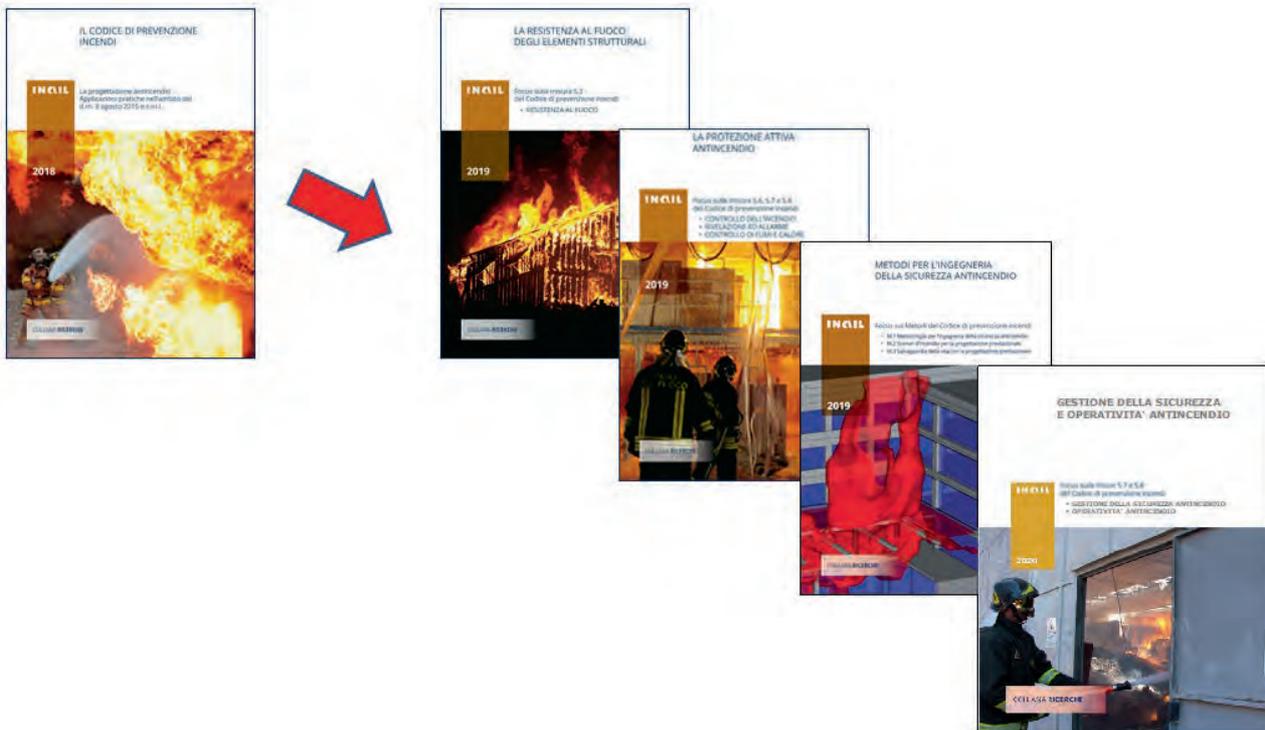
I risultati di tale attività potranno costituire, negli intenti dei promotori dell'attività di ricerca, uno strumento di supporto nella progettazione e gestione della sicurezza antincendio nei luoghi di lavoro e uno spunto di riflessione per i professionisti antincendio e, anche a scopo didattico, un ausilio pratico per gli studenti interessati alla formazione specialistica in materia di progettazione antincendio.

1. Obiettivi

L'utilizzo della metodologia del caso studio, normalmente adottata nel campo della ricerca empirica come tecnica che ha la funzione di approfondimento di una questione, nello specifico, si ritiene possa favorire l'apprendimento dei metodi e degli strumenti offerti dal Codice, illustrandone l'applicazione pratica in contesti reali.

Il caso studio consiste nella descrizione di una situazione realistica, a partire dalla quale s'intenderebbe sviluppare nel lettore le capacità analitiche necessarie per affrontare, in maniera sistematica, una situazione reale, nella sua effettiva complessità.

L'obiettivo del ricorso al caso studio, quindi, non è quello di risolvere un problema, bensì di fornire al lettore degli strumenti pratici volti ad affrontare le varie problematiche reali, ad inquadrarle normativamente ed a collocarle nell'ambito del protocollo fornito dal Codice.



Nella presente pubblicazione, saranno descritte alcune applicazioni inerenti lo studio dell'esodo, evidenziando, in particolare, come l'adozione della sezione S.4 impatta sulle attività soggette al controllo di prevenzione incendi in funzione delle specificità delle stesse.

Si rappresenta che la presente pubblicazione ha scopo divulgativo e non costituisce in alcun modo una linea guida né un canone interpretativo vincolante.

I casi studio trattati si riferiscono a situazioni ipotizzate dagli autori a soli fini esplicativi.

I giudizi di valore rappresentano l'opinione degli autori ed in nessun caso costituiscono istruzioni in merito a soluzioni tecniche vincolanti.

Anche l'impiego di modelli di calcolo, formule, valutazioni, grafici e tabelle sono riportati nella presente pubblicazione al solo fine divulgativo e pertanto viene declinata qualsiasi responsabilità in merito all'effettivo utilizzo degli stessi.

In ogni caso gli autori declinano qualsiasi responsabilità in merito alle soluzioni tecniche illustrate ed alla loro eventuale concreta applicazione.

2. Introduzione

Il presente quaderno della collana è dedicato alla misura antincendio S.4 "Esodo" del Codice di prevenzione incendi.

Com'è noto, l'obiettivo della salvaguardia della vita umana costituisce il leitmotiv della prevenzione incendi che, declinato secondo leggi di progettazione tecnica e principi di gestione dell'emergenza, permea l'apparato normativo vigente in continuità con l'orientamento preesistente.

Ciò risulta confermato già alla lettura della premessa riportata nella misura S.4 del d.m.18 ottobre 2019 nella quale si confermano quei principi che consentono di garantire l'obiettivo richiamato:

1. *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 prima indicazione introdotta è che la progettazione sia integrata allo scopo di verificare l'efficacia del sistema d'esodo e non del singolo percorso, in condizioni di emergenza dettate dalla presenza di un incendio e per il tempo disponibile a garantire che l'esodo si concluda prima del raggiungimento di condizioni termofluidodinamiche inabilitanti sulle prestazioni psicofisiche degli occupanti.

La verifica è effettuata con riferimento al concetto di ambito, che viene qui introdotto e che costituisce la peculiare novità della misura S.4 e, più in generale, del Codice.

2. *Il sistema d'esodo deve assicurare la prestazione richiesta a prescindere dall'intervento dei Vigili del fuoco.*

Il richiamo alla prestazione ribadisce il concetto di misurabilità dell'efficacia della progettazione del sistema d'esodo, che deve consentire, richiamando livelli di prestazione differenti, il raggiungimento di un luogo sicuro o la permanenza al sicuro in modo autonomo ed indipendente dall'intervento esterno, a maggiore garanzia degli occupanti.

3. *Le modalità previste per l'esodo sono le seguenti:*

- a. *esodo simultaneo;*
- b. *esodo per fasi;*
- c. *esodo orizzontale progressivo;*
- d. *protezione sul posto.*

La progettazione del sistema d'esodo offre soluzioni differenziate in funzione della complessità dell'attività.

Le modalità di realizzazione del sistema d'esodo sono definite nel Cap. G.1, par. 9.

Le garanzie derivanti dalla scelta di sistemi d'esodo coerenti con i punti a, b e c implicano che gli occupanti siano assicurati nell'allontanamento dall'ambito fino al raggiungimento del luogo sicuro.

Il punto d implica, invece, che l'ambito garantisca un'adeguata condizione di protezione degli occupanti in condizioni di emergenza.

Come già accennato, il concetto di *ambito*, che consente un livello di verifica puntuale della progettazione antincendio, viene introdotto al par. G.1.7 - Geometria:

4. **Ambito**²: *porzione delimitata dell'attività avente la caratteristica o la qualità descritta nella specifica misura*

Si delinea, quindi, la possibilità di selezionare l'area dell'attività in funzione di un attributo descritto nella misura che si intende applicare ai fini della progettazione.

Il concetto sarà approfondito nei casi studio selezionati ai fini dell'applicazione del Cap. S.4.

Il presente quaderno contiene esempi di selezione e progettazione di attività soggette al controllo di prevenzione incendi.

² L'ambito può riferirsi all'intera attività o parte di essa. Ad esempio: piano, compartimento, opera da costruzione, area a rischio specifico, area all'aperto, area sotto tettoia, ...

3. Le soluzioni fornite dal Codice - la misura antincendio S.4



MISURA ANTINCENDIO: S.4 ESODO

S.4.1 Premessa

1. 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.

Nota: Gli occupanti raggiungono l'incapacitazione quando diventano inabili a mettersi al sicuro a causa degli effetti dell'incendio (capitolo M.3)

2. Il sistema d'esodo deve assicurare la prestazione richiesta a prescindere dall'intervento dei Vigili del fuoco.

Nota: Ad esempio, la funzione richiesta agli spazi calmi è quella di consentire agli occupanti di attendere l'assistenza dei soccorritori per completare l'esodo verso luogo sicuro.

3. Le modalità previste per l'esodo sono le seguenti:

- a. *esodo simultaneo;*
- b. *esodo per fasi;*

Nota: L'esodo per fasi si attua ad esempio in: edifici di grande altezza, ospedali, multisale, centri commerciali, grandi uffici, attività distribuite, attività con profilo di rischio $R_{ambiente}$ significativo, ...

- c. *esodo orizzontale progressivo;*

Nota: L'esodo orizzontale progressivo si attua ad esempio nei reparti di degenza degli ospedali.

- d. *protezione sul posto.*

Nota: La protezione sul posto si attua ad esempio in: centri commerciali, mall, aerostazioni, ...

4. Il presente capitolo non tratta le tematiche riguardanti la gestione della folla.

Nota Le definizioni di esodo simultaneo, esodo per fasi, esodo orizzontale progressivo, protezione sul posto, gestione della folla sono reperibili nel capitolo G.1.

La introduzione delle problematiche di esodo nella prevenzione incendi definisce uno degli aspetti cruciali della progettazione e della conseguente verifica delle soluzioni antincendio.

Il comportamento umano, tanto più in condizioni di pericolo reale o percepito come tale, a causa della propria complessità, rientra nel novero degli studi di ricerca internazionale più avanzati attualmente in corso che necessita di un orientamento multidisciplinare.

Pertanto, un approccio sistematico che possa fornire indicazioni specifiche al riguardo va ricercato in ambiti specifici della prevenzione incendi, correlati principalmente a temi di ricerca specialistica applicata alla comprensione, interpretazione, classificazione, modellazione e gestione dei comportamenti umani.

Per questo motivo la misura S.4 del Codice introduce, nella versione vigente, anche le problematiche connesse alla gestione della folla (*crowd management*).

Nell'ambito della progettazione dell'esodo finalizzata alla prevenzione incendi, quindi, a parte le eccezioni per le quali è possibile far riferimento a bibliografia scientifica e studi di settore, si tende a fornire indicazioni basate su una visione generale, statistica, mediata su condizioni di minore complessità gestite con modalità standardizzate, pur preservando la valutazione dei fenomeni caratteristici principali, quali ad esempio i tempi di coda o gli affollamenti lungo un percorso di esodo.

La misura S.4 del Codice, seguendo le indicazioni dello stato dell'arte internazionale, fornisce una tale visione integrata in modo che le problematiche di esodo nella prevenzione incendi possano trovare soluzioni che risolvano questioni di specifico interesse offrendo la possibilità di confrontare scelte progettuali al fine di individuare quella più adatta.

Questo è possibile, vale la pena ribadire, proprio grazie all'impostazione generale dell'intero Codice: l'integrazione di tutti gli aspetti della prevenzione incendi in modo che la sinergia delle singole misure (S.1-S.10) consenta un ampio ventaglio di soluzioni possibili.

La misura S.4 considera l'esodo come "sistema", ossia una integrazione di parti componenti ed interagenti, la cui finalità è di consentire agli occupanti di una attività di raggiungere una posizione in cui gli effetti dell'incendio non arrecano danno.

Tale posizione è rappresentata o da un luogo sicuro da raggiungere o da una posizione sicura interna all'attività.

Si illustrano, nel dettaglio, le previsioni del Cap. S.4 del Codice:

S.4.2 Livelli di prestazione

Nella tab. S.4-1 sono riportati i livelli di prestazione, per la misura Esodo, attribuibili agli *ambiti* dell'attività:

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

S.4.3 Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

Nella tab. S.4-2 sono riportati i criteri *generalmente accettati* per l'attribuzione dei singoli livelli di prestazione:

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

S.4.4 Soluzioni progettuali

S.4.4.1 Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

1. Il sistema d'esodo deve essere progettato iterativamente come segue:
 - a. si definiscono i dati di ingresso di cui al paragrafo S.4.6: profilo di rischio R_{vita} di riferimento ed affollamento;
 - b. si assicurano i requisiti antincendio minimi del paragrafo S.4.7;
 - c. si definisce lo schema delle vie d'esodo fino a luogo sicuro e lo si dimensiona secondo le indicazioni dei paragrafi S.4.8 ed S.4.9: numero di vie d'esodo ed uscite, corridoi ciechi, luoghi sicuri temporanei e lunghezze d'esodo, larghezza di vie d'esodo ed uscite finali, superficie dei luoghi sicuri e degli spazi calmi, ...
 - d. si verifica la rispondenza del sistema d'esodo alle caratteristiche di cui al paragrafo S.4.5. Qualora la verifica non sia soddisfatta, si reitera la procedura.
2. Possono essere eventualmente previsti i requisiti antincendio aggiuntivi del paragrafo S.4.10.
3. Qualora l'attività sia svolta prevalentemente all'aperto, devono essere impiegate nella loro completezza anche le indicazioni di cui al paragrafo S.4.11.

S.4.4.2 Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

1. Non è indicata soluzione conforme.

Nota: Si può ricorrere alle soluzioni alternative di cui al paragrafo S.4.4.3.

S.4.4.3 Soluzioni alternative

1. Sono ammesse soluzioni alternative per tutti i livelli di prestazione.
2. Al fine di dimostrare il raggiungimento del livello di prestazione, il progettista deve impiegare uno dei metodi del paragrafo G.2.7.
3. In tabella S.4-3 sono riportate alcune modalità generalmente accettate per la progettazione di soluzioni alternative. Il progettista può comunque impiegare modalità diverse da quelle elencate.

Oggetto della soluzione	Modalità progettuale
Caratteristiche 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).

TABELLA S.4-3: MODALITÀ PROGETTUALI PER SOLUZIONI ALTERNATIVE

S.4.5 Caratteristiche del sistema d'esodo

Nota: Le definizioni di sistema d'esodo, luogo sicuro, luogo sicuro temporaneo, via d'esodo, percorso d'esodo e spazio calmo si trovano nel capitolo G.1.

S.4.5.1 Luogo sicuro

1. Si considera *luogo sicuro* per l'attività almeno una delle seguenti soluzioni:
 - a. la *pubblica via*,
 - b. ogni altro *spazio a cielo libero* sicuramente collegato alla pubblica via in ogni condizione d'incendio, che non sia investito dai prodotti della combustione, in cui il massimo irraggiamento dovuto all'incendio sugli occupanti sia limitato a 2,5 kW/m², in cui non vi sia pericolo di crolli, che sia idoneo a contenere gli occupanti che lo impiegano durante l'esodo.
2. Si ritengono soddisfatte le condizioni del comma 1, lettera b applicando tutti i seguenti criteri:

- i. la distanza di separazione che limita l'irraggiamento sugli occupanti è calcolata con i metodi previsti al capitolo S.3; tale distanza è da ritenersi cautelativa anche nei confronti dei prodotti della combustione;
- ii. qualora all'opera da costruzione sia attribuito livello di prestazione per la resistenza al fuoco inferiore a III (capitolo S.2), a meno di valutazioni più approfondite da parte del progettista, la distanza minima per evitare il pericolo di crollo è pari alla sua massima altezza;
- iii. la minima superficie lorda è calcolata tenendo in considerazione le superfici minime per occupante di tabella S.4-36.

Nota: Nella tabella S.4-33 è riportato un esempio di calcolo della minima superficie lorda.

3. Il luogo sicuro dovrebbe essere contrassegnato con segnale UNI EN ISO 7010-E007, esemplificato in tabella S.4-8.

S.4.5.2 Luogo sicuro temporaneo

1. Relativamente ad un compartimento, si considera luogo sicuro temporaneo qualsiasi altro *compartimento o spazio scoperto*, che può essere attraversato dagli occupanti per raggiungere il luogo sicuro tramite il sistema d'esodo senza rientrare nel compartimento in esame.

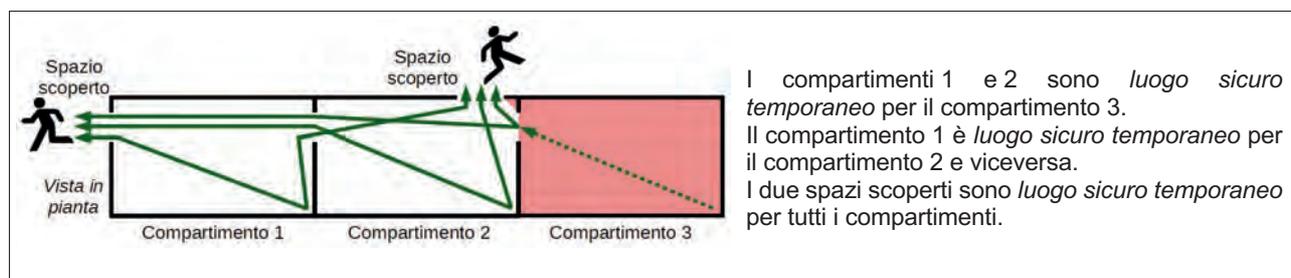


TABELLA S.4-4: ESEMPI DI LUOGO SICURO TEMPORANEO

S.4.5.3 Vie d'esodo

1. Ai fini delle vie d'esodo, non devono essere considerati i seguenti percorsi:
 - a. scale portatili;
 - b. ascensori;
 - c. rampe con pendenza superiore al 20%;

Nota: Le rampe con pendenza superiore al 5% sono considerate vie d'esodo verticali. In generale gli occupanti con disabilità motorie non possono percorrere autonomamente rampe di pendenza superiore all'8%. Rampe con pendenza superiore al 12% dovrebbero essere impiegate per l'esodo solo eccezionalmente.

- d. scale e marciapiedi mobili non progettati secondo le indicazioni del paragrafo S.4.5.5.
2. È ammesso l'uso di scale alla marinara a servizio di locali ove vi sia basso affollamento ed esclusiva presenza di personale specificatamente formato (es. locali impianti o di servizio, cabine di manovra, cavedi impiantistici, ...).
3. Tutte le superfici di calpestio delle vie d'esodo non devono essere sdruciolevoli, né presentare avvallamenti o sporgenze pericolose e devono essere in condizioni tali da rendere sicuro il movimento ed il transito degli occupanti.
4. Il fumo ed il calore dell'incendio smaltiti o evacuati dall'attività non devono interferire con le vie d'esodo.

Nota: Ad esempio, non sono accettabili aperture di smaltimento o evacuatori di fumo e calore (capitolo S.8) sottostanti o adiacenti a vie d'esodo esterne.

S.4.5.3.1 Via d'esodo protetta

1. I percorsi d'esodo protetti (es. corridoi, scale, rampe, atri, ...) devono essere inseriti in vani protetti ad essi dedicati.

In tali vani è generalmente ammessa la presenza di impianti tecnologici e di servizi ausiliari al funzionamento dell'attività, nel rispetto dei vincoli imposti nei capitoli S.10 e V.3.

Nota: Ad esempio: ascensori, montacarichi, montalettighe, scale mobili, marciapiedi mobili, impianti elettrici civili, impianti antincendio, ...

2. Le scale d'esodo protette devono condurre in luogo sicuro direttamente o almeno tramite percorso d'esodo protetto.

Nota: Anche in tali percorsi vale quanto previsto in merito alla presenza di impianti tecnologici e di servizi.

S.4.5.3.2 Via d'esodo a prova di fumo

1. I percorsi d'esodo a prova di fumo (es. corridoi, scale, rampe, atri, ...) devono essere inseriti in vani a prova di fumo ad essi dedicati.

In tali vani è generalmente ammessa la presenza di impianti tecnologici e di servizi ausiliari al funzionamento dell'attività, nel rispetto dei vincoli imposti nei capitoli S.10 e V.3.

Nota: Ad esempio: ascensori, montacarichi, montalettighe, scale mobili, marciapiedi mobili, impianti elettrici civili, impianti antincendio, ...

2. Le scale d'esodo a prova di fumo devono condurre in luogo sicuro direttamente o tramite percorso d'esodo a prova di fumo. Qualora il percorso d'esodo fino a luogo sicuro sia solo *protetto*, l'intera via d'esodo può essere considerata equivalente ad una via d'esodo *protetta*.

Nota: Anche in tali percorsi vale quanto previsto in merito alla presenza di impianti tecnologici e di servizi.

S.4.5.3.3 Via d'esodo esterna

1. Le vie d'esodo esterne (es. scale, rampe, passerelle, camminamenti, ...) devono essere completamente esterne alle opere da costruzione. Inoltre, durante l'esodo degli occupanti, non devono essere soggette ad irraggiamento dovuto all'incendio superiore a $2,5 \text{ kW/m}^2$ e non devono essere investite dai prodotti della combustione.

È generalmente ammessa la prossimità di impianti tecnologici e di servizi ausiliari al funzionamento dell'attività, nel rispetto dei vincoli imposti nei capitoli S.10 e V3.

Nota: Ad esempio: ascensori, montacarichi, montalettighe, scale mobili, marciapiedi mobili, impianti elettrici civili, impianti antincendio, ...

2. Si ritengono soddisfatte le condizioni del comma 1 applicando almeno uno dei criteri di cui alla tabella S.4-5.
3. Ai fini delle prestazioni, una via d'esodo esterna è considerata equivalente:
 - a. per piani con quota $\leq 24 \text{ m}$, ad una via d'esodo a prova di fumo con caratteristiche di *filtro*;
 - b. nei restanti casi, ad una via d'esodo *protetta* con caratteristiche di *filtro*.

Nota: Ovunque nel testo si richieda una via d'esodo a prova di fumo, via d'esodo a prova di fumo con caratteristiche di filtro, via d'esodo protetta, via d'esodo protetta con caratteristiche di filtro può essere impiegata una via d'esodo esterna, con le limitazioni di cui al presente comma.

Nota: La via d'esodo esterna ha un grado di protezione maggiore della semplice via d'esodo che attraversi uno spazio a cielo libero.

- Le scale d'esodo esterne devono condurre in luogo sicuro direttamente o tramite percorso d'esodo a prova di fumo o via d'esodo esterna. Qualora il percorso d'esodo fino a luogo sicuro sia solo *protetto*, l'intera via d'esodo può essere considerata equivalente ad una via d'esodo protetta.

Nota: Anche in tali percorsi vale quanto previsto in merito alla presenza di impianti tecnologici e di servizi.

S.4.5.3.4 Via d'esodo senza protezione

- Le vie d'esodo senza protezione sono tutte quelle che non possono essere classificate come protette, a prova di fumo o esterne.

Nota: Come descritto nell'illustrazione Illustrazione S.4-1, tra le vie d'esodo si distinguono quelle con un certo grado di protezione dall'incendio, da tutte le altre denominate senza protezione.



ILLUSTRAZIONE S.4-1: CLASSIFICAZIONE DELLE VIE D'ESODO IN FUNZIONE DELLA PROTEZIONE DALL'INCENDIO

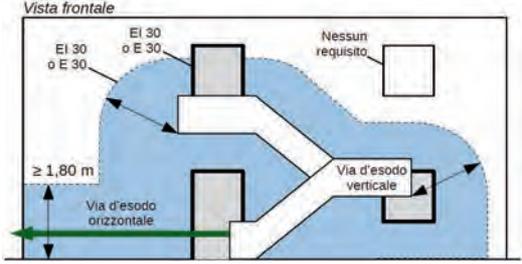
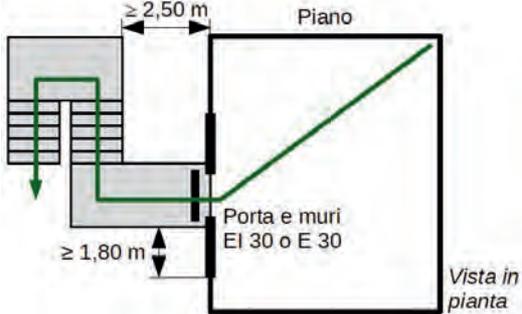
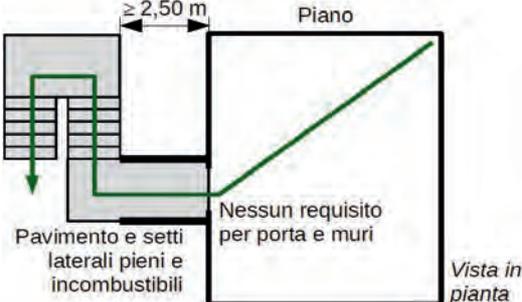
Criterio	Caratteristiche	Esempio
1	<p>La porzione di chiusura d'ambito dell'opera da costruzione su cui è collocata la via d'esodo esterna (orizzontale o verticale, anche adiacente all'opera da costruzione) deve possedere caratteristiche di resistenza al fuoco non inferiori a EI 30, oppure E 30 nel caso di vie d'esodo realizzate con materiali e strutture incombustibili.</p> <p>Tale porzione è ottenuta come <i>area di influenza</i> della proiezione del piano di calpestio della via d'esodo sulla costruzione con r_{offset} pari a 1,80 m.</p> <p>La porzione ottenuta è prolungata perpendicolarmente fino al più basso <i>piano di riferimento</i> o fino a terra.</p> <p>Gli infissi, anche parzialmente ricompresi nella porzione, devono avere pari classe di resistenza al fuoco.</p>	
2	<p>La via d'esodo esterna (orizzontale o verticale) deve essere distaccata di almeno 2,50 m dall'opera da costruzione, da aperture di smaltimento o di evacuazione di fumi e calore dell'incendio.</p> <p>Deve essere collegata alle porte di piano tramite passerelle realizzate con materiali incombustibili. Le passerelle devono essere protette dall'incendio tramite l'adozione della soluzione del criterio 1.</p>	
3	<p>La via d'esodo esterna (orizzontale o verticale) deve essere distaccata di 2,50 m dall'opera da costruzione, da aperture di smaltimento o di evacuazione di fumi e calore dell'incendio.</p> <p>Se collegata alle porte di piano tramite passerelle, queste devono essere realizzate con materiali incombustibili. Le passerelle devono essere protette dall'incendio per mezzo di pavimentazione e setti laterali pieni, realizzati con materiale incombustibile; l'altezza dei setti laterali si deve estendere per non meno di 2 m dal piano di calpestio.</p>	

TABELLA S.4-5: CRITERI PER LA REALIZZAZIONE DI VIE D'ESODO ESTERNE ORIZZONTALI O VERTICALI

S.4.5.4 Scale d'esodo

1. Quando un pavimento inclinato immette in una scala d'esodo, la pendenza deve interrompersi almeno ad una distanza dalla scala pari alla larghezza della stessa.
2. Le scale d'esodo devono essere dotate di corrimano laterale. Le scale d'esodo di larghezza maggiore di 2400 mm dovrebbero essere dotate di uno o più corrimano centrali.
3. Le scale d'esodo devono consentire l'esodo senza inciampo degli occupanti. A tal fine:
 - a. i gradini devono avere alzata e pedata costanti;
 - b. devono essere interrotte da pianerottoli di sosta.
4. Sono ammessi gradini con alzata o pedata variabili, per brevi tratti segnalati, lungo le vie d'esodo da ambiti ove vi sia esclusiva presenza di personale specificamente formato od occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti (es. locali impianti o di servizio, piccoli depositi, ...), oppure secondo le risultanze di specifica valutazione del rischio.
5. Dovrebbero essere evitate scale d'esodo composte da un solo gradino in quanto fonte d'inciampo. Se il gradino singolo non è eliminabile, deve essere opportunamente segnalato.

S.4.5.5 Scale e marciapiedi mobili d'esodo

1. Le scale ed i marciapiedi mobili possono essere considerati ai fini del calcolo delle vie di esodo alle seguenti condizioni:
 - a. l'attività deve essere sorvegliata da IRAI con livello di prestazione IV (capitolo S.7);
 - b. l'attività deve avere livello di prestazione III per la gestione della sicurezza antincendio (capitolo S.5) e la modalità di gestione delle scale e dei marciapiedi mobili deve essere inserita nel piano d'emergenza;
 - c. deve essere effettuata valutazione del rischio d'ostacolo all'esodo degli occupanti da parte di oggetti eventualmente presenti lungo il percorso (es. carrelli, merci, ...).
2. Sono ammesse le seguenti modalità di gestione delle scale e dei marciapiedi mobili in caso d'emergenza: fermata e mantenimento in posizione, mantenimento del moto, fermata ed inversione del moto.
L'attuazione di ciascuna modalità di gestione deve essere finalizzata alla migliore gestione dell'esodo in sicurezza.

Nota: Ad esempio, attraverso modalità di fermata o di inversione del moto gradualmente, accompagnate da segnalazioni visive ed acustiche.

Nota: Le scale ed i marciapiedi mobili d'esodo devono soddisfare anche i requisiti previsti nel capitolo S.10.

S.4.5.6 Rampe d'esodo

1. In corrispondenza di accessi o uscite, le rampe d'esodo devono prevedere pianerottoli di dimensioni pari almeno alla larghezza complessiva del varco.

Nota: Se lo scopo della rampa è il superamento di barriere architettoniche, devono essere rispettate anche le relative disposizioni. Si veda anche il paragrafo S.4.9.

S.4.5.7 Porte lungo le vie d'esodo

2. Le porte installate lungo le vie d'esodo devono essere facilmente identificabili ed apribili da parte di tutti gli occupanti.
3. L'apertura delle porte non deve ostacolare il deflusso degli occupanti lungo le vie d'esodo.

Nota: Ad esempio, le porte che si aprono su pianerottoli o corridoi non devono ridurre la larghezza calcolata del percorso d'esodo, né creare pericolo per gli occupanti durante l'esodo.

4. Le porte devono aprirsi su aree piane orizzontali, di profondità almeno pari alla larghezza complessiva del varco.
5. Qualora, per necessità connesse a particolari esigenze d'esercizio dell'attività o di sicurezza antintrusione, sia necessario cautelarsi da un uso improprio delle porte, è consentita l'adozione di idonei e sicuri sistemi di controllo ed apertura delle porte. In tali casi, la gestione della sicurezza antincendio dell'attività (capitolo S.5) deve prevedere le modalità di affidabile, immediata e semplice apertura di tali porte in caso di emergenza.

S.4.5.7.1 Porte ad apertura manuale

1. Al fine di consentire l'affidabile, immediata e semplice apertura delle porte ad apertura manuale in condizioni di elevata densità di affollamento, ciascuna porta deve possedere i requisiti della tabella S.4-6 in funzione delle caratteristiche dell'ambito servito e del numero di occupanti dell'ambito che impiegano tale porta nella condizione d'esodo più gravosa.

Nota: Si riportano esempi di calcolo nella tabella S.4-7.

2. In alternativa a porte munite dei dispositivi di apertura della tabella S.4-6, sono comunque ammesse porte apribili nel verso dell'esodo, a condizione che le stesse siano progettate e realizzate a regola d'arte e che l'apertura durante l'esercizio possa avvenire a semplice spinta sull'intera superficie della porta.

S.4.5.7.2 Porte ad azionamento automatico

1. Lungo le vie d'esodo è consentito installare porte ad azionamento automatico dello specifico tipo previsto dalla norma UNI EN 16005. Tali porte non devono costituire intralcio all'esodo degli occupanti, in particolare in caso di emergenza, in assenza di alimentazione elettrica, in caso di guasto.

Nota: Le porte ad azionamento automatico devono rispettare i requisiti essenziali di salute e di sicurezza previsti all'allegato I della direttiva 2006/42/CE del 17 maggio 2006.

2. Le porte ad azionamento automatico devono essere inserite nella progettazione della GSA dell'attività (capitolo S.5).

S.4.5.7.3 Tornelli

1. È consentito installare tornelli e varchi automatici per il controllo degli accessi lungo le vie d'esodo. Essi non devono costituire intralcio all'esodo degli occupanti, in particolare in caso di emergenza, in assenza di alimentazione elettrica, in caso di guasto.

Nota: Ad esempio, ciò può essere conseguito con un sistema di sgancio automatico dei tornelli asservito ad IRAI, mediante presidio dei tornelli e comando di sgancio anche da postazione remota o con meccanismi di apertura ridondanti.

2. I tornelli ed i relativi sistemi ed accessori di azionamento, controllo e comando devono essere inseriti nella progettazione della GSA dell'attività (capitolo S.5).

Ambito servito	Caratteristiche della porta		
	Occupanti serviti [1]	Verso di apertura	Dispositivo di apertura
Ambiti dell'attività non aperti al pubblico	n > 50 occupanti	Nel senso dell'esodo [2]	UNI EN 1125 [3]
Ambiti dell'attività aperti al pubblico	n > 25 occupanti		
Aree a rischio specifico	n > 10 occupanti		UNI EN 179 [3] [4]
	n > 5 occupanti		
Altri casi	Secondo risultanze della valutazione del rischio [5]		

[1] Numero degli occupanti che impiegano la singola porta nella condizione d'esodo più gravosa, considerando anche la verifica di ridondanza di cui al paragrafo S.4.8.6.

[2] Qualora l'esodo possa avvenire nelle due direzioni devono essere previste specifiche misure (es. porte distinte per ciascuna direzione, porte apribili nelle due direzioni, porte ad azionamento automatico, segnaletica variabile, ...). Sono escluse dal verso di apertura le porte ad azionamento automatico del tipo a scorrimento.

[3] Oppure dispositivo per specifiche necessità, da selezionare secondo risultanze della valutazione del rischio (es. EN 13633, EN 13637, ...).

[4] I dispositivi UNI EN 179 sono progettati per l'impiego da parte di personale specificamente formato.

[5] Ove possibile, è preferibile che il verso di apertura sia comunque nel senso dell'esodo, anche qualora si mantenga il dispositivo di apertura ordinario.

TABELLA S.4-6: CARATTERISTICHE DELLE PORTE AD APERTURA MANUALE LUNGO LE VIE D'ESODO

Esempio	Calcolo	
	Locale 1	[1] $120p : 3 = 40p > 25p$ [3] [2] UNI EN 1125, nel senso dell'esodo
	Locale 2	[1] $20p \leq 25p$ [2] Secondo valutazione del rischio
	Corridoio	[1] $120p : 4 \cdot 3 + 20p = 110p > 25p$ [4] [2] UNI EN 1125, nel senso dell'esodo
	Locale 1	[1] $72p : 3 = 24p \leq 25p$ [3] [2] Secondo valutazione del rischio
	Locale 2	[1] $10p \leq 25p$ [2] Secondo valutazione del rischio
	Corridoio	[1] $72p : 4 \cdot 3 + 10p = 64p > 25p$ [4] [2] UNI EN 1125, nel senso dell'esodo
	Locale 1	[1] $28p : 3 \approx 10p \leq 25p$ [3] [2] Secondo valutazione del rischio
	Locale 2	[1] $4p \leq 25p$ [2] Secondo valutazione del rischio
	Corridoio	[1] $28p : 4 \cdot 3 + 4p = 25p \leq 25p$ [4] [2] Secondo valutazione del rischio
[1] Numero occupanti serviti dalla singola porta nella condizione d'esodo più gravosa [2] Dispositivo e verso di apertura di tutte le porte del locale [3] Con verifica di ridondanza, ipotizzando indisponibile una qualsiasi delle vie d'esodo del locale 1 [4] Nella condizione d'esodo più gravosa per verifica di ridondanza, ipotizzando indisponibile il varco U2 o U3 [] Dispositivo di apertura manuale UNI EN 1125		

TABELLA S.4-7: ESEMPI DI DETERMINAZIONE CARATTERISTICHE DELLE PORTE LUNGO LE VIE D'ESODO

S.4.5.8: Uscite finali

1. Le uscite finali devono essere posizionate in modo da consentire l'esodo rapido degli occupanti verso luogo sicuro.
2. Le uscite finali dovrebbero essere contrassegnate sul lato verso luogo sicuro con Segnale UNI EN ISO 7010-M001, riportante il messaggio "Uscita di emergenza, lasciare libero il passaggio" dell'illustrazione S.4-2.



ILLUSTRAZIONE S.4-2: ESEMPIO DI SEGNALE PER USCITA FINALE

S.4.5.9: Segnaletica d'esodo ed orientamento

1. Il sistema d'esodo (es. vie d'esodo, luoghi sicuri, spazi calmi, ...) deve essere facilmente riconosciuto ed impiegato dagli occupanti grazie ad apposita *segnaletica di sicurezza*.
 Ciò può essere conseguito anche con ulteriori *indicatori ambientali* quali:
 - a. accesso visivo e tattile alle informazioni;
 - b. grado di differenziazione architettonica;
 - c. uso di segnaletica per la corretta identificazione direzionale, tipo UNI EN ISO 7010;

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

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

TABELLA S.4-8: ESEMPI DI SEGNALI UNI EN ISO 7010

S.4.5.10 Illuminazione di sicurezza

- Lungo le vie d'esodo deve essere installato impianto di illuminazione di sicurezza, qualora l'illuminazione possa risultare anche occasionalmente insufficiente a consentire l'esodo degli occupanti.

Nota: Ad esempio: attività esercite in orari pomeridiani e notturni, locali con scarsa illuminazione naturale, ...

- Durante l'esodo, l'impianto di illuminazione di sicurezza deve assicurare un illuminamento orizzontale al suolo sufficiente a consentire l'esodo degli occupanti, in conformità alle indicazioni della norma UNI EN 1838 e comunque ≥ 1 lx lungo la linea centrale della via d'esodo.

Nota: L'impianto di illuminazione di sicurezza deve soddisfare anche i requisiti previsti nel capitolo S.10.

- Negli ambiti ove l'attività sia svolta con assente o ridotta illuminazione ordinaria (es. sale cinematografiche, sale teatrali, ...) eventuali gradini lungo le vie d'esodo devono essere provvisti di illuminazione segnapasso.

S.4.5.11 Disposizione dei posti a sedere fissi e mobili

- I posti a sedere (*sedili*) devono essere raggruppati in settori separati l'uno dall'altro mediante passaggi tra i settori longitudinali e trasversali. Tali passaggi tra i settori devono essere dimensionati come vie d'esodo oppure, se ogni settore contiene non più di 300 posti, avere larghezza ≥ 1200 mm.
- I passaggi tra le file di sedili devono essere compresi nel computo della *lunghezza d'esodo* e di corridoio cieco, in quanto porzioni di via d'esodo.
- La larghezza dei passaggi tra le file di sedili deve consentire il facile movimento in uscita degli occupanti. Tale larghezza è misurata orizzontalmente tra le massime sporgenze dei sedili. Se i sedili sono automaticamente ribaltabili la misura è effettuata con la seduta in posizione alzata.

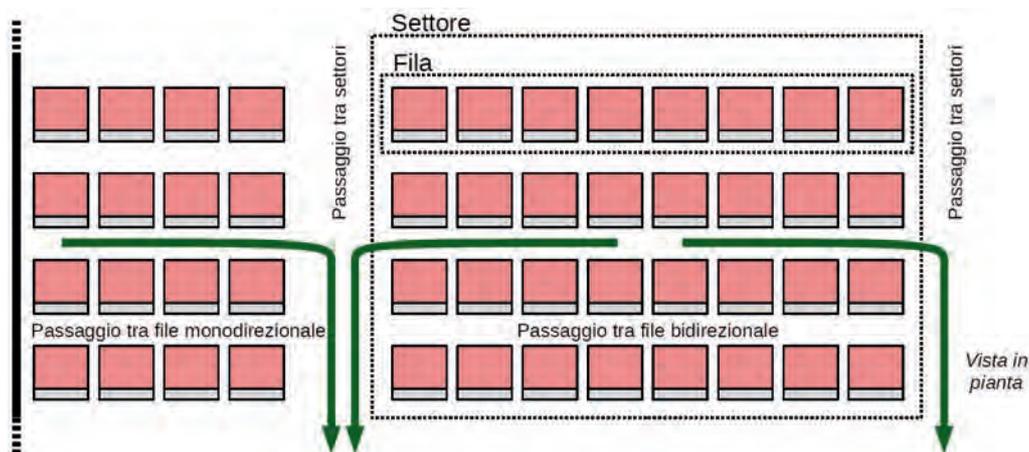


ILLUSTRAZIONE S.4-3: DISPOSIZIONE DEI POSTI A SEDERE IN SETTORI E FILE

S.4.5.11.1 Posti a sedere fissi

1. Il numero di sedili saldamente fissati al suolo che compongono la fila non deve essere superiore al numero previsto in tabella S.4-9 in funzione della larghezza del passaggio tra le file di sedili e della possibilità per gli occupanti di muoversi verso una o due direzioni di uscita dal settore.

S.4.5.11.2 Posti a sedere mobili

1. Ogni settore deve essere costituito al massimo da 10 file di sedili mobili collegati rigidamente tra loro per fila.
2. Il numero di sedili mobili che compongono la fila non deve essere superiore al numero previsto in tabella S.4-10 in funzione della possibilità per gli occupanti di muoversi verso una o due direzioni di uscita dal settore.
3. La larghezza dei *passaggi tra le file di sedili* deve essere ≥ 300 mm.
4. È ammesso l'impiego di sedili mobili, anche non collegati rigidamente tra loro, in ambiti dell'attività ove si dimostri che la presenza di sedili mobili non intralci l'esodo sicuro degli occupanti (es. locali con bassa densità di affollamento, palchi dei teatri, ristoranti, ...).

Larghezza passaggio tra file di sedili [mm]	Massimo numero di sedili per fila	
	Passaggio tra file monodirezionale	Passaggio tra file bidirezionale
$L < 300$	1	2
$300 \leq L < 325$	7	14
$325 \leq L < 350$	8	16
$350 \leq L < 375$	9	18
$375 \leq L < 400$	10	20
$400 \leq L < 425$	11	22
$425 \leq L < 450$	12	24
$450 \leq L < 475$		26
$475 \leq L < 500$		28
$L \geq 500$		Limitato dalla lunghezza d'esodo

TABELLA S.4-9: MASSIMO NUMERO DI SEDILI FISSI PER FILA DEL SETTORE

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

TABELLA S.4-10: MASSIMO NUMERO DI SEDILI MOBILI PER FILA DEL SETTORE

S.4.5.12 Installazioni per gli spettatori

1. Sono ammesse installazioni per gli spettatori (es. tribune, ...) progettate, realizzate e gestite secondo la regola dell'arte (es. serie di norme UNI EN 13200, ...).
2. I posti a sedere (*sedili*) devono essere raggruppati in *settori* separati l'uno dall'altro mediante *passaggi tra i settori* longitudinali e trasversali. Tali passaggi tra i settori devono essere dimensionati come vie d'esodo oppure, se ogni settore contiene non più di 600 posti, avere larghezza ≥ 1200 mm.
3. Il numero di sedili che compongono la fila non deve essere superiore al numero previsto in tabella S.5-11 in funzione della possibilità per gli occupanti di muoversi verso una o due direzioni di uscita dal settore.

Massimo numero di sedili per fila	
Per uscita monodirezionale	Per uscita bidirezionale
20	40

TABELLA S.4-11: MASSIMO NUMERO DI SEDILI PER FILA DEL SETTORE DI INSTALLAZIONI PER GLI SPETTATORI

S.4.5.13 Sistemi d'esodo comuni

1. Al fine di evitare la propagazione di fumi e calore durante l'esodo, qualora nell'edificio siano esercite attività afferenti a diversi *responsabili dell'attività*, devono essere effettuate specifiche valutazioni atte a determinare se sia necessario prevedere sistemi d'esodo distinti o se siano sufficienti specifici accorgimenti progettuali.

Nota: Ad esempio: vie d'esodo protette, a prova di fumo, misure gestionali, pianificazione d'emergenza e procedura d'allarme condivisa tra le diverse attività, ...

2. Se un'attività civile condivide vie d'esodo con altre attività di qualsiasi tipologia, anche afferenti a diversi *responsabili d'attività*, dette vie d'esodo devono essere a prova di fumo, in assenza di specifici accorgimenti gestionali, di pianificazione d'emergenza e procedura d'allarme condivise.

S.4.6 Dati di ingresso per la progettazione del sistema d'esodo

1. La progettazione del sistema d'esodo dipende da dati di ingresso per ciascun compartimento specificati nei paragrafi S.4.6.1 e S.4.6.2.

S.4.6.1 Profilo di rischio R_{vita} di riferimento

1. Ciascun componente del sistema d'esodo è dimensionato in funzione del *più gravoso ai fini dell'esodo* dei profili di rischio R_{vita} dei compartimenti serviti.

S.4.6.2 Affollamento

1. L'affollamento *massimo* di ciascun locale è determinato:
 - a. moltiplicando la *densità di affollamento* della tabella S.4-12 per la *superficie lorda* del locale stesso.
 - b. impiegando i *criteri* della tabella S.4-13;
 - c. secondo le indicazioni della regola tecnica verticale.

Qualora le indicazioni relative all'affollamento non siano reperibili secondo quanto indicato alle lettere a e b è comunque ammesso il riferimento a norme o documenti tecnici emanati da organismi europei o internazionali, riconosciuti nel settore della sicurezza antincendio.

2. Il responsabile dell'attività può dichiarare un valore dell'affollamento *inferiore* a quello determinato come previsto al comma 27.
3. Il responsabile dell'attività si impegna a rispettare l'*affollamento* e la *densità d'affollamento* dichiarati per ogni ambito ed in ogni condizione d'esercizio dell'attività.

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 $q_f \leq 50 \text{ MJ/m}^2$	
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 $q_f > 50 \text{ MJ/m}^2$	
Ambiti adibiti a ristorazione	0,7 persone/m ²
Ambiti adibiti ad attività scolastica e laboratori (senza posti a sedere)	0,4 persone/m ²
Sale d'attesa	
Uffici	
Ambiti di vendita di <i>piccole</i> attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	
Ambiti di vendita di <i>medie</i> e <i>grandi</i> attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	0,2 persone/m ²
Ambiti di vendita di attività commerciali al dettaglio senza settore alimentare	
Sale di lettura di biblioteche, archivi	
Ambulatori	0,1 persone/m ²
Ambiti di vendita di attività commerciali all'ingrosso	
Ambiti di vendita di <i>piccole</i> attività commerciali al dettaglio con specifica gamma merceologica non alimentare	
Civile abitazione	0,05 persone/m ²

TABELLA S.4-12: DENSITÀ DI AFFOLLAMENTO PER TIPOLOGIA DI ATTIVITÀ

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)

TABELLA S.4-13: CRITERI PER TIPOLOGIA DI ATTIVITÀ

S.4.7 Requisiti antincendio minimi per l'esodo

1. Il numero minimo di vie d'esodo verticali e orizzontali per ciascun ambito dell'attività è determinato in relazione ai vincoli imposti dal paragrafo S.4.8.1 per il numero minimo di vie d'esodo e dal paragrafo S.4.8.2 per l'ammissibilità dei corridoi ciechi.
2. Al fine di evitare la diffusione degli effluenti dell'incendio alle vie d'esodo:
 - a. le vie di esodo verticali che collegano i compartimenti dell'attività devono essere *protette* da vani con resistenza al fuoco determinata secondo il capitolo S.2 e comunque non inferiore alla classe 30 con chiusure dei varchi di comunicazione almeno E 30-S_a;

Nota: Ad esempio, non è necessario proteggere la scala che scende da un soppalco inserito nello stesso compartimento e si possono impiegare scale senza protezione all'interno dei compartimenti multipiano (capitolo S.3).

- b. per le vie d'esodo verticali a prova di fumo proveniente dai compartimenti collegati è ammesso l'impiego di chiusure dei varchi di comunicazione almeno E 30.
3. Al fine di evitare la diffusione degli effluenti dell'incendio alle vie d'esodo fuori terra, qualora l'edificio abbia piani a quota < -5 m, le vie d'esodo interrato, se non a prova di fumo, devono essere inserite in compartimento distinto dalle vie d'esodo fuori terra.

Nota: Ad esempio, a tal fine è sufficiente separare al piano terra le vie d'esodo verticali fuori terra da quelle interrate con chiusure tagliafuoco dei varchi di comunicazione.

4. Per assicurare l'esodo degli occupanti dai piani più remoti dell'opera da costruzione, in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento (paragrafo S.4.6.1):
 - a. qualora esistano piani a quota superiore a quella prevista in tabella Tabella S.4-14, tutti i piani fuori terra devono essere serviti da almeno due vie d'esodo indipendenti;
 - b. qualora esistano piani a quota inferiore a quella prevista in tabella Tabella S.4-14, tutti i piani interrati devono essere serviti da almeno due vie d'esodo indipendenti.

R_{vita}	Piani a quota inferiore	Piani a quota superiore
B1, B2, B3	< -5 m	> 32 m
B1 [1], B2 [1], B3 [1], D1, D2	< -1 m	> 12 m
Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3	< -1 m	> 32 m
Altri casi	< -5 m	> 54 m
[1] Ambiti con densità d'affollamento > 0,4 p/m ²		

TABELLA S.4-14: QUOTE DEI PIANI SOGLIA PER DUE VIE D'ESODO INDIPENDENTI

5. Le vie d'esodo da *ambiti aperti al pubblico* non devono attraversare *ambiti non aperti al pubblico*, se non esclusivamente dedicati all'esodo, a meno di specifica valutazione del rischio e di misure aggiuntive al fine di consentire che tale passaggio avvenga in sicurezza in ogni condizione d'esercizio.

Nota: Ad esempio, l'esodo dalle aree aperte al pubblico di un'attività non può avvenire attraverso aree di processo o di stoccaggio, a meno di specifiche misure di protezione degli occupanti dai rischi presenti nelle aree attraversate.

6. Per quanto possibile, il sistema d'esodo dovrebbe essere concepito tenendo conto che, in caso di emergenza, gli occupanti che non hanno familiarità con l'attività tendono solitamente ad uscire percorrendo in *senso inverso* la via che hanno impiegato per entrare.

Nota: Ad esempio, questa condizione può essere soddisfatta imponendo che alcune vie d'esodo corrispondano con le vie d'accesso ordinarie all'attività e che queste siano dimensionate per l'esodo di almeno il 60% dell'affollamento dei locali serviti.

7. La *convergenza* dei flussi di occupanti da distinte vie d'esodo non deve essere ostacolata (es. da arredi fissi o mobili, da conformazioni geometriche del sito, dalle direzioni contrastanti di ingresso dei flussi di occupanti nell'area, ...).
8. In condizioni di elevato affollamento o densità di affollamento, deve essere evitata per quanto possibile il controflusso di soccorritori o di occupanti lungo le vie d'esodo. A tal fine possono essere previsti percorsi separati per le specifiche necessità.

S.4.7.1 Requisiti antincendio in caso di esodo per fasi

1. In caso di *esodo per fasi* devono essere assicurati anche i seguenti requisiti:
 - a. tutti i piani dell'attività per cui si applica l'esodo per fasi devono essere serviti da almeno due vie d'esodo indipendenti;
 - b. l'attività deve essere sorvegliata da IRAI con livello di prestazione III e sistema EVAC (capitolo S.7);
 - c. nell'attività deve essere prevista gestione della sicurezza con livello di prestazione II (capitolo S.5);
 - d. ciascun piano dell'attività sia inserito in compartimento distinto e la compartimentazione deve avere livello di prestazione III (capitolo S.3);
2. La modalità d'*esodo per fasi* non può essere utilizzata per piani a quota < -5 m.

S.4.8 Progettazione del sistema d'esodo

Nota: Il sistema d'esodo è dimensionato in modo da consentire agli occupanti di abbandonare il compartimento di primo innesco dell'incendio e raggiungere un luogo sicuro temporaneo (es. compartimento adiacente) o direttamente il luogo sicuro, prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell'attività ove si trovano, come descritto nei riferimenti del paragrafo S.4.12.

S.4.8.1 Vie d'esodo ed uscite indipendenti

1. Vie d'esodo o uscite sono ritenute *indipendenti* quando sia minimizzata la probabilità che possano essere contemporaneamente rese indisponibili dagli effetti dell'incendio.

S.4.8.1.1 Numero minimo di vie d'esodo indipendenti

1. Al fine di limitare la probabilità che l'esodo degli occupanti sia impedito dall'incendio, devono essere previste almeno due vie d'esodo indipendenti.
2. È ammessa la presenza di *corridoi ciechi* secondo le prescrizioni del paragrafo S.4.8.2.

S.4.8.1.2 Numero minimo di uscite indipendenti

1. Al fine di limitare la probabilità che si sviluppi *sovraffollamento localizzato* alle uscite, da ciascun *locale* o *spazio a cielo libero* dell'attività deve essere previsto almeno il numero di uscite indipendenti previsto nella tabella S.4-15 in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento e dell'affollamento dell'ambito servito.

R_{vita}	Affollamento dell'ambito servito	Numero minimo uscite indipendenti
Qualsiasi	> 500 occupanti	3
B1 [1], B2 [1], B3 [1]	> 150 occupanti	
Altri casi		2
Se ammesso corridoio cieco secondo le prescrizioni del paragrafo 33.		1
[1] Ambiti con densità d'affollamento > 0,4 p/m ²		

TABELLA S.4-15: NUMERO MINIMO DI USCITE INDIPENDENTI DA LOCALE O SPAZIO A CIELO LIBERO

S.4.8.1.3 Determinazione dell'indipendenza tra vie d'esodo orizzontali e tra uscite

1. Si considerano *indipendenti* coppie di vie d'esodo orizzontali per le quali sia verificata almeno una delle seguenti condizioni:
 - a. l'angolo formato dai percorsi rettilinei sia $\geq 45^\circ$;
 - b. tra i percorsi esista separazione di adeguata resistenza al fuoco a tutta altezza con caratteristiche di resistenza al fuoco non inferiori a EI 30.

2. Si considerano *indipendenti* coppie di uscite da un *locale* o da uno *spazio a cielo libero* per le quali sia verificata almeno una delle condizioni del comma 1 per i percorsi di raggiungimento.

Nota: Si riportano esempi di vie d'esodo orizzontali ed uscite indipendenti nell'illustrazione S.4-4 e nella tabella S.4-16. Le aree campite rappresentano i punti dove non è assicurata l'indipendenza, cioè i corridoi ciechi.

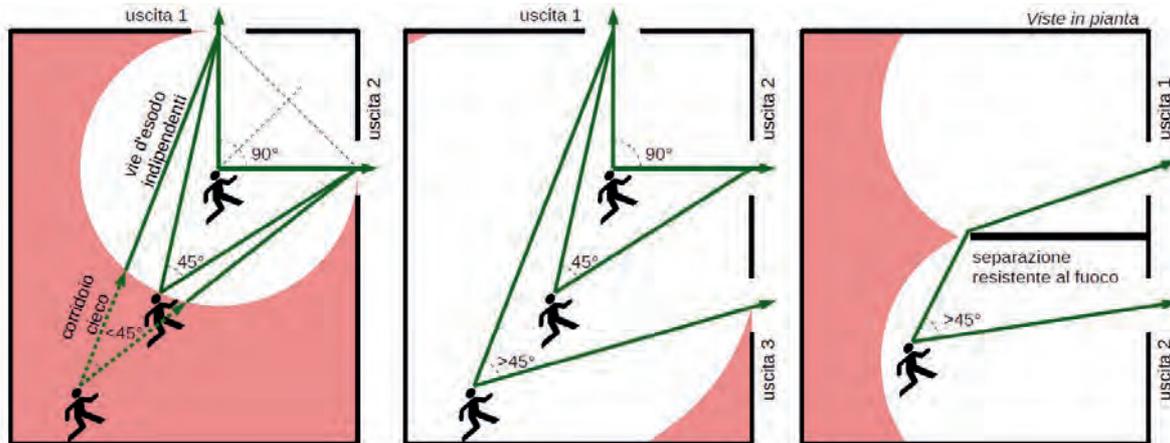


ILLUSTRAZIONE S.4-4: ESEMPI DI VIE D'ESODO ORIZZONTALI ED USCITE INDIPENDENTI

S.4.8.1.4 Determinazione dell'indipendenza tra vie d'esodo verticali

1. Si considerano *indipendenti* coppie di vie d'esodo verticali se inserite in compartimenti distinti, oppure qualora almeno una delle due sia *via d'esodo esterna*.

Nota: Ad esempio, sono indipendenti tra loro: due scale d'esodo protette distinte, una scala d'esodo protetta ed una senza protezione, due scale d'esodo senza protezione ma inserite in compartimenti verticali distinti, una scala senza protezione ed una scala esterna, due scale esterne, ...

2. È ammesso considerare *indipendenti* coppie di vie d'esodo verticali non protette, inserite nello stesso *compartimento*, alle seguenti condizioni:
 - a. ciascuna sia impiegata da non più di 100 occupanti,
 - b. nessun piano servito si trovi a quota < -1 m,
 - c. nei percorsi collegati a monte ed a valle non vi sia corridoio cieco.

Il massimo dislivello, tra tutti i piani serviti dalle vie d'esodo verticali non protette del compartimento, deve essere < 7 m.

Nota: Ad esempio, possono essere considerate indipendenti tra loro due scale senza protezione, adeguatamente distanziate, al servizio di un soppalco inserito nello stesso compartimento. Si riporta un esempio nella tabella S.4-17.

3. È ammesso considerare *indipendenti* coppie di vie d'esodo verticali non protette che colleghino diversi piani di uno stesso *locale a gradoni o inclinato*, a condizione che le vie d'esodo ad esse collegate a valle siano indipendenti.

Nota: Ad esempio, possono essere considerate indipendenti tra loro due scale senza protezione, adeguatamente distanziate, all'interno di aule a gradoni, auditorium, sale cinematografiche, ...

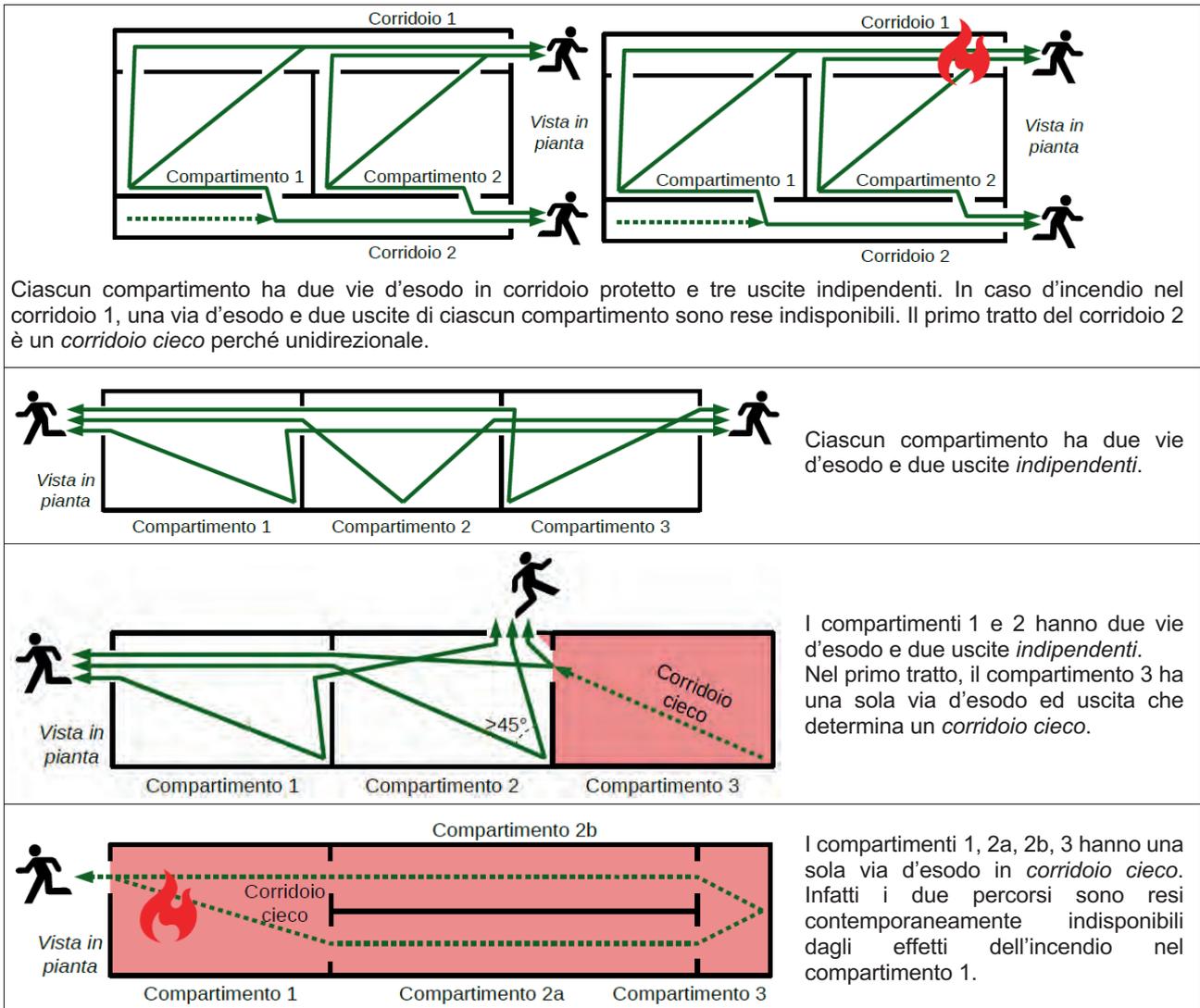


TABELLA S.4-16: ESEMPI DI VIE D'ESODO INDIPENDENTI, USCITE INDIPENDENTI E CORRIDOIO CIECO

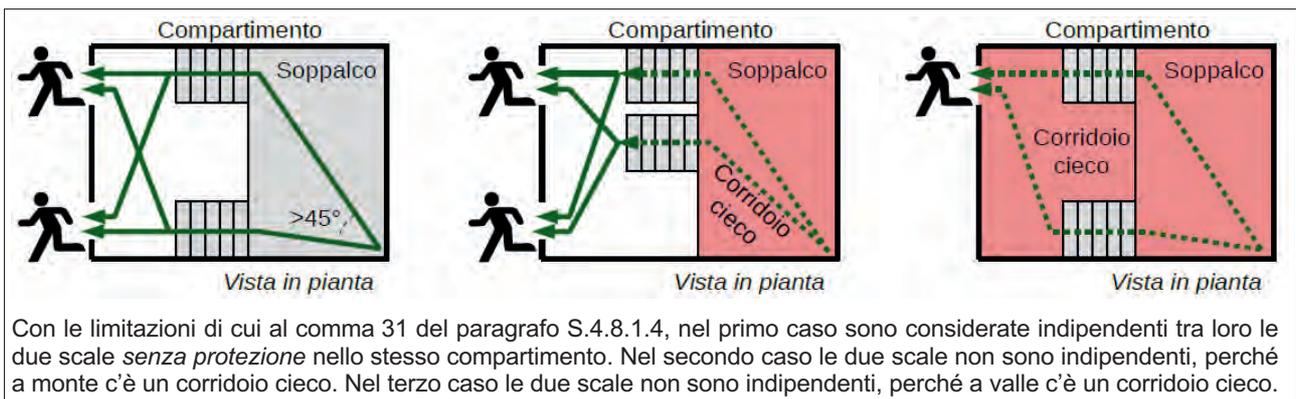


TABELLA S.4-17: ESEMPI DI VIE D'ESODO INDIPENDENTI SENZA PROTEZIONE

S.4.8.2 Corridoi ciechi

Nota: Le definizioni di corridoio cieco e di lunghezza di corridoio cieco si trovano nel capitolo G.1.

1. Dall'ambito servito, il *corridoio cieco* offre agli occupanti *una sola via d'esodo* senza alternative. Per quanto possibile, è preferibile evitare la realizzazione di percorsi unidirezionali.
2. Per ogni *corridoio cieco* devono essere verificate le seguenti condizioni, in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento:
 - o per limitare il *numero degli occupanti* eventualmente bloccati dall'incendio, l'*affollamento* complessivo degli ambiti serviti dal corridoio cieco non deve superare i valori massimi previsti nella tabella S.4-18,
 - d. per limitare la *probabilità* che gli occupanti siano bloccati dall'incendio, la *lunghezza del corridoio cieco* non deve superare i valori massimi L_{cc} della tabella S.4-18.

Nota: Si riporta un esempio nella tabella S.4-19.

3. In relazione alla maggiore protezione offerta, è ammesso *omettere* dalla verifica delle condizioni della tabella S.4-18 la porzione di corridoio cieco *continua* e *finale*, avente una delle caratteristiche della tabella S.4-20.

Nota: La porzione omessa è finale perché termina nel punto dove diventano disponibili almeno due vie d'esodo indipendenti o direttamente in luogo sicuro.

R_{vita}	Max affollamento	Max lunghezza L_{cc}	R_{vita}	Max affollamento	Max lunghezza L_{cc}
A1	≤ 100 occupanti	≤ 45 m	B1, E1	≤ 50 occupanti	≤ 25 m
A2		≤ 30 m	B2, E2		≤ 20 m
A3		≤ 15 m	B3, E3		≤ 15 m
A4	≤ 50 occupanti	≤ 10 m	Cii1, Ciii1		≤ 20 m
D1		≤ 20 m	Cii2, Ciii2		≤ 15 m
D2		≤ 15 m	Cii3, Ciii3		≤ 10 m

I valori delle massime lunghezze di corridoio cieco di riferimento L_{cc} possono essere incrementati in relazione a requisiti antincendio aggiuntivi, secondo la metodologia del paragrafo S.4.10.

TABELLA S.4-18: CONDIZIONI PER IL CORRIDOIO CIECO

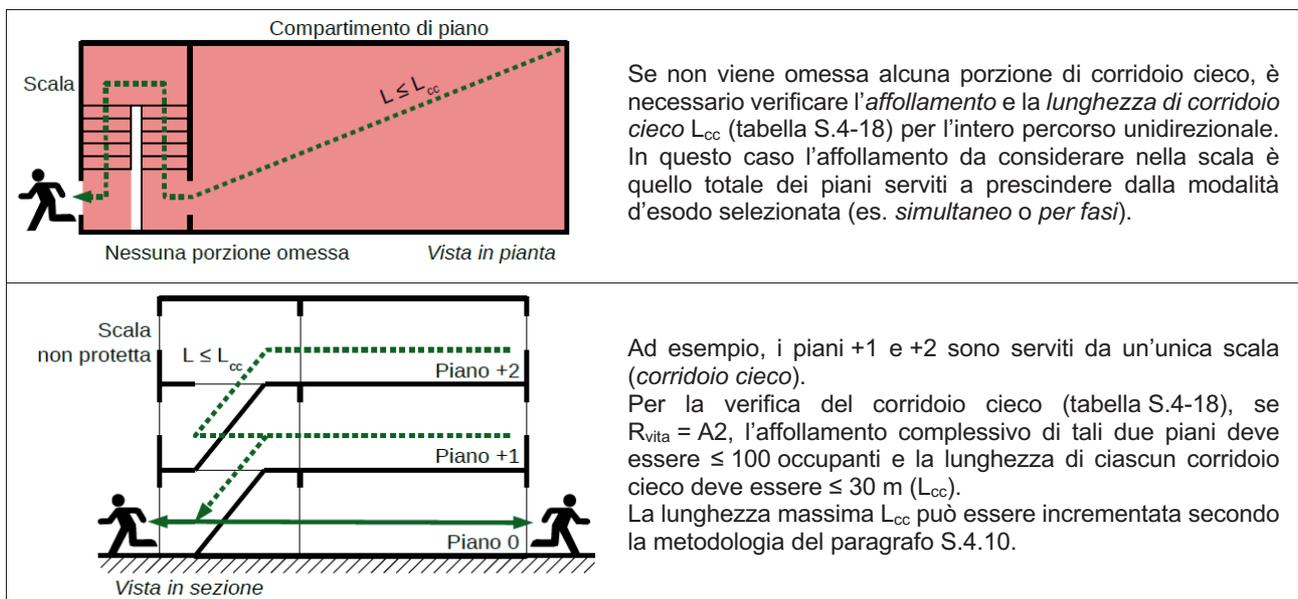


TABELLA S.4-19: ESEMPIO SENZA OMISSIONE DI PORZIONE DI CORRIDOIO CIECO

Caratteristiche porzione omessa	Max lunghezza omessa L_{om} [1]	Prescrizioni aggiuntive
Con caratteristiche di <i>filtro</i> (esempio in tabella S.4-21)	≤ 45 m	Nessuna
	≤ 90 m	[2]
Con caratteristiche di <i>filtro</i> ed a <i>prova di fumo</i>	≤ 120 m	Nessuna
	Illimitata	[2]
Anche senza protezione, che termini direttamente all' <i>uscita finale</i> o in <i>luogo sicuro</i> (esempio in tabella S.4-23)	≤ 15 m	Nessuna
Dall' <i>uscita finale</i> fino al <i>luogo sicuro</i> , in <i>via d'esodo esterna</i> (esempio in tabella S.4-24)	Illimitata	Nessuna

Gli ambiti serviti devono avere densità di affollamento $\leq 0,4$ p/m² e, se aperti al pubblico, affollamento complessivo ≤ 300 occupanti, altrimenti affollamento complessivo ≤ 500 occupanti. In tali ambiti non è ammessa presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, o di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio. Ciascun locale dove gli occupanti possono dormire deve essere protetto ed avere chiusure almeno E 30-S_a.

[1] Se costituita da più porzioni continue con caratteristiche differenti, la *max lunghezza omessa* L_{om} è calcolata come *media pesata*, senza considerare le porzioni con L_{om} *illimitata* (esempio in tabella S.4-22). Le caratteristiche di protezione dovrebbero essere crescenti nel senso dell'esodo.

[2] Gli ambiti serviti siano sorvegliati da IRAI di livello di prestazione III (capitolo S.7) e sia prevista gestione della sicurezza di livello di prestazione II (capitolo S.5).

TABELLA S.4-20: CONDIZIONI PER L'OMMISSIONE DI PORZIONE DI CORRIDOIO CIECO

Compartimento di piano

Scala filtro

Porzione omessa

Vista in pianta

Se viene omessa l'unica scala al servizio dell'edificio multipiano, le verifiche dell'*affollamento* e della *massima lunghezza di corridoio cieco* L_{cc} (tabella S.4-18) sono condotte solo per le parti di corridoio cieco che terminano all'*uscita* di piano, per ogni piano.

Scala filtro

Piano +2

Piano +1

Piano 0

Vista in sezione

Ad esempio, i piani +1 e +2 sono serviti da un'unica scala (*corridoio cieco*).

Secondo una delle possibilità della tabella S.4-20, se l'unica scala ha caratteristiche di *filtro* e lunghezza ≤ 45 m (L_{om}), essa può essere omessa dalle verifiche della tabella S.4-18.

Per la verifica del corridoio cieco (tabella S.4-18), se $R_{vita} = A2$, l'affollamento complessivo di *ciascuno* dei due piani deve essere ≤ 100 occupanti e la lunghezza di ciascun corridoio cieco fino all'*uscita* di piano deve essere ≤ 30 m (L_{cc}).

La lunghezza massima L_{cc} può essere incrementata secondo la metodologia del paragrafo S.4.10.

TABELLA S.4-21: ESEMPIO DI OMISSIONE DI PORZIONE DI CORRIDOIO CIECO CON PROTEZIONE

Nota: La lunghezza della scala è misurata con il metodo del filo teso. Generalmente negli edifici civili la lunghezza della scala per un singolo piano è pari a circa 12,50 m.

Sistema pressione differenziale

Compartimenti 1, 2, 3 (di piano)

Scala filtro ed a prova di fumo

Porzione omessa

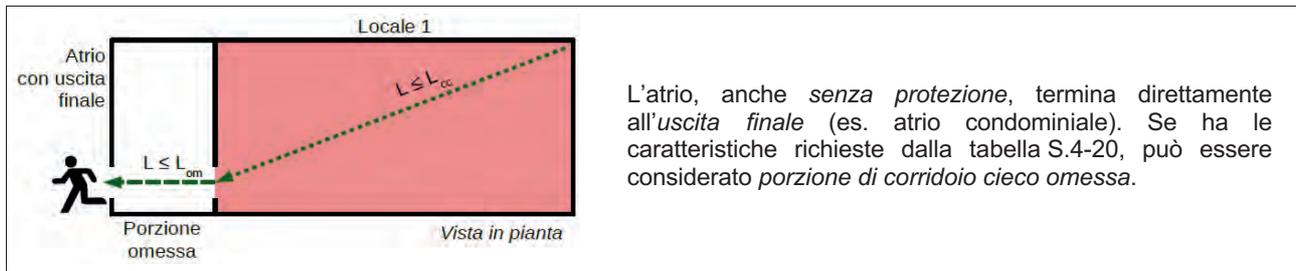
Corridoio filtro

Vista in pianta

In questo caso vengono omessi l'unica scala al servizio dell'edificio multipiano ed i corridoi di piano, che hanno caratteristiche differenti. La *max lunghezza omessa* L_{om} è pari alla *media pesata* dei relativi valori da tabella S.4-20:

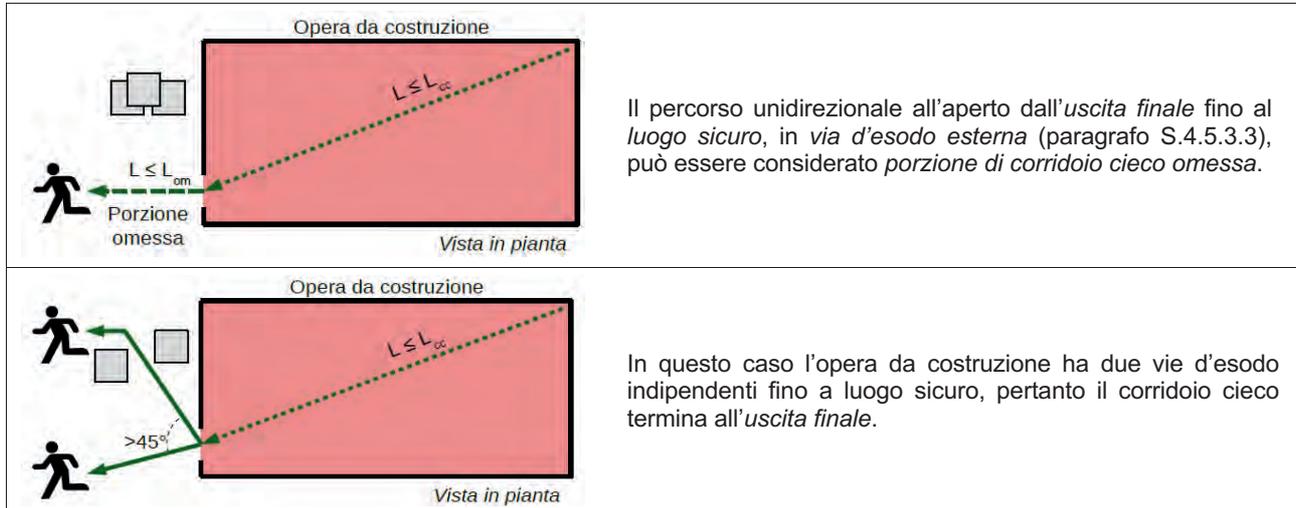
$$L_{om} = \frac{L_1 \cdot L_{om(1)} + L_2 \cdot L_{om(2)}}{L_{om(1)} + L_{om(2)}}$$

TABELLA S.4-22: ESEMPIO DI OMISSIONE DI PORZIONI DI CORRIDOIO CIECO DIFFERENTI



L'atrio, anche *senza protezione*, termina direttamente all'*uscita finale* (es. atrio condominiale). Se ha le caratteristiche richieste dalla tabella S.4-20, può essere considerato *porzione di corridoio cieco omessa*.

TABELLA S.4-23: ESEMPIO DI OMISSIONE DI PORZIONE DI CORRIDOIO CIECO VERSO USCITA FINALE



Il percorso unidirezionale all'aperto dall'*uscita finale* fino al *luogo sicuro*, in *via d'esodo esterna* (paragrafo S.4.5.3.3), può essere considerato *porzione di corridoio cieco omessa*.

In questo caso l'opera da costruzione ha due vie d'esodo indipendenti fino a luogo sicuro, pertanto il corridoio cieco termina all'*uscita finale*.

TABELLA S.4-24: ESEMPIO DI OMISSIONE DI PORZIONE DI CORRIDOIO CIECO IN VIA D'ESODO ESTERNA

S.4.8.3 Lunghezze d'esodo

Nota: La definizione di lunghezza d'esodo si trova nel capitolo G.1.

1. Al fine di limitare il tempo necessario agli occupanti per abbandonare il compartimento di primo innesco dell'incendio, almeno una delle *lunghezze d'esodo* determinate da qualsiasi punto dell'attività non deve superare i valori massimi L_{es} della tabella S.4-25 in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento, come mostrato nella tabella S.4-26.
2. Quando la prima porzione della via d'esodo è costituita da *corridoio cieco*, devono essere contemporaneamente verificate la limitazione relativa alla *lunghezza d'esodo*, comprensiva del percorso effettuato in corridoio cieco, e le condizioni del paragrafo S.4.8.2 per i corridoi ciechi.
3. È ammesso *omettere* dalla verifica della *lunghezza d'esodo* di cui al comma 1 le vie d'esodo verticali con caratteristiche di *filtro* e le vie d'esodo esterne, poiché si ritiene improbabile che vi si inneschi un incendio.

Nota: Ad esempio, non è necessario verificare la lunghezza d'esodo nelle scale d'esodo protette, che abbiano caratteristiche di filtro.

Nota: Si riportano esempi di verifica della lunghezza d'esodo nella tabella S.4-26.

R _{vita}	Max lunghezza d'esodo L _{es}	R _{vita}	Max lunghezza d'esodo L _{es}
A1	≤ 70 m	B1, E1	≤ 60 m
A2	≤ 60 m	B2, E2	≤ 50 m
A3	≤ 45 m	B3, E3	≤ 40 m
A4	≤ 30 m	Cii1, Ciii1	≤ 40 m
D1	≤ 30 m	Cii2, Ciii2	≤ 30 m
D2	≤ 20 m	Cii3, Ciii3	≤ 20 m

I valori delle massime lunghezze d'esodo di riferimento possono essere incrementati in relazione a *requisiti antincendio aggiuntivi*, secondo la metodologia del paragrafo S.4.10.

TABELLA S.4-25: MASSIME LUNGHEZZE D'ESODO

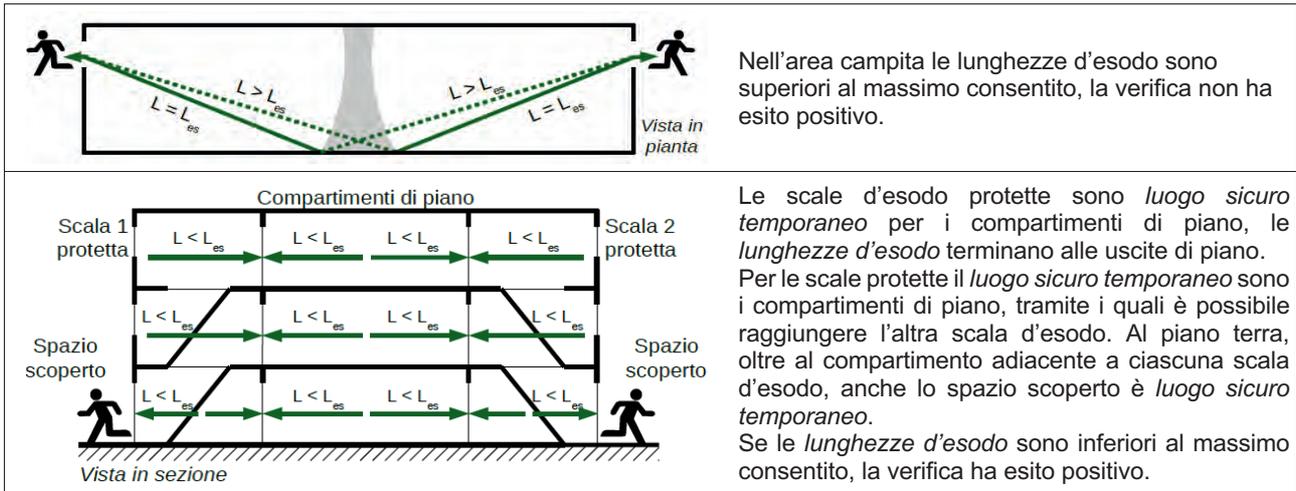


TABELLA S.4-26: ESEMPI DI VERIFICA DELLA LUNGHEZZA D'ESODO

S.4.8.4 Altezza delle vie d'esodo

1. L'altezza minima delle vie di esodo è pari a 2 m.
2. Sono ammesse altezze inferiori, per brevi tratti segnalati, lungo le vie d'esodo da ambiti ove vi sia esclusiva presenza di personale specificamente formato od occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti (es. locali impianti o di servizio, piccoli depositi, ...), oppure secondo le risultanze di specifica valutazione del rischio.

S.4.8.5 Larghezza delle vie d'esodo

1. La larghezza delle vie di esodo è la minima misurata, dal piano di calpestio fino all'altezza di 2 m, deducendo l'ingombro di eventuali elementi sporgenti con esclusione degli estintori. Tra gli elementi sporgenti non vanno considerati i corrimano e i dispositivi di apertura delle porte con sporgenza ≤ 80 mm.
2. La larghezza delle vie d'esodo deve essere valutata lungo tutta la via d'esodo.
3. Dopo aver individuato le condizioni più gravose per i componenti del sistema d'esodo tramite la verifica di ridondanza prevista al paragrafo S.4.8.6, si determina la larghezza minima delle vie d'esodo come previsto ai paragrafi S.4.8.7, S.4.8.8, S.4.8.9, S.4.8.10.

Nota: Si riportano esempi di calcolo nelle tabelle S.4-33, S.4-34 e S.4-35.

4. Nelle attività con densità di affollamento ≥ 0,7 persone/m², ciascuna via d'esodo orizzontale non deve presentare riduzioni di larghezza da monte a valle nella direzione dell'esodo, al fine di limitare la probabilità che si sviluppi *sovraffollamento localizzato*. Ciò dovrebbe essere previsto anche nelle altre attività.

5. Per le porzioni di via d'esodo impiegate come *percorso di accesso ai piani per soccorritori* deve essere applicato quanto previsto al paragrafo S.9.6.

S.4.8.6 Verifica di ridondanza delle vie d'esodo

1. Se un ambito (es. compartimento, piano, soppalco, locale,...) è servito da più di una via d'esodo, l'incendio può renderne una indisponibile.
2. Ai fini della verifica di ridondanza, si deve rendere indisponibile una via d'esodo alla volta e verificare che le restanti vie d'esodo indipendenti da questa abbiano larghezza complessiva sufficiente a consentire l'esodo degli occupanti.

Nota: Per le considerazioni del paragrafo S.4.8.1, eventuali vie d'esodo non indipendenti tra loro devono essere rese contemporaneamente indisponibili.

3. Le vie d'esodo a prova di fumo aventi le caratteristiche di *filtro* sono considerate *sempre disponibili* e non devono essere sottoposte a verifica di ridondanza, a meno di più restrittiva valutazione del rischio da parte del progettista.
4. Nella verifica di ridondanza non è necessario procedere ad ulteriore verifica dei *corridoi ciechi* e delle *lunghezze d'esodo*.

S.4.8.7 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali

1. La larghezza minima L_0 della via d'esodo orizzontale (es. corridoio, porta, uscita, ...), che consente il regolare esodo degli occupanti che la impiegano, è calcolata come segue:

$$L_0 = L_U \cdot n_0 \quad \text{S.4-1}$$

con:

- L_0 larghezza minima della via d'esodo orizzontale [mm]
- L_U larghezza unitaria per le vie d'esodo orizzontali determinata dalla tabella S.4.27 in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento [mm/persona]
- n_0 numero degli occupanti che impiegano tale via d'esodo orizzontale, nelle condizioni d'esodo più gravose (paragrafo S.4.8.6).

2. La larghezza L_0 può essere suddivisa tra più percorsi. Al fine di limitare la probabilità che si sviluppi *sovraffollamento localizzato*, in particolare in caso di affollamenti o densità di affollamento significativi oppure laddove gli occupanti si distribuiscano in modo imprevisto, la larghezza di ciascun percorso deve rispettare i criteri della tabella S.4-28, oppure essere oggetto di specifica valutazione del rischio.

Nota: Si riportano esempi in tabella S.4-33.

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	B3, C3, D2, E3	6,20	180 s
A4	12,30	90 s	-	-	-

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

TABELLA S.4-27: LARGHEZZE UNITARIE PER VIE D'ESODO ORIZZONTALI

Larghezza	Criterio
≥ 1200 mm	Affollamento dell'ambito servito > 1000 occupanti
≥ 1000 mm	Affollamento dell'ambito servito > 300 occupanti
≥ 900 mm	Affollamento dell'ambito servito ≤ 300 occupanti Larghezza adatta anche a coloro che impiegano ausili per il movimento
≥ 800 mm	Varchi da ambito servito con affollamento ≤ 50 occupanti
≥ 700 mm	Varchi da ambito servito con affollamento ≤ 10 occupanti (es. singoli uffici, camere d'albergo, locali di abitazione, appartamenti, ...)
≥ 600 mm	Ambito servito ove vi sia esclusiva presenza di personale specificamente formato, oppure occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti (es. locali impianti o di servizio, piccoli depositi, ...).
L'affollamento dell'ambito servito corrisponde al totale degli occupanti che impiegano ciascuna delle vie d'esodo che si dipartono da tale ambito.	

TABELLA S.4-28: LARGHEZZE MINIME PER VIE D'ESODO ORIZZONTALI

S.4.8.8 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo verticali

- In funzione della modalità d'esodo adottata (paragrafo S.4.1), la larghezza minima L_v della via d'esodo verticale (es. scala, ...), che consente il regolare esodo degli occupanti che la impiegano, è calcolata come specificato nei paragrafi S.4.8.8.1 o S.4.8.8.2.
- La larghezza L_v può essere suddivisa tra più percorsi. Al fine di limitare la probabilità che si sviluppi *sovraffollamento localizzato*, in particolare in caso di affollamenti o densità di affollamento significativi oppure laddove gli occupanti si distribuiscono in modo impreveduto, la larghezza di ciascun percorso deve rispettare i criteri della tabella S.4-32, oppure essere oggetto di specifica valutazione del rischio.

Nota: Si riportano esempi in tabella S.4-34.

S.4.8.8.1 Calcolo in caso di esodo simultaneo

1. Se nell'attività si applica la modalità d'esodo *simultaneo*, le vie d'esodo verticali devono essere in grado di consentire l'evacuazione contemporanea di *tutti* gli occupanti in evacuazione da tutti i piani serviti.
2. La larghezza L_v è calcolata come segue:

$$L_v = L_u \cdot n_v \quad \text{S.4-2}$$

con:

L_v	larghezza minima della via d'esodo verticale	[mm]
L_u	<i>larghezza unitaria</i> determinata da tabella A.1-29 in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento e del numero totale dei piani serviti dalla via d'esodo verticale [mm/persona]	
n_v	numero totale degli occupanti che impiegano tale via d'esodo verticale, provenienti da tutti i piani serviti, nelle condizioni d'esodo più gravose (paragrafo S.4.8.6).	

S.4.8.8.2 Calcolo in caso di esodo per fasi

1. Se nell'attività si applica la modalità d'esodo *per fasi*, le vie d'esodo verticali devono essere in grado di consentire l'evacuazione degli occupanti dei piani serviti durante *ciascuna fase*.

2. La larghezza L_v , è calcolata come segue:

$$L_v = L_u \cdot n_v \quad \text{S.4-3}$$

con:

L_v larghezza minima della via d'esodo verticale [mm]

L_u larghezza unitaria determinata da tabella S.4-29 in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento ed imponendo pari a 2 il numero totale dei piani serviti dalla via d'esodo verticale [mm/persona]

n_v numero totale degli occupanti che impiegano tale via d'esodo verticale, provenienti da due dei piani serviti, considerando i due piani, anche non consecutivi, aventi maggiore affollamento, nelle condizioni d'esodo più gravose (paragrafo S.4.8.6).

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

I valori delle larghezze unitarie sono espressi in mm/persona ed assicurano una durata dell'attesa in coda, per gli occupanti che impiegano la specifica via d'esodo, non superiore a Δt_{coda} .
 I valori delle larghezze unitarie devono essere incrementati per le *scale* secondo le indicazioni della tabella S.4-30, oppure per le *rampe* secondo le indicazioni della tabella Tabella S.4-31.
 [F] Impiegato anche nell'esodo *per fasi*

TABELLA S.4-29: LARGHEZZE UNITARIE PER VIE DI ESODO VERTICALI

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

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

TABELLA S.4-30: INCREMENTO LARGHEZZA UNITARIA DELLE SCALE D'ESODO IN RELAZIONE AI GRADINI

Pendenza rampa		
$p \leq 8\%$	$8\% < p \leq 12\%$	$12\% < p \leq 20\%$
0%	+50%	+200% [1]

[1] Queste combinazioni sono ammesse solo a seguito di specifica valutazione del rischio.

TABELLA S.4-31: INCREMENTO LARGHEZZA UNITARIA DELLE RAMPE D'ESODO IN RELAZIONE ALLA PENDENZA

Larghezza	Criterio
≥ 1200 mm	Affollamento dell'ambito servito > 1000 occupanti
≥ 1000 mm	Affollamento dell'ambito servito > 300 occupanti
≥ 900 mm	Affollamento dell'ambito servito ≤ 300 occupanti
≥ 600 mm	Ambito servito ove vi sia esclusiva presenza di personale specificamente formato, oppure occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti (es. locali impianti o di servizio, piccoli depositi, ...).

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

TABELLA S.4-32: LARGHEZZE MINIME PER VIE D'ESODO VERTICALI

S.4.8.9 Calcolo della larghezza minima delle uscite finali

1. La larghezza minima dell'uscita finale L_F , che consente il regolare esodo degli occupanti provenienti da vie d'esodo orizzontali o verticali, è calcolata come segue:

$$L_F = \sum_i L_{O,i} + \sum_j L_{V,j} \quad \text{S.4-4}$$

con:

- L_F larghezza minima dell'uscita finale [mm]
- $L_{O,i}$ larghezza della i-esima via d'esodo orizzontale che adduce all'uscita finale, come calcolata con l'equazione S.4-1 [mm]
- $L_{V,j}$ larghezza della j-esima via d'esodo verticale che adduce all'uscita finale, come calcolata con le equazioni S.4-2 o S.4-3, rispettivamente in caso di esodo *simultaneo* o *per fasi* [mm]

2. La larghezza L_F può essere suddivisa tra più percorsi. La larghezza di ciascun percorso deve rispettare i criteri della tabella S.4-28.
3. La *convergenza* dei flussi di occupanti dalle vie d'esodo orizzontali e verticali verso l'uscita finale non deve essere ostacolata (es. da arredi fissi o mobili, ...).

A tal fine, qualora *almeno due* delle vie d'esodo convergenti verso la stessa uscita finale siano impiegate da più di 50 occupanti ciascuna, la distanza misurata in pianta tra l'uscita finale e lo sbarco di tutte le vie d'esodo ad essa convergenti deve essere ≥ 2 m, come mostrato nell'illustrazione S.4-5.

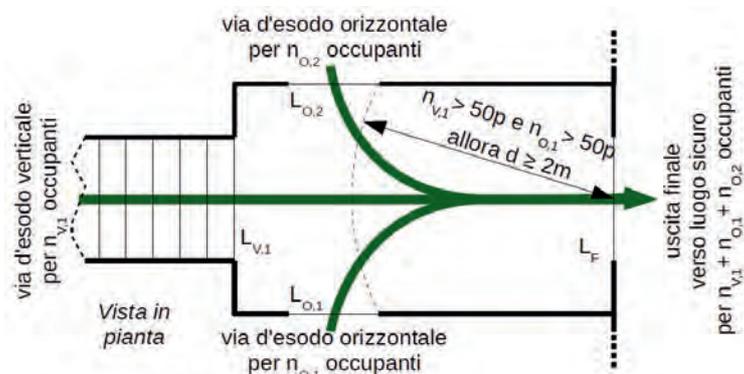


ILLUSTRAZIONE S.4-5: ESEMPIO DI FLUSSI CONVERGENTI (MERGING FLOWS) VERSO USCITA FINALE

S.4.8.10 Calcolo della larghezza minima per scale e marciapiedi mobili d'esodo

Nota: Le scale ed i marciapiedi mobili devono rispettare i requisiti essenziali di salute e di sicurezza previsti all'allegato I della direttiva 2006/42/CE del 17 maggio 2006.

Nota: In quanto parte di vie d'esodo, scale e marciapiedi mobili d'esodo devono essere considerati in tutte le verifiche di cui al presente paragrafo anche se impiegate in moto (es. verifica di ridondanza, lunghezze d'esodo, ...).

S.4.8.10.1 Scale e marciapiedi mobili mantenuti in posizione

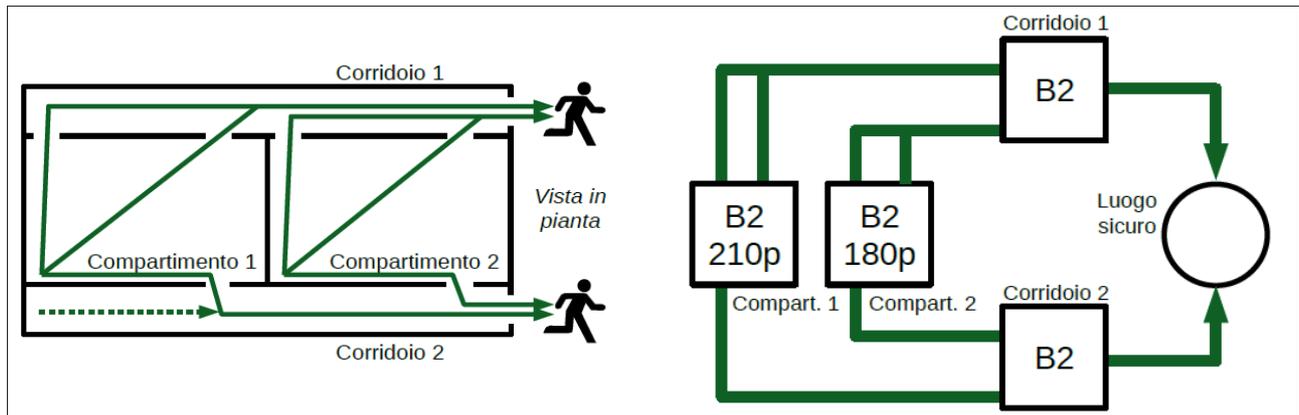
1. La larghezza minima di scale e marciapiedi mobili d'esodo *mantenuti in posizione* durante l'emergenza (paragrafo S.4.5.5) è calcolata come previsto per le vie d'esodo orizzontali (paragrafo S.4.8.7) o verticali (paragrafo S.4.8.8), in funzione della loro pendenza.

S.4.8.10.2 Scale e marciapiedi mobili impiegati in moto

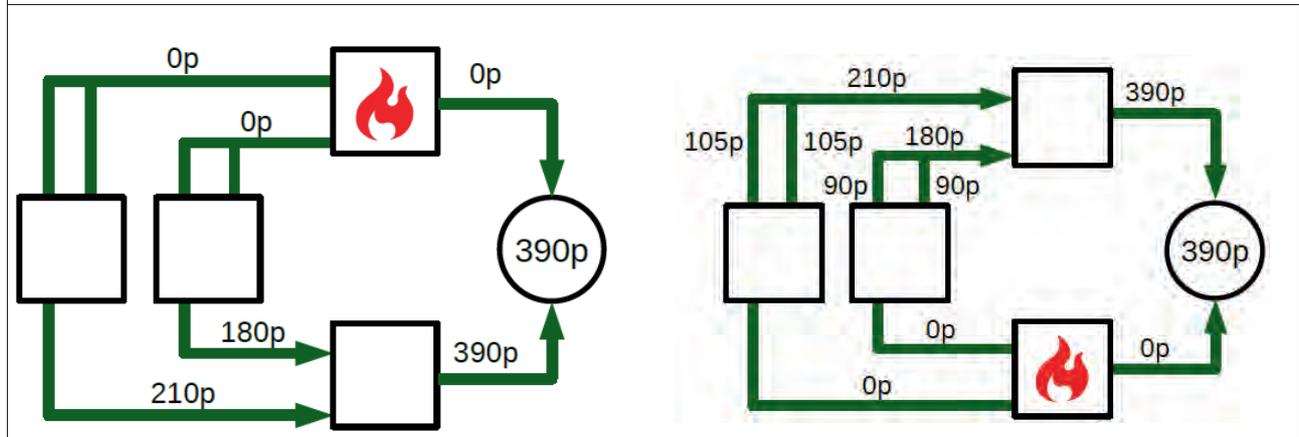
1. La larghezza minima di scale e marciapiedi mobili d'esodo impiegati *in moto* durante l'emergenza (paragrafo S.4.5.5) è verificata secondo la seguente procedura:
 - a. si determina la *capacità di trasporto teorica* (es. secondo norma EN 115-1) e la si riduce del 50%;
 - b. si determina il tempo, dalla ricezione dell'allarme, necessario per l'eventuale inversione del moto nel senso dell'esodo;
 - c. si somma il tempo necessario al trasporto degli occupanti che impiegano tale via d'esodo con il tempo per l'inversione del moto, ottenendo la durata massima dell'attesa in coda per gli occupanti;
 - d. se il tempo così calcolato è inferiore ai valori Δt_{coda} delle tabelle S.4-27 ed S.4-29, in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento, allora l'uso per l'esodo degli occupanti della scala o del marciapiede mobile è verificato.

Nota: Si riporta un esempio di calcolo in tabella S.4-35.

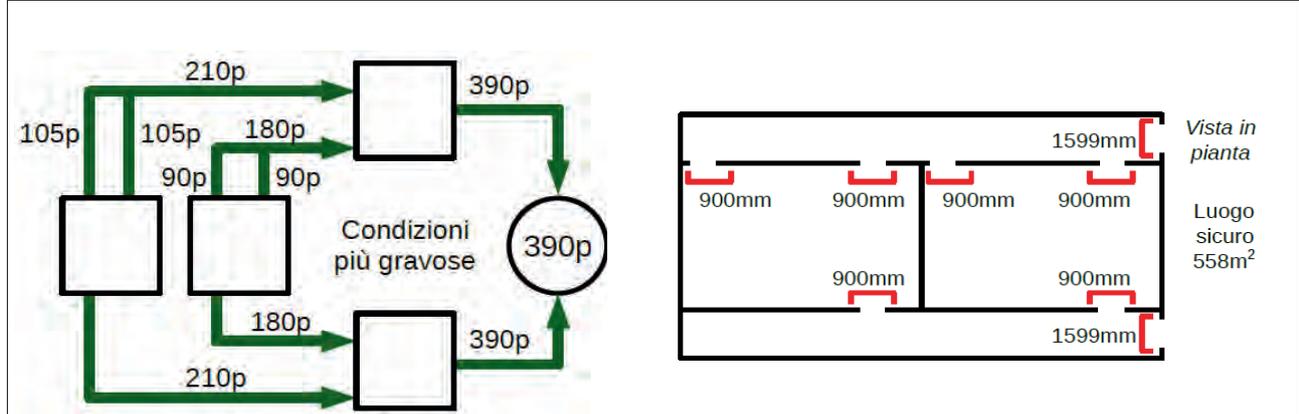
2. La *larghezza del gradino o segmento* di scale e marciapiedi mobili d'esodo deve essere ≥ 800 mm.



Dalla geometria dell'attività si elabora lo *schema* delle vie d'esodo e si definiscono i dati di ingresso (§ S.4.6): profilo di rischio R_{vita} di riferimento ed affollamento. Nel caso specifico si ritiene trascurabile l'affollamento nei corridoi di transito. Tenendo conto dei requisiti antincendio minimi (§ S.4.7), dopo aver definito il numero minimo di vie d'esodo ed uscite (§S.4.8.1), si verificano eventuali corridoi ciechi (§S.4.8.2) e le lunghezze d'esodo (§ S.4.8.3).



Si esegue la verifica di ridondanza (§ S.4.8.6), individuando le condizioni più gravose per i componenti del sistema d'esodo. Nelle figure soprastanti sono riportati solo gli esiti più gravosi.



Impiegando le condizioni più gravose, si calcolano le larghezze minime (§ S.4.8.5), ad esempio:

$$LO = 390 \text{ p} \cdot 4,10 \text{ mm/p} = 1599 \text{ mm} \geq 1000 \text{ mm (affollamento ambito: } 210 \text{ p} + 180 \text{ p} = 390 \text{ p)}$$

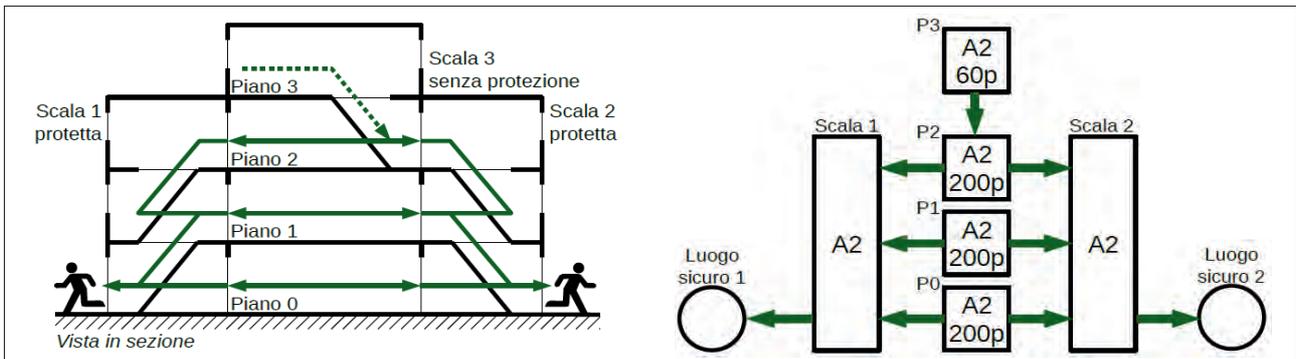
$$LO = 210 \text{ p} \cdot 4,10 \text{ mm/p} = 861 \text{ mm} < 900 \text{ mm (affollamento ambito: } 210 \text{ p)}$$

...

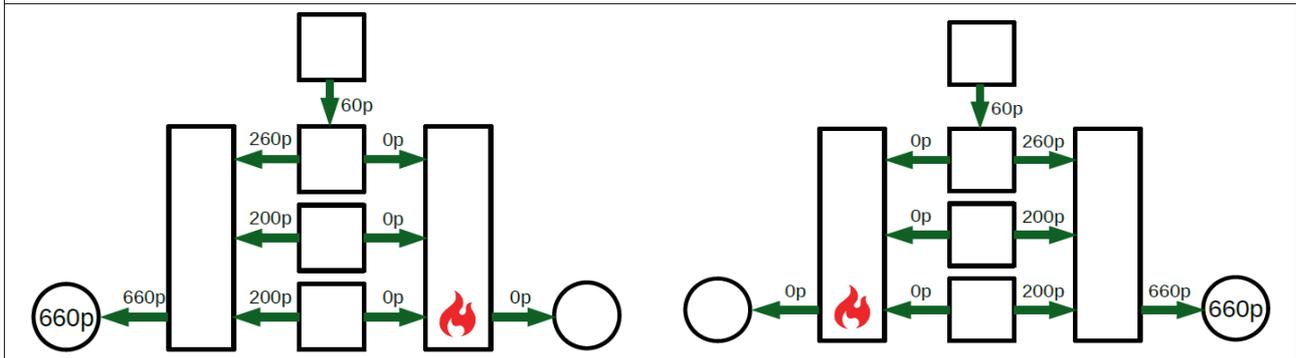
Si verifica quindi la superficie lorda minima del luogo sicuro (§ S.4.5.1): $S = 390 \text{ p} : 0,7 \text{ p/m}^2 = 558 \text{ m}^2$

Infine si determina il senso ed i dispositivi di apertura delle porte manuali (§ S.4.5.7.1).

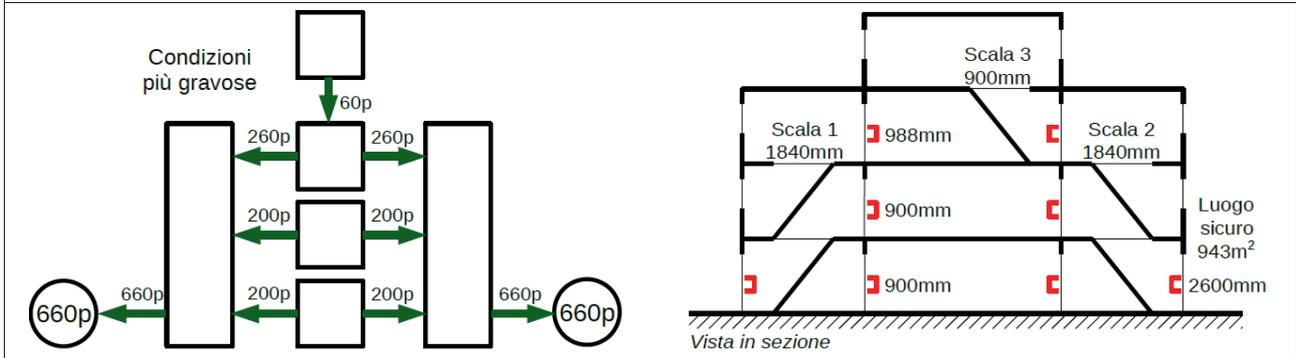
TABELLA S.4-33: ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO DELLE VIE D'ESODO ORIZZONTALI



Dalla geometria dell'attività si elabora lo *schema* delle vie d'esodo e si definiscono i dati di ingresso (§ S.4.6): profilo di rischio R_{vita} di riferimento ed affollamento. Tenendo conto dei requisiti antincendio minimi (§ S.4.7), dopo aver definito il numero minimo di vie d'esodo ed uscite (§ S.4.8.1), si verificano eventuali corridoi ciechi (§ S.4.8.2) e le lunghezze d'esodo (§ S.4.8.3).



Si esegue la verifica di ridondanza (§ S.4.8.6), individuando le condizioni più gravose per i componenti del sistema d'esodo. Nelle figure soprastanti sono riportati solo gli esiti più gravosi.



Impiegando le condizioni più gravose, si calcolano le larghezze minime (§ S.4.8.5), ad esempio:

- $LO = 260 \text{ p} \cdot 3,80 \text{ mm/p} = 988 \text{ mm} \geq 900 \text{ mm}$ (affollamento ambito: 260 p)
- $LO = 200 \text{ p} \cdot 3,80 \text{ mm/p} = 760 \text{ mm} < 900 \text{ mm}$ (affollamento ambito: 200 p)
- Scala 3: $LV = 60 \text{ p} \cdot 4,55 \text{ mm/p} = 273 \text{ mm} < 900 \text{ mm}$ (1 piano, affollamento ambito: 60 p)
- Scale 1 e 2: $LV = (260 \text{ p} + 200 \text{ p}) \cdot 4,00 \text{ mm/p} = 1840 \text{ mm} \geq 1000 \text{ mm}$ (2 piani, affollamento ambito: 460 p)
- Uscite finali: $LF = 1840 \text{ mm} + 760 \text{ mm} = 2600 \text{ mm} \geq 1000 \text{ mm}$ (affollamento ambito: 660 p)

Si verifica quindi la superficie lorda minima dei luoghi sicuri (§ S.4.5.1): $S = 660 \text{ p} : 0,7 \text{ p/m}^2 = 943 \text{ m}^2$

Infine si determina il senso ed i dispositivi di apertura delle porte manuali (§ S.4.5.7.1).

TABELLA S.4-34: ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO DELLE VIE D'ESODO ORIZZONTALI E VERTICALI

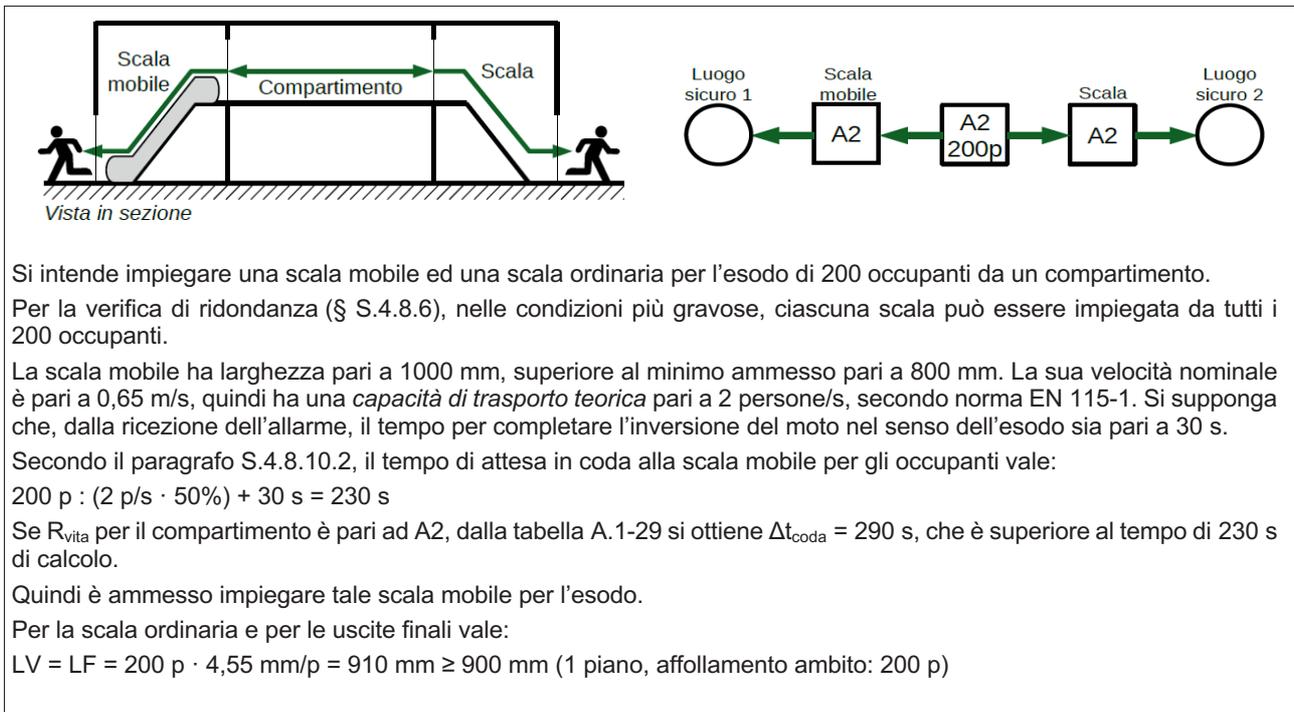


TABELLA S.4-35: ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO DI SCALA MOBILE D'ESODO

S.4.9 Eliminazione o superamento delle barriere architettoniche per l'esodo

Nota: La progettazione del sistema d'esodo deve comunque rispettare le disposizioni di cui al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia", anche in tema di eliminazione o superamento delle barriere architettoniche.

1. In tutti i piani dell'attività nei quali vi può essere presenza non occasionale di occupanti che non abbiano sufficienti abilità per raggiungere *autonomamente* un luogo sicuro tramite vie d'esodo verticali, deve essere adottata almeno una delle seguenti modalità:
 - a. impiego di *spazi calmi* secondo le indicazioni del paragrafo S.4.9.1;
 - b. *esodo orizzontale progressivo* secondo le indicazioni del paragrafo S.4.9.2;
 - c. esodo orizzontale verso luogo sicuro.

Per gli altri piani devono comunque essere previste apposite misure per gestire le specifiche necessità degli occupanti (capitolo S.5).

Nota: Specifici accorgimenti costruttivi previsti nell'attività per tali occupanti sono indicatori di presenza non occasionale (es. stalli per disabili nelle autorimesse, servizi igienici per disabili, montascale, ...).

2. I compartimenti con profilo di rischio R_{vita} compreso in D1, D2:
 - a. devono disporre di almeno un ascensore antincendio dimensionato in modo da consentirne l'impiego da parte di tutti gli occupanti anche non deambulanti (es. sedia a ruote, barella,...);
 - b. devono avere vie d'esodo orizzontali di dimensioni tali da consentire l'agevole movimentazione di letti e barelle dell'attività in caso d'incendio.

Nota: Al fine di consentire a tutti gli occupanti, a prescindere dalle loro abilità, di impiegare autonomamente il sistema d'esodo dell'attività possono essere applicati i requisiti e le raccomandazioni contenute nella norma ISO 21542 "Building construction - Accessibility and usability of the built environment"

S.4.9.1 Spazio calmo

Nota: La definizione di spazio calmo è nel capitolo G.1. Si riporta un esempio nell'illustrazione S.4-6.

1. Al fine di consentire agli occupanti di attendere e ricevere assistenza, lo spazio calmo deve:
 - a. essere contiguo e comunicante con una via d'esodo o in essa inserito, senza costituire intralcio all'esodo;
 - b. avere dimensioni tali da poter ospitare tutti gli occupanti del piano che ne abbiano necessità, nel rispetto delle superfici minime per occupante di tabella S.4-36.
2. In ciascuno spazio calmo devono essere presenti:
 - a. un sistema di comunicazione bidirezionale per permettere agli occupanti di segnalare la loro presenza e richiedere assistenza ai soccorritori;
 - b. eventuali attrezzature da impiegare per l'assistenza (es. sedia o barella di evacuazione,...);
 - c. indicazioni sui comportamenti da tenere in attesa dell'arrivo dell'assistenza dei soccorritori.
3. Lo spazio calmo deve essere contrassegnato con segnale UNI EN ISO 7010-E024, esemplificato in tabella S.4-8.

S.4.9.2 Esodo orizzontale progressivo

Nota: La definizione di esodo orizzontale progressivo si trova nel capitolo G.1. Si riportano esempi nella tabella S.4-37.

1. Al fine di consentire l'esodo orizzontale progressivo, il piano dell'attività deve essere suddiviso in almeno due compartimenti. Ciascun compartimento deve:
 - a. poter contenere in emergenza, oltre ai suoi normali occupanti, il massimo numero di occupanti che lo impiegano per l'esodo orizzontale progressivo, secondo le superfici minime per occupante di tabella S.4-36;
 - b. avere vie d'esodo adeguate ad evacuare il numero dei suoi occupanti, maggiorato del 50% del massimo numero di occupanti che lo impiegano per l'esodo orizzontale progressivo;
 - c. avere almeno due vie d'esodo indipendenti verso distinti compartimenti adiacenti, oppure una via d'esodo *a prova di fumo* con caratteristiche di *filtro*.
2. Quando l'esodo orizzontale progressivo *sia assistito* da personale specificamente formato, il verso di apertura delle porte tra i compartimenti può essere limitato alla sola direzione prevalente dell'esodo.
3. Quando l'esodo orizzontale progressivo *non sia assistito* da personale specificamente formato, i compartimenti interessati devono avere anche le caratteristiche degli *spazi calmi* (es. sistema di comunicazione bidirezionale, segnaletica, ...).

Tipologia	Superficie minima per occupante
Occupante deambulante	0,70 m ² /persona
Occupante su sedia a ruote	1,77 m ² /persona
Occupante allettato	2,25 m ² /persona
Alla superficie minima destinata agli occupanti devono essere aggiunti gli spazi di manovra necessari per l'utilizzo di eventuali ausili per il movimento (es. letto, sedia a ruote, ...).	

TABELLA S.4-36: SUPERFICI MINIME PER OCCUPANTE

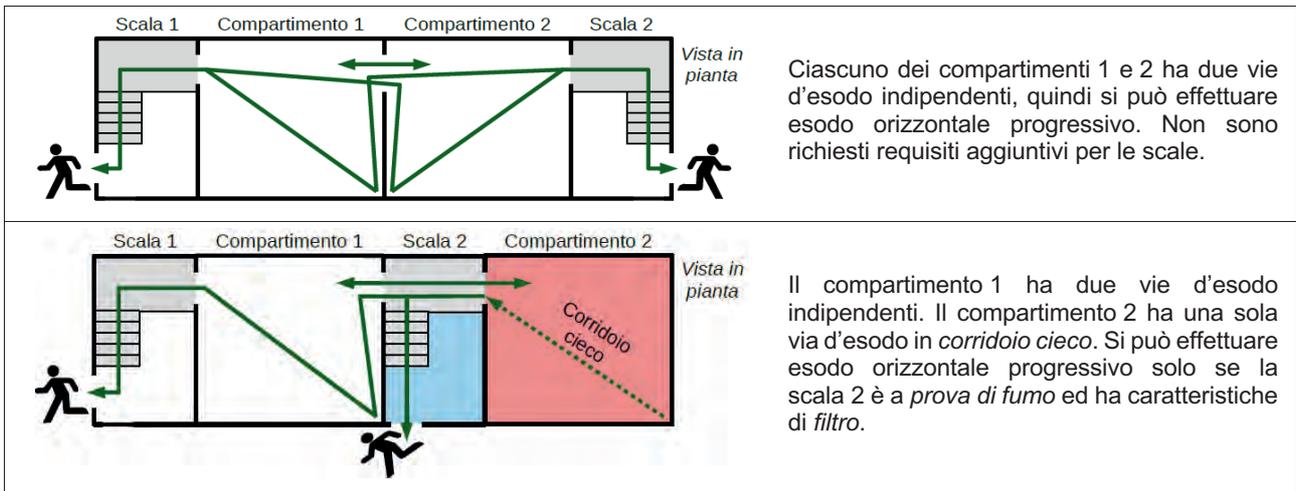


TABELLA S.4-37: ESEMPI DI ESODO ORIZZONTALE PROGRESSIVO

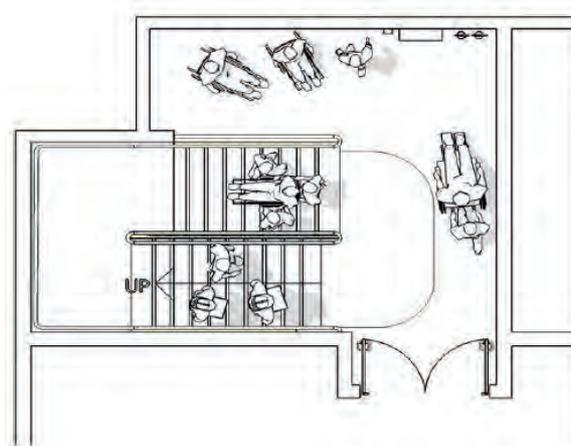


ILLUSTRAZIONE S.4-6: ESEMPIO DI SPAZIO CALMO (AREA OF RESCUE ASSISTANCE) SECONDO NORMA ISO 21542

S.4.10 Requisiti antincendio aggiuntivi per l'esodo

1. In relazione alla presenza di *requisiti antincendio aggiuntivi*, è possibile modificare alcune delle misure indicate nel presente capitolo come di seguito specificato.
2. È possibile incrementare la massima *lunghezza d'esodo* L_{es} della tabella S.4-25 come segue:

$$L_{es,d} = (1 + \delta_m) \cdot L_{es} \tag{S.4-5}$$

con:

$L_{es,d}$ max lunghezza d'esodo di progetto [m]

δ_m fattore calcolato secondo comma 47

3. È possibile incrementare la massima *lunghezza di corridoio cieco* L_{cc} della tabella Tabella S.4-18 come segue:

$$L_{cc,d} = (1 + \delta_m) \cdot L_{cc} \tag{S.4-6}$$

con:

$L_{cc,d}$ max lunghezza corridoio cieco di progetto [m]

δ_m fattore calcolato secondo comma 47

4. Il fattore δ_m tiene conto dei differenti *requisiti antincendio aggiuntivi* del compartimento servito dalla via d'esodo ed è calcolato come segue:

$$\delta_m = \sum_i \delta_{m,i} \quad \text{S.4-7}$$

con:

$\delta_{m,i}$ fattore relativo a *requisito antincendio aggiuntivo* della tabella S.4-38

In nessun caso δ_m può superare la massima variazione ammessa pari al 36%.

5. Per i compartimenti con profilo di rischio R_{vita} pari ad A4 non è ammesso effettuare alcuna variazione dei valori delle tabelle Tabella S.4-18 e S.4-25.

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

TABELLA S.4-38: PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DEI FATTORI $\delta_{m,i}$

S.4.11 Esodo per attività all'aperto

Nota: La definizione di attività all'aperto si trova nel capitolo G.1

Nota: Il sistema d'esodo delle attività all'aperto è dimensionato limitando la massima durata di tempo Δt_{coda} che gli occupanti passano in coda lungo le vie d'esodo prima di potersi allontanare, come descritto nei riferimenti di cui al paragrafo S.4.12.

1. Nelle *attività all'aperto* la probabilità che gli effetti dell'incendio impediscano l'esodo degli occupanti è considerata meno rilevante rispetto alle altre attività, perché fumo e calore dell'incendio si disperdono direttamente in atmosfera.
2. Il sistema d'esodo delle attività all'aperto deve essere progettato come descritto in questo capitolo, applicando nella loro completezza le indicazioni complementari di cui al presente paragrafo.

Nota: È esclusa dal presente paragrafo la progettazione del sistema d'esodo fino a luogo sicuro di eventuali porzioni al chiuso di attività all'aperto.

3. I *requisiti antincendio aggiuntivi* del paragrafo S.4.10 non sono applicabili.

S.4.11.1 Progettazione del sistema d'esodo all'aperto

S.4.11.1 Corridoi ciechi

1. I massimi affollamenti e le massime lunghezze di corridoio cieco L_{cc} della tabella S.4-18 sono raddoppiati.

S.4.11.2 Lunghezze d'esodo

1. La verifica delle lunghezze d'esodo L_{es} del paragrafo S.4.8.3 può essere omessa.

S.4.11.3 Larghezza delle vie d'esodo

1. La tabella S.4-27, relativa a "Larghezze unitarie per vie d'esodo orizzontali", è sostituita dalla tabella S.4-39.
2. La tabella S.4-29, relativa a "Larghezze unitarie per vie di esodo verticali", è sostituita dalla tabella S.4-40.

S.4.11.2 Eliminazione o superamento delle barriere architettoniche per l'esodo all'aperto

1. È possibile impiegare come *spazio calmo* uno *spazio a cielo libero* con caratteristiche pari a quelle del *luogo sicuro* (paragrafo S.4.5.1), chiaramente delimitato e contiguo ad una via d'esodo, a tal scopo esclusivamente destinato e facilmente raggiungibile dai soccorritori.
2. È possibile effettuare *esodo orizzontale progressivo* verso *spazio a cielo libero* con caratteristiche pari a quelle del *luogo sicuro* (paragrafo S.4.5.1), chiaramente delimitato e contiguo ad una via d'esodo, a tal scopo esclusivamente destinato e facilmente raggiungibile dai soccorritori.

R_{vita}	Larghezza unitaria	Δt_{coda}
A1, A2	1,90	600 s
B1, B2, C1, E1, E2	2,40	460 s
Altri casi	3,70	300 s

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

TABELLA S.4-39: LARGHEZZE UNITARIE PER VIE D'ESODO ORIZZONTALI DA ATTIVITÀ ALL'APERTO

R_{vita}	Numero totale dei piani serviti dalla via d'esodo verticale										Δt_{coda}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	> 9	
A1, A2	2,20	2,10	1,95	1,85	1,75	1,70	1,60	1,55	1,50	1,40	600 s
B1, B2, C1, E1, E2	2,85	2,65	2,45	2,30	2,15	2,05	1,95	1,85	1,75	1,65	460 s
Altri casi	4,40	4,05	3,75	3,50	3,30	3,10	2,95	2,75	2,65	2,50	300 s

I valori delle larghezze unitarie sono espressi in mm/persona ed assicurano una durata dell'attesa in coda, per gli occupanti che impiegano la specifica via d'esodo, non superiore a Δt_{coda} .
I valori delle larghezze unitarie devono essere incrementati per le *scale* secondo le indicazioni della tabella S.4-30, oppure per le *rampe* secondo le indicazioni della tabella Tabella S.4-31.

TABELLA S.4-40: LARGHEZZE UNITARIE PER VIE D'ESODO VERTICALI DA ATTIVITÀ ALL'APERTO

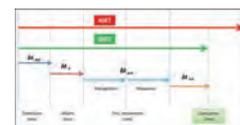
S.4.12 Riferimenti

1. Si indicano i seguenti riferimenti:
 - a. ISO 13571 "Life-threatening components of fire - Guidelines for the estimation of time to compromised tenability in fires";
 - b. ISO/TR 16738 "Fire-safety engineering - Technical information on methods for evaluating behaviour and movement of people".
 - c. ISO 21542 "Building construction - Accessibility and usability of the built environment";

- d. EN 17210 "*Accessibility and usability of the built environment - Functional requirements*";
- e. BS 9999, Section 5 - "*Designing means of escape*";
- f. IFC, "*International Fire Code 2009*", Chapter 10;
- g. NFPA 101 "*Life safety code*", Chapter 7;
- h. "*The SFPE Handbook of fire protection engineering*", 5th edition, SFPE/NFPA, 2016;
- i. UK (England) Department of Health, "*Health Technical Memorandum 05-02: Firecode - Guidance in support of functional provisions (Fire safety in the design of healthcare premises)*", 2014;
- j. UK (England) Department for Communities and Local Government Publications, "*Technical Risk Assessment Guide on Transport Premises and Facilities*", 2007;
- k. UK (England) Sports Grounds Safety Authority (SGSA), "*Safety of Sports Grounds Guidance - Green Guide*", 6th Edition, 2018;
- l. 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;
- m. Fruin J J, "*The causes and prevention of crowd disasters*", First International Conference on Engineering for Crowd Safety, London, England, 1993.
- n. Still G K, "*Introduction to Crowd Science*", CRC Press, 2014.

L'esodo nelle nuove RTV

ESODO



Nella sezione V del Codice, con riferimento alle RTV vigenti e a quelle in fase di avanzata istruttoria, nel paragrafo relativo all'esodo, ove presente, possono essere previste esclusioni dai limiti minimi per le larghezze delle vie d'esodo per determinati spazi o altre precisazioni; in particolare:

Alberghi (V.5)

A seguito dell'approvazione della RTV relativa agli alberghi³, ad integrazione di quanto previsto dalla RTO per la misura S.4, il par. V.5.4.4 specifica che:

1. Per le camere o gli appartamenti per ospiti con affollamento ≤ 10 occupanti si applicano le specifiche disposizioni relative alle larghezze delle vie d'esodo previste al Cap. S.4.

Autorimesse (V.6)

A seguito dell'approvazione della RTV relativa alle autorimesse⁴, ad integrazione di quanto previsto dalla RTO per la S.4, il par. V.6.5.4 specifica che:

1. Nei compartimenti SC non è ammessa presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto.

Attività commerciali (V.8)

A seguito dell'approvazione della RTV relativa alle attività commerciali⁵ ad integrazione di quanto previsto dalla RTO per la misura S.4, il par. V.8.5.4 specifica che:

1. La progettazione dell'esodo (Cap. S.4) deve prevedere densità di affollamento almeno pari a $0,2 \text{ p/m}^2$ per gli spazi comuni aperti al pubblico considerando, inoltre, gli eventuali ulteriori affollamenti provenienti da altre attività.

Nota Ad esempio si considerano affollamenti provenienti da altre attività quelli provenienti dalle banchine delle stazioni, aerostazioni, dagli alberghi, autorimesse, impianti sportivi, che eventualmente adducano negli spazi comuni aperti al pubblico.

2. Ai fini dell'applicazione della tabella S.4.6 si considerano:
 - a) aree di vendita di piccole attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto le aree TA delle attività AA o AB;
 - b) aree di vendita di piccole attività commerciali al dettaglio con specifica gamma merceologica non alimentare le aree TA delle attività AA.
3. Le vie d'esodo (Cap. S.4) delle aree TA non devono attraversare le altre tipologie di aree.
4. Ai fini del computo della lunghezza di esodo, la *mall* può essere assimilata a luogo sicuro temporaneo se sono verificate tutte le condizioni di cui alla tabella V.8-4.

Carico di incendio specifico nella mall $q_f \leq 50 \text{ MJ/m}^2$, anche in presenza di allestimenti a carattere temporaneo.
Distanza minima L fra facciate contrapposte che si affacciano sulla mall pari a $\sqrt{7} H$ con H altezza della facciata più alta ed L comunque non inferiore a 7 m.
Controllo dell'incendio (Capitolo S.6) di livello di prestazione IV, esteso a tutti gli ambiti non compartimentati che si affacciano nella mall.
Rivelazione e allarme (Capitolo S.7) di livello di prestazione IV, esteso alla mall e a tutti gli ambiti non compartimentati che vi si affacciano.
Controllo fumo e calore (Capitolo S.8) di livello di prestazione III, esteso alla mall e a tutti gli ambiti non compartimentati che vi si affacciano.

TABELLA V.8-4: CONDIZIONI PER ASSIMILARE LA MALL A LUOGO SICURO TEMPORANEO

³ d.m. 9 agosto 2016 pubblicato in G.U. n. 193 del 23 agosto 2016

⁴ d.m. 15 maggio 2020 pubblicato in G.U. n. 132 del 23 maggio 2020

⁵ d.m. 23 novembre 2018 pubblicato in G.U. n. 281 del 3 dicembre 2018

Asili nido (V.9)

A seguito dell'approvazione della RTV relativa agli asili nido⁶ ad integrazione di quanto previsto dalla RTO per la misura S.4, il par. V.9.5.4 specifica che:

1. Nelle aree TA l'affollamento è pari al numero massimo di occupanti previsto.
2. Da ciascuna area TA e TO devono essere sempre garantite almeno due vie d'esodo indipendenti.
3. Nelle aree TA, TB e TO deve essere prevista segnaletica di sicurezza a pavimento finalizzata ad indicare le vie d'esodo fino al luogo sicuro in ogni condizione di esercizio dell'attività.

Nota La segnaletica a pavimento può essere di tipo retroilluminato o catarifrangente.

Musei, gallerie, esposizioni, mostre, biblioteche e archivi in edifici tutelati (V.10)

A seguito dell'approvazione della RTV relativa a Musei, gallerie, esposizioni, mostre, biblioteche e archivi in edifici tutelati⁷ ad integrazione di quanto previsto dalla RTO per la misura S.4, il par. V.10.5.4 specifica che:

1. In caso di esodo per fasi (par. S.4.7.2) è ammesso l'utilizzo di scala d'esodo protetta anziché a prova di fumo o esterna, con le seguenti misure antincendio minime:
 - a) nell'attività deve essere prevista una gestione della sicurezza (Cap. S.5) con livello di prestazione III;
 - b) ciascun piano dell'attività sia inserito in compartimento distinto;
 - c) la procedura di esodo per fasi non sia utilizzata per vie di esodo verticali che servono piani a quota inferiore a -5 m.
2. Sono ammesse altezze inferiori a 2 m per le vie di esodo (par. S.4.5.3), a condizione che vengano adottati tutti i seguenti requisiti aggiuntivi:
 - a) altezza delle vie di esodo non inferiore a 1,80 m;
 - b) la porzione di impianto di illuminazione di sicurezza in corrispondenza delle criticità sia progettato per garantire il doppio dell'illuminamento minimo previsto dalla norma UNI EN 1838 o equivalente;
 - c) informazione specifica a tutti gli occupanti.

Nota Ad esempio: cartellonistica, opuscoli, applicazioni per smartphone, tablet e similari, planimetrie ...

3. La nota [1] della tab. S.4-13 è non applicabile. Nel caso in cui non sia possibile rispettare la costanza dell'alzata o della pedata dei gradini appartenenti alla stessa rampa di scale, devono essere adottati i seguenti requisiti aggiuntivi:
 - a) la porzione di impianto di illuminazione di sicurezza in corrispondenza delle criticità sia progettato per garantire il doppio dell'illuminamento minimo previsto dalla norma UNI EN 1838 o equivalente;
 - b) informazione specifica a tutti gli occupanti.

Nota Ad esempio: cartellonistica, opuscoli, applicazioni per smartphone, tablet e similari, planimetrie ...

4. Gli infissi, qualora di interesse storico artistico, presenti lungo le vie di esodo, che non possiedono le caratteristiche riportate nella tab. S.4-3, devono essere mantenuti costantemente aperti, durante l'esercizio dell'attività.
5. È ammessa un'unica via di esodo (es. da ciascun edificio, compartimento, piano, soppalco, locale, ...), a condizione che vengano adottate tutte le seguenti misure:
 - a) numero degli occupanti dell'ambito servito dall'unica via di esodo non superiore a 100;
 - b) sistema di gestione della sicurezza antincendio di livello di prestazione III.
6. Sono ammesse larghezze delle vie di esodo (Capitolo S.4) orizzontali o verticali inferiori ai valori minimi, e comunque non inferiori a 800 mm, a condizione che vengano adottate tutte le seguenti misure:
 - a) nelle vie di esodo verticali, nei passaggi di comunicazione delle vie di esodo orizzontali (corridoi, atri, spazi calmi, filtri ...) interessate dal restringimento devono essere impiegati materiali appartenenti al gruppo GM0 o GM1 di reazione al fuoco, fatto salvo quanto previsto al comma 2 del par. V.9.5.1;
 - b) la porzione di impianto di illuminazione di sicurezza in corrispondenza delle criticità sia progettato per garantire il doppio dell'illuminamento minimo previsto dalla norma UNI EN 1838 o equivalente;
 - c) segnalazione specifica a tutti gli occupanti.

Nota Ad esempio: cartellonistica, opuscoli, applicazioni per smartphone, tablet e similari, planimetrie ...

⁶ d.m. 6 aprile 2020 pubblicato in G.U. n. 98 del 14 aprile 2020

⁷ Approvata il 21 febbraio 2019 dal Comitato Centrale Tecnico Scientifico dei VV.F.

Attività in edifici tutelati diverse da musei, gallerie, esposizioni, mostre, biblioteche e archivi (V.X)

Nella seduta dell'11 dicembre 2019 del CCTS dei VV.F., è stata presentata la bozza della RTV in argomento, che è pertanto ancora quindi oggetto di discussione. Ad integrazione di quanto previsto dalla RTO per la misura S.4, il par. V.X.5.2 prevede che:

1. Non è richiesta l'applicazione della nota [1] della tab. S.4-30.

Nel caso in cui non sia possibile rispettare la costanza dell'alzata o della pedata dei gradini appartenenti alla stessa rampa di scale, devono essere garantiti i seguenti requisiti aggiuntivi:

- a) raddoppio dell'illuminamento di sicurezza minimo previsto dalla norma UNI EN 1838 o equivalente in corrispondenza delle criticità;
- b) informazione specifica a tutti gli occupanti.

Nota Ad esempio: cartellonistica, opuscoli, applicazioni per smartphone, tablet e similari, planimetrie, ...

2. Le porte di interesse storico artistico presenti lungo le vie di esodo, che non possiedono le caratteristiche riportate nella tab. S.4-6, devono essere mantenute costantemente aperte durante l'esercizio dell'attività.

Strutture sanitarie (V.Y)

A seguito dell'approvazione della RTV relativa alle strutture sanitarie⁸ ad integrazione di quanto previsto dalla RTO per la misura S.4, il par. V.Y.5.3 specifica che:

1. Le aree di tipo TA devono consentire l'esodo orizzontale progressivo.
2. Le aree di tipo TA2 devono consentire l'esodo orizzontale progressivo nell'ambito delle stesse aree.

Nota I varchi e le porte di comunicazione devono essere dimensionati per lo spostamento di pazienti su barella considerando anche l'ingombro delle eventuali apparecchiature elettromedicali da trasportare assieme al paziente.

Edifici di civile abitazione (V.Z)

A seguito dell'approvazione della RTV relativa agli edifici di civile abitazione⁹ ad integrazione di quanto previsto dalla RTO per la misura S.4, il par. V.Z.4.4 specifica che:

1. Oltre a quanto previsto nel capitolo S.4, l'affollamento massimo di ciascun locale può essere determinato anche in relazione ad altre disposizioni legislative e regolamentari in merito a requisiti igienico-sanitari dei locali di abitazione.
2. Per piani a quota > 32 m o < -5 m devono essere previste due vie di esodo indipendenti.
3. Oltre a quanto previsto al capitolo S.4, è ammesso omettere dalla verifica delle condizioni di corridoio cieco la porzione di corridoio cieco continua e finale, avente caratteristiche di filtro e massima lunghezza omessa Lom pari a 135 m.

Nota Ad esempio, se un edificio è servito da una sola scala d'esodo, questa deve rispettare le condizioni previste per il corridoio cieco (capitolo S.4). Qualora non siano rispettate tali condizioni, si rammenta la possibilità di ricorrere a soluzioni alternative, ad esempio prevedendo scale d'esodo a prova di fumo, nonché rilevazione ed allarme.

⁸ Approvata il 11 febbraio 2020 dal Comitato Centrale Tecnico Scientifico dei VV.F.

⁹ Approvata il 11 febbraio 2020 dal Comitato Centrale Tecnico Scientifico dei VV.F.

4. Il dimensionamento dei sistemi d'esodo secondo le soluzioni conformi del Codice

Stato dell'arte

Alla luce del contesto internazionale e dello stato dell'arte della ricerca sull'esodo dagli edifici a seguito di incendio [1], il *modello tradizionale* per il dimensionamento dei sistemi d'esodo introdotto in Italia con la circolare Ministero dell'Interno 15 febbraio 1951, n. 16 "*Norme di sicurezza per la costruzione, l'esercizio e la vigilanza dei teatri, cinematografi e altri locali di spettacolo in genere*", descritto da Cascarino in [2] e correntemente prescritto dalla normativa antincendio tradizionale, è basato su modelli e regole empiriche considerati superati, ad esempio il modello a corsie del 1905 [3].

Sono inoltre disponibili oggi nuovi dati sperimentali [4] e nuove metodologie quantitative (Analisi ASET > RSET, [5]) per la verifica del livello di sicurezza ottenuto dalle misure antincendio, che hanno consentito la costruzione di un nuovo modello italiano per l'esodo aggiornato allo stato dell'arte.

Inoltre, non è più accettabile oggi basare i calcoli di dimensionamento dei sistemi d'esodo sulle caratteristiche di una popolazione *mediamente abile*.

Report recentissimi [6] indicano che circa un quarto della popolazione italiana risulta soffrire di limitazioni funzionali, invalidità o cronicità gravi.

Di questa porzione della popolazione, il 24% riferisce di avere limitazioni gravi, cioè il massimo grado di difficoltà in almeno una tra le funzioni motorie, sensoriali o nelle attività essenziali della vita quotidiana.

Il nuovo modello italiano per l'esodo considera, pertanto, la reale distribuzione delle abilità motorie, sensoriali, cognitive della popolazione che frequenta le attività per offrire una *progettazione inclusiva*.

Regole empiriche

Le cosiddette soluzioni conformi (*deemed-to-satisfy solutions*) degli standard di prevenzione incendi internazionali intendono garantire sicurezza antincendio per un vasto numero di attività, per mezzo di soluzioni tecniche di semplice progettazione ed applicazione.

Come descritto in [7], non sempre la logica di tali soluzioni tecniche semplici è basata sull'evidenza scientifica e la loro efficacia analiticamente misurata.

Pertanto, non è sempre possibile stabilire oggettivamente se tali standard raggiungono i livelli di sicurezza che si prefiggono.

Il caso dei sistemi d'esodo è esemplare in tale contesto.

È tuttora presente negli standard anglosassoni (es.: [8], BS 9999:2008) la regola empirica (*magic number*) dei 2,5 minuti impiegati come limite per il tempo di movimento. Secondo [9], tale regola compare per la prima volta in [10] ed è originata dall'incendio dell'Empire Palace Theater di Edinburgh del 1911.

Il fatto non confermato che l'edificio fosse evacuato con successo proprio in 2,5 minuti non sembra poter dimostrare che tale tempo sia da considerare appropriato per tutti gli altri edifici successivi fino ad oggi.

Analogamente, se si analizza l'evoluzione delle prescrizioni in merito al dimensionamento delle vie d'esodo italiane, sin dall'approvazione della Circolare Ministero dell'Interno, n. 16, 15 febbraio 1951, si applica implicitamente la regola empirica di 1 minuto ammesso come limite per il tempo di movimento dai compartimenti, dal quale si ricava la capacità di deflusso di 50 persone per modulo di larghezza della via d'esodo [2].

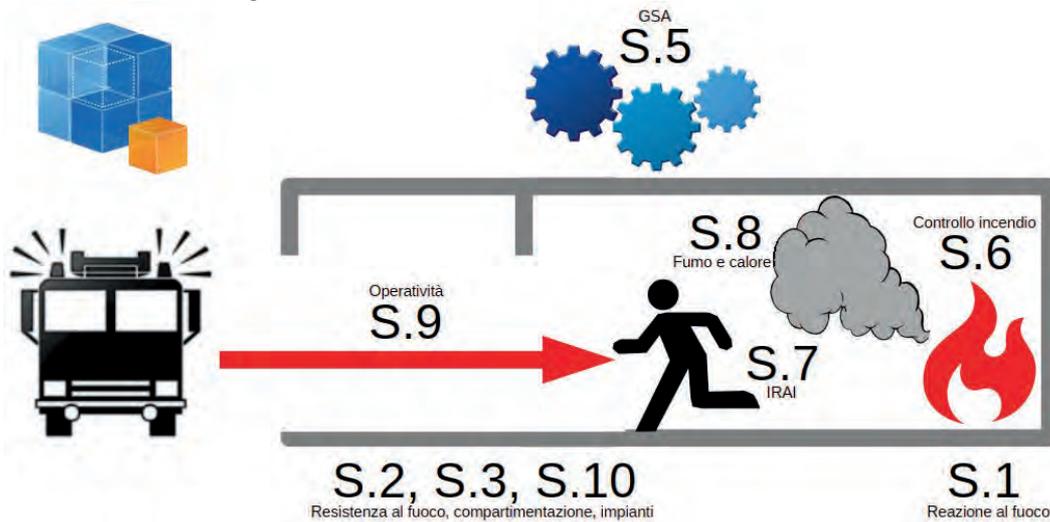
Non è stato possibile reperire alcun documento ove la scelta di tale parametro italiano sia in qualche modo esplicitamente ed oggettivamente giustificata, secondo criteri prestazionali.



L'esodo nel Codice

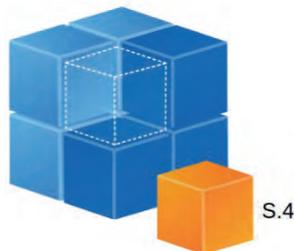
Scopo della presente pubblicazione è quello di illustrare con metodi quantitativi i parametri per il dimensionamento delle geometrie dei sistemi d'esodo previsti nella *soluzione conforme* del Cap. S.4 del Codice, tenendo conto delle altre misure antincendio preventive, protettive e gestionali previste dal Codice stesso e di rappresentare anche alcune *soluzioni alternative*.

Nelle attività progettate secondo il Codice l'obiettivo fondamentale della sicurezza degli occupanti è ottenuto attraverso l'applicazione di una serie di misure antincendio calibrate sul profilo di rischio dell'attività che insieme concorrono alla strategia di sicurezza antincendi.



STRATEGIA ANTINCENDIO FINALIZZATA ALLA SALVAGUARDIA DELLA VITA UMANA

Il sistema d'esodo descritto nel Codice, al Cap. S.4, è solo una delle misure che concorrono alla garanzia della sicurezza della vita degli occupanti dell'attività oggetto di progettazione.



S.4 COMPONENTE DELLA STRATEGIA ANTINCENDIO

Secondo il Codice, la finalità del sistema d'esodo è di assicurare che gli occupanti del compartimento di primo innesco possano raggiungere o permanere in un *luogo sicuro*, consentendo loro di uscire prima che le condizioni diventino non tenibili.

L'esodo, pertanto, ha come primo obiettivo di sicurezza di poter offrire agli occupanti di raggiungere un *luogo sicuro temporaneo* (compartimento adiacente o spazio scoperto) dal quale, con "calma", essi potranno raggiungere un *luogo sicuro* o saranno altrimenti soccorsi.



FINALITÀ DEL SISTEMA D'ESODO

Di conseguenza nel Cap. S.4 sono proposti due soli livelli di prestazione:

- il primo prevede per l'attività un sistema d'esodo dinamico, ovvero gli occupanti devono abbandonare il luogo interno all'attività in cui si trovano per raggiungere un luogo sicuro;
- il secondo prevede un sistema d'esodo statico, ovvero la protezione degli occupanti si realizza negli stessi ambienti nei quali si trovano.

Come per tutte le altre misure del Codice, il progettista può conseguire il livello di prestazione I applicando soluzioni conformi o soluzioni alternative.

Per il livello di prestazione II sono disponibili solo soluzioni alternative, in quanto non si ritiene esista la possibilità di una soluzione in forma chiusa e semplice al problema di garantire protezione agli occupanti nel luogo in cui si trovano, vista l'enorme variabilità di attività incluse nel campo di applicazione del Codice.

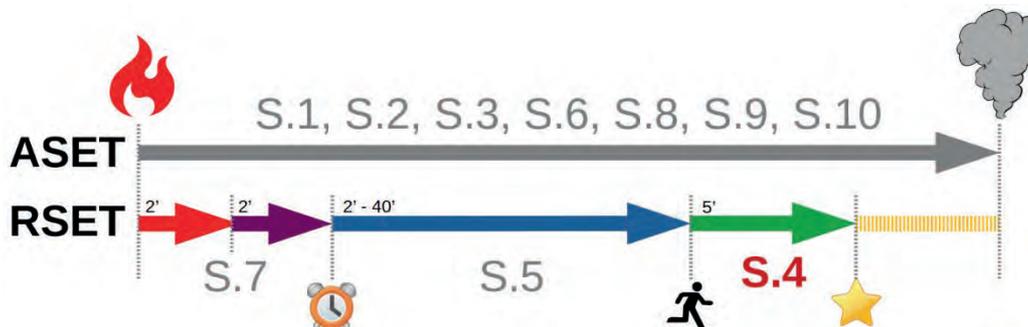


LIVELLI DI PRESTAZIONE PER LA MISURA ESODO

Infatti, per la complessità progettuale delle soluzioni alternative per l'esodo, il Cap. S.4 impone al progettista l'impiego della metodologia ASET > RSET, descritta nel Cap. M.3 che tratta nel dettaglio i metodi prestazionali per la salvaguardia della vita umana dagli effetti dell'incendio¹⁰.

Perciò, il Cap. S.4 contiene la descrizione dettagliata delle *soluzioni conformi* applicabili al solo livello di prestazione I per l'esodo.

Tali *soluzioni conformi* consentono il dimensionamento guidato del sistema d'esodo, grazie a parametri di dimensionamento ricavati impiegando il medesimo tipo di analisi ASET > RSET, che rappresenta lo stato dell'arte della materia.



INCIDENZA DELLA MISURA ESODO NELL'AMBITO DELLA STRATEGIA ANTINCENDIO

¹⁰ L'analisi dell'approccio prestazionale ai fini della salvaguardia degli occupanti, come richiamato nel volume INAIL "Metodi per l'ingegneria della sicurezza antincendio", appartenente alla collana ricerche dedicate al Codice, al quale si rinvia per una più ampia trattazione, introduce le problematiche inerenti l'esodo con l'obiettivo di progettare e realizzare condizioni di sicurezza accettabili affinché gli occupanti possano permanere indenni nel luogo iniziale o spostarsi, in sicurezza, attraverso idonei percorsi di deflusso, verso un luogo sicuro.

Naturalmente, le considerazioni seguenti si applicano all'estrema variabilità delle tipologie d'attività, delle geometrie degli edifici, dei possibili scenari d'incendio, degli scenari comportamentali degli occupanti ricompresi nel campo di applicazione del Codice.

Pertanto, le ipotesi ed i risultati della presente pubblicazione non possono essere impiegati per valutare nel dettaglio il rischio di incendio per specifiche attività.

Tale valutazione del rischio d'incendio specifica per ciascuna attività, dettagliata e su misura, è compito specialistico del progettista della sicurezza antincendio individuato dal responsabile dell'attività.

Metodologia

Finalità del sistema d'esodo

Secondo le definizioni contenute nel Codice, le geometrie dei sistemi d'esodo progettate secondo *soluzione conforme* devono consentire agli occupanti presenti nell'attività di recarsi in *luogo sicuro temporaneo*¹¹, da dove poter poi raggiungere un *luogo sicuro*, limitando l'esposizione agli effetti dell'incendio per evitare l'incapacitazione.

Incapacitazione

Secondo la norma ISO 13571:2012, gli occupanti sono ritenuti incapacitati quando non sono più in grado di mettersi in salvo autonomamente a causa dell'esposizione ai prodotti dell'incendio.

Sono infatti le concentrazioni di prodotti tossici ed irritanti, le temperature e l'irraggiamento termico, la densità ottica del fumo che rendono non tenibili¹² gli ambienti ove si trovano gli occupanti. Oltre che dalla "qualità" di fumi e gas, l'esposizione degli occupanti agli effetti dell'incendio dipende dal tempo durante il quale gli occupanti permangono nel compartimento investito dagli effetti dell'incendio fino a raggiungere un luogo sicuro temporaneo, che per definizione non è interessato da tali condizioni ambientali sfavorevoli.

ASET

Nel rapporto tecnico ISO/TR 16738:2009, si definisce ASET (available safe escape time) il tempo in cui permangono condizioni ambientali non incapacitanti per gli occupanti nell'attività.

ASET dipende strettamente dalle interazioni nel sistema incendio-edificio-occupanti: l'incendio si innesca, si propaga e diffonde nell'edificio i suoi prodotti, fumi e calore; tali prodotti rendono non tenibili gli ambienti ove si trovano gli occupanti.

La tenibilità degli ambienti che ospitano gli occupanti dipende da innumerevoli parametri, ed in particolare dagli scenari d'incendio di progetto, dalle geometrie dell'edificio e dalle condizioni di ventilazione degli ambienti. In generale, non è possibile riferirsi ad un solo valore di ASET ma ad un intervallo di ASET per ciascuno scenario di incendio considerato per la progettazione dell'esodo.

RSET

Nel rapporto tecnico ISO/TR 16738:2009, il tempo richiesto per l'esodo degli occupanti fino a luogo sicuro è denominato RSET (*required safe escape time*).

RSET dipende da numerosi fattori, quali ad esempio la modalità di rivelazione ed allarme incendio, il comportamento degli occupanti dopo la ricezione del segnale d'allarme, le capacità sensoriali, cognitive e motorie degli occupanti, la modalità d'esodo prevista per l'attività ed infine il reale degli occupanti.

Pertanto, RSET è determinato come somma di alcuni tempi elementari che lo compongono:

- il tempo di rivelazione (*detection*) t_{det}
- il tempo di allarme generale t_a
- il tempo di pre-evacuazione (*pre-travel activity time, PTAT*) t_{pre}
- il tempo di movimento (*travel*) t_{tra}

Vale quindi:

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

¹¹ Il compartimento adiacente e comunicante con quello di primo innesco dell'incendio è definito luogo sicuro temporaneo (Cap. G.1), ovvero luogo nel quale non esiste pericolo imminente per gli occupanti che vi stazionano o vi transitano in caso di incendio. Inoltre, da ogni luogo sicuro temporaneo gli occupanti devono poter raggiungere un luogo sicuro.

¹² Per definizione, ambienti non tenibili in condizione di incendio (da *tenability*) determinano l'incapacitazione degli occupanti.

I tempi di rivelazione, di allarme generale, di pre-evacuazione e di movimento sono determinati in relazione a fattori che dipendono dalla tipologia d'attività, dell'opera da costruzione ove è ospitata, dalla gestione della sicurezza antincendio e dalla tipologia degli occupanti presenti. Anche questo parametro non è possibile riferirsi ad un solo valore di RSET ma ad un intervallo di RSET per ciascuno scenario di incendio considerato per la progettazione dell'esodo.

Geometria del sistema d'esodo e tempo di movimento

Terminate le attività di pre-evacuazione (Pre travel activity time, PTAT) gli occupanti si muovono dal luogo in cui si trovano fino a raggiungere un luogo sicuro temporaneo, da cui potranno poi raggiungere un luogo sicuro. Il tempo necessario al movimento degli occupanti dipende dalla geometria dei sistemi d'esodo, oltre che dalla tipologia degli occupanti presenti e dallo sviluppo dell'incendio previsto nel compartimento di primo innesco.

Margine di sicurezza

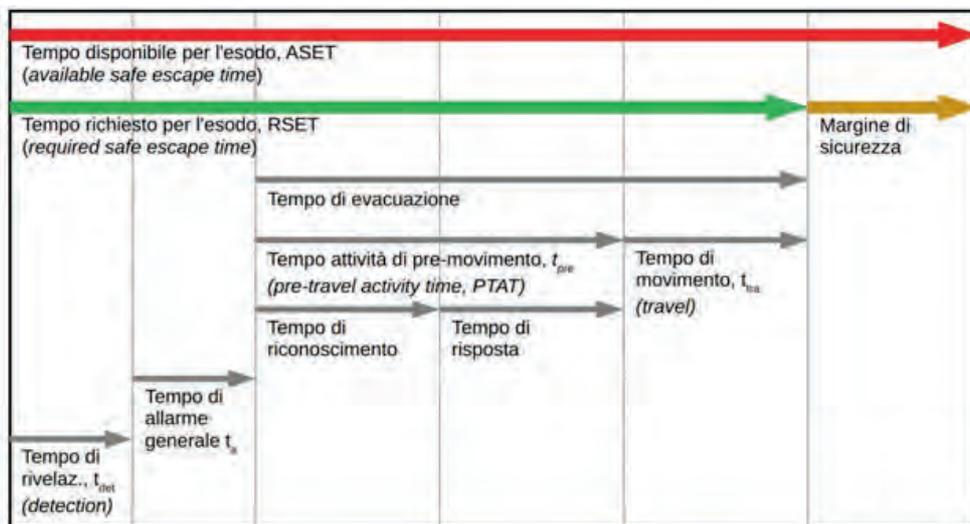
Secondo il rapporto tecnico ISO/TR 16738:2009, la progettazione ideale di un sistema d'esodo deve assicurare agli occupanti la possibilità di permanere dove si trovano o di raggiungere un luogo sicuro senza essere in alcun modo esposti agli effetti dell'incendio.

Tale criterio è applicabile alla maggior parte degli occupanti di edifici suddivisi in compartimenti.

Solo per gli occupanti che si trovano nel compartimento di primo innesco dell'incendio tale esposizione ai prodotti della combustione è difficilmente evitabile.

Nei casi in cui gli occupanti possano essere esposti all'incendio si propone il criterio progettuale $ASET > RSET$. La progettazione prestazionale del sistema di vie d'esodo consiste sostanzialmente nel calcolo e nel confronto tra i due intervalli di tempo.

Si considera efficace il sistema d'esodo se $ASET > RSET$, se cioè il tempo in cui permangono condizioni ambientali non incapacitanti per gli occupanti è superiore al tempo necessario perché essi possano raggiungere almeno un luogo sicuro temporaneo, non soggetto a tali condizioni ambientali sfavorevoli dovute all'incendio, come mostrato nell'illustrazione 3-1:



CONFRONTO TRE ASET ED RSET - ILLUSTRAZIONE M.3-1

Come specificato nel Cap. M.1 del Codice, la differenza tra ASET ed RSET rappresenta il margine di sicurezza della progettazione prestazionale per la salvaguardia della vita:

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

Attività di riferimento

L'*attività di riferimento* sulla quale sono calibrate le prescrizioni del Codice ha caratteristiche di base desumibili indirettamente dalle tabelle riportanti i *criteri di attribuzione dei livelli di prestazione* per ciascuna *misura antincendio* che compone la complessiva *strategia antincendio*.

Ad esempio, tale attività di riferimento è:

- provvista di gestione di base ai fini della sicurezza antincendio;
- compartimentata per piano;
- munita di vie d'esodo realizzate con materiali classificati per reazione al fuoco, di dimensioni adeguate a consentire l'esodo o la protezione degli occupanti, sicuramente disponibili grazie alla verifica di ridondanza prevista nel Codice;
- ha vie d'esodo verticali protette, che conducono direttamente o tramite percorso protetto verso luogo sicuro;
- dispone di protezione attiva non inferiore al livello II di prestazione;
- presenta impianti a regola d'arte.

Al variare delle caratteristiche dell'attività oggetto di progettazione e delle relative condizioni di rischio d'incendio, nel Codice tali prescrizioni sono rafforzate (es.: riduzione superficie dei compartimenti, incremento degli impianti di protezione attiva, ecc.) o rilassate (es.: compartimentazione multipiano, scala aperta, ecc.).



Strategia di calcolo

Per quanto descritto fino ad ora, al fine di ottenere i parametri di dimensionamento delle *geometrie* dei sistemi d'esodo *appropriate* per tutte le tipologie di attività ricomprese nel campo di applicazione del Codice, si sceglie la seguente modalità di calcolo:

1. si formulano ipotesi semplificative e conservative in merito agli scenari d'incendio di progetto ed alle caratteristiche delle attività, che consentano di sviluppare l'approccio quantitativo per l'enorme variabilità delle attività ricomprese nel campo di applicazione del Codice;
2. si assumono *criteri oggettivi* per ottenere un *margin di sicurezza* t_{marg} accettabile per il calcolo prestazionale;
3. si effettua l'analisi $\text{ASET} > \text{RSET}$ relativa agli scenari d'incendio di progetto nelle attività:
 - a) si calcola ASET, tempo disponibile per l'esodo degli occupanti, per il compartimento interessato dagli effetti dell'incendio;
 - b) si calcolano tutti i tempi elementari componenti di RSET, ad eccezione del *tempo di coda* $t_{\text{tra(coda)}}$ che è parte del *tempo di movimento* t_{tra} ;
 - c) si assumono valori per il *tempo di coda* $t_{\text{tra(coda)}}$, che consentano il rispetto dei criteri oggettivi per il *margin di sicurezza* t_{marg} ;
 - d) si verifica il rispetto dei criteri per il *margin di sicurezza* t_{marg} ;
4. si ricavano le geometrie del sistema d'esodo che consentono alla tipologia di occupanti presenti nelle attività di raggiungere il *luogo sicuro temporaneo* nel tempo RSET calcolato.

Questa metodologia di calcolo consente di dimensionare geometrie del sistema d'esodo che garantiscono il rispetto dei criteri oggettivi precedentemente stabiliti per il *margin di sicurezza* t_{marg} .

In particolare, si ricaveranno le *larghezze unitarie* per le vie d'esodo orizzontali e verticali, rispettivamente $W_{u,oriz}$ ed $W_{u,vert}$, espresse in millimetri a persona per il dimensionamento della larghezza minima delle vie d'esodo, verificando allo stesso tempo le *lunghezze d'esodo* L_{es} ammesse dal Codice.

In conseguenza al calcolo, il sistema d'esodo risultante consentirà agli occupanti presenti nell'attività di recarsi in *luogo sicuro temporaneo* nei tempi previsti, limitando l'esposizione agli effetti dell'incendio ed evitando l'*incapacitazione*.

Modello di calcolo per il tempo di movimento

Si utilizza il cosiddetto *modello idraulico*, descritto dettagliatamente in [11], per calcolare in modo deterministico il tempo di movimento degli occupanti in relazione alle geometrie del sistema d'esodo.

Si tratta di un modello di flusso che permette di determinare i tempi di movimento, impiegando una serie di espressioni che correlano i dati sperimentali ad approssimazioni idrauliche del moto degli occupanti.

Per bassa densità di affollamento

Secondo il modello idraulico, quando la densità di affollamento negli ambienti è bassa, il percorso degli occupanti lungo le vie d'esodo non è disturbato dalla presenza di altre persone: non c'è sostanzialmente interazione tra le velocità gli occupanti, non si formano code in corrispondenza dei componenti critici del sistema d'esodo.

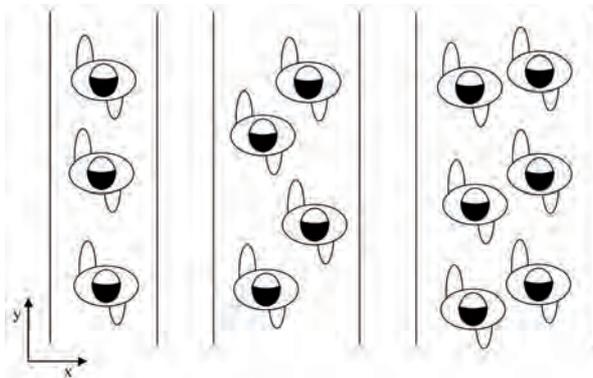
Quindi il tempo impiegato da un occupante per percorrere un tratto di via d'esodo di lunghezza L_{es} a velocità costante V è pari a:

$$t_{tra(es)} = L_{es} / V$$

Per elevata densità di affollamento

Quando invece la densità di affollamento negli ambienti è elevata, c'è interazione tra le velocità degli occupanti in movimento, si formano code significative in corrispondenza dei componenti critici del sistema d'esodo, che ritardano il termine dell'esodo.

Secondo il modello idraulico, il flusso calcolato di occupanti che impiegano una via d'esodo aumenta linearmente con la larghezza efficace W_{eff} della stessa, come illustrato nell'illustrazione seguente:



ZIPPING EFFECT, DIPENDENZA LINEARE TRA FLUSSO CALCOLATO F_c E DIMENSIONE EFFICACE W_{EFF} DELLA VIA D'ESODO, DA [12]

Infatti, il numero di occupanti P che transitano attraverso un componente orizzontale o verticale del sistema d'esodo nel tempo $t_{tra(1)}$ è pari a:

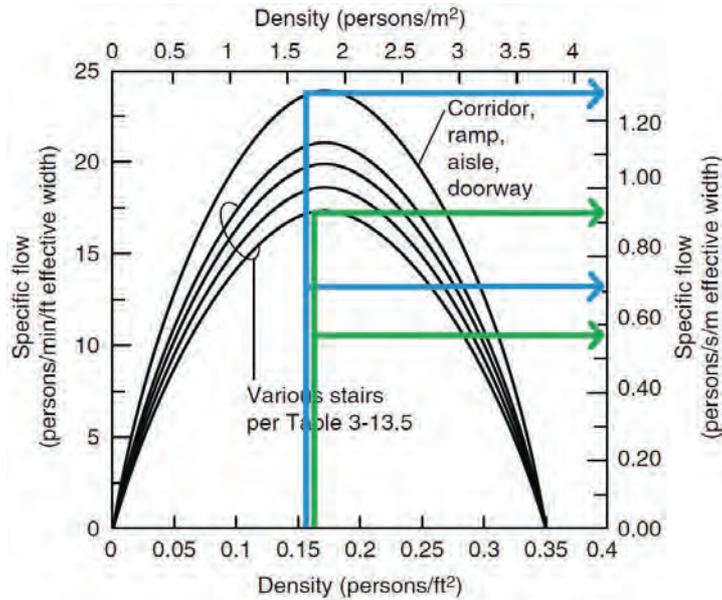
$$P = F_s \cdot t_{tra(1)} \cdot W_{eff}$$

dove:

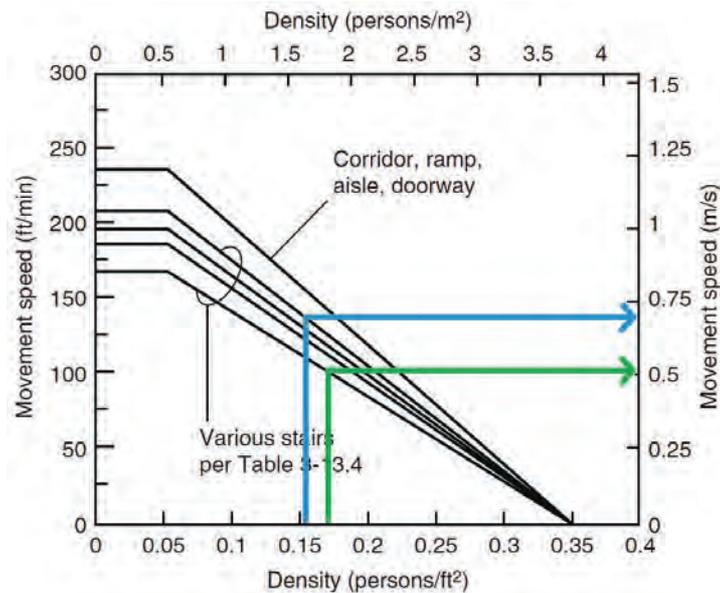
- F_s è il flusso specifico (p/m/s);
- $t_{tra(1)}$ è il tempo di superamento del componente della via d'esodo (s);
- W_{eff} è la larghezza efficace della via d'esodo (m).

Applicazione del modello idraulico

Si illustra, di seguito, l'impiego di un particolare insieme di diagrammi per illustrare l'applicazione tipica del modello idraulico:



SCELTA DEL VALORE FLUSSO IN FUNZIONE DELLA DENSITÀ



SCELTA DEL VALORE VELOCITÀ IN FUNZIONE DELLA DENSITÀ

Nei diagrammi, si può partire dalla densità alla quale si ha il flusso massimo e ricavare la corrispondente velocità in base al percorso previsto (indicazioni con le frecce in azzurro oppure in verde nelle figg. precedenti). Le equazioni di riferimento assumono la forma:

$$v = f v(D): \text{velocità funzione della densità}$$

$$F = f F(D): \text{flusso funzione della densità}$$

con espressioni ricavate mediante apposite indagini sperimentali, del tipo di quelle contenute in SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2016, SFPE Guide to Human Behavior in Fire, 2017, si ottiene:

$$v = k - a k D$$

$$F = v D = (1 - a D) k D$$

dove le costanti k e a , dipendenti dal tipo di percorso, vengono ricavate dai diagrammi e dalle tabelle sperimentali corrispondenti.

Ad esempio, considerando il primo diagramma, alla densità di affollamento di circa 2 p/m^2 corrisponde un flusso massimo (teorico, secondo il diagramma caratteristico considerato) di circa $1,31 \text{ p/m/s}$.

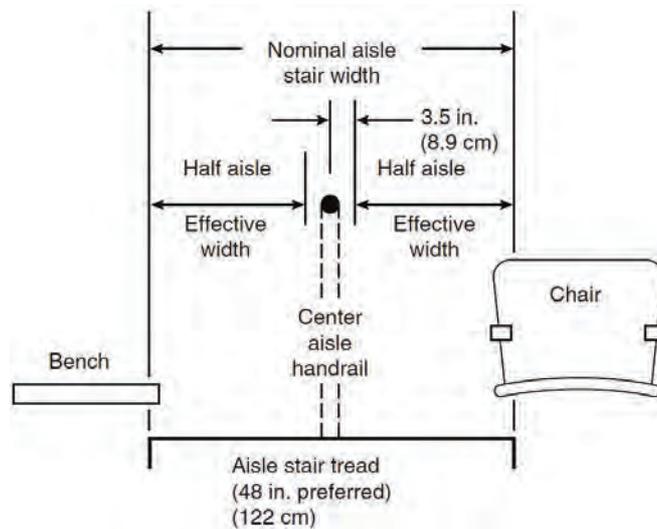
I valori di flusso e velocità così ottenuti forniscono le indicazioni a partire dalle quali effettuare il dimensionamento dei percorsi d'esodo, tenendo presente che si tratta di valori medi di origine statistica riferiti alla fase di movimento lungo il percorso di esodo.

Quest'ultimo concetto di fase temporale di movimento è stato ripreso ed approfondito nelle applicazioni del Codice in cui si utilizzano i concetti RSET vs ASET.

Larghezza efficace delle vie d'esodo

Secondo la letteratura [11], [13], [14], [15], gli occupanti che si muovono lungo le vie d'esodo di un'attività non impegnano completamente la larghezza geometrica disponibile W , ma mantengono una certa distanza costante dagli ostacoli e dai confini del percorso.

La larghezza utile del percorso d'esodo W_{eff} corrisponde quindi alla sua larghezza geometrica W ridotta della larghezza degli strati limite (*boundary layers*) generati dagli ostacoli.



SCHEMA DI LARGHEZZA EFFETTIVA - VISTA IN SEZIONE

Secondo i dati contenuti in [11], per tali strati limite può essere mediamente assunta la larghezza pari a $0,15 \text{ m}$ per lato.

Pertanto, supponendo una via d'esodo larga $W = 1 \text{ m}$, la larghezza pari a $0,15 \cdot 2 = 0,30 \text{ m}$ non viene utilizzata per l'esodo.

In questo caso vale proprio $W_{\text{eff}} = 70\% \cdot W$.

Per larghezze W superiori ad 1 m la riduzione necessaria è proporzionalmente inferiore: ad esempio se $W = 2 \text{ m}$ allora vale $W_{\text{eff}} = 85\% \cdot W$.

Ai fini della semplicità del calcolo progettuale, è conveniente impiegare la larghezza geometrica W della via d'esodo piuttosto che introdurre la W_{eff} nelle equazioni.

Si sceglie pertanto di approssimare la larghezza efficace W_{eff} come segue:

$$W_{\text{eff}} \approx 70\% \cdot W$$

dove W è la larghezza geometrica della via d'esodo.

La riduzione costante del 70% della larghezza geometrica W penalizza le vie d'esodo di larghezza maggiore di 1 m , senza premiare eccessivamente le vie d'esodo di dimensioni inferiori ad 1 metro (+3% a $W = 0,90 \text{ m}$ larghezza minima imposta dal Codice per le vie d'esodo orizzontali).

Inoltre, la penalizzazione appare coerente con altri risultati preliminari della ricerca più recente [16].

Pertanto, l'equazione $P = F_s \cdot t_{\text{tra}(1)} \cdot W_{\text{eff}}$ può essere approssimata come segue:

$$P = 70\% \cdot F_s \cdot t_{\text{tra}(1)} \cdot W$$

Ai nodi

Il modello idraulico definisce le caratteristiche del moto degli occupanti secondo un approccio fluidodinamico, senza considerare i processi decisionali delle persone, ad esempio la scelta della via da percorrere ad un bivio nel percorso seguito.

I nodi della rete di vie d'esodo ove avviene *convergenza* o *divergenza* dei flussi di occupanti possono essere modellati assegnando un rateo di *mescolamento* (*merge ratio*) o di *suddivisione*.

Un esempio di nodo convergente si trova presso ogni pianerottolo di un edificio multipiano, ove il flusso di occupanti che provengono dai piani superiori deve convergere con il flusso di occupanti che sta evacuando dal piano.



FLUSSO CONVERGENTE IN UN VANO SCALE

Affidabilità del sistema d'esodo

Il sistema d'esodo è considerato ragionevolmente *affidabile*. In tutte le progettazioni di sicurezza antincendio, visto che rischio zero non esiste, è necessario raggiungere un livello di rischio ritenuto accettabile: la S.4 in soluzione conforme garantisce un livello di rischio accettabile.

Il Cap. S.4 del Codice prescrive la *verifica di ridondanza* delle vie d'esodo orizzontali e verticali, si può infatti ipotizzare che *al massimo* solo una delle vie d'esodo indipendenti possa essere bloccata dalla presenza dell'incendio (Codice in progettazione ordinaria l'incendio si manifesta in un sol punto).

Il Codice prevede sempre la presenza di un numero di *vie d'esodo indipendenti* [17] non inferiori a due, in relazione al numero degli occupanti serviti ed al profilo di rischio dell'attività.

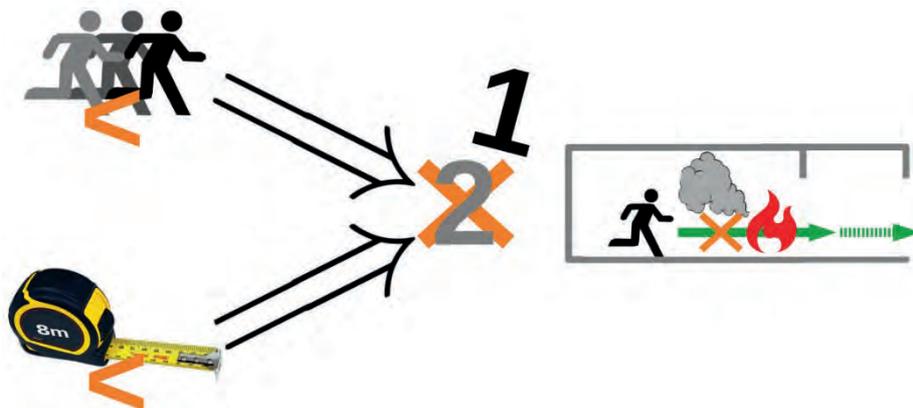
Questa misura consente la disponibilità di più vie d'esodo se le altre sono rese indisponibili dall'incendio (almeno una nel caso del minimo di 2 vie d'esodo indipendenti richieste).

La limitazione della *lunghezza d'esodo*, definita come la distanza che ciascun occupante deve percorrere lungo una via d'esodo dal luogo in cui si trova fino ad un *luogo sicuro temporaneo* o ad un *luogo sicuro*, consente di ridurre il rischio che il percorso sia reso *non tenibile* per gli occupanti che lo attraversano dagli effetti dell'incendio nel compartimento di primo innesco [17].

Il tempo necessario a percorrere la lunghezza d'esodo fino a luogo sicuro è incluso nel calcolo di dimensionamento della geometria del sistema d'esodo.

La limitazione della lunghezza del *corridoio cieco* riduce il rischio che l'unica via d'esodo disponibile sia bloccata dagli effetti dell'incendio lungo il percorso d'esodo compreso nel corridoio cieco [17].

Infatti, con considerazione geometrica si limita il tempo necessario agli occupanti per raggiungere un luogo da cui sia possibile proseguire l'esodo in due direzioni.



AMMISSIBILITÀ DEL CORRIDOIO CIECO

Modello di calcolo per le larghezze unitarie

Le larghezze unitarie $W_{u,oriz}$ e $W_{u,vert}$ sono definite come le larghezze delle vie d'esodo rispettivamente *orizzontali* e *verticali* per occupante, che consentono l'esodo di tutti gli occupanti presenti, nel rispetto dei tempi RSET di cui alla precedente analisi $ASET > RSET$.

Le larghezze unitarie $W_{u,oriz}$ e $W_{u,vert}$ sono grandezze espresse in mm/p.

Vie d'esodo orizzontali

Tutti gli occupanti devono poter abbandonare il compartimento di primo innesco ed entrare nel luogo sicuro temporaneo entro il tempo RSET (riferito al compartimento di primo innesco) di cui alla precedente analisi $ASET > RSET$.

In particolare, la larghezza geometrica W_{oriz} dell'uscita dal compartimento deve consentire agli ultimi occupanti del compartimento di non attendere in coda all'uscita del compartimento per un tempo superiore a $t_{tra(coda)}$.

Poi la larghezza geometrica W_{oriz} dell'uscita così calcolata deve essere garantita per tutta la via d'esodo orizzontale fino a *luogo sicuro*, al fine di evitare ostacoli al deflusso.

Per definizione, la larghezza unitaria $W_{u,oriz}$ per le vie d'esodo orizzontali è pari a:

$$W_{u,oriz} = 1000 \cdot W_{oriz} / P_{oriz}$$

dove:

- P_{oriz} è il numero di occupanti evacuati (p);
- W_{oriz} è la larghezza geometrica della via d'esodo orizzontale (mm/p).

Riscrivendo l'equazione $P = 70\% \cdot F_s \cdot t_{tra(1)} \cdot W$ per le vie d'esodo orizzontali si ottiene:

$$P_{oriz} = 70\% \cdot F_{s,oriz} \cdot t_{tra(coda)} \cdot W_{oriz}$$

valore della *larghezza unitaria* per le vie d'esodo orizzontali, in funzione del flusso specifico per le vie d'esodo orizzontali $F_{s,oriz}$ e del tempo $t_{tra(coda)}$ ottenuto dalla precedente analisi $ASET > RSET$. Il Codice evidenzia nella tabella S.4-27 il tempo di coda, tale valore indica il tempo massimo di attesa in coda degli occupanti per quello specifico R_{vita} , se il varco attraversato è dimensionato per i mm a persona indicati nella tabella.

Vie d'esodo verticali

A partire dai dati aggiornati precedentemente descritti, la geometria delle vie d'esodo verticali è dimensionata secondo il cosiddetto *metodo capacitivo* già proposto in [18], precedentemente impiegato nella tradizione italiana [2], che sembra ancora oggi essere alla base della maggior parte dei codici internazionali (es.: BS 9999:08).

Tutti gli occupanti dei vari piani devono poter abbandonare il compartimento di primo innesco ed entrare nella scala d'esodo protetta entro il tempo RSET di cui alla precedente analisi $ASET > RSET$.

In particolare, la larghezza geometrica W_{vert} dell'uscita dal compartimento verso la scala protetta, della scala stessa e dell'uscita finale verso luogo sicuro deve consentire agli ultimi occupanti del compartimento di non attendere in coda all'uscita di piano per un tempo superiore a $t_{tra(coda)}$.

Pertanto, la larghezza geometrica W_{vert} dell'uscita così calcolata deve essere garantita per tutta la via d'esodo verticale fino a luogo sicuro, al fine di evitare ostacoli al deflusso.

Per definizione, la larghezza unitaria $W_{u,vert}$ per le vie d'esodo verticali è pari a:

$$W_{u,vert} = 1000 \cdot W_{vert} / P_{vert}$$

dove:

- P_{vert} numero di occupanti evacuati (p);
- W_{vert} larghezza geometrica della via d'esodo verticale (mm).

In questa analisi generale non è possibile in alcun modo ipotizzare quale sia il piano dell'edificio interessato dall'incendio, quindi a favore di sicurezza si analizza il caso del piano che si svuota per ultimo in ordine di tempo.

Si rimanda al par. 2.7.3 e segg. di [23] per un esempio pratico relativo all'esodo verticale di un edificio.

Larghezze minime delle vie d'esodo

Vie d'esodo orizzontali

Nel Codice vengono imposte delle larghezze minime delle vie d'esodo orizzontali per garantire il passaggio di occupanti che impiegano ausili al movimento, secondo le indicazioni della ISO 21542:2011.

Si intende inoltre garantire efficacia delle stesse in condizioni di elevato affollamento, infatti secondo [12] la dipendenza lineare tra la larghezza della via d'esodo ed il flusso calcolato si avvia a $W_{\text{oriz}} = 700$ mm.

Nel Codice, in *soluzione conforme*, vengono imposte le seguenti larghezze minime (tab. S.4-28):

Larghezza	Criterio
≥ 1200 mm	Affollamento dell'ambito servito > 1000 occupanti
≥ 1000 mm	Affollamento dell'ambito servito > 300 occupanti
≥ 900 mm	Affollamento dell'ambito servito ≤ 300 occupanti Larghezza adatta anche a coloro che impiegano ausili per il movimento
≥ 800 mm	Varchi da ambito servito con affollamento ≤ 50 occupanti
≥ 700 mm	Varchi da ambito servito con affollamento ≤ 10 occupanti (es. singoli uffici, camere d'albergo, locali di abitazione, appartamenti, ...)
≥ 600 mm	Ambito servito ove vi sia esclusiva presenza di personale specificamente formato, oppure occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti (es. locali impianti o di servizio, piccoli depositi, ...).
L'affollamento dell'ambito servito corrisponde al totale degli occupanti che impiegano ciascuna delle vie d'esodo che si dipartono da tale ambito.	

TABELLA S.4-28: LARGHEZZE MINIME PER VIE D'ESODO ORIZZONTALI

Vie d'esodo verticali

Nel Codice, in *soluzione conforme*, vengono imposte le larghezze minime al fine di garantire efficacia delle vie d'esodo verticali (tab. S.4-32):

Larghezza	Criterio
≥ 1200 mm	Affollamento dell'ambito servito > 1000 occupanti
≥ 1000 mm	Affollamento dell'ambito servito > 300 occupanti
≥ 900 mm	Affollamento dell'ambito servito ≤ 300 occupanti
≥ 600 mm	Ambito servito ove vi sia esclusiva presenza di personale specificamente formato, oppure occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti (es. locali impianti o di servizio, piccoli depositi, ...).
L'affollamento dell'ambito servito corrisponde al totale degli occupanti che impiegano ciascuna delle vie d'esodo che si dipartono da tale ambito.	

TABELLA S.4-32: LARGHEZZE MINIME PER VIE D'ESODO VERTICALI

Non compare più il vincolo di avere sempre vie di esodo verticali larghe 1200 mm (i vecchi due moduli da 60 cm dell'approccio prescrittivo italiano) e le larghezze vengono modulate in funzione dell'affollamento degli ambiti serviti dalla via di esodo verticale.

Ad esempio, sino a 300 occupanti la larghezza minima richiesta dalla soluzione conforme è 900 mm.

È ammessa, inoltre, larghezza non inferiore a 600 mm da locali ove vi sia esclusiva presenza occasionale e di breve durata di personale addetto (es.: locali impianti, ecc.).

In condizioni di *basso affollamento* e qualora non siano previsti occupanti che impiegano ausili al movimento, il progettista può ridurre ulteriormente l'ampiezza minima delle vie d'esodo orizzontali o l'ampiezza minima delle vie d'esodo orizzontali impiegando *soluzione alternativa*.

Confronto con la tradizione italiana

Confronto tra i parametri di input

Nella tabella seguente si riporta un confronto tra i parametri di input del modello tradizionale dell'esodo [2] e la soluzione conforme del Cap. S.4 per facilitare la comprensione dei dettagli dell'evoluzione operata con il nuovo modello d'esodo:

Grandezza	Codice	Tradizione [2]
Dipendenza tra flusso calcolato e larghezza efficace della via d'esodo, $F_c = f(F_s, W_{eff})$	Lineare Modello idraulico	A gradini, per moduli da 0,60 m W_{eff} non è considerata Modello a corsie
Disponibilità delle vie d'esodo in caso di incendio	Considerata con verifica di ridondanza	Non valutata
Tempo di coda max per il dimensionamento delle larghezze del sistema d'esodo	5' 30" (A1) + 1' 30" (A4) giustificato con analisi ASET-RSET, dipende da R_{vita}	1', non esplicitamente giustificato Aggiornato con verifica di ridondanza per due uscite orizzontali, F_s, W_{eff} : 3' 03"
Larghezza efficace delle vie d'esodo	$W_{eff} = 70\% \cdot W$	$W_{eff} = W$
Velocità di spostamento indisturbato v_{oriz} degli occupanti sulle superfici orizzontali	0,71 m/s	Non viene considerato il tempo di presentazione all'uscita, non si specifica la velocità di spostamento
Flusso specifico $F_{s,oriz}$ per l'attraversamento dei componenti orizzontali del sistema d'esodo (es.: uscite di piano)	1,30 p/m/s	Originale: 1,38 p/m/s (50 p/M/1') Aggiornato alla larghezza efficace delle vie d'esodo: 1,97 p/m/s (71 p/M/1')
Flusso specifico $F_{s,vert}$ per l'attraversamento dei componenti verticali del sistema d'esodo (es.: scale, uscite finali)	1,09 p/m/s	Per edifici fino a 3 piani fuori terra: Originale: 1,04 p/m/s (37,5 p/M/1') Aggiornato: 1,49 p/m/s (54 p/M/1')
		Per edifici oltre 3 piani fuori terra: Originale: 0,92 p/m/s (33 p/M/1') Aggiornato: 1,31 p/m/s (47 p/M/1')
Densità di affollamento D_{scala} nei vani scale durante l'esodo (tutte le attività, escluse attività con $R_{vita} = A3, B3, A4, C3, D2$)	2,10 p/m ²	2,80 p/m ²
Densità di affollamento D_{scala} nei vani scale durante l'esodo (attività con $R_{vita} = A3, B3, A4, C3, D2$)	1,40 p/m ²	

CONFRONTO TRA PARAMETRI DI INPUT DEI MODELLI D'ESODO

Confronto tra analisi ASET > RSET

Rinviando a [23], si segnala che le attività con R_{vita} pari ad A1 ed A4 rappresentano per il Codice rispettivamente le attività a minore e maggiore rischio di incendio connesso alla salvaguardia della vita umana. Si nota che per le attività a minore rischio la soluzione conforme del Cap. S.4 assume tempi $t_{tra(coda)}$ inferiori a quelli della tradizione.

Nell'approccio tradizionale tale tempo era fissato in 60 s, che aggiornato alla luce dei risultati della ricerca e della sperimentazione attuale diventano 183 s.

Per le attività più rischiose con R_{vita} pari ad A4 l'approccio tradizionale non garantisce margine di sicurezza t_{marg} nell'analisi ASET > RSET.

A causa degli elevati tempi di pre-evacuazione t_{pre} , l'analisi ASET > RSET per le attività con R_{vita} pari a Ciii1, Ciii2, Ciii3 non è soddisfatta né dalla soluzione conforme del Codice, né dall'approccio tradizionale.

Si ribadisce che in questi casi non è possibile garantire sicurezza della vita umana limitandosi ad inserire sistemi d'esodo che consentano il rapido spostamento degli occupanti fino a *luogo sicuro temporaneo*. ma nella progettazione olistica del Codice, per attività con tali profili di rischio vita, le altre misure concorreranno ad una strategia di sicurezza antincendio con un livello di rischio residuo considerato accettabile.

Confronto tra capienze ammesse per vie d'esodo orizzontali e verticali

Si rimanda a [23] per ulteriori specificazioni.

Confronto con BS 9999:2008

A conoscenza degli autori, non esiste alcuna pubblicazione liberamente disponibile che descriva la strategia di calcolo impiegata nell'elaborazione dei valori per le larghezze unitarie contenute nella Sezione 5 della BS 9999:2008.

La motivazione delle differenze tra i sistemi d'esodo previsti da Codice e BS 9999:2008 è basata su congetture a posteriori [23], costruite ricorrendo a dati indiretti forniti dalla letteratura ([18], [19], [20], [9]) e ad intervista diretta di Mr. Alan Brinson, presidente del panel BSI di revisione della BS 9999:2008.

La BS 9999:2008 non riporta larghezze unitarie per R_{vita} in A4, D1, D2 e non è pertanto possibile effettuare confronti con queste tipologie di attività.

Confronto tra larghezze unitarie per vie d'esodo orizzontali

Rinviando a [23] per un confronto tra le larghezze unitarie per le vie d'esodo orizzontali, assunte in BS 9999:2008 e nella soluzione conforme del Cap. S.4, si osserva che i valori assunti nel Codice risultano in genere coincidenti.

Sono lievemente più gravosi per R_{vita} in A1, A2, B3, ammettendo dunque capienze inferiori negli edifici in relazione alla medesima via d'esodo orizzontale.

La differenza per le larghezze unitarie per le vie d'esodo orizzontali tra Codice e BS 9999:2008 appare motivata dalla scelta dei valori di $t_{tra(coda)}$ lievemente differenti e da diverso arrotondamento dei risultati del calcolo.

Confronto tra larghezze unitarie per vie d'esodo verticali

Rinviando a [23] per un confronto tra le larghezze unitarie per le vie d'esodo verticali, in funzione del numero dei piani serviti, assunte in BS 9999:2008 e nella soluzione conforme del Cap. S.4 del Codice.

I valori assunti nel Codice risultano più gravosi anche del 30%, ammettendo dunque capienze inferiori negli edifici in relazione alla medesima scala d'esodo.

La differenza per le larghezze unitarie delle vie d'esodo verticali tra Codice e BS 9999:2008 appare motivata dalla scelta di diversi parametri di densità di affollamento della scala, che determinano divergenza dei valori all'aumentare del numero dei piani serviti.

La BS 9999:2008 sembra assumere valori di densità di affollamento più elevati di quelli misurati nelle osservazioni sperimentali più recenti ([21], [4], [22]).

Conclusioni

Sono state descritte in questo paragrafo le ipotesi ed il procedimento usato per calcolare con metodi quantitativi i parametri per il dimensionamento delle geometrie dei sistemi d'esodo previsti nella soluzione conforme del Cap. S.4.

Il sistema d'esodo deve consentire agli occupanti dell'attività di recarsi in *luogo sicuro temporaneo*, limitando l'esposizione agli effetti dell'incendio ed evitando l'incapacitazione.

Per le attività con caratteristiche prevalenti degli occupanti δ_{occ} in C e D, l'analisi ASET > RSET dimostra l'inadeguatezza delle misure antincendio preventive, protettive e gestionali antincendio, prescritte per l'attività di riferimento del Codice, a garantire da sole un livello adeguato di sicurezza per la salvaguardia della vita umana.

In tali attività a basso affollamento ove gli occupanti dormono o ricevono cure mediche, non è possibile garantire sicurezza della vita umana limitandosi ad inserire sistemi d'esodo che consentano il rapido spostamento degli occupanti fino a luogo sicuro temporaneo.

Infatti, in caso d'incendio, una parte degli occupanti impiegherà il sistema d'esodo verso luogo sicuro con grande ritardo o non lo impiegherà affatto.

Per superare la limitazione sopra evidenziata, nel Codice si introducono una serie di misure antincendio aggiuntive, che riducono la probabilità d'incendio e le sue conseguenze, consentono maggiore protezione degli occupanti sul posto, permettono la loro evacuazione orizzontale da parte del personale addetto.

La *soluzione conforme* così costruita garantisce l'obiettivo primario di salvaguardia della vita umana e di incolumità delle persone previsto dal d.lgs. 8 marzo 2006, n. 139, nell'applicazione integrata con tutte le altre misure di prevenzione, protezione e gestionali previste dal Codice.

Inoltre, è basata sull'evidenza scientifica e sui dati sperimentali più recenti.

Sono imposte prescrizioni sostenibili per le attività, dal minimo costo di progettazione, realizzazione e gestione. Questa progettazione è inoltre considerata *inclusiva*, adatta ad una popolazione di occupanti con abilità analoghe a quelle che ISTAT ha misurato per la popolazione italiana nel suo complesso.

La soluzione conforme ottenuta è di sufficientemente semplice e generale come applicazione progettuale per tutte le attività, senza richiedere valutazioni tecniche specialistiche da parte del progettista, oltre alla dovuta valutazione del rischio di incendio prevista dal Codice.

Nel quadro normativo del Codice, il progettista ha facoltà di elaborare una propria *soluzione alternativa*.

Conoscere le motivazioni che hanno condotto il normatore a prescrivere determinate soluzioni progettuali contenute nella soluzione conforme, consente ai progettisti di adattarle alla specifica problematica antincendio affrontata nella varietà delle condizioni in cui si trovano le opere da costruzione esistenti, nella molteplicità di usi di tali edifici e per tutti gli edifici innovativi.

Ovviamente, con il trascorrere del tempo e l'avanzare della ricerca, sarà sicuramente necessario aggiornare periodicamente le ipotesi, i dati ed i modelli alla base dei calcoli del nuovo modello per l'esodo adottati nel Codice.

Le ipotesi ed il procedimento impiegato per calcolare i nuovi parametri di dimensionamento delle geometrie dei sistemi d'esodo previsti nella soluzione conforme del Cap. S.4 del Codice sono dettagliatamente documentati in [23].

Le soluzioni alternative del Codice per l'esodo, procedure analitiche e flessibilità progettuale

Il Codice ha lo scopo di semplificare e razionalizzare il corpo normativo vigente relativo alla prevenzione degli incendi attraverso l'introduzione di un unico testo organico e sistematico di disposizioni di prevenzione incendi applicabili ad attività soggette ai controlli di prevenzione incendi e mediante l'utilizzo di un nuovo approccio metodologico più aderente al progresso tecnologico e agli standard internazionali, come dichiarato nel testo introduttivo della notifica della bozza di decreto ministeriale alla Commissione europea del 18 dicembre 2014. L'impostazione generale del Codice è basata sulla flessibilità progettuale.

Inoltre, viene introdotto in Italia un nuovo modello per l'esodo basato su metodi quantitativi frutto dell'evidenza scientifica e su dati di input aggiornati.

Per tali motivi, risulta semplificata per il progettista l'adozione di *soluzioni progettuali alternative* per la salvaguardia della vita umana, *adatte e sostenibili*, che garantiscano effettivamente sicurezza antincendio per la specifica attività oggetto di analisi, senza indurre oneri d'investimento e d'esercizio tecnicamente ingiustificati a carico del titolare o comunque della *collettività*, evitando altresì il ricorso al procedimento amministrativo della progettazione in deroga.

Nella presente pubblicazione sono presentati alcuni esempi di *soluzioni alternative* per i sistemi d'esodo di generale applicabilità.

Flessibilità progettuale

Come indicato nel par. G.2.1 del Codice, l'impostazione generale del Codice è basata sulla flessibilità progettuale, per cui la prestazione di sicurezza antincendio richiesta all'attività è proporzionale al rischio misurato dal progettista.

Inoltre, ciascuna prestazione può essere soddisfatta con la proposta di molteplici soluzioni progettuali, prescrittive o prestazionali.

Tale principio è concretizzato attraverso due *strumenti di flessibilità* fondamentali che il progettista può impiegare nella progettazione ordinaria per tutte le attività normate e non normate, senza necessità di ricorrere all'istituto della *progettazione in deroga*.

Infatti, nella progettazione ordinaria eseguita con il Codice il progettista può attribuire livelli di prestazione differenti da quelli proposti nel Codice, secondo il comma 4 del par. G.2.6.4.

D'altra parte, l'impiego degli strumenti di flessibilità progettuale obbliga il progettista rispettivamente alla dimostrazione del raggiungimento degli obiettivi di sicurezza antincendio o del collegato livello di prestazione.

Tale dimostrazione deve essere svolta, in sintesi:

- applicando norme o documenti tecnici adottati da organismi riconosciuti nel settore della sicurezza antincendio;
- proponendo soluzioni progettuali che prevedono l'impiego di prodotti o tecnologie di tipo innovativo;
- impiegando gli strumenti dell'ingegneria della sicurezza antincendio;
- ricorrendo a prove sperimentali

In tale nuovo contesto di flessibilità progettuale, il ricorso alla progettazione in *deroga* dovrebbe dunque diventare estremamente raro, riservato ai pochissimi casi di attività che per complessità ed innovazione non possono ricadere nelle fattispecie previste dal Codice.

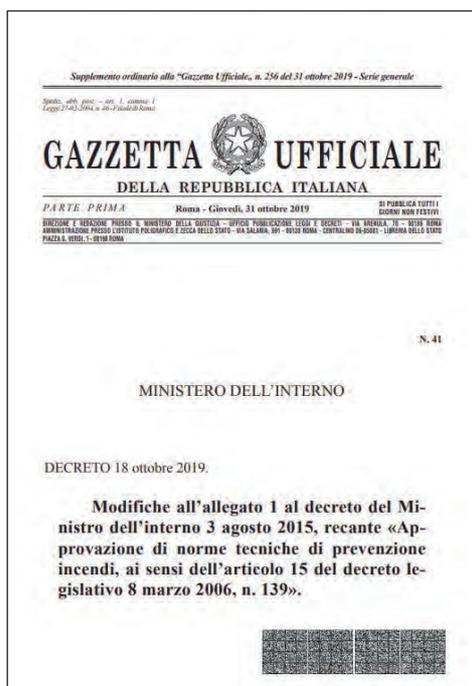
In sintesi, questi strumenti di flessibilità consentono di adattare la progettazione al rischio d'incendio effettivamente valutato dal progettista per la specifica attività. Ciò vale a prescindere dalla scalarità meccanica delle prestazioni prescritte nel Codice tramite determinazione dei *profili di rischio* (Cap. G.3) e successiva applicazione dei *criteri di attribuzione dei livelli di prestazione*.

Ingegneria della sicurezza antincendio

Grazie al Codice, l'*ingegneria della sicurezza antincendio* (FSE) diventa metodologia principe per l'applicazione di flessibilità alla progettazione della sicurezza antincendio.

Qualora si impieghi la FSE in progettazione ordinaria, cioè non in deroga, il progettista è tenuto al rispetto di procedure, ipotesi e limiti indicati dalla regola dell'arte internazionale o nazione, oppure alle procedure indicate nei Capp. M.1, M.2, M.3..

In sintesi, poiché i contenuti dei Capp. M.1, M.2, M.3 sono ovviamente tratti dalla regola dell'arte internazionale, si comprende come il Codice non preveda alcuna differenza sostanziale e tecnica nell'applicazione degli strumenti dell'ingegneria della sicurezza antincendio nei due casi di progettazione ordinaria o in deroga.



- [1] E. Gissi, R. Lala, "Necessità e genesi del nuovo esodo del Codice di prevenzione incendi", Rivista Antincendio, EPC, settembre 2015;
- [2] A. Cascarino, "Introduzione alla prevenzione incendi. Volume 1°: i principi teorici ed i modi d'azione", Centro Stampa Affisograf, Roma, 1986;
- [3] Pauls J, Fruin J and Zupan J. "Minimum Stair Width for Evacuation, Overtaking Movement and Counterflow: Technical Bases and Suggestions for the Past, Present and Future". In Waldau, Gattermann, Knoflacher and Schreckenber (Eds.). Pedestrian and Evacuation Dynamics. Springer-Verlag, Berlin: 57-69, 2005;
- [4] E. D. Kuligowski, R. D. Peacock, P. A. Reneke, E. Wiess, C. R. Hagwood, K. J. Overholt, R. P. Elkin, J. D. Averill, E. Ronchi, B. L. Hoskins, M. Spearpoint, "Movement on Stairs During Building Evacuations", NIST Technical Note 1839, 2015;
- [5] Cooper LY, "Concept for estimating available safe egress time in fires", Fire Safet Journal, 5:135 -144, 1983;
- [6] "Report: inclusione sociale delle persone con limitazioni funzionali, invalidità o cronicità gravi", Ministero del lavoro ed ISTAT, 21 luglio 2015;
- [7] M. Law, P. Beever, "Magic numbers and golden rules", Proceedings, Fourth International Symposium on Fire Safety Science, IAFSS, 1994;
- [8] Communities and Local Government, "Approved Document B, volume 2 - buildings other than dwellings", 2010;
- [9] S. Arias, "Magic numbers and the staircase width in the UK codes", Master thesis submitted in the Erasmus Mundus Study Programme, International Master of Science in Fire Safety Engineering, The University of Edinburgh, 2013;
- [10] Post-War Building Studies No. 29, "Fire Grading of Buildings, Part II. Fire Fighting Equipment, Part III. Personal safety, Part IV. Chimneys and flues", Her Majesty's Stationery Office, London, 1952;
- [11] S. Gwynne, E. Rosenbaum, "Employing the Hydraulic Model in Assessing Emergency Movement" in The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 4th Edition, Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association, 2008, pp. 3.373 - 3.396;
- [12] A. Seyfried, T. Rupperecht, A. Winkens, O. Passon, B. Steffen, W. Klingsch, M. Boltes "Capacity Estimation for emergency exits and bottlenecks", Proceedings of the Interflam 2007, Sep. 03 - 05 2007, London, England, pp. 247 - 258, Interscience (London), 2007;
- [13] J. Fruin, "Pedestrian Planning and Design". Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, 1971;
- [14] J. Pauls, "Building Evacuation: Research Findings and Recommendations". In D. Canter (ed.) Fires and Human Behaviour, John Wiley and Sons, 251-275, 1980;
- [15] J. Pauls, "Development of Knowledge about Means of Egress", Fire Technology, 20, 2, 28-40, 1984;
- [16] S. M. V. Gwynne, E. D. Kuligowsky, J. Kratchman, J. A. Milke, "Questioning linear relationship between doorway and flow rate", Fire Safety Journal 44 (2009) 80 - 87, 2008;
- [17] Hagiwara I., Tanaka T., Mimura Y., "A consideration on common path length and single stairway", 13th meeting of the UJNR Panel on fire research and safety, March 13-20, 1996;
- [18] Post-War Building Studies No. 29, "Fire Grading of Buildings, Part II. Fire Fighting Equipment, Part III. Personal safety, Part IV. Chimneys and flues", Her Majesty's Stationery Office, London, 1952;
- [19] Communities and Local Government, "Approved Document B, volume 2 - buildings other than dwellings", 2010;
- [20] R. W. Bukowsky, E. Kuligowski, "The basis for egress provisions in US building codes", Interflam '04, 10th Proceedings. Volume 1. July 5-7, 2004;
- [21] Purser D., "Dependence of modelled evacuation times on key parameters and interactions", Fire Safety Science, Proceedings of the 9th International Simposium, pp 353 - 364, 2008;
- [22] S. Hostikka, "Evacuation experiments in offices and public buildings", VTT working papers 85, ESPOO, Finland, 2007;
- [23] 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.

Il presente capitolo 4 è pubblicato con licenza Creative Commons

Esempi di progettazione in soluzione conforme

Gli esempi di progettazione che seguono, fanno riferimento all'applicazione delle *soluzioni conformi* previste dal Codice; tali soluzioni, semplici da adottare, prevedono valutazioni e calcoli rispetto ai quali il progettista non è obbligato fornire ulteriori valutazioni tecniche per dimostrare il raggiungimento del collegato livello di prestazione.

Nello specifico, sono quelle proposte al Cap. S.4 e, si rammenta, occorre applicarle nella loro globalità.

Caso studio 1: esodo da un ufficio; analisi comparativa tra le soluzioni Codice e d.m. 22 febbraio 2006

Premessa

Con riferimento alla trattazione presentata nel quaderno INAIL “Il Codice di prevenzione incendi”, appartenente alla collana ricerche dedicata al Codice, si propone un adeguamento della progettazione dell’attività “Uffici” alla luce della recente revisione regolamentare, mantenendo l’approccio duale della soluzione progettuale, allo scopo di analizzare comparativamente i requisiti previsti dal Codice e dal d.m. 22 febbraio 2006.

A fini didascalici, rispetto alla richiamata trattazione, si ipotizza stavolta che l’attività sia di tipo “misto”, prevedendo uffici aperti al pubblico al piano terra e uffici non aperti al pubblico ai piani superiori.

Si segnala inoltre che, a differenza di quanto ipotizzato nel citato quaderno, sono state considerate due sale riunioni, una sita al terzo piano, già presente ma con diverso affollamento, e l’altra all’ottavo piano.

Inoltre, allo scopo di evidenziare eventuali ricadute progettuali sull’attività, si è omessa la scala esterna lasciando a servizio dell’edificio solamente le due scale interne e sono state introdotte alcune minimali variazioni legate alla distribuzione degli spazi.

Il presente caso studio viene, quindi, sintetizzato adottando tale logica che potrà facilitare al lettore l’esame degli effetti indotti dal Codice sulle richieste di prestazione dell’attività e sulle conseguenti scelte progettuali.

Descrizione

L’edificio in oggetto sorge a Vercelli, nell’ambito del contesto urbano illustrato nello stralcio planimetrico seguente; risulta realizzato nel 1978 e, attualmente, è il risultato dell’annessione di due organismi edilizi (originariamente separati) che nel tempo sono stati unificati e destinati ad uso uffici.

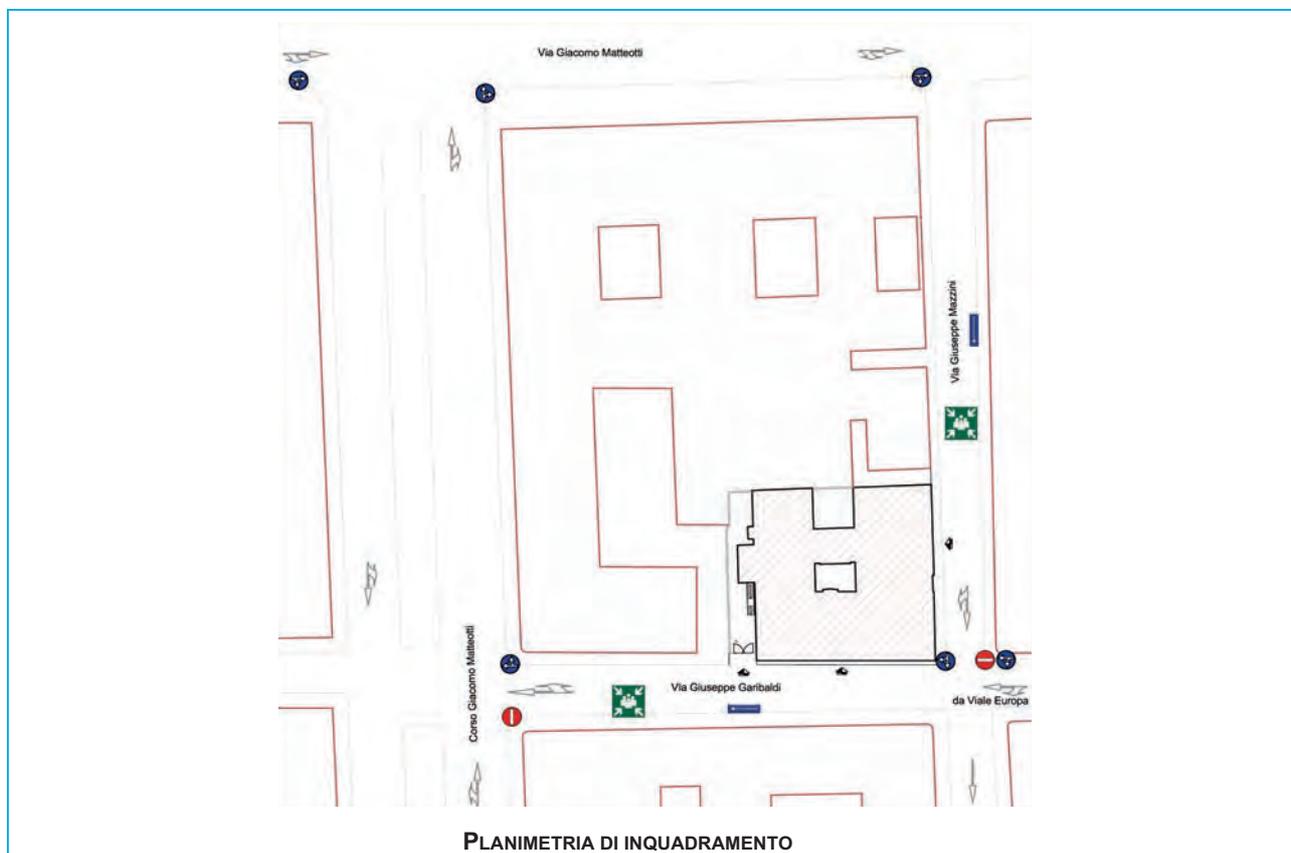
La struttura portante è in cemento armato, le pareti in laterizio e lo stato complessivo degli impianti tecnologici, dal punto di vista delle dotazioni e manutentivo, risulta globalmente accettabile.

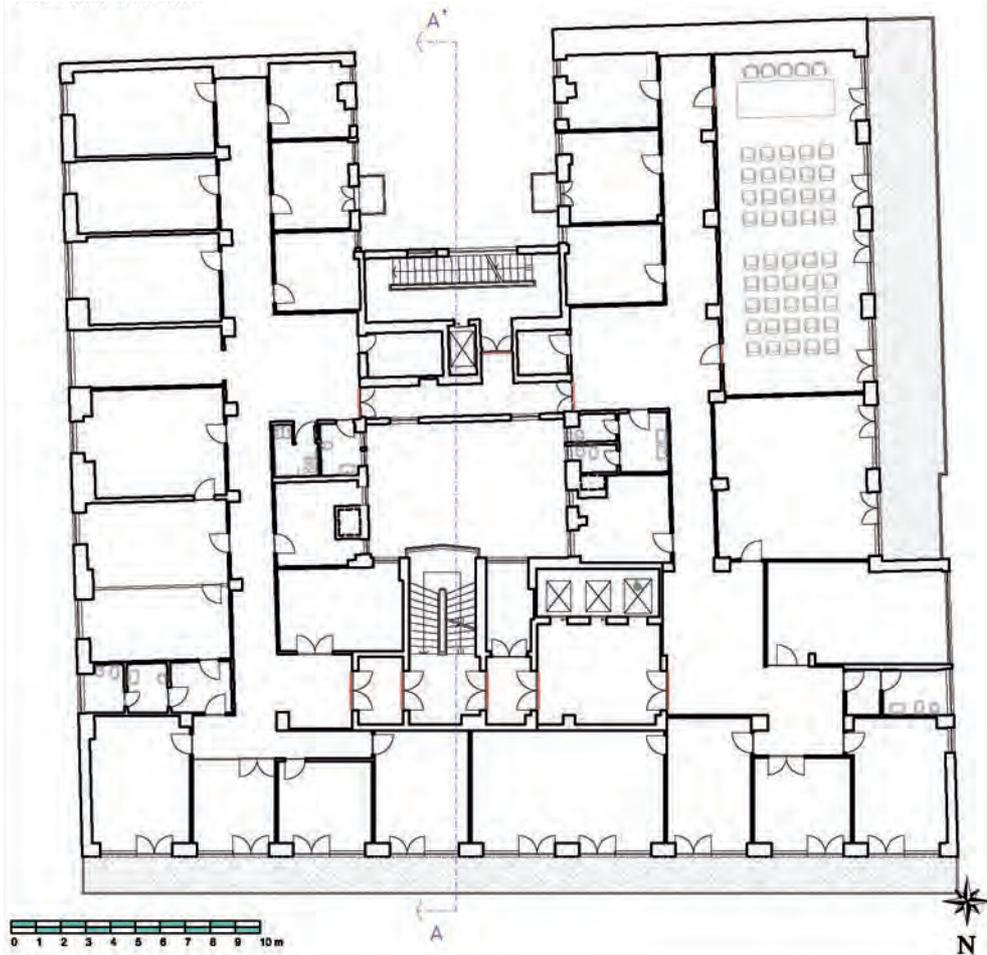
L’edificio è servito da due corpi scala (e ascensore) il primo dei quali (SC1) giunge fino al quinto piano, mentre il secondo (SC2) raggiunge l’ottavo.

Dal sesto all’ottavo piano la superficie di piano si riduce in maniera progressiva, a causa della promiscuità dei corpi di fabbrica originariamente separati.

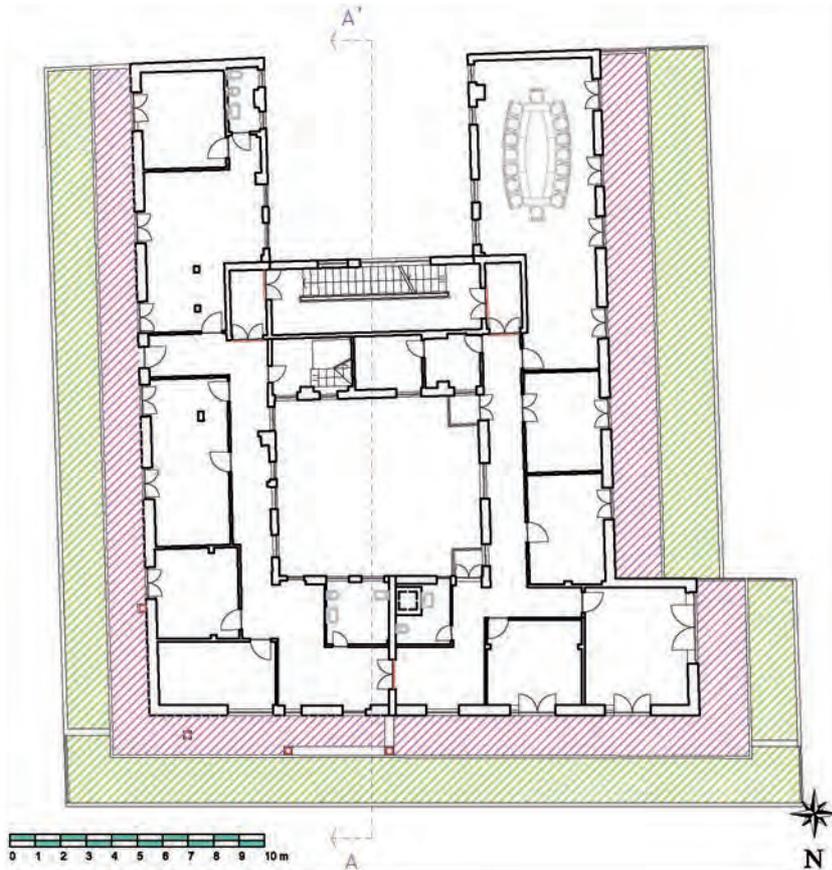
Gli accessi ai piani fuori terra dell’edificio avvengono da via Garibaldi e da via Mazzini, mentre quello al piano seminterrato esclusivamente dalla rampa esterna che conduce al piano interrato; nei piani seminterrato ed interrato non sono presenti postazioni lavorative.

Si rinvia, per ulteriori dettagli, al citato quaderno della collana.





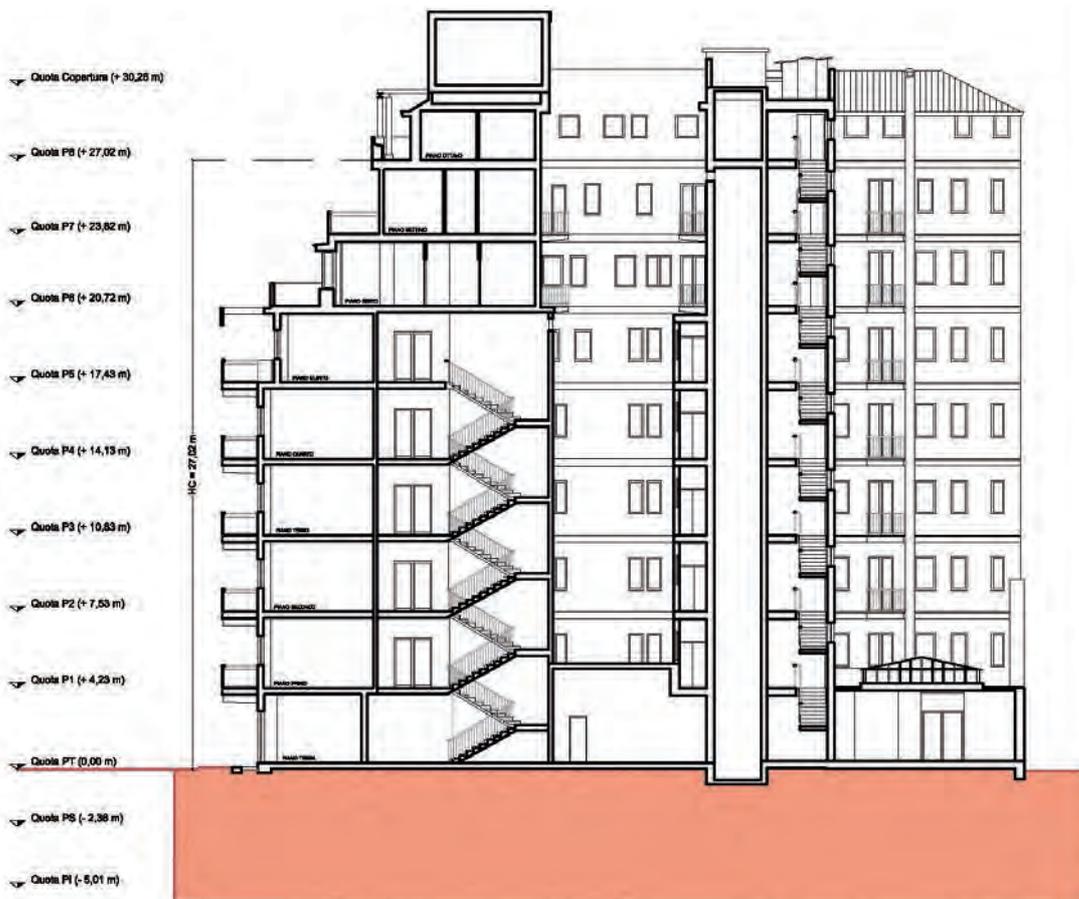
PLANIMETRIA PIANO TERZO



PLANIMETRIA PIANO OTTAVO



PROSPETTO NORD OVEST



SEZIONE TRASVERSALE

Si riporta di seguito una sintetica descrizione delle attività presenti, suddivise per ciascun piano:

Piano	Attività presenti
Interrato	<ul style="list-style-type: none"> → Autorimessa 75.1.A → Magazzino → Magazzino → Archivi → Locale Tecnico (pressurizzazione e vasca accumulo) → Locale Tecnico (gruppi frigo) → Gruppo elettrogeno 49.1.A → Cabina Elettrica → Servitù ACEA → Locali inutilizzati
Seminterrato	<ul style="list-style-type: none"> → Magazzino → Archivio 34.1.B → Locale ascensori
Piano Terra	<ul style="list-style-type: none"> → Atrio e Uffici → Archivi → Bar
Piano tipo (dal 1° al 5°)	<ul style="list-style-type: none"> → Uffici → Archivi → Piano terzo: sala riunioni da 50 posti a sedere
Piani dal 6° all'8°	<ul style="list-style-type: none"> → Uffici → Archivi → Piano ottavo: sala riunioni 16 posti a sedere
Copertura	<ul style="list-style-type: none"> → Centrale termica 74.3.C

Prospetto Nord Ovest

Contestualizzazione dell'attività in relazione alla prevenzione incendi

Trattasi di attività classificata al punto 71.2.B dell'Allegato I del d.p.r. 1 agosto 2011 n. 151: "Aziende ed uffici, con oltre 500 persone presenti (fino a 800 persone)".

Oltre all'attività principale (uffici) sono presenti altre attività funzionali e compatibili con tale destinazione d'uso di seguito riepilogate:

Descrizione dell'attività	Parametro normativo	Livello	n. attività di cui al d.p.r. 151/2011
Autorimesse pubbliche e private, parcheggi pluripiano e meccanizzati, con superficie compresa tra 300 mq a 1000 mq	355 mq	-2	75.1.A
Gruppi per la produzione di energia elettrica sussidiaria con motori endotermici ed impianti di cogenerazione di potenza complessiva da 25 a 350 kW	120 kW	-2	49.1.A
Impianti per la produzione di calore alimentati a combustibile solido, liquido o gassoso con potenzialità superiore a 700 kW	1276 kW	copertura	74.3.C
Depositi di carta, cartoni e prodotti cartotecnici, archivi di materiale cartaceo, biblioteche, depositi per la cernita della carta usata, di stracci di cascami e di fibre tessili per l'industria della carta, con quantitativi in massa da 5.000 a 50.000 Kg	21000 Kg	-1	34.1.B

Riferimenti normativi

- d.m. 3 agosto 2015 - "Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del d.lgs. 8 marzo 2006, n. 139" - Aggiornamento d.m. 18 ottobre 2019, come aggiornata dai decreti 14 febbraio 2020 e 6 aprile 2020 per la sezione V;
- d.m. 22 febbraio 2006 - "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio di edifici e/o locali destinati ad uffici".

Studio della problematica antincendio

Ci si propone, nell'ambito generale della progettazione antincendio dell'attività, di focalizzare l'attenzione sul sistema d'esodo.

Obiettivi dello studio

La seguente esposizione è redatta secondo l'Allegato I del d.m. 18 ottobre 2019; nello specifico essa rispetta:

- la Regola Tecnica Verticale (RTV) - Uffici (d.m. 8 giugno 2016)

in raffronto alla previgente regola tecnica verticale (d.m. 22 febbraio 2006).

RTV d.m. 22 febbraio 2006

A scopo comparativo, viene dapprima illustrata la soluzione progettuale prevista dal d.m. 22 febbraio 2006, entrato in vigore il 1 aprile 2006, che tratta la prevenzione incendi negli uffici.

Scopo e campo di applicazione

Il decreto fornisce prescrizioni inerenti la progettazione, la costruzione e l'esercizio di edifici, e/o locali, destinati ad uffici con più di 25 persone presenti; sono esclusi dal campo di applicazione del decreto gli uffici annessi o inseriti in reparti di lavorazione e/o deposito di attività industriali o artigianali.

Più in dettaglio, rinviando alla lettura del disposto normativo, il decreto riguarda uffici di nuova realizzazione in edifici e/o locali di nuova costruzione o già esistenti e uffici esistenti, se gli edifici e/o locali nei quali sono inseriti sono sottoposti ad interventi che comportano una loro modifica sostanziale.

Per modifiche sostanziali si intendono gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definito all'art. 3, comma 1 del d.p.r. 380 del 6 giugno 2001. Qualunque intervento di modifica in uffici esistenti non deve, in ogni caso, ridurre le preesistenti condizioni di sicurezza.

Gli uffici rientranti nel decreto sono classificati in funzione del numero di persone presenti, si distinguono, pertanto uffici di:

- tipo 1, aventi da 26 a 100 persone presenti;
- tipo 2, aventi da 101 a 300 persone presenti;
- tipo 3, aventi da 301 a 500 persone presenti;
- tipo 4, aventi da 501 a 1000 persone presenti;
- tipo 5, aventi oltre 1000 persone presenti.

Classificazione

La distribuzione degli spazi nell'edificio si articola su nove piani fuori terra (destinati ad attività uffici e spazi comuni), un piano seminterrato ed uno interrato (entrambi senza presenza di postazioni lavorative); ciascun piano costituisce un compartimento.

Piano	Superficie compartimento (m ²)	Superficie attività lavorative ¹³ (m ²)	Addetti dichiarati (n)
Terra	1077	740	23
Primo	911	650	54
Secondo	911	650	54
Terzo	911	650	54
Quarto	911	650	54
Quinto	911	650	54
Sesto	637	430	35
Settimo	369	290	24
Ottavo	357	210	17
Totali	8654	4920	369

¹³ Ottenute non considerando i vani scala, i corridoi, i servizi igienici e i locali tecnici senza presenza di personale

Con riferimento al punto 6.1, le persone presenti, considerato che l'edificio, fatta eccezione per il piano terra, è adibito ad uffici non aperti al pubblico, sono calcolate¹⁴ incrementando gli addetti di un fattore pari al 20%; gli addetti sono stati dichiarati dal responsabile dell'attività.

Si segnala al riguardo, ai fini del calcolo dell'affollamento massimo, che la Direzione Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica dei VV.F. ha ribadito (chiarimento del 3 luglio 2007 n. P657-751/4122 sott. 66) che, per la determinazione del massimo affollamento, possa essere accettata una dichiarazione del titolare dell'attività limitatamente al numero di addetti effettivamente presenti nelle aree destinate ad attività lavorative, mentre per le aree in cui è previsto l'accesso del pubblico debba necessariamente farsi riferimento all'indice di affollamento¹⁵ pari a 0,4 persone/m².

Al piano terra, pertanto, essendo state stimate in circa 670 m² le aree ove è previsto l'accesso al pubblico, sommando i 40 addetti presenti, incrementati del 20%, si ottiene un affollamento pari a 296 persone.

In definitiva, il calcolo dell'affollamento ai fini della definizione della classificazione e delle vie di uscita fornisce un valore pari a 714 persone:

Piano	Addetti dichiarati (n)	Affollamento calcolato (n)
Terra	23	296
Primo	54	65
Secondo	54	65
Terzo	54	65
Quarto	54	65
Quinto	54	65
Sesto	35	43
Settimo	24	29
Ottavo	17	21
Totali	369	714

Si osserva che al piano terra l'affollamento calcolato con il parametro 0,4 persone/m² (296 persone) si discosta enormemente dall'affollamento dichiarato dal responsabile dell'attività (30 persone) e, peraltro, non appare nemmeno rispondente alle reali possibilità di utilizzo del piano medesimo.

In ogni caso, l'affollamento ottenuto, pur essendo superiore alle risultanze rappresentate dal responsabile dell'attività (369), sarà quello utilizzato per la classificazione dell'edificio ai sensi del d.m. 22 febbraio 2006 e per le verifiche del sistema di esodo¹⁶.

In conclusione, ai sensi del Titolo I, punto 2, del decreto, l'ufficio è classificabile come *ufficio del tipo 4* (vedi par. 6.1.7).

¹⁴ Il punto 6.1 dell'allegato al d.m. 22 febbraio 2006 recita: "Il massimo affollamento ipotizzabile è fissato in: a) aree destinate alle attività lavorative: 0,1 persone/m² e comunque pari almeno al numero degli addetti effettivamente presenti incrementato del 20%; b) aree ove è previsto l'accesso del pubblico: 0,4 persone/m²".

¹⁵ La dichiarazione del titolare dell'attività può essere acquisita solo nel caso di ristrutturazione di edifici esistenti (come nel caso in esame), per i quali è ragionevole ritenere che il titolare dell'attività possa definire le presenze all'interno dell'attività stessa. Negli altri casi, quali nuove realizzazioni destinate alla vendita e/o alla locazione, occorre riferirsi ai parametri di cui al punto 6.1. del d.m. 22 febbraio 2006.

¹⁶ Ciò, seppur in un primo momento stupisce, non deve sorprendere in quanto l'approccio tipicamente prescrittivo delle RTV tradizionali, come il d.m. 26 febbraio 2006, utilizza un'impostazione tanto semplificata quanto cautelativa; in tal caso il valore dell'affollamento, seppur non rispondente alle reali possibilità di utilizzo del piano, è finalizzato al dimensionamento delle vie di esodo, che viene anch'esso condotto con una metodologia alquanto semplificata e, normalmente, più che cautelativa. Ciò va tenuto a mente quando si progetta in maniera prescrittiva: le scelte operate dal normatore possono essere discutibili, ma vanno applicate tout-court, non potendole confutare in quanto la valutazione del rischio incendio è fatta a monte dal normatore stesso.

Esodo secondo il d.m. 22 febbraio 2006

Misure per l'evacuazione in caso di emergenza

Capacità di deflusso

Con riferimento al punto 6.2, al fine del dimensionamento delle uscite, in relazione alla capacità di deflusso, definito il *piano di riferimento* come quel piano ove avviene l'esodo degli occupanti all'esterno dell'edificio, normalmente corrispondente con il piano della strada pubblica o privata di accesso (art. 1, c.1 del decreto), nel caso in esame, questa deve essere non superiore a:

- a) 50 per locali posti al piano terra;
- b) 37,5 per locali posti al piano primo;
- c) 33 per locali posti dal secondo all'ottavo piano.

Sistemi di vie di uscita

Con riferimento al punto 6.3, il dimensionamento del sistema di vie di uscita deve considerare le seguenti grandezze:

Piano	Affollamento (persone)	Altezza dal piano di riferimento (m)	Capacità di deflusso del piano (persone/modulo)	Moduli esodo necessari (n)
Terra	296	0	50	6
Primo	65	4,23	37,5	2
Secondo	65	7,53	33	2
Terzo	65	10,83	33	2
Quarto	65	14,13	33	2
Quinto	65	17,43	33	2
Sesto	43	20,72	33	2
Settimo	29	23,82	33	2
Ottavo	21	27,02	33	2

L'ultima colonna fornisce la larghezza totale delle uscite da ogni piano (multipla del modulo di uscita e non inferiore a due moduli (vedi punto 6.5.1) espressa in numero di moduli.

Le uscite che immettono sulla pubblica via (luogo sicuro) sono:

- uscite al piano terra: 6 moduli (3,60 m) - 3 porte da 120 cm
- uscite ai piani superiori: 16 moduli (9,60 m) - 8 porte da 120 cm

Risultano, inoltre, soddisfatte tutte le prescrizioni richieste dal punto 6.3.

In particolare, si segnala che ai piani dal primo al quinto, ove possono avere, strutturalmente o occasionalmente, accesso persone con ridotte o impedito capacità motorie, sono previsti (in prossimità dei vani antistanti gli ascensori) degli spazi calmi aventi le caratteristiche rispondenti alla normativa.

Numero delle vie di uscita

Con riferimento al punto 6.4, è necessario prevedere, per ciascun piano, almeno due uscite, ubicate in posizione tale da servire opportunamente l'intera superficie di ciascun piano, richiedendosi, inoltre, la presenza di due scale.

Nel caso in esame ciò comporta, per soddisfare la richiesta anche ai piani dal sesto all'ottavo, l'inserimento di una scala di sicurezza esterna.

In definitiva, il non soddisfacimento di tale prescrizione rende inapplicabile il decreto e obbligherebbe il ricorso alla deroga.

La progettazione risulta, pertanto, assai penalizzata rispetto a quanto previsto nel Codice che, invece, contempla la possibilità di prevedere una sola uscita purché, come si vedrà più avanti, vengano rispettati i criteri di ammissibilità del corridoio cieco.

Larghezza delle vie di uscita

Con riferimento al punto 6.5, si osserva che, su ciascun piano, è presente almeno un'uscita di 1,20 m (due moduli) fruibile, in caso di esodo, a semplice spinta; con riferimento al punto 6.5.2, occorre verificare il dimensionamento delle uscite anche alla luce della somma dell'affollamento dei due piani consecutivi più affollati.

Si segnala che, ai fini dell'ottemperanza al numero di uscite finali alle richieste del decreto, è necessario effettuare la verifica su due piani contigui comprensivi del piano di massimo affollamento (in questo caso, piano terra e piano primo).

Pertanto, considerato l'affollamento totale dei due piani, occorrono 8 moduli per una larghezza minima totale pari a 4,80 m.

Nel computo della larghezza delle uscite sono conteggiate anche le porte d'ingresso, apribili verso l'esterno.

Lunghezza delle vie di uscita

Con riferimento al punto 6.6, la lunghezza massima dei percorsi di esodo è inferiore a 45 m, in conformità a quanto indicato al punto 6.6.1 (distanza massima per raggiungere le scale a prova di fumo oppure l'esterno dell'attività).

La lunghezza dei corridoi ciechi (corridoi o porzioni di corridoi dai quali è possibile l'esodo in un'unica direzione¹⁷) non supera i 15 m.

Porte

Con riferimento al punto 6.7, le porte delle uscite di sicurezza hanno apertura nel senso dell'esodo a semplice spinta; i battenti delle porte, in posizione aperta, non ostruiscono i passaggi, i corridoi e i pianerottoli.

Risultano, inoltre, soddisfatte tutte le prescrizioni richieste dal punto 6.7.

Scale

Con riferimento al punto 6.8, i vani scala sono a prova di fumo, aventi caratteristiche R/REI 90.

Tutti i vani scala prevedono aperture di aerazione in sommità, a parete, di superficie superiore ad 1 m², con sistema di apertura degli infissi comandato sia automaticamente da IRAI, che manualmente mediante dispositivo posto in prossimità dell'entrata alle scale, in posizione segnalata.

Nei filtri a prova di fumo sono installati dei sistemi di pressurizzazione atti a ricevere un segnale d'allarme, inviato dalla centrale IRAI, che sblocca i fermi elettromagnetici installati sulle porte (che sono normalmente aperte), permettendone la chiusura.

Conseguentemente, il sistema attiva un ventilatore che, istantaneamente, provvede alla sovrappressione del locale (pressione minima 0,3 mbar), funzionando fino al raggiungimento della soglia prefissata di pressione massima e riprendendo a funzionare quando il pressostato legga una pressione sotto la soglia minima.

Le batterie tampone (mantenute in carica durante la normale alimentazione) assicurano, in caso di assenza di rete, il funzionamento del sistema di pressurizzazione per almeno due ore.

La larghezza complessiva delle scale si determina in base al massimo affollamento previsto nei due piani consecutivi in elevazione, escludendo il piano terra (di uscita dall'edificio) in quanto solamente gli occupanti dei suddetti livelli fuori terra utilizzeranno le scale come via di esodo.

Per i piani dal primo al quinto, considerando il primo e il secondo piano, si effettua il calcolo sommando gli affollamenti e poi dividendo per le rispettive capacità di deflusso:

Livello 1 → C = 37,5 → 65 persone → $65/37,5 = 2$ moduli

Livello 2 → C = 33 → 65 persone → $65/33 = 2$ moduli

Larghezza complessiva delle scale = 4 moduli (verifica soddisfatta per i piani dal primo al quinto).

Per i piani dal sesto all'ottavo, considerando il sesto e il settimo piano, si effettua il medesimo calcolo:

Livello 6 → C = 33 → 43 persone → $43/33 = 2$ moduli

Livello 7 → C = 33 → 29 persone → $29/33 = 2$ moduli

Larghezza complessiva delle scale = 4 moduli (verifica non soddisfatta per i piani dal sesto all'ottavo, motivo per cui si rende necessaria la scala di sicurezza esterna che, quindi, risulterà a servizio, oltre che dei piani dal sesto all'ottavo, anche degli altri piani sottostanti).

¹⁷ Definizione riportata al Titolo I, punto 1, del d.m. 22 febbraio 2006

Risultano, invece, soddisfatte tutte le altre prescrizioni richieste dal punto 6.8, inerenti la geometria delle scale (rampe, gradini, ecc.).

Si segnala che al piano terra sono presenti quattro tornelli per il controllo accessi, ciascuno avente larghezza pari a 70 cm, muniti di dispositivo per l'abbassamento dei bracci in caso di emergenza.

Al fine di poter superare il dislivello creato dai gradini presenti agli ingressi, sono installate apposite piattaforme elevatrici a beneficio di eventuali portatori di handicap: una in corrispondenza dell'ingresso principale di via Garibaldi ed un'altra, lato ingresso secondario di via Mazzini.

Impianti di sollevamento

Con riferimento al punto 6.9, le caratteristiche dei vani degli impianti di sollevamento sono conformi alle specifiche disposizioni vigenti di prevenzione incendi, in particolare al d.m. 15 settembre 2005 e s.m.i..

Gli ascensori, non essendo del tipo antincendio o di soccorso, non potranno essere utilizzati in caso d'incendio e, pertanto, non sono stati computati ai fini del dimensionamento delle vie di uscita.

I vani corsa degli ascensori sono a prova di fumo con caratteristiche REI/EI 90, con le porte di piano REI 90.

Attività accessorie

Locali per riunioni

Con riferimento al punto 8.1, si rileva che sono presenti:

Attività accessoria	Rif. d.m. 22/02/2006	Livello	Caratteristiche	Note
Locali per riunioni e trattenimenti	punto 8.1 < 100 persone < 200 m ²	3 e 8	comunicazione diretta con gli altri ambienti dell'attività	sono verificate le prescrizioni di cui ai punti 8.1.4 c) e d)
Archivi e depositi di materiali combustibili (vedi tabella seguente)	punto 8.3.1 (*) < 15 m ²	-1, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	carico incendio < 30 Kg/ m ²	sono verificate le prescrizioni di cui ai punti 8.3.1
	punto 8.3.2 < 50 m ²	0 e -1	carico incendio < 60 Kg/ m ²	sono verificate le prescrizioni di cui ai punti 8.3.2
	punto 8.3.3 (**) > 50 m ² e < 200 m ²	0, -1 e -2	carico incendio < 60 Kg/ m ²	sono verificate le prescrizioni di cui ai punti 8.3.3
	È presente, al livello -1, un deposito di materiale cartaceo costituente attività 34.1.B che seguirà le prescrizioni legate alle attività soggette alla prevenzione incendi (vedi par. 6.2)			
Autorimesse	È presente, al livello -2, un'autorimessa ad uso esclusivo dell'ufficio costituente attività 75.1.A che seguirà le prescrizioni legate alle attività soggette alla prevenzione incendi (vedi par. 6.2)			

(*) Nei diversi piani dell'edificio, sono ricavati alcuni locali, aventi superficie < 15 mq, destinati ad archivi di materiale cartaceo (carico di incendio < 30 kg/mq).

Tali locali sono privi di aerazione naturale, delimitati da pareti REI/EI 30 e porte EI 30 con dispositivo di autochiusura, sono dotati di impianto di rivelazione incendi collegato all'impianto di segnalazione e allarme.

Esternamente a tali ambienti è collocato un estintore portatile da 6 Kg con capacità estinguente minima 21A 89B.

(**) Per gli archivi aventi superficie > 50 m² è previsto un sistema di ventilazione meccanica, con portata di tre volumi ambiente/ora fermo restando che, in ogni caso, è presente una superficie di aerazione naturale che, da sola, sarebbe sufficiente a rispettare la prescrizione del rapporto 1/40 della superficie in pianta.

Nell'edificio sono previste due sale riunioni collocate, rispettivamente, ai piani terzo e ottavo; avendo una capienza inferiore a 100 persone, esse non ricadono nell'apposita normativa riguardante i locali di pubblico spettacolo, pur dovendosi applicare le prescrizioni di cui al Titolo II, punto 8, del decreto.

Parti comunicanti

Essendo locali con una capienza inferiore a 100 persone, è ammessa la comunicazione diretta con locali aventi altra destinazione d'uso.

La sala riunioni al terzo piano comunica con il corridoio utilizzato per l'esodo degli uffici tramite due porte da 900 mm.

La sala riunioni all'ottavo piano comunica invece con il corridoio utilizzato come via di esodo per gli uffici tramite una porta da 900 mm.

Misure per l'evacuazione in caso di emergenza

La sala riunioni, sita al terzo piano, prevede un affollamento pari a 50 persone, quella all'ottavo piano pari a 16 persone, così come dichiarato dal responsabile dell'attività.
Risultano soddisfatte tutte le prescrizioni richieste dal punto 8.1.

Distribuzione dei posti a sedere

Per locali con affollamento fino a 50 persone non sono previste indicazioni particolari.

Archivi e depositi

Con riferimento al punto 8.3, si rileva che sono presenti:

Archivi e depositi			
Livello	Superficie (m ²)	Aerazione naturale	Aerazione meccanica
-1	38,5	SI	NO
	13,3	NO	NO
	53,7	SI	SI
	63,5	SI	SI
	14,8	NO	NO
	13,9	NO	NO
-2	84,6	SI	SI
0	28,7	SI	NO
	53,0	SI	SI
	19,2	SI	NO
1	10,1	SI	NO
	12,2	SI	NO
2	10,1	SI	NO
	12,2	SI	NO
3	10,1	SI	NO
	12,2	SI	NO
4	10,1	SI	NO
	12,2	SI	NO
5	10,1	SI	NO
	12,2	SI	NO
6	12,5	SI	NO
	6,7	SI	NO
7	9,2	SI	NO
8	12,4	SI	NO

Risultano soddisfatte tutte le prescrizioni richieste dal punto 8.3.

Autorimesse

Con riferimento al punto 8.4, si rileva che l'autorimessa (attività 75.1.A) rispetta le specifiche disposizioni di prevenzione incendi.

Si rinvia, per ulteriori dettagli relativi all'esame della progettazione antincendio secondo il d.m. 22 febbraio 2006, al citato quaderno INAIL "Il Codice di prevenzione incendi", appartenente alla collana ricerche dedicata al Codice.

RTV V.4 Attività Ufficio

V.4.1 Campo di applicazione

Disposizioni di prevenzione incendi riguardanti uffici con oltre 300 occupanti.

V.4.2 Classificazione

Ai sensi della RTV, l'edificio in esame è viene classificato come segue:

- in relazione alle persone presenti: $n = 466$ (riferimento alla massima configurazione di affollamento, vedi successivo punto S.4.6.2), in OA ($300 < n < 800$);
- in relazione alla massima quota dei piani h (la nuova definizione di massima quota dei piani, ovvero il dislivello tra il piano di riferimento e la quota del piano dell'attività più alto ($h = 27,02 \text{ m}$, non considerando i vani tecnici e i piani con presenza occasionale e di breve durata di personale addetto) → HC.

Le aree dell'attività in esame sono classificate come segue:

- TA: uffici e spazi comuni, in tutti i piani fuori terra;
- TM: depositi o archivi aventi superficie lorda $> 25 \text{ mq}$ e carico di incendio specifico $q_f > 600 \text{ MJ/mq}$, al piano terra;
- TT: locale CED al piano terra, locale pressurizzazione e vasca accumulo, cabina elettrica e gruppo elettrogeno, tutti accessibili dall'esterno, al piano interrato.

Non sono presenti aree a rischio specifico TK (punto 3 del par. V.4.2) secondo le previsioni del par. V.1.1.

V.4.3 Profili di rischio

Il profilo di rischio, come noto, è inteso quale indicatore del rischio di incendio associato all'esercizio ordinario di una qualsiasi attività.

Si definiscono:

- R_{vita} : profilo di rischio relativo alla salvaguardia della vita umana, attribuito per ciascun compartimento;
- R_{beni} : profilo di rischio relativo alla salvaguardia dei beni economici attribuito all'intera attività;
- $R_{ambiente}$: profilo di rischio relativo alla tutela dell'ambiente, attribuito all'intera attività.

Profili di rischio R_{vita}

Il profilo di rischio R_{vita} è attribuito al compartimento in base ai seguenti fattori:

- δ_{occ} : caratteristiche prevalenti degli occupanti che si trovano nel compartimento antincendio;
- t_{α} : tempo, in s, impiegato dalla potenza termica per raggiungere il valore di 1000 Kw;
- δ_{α} : velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio riferita al tempo.

I fattori appena definiti si individuano tramite le tabb. G.3-1, G.3-2 e G.3-3, fornendo per le aree TA¹⁸:

R_{vita}		δ_{occ}	δ_{α}
Uffici aperti al pubblico al piano terra	B2	Gli occupanti sono in stato di veglia e non hanno familiarità con l'edificio	300 media
Uffici non aperti al pubblico ai piani superiori	A2 (per ciascun piano, costituente compartimento assestante)	Gli occupanti sono in stato di veglia e hanno familiarità con l'edificio	300 media

¹⁸ Si veda anche la tab. G.3-4 che, per varie tipologie di destinazione d'uso, fornisce ulteriori indicazioni per l'attribuzione del profilo di rischio R_{vita}

Per le altre aree presenti nell'edificio si ha:

Livello	Attività	R _{vita}
-2	Autorimessa	A2
	Depositi e archivi	A3
	Locali tecnici	A3
-1	Depositi e archivi	A2
	Locali tecnici	A3
0	Uffici	A2
	CED	A3
	Depositi e archivi	A2
Copertura	Locali tecnici	A3

Profilo di rischio R_{beni}

L'attribuzione del profilo di rischio R_{beni} è effettuata per l'intera attività in funzione del carattere strategico dell'opera da costruzione e dell'eventuale valore storico, culturale o artistico della stessa e dei beni in essa contenuti.

Per determinare il profilo di rischio si fa riferimento alla tab. G.3-5; l'edificio non essendo costruzione strategica, non costituisce opera vincolata, quindi risulta R_{beni} = 1.

Profili di rischio R_{ambiente}

Tale indicatore risulta non significativo ai fini della valutazione del rischio (par. G.3.4.3).

Si rammenta che le operazioni di soccorso condotte dai VV.F. sono escluse dalla valutazione del rischio ambientale.

Attribuzione dei livelli di prestazione

Reazione al fuoco	Livello III - II di prestazione (parr. S.1.3, S.1.4.1, S.1.4.2 e V.4.4.1)
Resistenza al fuoco	Livello III di prestazione (parr. S.2.3, S.2.4.3 e V.4.4.2)
Compartimentazione	Livello II di prestazione (parr. S.3.3, S.3.4.1 e V.4.4.3)
Esodo	Livello I di prestazione (parr. S.4.3 e S.4.4.1)
Gestione della sicurezza antincendio	Livello II di prestazione (parr. S.5.3, S.5.4.1 e V.4.4.4)
Controllo dell'incendio	Livello III di prestazione (parr. S.6.3, S.6.4.2 e V.4.4.5) Rete di Idranti (UNI 10779) soluzione conforme con naspi (par. S.6.8.2.3)
Rivelazione ed allarme	Livello IV di prestazione (parr. S.7.3, S.7.4.4 e V.4.4.6) Impianto IRAI (UNI 9795)
Controllo di fumi e calore	Livello II di prestazione (parr. S.8.3 e S.8.4.1)
Operatività antincendio	Livello III di prestazione (parr. S.9.3 e S.9.4.2)
Sicurezza degli impianti tecnologici	Livello I di prestazione (parr. S.10.3, S.10.4.1 e V.4.4.7)

Focus misura S.4 Esodo

S.4.1 Premessa

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.

Il sistema d'esodo deve assicurare la prestazione richiesta a prescindere dall'intervento dei VV.F..

Nel caso in esame, la modalità di esodo prevista è quella di **esodo simultaneo** (punto S.4.1.3.a).

S.4.2 Livelli di prestazione

Per effettuare la scelta del livello di prestazione sono state consultate le due tabelle presenti nel Codice.

La prima, tab. S.4-1, riporta i livelli di prestazione attribuibili agli ambiti dell'attività per la presente misura antincendio:

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

S.4.3 Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

La seconda, tab. S.4-2, riporta i criteri *generalmente accettati* per l'attribuzione dei singoli livelli di prestazione:

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

Nel caso specifico, in base ai criteri di cui alla tab. S.4-2, si attribuisce il seguente livello di prestazione I agli ambiti individuati, per questo caso specifico, nel compartimento posto al piano terra e nell'insieme dei compartimenti relativi ai piani dal primo all'ottavo, tenendo presente che le uscite finali di quest'ultimo si trovano al piano terra.

Essendo questo il livello minimo da garantire per tutte le attività, si procede con la progettazione del sistema di esodo come da RTO ricorrendo alla soluzione conforme proposta al Cap. S.4, consistente in una procedura progettuale piuttosto articolata e ricca di valutazioni tecniche da effettuare.

La RTV Uffici, per quanto riguarda il capitolo della misura antincendio S.4, non prescrive indicazioni complementari o sostitutive, pertanto per questa misura si seguono le indicazioni della RTO.

S.4.4 Soluzioni progettuali

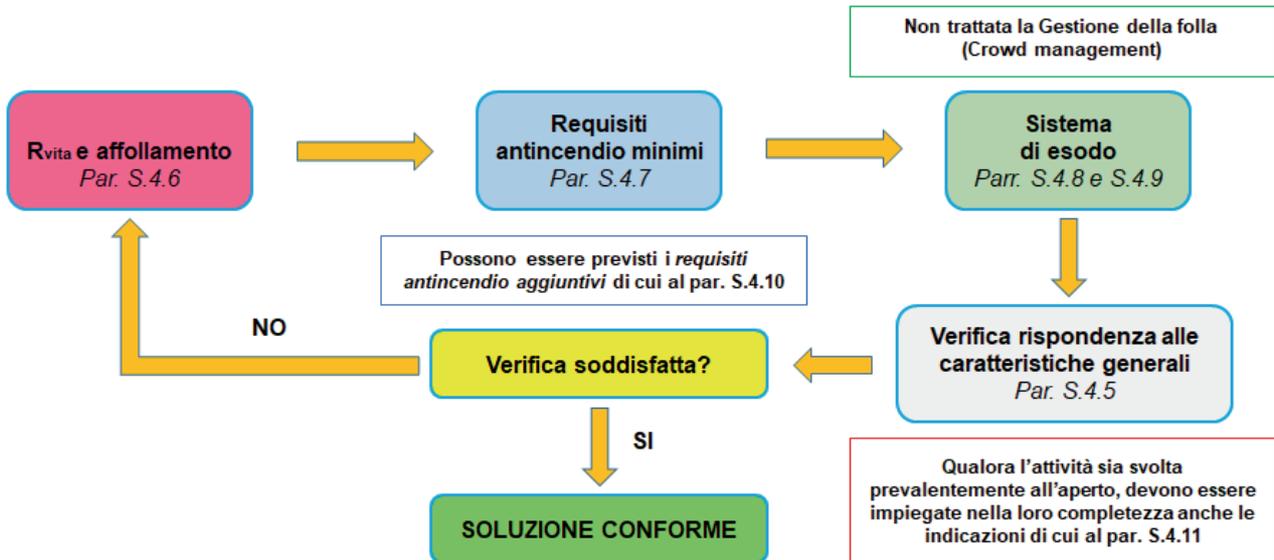
S.4.4.1 Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

Il par. S.4.4.1 riporta la procedura iterativa da seguire per la progettazione del sistema di esodo per il livello di prestazione assegnato:

1. Il sistema d'esodo deve essere progettato iterativamente come segue:
 - a. si definiscono i dati di ingresso di cui al par. S.4.6: profilo di rischio R_{vita} di riferimento ed affollamento;
 - b. si assicurano i requisiti antincendio minimi del par. S.4.7;
 - c. si definisce lo schema delle vie d'esodo fino a luogo sicuro e lo si dimensiona secondo le indicazioni dei parr. S.4.8 ed S.4.9: numero di vie d'esodo ed uscite, corridoi ciechi, luoghi sicuri temporanei e lunghezze d'esodo, larghezza di vie d'esodo ed uscite finali, superficie dei luoghi sicuri e degli spazi calmi.

- d. si verifica la rispondenza del sistema d'esodo alle caratteristiche di cui al par. S.4.5. Qualora la verifica non sia soddisfatta, si reitera la procedura.
- 2. Possono essere eventualmente previsti i requisiti antincendio aggiuntivi del par. S.4.10.
- 3. Qualora l'attività sia svolta prevalentemente all'aperto, devono essere impiegate nella loro completezza anche le indicazioni di cui al par. S.4.11.

Si può schematizzare la procedura descritta nel grafico seguente:



S.4.6 Dati di ingresso per la progettazione del sistema di esodo

Il par. S.4.5 “Caratteristiche del sistema d'esodo”, secondo la logica del grafico, sarà affrontato al termine dell'esame del par. S.4.10, anche se è fondamentale tenere bene in mente i suoi contenuti.

La progettazione del sistema d'esodo prevede, per prima cosa, la definizione dei dati di ingresso per il compartimento.

S.4.6.1 Profilo di rischio R_{vita} di riferimento

Ciascun componente del sistema d'esodo è dimensionato in funzione del più gravoso, ai fini dell'esodo, dei profili di R_{vita} dei compartimenti serviti; nel caso specifico il profilo di rischio R_{vita} più gravoso è B2 per l'ambito coincidente con il compartimento al piano terra ed A2 per l'ambito coincidente con l'insieme dei compartimenti relativi ai piani dal primo all'ottavo.

Si veda il precedente punto V.4.3.

S.4.6.2 Affollamento

L'affollamento di ciascun compartimento è determinato attribuendo la densità di affollamento in funzione della tipologia dell'attività e nota la superficie lorda del compartimento.

La densità di affollamento è ricavabile dalla seguente tabella:

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 $q_f \leq 50 \text{ MJ/m}^2$	
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 $q_f > 50 \text{ MJ/m}^2$	
Ambiti adibiti a ristorazione	0,7 persone/m ²
Ambiti adibiti ad attività scolastica e laboratori (senza posti a sedere)	0,4 persone/m ²
Sale d'attesa	
Uffici	
Ambiti di vendita di <i>piccole</i> attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	
Ambiti di vendita di <i>medie</i> e <i>grandi</i> attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	0,2 persone/m ²
Ambiti di vendita di attività commerciali al dettaglio senza settore alimentare	
Sale di lettura di biblioteche, archivi	
Ambulatori	0,1 persone/m ²
Ambiti di vendita di attività commerciali all'ingrosso	
Ambiti di vendita di <i>piccole</i> attività commerciali al dettaglio con specifica gamma merceologica non alimentare	
Civile abitazione	0,05 persone/m ²

TAB. S.4-12: DENSITÀ DI AFFOLLAMENTO PER TIPOLOGIA DI ATTIVITÀ

L'affollamento massimo di ciascun compartimento può essere determinato moltiplicando la densità di affollamento della tab. S.4-12 per la superficie lorda del compartimento stesso, pertanto nella tabella che segue viene proposto l'affollamento teorico massimo proposto dal Codice¹⁹:

Piano	Superficie compartimento (m ²)	Densità di affollamento (persone/m ²)	Affollamento teorico (n)
Terra	1077	0,4	431
Primo	911		365
Secondo	911		365
Terzo	911		365
Quarto	911		365
Quinto	911		365
Sesto	637		355
Settimo	369		148
Ottavo	357		143

AFFOLLAMENTO MASSIMO TEORICO

¹⁹ Si rammenta che nella versione originaria del Codice, la densità di affollamento per gli Uffici non aperti al pubblico era pari a 0,1 persone/m²; nella nuova versione, il Codice ha abolito la differenza fra aperti e non aperti al pubblico, unificando la densità di affollamento a 0,4 persone/m²

In realtà, la condizione di reale utilizzo dell'attività in esame, come evidenziato nella prima parte del caso studio, risulta del tutto differente; ma mentre l'applicazione della vecchia regola tecnica verticale (d.m. 22 febbraio 2006) ha reso necessario il calcolo dell'affollamento massimo seguendo il disposto del decreto, con il Codice il responsabile dell'attività ha la possibilità, vedi par. S.4.6.2.2, di poter dichiarare un valore dell'affollamento inferiore a quello calcolato secondo il procedimento illustrato (par. S.4.6.2.1).

Pertanto, considerando le caratteristiche dell'attività ed il numero massimo di presenti, comparati al reale utilizzo della medesima, a partire dai dati dichiarati dal responsabile dell'attività, incrementandoli cautelativamente del 20% per i piani dal primo all'ottavo e ipotizzando un afflusso di pubblico massimo pari a 25 persone al piano terra, si è calcolato un affollamento massimo pari a 466 occupanti in totale, di cui 48 nel primo ambito (compartimento al piano terra, $R_{vita} = B2$) e 418 per l'ambito coincidente con la restante parte dell'attività (insieme dei compartimenti relativi ai piani dal primo all'ottavo).

Piano	Affollamento dichiarato (n)	Affollamento calcolato (n)
Terra	23	48
Primo	54	65
Secondo	54	65
Terzo	54	65
Quarto	54	65
Quinto	54	65
Sesto	35	43
Settimo	24	29
Ottavo	17	21
Totali	369	466

AFFOLLAMENTO MASSIMO DICHIARATO VS CALCOLATO

È bene rimarcare che tale possibilità costituisce un vincolo di esercizio piuttosto stringente e pertanto richiede attenzione e gestione a cura del responsabile dell'attività, che si impegna a rispettare l'affollamento e la densità d'affollamento dichiarati per ogni ambito ed in ogni condizione d'esercizio dell'attività (par. S.4.6.2 comma 3).

S.4.7 Requisiti antincendio minimi per l'esodo

Il numero minimo di vie d'esodo verticali e orizzontali per ciascun ambito²⁰ dell'attività è stato determinato in relazione ai vincoli imposti dal par. S.4.8.1 per il numero minimo di vie d'esodo e dal par. S.4.8.2 per l'ammissibilità dei corridoi ciechi.

Al fine di evitare la diffusione degli effluenti dell'incendio lungo le vie d'esodo, le vie di esodo verticali che collegano i compartimenti dell'attività saranno protette da vani con resistenza al fuoco R/REI 60, con chiusure dei varchi di comunicazione E 60-Sa.

I piani seminterrato ed interrato, non presentano comunicazioni con i piani fuori terra, essendo previsto l'accesso ai medesimi esclusivamente dalla rampa esterna che conduce all'autorimessa.

Si segnala che mentre il d.m. 22 febbraio 2006 (punto 6.8, comma 1) richiede obbligatoriamente l'adozione di vani scala di tipo a prova di fumo, risultando l'altezza antincendio > 24 m, secondo le prescrizioni del Codice (par. S.4.7.2) tale previsione non è necessaria, potendosi accettare anche scale d'esodo di tipo protetto.

La scelta se utilizzare scale protette o a prova di fumo dipende, in generale, dalla valutazione del rischio e da altri fattori, come si vedrà più avanti, a dimostrazione del fatto che ogni scelta progettuale non è fine a sé stessa, bensì può avere risvolti positivi o negativi su altre.

Risultano, inoltre, soddisfatte tutte le prescrizioni richieste dal punto S.4.7.

²⁰ Par. G.1.7.8 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, ecc.

S.4.8 Progettazione del sistema d'esodo

Il par. G.1.9 fornisce, fra le altre, le seguenti definizioni:

- **Sistema d'esodo:** insieme delle misure di salvaguardia della vita che consentono agli occupanti di 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.
(nota: Il sistema d'esodo è costituito da luoghi sicuri, vie d'esodo, uscite, porte, illuminazione di sicurezza, segnaletica ...).
- **Via d'esodo (o via d'emergenza):** percorso senza ostacoli al deflusso, appartenente al sistema d'esodo, che consente agli occupanti di raggiungere un luogo sicuro dal luogo in cui si trovano.
- **Percorso d'esodo:** parte di via d'esodo che conduce dall'uscita dei locali dedicati all'attività fino all'uscita finale.
(nota: Il percorso d'esodo non comprende i locali dedicati all'attività ed è costituito da corridoi, scale, rampe, atri, passerelle, camminamenti ...).
- **Lunghezza d'esodo:** distanza che ciascun occupante deve percorrere lungo una via d'esodo dal punto in cui si trova fino a raggiungere un luogo sicuro temporaneo oppure un luogo sicuro.
- **Corridoio cieco (o percorso unidirezionale):** porzione di via d'esodo da cui è possibile l'esodo in un'unica direzione (par. G.1.9).
- **Lunghezza di corridoio cieco:** distanza che ciascun occupante deve percorrere lungo una via d'esodo dal punto in cui si trova fino a raggiungere un punto in cui diventa possibile l'esodo in più di una direzione oppure un luogo sicuro. (nota: l'incendio lungo il corridoio cieco può impedire l'esodo degli occupanti. Poiché non è possibile stabilire a priori il compartimento di primo innesco, il corridoio cieco è indipendente dai compartimenti eventualmente attraversati).

La lunghezza del corridoio cieco e la lunghezza d'esodo, sono calcolati dal punto in cui si trova ciascun occupante, cioè dall'interno di ciascun locale e il sistema d'esodo è stato dimensionato in modo da consentire agli occupanti di abbandonare il compartimento di primo innesco e raggiungere un luogo sicuro temporaneo (compartimento adiacente coincidente con la scala a prova di fumo), prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell'attività ove si trovano.

Le due scale d'esodo a prova di fumo conducono a due punti di raccolta su pubblica via.

S.4.8.1 Vie d'esodo ed uscite indipendenti

Le *vie d'esodo o uscite* si definiscono indipendenti quando viene minimizzata la probabilità che possano essere contemporaneamente rese indisponibili dagli effetti dell'incendio.

L'edificio, dal piano terra a al quinto piano, è servito dalle scale d'esodo SC1 e SC2; dal sesto all'ottavo piano è servito unicamente dalla scala d'esodo SC2.

Essendo le scale a prova di fumo, le due vie d'esodo possono considerarsi indipendenti, vedi anche successivo punto S.4.8.6.

S.4.8.1.1 Numero minimo di vie d'esodo indipendenti

Al fine di limitare la probabilità che l'esodo degli occupanti sia impedito dall'incendio, devono essere previste almeno due vie d'esodo indipendenti.

È ammessa la presenza di corridoi ciechi secondo le prescrizioni del par. S.4.8.2.

S.4.8.1.2 Numero minimo di uscite indipendenti

Al fine di limitare la probabilità che si sviluppi sovraffollamento localizzato in prossimità delle uscite, da ciascun locale o spazio a cielo libero, deve essere previsto almeno il numero di uscite indipendenti indicato in tab. S.4-15, in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento e dell'affollamento dell'ambito servito:

R_{vita}	Affollamento dell'ambito servito	Numero minimo uscite indipendenti
Qualsiasi	> 500 occupanti	3
B1 [1], B2 [1], B3 [1]	> 150 occupanti	
Altri casi		2
Se ammesso corridoio cieco secondo le prescrizioni del paragrafo S.4.8.2.		1
[1] Ambiti con densità d'affollamento > 0,4 p/m ²		

TAB. S.4-15: NUMERO MINIMO DI USCITE INDIPENDENTI DA LOCALE O SPAZIO A CIELO LIBERO

Conseguentemente il numero minimo di vie d'esodo indipendenti fino al quinto piano è pari a 2, mentre per i piani superiori, potrebbe, previa verifica del corridoio cieco relativamente alla scala SC2, vedi successivo punto S.4.8.2, essere pari a 1.

S.4.8.1.3 Determinazione dell'indipendenza tra vie d'esodo orizzontali e tra uscite

Tutte le uscite si considerano tra loro indipendenti, in quanto l'angolo formato dai percorsi rettilinei è maggiore o uguale a 45 gradi (par. S.4.8.1.3), e dove invece risulta minore di 45 gradi, forma dei corridoi ciechi che rispettano la lunghezza massima descritta al punto successivo.

S.4.8.1.4 Determinazione dell'indipendenza tra vie d'esodo verticali

Le vie d'esodo verticali, SC1 e SC2, inserite in compartimenti distinti, si considerano indipendenti (par. S.4.8.1.4).

S.4.8.2 Corridoi ciechi

Dalla precedente tab. S.4-15 si evince che è ammessa una sola via di uscita qualora il corridoio cieco rispetti le indicazioni indicate al presente punto.

In base a $R_{vita} = A2$ e all'affollamento complessivo degli ambiti serviti dal corridoio cieco che risulta minore di 100 occupanti, la lunghezza massima del corridoio cieco è 30 m, mentre, in base a $R_{vita} = B2$ e all'affollamento complessivo degli ambiti serviti dal corridoio cieco che risulta minore di 50 occupanti, la lunghezza massima del corridoio cieco è 20 m, secondo quanto previsto dalla tab. S.4-18:

R_{vita}	Max affollamento	Max lunghezza L_{cc}	R_{vita}	Max affollamento	Max lunghezza L_{cc}
A1	≤ 100 occupanti	≤ 45 m	B1, E1	≤ 50 occupanti	≤ 25 m
A2		≤ 30 m	B2, E2		≤ 20 m
A3		≤ 15 m	B3, E3		≤ 15 m
A4	≤ 50 occupanti	≤ 10 m	Cii1, Ciii1		≤ 20 m
D1		≤ 20 m	Cii2, Ciii2		≤ 15 m
D2		≤ 15 m	Cii3, Ciii3		≤ 10 m

I valori delle massime lunghezze di corridoio cieco di riferimento L_{cc} possono essere incrementati in relazione a requisiti antincendio aggiuntivi, secondo la metodologia del paragrafo S.4.10.

TAB. S.4-18: CONDIZIONI PER IL CORRIDOIO CIECO

Dal confronto tra la vecchia e la nuova versione del Codice (d.m. 18 ottobre 2019) risulta che:

- le misure delle lunghezze del corridoio cieco risultano essere incrementate per alcuni profili R_{vita} ;
- è consentito anche omettere nel calcolo della lunghezza del percorso del corridoio cieco alcune parti purché rispettino determinati requisiti inseriti all'interno della normativa.

Nelle condizioni previste, i valori massimi delle lunghezze dei corridoi ciechi sono sempre rispettati in ciascun compartimento, pertanto non occorre effettuare ulteriori interventi.

La sola scala di cui è dotato l'edificio dal sesto all'ottavo piano (SC2) rappresenta un corridoio cieco, pertanto, come detto in precedenza, necessita verificare che sia rispettata l'ammissibilità e la massima lunghezza dello stesso.

In caso positivo, il numero minimo di vie d'esodo indipendenti per i compartimenti dal sesto all'ottavo piano può ridursi a 1 (tab. S.4.15).

Verificati i criteri di ammissibilità, per operare la verifica del percorso del corridoio cieco, è consentito omettere nel calcolo di tale lunghezza alcune parti purché rispettino determinati requisiti riportati in tab. S.4-20.

Caratteristiche porzione omessa	Max lunghezza omessa L_{om} [1]	Prescrizioni aggiuntive
Con caratteristiche di <i>filtro</i> (esempio in tabella S.4-21)	≤ 45 m	Nessuna
	≤ 90 m	[2]
	≤ 120 m	Nessuna

Con caratteristiche di <i>filtro ed a prova di fumo</i>	Illimitata	[2]
Anche senza protezione, che termini direttamente all' <i>uscita finale</i> o in <i>luogo sicuro</i> (esempio in tabella S.4-23)	≤ 15 m	Nessuna
Dall' <i>uscita finale</i> fino al <i>luogo sicuro</i> , in <i>via d'esodo esterna</i> (esempio in tabella S.4-24)	Illimitata	Nessuna
<p>Gli ambiti serviti devono avere densità di affollamento ≤ 0,4 p/m² e, se aperti al pubblico, affollamento complessivo ≤ 300 occupanti, altrimenti affollamento complessivo ≤ 500 occupanti. In tali ambiti non è ammessa presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, o di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio. Ciascun locale dove gli occupanti possono dormire deve essere protetto ed avere chiusure almeno E 30-S_a.</p> <p>[1] Se costituita da più porzioni continue con caratteristiche differenti, la <i>max lunghezza omessa</i> L_{om} è calcolata come <i>media pesata</i>, senza considerare le porzioni con L_{om} <i>illimitata</i> (esempio in tabella S.4-22). Le caratteristiche di protezione dovrebbero essere crescenti nel senso dell'esodo.</p> <p>[2] Gli ambiti serviti siano sorvegliati da IRAI di livello di prestazione III (capitolo S.7) e sia prevista gestione della sicurezza di livello di prestazione II (capitolo S.5).</p>		

TAB. S.4-20: CONDIZIONI PER L'OMMISSIONE DI PORZIONE DI CORRIDOIO CIECO

La lunghezza della scala è stata misurata con il metodo del filo teso.

Generalmente negli edifici civili la lunghezza della scala per un singolo piano è pari a circa 12,50 m, pertanto nel caso in esame si ha: 12,5 x 9 = 112,5 m.

Fa parte della porzione di corridoio cieco omesso anche l'ultimo tratto in corridoio protetto orizzontale, conducente verso l'esterno dell'edificio e quindi al luogo sicuro, pari a 14 m.

Pertanto, la lunghezza totale di corridoio cieco omesso è pari a 126,5 m.

La tab. S.4-20 riporta la massima lunghezza omessa in funzione della caratteristiche di protezione della porzione di corridoio cieco che si intende omettere; in particolare, alla seconda riga, vengono specificate le massime lunghezze omissibili per un percorso con caratteristiche di filtro a prova di fumo, prevedendo una lunghezza massima illimitata purché gli ambiti (nota [2]) siano sorvegliati da IRAI di livello di prestazione III (Cap. S.7) e sia prevista gestione della sicurezza di livello di prestazione II (Cap. S.5).

Nel caso in esame, per poter omettere il tratto di corridoio cieco (pari a ben 126,5 m) sarà quindi necessario assicurare al percorso conducente al luogo sicuro, le caratteristiche di filtro ed a prova di fumo.

Con tali caratteristiche, avendo soddisfatte le richieste dalla nota [2], è consentito omettere un percorso di lunghezza illimitata.

Pertanto, al piano terra si dovrà realizzare la seguente condizione:



Operando tali assunzioni, il rispetto della prescrizione relativa al corridoio cieco costituito dalla scala è assicurato e la stessa può essere considerata come unica via di esodo.

S.4.8.3 Lunghezze d'esodo

Al fine di limitare il tempo necessario agli occupanti per abbandonare il compartimento di primo innesco, almeno una delle lunghezze d'esodo determinate da qualsiasi punto dell'attività non deve superare i valori massimi L_{es} della tab. S.4-25 in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento:

R_{vita}	Max lunghezza d'esodo L_{es}	R_{vita}	Max lunghezza d'esodo L_{es}
A1	≤ 70 m	B1, E1	≤ 60 m
A2	≤ 60 m	B2, E2	≤ 50 m
A3	≤ 45 m	B3, E3	≤ 40 m
A4	≤ 30 m	Cii1, Ciii1	≤ 40 m
D1	≤ 30 m	Cii2, Ciii2	≤ 30 m
D2	≤ 20 m	Cii3, Ciii3	≤ 20 m

I valori delle massime lunghezze d'esodo di riferimento possono essere incrementati in relazione a *requisiti antincendio aggiuntivi*, secondo la metodologia del paragrafo S.4.10.

TABELLA S.4-25: MASSIME LUNGHEZZE D'ESODO

Per l'attività esaminata sono rispettate le seguenti limitazioni:

- Compartimento con R_{vita} A2: $L_{es} \leq 60$ m
- Compartimenti con R_{vita} B2: $L_{es} \leq 50$ m

Sono state omesse dalla verifica della lunghezza d'esodo le scale a prova di fumo, in quanto, secondo il par. S.4.8.3.3, è possibile omettere dalla verifica le vie d'esodo verticali con caratteristiche di filtro e le vie d'esodo esterne, poiché si ritiene improbabile che siano sede di un innesco.

Si rammenta che la L_{es} si annulla in corrispondenza del compartimento adiacente (luogo sicuro temporaneo).

S.4.8.4 Altezza delle vie d'esodo

L'altezza minima delle vie di esodo è pari a 2,20 m (vedi anche par. S.4.8.4.2).

S.4.8.5 Larghezza delle vie d'esodo

La larghezza delle vie di esodo è la minima misurata, dal piano di calpestio fino all'altezza di 2 m, al netto dell'ingombro di eventuali elementi sporgenti con esclusione degli estintori.

Tra gli elementi sporgenti non sono da considerarsi i corrimano e i dispositivi di apertura delle porte con sporgenza ≤ 80 mm.

Dopo aver individuato le condizioni più gravose per i componenti del sistema d'esodo tramite la verifica di ridondanza prevista al par. S.4.8.6, si determina la larghezza minima delle vie d'esodo come previsto ai parr. S.4.8.7, S.4.8.8 e S.4.8.9.

S.4.8.6 Verifica di ridondanza delle vie d'esodo

La verifica di ridondanza è necessaria se un ambito è servito da più di una via d'esodo; qualora un ambito sia servito solo da una via di esodo, non è necessaria la verifica di ridondanza, ma deve essere assicurato, con appropriate misure antincendio, che l'unica via di esodo ed il corridoio cieco che adduce alla stessa siano sempre disponibili.

Pertanto il progettista, nell'applicazione dei dettami della soluzione conforme del Cap. S.4, deve dimostrare anche come garantisce questa doppia disponibilità.

Ai fini della verifica della ridondanza, si deve rendere indisponibile una via di esodo alla volta e verificare che le restanti vie di esodo indipendenti da questa abbiano larghezza complessiva sufficiente a consentire l'esodo degli occupanti.

Le vie d'esodo a prova di fumo aventi le caratteristiche di filtro sono considerate sempre disponibili e non devono essere sottoposte a verifica di ridondanza, a meno di più restrittiva valutazione del rischio da parte del progettista (par. S.4.8.6.3).

Nella verifica di ridondanza non è necessario procedere ad ulteriore verifica dei corridoi ciechi e delle lunghezze d'esodo.

S.4.8.7 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali

La larghezza minima L_o delle vie d'esodo orizzontali (es.: corridoio, porta, uscita, ecc.), che consente il regolare esodo degli occupanti che la impiegano, è calcolata come segue:

$$L_o = L_u \cdot n_o$$

dove:

- L_o è la larghezza minima della via d'esodo orizzontale (mm);
- L_u è la larghezza unitaria per le vie d'esodo orizzontali in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento, determinata dalla tabella S.4-27 (mm/persona);
- n_o è il numero degli occupanti che impiegano tale via di esodo orizzontale, nelle condizioni d'esodo più gravose (par. S.4.8.6).

La larghezza L_o può essere suddivisa tra più percorsi²¹ (par. S.4.8.7.2).

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	B3, C3, D2, E3	6,20	180 s
A4	12,30	90 s	-	-	-

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

TABELLA S.4-27: LARGHEZZE UNITARIE PER VIE D'ESODO ORIZZONTALI

In base alla tab. S.4-27, in funzione di $R_{vita} = A2$, si avrà $L_u = 3,80$ mm/persona e in funzione di $R_{vita} = B2$, $L_u = 4,10$ mm/persona; nel caso dell'edificio in esame, si ottiene:

Livello	Affollamento (n)	R_{vita}	L_u (mm/persona)	L_o (mm)
0	48	B2	4,10	197
1	65	A2	3,80	247
2	65	A2	3,80	247
3	65	A2	3,80	247
4	65	A2	3,80	247
5	65	A2	3,80	247
6	43	A2	3,80	163
7	29	A2	3,80	110
8	21	A2	3,80	80
				1785

Nei compartimenti con $R_{vita} A2$, vedi tab. S.4-27, una via d'esodo orizzontale, costituita dal corridoio di larghezza pari a 1200 mm, consente l'esodo di:

$$1200 \text{ mm} / 3,80 \text{ mm/persona} = 316 \text{ persone}$$

Analogamente, al piano terra ($L_u = 4,10$ mm/persona), è consentito l'esodo di 293 persone.

Essendo i compartimenti serviti da più di una via d'esodo e poiché l'incendio può renderne una indisponibile, per eseguire la verifica di ridondanza, si deve rendere indisponibile una via d'esodo alla volta e verificare che le restanti vie d'esodo indipendenti da questa abbiano larghezza complessiva sufficiente a consentire l'esodo degli occupanti.

²¹ Come precisato successivamente, ciascun percorso non potrà essere inferiore ad un valore minimo (vedi tab. S.4-28)

Nel caso in esame, la larghezza dei corridoi, per i piani superiori, è pari a 1200 mm:

Lo₁ = 1200 mm 1200 mm / 3,80 mm/persona = 316 persone
 Lo₂ = 1200 mm 1200 mm / 3,80 mm/persona = 316 persone
Capienza potenziale 632 persone

Lo₁ = 1200 mm 1200 mm / 3,80 mm/persona = 316 persone
~~Lo₂ = 1200 mm 1200 mm / 3,80 mm/persona = 316 persone~~

Capienza effettiva 316 persone (>> affollamento massimo di ciascun compartimento)

Analogamente, la verifica è soddisfatta anche al piano terra.

Al fine di limitare la probabilità che si sviluppi sovraffollamento localizzato, in particolare in caso di affollamenti o densità di affollamento significativi, oppure laddove gli occupanti si distribuiscano in modo imprevisto, la larghezza di ciascun percorso costituente Lo deve rispettare i criteri della tab. S.4-28 di seguito riportata:

Larghezza	Criterio
≥ 1200 mm	Affollamento dell'ambito servito > 1000 occupanti
≥ 1000 mm	Affollamento dell'ambito servito > 300 occupanti
≥ 900 mm	Affollamento dell'ambito servito ≤ 300 occupanti Larghezza adatta anche a coloro che impiegano ausili per il movimento
≥ 800 mm	Varchi da ambito servito con affollamento ≤ 50 occupanti
≥ 700 mm	Varchi da ambito servito con affollamento ≤ 10 occupanti (es. singoli uffici, camere d'albergo, locali di abitazione, appartamenti, ...)
≥ 600 mm	Ambito servito ove vi sia esclusiva presenza di personale specificamente formato, oppure occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti (es. locali impianti o di servizio, piccoli depositi, ...).
L'affollamento dell'ambito servito corrisponde al totale degli occupanti che impiegano ciascuna delle vie d'esodo che si dipartono da tale ambito.	

TAB. S.4-28: LARGHEZZE MINIME PER VIE D'ESODO ORIZZONTALI

La larghezza non può essere inferiore a 900 mm, dato l'affollamento degli ambiti serviti inferiore ai 300 occupanti, anche per consentire l'esodo anche ad occupanti che impiegano ausili per il movimento. I requisiti sono rispettati ed è consentito l'esodo di tutti gli occupanti dai piani, risultando:

- al piano terra:
 - cinque uscite da 1200 mm.
- ai piani superiori:
 - ai piani dal primo al quinto due uscite da 1200 mm;
 - ai piani dal sesto all'ottavo una uscita da 1200 mm con verifiche per ammissibilità e lunghezza del corridoio cieco soddisfatte.

S.4.8.8 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo verticali

S.4.8.8.1 Calcolo in caso di esodo simultaneo

Applicando la procedura di esodo simultaneo, le vie d'esodo verticali devono essere in grado di consentire l'esodo contemporaneo di tutti gli occupanti in esodo da tutti i piani serviti²². La larghezza Lv è calcolata come segue:

$$L_v = L_u \cdot n_v$$

²² La normativa classica, di tipo prescrittivo come il d.m. 22 febbraio 2006 al punto 6.8, considera per la verifica delle vie d'esodo verticali, il massimo affollamento previsto nei due piani consecutivi in elevazione; il Codice, invece, introduce un concetto "prestazionale" seppur nell'ambito di una soluzione conforme.

dove:

- L_v = larghezza minima della via d'esodo verticale (mm);
- L_u = larghezza unitaria determinata dalla tab. S.4-29 in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento e del numero totale dei piani serviti dalla via d'esodo verticale (mm/persona);
- n_v = numero totale degli occupanti che impiegano tale via d'esodo verticale, provenienti da tutti i piani serviti, nelle condizioni d'esodo più gravose (par. S.4.8.6).

La larghezza L_v può essere suddivisa tra più percorsi (par. S.4.8.8.2).

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

I valori delle larghezze unitarie sono espressi in mm/persona ed assicurano una durata dell'attesa in coda, per gli occupanti che impiegano la specifica via d'esodo, non superiore a Δt_{coda} .
 I valori delle larghezze unitarie devono essere incrementati per le *scale* secondo le indicazioni della tabella S.4-30, oppure per le *rampe* secondo le indicazioni della tabella Tabella S.4-31.
 [F] Impiegato anche nell'esodo *per fasi*

TAB. 4-29: LARGHEZZE UNITARIE PER VIE D'ESODO VERTICALI

Nel caso dell'edificio in esame, per la scala SC1, lato via Garibaldi, che conduce al quinto piano, si ottiene, definito n_v 1 l'affollamento dei primi 5 piani, ossia pari a $5 \times 65 = 325$ persone, ipotizzando le condizioni più gravose, considerando solo la scala SC1, si ricava:

$$L_{v1} = (3,00 \cdot 325) \text{ mm} = 975 \text{ mm}$$

Mentre, per la scala SC2, lato via Mazzini, che conduce all'ottavo piano, si ottiene, definito n_v 2 l'affollamento di tutti gli 8 piani, ossia pari a 418 persone, ipotizzando le condizioni più gravose, considerando solo la scala SC2, si ricava:

$$L_{v2} = (2,40 \cdot 418) \text{ mm} = 1003 \text{ mm}$$

I valori delle larghezze unitarie debbono essere incrementati secondo le indicazioni della tab. S.4-30 in relazione all'alzata ed alla pedata dei gradini, alla tipologia di scala; essendo, nel caso in esame, le alzate dei gradini pari a 17 cm e le pedate pari a 28 cm, si avrà:

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

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

TAB. S.4-30: INCREMENTO LARGHEZZA UNITARIA DELLE SCALE D'ESODO IN RELAZIONE AI GRADINI

A questo punto è possibile ripetere le verifiche, per i due vani scala, incrementando del 10% i risultati ottenuti, ottenendo:

$$L_{V1} = 975 \times 1,10 = 1073 \text{ mm}$$

$$L_{V2} = 1003 \times 1,10 = 1103 \text{ mm}$$

Nei compartimenti con $R_{vita} = A2$, vedi tab. S.4-29, una via d'esodo verticale, di larghezza pari a 1200 mm, per i piani superiori evacua simultaneamente:

$$1200 \text{ mm} / 3,00 \text{ mm/persona} = 400 \text{ persone distribuite nei piani superiori}$$

Come prima, l'incendio rende indisponibile una via d'esodo, si rende quindi indisponibile una via d'esodo alla volta e si verifica che le restanti vie d'esodo indipendenti siano sufficienti.

Tuttavia, le vie d'esodo a prova di fumo aventi le caratteristiche di filtro, come nel caso in esame, sono considerate sempre disponibili e *non devono essere sottoposte a verifica di ridondanza*, a meno di più restrittiva valutazione del rischio da parte del progettista.

Nel caso in esame, la via d'esodo verticale SC1 di larghezza pari a 1200 mm, per i cinque piani superiori, dal primo al quinto, evacua simultaneamente:

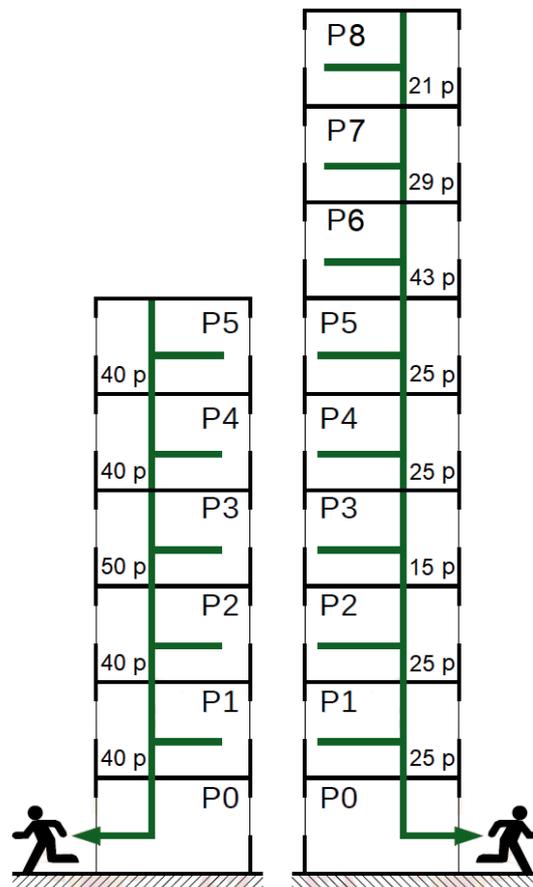
$$L_{SC1} = 1200 \text{ mm} \quad 1200 \text{ mm} / 3,00 \text{ mm/persona} = 400 \text{ persone}$$

Capienza effettiva 400 persone (> 325)

La via di esodo verticale SC2, di larghezza pari a 1200 mm, per gli otto piani superiori, evacua simultaneamente:

$$L_{SC2} = 1200 \text{ mm} \quad 1200 \text{ mm} / 2,40 \text{ mm/persona} = 500 \text{ persone}$$

Capienza effettiva 500 persone (> 418)



Al fine di limitare la probabilità che si sviluppi sovraffollamento localizzato, in particolare in caso di affollamenti o densità di affollamento significativi oppure laddove gli occupanti si distribuiscano in modo impreveduto, la larghezza di ciascun percorso deve rispettare i criteri della tab. S.4-32 di seguito riportata:

Larghezza	Criterio
≥ 1200 mm	Affollamento dell'ambito servito > 1000 occupanti
≥ 1000 mm	Affollamento dell'ambito servito > 300 occupanti
≥ 900 mm	Affollamento dell'ambito servito ≤ 300 occupanti
≥ 600 mm	Ambito servito ove vi sia esclusiva presenza di personale specificamente formato, oppure occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti (es. locali impianti o di servizio, piccoli depositi, ...).

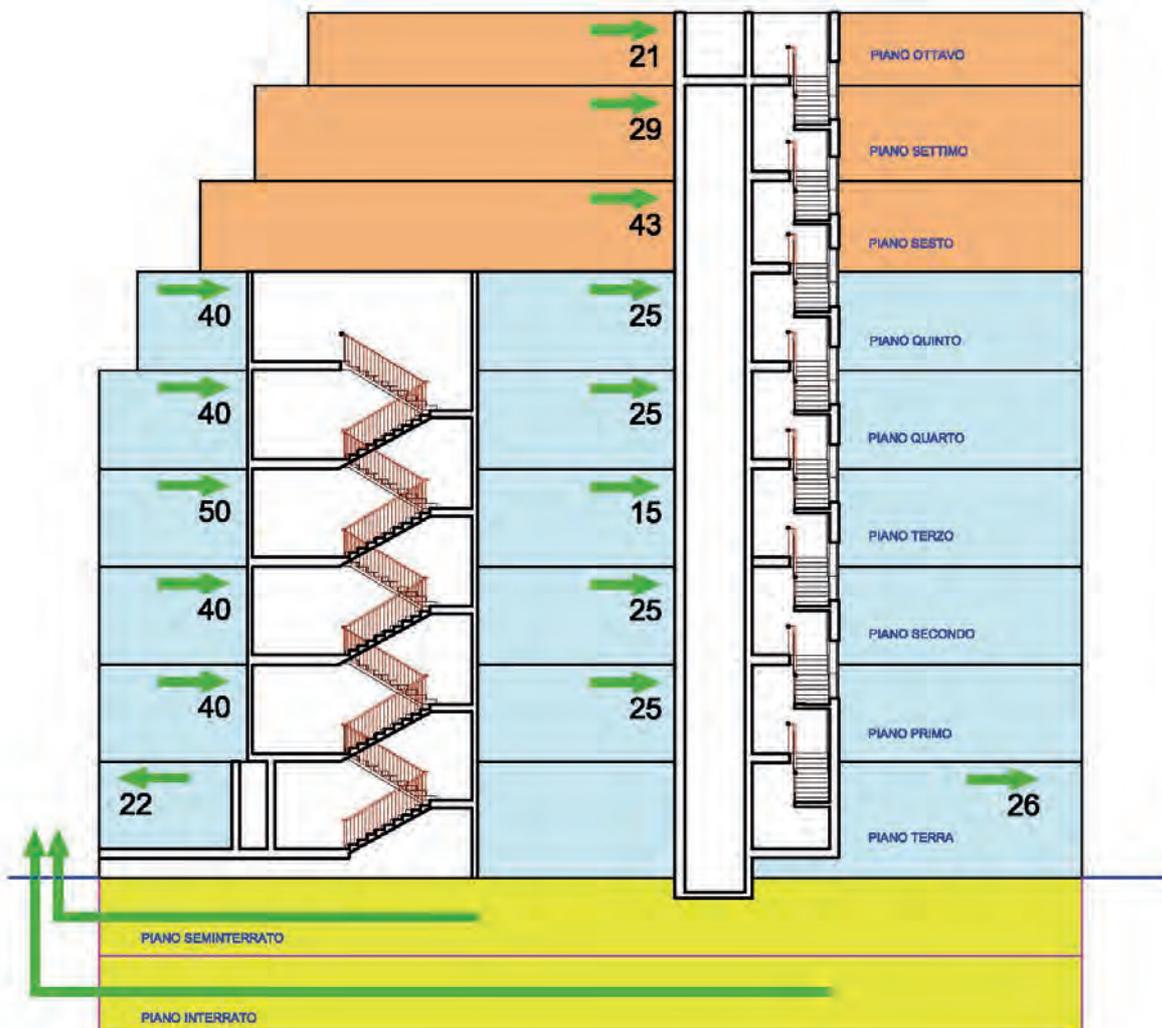
L'affollamento dell'ambito servito corrisponde al totale degli occupanti che impiegano ciascuna delle vie d'esodo che si dipartono da tale ambito.

TAB. S.4-32: LARGHEZZE MINIME PER VIE D'ESODO VERTICALI

La larghezza non può essere inferiore a 900 mm, dato l'affollamento degli ambiti serviti inferiore ai 300 occupanti.

Le due scale hanno entrambe larghezza 1200 mm, pertanto i requisiti sono rispettati ed è consentito l'esodo di tutti gli occupanti dai piani.

Sarà quindi necessario prevedere, all'interno del Piano di Emergenza, la suddivisione degli occupanti, per ciascuno dei piani dal primo al quinto, in modo da utilizzare equamente i due corpi scala e ottimizzare il numero di quelli che effettivamente utilizzeranno, ai fini dell'esodo, la scala SC1 e la scala SC2.



SCHEMATIZZAZIONE DEL POSSIBILE UTILIZZO DELLE VIE DI ESODO VERTICALI IN CASO DI ESODO

S.4.8.9 Calcolo della larghezza minima delle uscite finali

La larghezza minima dell'uscita finale L_F , che consente il regolare esodo degli occupanti provenienti da vie d'esodo orizzontali o verticali, è stata calcolata come segue:

$$L_F = \sum_i L_{O,i} + \sum_j L_{V,j}$$

dove:

1. L_F larghezza minima dell'uscita finale (mm);
2. $L_{O,i}$ larghezza della i -esima via d'esodo orizzontale che adduce all'uscita finale, come calcolata con l'equazione S.4-1 (mm);
3. $L_{V,j}$ larghezza della j -esima via d'esodo verticale che adduce all'uscita finale, calcolata nel caso di esodo simultaneo.

La larghezza L_F può essere suddivisa tra più percorsi e la larghezza di ciascun percorso deve rispettare i criteri della tab. S.4-28.

La convergenza dei flussi di occupanti dalle vie d'esodo orizzontali e verticali verso l'uscita finale non sarà ostacolata (es.: da arredi fissi o mobili, ecc.).

A tal fine, qualora almeno due delle vie d'esodo convergenti verso la stessa uscita finale siano impegnate da più di 50 occupanti ciascuna, la distanza misurata in pianta tra l'uscita finale e lo sbarco di tutte le vie d'esodo ad essa convergenti deve essere ≥ 2 m, come mostrato nell'illustrazione S.4-5.

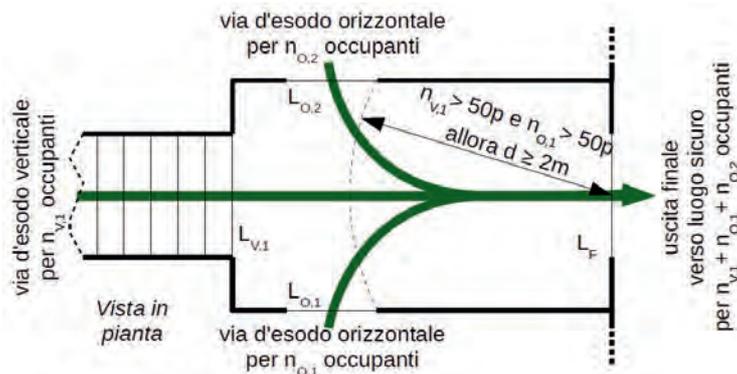


ILLUSTRAZIONE S.4-5: ESEMPIO DI FLUSSI CONVERGENTI (MERGING FLOWS) VERSO USCITA FINALE

Nell'edificio in esame, come larghezza minima dell'uscita finale risulta:

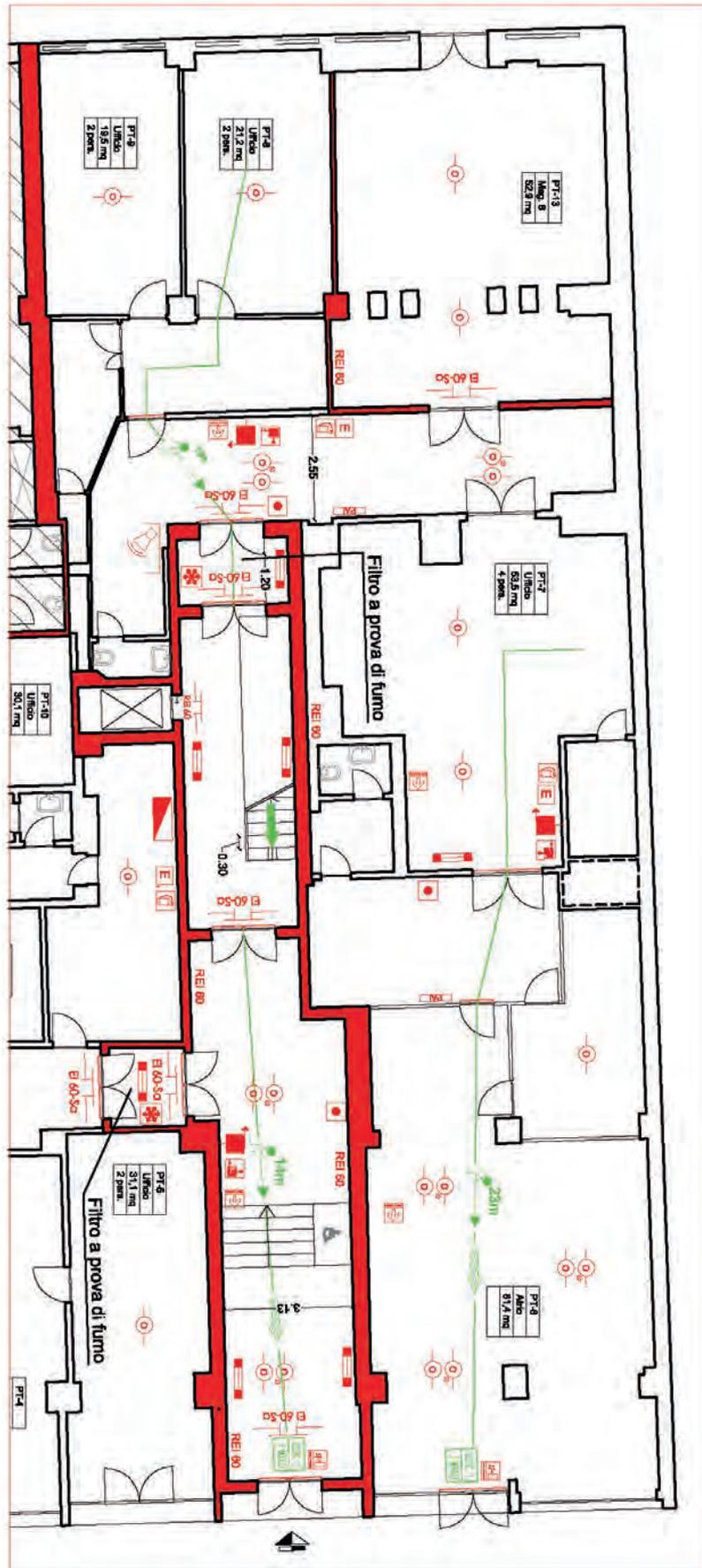
$$L_F = \sum_i L_{O,i} + \sum_j L_{V,j}$$

$$L_F = 1785 + 1103 \text{ mm} = 2888 \text{ mm}$$

Al piano terra dell'edificio sono presenti cinque uscite finali, per un totale di 9400 mm di larghezza, che garantiscono quindi un esodo simultaneo in totale sicurezza.



SCALA C1 - PIANO TERRA



SCALA C2 - PIANO TERRA

S.4.9 Eliminazione o superamento delle barriere architettoniche per l'esodo

In tutti i piani dell'attività nei quali vi può essere presenza non occasionale di occupanti che non abbiano sufficienti abilità per raggiungere autonomamente un luogo sicuro tramite vie d'esodo verticali, deve essere adottata almeno una delle seguenti modalità:

- a. impiego di spazi calmi secondo le indicazioni del paragrafo S.4.9.1;
- b. esodo orizzontale progressivo secondo le indicazioni del paragrafo S.4.9.2;
- c. esodo orizzontale verso luogo sicuro.

Per gli altri piani devono comunque essere previste apposite misure per gestire le specifiche necessità degli occupanti (Cap. S.5).

Considerata la possibile presenza non occasionale, nei piani fino al quinto, di occupanti aventi tali caratteristiche, sono pertanto previsti (in prossimità dei vani antistanti gli ascensori della scala SC1) degli *spazi calmi* aventi le caratteristiche rispondenti alla normativa (vedi par. S.4.9.1), dimensionati in base alla tab. S.4-36:

Tipologia	Superficie minima per occupante
Occupante deambulante	0,70 m ² /persona
Occupante su sedia a ruote	1,77 m ² /persona
Occupante allettato	2,25 m ² /persona

Alla superficie minima destinata agli occupanti devono essere aggiunti gli spazi di manovra necessari per l'utilizzo di eventuali ausili per il movimento (es. letto, sedia a ruote, ...).

TAB. S.4-36: SUPERFICI MINIME PER OCCUPANTE

Il responsabile dell'attività ha stabilito un numero massimo di occupanti su sedia a ruote pari a 2 per piano. Anche questa valutazione costituisce un vincolo di esercizio, da tenere sempre sotto controllo, ad esempio nell'applicazione della GSA (Cap. S.5).

La dimensione minima dello spazio calmo è:

$$SC = 1,77 \cdot 2 = 3,4 \text{ m}^2$$

Pertanto, si prevede uno spazio calmo di 4 m² tenendo in considerazione gli spazi di manovra.

Nello spazio calmo dovranno esser presenti i dispositivi, le attrezzature e le indicazioni di cui al punto S.4.9.1.2 e lo stesso dovrà essere segnalato secondo quanto indicato al punto S.4.9.1.3.

Lo spazio calmo deve essere contrassegnato con segnale UNI EN ISO 7010, esemplificato in tab. S.4-8:



SEGNALE UNI EN ISO 7010 - E060 - SEDIA D'EVACUAZIONE

S.4.5 Caratteristiche del sistema d'esodo

Al par. S.4.5 sono riportate le prescrizioni inerenti gli elementi costituenti il sistema di esodo (*Luogo sicuro, Luogo sicuro temporaneo, Vie di esodo (protetta, a prova di fumo, esterna, senza protezione), Scale d'esodo, Scale e marciapiedi d'esodo, Rampe di esodo, Porte lungo le vie di esodo, Uscite finali, Segnaletica di esodo ed orientamento, Illuminazione di sicurezza, Disposizione dei posti fissi e mobili, Installazione per gli spettatori, Sistemi d'esodo comuni*); per quanto attinente al caso in esame si osserva che:

- a) In relazione al par. S.4.5.1, si rileva che i luoghi sicuri sono stati individuati nelle aree esterne all'edificio, sulla pubblica via; ciascun luogo sicuro sarà contrassegnato mediante il cartello UNI EN ISO 7010 - E007.

La superficie lorda del luogo sicuro si calcola tenendo conto delle superfici minime per occupante (tab. S.4-36):

Tipologia	Superficie minima per occupante
Occupante deambulante	0,70 m ² /persona
Occupante su sedia a ruote	1,77 m ² /persona
Occupante allettato	2,25 m ² /persona
Alla superficie minima destinata agli occupanti devono essere aggiunti gli spazi di manovra necessari per l'utilizzo di eventuali ausili per il movimento (es. letto, sedia a ruote, ...).	

TAB. S.4-36: SUPERFICI MINIME PER OCCUPANTE

- b) In relazione al par. S.4.5.3, si rileva che le vie di esodo presenti hanno altezza minima di 2 m e non comprendono scale portatili e alla marinara, ascensori e rampe (a tal proposito, si segnala che è possibile considerare, quale via di esodo, la rampa di accesso dell'autorimessa che presenta una pendenza < 20%. Inoltre, le relative superfici di calpestio non sono sdruciolevoli, mentre il fumo ed il calore dell'incendio smaltiti o evacuati dall'attività non dovranno interferire con il sistema delle vie d'esodo. Tutti i percorsi d'esodo presenti nell'attività rispondono ai requisiti previsti nel presente paragrafo.
- c) In relazione al par. S.4.5.4, si rileva che le scale di esodo presenti sono conformi alle prescrizioni ivi previste.
- d) In relazione al par. S.4.5.7, si rileva che le porte installate lungo le vie di esodo presenti sono conformi alle prescrizioni ivi previste; in particolare, al fine di consentire l'affidabile, immediata e semplice apertura delle porte ad apertura manuale in condizioni di elevata densità di affollamento, ciascuna porta possiede i requisiti della tab. S.4-6 in funzione delle caratteristiche dell'ambito servito e del numero di occupanti dell'ambito che impiegano tale porta nella condizione di esodo più gravosa:

Ambito servito	Caratteristiche della porta		
	Occupanti serviti [1]	Verso di apertura	Dispositivo di apertura
Ambiti dell'attività non aperti al pubblico	n > 50 occupanti	Nel senso dell'esodo [2]	UNI EN 1125 [3]
Ambiti dell'attività aperti al pubblico	n > 25 occupanti		
Aree a rischio specifico	n > 10 occupanti		UNI EN 179 [3] [4]
	n > 5 occupanti		
Altri casi	Secondo risultanze della valutazione del rischio [5]		
[1] Numero degli occupanti che impiegano la singola porta nella condizione d'esodo più gravosa, considerando anche la verifica di ridondanza di cui al paragrafo S.4.8.6.			
[2] Qualora l'esodo possa avvenire nelle due direzioni devono essere previste specifiche misure (es. porte distinte per ciascuna direzione, porte apribili nelle due direzioni, porte ad azionamento automatico, segnaletica variabile, ...). Sono escluse dal verso di apertura le porte ad azionamento automatico del tipo a scorrimento.			

TAB. S.4-6: CARATTERISTICHE DELLE PORTE AD APERTURA MANUALE LUNGO LE VIE D'ESODO

Si veda anche tab. S.4-7 per la determinazione caratteristiche delle porte lungo le vie d'esodo.

In relazione ai tornelli installati al piano terra, per il controllo degli accessi, essi non devono costituire intralcio all'esodo degli occupanti, in particolare in caso di emergenza, in assenza di alimentazione elettrica, in caso di guasto (par. S.4.5.7.3).

Per i tornelli è previsto un sistema di sgancio automatico dei tornelli asservito ad IRAI, mediante presidio dei tornelli e comando di sgancio da postazione presidiata.

I tornelli ed i relativi sistemi ed accessori di azionamento, controllo e comando sono inseriti nella progettazione della GSA dell'attività (capitolo S.5).

e) In relazione al par. S.4.5.8, si rileva che le uscite finali, situate al livello stradale:

- sono posizionate in modo da garantire l'esodo rapida degli occupanti verso luogo sicuro;
- sono contrassegnate, sul lato verso luogo sicuro, con cartello UNI EN ISO 7010 - M001:



f) In relazione al par. S.4.5.9, si rileva che Il sistema d'esodo è progettato al fine di essere facilmente riconosciuto ed impiegato dagli occupanti, grazie ad apposita segnaletica di sicurezza.

Nell'edificio saranno osservate le disposizioni sulla segnaletica di sicurezza di cui al d.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i.e quanto prescritto dall'art.17 del d.p.r. 24 luglio 1996, n. 503 in materia di eliminazione delle barriere architettoniche.

Le caratteristiche cromatiche e fotocromatiche dei materiali saranno conformi alle norme UNI di buona tecnica che regolano la materia.

I cartelli necessari saranno sistemati tenendo conto di eventuali ostacoli, ad un'altezza e in una posizione appropriata rispetto all'angolo di visuale.

In caso di cattiva illuminazione naturale si utilizzano colori fosforescenti e/o materiali riflettenti e, in prossimità delle vie d'uscita e delle scale, nonché al loro interno, è prevista l'illuminazione artificiale con lampade autonome provviste di mascherina verde con l'indicazione del percorso da seguire, poste, ove possibile, sopra il limite superiore delle porte.

A titolo indicativo si riportano i cartelli necessari e ritenuti minimi indispensabili con la loro ubicazione:

 IDRANTE COLONNA CON ATTACCO VV.F. All'esterno	 ESTINTORE Nei corridoi, nei compartimenti, nei locali ad uso del pubblico, nei ripostigli e depositi	 IDRANTE A MURO IN CASSETTA ANTINCENDIO All'esterno e/o all'interno	 NASPO All'esterno e/o all'interno
 PULSANTE DI SGANCIO ENERGIA ELETTRICA All'esterno a fianco della porta di accesso alla centrale termica	 VALVOLA MANUALE INTERCETTAZIONE GAS All'esterno	 INTERRUTTORE ELETTRICO GENERALE A fianco dei pannelli elettrici di settore	 ASCENSORE A lato della porta di accesso
 ASCENSORE A lato del pannello elettrico	 DIVIETO In tutti i locali dove non è consentito	 DIVIETO In tutti i locali dove non è consentito e a fianco dei pannelli e/o apparecchiature elettriche e/o elettroniche	 IMPIANTO ELETTRICO All'esterno in posizione visibile lungo il tracciato interrato

CARTELLONISTICA UTILIZZABILE ALL'INTERNO DELL'ATTIVITÀ

			
EVACUAZIONE - USCITE (Porta a destra) In tutti i locali in posizione alta	EVACUAZIONE - USCITE (Porta a sinistra) In tutti i locali in posizione alta	EVACUAZIONE - USCITE (Porta sottostante) In tutti i locali in posizione alta sopra la porta	EVACUAZIONE - USCITE Su tutte le porte di sicurezza
			
EVACUAZIONE - SCALE (Scala giù) In tutti i locali in posizione alta	EVACUAZIONE - SCALE (Scala su) In tutti i locali in posizione alta	GENERICI Su tutte le porte di un compartimento antincendio (ove necessario)	

CARTELLONISTICA UTILIZZABILE ALL'INTERNO DELL'ATTIVITÀ

Ad ogni piano è installata una planimetria semplificata correttamente orientata, in cui è indicata la posizione del lettore (es.: "Voi siete qui") ed il layout del sistema d'esodo, con l'applicazione delle indicazioni contenute nella norma ISO 23601 "Identificazione di sicurezza - Planimetrie per l'emergenza".

- g) In relazione al par. S.4.5.10, si rileva che l'impianto di illuminazione di sicurezza è in grado di assicurare un livello di illuminamento sufficiente a garantire l'esodo degli occupanti, conformemente alle indicazioni della norma UNI EN 1838 o equivalente.

Lungo le vie d'esodo è installato un impianto di illuminazione di sicurezza secondo la norma UNI EN 1838, in quanto l'illuminazione può risultare anche occasionalmente insufficiente a consentire l'esodo degli occupanti.

Durante l'esodo, l'impianto di illuminazione di sicurezza assicura un illuminamento orizzontale al suolo sufficiente a consentire l'esodo degli occupanti in conformità alle indicazioni della norma UNI EN 1838 e comunque ≥ 1 lx lungo la linea centrale della via d'esodo.

L'impianto di sicurezza deve soddisfare anche i requisiti previsti nel Cap. S.10.

Considerazioni a commento

❖ *Riepilogo sintetico del caso studio*

Nel presente caso studio è stata proposta, in soluzione conforme, la progettazione di un'attività uffici con particolare riferimento alla progettazione dell'esodo.

Si è partiti dalla trattazione dell'attività uffici presentata nel quaderno INAIL "Il Codice di prevenzione incendi", appartenente alla collana ricerche dedicata al Codice, per adeguarne la progettazione alla luce della recente revisione normativa, mantenendo l'approccio duale della soluzione progettuale, allo scopo di analizzare comparativamente i requisiti previsti dal Codice e dal d.m. 22 febbraio 2006.

A fini didattici, rispetto alla richiamata trattazione, si è ipotizzato stavolta che l'attività sia di tipo "misto", prevedendo uffici aperti al pubblico al piano terra e uffici non aperti al pubblico ai piani superiori.

Inoltre, a differenza di quanto ipotizzato nel citato quaderno, sono state considerate due sale riunioni, una sita al terzo piano, già presente ma con diverso affollamento, e l'altra all'ottavo piano.

Da ultimo, allo scopo di evidenziare eventuali ricadute progettuali sull'attività, si è omessa la scala esterna lasciando a servizio dell'edificio solamente le due scale interne e sono state introdotte alcune minimali variazioni legate alla distribuzione degli spazi.

❖ *Commento dei risultati*

Il presente caso studio dimostra, ancora una volta, come la sinergia delle dieci misure del Codice contribuisca all'efficacia della strategia finale adottata dal progettista.

Nella trattazione analitica proposta, sono state evidenziate le soluzioni imposte dall'adozione di una o dell'altra modalità ai fini della verifica della strategia antincendio sottolineando come, in particolare, le misure previste dal Codice consentano un dimensionamento efficace a gestire le condizioni di esodo in emergenza senza richiedere un aggravio delle condizioni realizzative.

In particolare, la progettazione con la regola tecnica tradizionale del d.m. 22 febbraio 2006 per i piani sommitali dell'edificio, serviti da una singola scala, avrebbe richiesto la realizzazione di una scala esterna per poter garantire in ogni condizione la prescrizione delle due uscite obbligatorie.

Con il Codice, grazie alla versatilità della progettazione dell'esodo in soluzione conforme, i piani in questione hanno potuto beneficiare dei criteri di ammissibilità, di lunghezza e di porzioni omesse del corridoio cieco, consentendo di garantire un livello di sicurezza accettabile per l'esodo degli occupanti, fermo restando quanto è necessario in merito alla disponibilità del corridoio cieco e dell'accesso alla scala a prova di fumo.

Inoltre, la progettazione con la regola tecnica tradizionale imporrebbe gli affollamenti per le aree in cui è previsto l'accesso del pubblico quelli previsti dal calcolo imposto, mentre nel Codice è possibile per il responsabile dell'attività dichiarare affollamenti effettivi, anche inferiori rispetto ai massimi previsti, che naturalmente dovranno essere mantenuti in ogni condizione di esercizio dell'attività e richiedono l'adozione di misure gestionali da inglobare nella GSA (Cap. S.5).

Caso studio 2 A: esodo da un'autorimessa

Premessa

I due casi studio di seguito proposti (2 A e 2 B) costituiscono due ipotesi di adeguamento, in soluzione conforme, della medesima attività (autorimessa).

La scelta di presentare la trattazione fornendo due possibili soluzioni, consistenti nella diversa configurazione della compartimentazione, evidenzia, ancora una volta, l'estrema flessibilità e adattabilità dello strumento regolamentare pur nel rispetto dell'obiettivo di sicurezza antincendio.

Descrizione

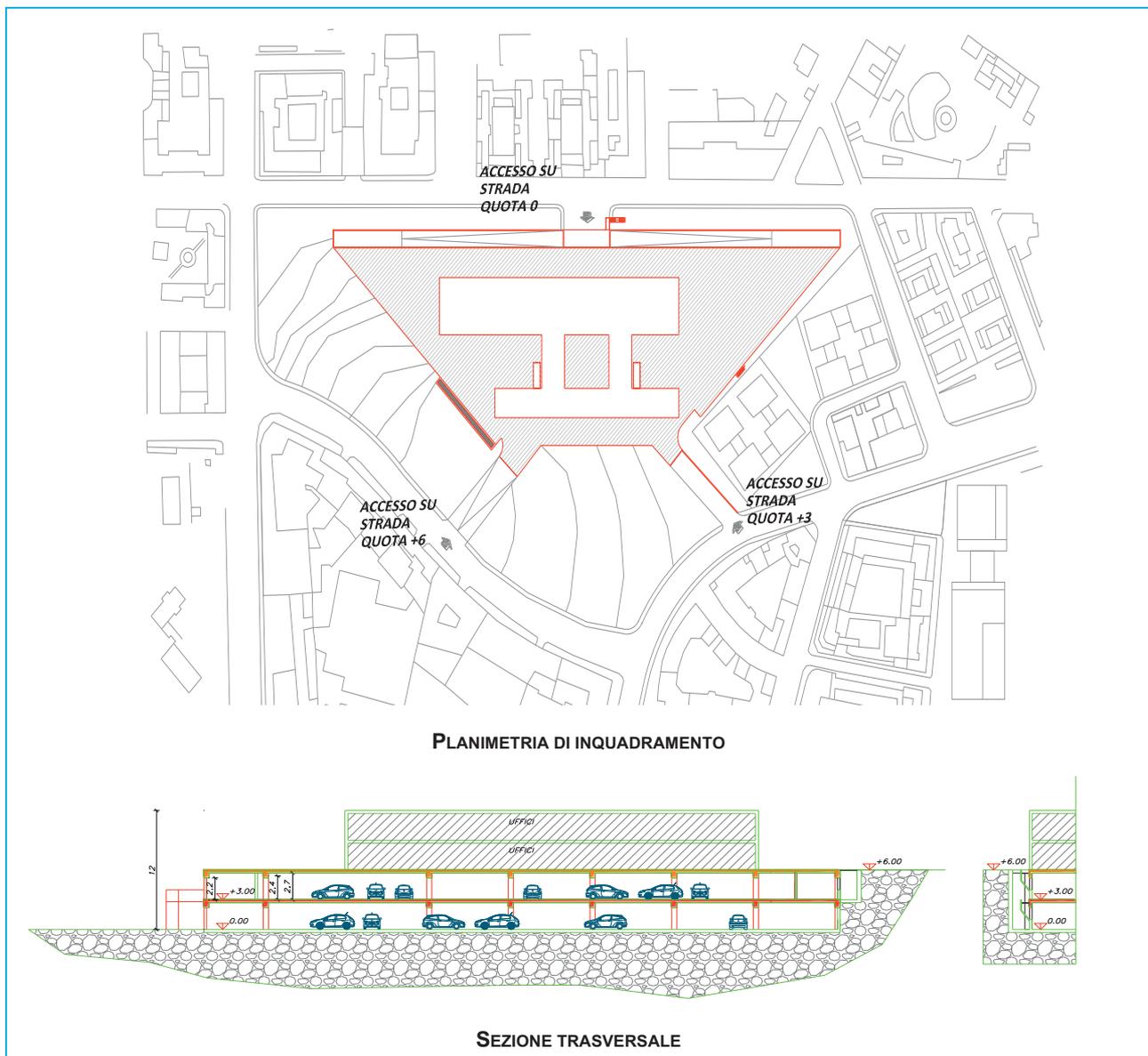
L'autorimessa è costituita da due livelli a quote 0 (piano terra) e +3 m (piano primo), di 6800 m² ciascuno, a servizio di un sovrastante edificio adibito ad uffici. L'autorimessa costituisce un unico compartimento autonomo. Su ogni piano sono presenti 200 posti auto, per un totale di 400.

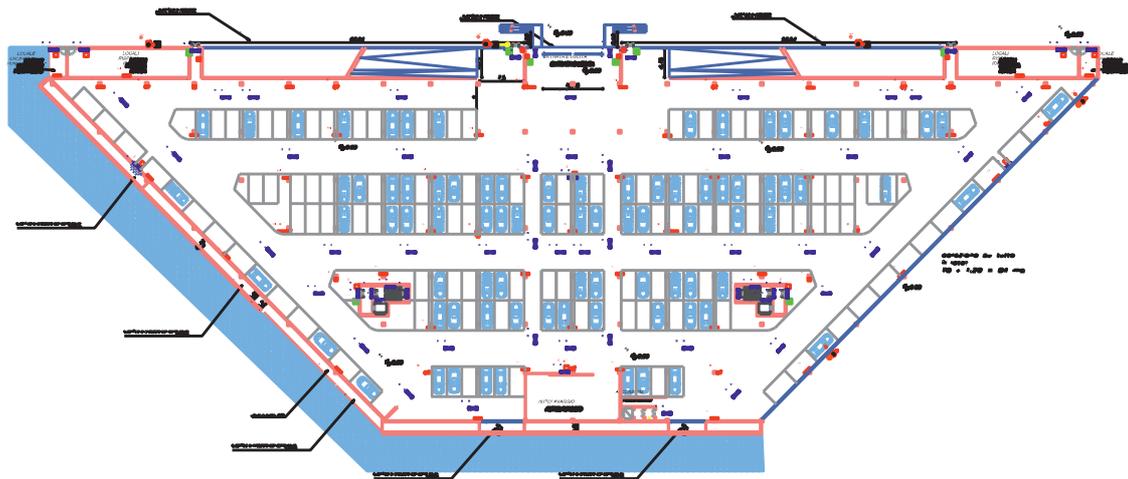
L'opera si inserisce all'interno di un lotto definito da strade a differenti quote; pertanto, entrambi i piani dell'autorimessa sono a quota stradale, con due accessi a livello superiore, uno a quota 3 m e uno a quota 6 m, e un'uscita al livello inferiore.

L'interpiano ad ogni livello è pari a 2,70 m, che si riducono a 2,20 m sotto trave.

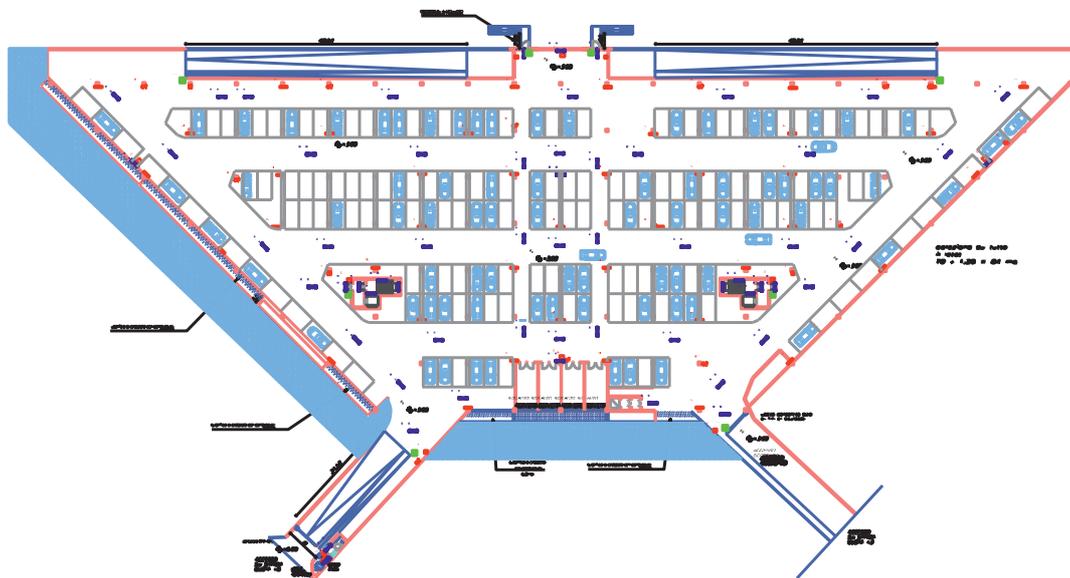
Il collegamento con le attività dei piani superiori avviene tramite due scale interne e un vano corsa ascensore a prova di fumo; sono inoltre presenti altre due scale esterne, al piano primo.

Al piano inferiore è presente anche un autolavaggio, mentre al piano superiore alcuni box auto.





PLANIMETRIA PIANO TERRA



PLANIMETRIA PIANO PRIMO



Contestualizzazione dell'attività in relazione alla prevenzione incendi

Trattasi di attività classificata al punto 75.4.C dell'Allegato I del d.p.r. 1 agosto 2011 n. 151: "Autorimesse pubbliche e private, parcheggi pluriplano e meccanizzati, con superficie superiore a 3000 m²".

Riferimenti normativi

- d.m. 3 agosto 2015 - "Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del d.lgs. 8 marzo 2006, n. 139" - Aggiornamento d.m. 18 ottobre 2019, come aggiornata dai decreti 14 febbraio 2020 e 6 aprile 2020 per la sezione V.

Studio della problematica antincendio

Ci si propone, nell'ambito generale della progettazione antincendio dell'attività, di focalizzare l'attenzione sul sistema d'esodo.

Obiettivi dello studio

La seguente esposizione è redatta secondo l'Allegato I del d.m. 18 ottobre 2019; nello specifico essa rispetta:

- la Regola Tecnica Verticale (RTV) - Autorimesse (d.m. 15 maggio 2020)

RTV V.6 Autorimesse

V.6.1 Scopo e campo di applicazione

Disposizioni di prevenzione incendi riguardanti autorimesse con superficie complessiva superiore a 300 m².

V.6.3 Classificazioni

Ai sensi della RTV, l'autorimessa in esame viene classificata come segue:

- in relazione alle caratteristiche prevalenti degli occupanti: → SA;
- in relazione alla superficie di ciascun compartimento: $A > 10000 \text{ m}^2$ → AD;
- in relazione alla quota di tutti i piani h : $-1 \text{ m} < h \leq 6 \text{ m}$ → HA.

Le aree dell'attività in esame sono classificate come segue:

- TA: aree dedicate al ricovero, sosta e manovra dei veicoli;
- TZ: aree destinate ai servizi annessi all'autorimessa con superficie non superiore al 20% del totale e collocati a quota superiore a -6 m; (nell'autorimessa sono presenti una guardiana e una piccola stazione di lavaggio rispettivamente di 19,30 m² e di 140 m², posti a quota +3 e 0 m);
- TT: locali tecnici rilevanti ai fini della sicurezza antincendio; (al piano terra sono presenti il locale pompe antincendio e il locale riserva idrica, entrambi accessibili dall'esterno).

V.6.4 Profili di rischio

Ai fini della valutazione del rischio di incendio nell'autorimessa in esame, si definiscono i profili di rischio secondo le tabelle del Cap. G.3.

Profilo di rischio R_{vita}

Il profilo di rischio R_{vita} è attribuito al compartimento in base ai seguenti fattori:

- δ_{occ} : caratteristiche prevalenti degli occupanti che si trovano nel compartimento antincendio;
- t_{α} : tempo, in s, impiegato dalla potenza termica per raggiungere il valore di 1000 Kw;
- δ_{α} : velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio riferita al tempo.

I fattori appena definiti si individuano tramite le tabb. G.3-1, G.3-2 e G.3-3 che forniscono rispettivamente:

- δ_{occ} : A
- t_{α} : 300²³
- δ_{α} : 2

Pertanto, si avrà $R_{vita} = A2$ per l'intero compartimento.

²³ Se facessimo riferimento alla tab. V.6-7, che riporta le curve RHR nel caso di autorimesse aperte e ventilate (quindi non chiuse come nel caso in esame), avremmo un t_{α} minore di 300 s per ciascuna curva RHR di un autoveicolo, che sia primo innesco oppure successivo, in quanto l'incendio è controllato dal combustibile, essendo la ventilazione sempre disponibile in buone quantità.

In un'autorimessa chiusa è ragionevole supporre che, ai fini della determinazione dello R_{vita} , l'incendio durante la fase di crescita sia ancora governato dal combustibile (è presente sufficiente ossigeno affinché l'incendio dell'autoveicolo durante la fase di crescita dipenda dal combustibile piuttosto che dalla ventilazione), giustificando la scelta effettuata dal normatore nella tab. G.3.2 dove è previsto un $\delta_{\alpha} = 2$ relativo ad t_{α} non inferiore ai 300 s (incendio a sviluppo di crescita di tipo medio). Il progettista, sulla base della valutazione dei rischi, potrà sempre effettuare una determinazione differente del t_{α} , che dipenderà anche dalla tipologia dei veicoli presenti e dalla loro alimentazione (SUV, mezzi pesanti, veicoli elettrici, a gas, ecc.), e che potrebbe condurre a valori minori dei 300 s per il t_{α} con conseguente variazione del profilo R_{vita} da A2 ad A3 o, in casi estremi, anche ad A4 (B2, B3 o B4 nel caso di autorimesse aperte al pubblico).

Il profilo di rischio individuato per l'autorimessa è ulteriormente confermato dalla tab. G.3-4 che individua il profilo in funzione delle diverse tipologie di destinazione d'uso delle attività.

Profilo di rischio R_{beni}

Come di prassi, per determinare il profilo di rischio si fa riferimento alla tab. G.3-5; l'autorimessa non essendo costruzione strategica, non costituisce opera vincolata, quindi risulta $R_{beni} = 1$.

Profili di rischio $R_{ambiente}$

Trattandosi di attività civile, tale indicatore risulta non significativo ai fini della valutazione del rischio (par. G.3.4.3).

Attribuzione dei livelli di prestazione

Reazione al fuoco	Livello II di prestazione (parr. S.1.3, S.1.4.1 e V.6.5.1)
Resistenza al fuoco	Livello III di prestazione (parr. S.2.3, S.2.4.3 e V.6.5.2)
Compartimentazione	Livello II di prestazione (parr. S.3.3, S.3.4.1 e V.6.5.3)
Esodo	Livello I di prestazione (parr. S.4.3 e S.4.4.1)
Gestione della sicurezza antincendio	Livello I di prestazione (parr. S.5.3, S.5.4.1 e V.6.5.5)
Controllo dell'incendio	Livello IV di prestazione (parr. S.6.3, S.6.4.3 e V.6.5.6) Rete di Idranti (UNI 10779)
Rivelazione ed allarme	Livello II di prestazione (parr. S.7.3 e S.7.4.2) Impianto IRAI (UNI 9795)
Controllo di fumi e calore	Livello II di prestazione (parr. S.8.3, S.8.4.1. e V.6.5.7)
Operatività antincendio	Livello II di prestazione (parr. S.9.3 e S.9.4.1)
Sicurezza degli impianti tecnologici	Livello I di prestazione (parr. S.10.3, S.10.4.1 e V.6.5.8)

Segue una sintetica illustrazione delle misure della strategia antincendio applicate, eccettuata la misura antincendio S.4, di cui si tratterà ampiamente nel paragrafo a essa dedicato.

V.6.5 Strategia antincendio (sintesi delle varie misure antincendio)

Devono essere applicate tutte le misure antincendio della RTO, attribuendo i livelli di prestazione secondo i criteri in essa definiti.

La RTV specifica fornisce indicazioni complementari o sostitutive delle soluzioni conformi previste dai corrispondenti livelli di prestazione della RTO (ma non limita, in nessun caso, il ricorso a soluzioni alternative).

Misura	Sintesi di adeguamento
S.1 Reazione al fuoco	<p>Livello di prestazione = II sia per le vie d'esodo che per altri locali dell'attività secondo i criteri di attribuzione della RTO. Si attribuisce questo livello perché la RTV prevede che nelle aree TA non sia ammesso il livello I. Ai sensi della RTO, si considera soluzione conforme per il livello di prestazione II, l'impiego di materiali compresi nel gruppo GM3 (materiali per rivestimento e completamento, materiali per l'isolamento e materiali per l'impianti). In base alla RTV V.3, i vani degli ascensori devono essere costituiti da materiale appartenente al gruppo GM0 di reazione al fuoco:</p> <ul style="list-style-type: none"> • le pareti, le porte ed i portelli di accesso; • i setti di separazione tra vano di corsa, locale del macchinario, locale delle pulegge di rinvio; • l'intelaiatura di sostegno della cabina. <p>Le pareti, il pavimento ed il tetto della cabina devono essere costituiti da materiali appartenenti al gruppo GM2 di reazione al fuoco.</p>
S.2 Resistenza al fuoco	<p>Livello di prestazione = III secondo i criteri di attribuzione della RTO. La soluzione conforme per tale livello sarebbe R30 per la classe minima di resistenza al fuoco perché risulta $q_{f,d} \leq 450 \text{ MJ/m}^2$ ($q_{f,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot q_f = 2 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 220,59 = 352,94 \text{ MJ/m}^2$). Tuttavia, ai sensi della RTV, la resistenza al fuoco minima risulta pari a R60, in base alle caratteristiche dell'autorimessa (fuori terra, chiusa e di classe HA).</p>
S.3 Compartimentazione	<p>Livello di prestazione = II secondo i criteri di attribuzione della RTO. La soluzione conforme per il livello di prestazione appena individuato al fine di limitare la propagazione dell'incendio verso altre attività, consiste nel porre gli uffici e l'autorimessa in compartimenti distinti. La tab. S.3-6 stabilisce che la superficie massima ammissibile per un compartimento con $R_{vita} = A2$ e quota $\leq 12 \text{ m}$ deve essere</p>

	<p>al massimo 64000 m². Avendo una superficie di 13600 m² l'autorimessa in esame costituisce un compartimento autonomo. Questo viene ulteriormente confermato dalla RTV, per cui è previsto che l'autorimessa costituisca compartimento autonomo; si prevede anche che le aree TT siano a loro volta compartimentate. La comunicazione dell'autorimessa con i sovrastanti uffici avviene tramite scale e vano corsa ascensori a prova di fumo proveniente dall'autorimessa (RTV).</p>
<p>S.5 Gestione della Sicurezza Antincendio</p>	<p>Livello di prestazione = I secondo i criteri di attribuzione della RTO. Dalla RTO ricaviamo anche le soluzioni conformi per il livello di prestazione individuato: il responsabile dell'attività organizza la GSA in esercizio e in emergenza, predispone, attua e verifica periodicamente il piano di emergenza, provvede alla formazione ed informazione del personale su procedure e attrezzature e gestione dell'esodo dei disabili e nomina le figure della struttura organizzativa; gli addetti al servizio antincendio attuano la GSA in esercizio e in emergenza. La RTV stabilisce invece i comportamenti vietati nelle autorimesse come ad esempio: fumare o usare fiamme libere, depositare o effettuare travasi di fluidi infiammabili, eseguire manutenzione, riparazione di autoveicoli al di fuori delle aree appositamente predisposte, ecc.. È inoltre necessaria l'installazione della cartellonistica riferita ai divieti e alle limitazioni di esercizio.</p>
<p>S.6 Controllo dell'incendio</p>	<p>Livello di prestazione = IV secondo i criteri di attribuzione della RTV. La RTO definisce il livello di prestazione IV come inibizione, controllo o estinzione dell'incendio con sistemi automatici estesi a porzioni di attività. Sempre per il suddetto livello di prestazione, la RTV stabilisce la protezione automatica delle aree TA. In base alla RTO, si attribuiscono le classi di incendio A e B che necessitano di sistemi estinguenti come acqua, schiuma, polvere e anidride carbonica. Nei confronti del principio d'incendio, si collocano al piano terra 6 estintori idrici portatili nell'area TA e 4 estintori idrici portatili nelle aree TT, al piano primo 6 estintori idrici portatili nell'area TA ed 1 estintore a base di CO2 nella guardiania. Gli estintori sono posizionati in modo da essere raggiunti in non più di 40 m da ogni punto dell'autorimessa (tab S.6-5) Per la protezione manuale, la rete idranti è stata progettata secondo la norma UNI 10779. La protezione interna è garantita da idranti DN 45 (13 per ogni piano del compartimento) posizionati in modo che ogni punto disti al massimo 20 m dall'idrante a muro più vicino. La protezione esterna viene garantita tramite idranti a colonna soprasuolo DN 70 con relative cassette a corredo, installati ad una distanza massima di 60 m l'uno dall'altro. La protezione automatica viene invece garantita tramite un impianto sprinkler ad umido con alimentazione idrica almeno di tipo singola superiore, esteso alle aree TA, che, secondo la norma UNI EN 12845, risulta al livello di pericolosità OH2; l'alimentazione sarà di tipo combinato.</p>
<p>S.7 Rivelazione e Allarme</p>	<p>Livello di prestazione = II secondo i criteri di attribuzione della RTO. Si prevede come soluzione conforme un IRAI progettato secondo il par. S.7.5 con l'implementazione della funzione principale D (segnalazione manuale di incendio da parte degli occupanti) e la funzione principale C (allarme incendio) estesa a tutta l'attività (vedi anche tab. S.7-3). È stata tuttavia aggiunta anche la funzione di rivelazione automatica A nel locale guardiania, poiché la norma UNI 9795 prevede che il locale in cui è contenuta la centrale di controllo e segnalazione sia sorvegliato da rivelatori automatici di incendio.</p>
<p>S.8 Controllo di fumi e calore</p>	<p>Livello di prestazione = II secondo i criteri di attribuzione della RTV. La RTO stabilisce che per il livello di prestazione individuato deve essere possibile smaltire fumi e calore dell'incendio dai compartimenti al fine di facilitare le operazioni della squadra di soccorso. L'autorimessa in esame è dotata di aperture di smaltimento di tipo SEa permanentemente aperte; per le aperture di smaltimento di fumo e calore d'emergenza deve essere impiegato il tipo di dimensionamento SE3, a prescindere dal valore del carico di incendio specifico, come descritto nella RTV. Si avranno al piano terra una superficie totale di aperture pari a 309,80 m² e al piano primo una superficie totale di aperture pari a 358,76 m². Le aperture risultano distribuite uniformemente nel locale poiché rispettano i criteri proposti dalla RTV, cioè raggio di influenza pari a 30 m per le aperture di tipo SEa. Tale distribuzione uniforme, è stata garantita anche grazie all'intercapedine areata posta sul lato ovest che ha consentito il posizionamento di un'apertura per lo smaltimento di fumo e calore per entrambi i piani del compartimento tramite shunt.</p>
<p>S.9 Operatività antincendio</p>	<p>L'autorimessa rispetta i criteri d'attribuzione relativi al livello di prestazione II, la cui soluzione conforme prevede che sia permanentemente assicurata la possibilità di avvicinare i mezzi di soccorso antincendio, adeguati al rischio d'incendio, a distanza ≤ 50 m dagli accessi per soccorritori dell'attività, localizzati al piano terra (quota 0) su pubblica via. Per consentire l'intervento dell'autoscala dei VV.F., gli accessi all'attività dalla via pubblica devono possedere i seguenti requisiti minimi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Larghezza: 3,50 m → larghezza effettiva 6,20 m; • Altezza libera: 4,00 m → strada a cielo aperto; • Raggio di volta: 13,00 m → raggio di volta effettivo 13,00 m • Pendenza: ≤ 10%; → strada pianeggiante;

	<p>Resistenza al carico: almeno 20 tonnellate, di cui 8 sull'asse anteriore e 12 sull'asse posteriore con passo 4 m.</p>
<p>S.10 Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio</p>	<p>Livello di prestazione = I secondo i criteri di attribuzione della RTO. Si prevedono come soluzioni conformi impianti tecnologici e di servizio progettati, installati, verificati, eserciti e mantenuti a regola d'arte, in conformità alla regolamentazione vigente secondo le norme di buona tecnica applicabili. Questi impianti devono garantire i requisiti antincendio previsti nei parr. S.10.5 e S.10.6. La gestione e la disattivazione di impianti tecnologici e di servizio, compresi quelli destinati a rimanere in servizio durante l'emergenza, deve poter essere effettuata da posizioni segnalate, protette dall'incendio e facilmente raggiungibili ed essere prevista e descritta nel piano di emergenza. La RTV prevede, par. V.6.5.8, in zona segnalata e di facile accesso, un dispositivo di sezionamento di emergenza che, con una sola manovra, tolga tensione a tutto l'impianto elettrico dell'autorimessa, compreso quello dei box, eventualmente alimentati da impianto elettrico separato. La protezione dai sovraccarichi e dai guasti a terra dell'impianto elettrico e il dispositivo di sezionamento di emergenza devono essere installati all'esterno del compartimento antincendio.</p>

Devono essere altresì applicate le prescrizioni, ove pertinenti, dei Capp. V.1, V.2 e V.3.

Focus misura S.4 Esodo

S.4.1 Premessa

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.

Il sistema d'esodo deve assicurare la prestazione richiesta a prescindere dall'intervento dei VV.F..

Nel caso in esame, la modalità di esodo prevista è quella di **esodo simultaneo** (punto S.4.1.3.a).

S.4.2 Livelli di prestazione

S.4.3 Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

Come nel caso studio precedente, in base ai criteri di cui alla tab. S.4-2, si attribuisce il seguente livello di prestazione I, ovvero, gli occupanti raggiungono un luogo sicuro prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell'attività attraversati durante l'esodo.

Nel caso in esame l'ambito al quale si attribuisce il livello di prestazione I e del quale si progetta il sistema di vie di esodo coincide con l'intero compartimento.

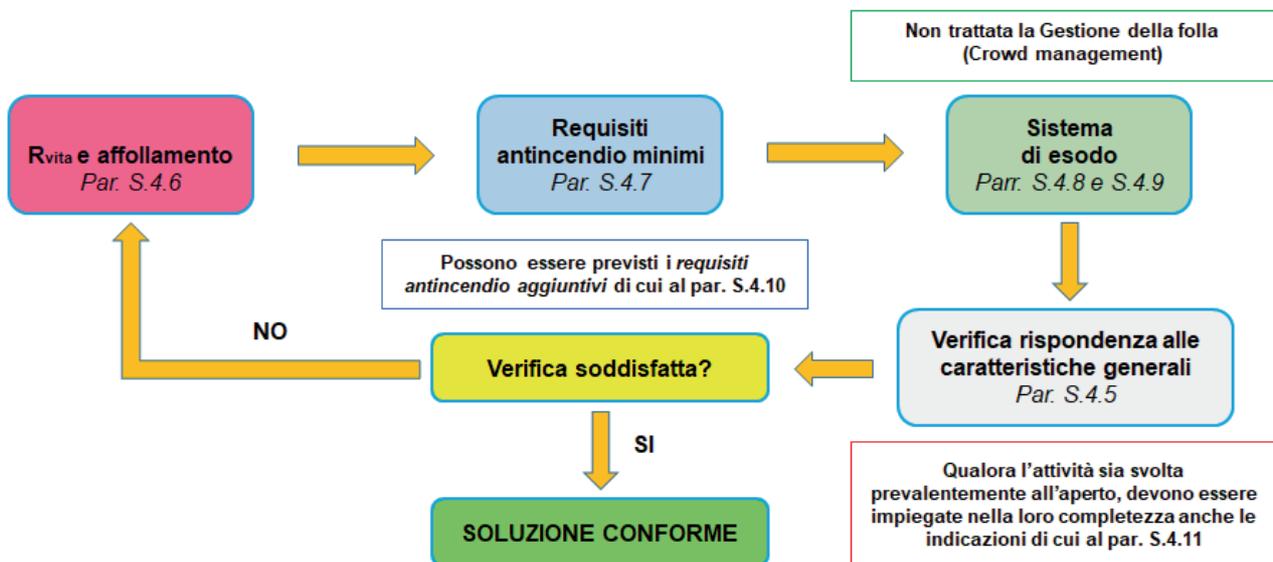
Essendo questo il livello minimo da garantire per tutte le attività, non sono previste particolari soluzioni conformi e si procede con la progettazione del sistema di esodo come da RTO.

La RTV Autorimesse, fatta eccezione per i compartimenti destinati ad autosilo, per quanto riguarda il capitolo della misura antincendio S.4, non prescrive indicazioni complementari o sostitutive, pertanto per questa misura si seguono le indicazioni della RTO.

S.4.4 Soluzioni progettuali

S.4.4.1 Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

Come nel caso studio precedente, si può schematizzare la procedura descritta nel grafico seguente:



S.4.6 Dati di ingresso per la progettazione del sistema di esodo

Il par. S.4.5 "Caratteristiche del sistema d'esodo", secondo la logica del grafico, sarà affrontato al termine dell'esame del par. S.4.10, anche se è fondamentale tenere bene in mente i suoi contenuti.

La progettazione del sistema d'esodo prevede, per prima cosa, la definizione dei dati di ingresso per ciascun compartimento.

S.4.6.1 Profilo di rischio R_{vita} di riferimento

Ciascun componente del sistema d'esodo è stato dimensionato in funzione del profilo di rischio R_{vita} del compartimento costituente l'autorimesse che, come detto, risulta di tipo A2.

S.4.6.2 Affollamento

La RTO individua l'indice di affollamento massimo di ciascun locale nella tab. S.4-13; per l'autorimessa in esame, di tipo privato, l'indice di affollamento è pari a 1 (persona per veicolo parchato²⁴). Conseguentemente, l'affollamento massimo risulta essere pari a:

$$1 \times 400 \text{ autoveicoli} = 400 \text{ (per l'intero compartimento)}$$

Il responsabile dell'attività si impegna a rispettare il numero massimo di veicoli parcabili da progetto per ogni ambito e in ogni condizione di esercizio dell'attività, adottando appropriate misure gestionali da inglobare nella GSA (Cap. S.5).

S.4.7 Requisiti antincendio minimi per l'esodo

Il numero minimo di vie d'esodo verticali e orizzontali per ciascun ambito dell'attività è stato determinato in relazione ai vincoli imposti dal par. S.4.8.1 per il numero minimo di vie d'esodo e dal par. S.4.8.2 per l'ammissibilità dei corridoi ciechi.

Le scale e le rampe che costituiscono vie d'esodo verticali sono protette da vani con resistenza al fuoco R/REI 60, con chiusure dei varchi di comunicazione E 60-Sa.

S.4.8 Progettazione del sistema d'esodo

La lunghezza del corridoio cieco e la lunghezza d'esodo, valutate dal punto in cui si trova ciascun occupante, si calcoleranno dall'interno di ciascun locale o dal punto più sfavorito dell'autorimessa.

Il sistema d'esodo è stato dimensionato in modo da consentire agli occupanti di abbandonare il compartimento di primo innesco e raggiungere un luogo sicuro, anche temporaneo, prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell'attività dove si trovano.

S.4.8.1 Vie d'esodo ed uscite indipendenti

Le *vie d'esodo* o *uscite* si definiscono indipendenti quando viene minimizzata la probabilità che possano essere contemporaneamente rese indisponibili dagli effetti dell'incendio.

S.4.8.1.1 Numero minimo di vie d'esodo indipendenti

Al fine di limitare la probabilità che l'esodo degli occupanti sia impedito dall'incendio, devono essere previste almeno due vie d'esodo indipendenti.

È ammessa la presenza di corridoi ciechi secondo le prescrizioni del par. S.4.8.2.

S.4.8.1.2 Numero minimo di uscite indipendenti

Al fine di limitare la probabilità che si sviluppi sovraffollamento localizzato alle uscite, da ciascun locale o spazio a cielo libero dell'attività il numero minimo di uscite indipendenti è stato previsto facendo riferimento alla tab. S.4-15 seguente in funzione del profilo di rischio R_{vita} e dell'affollamento dell'ambito servito:

R_{vita}	Affollamento dell'ambito servito	Numero minimo uscite indipendenti
Qualsiasi	> 500 occupanti	3
B1 [1], B2 [1], B3 [1]	> 150 occupanti	
Altri casi		2
Se ammesso corridoio cieco secondo le prescrizioni del paragrafo S.4.8.2.		1
[1] Ambiti con densità d'affollamento > 0,4 p/m ²		

TAB. S.4-15: NUMERO MINIMO DI USCITE INDIPENDENTI DA LOCALE O SPAZIO A CIELO LIBERO

Conseguentemente il numero minimo di vie d'esodo indipendenti è pari a 2.

S.4.8.1.3 Determinazione dell'indipendenza tra vie d'esodo orizzontali e tra uscite

Tutte le uscite si considerano tra loro indipendenti, in quanto l'angolo formato dai percorsi rettilinei è maggiore o uguale a 45 gradi (par. S.4.8.1.3), e dove invece risulta minore di 45 gradi, forma dei corridoi ciechi che rispettano le condizioni di ammissibilità e la lunghezza massima descritta al punto successivo.

²⁴ Nella versione originaria del Codice (d.m. 3 agosto 2015) tale indice era pari a 2

S.4.8.1.4 Determinazione dell'indipendenza tra vie d'esodo verticali

Le vie d'esodo verticali, inserite in compartimenti distinti, si considerano indipendenti (par. S.4.8.1.4).

S.4.8.2 Corridoi ciechi

I corridoi ciechi sono stati individuati (vedi fig. seguente) nell'autolavaggio al piano terra (18,30 m) e nei box al primo piano (9,70 m).

In base a $R_{vita} = A2$ e all'affollamento complessivo degli ambiti serviti dal corridoio cieco che risulta minore di 100 occupanti, la lunghezza massima del corridoio cieco è 30 m, secondo quanto previsto dalla tab. S.4-18:

R_{vita}	Max affollamento	Max lunghezza L_{cc}	R_{vita}	Max affollamento	Max lunghezza L_{cc}
A1	≤ 100 occupanti	≤ 45 m	B1, E1	≤ 50 occupanti	≤ 25 m
A2		≤ 30 m	B2, E2		≤ 20 m
A3		≤ 15 m	B3, E3		≤ 15 m
A4	≤ 50 occupanti	≤ 10 m	Cii1, Ciii1		≤ 20 m
D1		≤ 20 m	Cii2, Ciii2		≤ 15 m
D2		≤ 15 m	Cii3, Ciii3		≤ 10 m

I valori delle massime lunghezze di corridoio cieco di riferimento L_{cc} possono essere incrementati in relazione a requisiti antincendio aggiuntivi, secondo la metodologia del paragrafo S.4.10.

TAB. S.4-18: CONDIZIONI PER IL CORRIDOIO CIECO

Nelle condizioni previste, i valori massimi delle lunghezze dei corridoi ciechi sono sempre rispettati, pertanto non occorre effettuare ulteriori interventi.

S.4.8.3 Lunghezze d'esodo

Al fine di limitare il tempo necessario agli occupanti per abbandonare il compartimento di primo innesco, almeno una delle lunghezze d'esodo determinate da qualsiasi punto dell'attività non deve superare i valori massimi L_{es} della tab. S.4-25 in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento:

R_{vita}	Max lunghezza d'esodo L_{es}	R_{vita}	Max lunghezza d'esodo L_{es}
A1	≤ 70 m	B1, E1	≤ 60 m
A2	≤ 60 m	B2, E2	≤ 50 m
A3	≤ 45 m	B3, E3	≤ 40 m
A4	≤ 30 m	Cii1, Ciii1	≤ 40 m
D1	≤ 30 m	Cii2, Ciii2	≤ 30 m
D2	≤ 20 m	Cii3, Ciii3	≤ 20 m

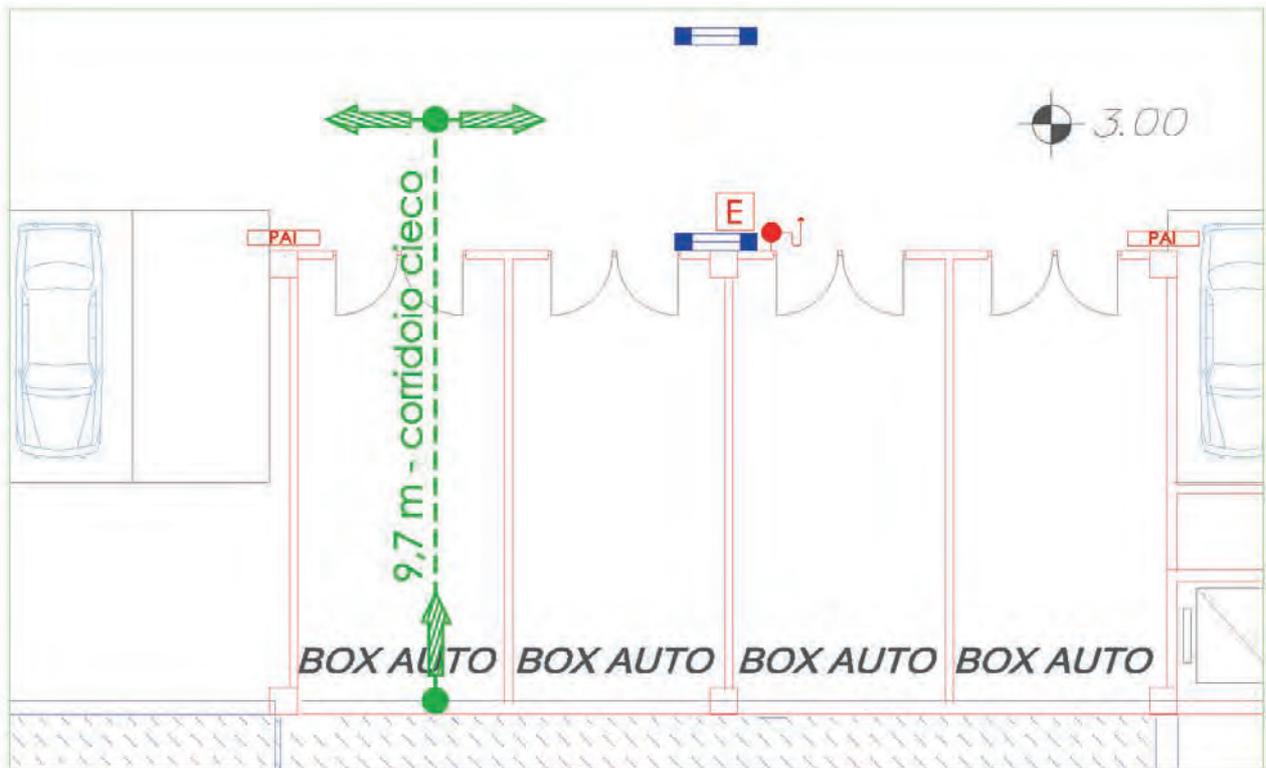
I valori delle massime lunghezze d'esodo di riferimento possono essere incrementati in relazione a requisiti antincendio aggiuntivi, secondo la metodologia del paragrafo S.4.10.

TABELLA S.4-25: MASSIME LUNGHEZZE D'ESODO

Conseguentemente, la lunghezza massima di esodo è ≤ 60 m.

Sono state omesse dalla verifica della lunghezza d'esodo le scale interne a prova di fumo e le scale esterne, vedi par. S.4.8.3.3.

Valutazione della lunghezza dei corridoi ciechi



CORRIDOI CIECHI INDIVIDUATI (AL PIANO TERRA E AL PRIMO PIANO)

S.4.8.4 Altezza delle vie d'esodo

L'altezza minima delle vie di esodo è pari a 2,20 m (sottotrave).

S.4.8.5 Larghezza delle vie d'esodo

La larghezza delle vie di esodo è la minima misurata, dal piano di calpestio fino all'altezza di 2 m, al netto dell'ingombro di eventuali elementi sporgenti con esclusione degli estintori.

Tra gli elementi sporgenti non sono da considerarsi i corrimano e i dispositivi di apertura delle porte con sporgenza ≤ 80 mm.

Dopo aver individuato le condizioni più gravose per i componenti del sistema d'esodo tramite la verifica di ridondanza prevista al par. S.4.8.6, si determina la larghezza minima delle vie d'esodo come previsto ai parr. S.4.8.7, S.4.8.8 e S.4.8.9.

S.4.8.6 Verifica di ridondanza delle vie d'esodo

La verifica risulta positiva; inoltre, le vie d'esodo a prova di fumo aventi le caratteristiche di filtro sono considerate sempre disponibili e non devono essere sottoposte a verifica di ridondanza (par. S.4.8.6.3).

S.4.8.7 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali

La larghezza minima L_0 delle vie d'esodo orizzontali (es.: corridoio, porta, uscita, ecc.), che consente il regolare esodo degli occupanti che la impiegano, è calcolata come segue:

$$L_0 = L_u \cdot n_0$$

dove:

- L_0 è la larghezza minima della via d'esodo orizzontale (mm);
- L_u è la larghezza unitaria per le vie d'esodo orizzontali in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento, determinata dalla tabella S.4-27 (mm/persona);
- n_0 è il numero degli occupanti che impiegano tale via di esodo orizzontale, nelle condizioni d'esodo più gravose (par. S.4.8.6).

La larghezza L_0 può essere suddivisa tra più percorsi (par. S.4.8.7.2).

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	B3, C3, D2, E3	6,20	180 s
A4	12,30	90 s	-	-	-

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

TABELLA S.4-27: LARGHEZZE UNITARIE PER VIE D'ESODO ORIZZONTALI

In base alla tab. S.4-27, in funzione di $R_{vita} = A2$, si avrà $L_u = 3,80$ mm/persona.

La larghezza minima delle vie di esodo orizzontali si calcola per il caso più sfavorevole.

Si considera quindi $n_0 = 400^{25}$, ovvero gli occupanti dell'intero compartimento, ottenendo:

$$L_0 = L_u \cdot n_0 = 3,80 \cdot 400 = 1520 \text{ mm}$$

Per rispettare la lunghezza massima di esodo, precedentemente indicata in 60 m, e la lunghezza massima di corridoio cieco pari a 30 m sono comunque necessarie due uscite.

La *verifica di ridondanza*, ipotizzando che una delle vie d'esodo sia resa indisponibile, fornisce in tutti i casi valori inferiori alla dimensione minima indicata dalla RTO, dato l'affollamento dell'ambito servito $>$ di 300 occupanti, pari almeno a 1000 mm, vedi tab. S.4-28.

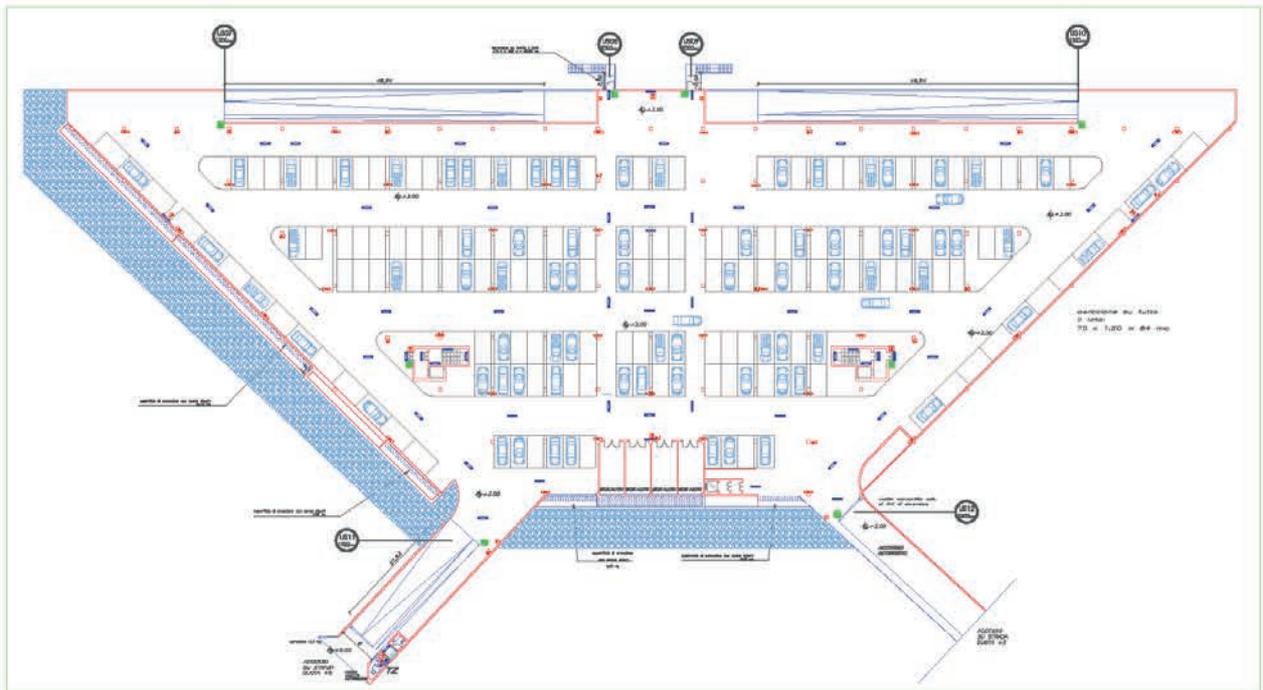
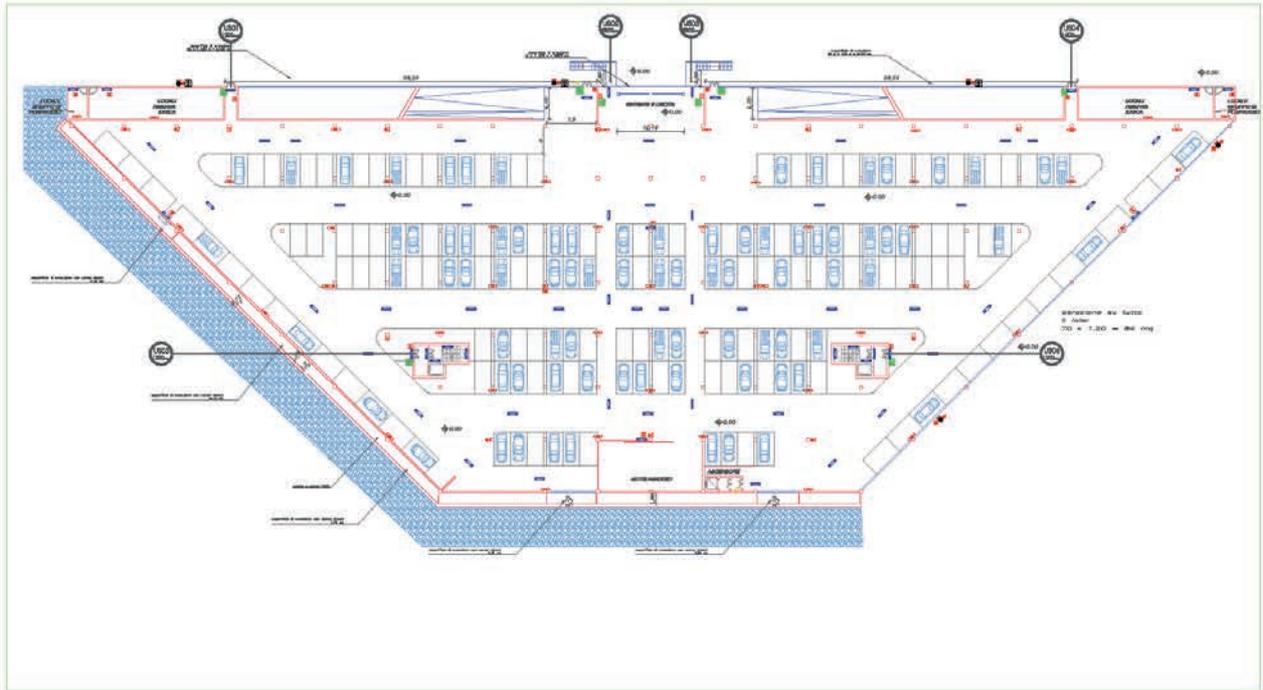
²⁵ In realtà, in ambo i livelli dell'autorimessa sono presenti 200 occupanti che non hanno motivo di andare all'altro livello; tuttavia, si è adottata, in favore di sicurezza, la modalità indicata

Larghezza	Criterio
≥ 1200 mm	Affollamento dell'ambito servito > 1000 occupanti
≥ 1000 mm	Affollamento dell'ambito servito > 300 occupanti
≥ 900 mm	Affollamento dell'ambito servito ≤ 300 occupanti Larghezza adatta anche a coloro che impiegano ausili per il movimento
≥ 800 mm	Varchi da ambito servito con affollamento ≤ 50 occupanti
≥ 700 mm	Varchi da ambito servito con affollamento ≤ 10 occupanti (es. singoli uffici, camere d'albergo, locali di abitazione, appartamenti, ...)
≥ 600 mm	Ambito servito ove vi sia esclusiva presenza di personale specificamente formato, oppure occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti (es. locali impianti o di servizio, piccoli depositi, ...).
L'affollamento dell'ambito servito corrisponde al totale degli occupanti che impiegano ciascuna delle vie d'esodo che si dipartono da tale ambito.	

TAB. S.4-28: LARGHEZZE MINIME PER VIE D'ESODO ORIZZONTALI

Pertanto, sono state realizzate (vedi figg. seguenti):

- al piano terra:
 - quattro uscite da 1200 mm, di cui due verso le scale interne (US05 e US06) e due verso l'esterno (US01 e US04);
 - due uscite da 2800 mm (US02 e US03).
- al piano primo:
 - quattro uscite da 1200 mm, di cui quattro su spazio scoperto, tramite percorsi pedonali, lungo le rampe di accesso (US07, US10, US11 e US12);
 - due uscite da 1200 mm verso le scale esterne (US08 e US09).



DISPOSIZIONE DELLE USCITE DALL'AUTORIMESSA (AL PIANO TERRA E AL PIANO PRIMO)

S.4.8.8 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo verticali

S.4.8.8.1 Calcolo in caso di esodo simultaneo

Applicando la procedura di esodo simultaneo, le vie d'esodo verticali devono essere in grado di consentire l'esodo contemporaneo di tutti gli occupanti in esodo da tutti i piani serviti.

La larghezza L_v è calcolata come segue:

$$L_v = L_u \cdot n_v$$

dove:

- L_v = larghezza minima della via d'esodo verticale (mm);
- L_u = larghezza unitaria determinata dalla tab. S.4-29 in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento e del numero totale dei piani serviti dalla via d'esodo verticale (mm/persona);
- n_v = numero totale degli occupanti che impiegano tale via d'esodo verticale, provenienti da tutti i piani serviti, nelle condizioni d'esodo più gravose (par. S.4.8.6).

La larghezza L_v può essere suddivisa tra più percorsi (par. S.4.8.8.2).

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

I valori delle larghezze unitarie sono espressi in mm/persona ed assicurano una durata dell'attesa in coda, per gli occupanti che impiegano la specifica via d'esodo, non superiore a Δt_{coda} .
I valori delle larghezze unitarie devono essere incrementati per le *scale* secondo le indicazioni della tabella S.4-30, oppure per le *rampe* secondo le indicazioni della tabella Tabella S.4-31.
[F] Impiegato anche nell'esodo *per fasi*

TAB. 4-29: LARGHEZZE UNITARIE PER VIE D'ESODO VERTICALI

Per le scale interne a prova di fumo, considerando n_v come somma degli occupanti che impiegano tale via d'esodo nel caso più sfavorevole, si ha $n_v = 400$, ovvero il numero totale degli occupanti dell'intero ambito servito, ottenendo:

$$L_v = L_u \cdot n_v = 4,00 \cdot 400 = 1600 \text{ mm}$$

Analogamente, per le scale esterna al piano primo si ha:

$$L_v = L_u \cdot n_v = 4,55 \cdot 200 = 910 \text{ mm}$$

I gradini delle scale presentano alzata pari a 16 cm e pedata pari a 32 cm e le rampe presentano pendenza inferiore all'8%, in maniera da non richiedere l'incremento della larghezza unitaria L_u (vedi tabb. S.4-29, S.4-30 e S.4-31).

La RTO, vedi tab. S.4-32 seguente, prevede che L_v debba essere:

- almeno 1000 mm, per la scala interna a prova di fumo di ciascun compartimento, al piano terra e al piano primo, dato l'affollamento dell'ambito maggiore di 300 occupanti (somma occupanti dei piani collegati dalla scala);
- almeno 900 mm, per la scala esterna di ciascun compartimento al piano primo, dato l'affollamento dell'ambito minore di 300 occupanti (occupanti del solo piano primo).

Larghezza	Criterio
≥ 1200 mm	Affollamento dell'ambito servito > 1000 occupanti
≥ 1000 mm	Affollamento dell'ambito servito > 300 occupanti
≥ 900 mm	Affollamento dell'ambito servito ≤ 300 occupanti
≥ 600 mm	Ambito servito ove vi sia esclusiva presenza di personale specificamente formato, oppure occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti (es. locali impianti o di servizio, piccoli depositi, ...).
L'affollamento dell'ambito servito corrisponde al totale degli occupanti che impiegano ciascuna delle vie d'esodo che si dipartono da tale ambito.	

TAB. S.4-32: LARGHEZZE MINIME PER VIE D'ESODO VERTICALI

In definitiva, saranno collocate:

- al piano terra, due scale interne a prova di fumo con larghezza pari a 1200 mm;
- al piano primo, due scale esterne con larghezza pari a 1200 mm e tre rampe con pendenza inferiore all'8% (vedi anche vedi par. S.4.5.6 e tab. S.4-31).

S.4.8.9 Calcolo della larghezza minima delle uscite finali

La larghezza minima dell'uscita finale L_F , che consente il regolare esodo degli occupanti provenienti da vie d'esodo orizzontali o verticali, è stata calcolata come segue:

$$L_F = \sum_i L_{O,i} + \sum_j L_{V,j}$$

dove:

- L_F larghezza minima dell'uscita finale (mm);
- $L_{O,i}$ larghezza della i -esima via d'esodo orizzontale che adduce all'uscita finale, come calcolata con l'equazione S.4-1 (mm);
- $L_{V,j}$ larghezza della j -esima via d'esodo verticale che adduce all'uscita finale, calcolata nel caso di esodo simultaneo.

La larghezza L_F può essere suddivisa tra più percorsi e la larghezza di ciascun percorso deve rispettare i criteri della tabella S.4-28.

Nell'autorimessa in esame, considerando le scale interne, la larghezza minima dell'uscita finale risulta:

$$L_F = 1520 + 1600 = 3120 \text{ mm}$$

La larghezza di ciascuna delle uscite finali, peraltro, dovrà essere di almeno 1000 mm, in accordo con le prescrizioni della tab. S.4-28, per affollamenti degli ambiti serviti > 300 occupanti, fermo restando che la somma di tali larghezze deve essere superiore al valore calcolato di L_F , cosa ampiamente verificata nel caso in questione.

Si segnala che qualora le scale, al piano di riferimento, non avessero uscita diretta verso luogo sicuro ma, ad esempio, in un atrio comune ricevente il deflusso dai piani posti ai livelli superiori, adibiti ad uffici, nel calcolo di L_F relativa alle uscite "in comune", andrà considerata la somma degli afflussi dall'autorimessa e dagli uffici.

S.4.9 Eliminazione o superamento delle barriere architettoniche per l'esodo

Nell'autorimessa non è prevedibile la presenza, se non occasionale, di occupanti privi di sufficienti abilità per raggiungere autonomamente un luogo sicuro tramite le vie d'esodo verticali (par. S.4.9.1). Sono previsti appositi spazi calmi (par. S.4.9.1) all'interno dei vani scala a prova di fumo.

S.4.5 Caratteristiche del sistema d'esodo

S.4.5.3 Vie d'esodo

Le rampe a servizio dell'autorimessa presentano pendenza inferiore al 8%.
Le pavimentazioni delle vie di esodo non hanno superfici sdruciolevoli.

Il fumo e il calore dell'incendio, smaltiti o evacuati dall'attività, non interferiscono con le vie d'esodo, in quanto essi vengono convogliati direttamente verso l'esterno essendo il sistema di aerazione naturale costituito da aperture perimetrali.

S.4.5.3.2 Vie d'esodo a prova di fumo

Le scale d'esodo a prova di fumo e i vani corsa degli ascensori a prova di fumo sono inseriti in vani a prova di fumo ad essi esclusivamente dedicati.

La scala d'esodo a prova di fumo interna conduce in un luogo sicuro tramite percorso a prova di fumo ubicato al piano superiore degli uffici.

S.4.5.3.3 Vie d'esodo esterne

Le scale d'esodo esterne al piano primo sono completamente esterne all'attività e conducono direttamente in luogo sicuro.

Inoltre, durante l'esodo, gli occupanti non devono essere soggetti ad irraggiamento dovuto all'incendio superiore a 2,50 kW/m² e non devono essere investiti da prodotti della combustione.

Le scale esterne sono collegate alle rispettive porte di piano tramite passerelle in acciaio (materiale incombustibile), le quali risultano protette dall'incendio tramite l'adozione di pareti con resistenza al fuoco R60 con un'area di influenza pari alla proiezione del piano di calpestio della passerella con un offset di 1,80 m. Inoltre, le scale esterne sono distanziate 2,50 m dalla parete perimetrale, come previsto dalla tab. S.4-5: "Criteri per la realizzazione di vie d'esodo esterne orizzontali".

S.4.5.6 Rampe d'esodo

In corrispondenza di accessi o uscite, le rampe d'esodo prevedono pianerottoli di dimensioni pari almeno alla larghezza complessiva del varco.

S.4.5.7 Porte lungo le vie d'esodo

Le porte installate lungo le vie d'esodo sono facilmente identificabili ed apribili da parte di tutti gli occupanti.

L'apertura delle porte non ostacola il deflusso degli occupanti lungo le vie d'esodo.

Le porte si aprono su aree piane orizzontali, di profondità almeno pari alla larghezza complessiva del varco.

S.4.5.7.1 Porte ad apertura manuale

Al fine di consentire l'affidabile, immediata e semplice apertura delle porte ad apertura manuale in condizioni di elevata densità di affollamento, ciascuna porta possiede i requisiti della tab. S.4-6 in funzione delle caratteristiche dell'ambito servito e del numero di occupanti dell'ambito che impiegano tale porta nella condizione di esodo più gravosa:

Ambito servito	Caratteristiche della porta		
	Occupanti serviti [1]	Verso di apertura	Dispositivo di apertura
Ambiti dell'attività non aperti al pubblico	n > 50 occupanti	Nel senso dell'esodo [2]	UNI EN 1125 [3]
Ambiti dell'attività aperti al pubblico	n > 25 occupanti		
Aree a rischio specifico	n > 10 occupanti		UNI EN 179 [3] [4]
	n > 5 occupanti		
Altri casi	Secondo risultanze della valutazione del rischio [5]		

TAB. S.4-6: CARATTERISTICHE DELLE PORTE AD APERTURA MANUALE LUNGO LE VIE D'ESODO

Essendo l'autorimessa con numero di occupanti serviti superiore a 50, tutte le porte sono dotate di dispositivo di apertura UNI EN 1125 e hanno verso di apertura nel senso dell'esodo.

S.4.5.8 Uscite finali

Le uscite finali devono essere contrassegnate sul lato verso luogo sicuro con segnale UNI EN ISO 7010-M001, riportante il messaggio “Uscita di emergenza, lasciare libero il passaggio” come riportato nell’illustrazione S.4-2:



ESEMPIO DI SEGNALE PER USCITA FINALE

S.4.5.9 Segnaletica d’esodo ed orientamento

Nella struttura saranno osservate le disposizioni sulla segnaletica di sicurezza di cui al d.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i. e quanto prescritto dall’art.17 del d.p.r. 24 luglio 1996, n. 503 in materia di eliminazione delle barriere architettoniche.

Le caratteristiche cromatiche e fotocromatiche dei materiali saranno conformi alle norme UNI di buona tecnica che regolano la materia.

I cartelli necessari saranno sistemati tenendo conto di eventuali ostacoli, ad un’altezza e in una posizione appropriata rispetto all’angolo di visuale.

In caso di cattiva illuminazione naturale si utilizzano colori fosforescenti e/o materiali riflettenti e, in prossimità delle vie d’uscita e delle scale, nonché al loro interno, è prevista l’illuminazione artificiale con lampade autonome provviste di mascherina verde con l’indicazione del percorso da seguire, poste, ove possibile, sopra il limite superiore delle porte.

A titolo indicativo si riportano i cartelli necessari e ritenuti minimi indispensabili con la loro ubicazione:

			
IDRANTE COLONNA CON ATTACCO VV.F.	ESTINTORE	IDRANTE A MURO IN CASSETTA ANTINCENDIO	NASPO
All'esterno	All'interno	All'esterno e/o all'interno	All'esterno e/o all'interno
			
	VALVOLA MANUALE INTERCETTAZIONE GAS	INTERRUTTORE ELETTRICO GENERALE	ASCENSORE
	All'esterno	A fianco dei pannelli elettrici di settore	A lato della porta di accesso
			
ASCENSORE	DIVIETO	DIVIETO	IMPIANTO ELETTRICO
A lato del pannello elettrico	In tutti i locali dove non è consentito	In tutti i locali dove non è consentito e a fianco dei pannelli e/o apparecchiature elettriche e/o elettroniche	All'esterno in posizione visibile lungo il tracciato interrato

CARTELLONISTICA UTILIZZABILE ALL'INTERNO DELL'ATTIVITÀ



CARTELLONISTICA UTILIZZABILE ALL'INTERNO DELL'ATTIVITÀ

Ad ogni piano è installata una planimetria semplificata correttamente orientata, in cui è indicata la posizione del lettore (es.: "Voi siete qui") ed il layout del sistema d'esodo, con l'applicazione delle indicazioni contenute nella norma ISO 23601 "Identificazione di sicurezza - Planimetrie per l'emergenza".

S.4.5.10 Illuminazione di sicurezza

Lungo le vie d'esodo è installato un impianto di illuminazione di sicurezza secondo la norma UNI EN 1838, in quanto l'illuminazione può risultare anche occasionalmente insufficiente a consentire l'esodo degli occupanti. L'attività può essere esercitata anche in orari pomeridiani e notturni; parte delle pareti perimetrali sono contro terra, quindi l'illuminazione naturale risulta scarsa.

Durante l'esodo, l'impianto di illuminazione di sicurezza assicura un illuminamento orizzontale al suolo sufficiente a consentire l'esodo degli occupanti in conformità alle indicazioni della norma UNI EN 1838 e comunque ≥ 1 lx lungo la linea centrale della via d'esodo.

L'impianto di sicurezza deve soddisfare anche i requisiti previsti nel Cap. S.10.

Considerazioni a commento

❖ *Riepilogo sintetico del caso studio*

Il caso trattato in questo esempio (2 A), insieme a quello del caso successivo (2 B), costituisce un'ipotesi di adeguamento, in soluzione conforme, della medesima attività (autorimessa).

La scelta di presentare la trattazione fornendo due possibili soluzioni, consistenti nella diversa configurazione della compartimentazione evidenzia, ancora una volta, l'estrema flessibilità e adattabilità dello strumento regolamentare pur nel rispetto dell'obiettivo di sicurezza antincendio.

L'autorimessa del caso studio 2 A è costituita da due livelli a quote 0 (piano terra) e +3 m (piano primo), con superficie pari a circa 6800 m² ciascuno, a servizio di un sovrastante edificio adibito ad uffici.

L'autorimessa costituisce un unico compartimento autonomo.

❖ *Commento dei risultati*

Nonostante la presenza di un'attività costituita da un unico compartimento, di superficie complessiva pari a circa 13000 m², le previsioni della soluzione conforme del Codice di inserire in compartimenti autonomi con caratteristiche di filtro le vie di esodo verticali (vano scala), ha consentito di poter verificare le lunghezze di esodo massime e dei corridoi ciechi legate, entrambe, al profilo di rischio R_{vita} dell'attività.

Caso studio 2 B: esodo da una autorimessa

Premessa

Rinviando alla premessa del caso 2 A, si illustra il caso 2 B relativo alla medesima autorimessa, stavolta progettata in maniera da suddividere ciascuno dei piani in due compartimenti.

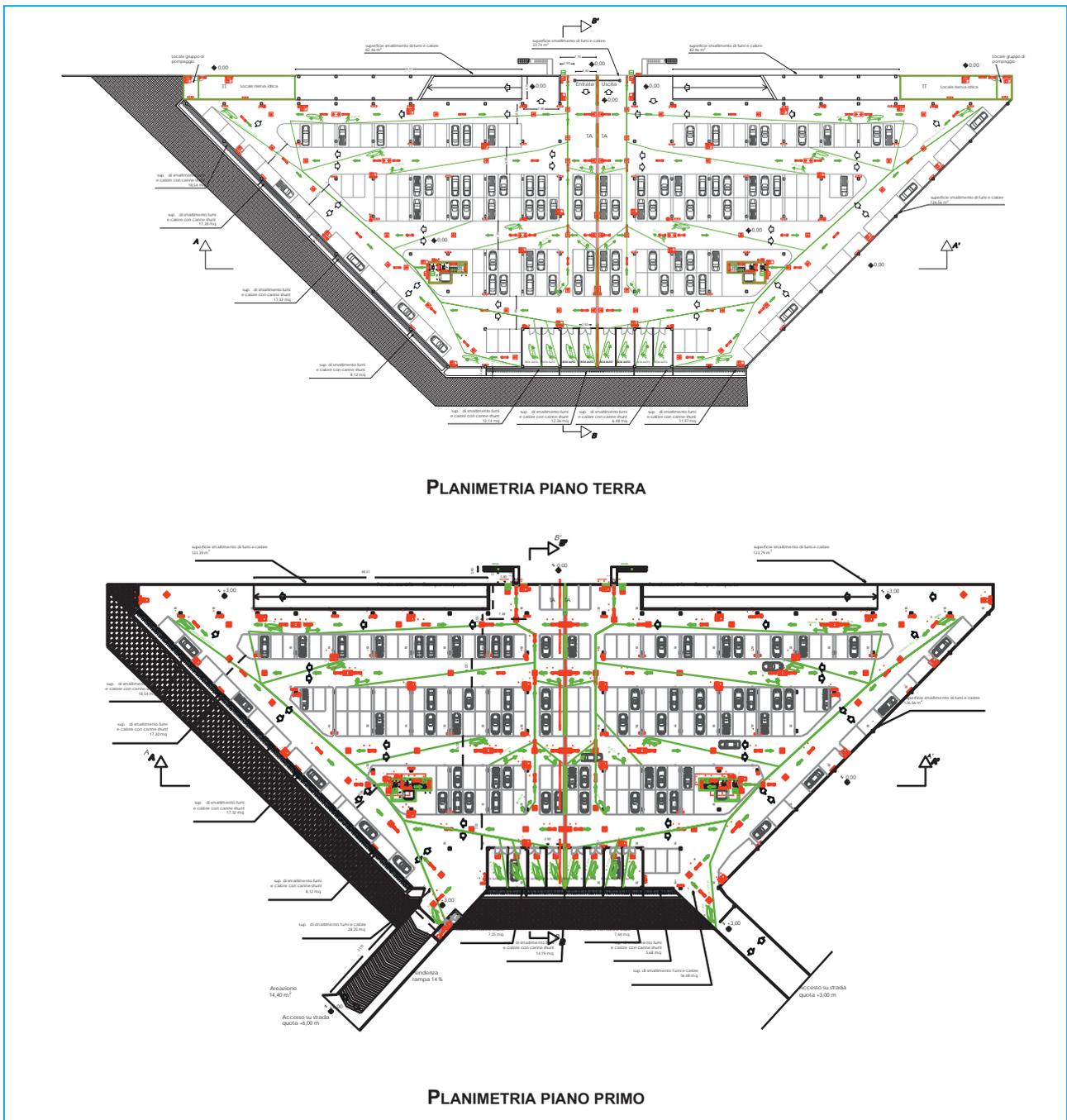
Descrizione

L'autorimessa è costituita da due livelli a quote 0 e +3 m, occupa una superficie totale di circa 14600 m², a servizio di un sovrastante edificio adibito ad uffici.

L'autorimessa è suddivisa in due compartimenti per piano (1 e 2 al piano terra e 3 e 4 al piano primo):

Piano terra: compartimento 1 → 3498 m² (93 posti auto); compartimento 2 → 3498 m² (93 posti auto)
 Piano primo: compartimento 3 → 3693 m² (97 posti auto); compartimento 4 → 3668 m² (98 posti auto)

Per gli ulteriori aspetti architettonici si rimanda al precedente caso studio.



Contestualizzazione dell'attività in relazione alla prevenzione incendi

Trattasi di attività classificata al punto 75.4.C dell'Allegato I del d.p.r. 1 agosto 2011 n. 151: "Autorimesse pubbliche e private, parcheggi pluriplano e meccanizzati, con superficie superiore a 3000 m²".

Riferimenti normativi

- d.m. 3 agosto 2015 - "Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del d.lgs. 8 marzo 2006, n. 139" - Aggiornamento d.m. 18 ottobre 2019, come aggiornata dai decreti 14 febbraio 2020 e 6 aprile 2020 per la sezione V.

Studio della problematica antincendio

Ci si propone, nell'ambito generale della progettazione antincendio dell'attività, di focalizzare l'attenzione sul sistema d'esodo.

Obiettivi dello studio

La seguente esposizione è redatta secondo l'Allegato I del d.m. 18 ottobre 2019; nello specifico essa rispetta:

- la Regola Tecnica Verticale (RTV) - Autorimesse (d.m. 15 maggio 2020)

RTV V.6 Autorimesse

V.6.1 Scopo e campo di applicazione

Disposizioni di prevenzione incendi riguardanti autorimesse con superficie complessiva superiore a 300 m².

V.6.2 Classificazioni

Ai sensi della RTV, l'autorimessa in esame viene classificata come segue:

- in relazione alle caratteristiche prevalenti degli occupanti: → SA;
- in relazione alla superficie di ciascun compartimento: $1000 \text{ m}^2 < A \leq 5000 \text{ m}^2$ → AB

Piano terra²⁶: compartimento 1 → 3498 m²; compartimento 2 → 3498 m²
 Piano primo: compartimento 3 → 3693 m²; compartimento 4 → 3668 m²



- in relazione alla quota di tutti i piani h : $-1 \text{ m} < h \leq 6 \text{ m}$ → HA.

²⁶ al netto delle aree TT pari a 252 m²

Le aree dell'attività sono classificate come segue:

- TA: aree dedicate al ricovero, sosta e manovra dei veicoli;
- TZ: aree destinate ai servizi annessi all'autorimessa con superficie non superiore al 20% del totale e devono essere collocati a quota superiore a -6 m: nel progetto è presente una guardiania di superficie di 19,30 m², posta a quota +3 m;
- TT: locali tecnici rilevanti ai fini della sicurezza antincendio; (al piano terra sono presenti il locale pompe e il locale riserva idrica, entrambi accessibili dall'esterno).

V.6.4 Profili di rischio

Vedi caso studio precedente:

Profilo di rischio R_{vita}

Il profilo di rischio R_{vita} è attribuito per ciascun compartimento in base ai seguenti fattori:

- δ_{occ} : caratteristiche prevalenti degli occupanti che si trovano nel compartimento antincendio;
- t_a : tempo, in s, impiegato dalla potenza termica per raggiungere il valore di 1000 Kw;
- δ_a : velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio riferita al tempo.

I fattori appena definiti si individuano tramite le tabb. G.3-1, G.3-2 e G.3-3 che forniscono rispettivamente:

- δ_{occ} : A
- t_a : 300²⁷
- δ_a : 2

Pertanto, si avrà $R_{vita} = A2$ per tutti e quattro i compartimenti.

Profilo di rischio R_{beni}

Come di prassi, per determinare il profilo di rischio si fa riferimento alla tab. G.3-5; l'autorimessa non essendo costruzione strategica, non costituisce opera vincolata, quindi risulta $R_{beni} = 1$.

Profili di rischio $R_{ambiente}$

Tale indicatore risulta non significativo ai fini della valutazione del rischio (par. G.3.4.3).

Attribuzione dei livelli di prestazione

Reazione al fuoco	Livello II di prestazione (parr. S.1.3, S.1.4.1 e V.6.5.1)
Resistenza al fuoco	Livello III di prestazione (parr. S.2.3, S.2.4.3 e V.6.5.2)
Compartimentazione	Livello II di prestazione (parr. S.3.3, S.3.4.1 e V.6.5.3)
Esodo	Livello I di prestazione (parr. S.4.3 e S.4.4.1)
Gestione della sicurezza antincendio	Livello I di prestazione (parr. S.5.3, S.5.4.1 e V.6.5.5)
Controllo dell'incendio	Livello III di prestazione (parr. S.6.3, S.6.4.2 e V.6.5.6) Rete di Idranti (UNI 10779)
Rivelazione ed allarme	Livello II di prestazione (parr. S.7.3 e S.7.4.2) Impianto IRAI (UNI 9795)
Controllo di fumi e calore	Livello II di prestazione (parr. S.8.3, S.8.4.1. e V.6.5.7)
Operatività antincendio	Livello II di prestazione (parr. S.9.3 e S.9.4.1)
Sicurezza degli impianti tecnologici	Livello I di prestazione (parr. S.10.3, S.10.4.1 e V.6.5.8)

Segue una sintetica illustrazione delle misure della strategia antincendio applicate, eccettuata la misura antincendio S.4, di cui si tratterà ampiamente nel paragrafo a essa dedicato.

²⁷ Vedi analogo osservazione al precedente caso studio

V.6.5 Strategia antincendio (sintesi delle varie misure antincendio)

Devono essere applicate tutte le misure antincendio della RTO, attribuendo i livelli di prestazione secondo i criteri in essa definiti.

La RTV specifica fornisce indicazioni complementari o sostitutive delle soluzioni conformi previste dai corrispondenti livelli di prestazione della RTO (ma non limita, in nessun caso, il ricorso a soluzioni alternative).

Misura	Sintesi di adeguamento																																			
S1 Reazione al fuoco	Vedi caso studio precedente.																																			
S2 Resistenza al fuoco	<p>Livello di prestazione = III secondo i criteri di attribuzione della RTO.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Compartimento</th> <th>Superficie (m²)</th> <th>q_f (MJ/m²)</th> <th>δ_{q1}</th> <th>δ_{q2}</th> <th>δ_n</th> <th>q_{f,d} (MJ/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 (Piano terra)</td> <td>3498</td> <td>199,40</td> <td>1,60</td> <td>0,80</td> <td>0,90</td> <td>229,71</td> </tr> <tr> <td>2 (Piano terra)</td> <td>3498</td> <td>199,40</td> <td>1,60</td> <td>0,80</td> <td>0,90</td> <td>229,71</td> </tr> <tr> <td>3 (Piano primo)</td> <td>3693</td> <td>196,99</td> <td>1,60</td> <td>0,80</td> <td>0,90</td> <td>226,93</td> </tr> <tr> <td>4 (Piano primo)</td> <td>3668</td> <td>200,38</td> <td>1,60</td> <td>0,80</td> <td>0,90</td> <td>230,84</td> </tr> </tbody> </table> <p>In base ai valori q_{f,d} individuati si ricaverrebbe, dalla tab. S.2-3, R15 come classe minima di resistenza al fuoco per tutti i compartimenti, ai sensi della RTO. Tuttavia, ai sensi della RTV, la resistenza al fuoco minima è pari a R60.</p>	Compartimento	Superficie (m ²)	q _f (MJ/m ²)	δ _{q1}	δ _{q2}	δ _n	q _{f,d} (MJ/m ²)	1 (Piano terra)	3498	199,40	1,60	0,80	0,90	229,71	2 (Piano terra)	3498	199,40	1,60	0,80	0,90	229,71	3 (Piano primo)	3693	196,99	1,60	0,80	0,90	226,93	4 (Piano primo)	3668	200,38	1,60	0,80	0,90	230,84
Compartimento	Superficie (m ²)	q _f (MJ/m ²)	δ _{q1}	δ _{q2}	δ _n	q _{f,d} (MJ/m ²)																														
1 (Piano terra)	3498	199,40	1,60	0,80	0,90	229,71																														
2 (Piano terra)	3498	199,40	1,60	0,80	0,90	229,71																														
3 (Piano primo)	3693	196,99	1,60	0,80	0,90	226,93																														
4 (Piano primo)	3668	200,38	1,60	0,80	0,90	230,84																														
S3 Compartimentazione	<p>Ciascun piano dell'autorimessa è suddiviso in due compartimenti, per un totale di quattro, e le aree TT sono a loro volta compartimentate con REI120.</p> <p>Il ripristino della compartimentazione dei compartimenti sullo stesso piano è garantito dalla presenza di serranda avvolgibile tagliafuoco REI60, asservite ad IRAI.</p> <p>Le comunicazioni dell'autorimessa con il piano che adduce agli uffici avvengono tramite scale e ascensori inseriti in vani a prova di fumo proveniente dall'autorimessa.</p> <p>Il solaio tra i due piani dell'autorimessa ed il solaio tra l'autorimessa ed i sovrastanti uffici sono di classe REI60, in accordo con la richiesta di resistenza al fuoco minima, calcolata nel capitolo precedente.</p> <p>Poiché per attività soggette non è ammesso il livello di prestazione I, il livello di prestazione individuato per l'autorimessa in esame è il II.</p> <p>La soluzione conforme per il livello di prestazione II, al fine di limitare la propagazione dell'incendio verso altre attività, è l'inserimento delle diverse attività, autorimessa e uffici, in compartimenti antincendio distinti, come d'altronde già previsto dalla RTV.</p> <p>La soluzione conforme per il livello di prestazione II, al fine di limitare la propagazione dell'incendio all'interno della stessa attività, è suddividere la volumetria dell'opera da costruzione contenente l'attività in compartimenti antincendio, come descritto nel par. S.3.6 della RTO. Essendo entrambi i piani dell'autorimessa in esame a quota inferiore a 12 m, e avendo ciascun compartimento R_{vita} = A2, la massima superficie lorda dei compartimenti risulta essere 64000 m², limite ampiamente rispettato.</p>																																			
S5 Gestione della Sicurezza Antincendio	Vedi caso studio precedente.																																			
S6 Controllo dell'incendio	<p>Si prevede il livello di prestazione è il III, che prevede il controllo o estinzione manuale dell'incendio.</p> <p>Le soluzioni conformi per il livello di prestazione III prescrivono l'installazione di:</p> <ul style="list-style-type: none"> estintori d'incendio a protezione dell'intera attività (parr. S.6.6 e 6.7); rete idranti a protezione dell'intera attività o di singoli compartimenti in relazione alle risultanze della valutazione del rischio (par. S.6.8). <p>Inoltre, la natura dei materiali ospitati dall'autorimessa, quali veicoli provvisti di carburanti liquidi e olii, a questa attività si attribuiscono le classi d'incendio A e B, per i quali sono indicati sistemi estinguenti di cui al caso studio precedente.</p>																																			
S7 Rivelazione e Allarme	<p>L'autorimessa rientra nel livello di prestazione I, in quanto rispetta tutti criteri di attribuzione della tab. S.7-2, compreso quello relativo alla densità di affollamento.</p> <p>Tuttavia, si è optato per il livello di prestazione II, in quanto, avendo previsto sistemi di protezione attiva di ripristino della compartimentazione (es.: chiusura delle serrande tagliafuoco, sgancio delle porte tagliafuoco) è necessaria la funzione B dell'IRAI, funzione di controllo e segnalazione. Inoltre, l'amplessima estensione dell'autorimessa stessa e la presenza discontinua, o addirittura l'assenza di occupanti negli orari di chiusura, non garantirebbero un'efficace rivelazione e diffusione dell'allarme da parte degli occupanti stessi (per es.: un occupante che dà l'allarme a voce nel compartimento n. 2 al piano terra, potrebbe non essere udito dal guardiano al primo piano).</p>																																			

<p style="text-align: center;">S8 Controllo di fumi e calore</p>	<p>Il livello di prestazione individuato è il II. Pertanto, è richiesto lo smaltimento d'emergenza di fumi e calore, che non ha la funzione di creare un adeguato strato libero dai fumi durante lo sviluppo dell'incendio, ma solo quello di facilitare l'opera di estinzione dei soccorritori. Lo smaltimento di fumo e calore d'emergenza può essere realizzato per mezzo di aperture di smaltimento dei prodotti della combustione verso l'esterno dell'edificio. Tali aperture coincidono con quelle già disponibili per la funzionalità dell'attività. L'autorimessa in esame ha aperture di smaltimento realizzate secondo il tipo di impiego SEa, ovvero aperture permanentemente aperte. La superficie utile minima complessiva SE delle aperture di smaltimento di piano, secondo RTO, dovrebbe essere calcolata in funzione del carico d'incendio q_f e della superficie lorda di ciascun piano del compartimento. La superficie utile può essere suddivisa in più aperture, ciascuna delle quali dovrebbe avere forma regolare e superficie utile $\geq 0,20 \text{ m}^2$, secondo RTV. Le aperture sono distribuite uniformemente nel locale, in modo da facilitare lo smaltimento dei fumi caldi da tutte le zone del compartimento, con un raggio di influenza pari a 30 m. Per garantire tale distribuzione uniforme, il lato ovest totalmente interrato è stato provvisto di un'intercapedine areata che ha permesso l'apertura per lo smaltimento di fumo e calore per entrambi i piani del compartimento tramite canne shunt. Le superfici di smaltimento di fumo e calore risultano sufficienti e misurano: Compartimento 1: <ul style="list-style-type: none"> • parete nord: $99,40 \text{ m}^2$, di cui: <ul style="list-style-type: none"> ○ apertura lungo la rampa $\rightarrow 82,46 \text{ m}^2$; ○ apertura accesso carrabile $\rightarrow 7,70 \text{ m} \times 2,20 \text{ m} = 16,94 \text{ m}^2$; • parete sud, aperture su intercapedine con canne shunt: $18,41 \text{ m}^2$; • parete ovest, aperture su intercapedine con canne shunt: $61,28 \text{ m}^2$. Compartimento 2: <ul style="list-style-type: none"> • parete nord: $99,40 \text{ m}^2$, di cui: <ul style="list-style-type: none"> ○ apertura lungo la rampa $\rightarrow 82,46 \text{ m}^2$; ○ apertura accesso carrabile $\rightarrow 7,70 \text{ m} \times 2,20 \text{ m} = 16,94 \text{ m}^2$; • parete est, apertura lungo tutto il perimetro: $126,56 \text{ m}^2$; • parete sud, aperture su intercapedine con canne shunt: $24,54 \text{ m}^2$ Compartimento 3: <ul style="list-style-type: none"> • parete nord, apertura lungo il perimetro: $123,39 \text{ m}^2$; • parete sud, aperture su intercapedine con canne shunt: $14,45 \text{ m}^2$; • parete ovest, aperture su intercapedine con canne shunt: $61,28 \text{ m}^2$. Compartimento 4: <ul style="list-style-type: none"> • parete nord, apertura lungo il perimetro: $123,79 \text{ m}^2$; • parete est, apertura lungo tutto il perimetro: $126,56 \text{ m}^2$; • parete sud, aperture su intercapedine con canne shunt: $29,60 \text{ m}^2$. </p>
<p style="text-align: center;">S9 Operatività antincendio</p>	<p>Vedi caso studio precedente.</p>
<p style="text-align: center;">S10 Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio</p>	<p>Vedi caso studio precedente.</p>

Devono essere altresì applicate le prescrizioni, ove pertinenti, dei Capp. V.1, V.2 e V.3.

Focus misura S.4 Esodo

S.4.1 Premessa

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.

Il sistema d'esodo deve assicurare la prestazione richiesta a prescindere dall'intervento dei VV.F..

Nel caso in esame, la modalità di esodo prevista è quella di **esodo simultaneo** (punto S.4.1.3.a).

S.4.2 Livelli di prestazione

S.4.3 Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

Come nel caso studio precedente, in base ai criteri di cui alla tab. S.4-2, si attribuisce il seguente livello di prestazione I, ovvero, gli occupanti raggiungono un luogo sicuro prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell'attività attraversati durante l'esodo.

L'ambito contenente il sistema di esodo cui si riferisce la progettazione è costituito dall'insieme dei 4 compartimenti.

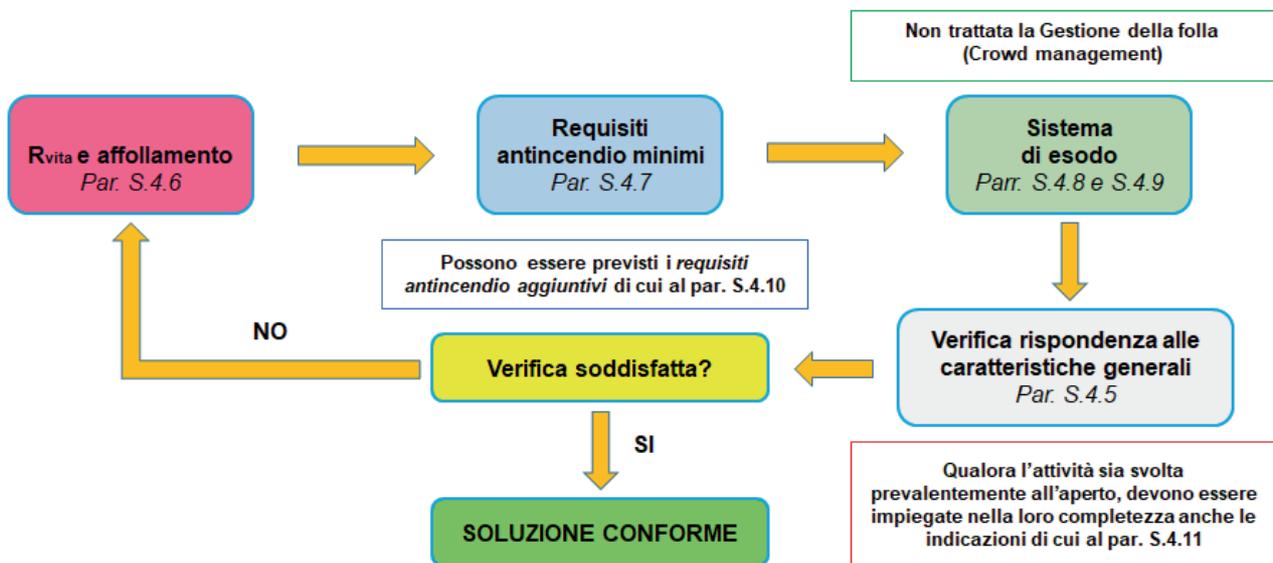
Essendo questo il livello minimo da garantire per tutte le attività, non sono previste particolari soluzioni conformi e si procede con la progettazione del sistema di esodo come da RTO.

La RTV Autorimesse, fatta eccezione per i compartimenti destinati ad autosilo, per quanto riguarda il capitolo della misura antincendio S.4, non prescrive indicazioni complementari o sostitutive, pertanto per questa misura si seguono le indicazioni della RTO.

S.4.4 Soluzioni progettuali

S.4.4.1 Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

Come nel caso studio precedente, si può schematizzare la procedura descritta nel grafico seguente:



S.4.6 Dati di ingresso per la progettazione del sistema di esodo

Il par. S.4.5 "Caratteristiche del sistema d'esodo", secondo la logica del grafico, sarà affrontato al termine dell'esame del par. S.4.10, anche se è fondamentale tenere bene in mente i suoi contenuti.

La progettazione del sistema d'esodo prevede, per prima cosa, la definizione dei dati di ingresso per ciascun compartimento.

S.4.6.1 Profilo di rischio Rvita di riferimento

Ciascun componente del sistema d'esodo è stato dimensionato in funzione del più gravoso, ai fini dell'esodo, profilo di Rvita dei compartimenti serviti che costituiscono l'ambito di progettazione e che, come detto, risulta di tipo A2 per ciascuno di essi.

S.4.6.2 Affollamento

La RTO individua l'indice di affollamento massimo di ciascun locale nella tab. S.4-13; per l'autorimessa in esame, di tipo privato, l'indice di affollamento è pari a 1 (persona per veicolo parchato). Conseguentemente, l'affollamento massimo risulta essere pari a:

Piano terra:

compartimento 1 → 93 pp.
compartimento 2 → 93 pp.

Piano primo:

compartimento 3 → 97 pp.
compartimento 4 → 98 pp.

Nel caso in esame si individuano 4 ambiti coincidenti con i 4 compartimenti dell'autorimessa.

Il responsabile dell'attività si impegna a rispettare il numero massimo di veicoli parchabili da progetto per ogni ambito e in ogni condizione di esercizio dell'attività, adottando appropriate misure gestionali da inglobare nella GSA (Cap. S.5).

Quindi, il numero massimo di persone presenti è pari a 381.

S.4.7 Requisiti antincendio minimi per l'esodo

Il numero minimo di vie d'esodo verticali e orizzontali per ciascun ambito dell'attività è stato determinato in relazione ai vincoli imposti dal par. S.4.8.1 per il numero minimo di vie d'esodo e dal par. S.4.8.2 per l'ammissibilità dei corridoi ciechi.

Le scale e le rampe che costituiscono vie d'esodo verticali sono protette da vani con resistenza al fuoco R/REI 60, con chiusure dei varchi di comunicazione E 60-Sa.

S.4.8 Progettazione del sistema d'esodo

La lunghezza del corridoio cieco e la lunghezza d'esodo, valutate dal punto in cui si trova ciascun occupante, si calcoleranno dall'interno di ciascun locale o dal punto più sfavorito di ciascun compartimento dell'autorimessa.

Il sistema d'esodo è stato dimensionato in modo da consentire agli occupanti di abbandonare il compartimento di primo innesco e raggiungere un luogo sicuro, anche temporaneo, prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell'attività dove si trovano.

S.4.8.1 Vie d'esodo ed uscite indipendenti

Le *vie d'esodo* o *uscite* si definiscono indipendenti quando viene minimizzata la probabilità che possano essere contemporaneamente rese indisponibili dagli effetti dell'incendio.

S.4.8.1.1 Numero minimo di vie d'esodo indipendenti

Al fine di limitare la probabilità che l'esodo degli occupanti sia impedito dall'incendio, devono essere previste almeno due vie d'esodo indipendenti.

È ammessa la presenza di corridoi ciechi secondo le prescrizioni del par. S.4.8.2.

S.4.8.1.2 Numero minimo di uscite indipendenti

Al fine di limitare la probabilità che si sviluppi sovraffollamento localizzato alle uscite, da ciascun locale o spazio a cielo libero dell'attività, il numero minimo di uscite indipendenti è stato previsto facendo riferimento alla tab. S.4-15 in funzione del profilo di rischio R_{vita} e dell'affollamento dell'ambito servito.

Essendo l'affollamento di ciascun compartimento minore di 100 occupanti ed essendo il $R_{vita} = A2$, il numero minimo di vie d'esodo indipendenti è pari a 2.

S.4.8.1.3 Determinazione dell'indipendenza tra vie d'esodo orizzontali e tra uscite

Tutte le uscite si considerano tra loro indipendenti, in quanto l'angolo formato dai percorsi rettilinei è maggiore o uguale a 45 gradi (par. S.4.8.1.3), e dove invece risulta minore di 45 gradi, forma dei corridoi ciechi che rispettano le condizioni di ammissibilità e la lunghezza massima descritta al punto successivo.

S.4.8.1.4 Determinazione dell'indipendenza tra vie d'esodo verticali

Nel singolo compartimento, le due vie d'esodo verticali (scala a prova di fumo interna e scala esterna) risultano indipendenti, data la presenza della scala esterna (par. S.4.8.1.4).

S.4.8.2 Corridoi ciechi

In base a $R_{vita} = A2$ e all'affollamento complessivo degli ambiti serviti dal corridoio cieco che risulta minore di 100 occupanti, la lunghezza massima del corridoio cieco è 30 m, secondo quanto previsto dalla tab. S.4-18. Nelle condizioni previste, i valori massimi delle lunghezze dei corridoi ciechi sono sempre rispettati.

S.4.8.3 Lunghezze d'esodo

Vedi caso studio precedente (lunghezza massima di esodo è ≤ 60 m).

S.4.8.4 Altezza delle vie d'esodo

L'altezza minima delle vie di esodo è pari a 2,20 m (sottotrave).

S.4.8.5 Larghezza delle vie d'esodo

La larghezza delle vie di esodo è la minima misurata, dal piano di calpestio fino all'altezza di 2 m, al netto dell'ingombro di eventuali elementi sporgenti con esclusione degli estintori.

Tra gli elementi sporgenti non sono da considerarsi i corrimano e i dispositivi di apertura delle porte con sporgenza ≤ 80 mm.

Dopo aver individuato le condizioni più gravose per i componenti del sistema d'esodo tramite la verifica di ridondanza prevista al par. S.4.8.6, si determina la larghezza minima delle vie d'esodo come previsto ai parr. S.4.8.7, S.4.8.8 e S.4.8.9.

S.4.8.6 Verifica di ridondanza delle vie d'esodo

Vedi caso studio precedente.

S.4.8.7 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali

La larghezza minima L_o delle vie d'esodo orizzontali (es.: corridoio, porta, uscita, ecc.), che consente il regolare esodo degli occupanti che la impiegano, è calcolata come segue:

$$L_o = L_u \cdot n_o$$

Rinviando alla lettura del caso studio precedente, in base a $R_{vita} = A2$, la larghezza unitaria L_u risulta essere pari a 3,80 mm/persona (tab. S.4-27).

Compartimento	L_u (mm/persona)	n_o	L_o (mm)
1 Piano terra	3,80	93	353,40
2 Piano terra	3,80	93	353,40
3 Piano primo	3,80	97	368,60
4 Piano primo	3,80	98	372,40

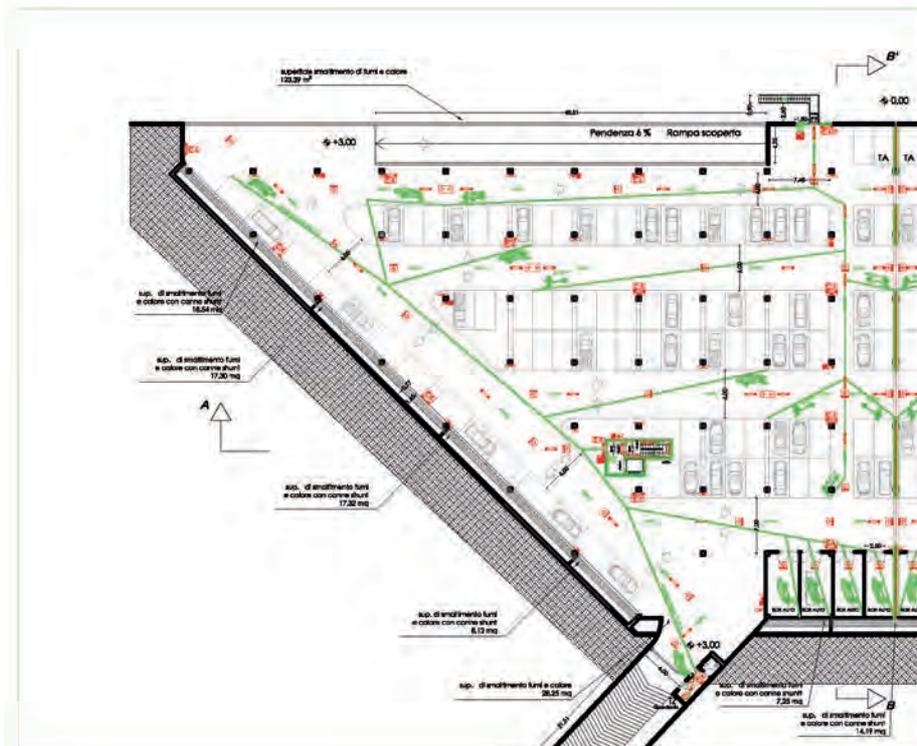
Per rispettare la lunghezza massima di esodo, precedentemente indicata in 60 m, e la lunghezza massima di corridoio cieco pari a 30 m sono comunque necessarie due uscite per ciascun compartimento, sia al piano terra, che al piano primo:

Compartimento	L_o (mm)	Numero di uscite	L_o singola uscita (mm)
1 Piano terra	353,40	2	176,70
2 Piano terra	353,40	2	176,70
3 Piano primo	368,60	2	184,30
4 Piano primo	372,40	2	186,20

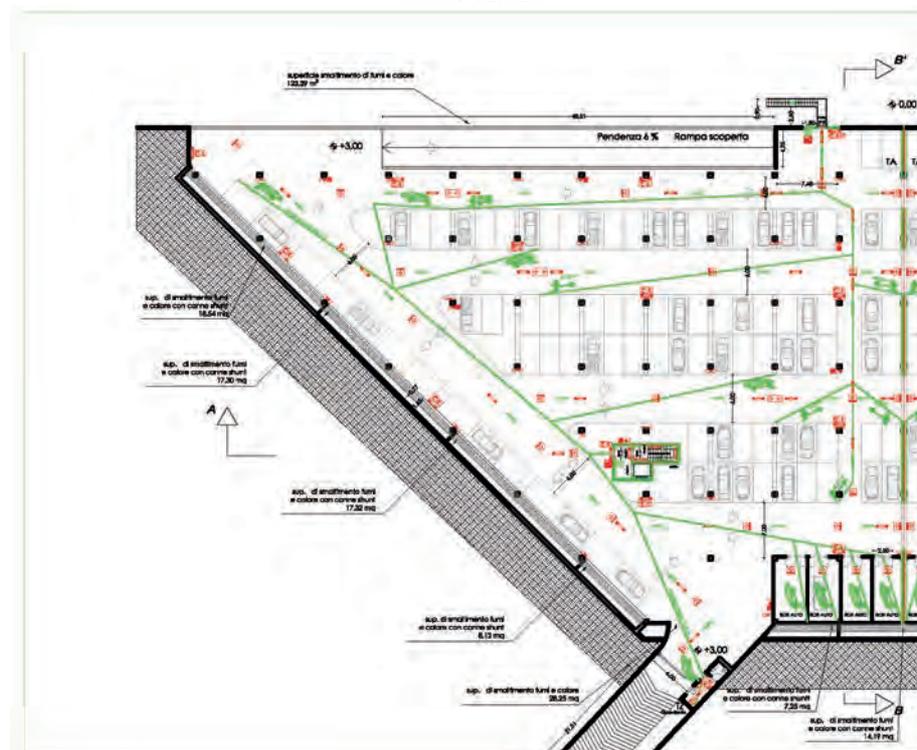
La *verifica di ridondanza*, ipotizzando che una delle vie d'esodo sia resa indisponibile, fornisce in tutti i casi valori inferiori alla dimensione minima indicata dalla RTO, dato l'affollamento dell'ambito servito < di 300 occupanti, pari almeno a 900 mm, anche per consentire l'esodo ad occupanti che impiegano ausili per il movimento, vedi tab. S.4-28.

Pertanto, sono state posizionate (vedi figg. seguenti):

- al piano terra, per ciascun compartimento:
 - un'uscita di piano da 0,90 m (verso la scala interna);
 - un'uscita finale, sulla parete nord, di larghezza pari a 2,90 m.
- al piano primo, per ciascun compartimento:
 - un'uscita di piano da 0,90 m (verso la scala interna);
 - un'uscita di piano da 0,90 m (verso la scala esterna).



PIANO TERRA



PIANO PRIMO

S.4.8.8 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo verticali

S.4.8.8.1 Calcolo in caso di esodo simultaneo

Applicando la procedura di esodo simultaneo, le vie d'esodo verticali devono essere in grado di consentire l'esodo contemporaneo di tutti gli occupanti da tutti i piani serviti.

La larghezza L_v è calcolata come segue:

$$L_v = L_u \cdot n_v$$

Rinviando alla lettura del caso studio precedente, in base alla tab. S.4-29, in funzione di $R_{vita} = A2$, si avrà:

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

I valori delle larghezze unitarie sono espressi in mm/persona ed assicurano una durata dell'attesa in coda, per gli occupanti che impiegano la specifica via d'esodo, non superiore a Δt_{coda} .
I valori delle larghezze unitarie devono essere incrementati per le *scale* secondo le indicazioni della tabella S.4-30, oppure per le *rampe* secondo le indicazioni della tabella Tabella S.4-31.
[F] Impiegato anche nell'esodo *per fasi*

TAB. 4-29: LARGHEZZE UNITARIE PER VIE D'ESODO VERTICALI

Per la scala interna a prova di fumo di ciascun compartimento, al piano terra e al piano primo, considerando n_v come somma degli occupanti che impiegano tale via d'esodo provenienti da tutti i piani serviti, si ha:

Compartimenti serviti da via d'esodo verticale	L_u (mm/persona)	n_v	L_v (mm)
1 - 3	4,00	93+97	760,00
2 - 4	4,00	93+98	764,00

Per la scala esterna di ciascun compartimento al piano primo si ha:

Compartimenti serviti da via d'esodo verticale	L_u (mm/persona)	n_v	L_v (mm)
3	4,55	97	441,35
4	4,55	98	445,90

I gradini delle scale presentano alzata pari a 16 cm e pedata pari a 32 cm e le rampe presentano pendenza inferiore all'8%, in maniera da non richiedere l'incremento della larghezza unitaria L_u (vedi tabb. S.4-29, S.4-30 e S.4-31).

La RTO, vedi tab. S.4-32 seguente, prevede che L_v debba essere:

- almeno 900 mm, per la scala interna a prova di fumo di ciascun compartimento, al piano terra e al piano primo, dato l'affollamento dell'ambito minore di 300 occupanti (somma occupanti dei compartimenti dei piani collegati dalla scala);
- almeno 900 mm, per la scala esterna di ciascun compartimento al piano primo, dato l'affollamento dell'ambito minore di 300 occupanti (occupanti di ciascun compartimento del solo piano primo).

Larghezza	Criterio
≥ 1200 mm	Affollamento dell'ambito servito > 1000 occupanti
≥ 1000 mm	Affollamento dell'ambito servito > 300 occupanti
≥ 900 mm	Affollamento dell'ambito servito ≤ 300 occupanti
≥ 600 mm	Ambito servito ove vi sia esclusiva presenza di personale specificamente formato, oppure occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti (es. locali impianti o di servizio, piccoli depositi, ...).
L'affollamento dell'ambito servito corrisponde al totale degli occupanti che impiegano ciascuna delle vie d'esodo che si dipartono da tale ambito.	

TAB. S.4-32: LARGHEZZE MINIME PER VIE D'ESODO VERTICALI

In definitiva, saranno previste:

- al piano terra, per ciascun compartimento: una scala interna a prova di fumo con larghezza pari a 900 mm;
- al piano primo, per ciascun compartimento: una scala interna a prova di fumo con larghezza pari a 900 m e una scala aperta esterna con larghezza pari a 900 mm.

S.4.8.9 Calcolo della larghezza minima delle uscite finali

La larghezza minima dell'uscita finale L_F , che consente il regolare esodo degli occupanti provenienti da vie d'esodo orizzontali o verticali, è stata calcolata come segue:

$$L_F = \sum_i L_{O,i} + \sum_j L_{V,j}$$

Rinviando alla lettura del caso studio precedente, la larghezza minima dell'uscita finale risulta:

$$L_F = \sum_i L_{O,i} = (353,4 + 353,4 + 372,4 + 368,6) + (764 + 760) = 1447,8 + 1524 = 2971,8 \text{ mm}$$

La larghezza dell'uscita finale, peraltro, dovrà essere di almeno 900 mm, in accordo con le prescrizioni della tab. S.4-28, per affollamenti degli ambiti serviti ≤ 300 occupanti.

S.4.9 Eliminazione o superamento delle barriere architettoniche per l'esodo

Vedi caso studio precedente.

S.4.5 Caratteristiche del sistema d'esodo

La verifica di rispondenza alle caratteristiche generali di cui al par. S.4.5 risulta positiva, vedi caso studio precedente.

Considerazioni a commento

❖ *Riepilogo sintetico del caso studio*

L'autorimessa del caso studio 2 B ipotizza una configurazione costituita da due livelli a quote 0 e +3 m, occupa una superficie totale di circa 14600 m², a servizio di un sovrastante edificio adibito ad uffici.

L'autorimessa è stata suddivisa in due compartimenti per piano (1 e 2 al piano terra e 3 e 4 al piano primo):

Piano terra, compartimento 1 di 3498 m² (93 posti auto) e compartimento 2, di 3498 m² (93 posti auto).

Piano primo, compartimento 3 di 3693 m² (97 posti auto) e compartimento 4 di 3668 m² (98 posti auto).

❖ *Commento dei risultati*

L'ipotesi di adeguamento considerata nel precedente caso studio 2 A, pur consentendo di risolvere in soluzione conforme l'esodo, ha richiesto il livello IV di prestazione per la misura S.6 che, in soluzione conforme, ha restituito l'installazione di un impianto automatico ad acqua di tipo sprinkler.

L'approccio olistico della metodologia di progettazione del Codice, in questa seconda ipotesi di configurazione della medesima autorimessa, ha introdotto una compartimentazione più complessa restituendo due compartimenti per piano per un totale di quattro.

La dimensione più contenuta dei compartimenti non richiede, pertanto, in soluzione conforme il livello di prestazione IV per la misura S.6.

Si segnala che, a prima vista, potrebbe apparire più economica la soluzione 2 B, causa la mancata installazione ed i mancati costi di manutenzione dell'impianto sprinkler; tuttavia, la soluzione progettuale proposta per la compartimentazione, non volendo limitare la movimentazione degli autoveicoli fra gli ambiti dell'autorimessa, prevede delle compartimentazioni realizzate con portoni scorrevoli resistenti al fuoco, di dimensioni significative.

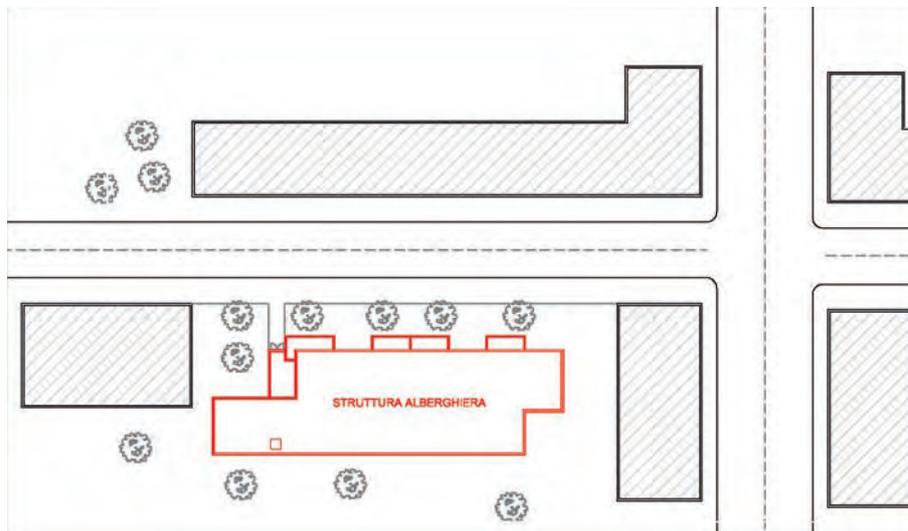
Pertanto, devono essere opportunamente valutati i costi per l'acquisto e l'installazione di tali portoni, nonché i costi per il mantenimento in efficienza di queste chiusure complesse.

Caso studio 3: esodo da un albergo

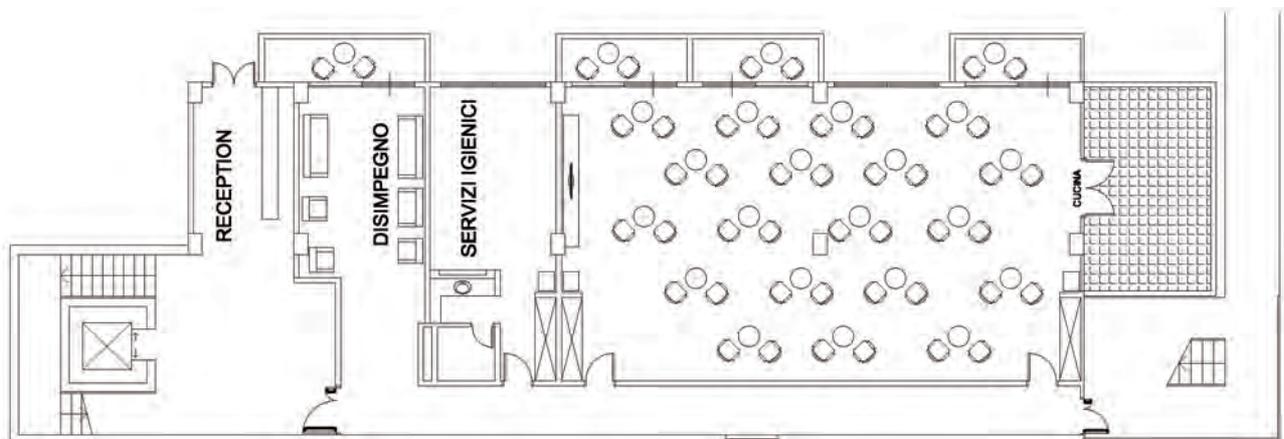
Descrizione

L'attività oggetto della progettazione, che si sviluppa in un edificio avente sei piani fuori terra, è costituita da un'attività turistico-ricettiva, con sala ristorazione e cucina ubicate al piano terra.

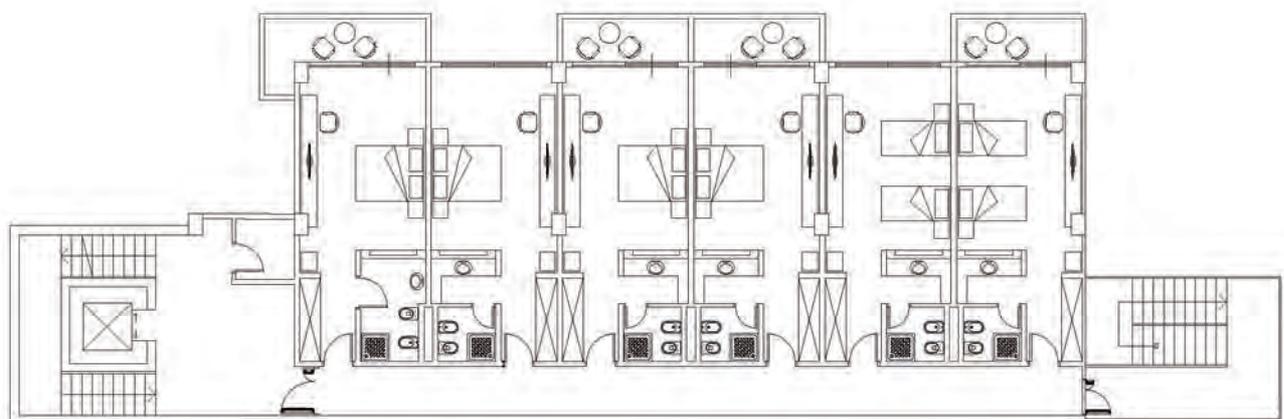
Ciascuno dei piani dell'albergo, oltre il piano terra, prevede dodici posti letto, per un totale di 60 complessivi. La superficie totale dell'attività è pari a 1455 m² più la cucina (21 m²).



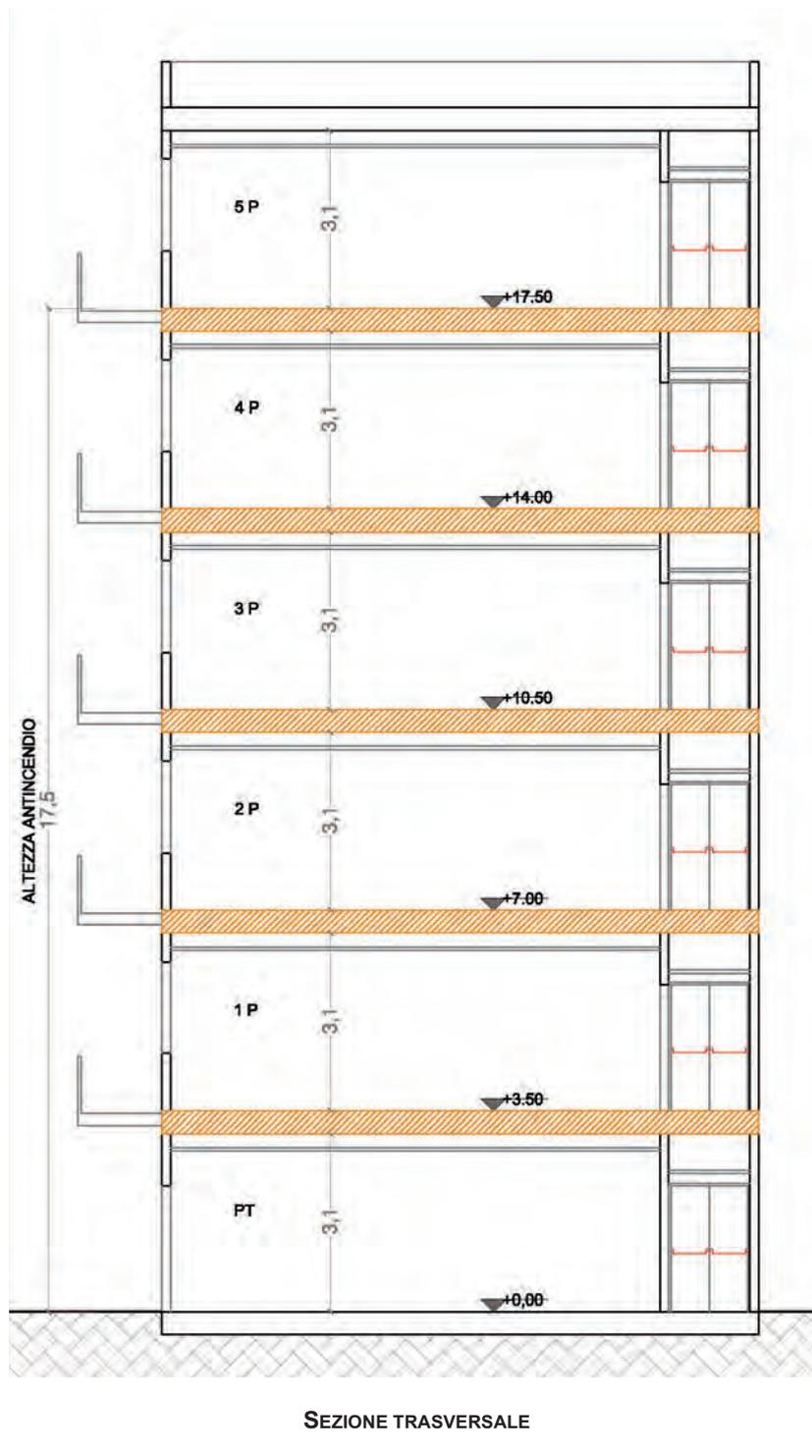
PLANIMETRIA DI INQUADRAMENTO



PLANIMETRIA PIANO TERRA



PLANIMETRIA PIANO TIPO (DAL 1° AL 5°)



Contestualizzazione dell'attività in relazione alla prevenzione incendi

Trattasi di attività classificata al punto 66.2.B dell'Allegato I del d.p.r. 1 agosto 2011 n. 151: "Alberghi, pensioni, motel, villaggi albergo, residenze turistico - alberghiere, studentati, villaggi turistici, alloggi agrituristici, ostelli per la gioventù, rifugi alpini, bed & breakfast, dormitori, case per ferie, con oltre 50 posti-letto (fino a 100 posti-letto)".

Riferimenti normativi

- d.m. 3 agosto 2015 - "Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del d.lgs. 8 marzo 2006, n. 139" - Aggiornamento d.m. 18 ottobre 2019, come aggiornata dai decreti 14 febbraio 2020 e 6 aprile 2020 per la sezione V.

Studio della problematica antincendio

Ci si propone, nell'ambito generale della progettazione antincendio dell'attività, di focalizzare l'attenzione sul sistema d'esodo.

Obiettivi dello studio

La seguente esposizione è redatta secondo l'Allegato I del d.m. 18 ottobre 2019; nello specifico essa rispetta:

- la Regola Tecnica Verticale (RTV) - Attività ricettive turistico-alberghiere (d.m. 9 agosto 2016)

RTV V.5 Attività ricettive turistico-alberghiere

V.5.1 Scopo e campo di applicazione

Norme tecniche di prevenzione incendi riguardanti le seguenti attività ricettive turistico - alberghiere, con oltre 25 posti letto: alberghi, pensioni, motel, villaggi albergo, residenze turistico - alberghiere, studentati, alloggi agrituristici, ostelli per la gioventù, bed & breakfast, dormitori, case per ferie.

V.5.2 Classificazioni

- in relazione al numero dei posti letto: $50 < p \leq 100 \rightarrow PB$;
- in relazione alla massima quota dei piani h: $12 \text{ m} < h \leq 24 \text{ m} \rightarrow HB$.

Le aree dell'attività in esame sono classificate come segue:

- TB: spazi comuni, aree in cui la maggior parte degli occupanti è in stato di veglia e non conosce l'edificio;
- TC: spazi di riposo, aree in cui la maggior parte degli occupanti può essere addormentata;
- TZ: altri spazi.

V.5.3 Profili di rischio

A valle della valutazione del rischio di incendio nell'albergo in esame, si definiscono i profili di rischio secondo le tabelle del Cap. G.3.

Profili di rischio	R_{vita}	per le aree di tipo TB	B2
		per le aree di tipo TC	Ciii2
	R_{beni}	per l'intera attività	1
	R_{ambiente}	per l'intera attività	non significativo

Attribuzione dei livelli di prestazione

Reazione al fuoco	Livello III - II di prestazione (parr. S.1.3, S.1.4.1, S.1.4.2 e V.5.4.1)
Resistenza al fuoco	Livello III di prestazione (parr. S.2.3, S.2.4.3 e V.5.4.2)
Compartimentazione	Livello III di prestazione (parr. S.3.3, S.3.4.2 e V.5.4.3)
Esodo	Livello I di prestazione (parr. S.4.3, S.4.4.1 e V.5.4.4)
Gestione della sicurezza antincendio	Livello II di prestazione (parr. S.5.3, S.5.4.1 e V.5.4.5)
Controllo dell'incendio	Livello III di prestazione (parr. S.6.3, S.6.4.2 e V.5.4.6) Rete di Idranti (UNI 10779) soluzione conforme con naspi (par. S.6.8.2.3)
Rivelazione ed allarme	Livello III di prestazione (parr. S.7.3, S.7.4.3 e V.5.4.7) Impianto IRAI (UNI 9795)
Controllo di fumi e calore	Livello II di prestazione (parr. S.8.3 e S.8.4.1)
Operatività antincendio	Livello II di prestazione (parr. S.9.3 e S.9.4.1)
Sicurezza degli impianti tecnologici	Livello I di prestazione (parr. S.10.3, S.10.4.1 e V.5.4.8)

Segue una sintetica illustrazione delle misure della strategia antincendio applicate, eccettuata la misura antincendio S.4, di cui si tratterà ampiamente nel paragrafo a essa dedicato.

V.5.4 Strategia antincendio (sintesi delle varie misure antincendio)

Devono essere applicate tutte le misure antincendio della RTO, attribuendo i livelli di prestazione secondo i criteri in essa definiti.

La RTV specifica fornisce indicazioni complementari o sostitutive delle soluzioni conformi previste dai corrispondenti livelli di prestazione della RTO (ma non limita, in nessun caso, il ricorso a soluzioni alternative).

Misura	Sintesi di adeguamento																																																		
S1 Reazione al fuoco	<p>Livelli di prestazione = III - II secondo i criteri di attribuzione della RTO Soluzioni progettuali conformi: GM2 - GM3 Classi di reazione al fuoco:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>tab. S.1-5</th> <th>GM2</th> <th>GM3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>mobili imbottiti</td> <td>classe 1 IM</td> <td>classe 2 IM</td> </tr> <tr> <td>bedding, sedie, tendaggi</td> <td>classe 1</td> <td>classe 2</td> </tr> </tbody> </table> <p>RTV, par. V. 5.4.1: nelle aree TC i mobili imbottiti e i tendaggi devono appartenere al gruppo di materiali GM2.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>tab. S.1-6</th> <th>GM2</th> <th>GM3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">materiali per rivestimento e completamento</td> <td>classe 1 B-s2, d0</td> <td>classe 2 C-s2, d0</td> </tr> <tr> <td>classe 1 C_{fi}-s1</td> <td>classe 2 C_{fi}-s2</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>tab. S.1-7</th> <th>GM2</th> <th>GM3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>isolanti protetti</td> <td>classe 3 D-s2, d2</td> <td>classe 4 E</td> </tr> <tr> <td>isolanti lineari protetti</td> <td>classe 3 D_L-s2, d2</td> <td>classe 4 E_L</td> </tr> <tr> <td>isolanti in vista</td> <td>classe 1, 0-1 B-s2, d0</td> <td>classe 1, 1-1 B-s3, d0</td> </tr> <tr> <td>isolanti lineari in vista</td> <td>classe 1, 0-1 B_L-s3, d0</td> <td>classe 1, 1-1 B_L-s3, d0</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>tab. S.1-8</th> <th>GM2</th> <th>GM3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>condotte di ventilazione e riscaldamento</td> <td>classe 1 B-s2, d0</td> <td>classe 1 B-s3, d0</td> </tr> <tr> <td>condotte di v. e r. preisolate</td> <td>classe 0-1 B-s2, d0</td> <td>classe 1-1 B-s3, d0</td> </tr> <tr> <td>raccordi e giunti per condotte di v. e r.</td> <td>classe 1 B-s2, d0</td> <td>classe 2 C-s3, d0</td> </tr> <tr> <td>canalizzazioni per cavi per energia, controllo e comunicazioni</td> <td>classe 1</td> <td>classe 1</td> </tr> <tr> <td>cavi per energia, c. e c.</td> <td>C_{ca}-s1, d0, a2</td> <td>E_{ca}</td> </tr> </tbody> </table>	tab. S.1-5	GM2	GM3	mobili imbottiti	classe 1 IM	classe 2 IM	bedding, sedie, tendaggi	classe 1	classe 2	tab. S.1-6	GM2	GM3	materiali per rivestimento e completamento	classe 1 B-s2, d0	classe 2 C-s2, d0	classe 1 C _{fi} -s1	classe 2 C _{fi} -s2	tab. S.1-7	GM2	GM3	isolanti protetti	classe 3 D-s2, d2	classe 4 E	isolanti lineari protetti	classe 3 D _L -s2, d2	classe 4 E _L	isolanti in vista	classe 1, 0-1 B-s2, d0	classe 1, 1-1 B-s3, d0	isolanti lineari in vista	classe 1, 0-1 B _L -s3, d0	classe 1, 1-1 B _L -s3, d0	tab. S.1-8	GM2	GM3	condotte di ventilazione e riscaldamento	classe 1 B-s2, d0	classe 1 B-s3, d0	condotte di v. e r. preisolate	classe 0-1 B-s2, d0	classe 1-1 B-s3, d0	raccordi e giunti per condotte di v. e r.	classe 1 B-s2, d0	classe 2 C-s3, d0	canalizzazioni per cavi per energia, controllo e comunicazioni	classe 1	classe 1	cavi per energia, c. e c.	C _{ca} -s1, d0, a2	E _{ca}
	tab. S.1-5	GM2	GM3																																																
	mobili imbottiti	classe 1 IM	classe 2 IM																																																
	bedding, sedie, tendaggi	classe 1	classe 2																																																
	tab. S.1-6	GM2	GM3																																																
	materiali per rivestimento e completamento	classe 1 B-s2, d0	classe 2 C-s2, d0																																																
		classe 1 C _{fi} -s1	classe 2 C _{fi} -s2																																																
	tab. S.1-7	GM2	GM3																																																
	isolanti protetti	classe 3 D-s2, d2	classe 4 E																																																
	isolanti lineari protetti	classe 3 D _L -s2, d2	classe 4 E _L																																																
isolanti in vista	classe 1, 0-1 B-s2, d0	classe 1, 1-1 B-s3, d0																																																	
isolanti lineari in vista	classe 1, 0-1 B _L -s3, d0	classe 1, 1-1 B _L -s3, d0																																																	
tab. S.1-8	GM2	GM3																																																	
condotte di ventilazione e riscaldamento	classe 1 B-s2, d0	classe 1 B-s3, d0																																																	
condotte di v. e r. preisolate	classe 0-1 B-s2, d0	classe 1-1 B-s3, d0																																																	
raccordi e giunti per condotte di v. e r.	classe 1 B-s2, d0	classe 2 C-s3, d0																																																	
canalizzazioni per cavi per energia, controllo e comunicazioni	classe 1	classe 1																																																	
cavi per energia, c. e c.	C _{ca} -s1, d0, a2	E _{ca}																																																	
S2 Resistenza al fuoco	<p>Livello di prestazione attribuito = III secondo i criteri di attribuzione della RTO Soluzioni progettuali conformi: $q_{f,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot q_f$</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Compartimenti</th> <th>$q_{f,d}$ (MJ/m²)</th> <th>δ_{q1}</th> <th>δ_{q2}</th> <th>δ_n</th> <th>q_f (MJ/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Piano terra</td> <td>208,10</td> <td>1</td> <td>0,80</td> <td>0,69</td> <td>377,00</td> </tr> <tr> <td>Piani da 1 a 5</td> <td>260,13</td> <td>1</td> <td>1,00</td> <td>0,69</td> <td>377,00</td> </tr> </tbody> </table> <p>$q_{f,d} \leq 300$ MJ/m² Classe minima di resistenza al fuoco (par. S.2-3): 15</p> <p>RTV, par. V. 5.4.2: classe minima di resistenza al fuoco:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Compartimenti</th> <th>Classificazione dell'Attività</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HB</td> </tr> <tr> <td>Fuori terra</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table>	Compartimenti	$q_{f,d}$ (MJ/m ²)	δ_{q1}	δ_{q2}	δ_n	q_f (MJ/m ²)	Piano terra	208,10	1	0,80	0,69	377,00	Piani da 1 a 5	260,13	1	1,00	0,69	377,00	Compartimenti	Classificazione dell'Attività	HB	Fuori terra	60																											
	Compartimenti	$q_{f,d}$ (MJ/m ²)	δ_{q1}	δ_{q2}	δ_n	q_f (MJ/m ²)																																													
Piano terra	208,10	1	0,80	0,69	377,00																																														
Piani da 1 a 5	260,13	1	1,00	0,69	377,00																																														
Compartimenti	Classificazione dell'Attività																																																		
	HB																																																		
Fuori terra	60																																																		
S3 Compartmentazione	<p>Livelli di prestazione = II per Piano terra e III per Piani da 1 a 5 secondo i criteri di attribuzione della RTO</p>																																																		

Soluzioni progettuali conformi: ciascun piano fuori terra è inserito in un compartimento distinto.
 Al Piano terra la sala bar/ristorante e cucine sono inserite in un compartimento distinto rispetto all'area reception, disimpegno e servizi igienici (aree TB). Per ciascun piano (da 1 a 5) le aree di riposo (aree TC) sono inserite in unico compartimento avendo il medesimo profilo di rischio.
 Inoltre, per la realizzazione dei compartimenti antincendio sono impiegati elementi a tenuta di fumo S_a per tutti i piani escluso il varco del 5° piano su scala esterna (SC2), poiché non necessario. (vedi Cap.S.4).
 La superficie lorda dei compartimenti (in m^2) non deve superare i seguenti valori massimi (tab. S.3-6):

R_{vita}	Quota del compartimento	
	≤ 12 m	≤ 24 m
B2	32000	8000
Ciii2	8000	4000

RTV, par. V.5.4.3: le aree dell'attività devono avere le caratteristiche di compartimentazione (Cap. S.3) previste in tab. V.5-2

Aree dell'Attività	Classificazione dell'Attività
	HB
TB, TC	Nessun requisito aggiuntivo
TZ	Secondo risultanze dell'analisi del rischio

Chiusure d'ambito orizzontali dei compartimenti

- Muri EI 30 (da RTO)
- Muri EI 60 (da RTV)

Chiusure d'ambito verticali dei compartimenti:

- Solai R/REI 60
- Serrande tagliafuoco per le canalizzazioni aeruliche in corrispondenza di ogni piano

Prestazioni degli elementi:

- Porte compartimenti: E- S_a 60 con dispositivo di autochiusura
- Porte tagliafuoco: fermo elettromagnetico in apertura, asservito ad IRAI
- Porte camere da letto: E- S_a 30

S5
Gestione della Sicurezza
Antincendio

Livello di prestazione = Il secondo i criteri di attribuzione della RTO
 Soluzioni progettuali conformi:

Struttura organizzativa minima
Responsabile dell'attività
Coordinatore degli addetti del servizio antincendio
Addetti al servizio antincendio

Attività di prevenzione incendi:

- pulizia ed ordine,
- riduzione degli inneschi per quanto possibile,
- prove di funzionamento delle attrezzature antincendio ogni 6 mesi,
- manutenzione dell'impianto di condizionamento ogni anno,
- prove di esodo ogni 6 mesi,
- controllo degli accessi per la prevenzione di incendi dolosi.
- formazione e informazione del personale,
- verifica mantenimento condizioni progettuali che costituiscono vincolo d'esercizio per l'attività, tra cui materiale combustibile stoccato, affollamento, presenza di persone con disabilità, ecc..

Progettazione della gestione della sicurezza e dell'emergenza:

- Il responsabile dell'attività deve predisporre un registro dei controlli che contenga:
 - le date di effettuazione e scadenza di manutenzione delle attrezzature antincendio,
 - le attività di formazione degli addetti alle emergenze,
 - le prove di esodo.

- Le planimetrie esplicative e le istruzioni sul comportamento da tenere in caso di incendio sono previste in prossimità degli accessi di ciascun piano e all'interno di ogni camera; le informazioni così date devono essere multilingua.
- Deve essere previsto un numero idoneo di addetti antincendio. Essendo presenti 60 posti letto, essi dovranno seguire almeno un corso di formazione per rischio medio di 8 ore senza idoneità tecnica (d.m. 10 marzo 1998).

Procedure d'emergenza in caso di incendio:

Per tutto il personale:

segnalazione immediata al responsabile delle emergenze, immediato avvertimento delle persone nelle vicinanze, attesa dell'addetto antincendio più vicino in luogo sicuro, collaborazione con il personale addetto, assistenza nei confronti di persone con disabilità o che in generale presentano ridotte o impedito capacità motorie.

Per la squadra antincendio:

segnalazione immediata al responsabile delle emergenze, immediato avvertimento delle persone nelle vicinanze, intervento sul principio di incendio con estintore, attivazione dell'allarme manuale antincendio, chiamata dei soccorsi e comunicazione delle informazioni necessarie, effettuazione dello sgancio elettrico con gli appositi pulsanti, intervento con idranti, attesa dei soccorritori e comunicazione delle informazioni necessarie.

Evento durante il turno notturno o in mancanza di personale:

intervento immediato sul principio di incendio con estintore in presenza di addetto antincendio, attivazione dell'allarme manuale antincendio, chiamata dei soccorsi e comunicazione delle informazioni necessarie, avvertimento del responsabile delle emergenze, assistenza nei confronti di persone con disabilità o che in generale presentano ridotte o impedito capacità motorie, attesa dei soccorritori e comunicazione delle informazioni necessarie (anche per via telematica da parte del responsabile delle emergenze).

RTV, par. V.5.4.6: Livello di prestazione = III (tab. V.5-3)

Classificazione dell'Attività		Livello di pericolosità minimo	Protezione esterna	Caratteristiche minime alimentazione idrica
Posti letto	Quota piani	1	non richiesta	singola
PB	HB			

Estintori:

Profilo di rischio	Minima capacità estinguente	Max distanza di raggiungimento	Minima carica nominale
B2, C2	21A	30 m	6 l

Soluzione adottata: è stata ragionevolmente prevista un'unica tipologia di estintore per tutti gli ambiti presenti, ovvero l'estintore idrico 21 A con carica nominale da 6 l. Si riporta quanto indicato nella tab. S.6-8 "Requisiti estintori per altri fuochi": gli estintori a base d'acqua conformi alla norma EN 3-7 devono superare la prova dielettrica per poter essere utilizzati su impianti ed apparecchiature elettriche sino a 1000 V e alla distanza di 1 m.

Naspi: Livello 1 (norma UNI 10779) Parametri progettuali di cui alla tab. V.5-4 L'impianto deve essere dimensionato in modo da garantire il simultaneo funzionamento di non meno di 4 naspi.

Protezione interna	Distanze geometriche	Durata
4 naspi con 35 l/min cadauno e pressione residua non minore di 0,2 MPa	30 m	≥ 30 min

N.B. Per protezione interna s'intende la protezione contro l'incendio che si ottiene mediante idranti a muro o naspi, installati in modo da consentire il primo intervento sull'incendio da distanza ravvicinata, e soprattutto tali da essere utilizzabili dalle persone che operano all'interno dell'attività (UNI 10779).

S6
Controllo dell'incendio

<p>S7 Rivelazione e Allarme</p>	<p>RTV, par. V.5.4.7: Livello di prestazione = III (tab. V.5-6) Soluzioni progettuali conformi: installazione di un IRAI con implementazione delle funzioni principali D (segnalazione manuale di incendio da parte degli occupanti), C (allarme incendio) estesa a tutta l'attività e A (rivelazione automatica dell'incendio) estesa a porzioni dell'attività (par. V.5.4.7.3). Vengono previsti sistemi automatici di rilascio delle porte tagliafuoco, di chiusura delle serrande tagliafuoco e di arresto degli impianti elettrico e di condizionamento.</p>										
<p>S8 Controllo di fumi e calore</p>	<p>Livello di prestazione = II secondo i criteri di attribuzione della RTO Soluzioni progettuali conformi: per ciascun compartimento della struttura è stato previsto lo smaltimento di fumo e calore d'emergenza. Le aperture coincidono con quelle già disponibili per la funzionalità dell'attività:</p> <table border="1" data-bbox="603 497 1332 582"> <thead> <tr> <th>Tipo di dimensionamento</th> <th>Carico d'incendio specifico q_f</th> <th>SE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SE1</td> <td>$q_f \leq 600 \text{ MJ/m}^2$</td> <td>A/40</td> </tr> </tbody> </table> <p>È stata prevista un'ulteriore apertura di smaltimento fumi e calore nel corridoio per ogni piano della struttura con soluzione descritta in tabella:</p> <table border="1" data-bbox="603 694 1332 779"> <thead> <tr> <th>Modalità</th> <th>Descrizione</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SEb</td> <td>dotate di sistema automatico di apertura con attivazione asservita ad IRAI</td> </tr> </tbody> </table> <p>SE: superficie utile delle aperture di smaltimento in m^2 A: superficie lorda di ciascun piano del compartimento in m^2</p>	Tipo di dimensionamento	Carico d'incendio specifico q_f	SE	SE1	$q_f \leq 600 \text{ MJ/m}^2$	A/40	Modalità	Descrizione	SEb	dotate di sistema automatico di apertura con attivazione asservita ad IRAI
Tipo di dimensionamento	Carico d'incendio specifico q_f	SE									
SE1	$q_f \leq 600 \text{ MJ/m}^2$	A/40									
Modalità	Descrizione										
SEb	dotate di sistema automatico di apertura con attivazione asservita ad IRAI										
<p>S9 Operatività antincendio</p>	<p>L'albergo rispetta i criteri d'attribuzione relativi al livello di prestazione II, la cui soluzione conforme prevede che sia permanentemente assicurata la possibilità di avvicinare i mezzi di soccorso antincendio, adeguati al rischio d'incendio, a distanza $\leq 50 \text{ m}$ dagli accessi per soccorritori dell'attività, localizzati al piano terra (quota 0) su pubblica via. Per consentire l'intervento dell'autoscala dei VV.F., gli accessi all'attività dalla via pubblica devono possedere i seguenti requisiti minimi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Larghezza: 3,50 m \rightarrow larghezza effettiva 6,20 m; • Altezza libera: 4,00 m \rightarrow strada a cielo aperto; • Raggio di volta: 13,00 m \rightarrow raggio di volta effettivo 13,00 m • Pendenza: $\leq 10\%$; \rightarrow strada pianeggiante; • Resistenza al carico: almeno 20 tonnellate, di cui 8 sull'asse anteriore e 12 sull'asse posteriore con passo 4 m. 										
<p>S10 Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio</p>	<p>Livello di prestazione = I secondo i criteri di attribuzione della RTO Soluzioni progettuali conformi: gli impianti presenti, installati, verificati, eserciti e mantenuti a regola d'arte devono garantire gli obiettivi di sicurezza antincendio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Impianto elettrico: per ogni piano della struttura è previsto un quadro elettrico segnalato e riportato nel piano d'emergenza, posto in posizione protetta. • Alimentazione elettrica di sicurezza: <table border="1" data-bbox="603 1438 1332 1662"> <thead> <tr> <th>Utenza</th> <th>Interruzione</th> <th>Autonomia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Illuminazione di sicurezza IRAI, Sistemi di comunicazione in emergenza</td> <td>interruzione breve ($\leq 0,5 \text{ s}$)</td> <td>> 30'</td> </tr> <tr> <td>Naspi</td> <td>interruzione media ($\leq 15 \text{ s}$)</td> <td>> 30'</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> • Impianto di climatizzazione e condizionamento: vedi par. V.5.4.8 • U.T.A. in copertura. 	Utenza	Interruzione	Autonomia	Illuminazione di sicurezza IRAI, Sistemi di comunicazione in emergenza	interruzione breve ($\leq 0,5 \text{ s}$)	> 30'	Naspi	interruzione media ($\leq 15 \text{ s}$)	> 30'	
Utenza	Interruzione	Autonomia									
Illuminazione di sicurezza IRAI, Sistemi di comunicazione in emergenza	interruzione breve ($\leq 0,5 \text{ s}$)	> 30'									
Naspi	interruzione media ($\leq 15 \text{ s}$)	> 30'									

Non sono previste aree a rischio esplosione (la cucina è CIG rischio esplosione assolto con norma tecnica specifica settore gas); il vano corsa ascensore, di tipo SA, è inserito nel vano scala (SC1) di tipo protetto.

Focus misura S.4 Esodo

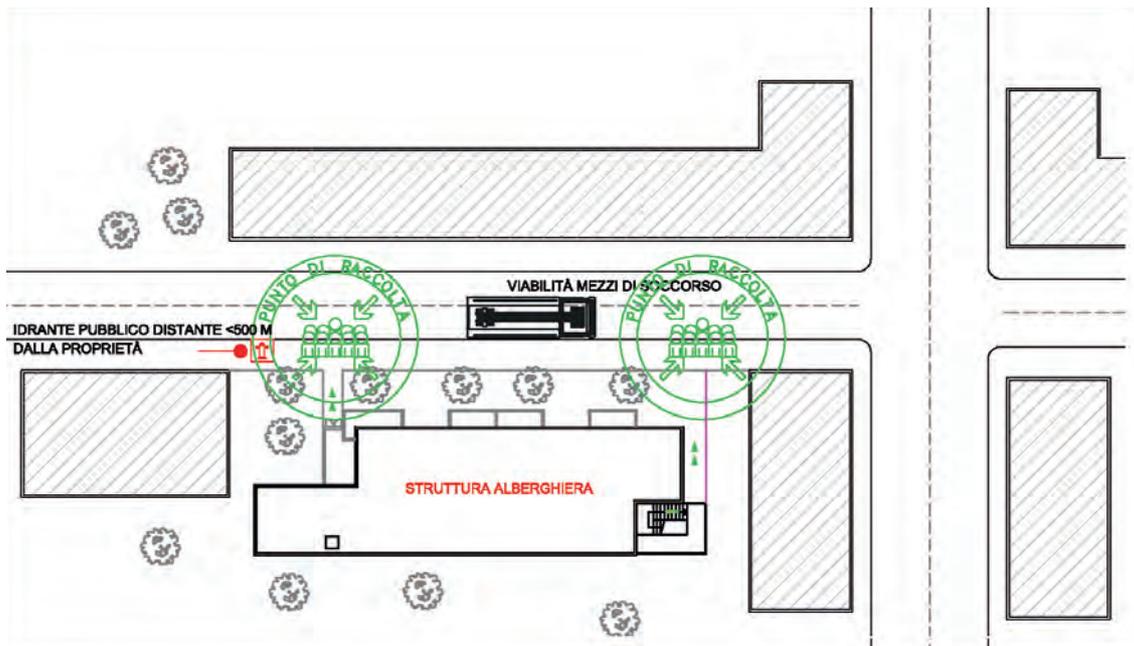
S.4.1 Premessa

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.

Il sistema d'esodo deve assicurare la prestazione richiesta a prescindere dall'intervento dei VV.F..

Nel caso in esame, la modalità di esodo prevista è quella di **esodo simultaneo** (punto S.4.1.3.a).

Considerate le definizioni di *Esodo simultaneo* e *Luogo sicuro* (vedi Cap. G.1.9), si è individuato quale luogo sicuro la pubblica via; conseguentemente sono stati individuati due punti di raccolta all'esterno della struttura alberghiera:



S.4.2 Livelli di prestazione

S.4.3 Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

Come noto:

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

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

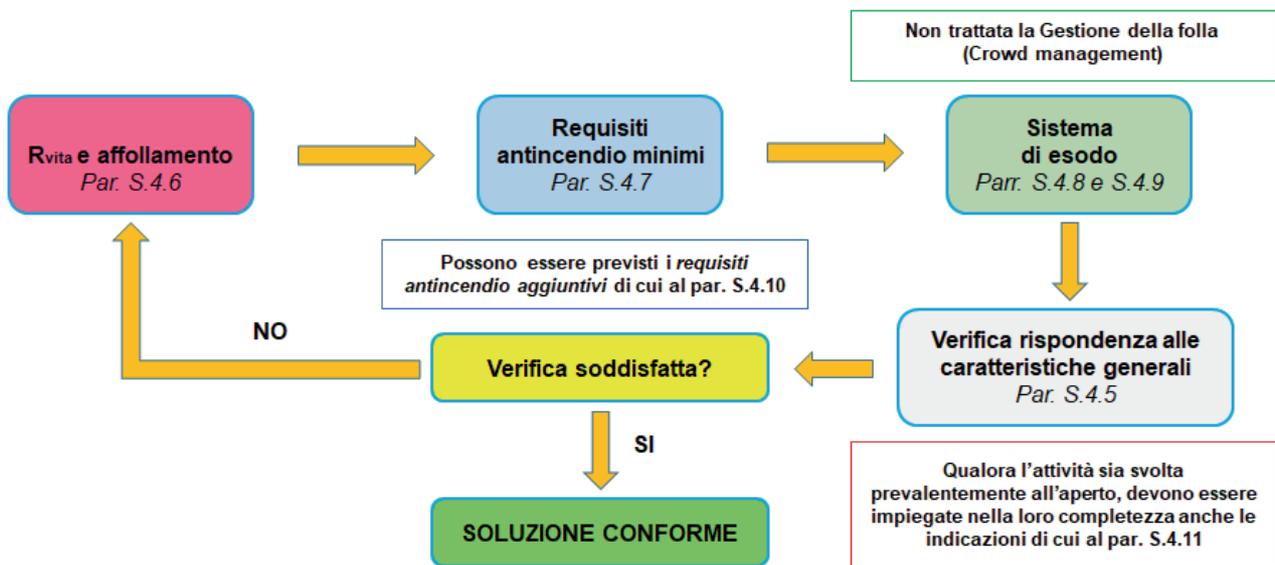
Per quanto riguarda le attività ricettive turistico-alberghiere la RTV V.5, al par. V.5.4.4, prescrive:

Per le camere o gli appartamenti per ospiti con affollamento ≤10 occupanti si applicano le specifiche disposizioni relative alle larghezze delle vie d'esodo previste al Cap. S.4 (vedi tab. S.4-28).

S.4.4 Soluzioni progettuali

S.4.4.1 Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

Come nei casi studio precedenti, si può schematizzare la procedura descritta nel grafico seguente:



S.4.6 Dati di ingresso per la progettazione del sistema di esodo

Il par. S.4.5 “Caratteristiche del sistema d’esodo”, secondo la logica del grafico, sarà affrontato al termine dell’esame del par. S.4.10, anche se è fondamentale tenere bene in mente i suoi contenuti.

La progettazione del sistema d’esodo prevede, per prima cosa, la definizione dei dati di ingresso per ciascun compartimento.

S.4.6.1 Profilo di rischio R_{vita} di riferimento

Ciascun componente del sistema d’esodo è stato dimensionato in funzione del più gravoso, ai fini dell’esodo, dei profili R_{vita} dei compartimenti serviti.

Nell’attività alberghiera in esame risulta:

- R_{vita} = B2 per il compartimento del piano terra;
- R_{vita} = Ciii2 per tutti gli altri compartimenti (dal 1° al 5° piano).

Pertanto il profilo di rischio R_{vita} di riferimento dell’ambito considerato, coincidente con l’intero albergo, è Ciii2.

S.4.6.2 Affollamento

Come detto, ciascun piano fuori terra è inserito in un compartimento distinto; l’affollamento massimo del piano terra può essere determinato moltiplicando la densità di affollamento per la superficie lorda del medesimo (vedi tabb. S.4-12 e S.4-13):

Compartimento	Tipologia di Attività	Superficie lorda (m ²)	Densità di affollamento	Max Affollamento
Piano terra	Disimpegno	54,8	0,4 persone/m ²	22
	Sala Bar/Ristorante	236,2	0,7 persone/m ²	165
<i>Totale</i>				187

Tuttavia, il responsabile dell’attività dichiara (par. S.4.6.2) un numero di occupanti pari a 50 nella sala bar/ristorante e cucine e di 18+2 nelle aree disimpegno e reception, per un affollamento massimo totale di 70 persone al piano terra.

Per i restanti compartimenti, ovvero i piani dal 1° al 5° destinati alle camere dell'albergo, si è fatto riferimento al numero di posti letto dichiarato per ogni piano, considerando un numero di addetti per piano pari a 2 nella condizione più sfavorevole, ovvero che siano presenti un addetto alle pulizie delle camere e un dipendente della struttura contemporaneamente.

Tipologia di Attività	Criteri
Ambiti con posti a sedere o posti letto	Numero posti + addetti
Altri ambiti	Numero massimo presenti (addetti + pubblico)

TABELLA S.4-13: CRITERI PER TIPOLOGIA DI ATTIVITÀ

Compartimento	Tipologia di Attività	Max Affollamento
Piani da 1 a 5	Camere	12 + 2
	<i>Totale</i>	70

Compartimento	Max Affollamento
Piano terra	70

Si ribadisce che tale assunzione costituisce vincolo di esercizio e deve essere oggetto di verifica nel sistema GSA (Cap. S.5).

S.4.7 Requisiti antincendio minimi per l'esodo

Il numero minimo di vie d'esodo verticali e orizzontali per ciascun ambito dell'attività è stato determinato in relazione ai vincoli imposti dal par. S.4.8.1 per il numero minimo di vie d'esodo e dal par. S.4.8.2 per l'ammissibilità dei corridoi ciechi.

Al fine di evitare la diffusione degli effluenti dell'incendio alle vie d'esodo, quelle verticali che collegano i compartimenti dell'attività saranno protette da vani con resistenza al fuoco R/REI60, con chiusure dei varchi di comunicazione E 60-Sa.

Al fine di assicurare l'esodo degli occupanti dai piani più remoti, in funzione dei profili di rischio R_{vita} presenti avremo la seguente situazione (vedi tab. S.4-14):

R_{vita}	Piani a quota inferiore	Piani a quota superiore
B1, B2, B3	< -5 m	> 32 m
B1 [1], B2 [1], B3 [1], D1, D2	< -1 m	> 12 m
Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3	< -1 m	> 32 m
Altri casi	< -5 m	> 54 m

[1] Ambiti con densità d'affollamento > 0,4 p/m²

TAB. S.4-14: QUOTE DEI PIANI SOGLIA PER DUE VIE D'ESODO INDIPENDENTI

L'edificio in esame non ha piani interrati e non ha piani posti a quota superiore a 32 m; pertanto, considerando il profilo $R_{vita} = Ciii2$, non c'è l'obbligo di avere due vie di esodo indipendenti per ogni piano.

Al piano terra le vie d'esodo utilizzate da ambiti aperti al pubblico non attraverseranno ambiti non aperti al pubblico, se non esclusivamente dedicati all'esodo.

Il sistema d'esodo è stato concepito, per quanto possibile, tenendo conto che gli occupanti non hanno familiarità con l'attività e, in caso di emergenza, tenderebbero ad uscire percorrendo in senso inverso la via che hanno impiegato per entrare.

È stata, inoltre, prevista la scala esterna (SC2) per ripartire equamente l'esodo; in tal modo la convergenza dei flussi di occupanti da distinte vie di esodo non sarà ostacolata né rallenterà il processo.

S.4.8 Progettazione del sistema d'esodo

Il sistema d'esodo è stato dimensionato in modo da consentire agli occupanti di abbandonare il compartimento di primo innesco e raggiungere un luogo sicuro temporaneo (es.: compartimento adiacente) o direttamente il luogo sicuro, prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell'attività ove si trovano. La lunghezza del corridoio cieco e la lunghezza d'esodo, valutata a partire dal punto in cui si trova ciascun occupante, è stata calcolata dall'interno di ciascun locale (si rimanda agli stralci degli elaborati grafici seguenti).

S.4.8.1 Vie d'esodo ed uscite indipendenti

Le *vie d'esodo* o *uscite* si definiscono indipendenti quando viene minimizzata la probabilità che possano essere contemporaneamente rese indisponibili dagli effetti dell'incendio.

S.4.8.1.1 Numero minimo di vie d'esodo indipendenti

Al fine di limitare la probabilità che l'esodo degli occupanti sia impedito dall'incendio, devono essere previste almeno due vie d'esodo indipendenti.

È ammessa la presenza di corridoi ciechi secondo le prescrizioni del par. S.4.8.2.

S.4.8.1.2 Numero minimo di uscite indipendenti

Al fine di limitare la probabilità che si sviluppi sovraffollamento localizzato alle uscite, da ciascun locale o spazio a cielo libero dell'attività, il numero minimo di uscite indipendenti è stato previsto facendo riferimento alla tab. S.4-15 seguente in funzione del profilo di rischio R_{vita} e dell'affollamento dell'ambito servito:

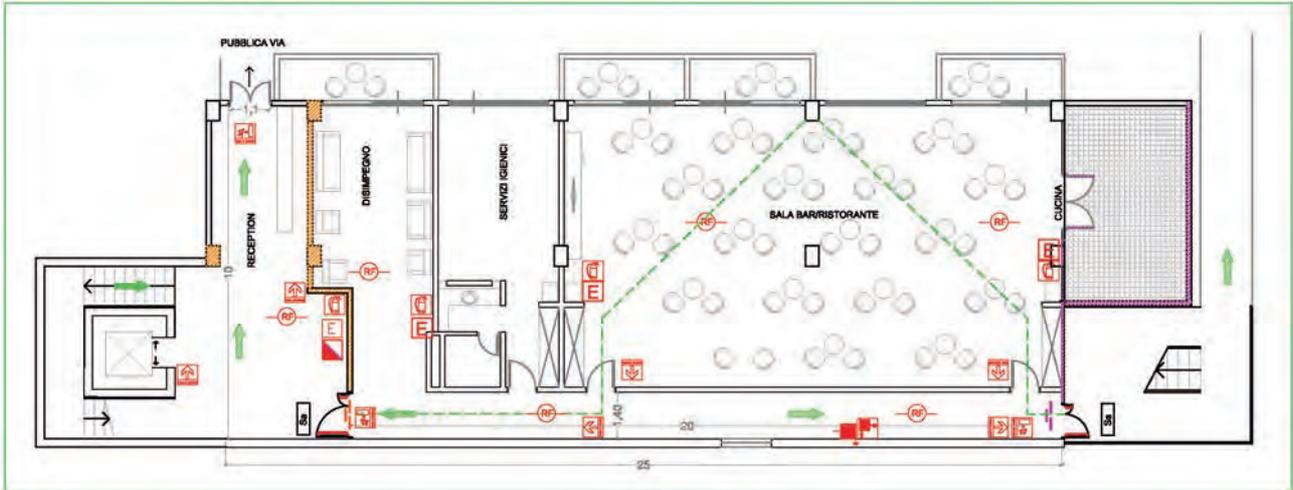
R_{vita}	Affollamento dell'ambito servito	Numero minimo uscite indipendenti
Qualsiasi	> 500 occupanti	3
B1 [1], B2 [1], B3 [1]	> 150 occupanti	
Altri casi		2
Se ammesso corridoio cieco secondo le prescrizioni del paragrafo S.4.8.2.		1
[1] Ambiti con densità d'affollamento > 0,4 p/m ²		

TAB. S.4-15: NUMERO MINIMO DI USCITE INDIPENDENTI DA LOCALE O SPAZIO A CIELO LIBERO

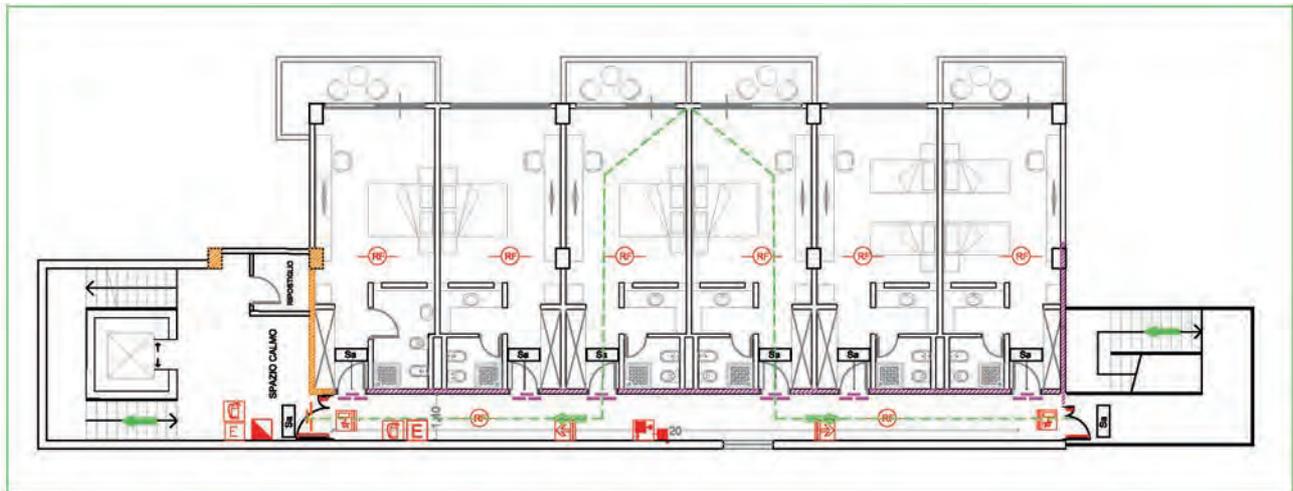
Nel caso in esame è stata predisposta una scala esterna (SC2) e pertanto:

- Piano Terra = 2 uscite
- Piani da 1 a 5 = 2 uscite

La previsione della scala esterna garantisce la seconda via d'esodo indipendente.



PIANO TERRA



PIANO TIPO

S.4.8.1.3 Determinazione dell'indipendenza tra vie d'esodo orizzontali e tra uscite

Per l'attività possono essere considerate indipendenti, in tutti i piani, coppie di vie d'esodo orizzontali, in quanto risulta sempre verificata la condizione per cui l'angolo formato dai percorsi rettilinei è $\geq 45^\circ$ e dove invece risulta minore di 45 gradi, forma dei corridoi ciechi che rispettano le condizioni di ammissibilità e la lunghezza massima descritta al punto successivo.

S.4.8.1.4 Determinazione dell'indipendenza tra vie d'esodo verticali

Per l'attività possono essere considerate indipendenti, in tutti i piani, le di vie d'esodo verticali, in quanto risultano inserite in compartimenti distinti o, comunque, è presente una scala protetta interna ed una scala esterna.

S.4.8.2 Corridoi ciechi

Occorre verificare che l'affollamento complessivo degli ambiti serviti dal corridoio cieco e la lunghezza del medesimo non superino i valori massimi previsti nella tab. S.4-18, in relazione ai profili di rischio R_{vita} presenti:

R_{vita}	Max affollamento	Max lunghezza L_{cc}	R_{vita}	Max affollamento	Max lunghezza L_{cc}
A1	≤ 100 occupanti	≤ 45 m	B1, E1	≤ 50 occupanti	≤ 25 m
A2		≤ 30 m	B2, E2		≤ 20 m
A3		≤ 15 m	B3, E3		≤ 15 m
A4	≤ 50 occupanti	≤ 10 m	Cii1, Ciii1		≤ 20 m
D1		≤ 20 m	Cii2, Ciii2		≤ 15 m
D2		≤ 15 m	Cii3, Ciii3		≤ 10 m

I valori delle massime lunghezze di corridoio cieco di riferimento L_{cc} possono essere incrementati in relazione a requisiti antincendio aggiuntivi, secondo la metodologia del paragrafo S.4.10.

TAB. S.4-18: CONDIZIONI PER IL CORRIDOIO CIECO

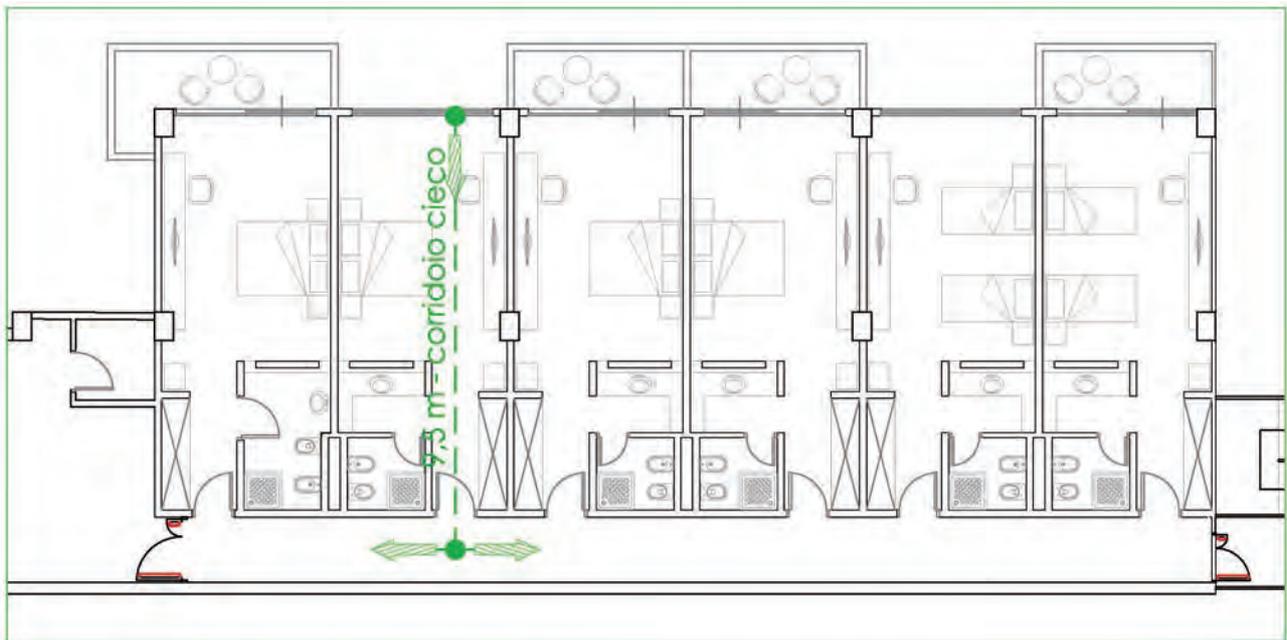
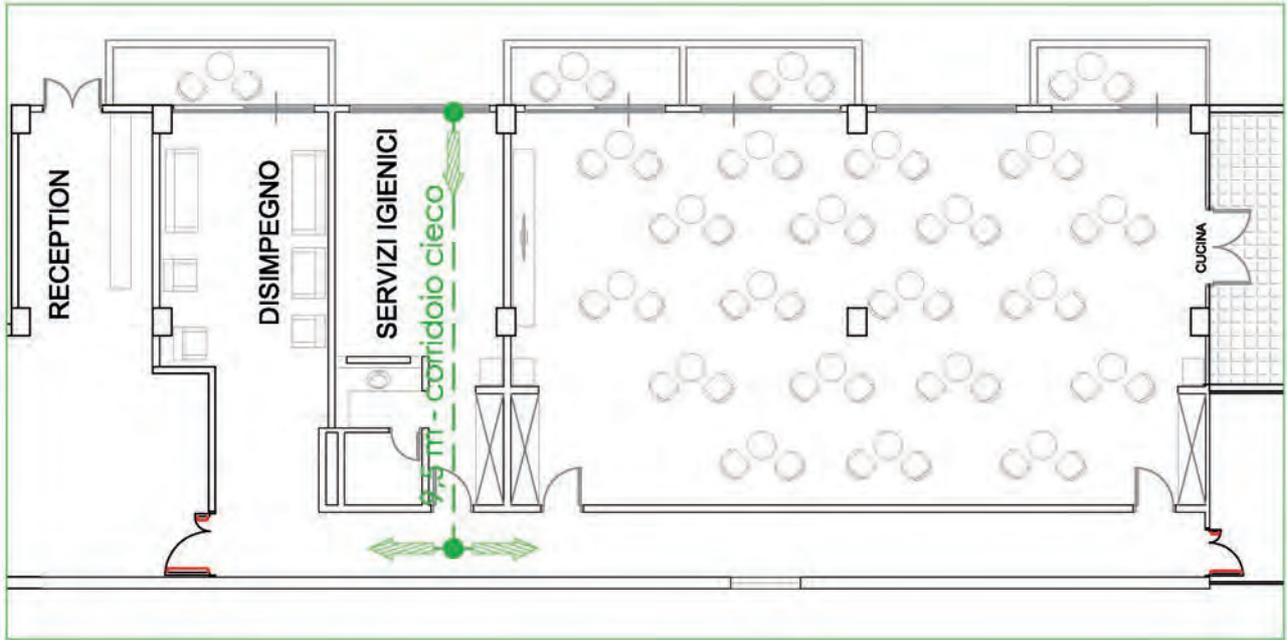
Dalla tabella si ricava:

- Compartimento con R_{vita} B2²⁸: $L_{cc} \leq 20$ m
- Compartimenti con R_{vita} Ciii2: $L_{cc} \leq 15$ m

Gli unici locali per i quali si ha un corridoio cieco sono le stanze, il disimpegno e i servizi igienici. Nelle condizioni previste, i valori massimi delle lunghezze dei corridoi ciechi sono sempre rispettati, pertanto non occorre effettuare ulteriori interventi.

²⁸ Si ricorda che, al piano terra, la sala bar/ristorante e cucine sono inserite in un compartimento distinto rispetto all'area reception, disimpegno e servizi igienici

Valutazione della lunghezza dei corridoi ciechi



CORRIDOI CIECHI INDIVIDUATI (AL PIANO TERRA E AL PIANO TIPO)

S.4.8.3 Lunghezze d'esodo

Al fine di limitare il tempo necessario agli occupanti per abbandonare il compartimento di primo innesco, almeno una delle lunghezze d'esodo determinate da qualsiasi punto dell'attività non deve superare i valori massimi L_{es} della tab. S.4-25 in funzione dei profili di rischio R_{vita} di riferimento:

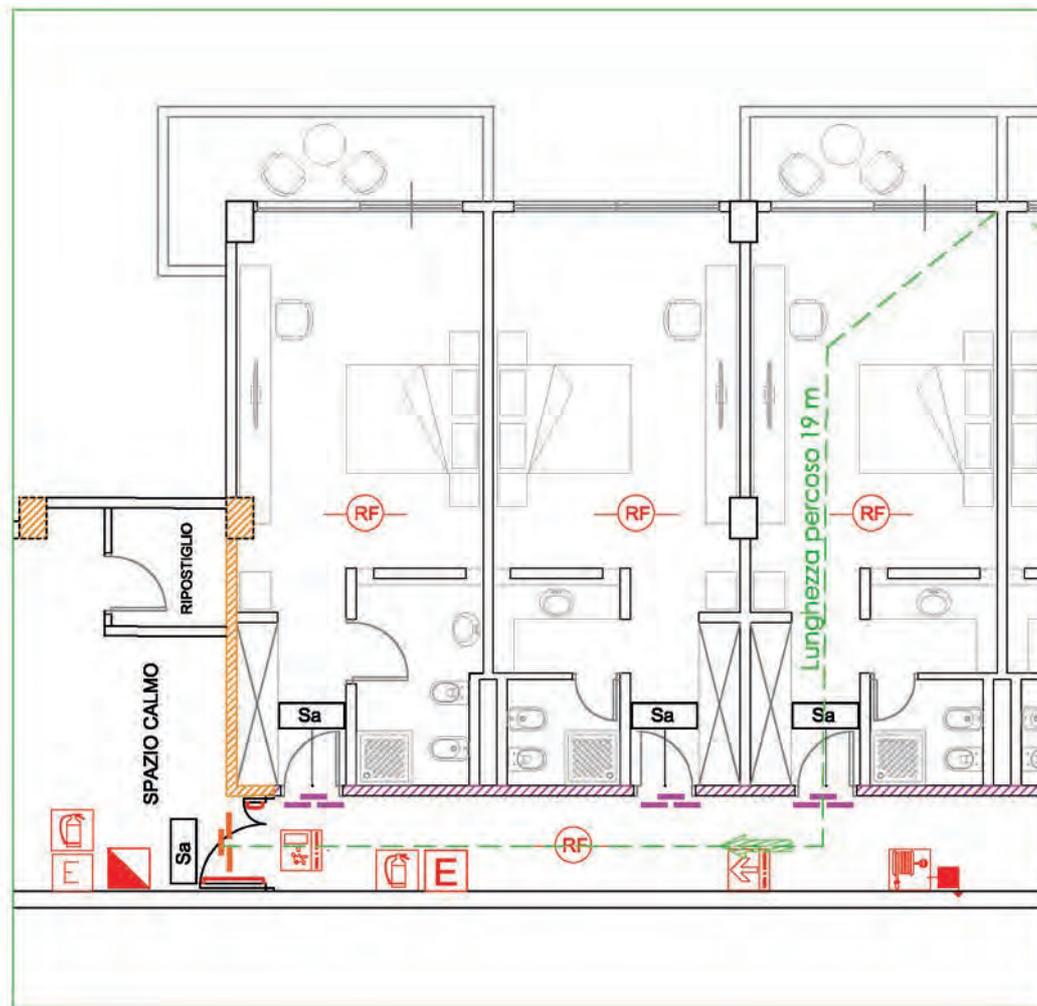
R_{vita}	Max lunghezza d'esodo L_{es}	R_{vita}	Max lunghezza d'esodo L_{es}
A1	≤ 70 m	B1, E1	≤ 60 m
A2	≤ 60 m	B2, E2	≤ 50 m
A3	≤ 45 m	B3, E3	≤ 40 m
A4	≤ 30 m	Cii1, Ciii1	≤ 40 m
D1	≤ 30 m	Cii2, Ciii2	≤ 30 m
D2	≤ 20 m	Cii3, Ciii3	≤ 20 m

I valori delle massime lunghezze d'esodo di riferimento possono essere incrementati in relazione a *requisiti antincendio aggiuntivi*, secondo la metodologia del paragrafo S.4.10.

TAB. S.4-25: MASSIME LUNGHEZZE D'ESODO

Per l'attività alberghiera esaminata sono rispettate le seguenti limitazioni (si rimanda agli stralci degli elaborati grafici seguenti):

- Compartimento con R_{vita} B2: $L_{es} \leq 50$ m
- Compartimenti con R_{vita} Ciii2: $L_{es} \leq 30$ m



MASSIMA LUNGHEZZA D'ESODO AL PIANO TIPO

S.4.8.4 Altezza delle vie d'esodo

L'altezza delle vie di esodo è sempre superiore a 2 m.

S.4.8.5 Larghezza delle vie d'esodo

La larghezza delle vie di esodo è la minima misurata, dal piano di calpestio fino all'altezza di 2 m, al netto dell'ingombro di eventuali elementi sporgenti con esclusione degli estintori.

Tra gli elementi sporgenti non sono da considerarsi i corrimano e i dispositivi di apertura delle porte con sporgenza ≤ 80 mm.

Dopo aver individuato le condizioni più gravose per i componenti del sistema d'esodo tramite la verifica di ridondanza prevista al par. S.4.8.6, si determina la larghezza minima delle vie d'esodo come previsto ai parr. S.4.8.7, S.4.8.8 e S.4.8.9.

V.5.4.4 Esodo

Per le camere o gli appartamenti per ospiti con affollamento ≤ 10 occupanti si applicano le specifiche disposizioni relative alle larghezze delle vie d'esodo previste al Cap. S.4 (vedi tab. S.4-28).

S.4.8.6 Verifica di ridondanza delle vie d'esodo

Ai fini della verifica di ridondanza, si deve rendere indisponibile una via d'esodo alla volta e verificare che le restanti vie d'esodo indipendenti da questa abbiano larghezza complessiva sufficiente a consentire l'esodo degli occupanti.

S.4.8.7 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali

La larghezza minima L_o delle vie d'esodo orizzontali (es.: corridoio, porta, uscita, ecc.), che consente il regolare esodo degli occupanti che la impiegano, è calcolata come segue:

$$L_o = L_u \cdot n_o$$

Rinviando alla lettura dei casi studio precedenti, in base ai profili di rischio R_{vita} di riferimento, la larghezza unitaria L_u risulta essere pari a 4,10 mm/persona (tab. S.4-27).

L_u (mm/persona)	n_o	L_o (mm)
4,10	70	287,0

L_o risulta pari a 287 mm in quanto non è possibile avere più di 70 persone tra piano terra e piani superiori.

Tuttavia, la dimensione minima indicata dalla RTO, dato l'affollamento delle camere ≤ 10 occupanti, è pari almeno a 70 cm, vedi tab. S.4-28.

Poiché i valori determinati risultano inferiori alla larghezza minima consentita, si assume questo valore minimo per la larghezza delle vie di esodo orizzontali, sia al Piano terra che ai piani superiori.

S.4.8.8 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo verticali

S.4.8.8.1 Calcolo in caso di esodo simultaneo

Applicando la procedura di esodo simultaneo, le vie d'esodo verticali devono essere in grado di consentire l'esodo contemporaneo di tutti gli occupanti da tutti i piani serviti.

La larghezza L_v è calcolata come segue:

$$L_v = L_u \cdot n_v$$

Rinviando alla lettura dei casi studio precedenti, in base alla tab. S.4-29, in funzione dei profili di rischio R_{vita} di riferimento, si ha la seguente situazione:

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

I valori delle larghezze unitarie sono espressi in mm/persona ed assicurano una durata dell'attesa in coda, per gli occupanti che impiegano la specifica via d'esodo, non superiore a Δt_{coda} .
I valori delle larghezze unitarie devono essere incrementati per le *scale* secondo le indicazioni della tabella S.4-30, oppure per le *rampe* secondo le indicazioni della tabella Tabella S.4-31.
[F] Impiegato anche nell'esodo *per fasi*

TAB. S.4-29: LARGHEZZE UNITARIE PER VIE DI ESODO VERTICALI

Le due scale (scala protetta interna = SC1, scala esterna = SC2) sono diametralmente opposte e l'edificio presenta una struttura simmetrica.

Si può dunque ipotizzare un'equa distribuzione dell'affollamento, calcolato in base all'occupazione delle stanze di piano, tra le due scale; occorre inoltre considerare la possibile presenza contemporanea di due addetti (a ciascun piano fuori terra), che possono percorrere alternativamente una delle due scale.

L'affollamento, per ciascuna scala, è quindi espresso nella seguente tabella:

Piano	Affollamento SC1 (persone)	Affollamento SC2 (persone)
Piano Primo	7	7
Piano Secondo	7	7
Piano Terzo	7	7
Piano Quarto	7	7
Piano Quinto	7	7
<i>Totale</i>	35	35

Risulta, pertanto, per entrambe le scale:

Compartimento	L_u (mm/persona)	n_v	L_v (mm)
Piani da 1 a 5	3,15	35	110,3

La *verifica di ridondanza*, ipotizzando che una delle due vie d'esodo sia resa indisponibile, fornisce:

Compartimento	L_u (mm/persona)	n_o	L_v (mm)
Piani da 1 a 5	3,15	70	220,5

I gradini delle scale presentano alzata pari a 16 cm e pedata pari a 32 cm e le rampe presentano pendenza inferiore all'8%, in maniera da non richiedere l'incremento della larghezza unitaria L_u (vedi tabb. S.4-29, S.4-30 e S.4-31).

In definitiva, poiché il valore calcolato risulta inferiore rispetto al valore minimo (vedi tab. S.4-32), la larghezza delle vie di esodo verticali è assunta pari a 900 mm.

S.4.8.9 Calcolo della larghezza minima delle uscite finali

La larghezza minima dell'uscita finale L_F , che consente il regolare esodo degli occupanti provenienti da vie d'esodo orizzontali o verticali, è stata calcolata come segue:

$$L_F = \sum_i L_{O,i} + \sum_j L_{V,j}$$

Rinviando alla lettura dei casi studio precedenti, la larghezza minima dell'uscita finale risulta:

$$L_F = 287 + 220,5 = 507,5 \text{ mm}$$

La larghezza dell'uscita finale, peraltro, dovrà essere di almeno 900 mm, in accordo con le prescrizioni della tab. S.4-28, per affollamenti degli ambiti serviti ≤ 300 occupanti.

La convergenza dei flussi di occupanti dalle vie d'esodo orizzontali e verticali verso l'uscita finale non risulta ostacolata (es. da arredi fissi o mobili, ...).

A tal fine, qualora almeno due delle vie d'esodo convergenti verso la stessa uscita finale siano impiegate da più di 50 occupanti ciascuna, la distanza misurata in pianta tra l'uscita finale e lo sbarco di tutte le vie d'esodo ad essa convergenti deve essere ≥ 2 m, come mostrato nell'illustrazione S.4-5.

S.4.9 Eliminazione o superamento delle barriere architettoniche per l'esodo

Nell'attività vi può essere presenza non occasionale di occupanti che non abbiano sufficienti abilità per raggiungere autonomamente un luogo sicuro tramite vie d'esodo verticali.

A tal proposito, sarà previsto uno *spazio calmo* ad ogni piano all'interno del vano protetto in prossimità della scala protetta; esso sarà dimensionato in base alla tab. S.4-36:

Tipologia	Superficie minima per occupante
Occupante deambulante	0,70 m ² /persona
Occupante su sedia a ruote	1,77 m ² /persona
Occupante allettato	2,25 m ² /persona

Alla superficie minima destinata agli occupanti devono essere aggiunti gli spazi di manovra necessari per l'utilizzo di eventuali ausili per il movimento (es. letto, sedia a ruote, ...).

TAB. S.4-36: SUPERFICI MINIME PER OCCUPANTE

Il responsabile dell'attività ha stabilito un numero massimo di occupanti su sedia a ruote pari a 2 per piano. La dimensione minima dello spazio calmo è:

$$SC = 1,77 \cdot 2 = 3,4 \text{ m}^2$$

Pertanto, si prevede uno spazio calmo di 4 m² tenendo in considerazione gli spazi di manovra.

Nello spazio calmo dovranno esser presenti i dispositivi, le attrezzature e le indicazioni di cui al punto S.4.9.1.2 e lo stesso dovrà essere segnalato secondo quanto indicato al punto S.4.9.1.3.

Inoltre la gestione delle situazioni ordinarie e di emergenza andranno incluse nel sistema di GSA (Cap. S.5).

S.4.5 Caratteristiche del sistema d'esodo

La verifica di rispondenza alle caratteristiche generali di cui al par. S.4.5 risulta positiva, vedi casi studio precedenti; in particolare si rappresentano le seguenti considerazioni.

L'altezza minima delle vie di esodo è pari a 2 m.

Sono ammesse altezze inferiori, per brevi tratti segnalati, lungo le vie d'esodo da ambiti ove vi sia esclusiva presenza di personale specificamente formato od occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti (es.: locali impianti o di servizio, piccoli depositi, ...), oppure secondo le risultanze di specifica valutazione del rischio.

La larghezza delle vie di esodo è la minima misurata, dal piano di calpestio fino all'altezza di 2 m, deducendo l'ingombro di eventuali elementi sporgenti con esclusione degli estintori. Tra gli elementi sporgenti non vanno considerati il corrimano e i dispositivi di apertura delle porte con sporgenza ≤ 80 mm.

La larghezza delle vie d'esodo deve essere valutata lungo tutta la via d'esodo.

Nelle attività con densità di affollamento $\geq 0,7$ persone/m², ciascuna via d'esodo orizzontale non deve presentare riduzioni di larghezza da monte a valle nella direzione dell'esodo, al fine di limitare la probabilità che si sviluppi sovraffollamento localizzato.

Ciò dovrebbe essere previsto anche nelle altre attività.

Tutte le superfici di calpestio delle vie d'esodo devono essere non sdrucciolevoli e il fumo ed il calore dell'incendio smaltiti o evacuati dall'attività non devono interferire con il sistema delle vie d'esodo.

Soluzioni Progettuali

Nel caso in esame è considerato luogo sicuro la pubblica via.

Le due scale d'esodo, identificate con le sigle SC1 ed SC2, conducono a due punti di raccolta.

Essendo entrambe le scale di larghezza inferiore a 2400 mm, sono dotate di corrimano laterale e, per consentire l'esodo senza inciampo degli occupanti, i gradini hanno alzata e pedata costante e sono interrotti da pianerottoli di sosta.

La scala SC2 è esterna all'edificio ed è stata progettata in modo tale che, durante l'esodo degli occupanti, non sia soggetta ad irraggiamento dovuto all'incendio superiore a 2,5 kW/m² e non sia investita dai prodotti della combustione.

A tale scopo la porzione di chiusura d'ambito dell'opera da costruzione su cui è collocata la scala esterna (SC2), possiede caratteristiche di resistenza al fuoco non inferiori E30 essendo realizzata in acciaio.

Tale porzione è stata ottenuta come area di influenza della proiezione del piano di calpestio della via d'esodo sulla costruzione con $r_{\text{offset}} = 1,80$ m.

La porzione così ottenuta è stata prolungata perpendicolarmente fino al piano terra.

Gli infissi anche parzialmente ricompresi nella porzione hanno pari classe di resistenza al fuoco.

Le porte installate lungo le vie di esodo sono facilmente identificabili ed apribili da parte di tutti gli occupanti e la loro apertura non ostacola il deflusso degli occupanti lungo le vie d'esodo.

Le porte, in funzione delle caratteristiche del locale e del numero di occupanti che impiegano ciascuna porta presentano le caratteristiche di cui alla citata tab. S.4-6.

Ambito servito	Caratteristiche della porta		
	Occupanti serviti [1]	Verso di apertura	Dispositivo di apertura
Ambiti dell'attività non aperti al pubblico	n > 50 occupanti	Nel senso dell'esodo [2]	UNI EN 1125 [3]
Ambiti dell'attività aperti al pubblico	n > 25 occupanti		
Aree a rischio specifico	n > 10 occupanti		UNI EN 179 [3] [4]
	n > 5 occupanti		
Altri casi		Secondo risultanze della valutazione del rischio [5]	

[1] Numero degli occupanti che impiegano la singola porta nella condizione d'esodo più gravosa, considerando anche la verifica di ridondanza di cui al paragrafo S.4.8.6.

[2] Qualora l'esodo possa avvenire nelle due direzioni devono essere previste specifiche misure (es. porte distinte per ciascuna direzione, porte apribili nelle due direzioni, porte ad azionamento automatico, segnaletica variabile, ...). Sono escluse dal verso di apertura le porte ad azionamento automatico del tipo a scorrimento.

[3] Oppure dispositivo per specifiche necessità, da selezionare secondo risultanze della valutazione del rischio (es. EN 13633, EN 13637, ...).

[4] I dispositivi UNI EN 179 sono progettati per l'impiego da parte di personale specificamente formato.

[5] Ove possibile, è preferibile che il verso di apertura sia comunque nel senso dell'esodo, anche qualora si mantenga il dispositivo di apertura ordinario.

TAB. S.4-6: CARATTERISTICHE DELLE PORTE AD APERTURA MANUALE LUNGO LE VIE D'ESODO

Si veda anche tab. S.4-7 per la determinazione caratteristiche delle porte lungo le vie d'esodo.

Le uscite finali sono posizionate in modo da garantire l'esodo rapido degli occupanti verso luogo sicuro e sempre disponibili.

Esse sono contrassegnate sul lato verso luogo sicuro con segnale UNI EN ISO 7010-M001, riportante il messaggio "Uscita di emergenza, lasciare libero il passaggio" come riportato nell'illustrazione S.4-2:



ESEMPIO DI SEGNALE PER USCITA FINALE

Il sistema d'esodo (es.: vie d'esodo, i luoghi sicuri, gli spazi calmi, ...) è facilmente riconoscibile ed impiegabile dagli occupanti grazie ad apposita segnaletica di sicurezza che è adeguata alla complessità dell'attività e consente l'orientamento degli occupanti.

In ogni piano dell'attività e nelle singole stanze, quindi, è stata installata un'apposita planimetria semplificata, correttamente orientata, in cui è indicata la posizione del lettore (es.: "Voi siete qui") ed il layout del sistema d'esodo (es. vie d'esodo, spazi calmi, luoghi sicuri...).

È inoltre installato un impianto di illuminazione di sicurezza lungo tutto il sistema delle vie d'esodo fino a luogo sicuro qualora l'illuminazione possa risultare anche occasionalmente insufficiente a garantire l'esodo degli occupanti.

L'impianto di illuminazione di sicurezza assicura un livello di illuminamento sufficiente a garantire l'esodo degli occupanti, conformemente alle indicazioni della norma UNI EN 1838 o equivalente.

Considerazioni a commento

❖ *Riepilogo sintetico del caso studio*

L'attività oggetto della progettazione, che si sviluppa per sei piani fuori terra, è costituita da un'attività turistico-ricettiva, con sala ristorazione e cucina ubicate al piano terra.

I posti letto al piano tipo dell'albergo sono dodici, per un totale di 60 posti letto complessivi, per un affollamento complessivo di 70 persone, considerando anche la presenza di 10 addetti.

❖ *Commento dei risultati*

La configurazione architettonica e funzionale dell'attività trattata in questo caso studio risulta essere semplice; pertanto, la progettazione dell'esodo in soluzione conforme è stata sviluppata linearmente secondo il procedimento indicato nel Cap. S.4.

Caso studio 4: esodo da una scuola

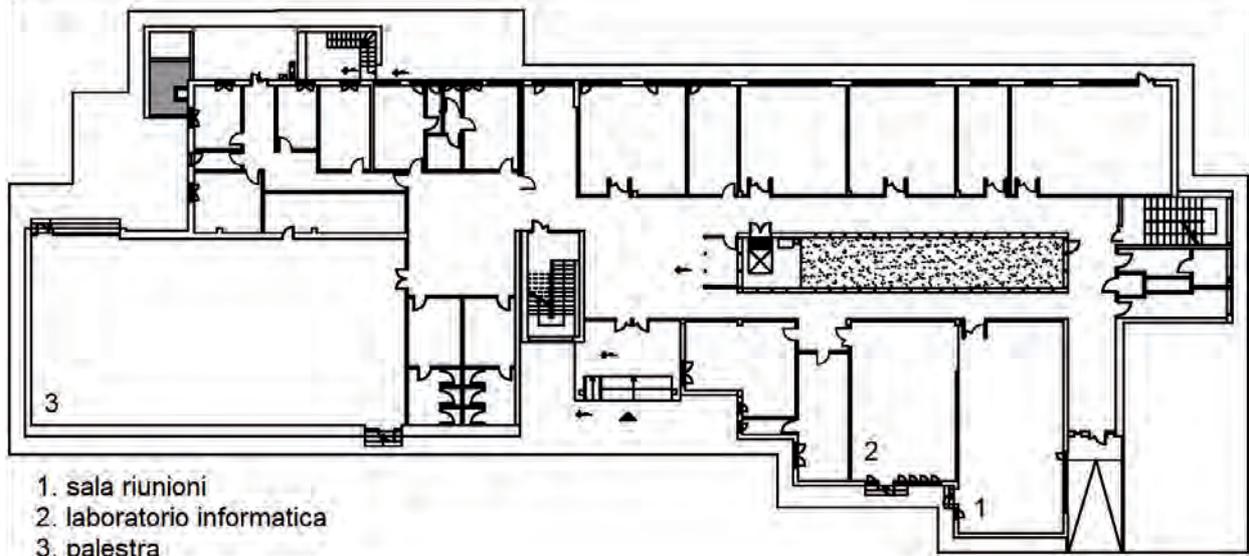
Descrizione

L'attività oggetto della progettazione, che si sviluppa in un edificio avente tre piani fuori terra, riguarda un liceo classico - scuola secondaria di secondo grado.

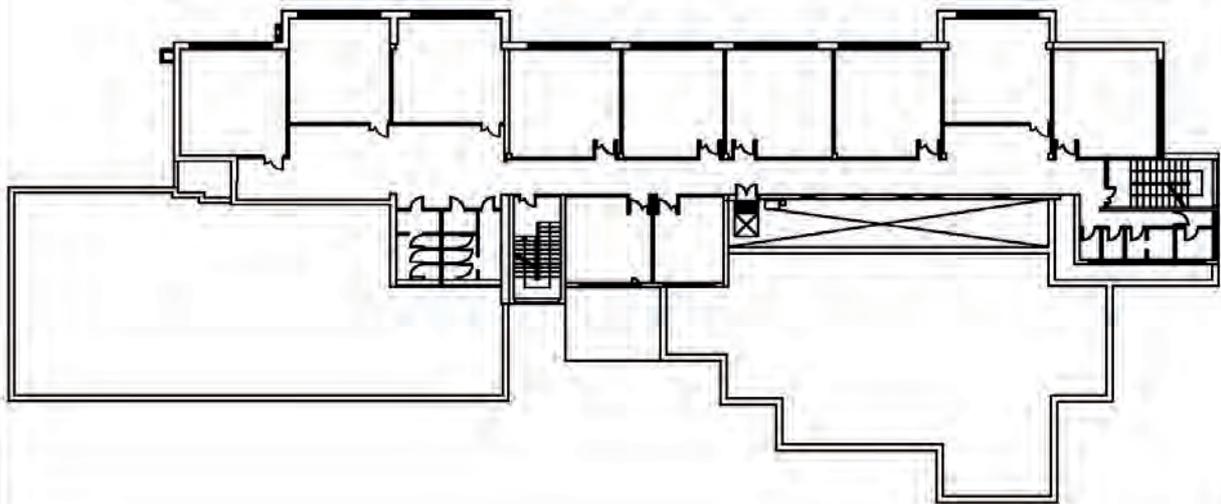
L'edificio è servito da due corpi scala di tipo protetto ed è ad uso esclusivo della scuola; gli ambienti a servizio presentano destinazione d'uso pertinente l'attività.

All'interno della scuola, in conformità ai criteri definiti per il calcolo dell'affollamento, è prevista la presenza contemporanea di 470 occupanti (alunni, personale docente e amministrativo e visitatori occasionali), secondo quanto dichiarato dal responsabile dell'attività.

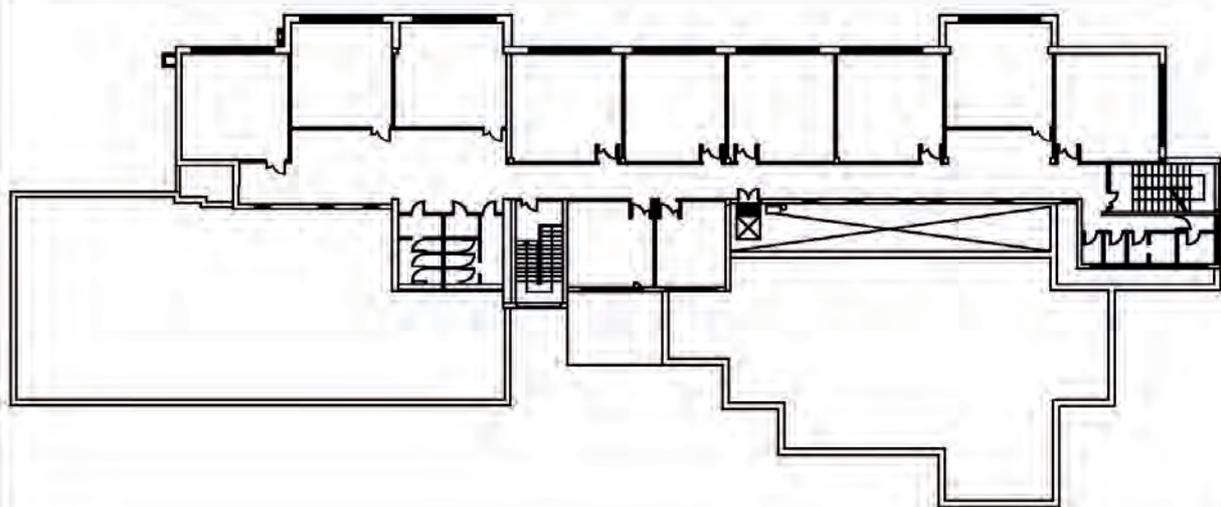




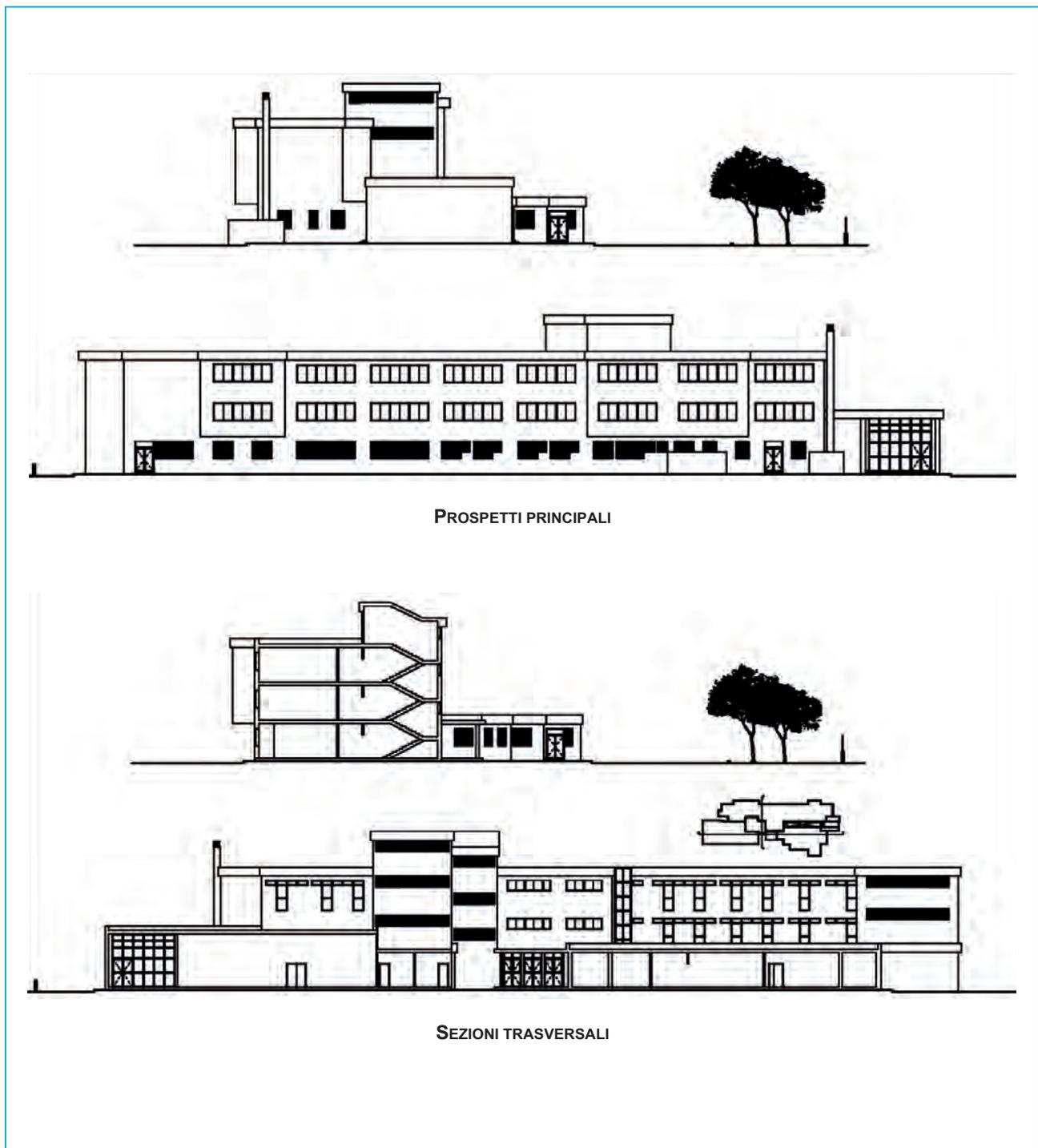
PLANIMETRIA PIANO TERRA



PLANIMETRIA PIANO PRIMO



PLANIMETRIA PIANO SECONDO



PROSPETTI PRINCIPALI

SEZIONI TRASVERSALI

Contestualizzazione dell'attività in relazione alla prevenzione incendi

Trattasi di attività classificata al punto 67.4.C dell'Allegato I del d.p.r. 1 agosto 2011 n. 151: "Scuole di ogni ordine, grado e tipo, collegi, accademie con oltre 300 persone presenti".

Riferimenti normativi

- d.m. 3 agosto 2015 - "Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del d.lgs. 8 marzo 2006, n. 139" - Aggiornamento d.m. 18 ottobre 2019, come aggiornata dai decreti 14 febbraio 2020 e 6 aprile 2020 per la sezione V.

Studio della problematica antincendio

Ci si propone, nell'ambito generale della progettazione antincendio dell'attività, di focalizzare l'attenzione sul sistema d'esodo.

Obiettivi dello studio

La seguente esposizione è redatta secondo l'Allegato I del d.m. 18 ottobre 2019; nello specifico essa rispetta:

- la Regola Tecnica Verticale (RTV) - Attività scolastiche (d.m. 7 agosto 2017)

RTV V.7 Attività scolastiche

V.7.1 Scopo e campo di applicazione

Disposizioni di prevenzione incendi riguardanti edifici o locali adibiti ad attività scolastica di ogni ordine, grado e tipo, collegi e accademie, con affollamento superiore a 100 occupanti (attività 67).

V.7.2 Classificazioni

- in relazione al numero degli occupanti: $300 < n \leq 500 \rightarrow OB$;
- in relazione alla massima quota dei piani h: $h \leq 12 \text{ m} \rightarrow HA$.

Le aree dell'attività in esame sono classificate come segue:

Aule	TA
Laboratorio scientifico	
Biblioteca (< 50 persone)	
Sala Riunioni (< 50 persone)	
Laboratorio informatica	TT
Palestra	TZ
Uffici/archivio/ripostiglio	
Presidenza	
Aula professori	

- TA: locali destinati ad attività didattica e spazi comuni;
- TT: locali in cui siano presenti quantità significative di apparecchiature elettriche ed elettroniche, locali tecnici rilevanti ai fini della sicurezza antincendio
- TZ: altre aree.

V.7.3 Profili di rischio

Ai fini della valutazione del rischio di incendio nella scuola in esame, si definiscono i profili di rischio secondo le tabelle del Cap. G.3.

R_{vita}		δ_{occ}	δ_{α}
Aule Laboratorio scientifico Biblioteca Uffici Aule professori Presidenza Sala riunioni	A2	Gli occupanti sono in stato di veglia ed hanno familiarità con l'edificio	300 media
Palestra	A1		600 lenta
Laboratorio informatica	A3		150 rapida

R_{beni}	per l'intera attività	1
$R_{ambiente}$	per l'intera attività	non significativo

Attribuzione dei livelli di prestazione

Reazione al fuoco	Livello III - II di prestazione (parr. S.1.3, S.1.4.1, S.1.4.2 e V.7.4.1)
Resistenza al fuoco	Livello III di prestazione (parr. S.2.3, S.2.4.3 e V.7.4.2)
Compartimentazione	Livello II di prestazione (parr. S.3.3, S.3.4.1 e V.7.4.3)
Esodo	Livello I di prestazione (parr. S.4.3 e S.1.4.1)
Gestione della sicurezza antincendio	Livello I di prestazione (parr. S.5.3, S.5.4.1 e V.7.4.4)
Controllo dell'incendio	Livello III di prestazione (parr. S.6.3, S.6.4.2 e V.7.4.5) Rete di Idranti (UNI 10779)
Rivelazione ed allarme	Livello II di prestazione (parr. S.7.3 S.7.4.2 e V.7.4.6) Impianto IRAI (UNI 9795)
Controllo di fumi e calore	Livello II di prestazione (parr. S.8.3 e S.8.4.1)
Operatività antincendio	Livello II di prestazione (parr. S.9.3 e S.9.4.1)
Sicurezza degli impianti tecnologici	Livello I di prestazione (parr. S.10.3 e S.10.4.1)

Segue una sintetica illustrazione delle misure della strategia antincendio applicate, eccettuata la misura antincendio S.4, di cui si tratterà ampiamente nel paragrafo a essa dedicato.

V.7.4 Strategia antincendio (sintesi delle varie misure antincendio)

Devono essere applicate tutte le misure antincendio della RTO, attribuendo i livelli di prestazione secondo i criteri in essa definiti.

La RTV specifica fornisce indicazioni complementari o sostitutive delle soluzioni conformi previste dai corrispondenti livelli di prestazione della RTO (ma non limita, in nessun caso, il ricorso a soluzioni alternative).

Misura	Sintesi di adeguamento
<p style="text-align: center;">S1 Reazione al fuoco</p>	<p>Per effettuare la scelta del livello di prestazione sono state consultate le tabb. S.1-1, S.1-2 e S.1-3 presenti nel Cap. S.1.</p> <p>Nel caso specifico, agli ambiti dell'attività con R_{vita} pari ad A1, A2, A3 è attribuito il livello di prestazione I, secondo i criteri di accettabilità relativo alle vie di esodo e quelli relativi agli altri locali dell'attività.</p> <p>Livello di prestazione I → Il contributo all'incendio dei materiali non è valutato.</p> <p>La RTV, per quanto riguarda il capitolo della misura antincendio S.1 Reazione al fuoco, prescrive che nelle vie d'esodo verticali, passaggi di comunicazione delle vie d'esodo orizzontali (es.: corridoi, atri, spazi calmi, filtri, ...) devono essere impiegati materiali appartenenti almeno al gruppo GM2 di reazione al fuoco (Cap. S.1).</p> <p>Tale soluzione viene estesa, a vantaggio di sicurezza, a tutti i restanti locali nei compartimenti, pertanto saranno presenti o installati esclusivamente materiali appartenenti al gruppo GM2.</p> <p><i>Per tale motivo si è incrementato il livello di prestazione, nel caso degli ambiti con R_{vita} pari ad A1, A2, A3, da I a III.</i></p>
<p style="text-align: center;">S2 Resistenza al fuoco</p>	<p>Secondo i criteri di attribuzione dei livelli di prestazione la scuola in esame dovrà avere un livello di prestazione III → Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la durata dell'incendio (definizione secondo tab. S.2-1).</p> <p>Per garantire il livello di prestazione III attribuito, si applica soluzione progettuale di tipo conforme con le seguenti misure:</p> <ul style="list-style-type: none"> la classe minima di resistenza al fuoco è determinata in conformità alle prescrizioni della RTV in base all'altezza antincendio del fabbricato (tab. V.7-1); pertanto, essendo l'attività di tipo HA ($h \leq 12$ m), il requisito minimo richiesto per la resistenza al fuoco è pari a 30.; la classe minima di resistenza al fuoco prevista dalla RTV è stata confrontata con la classe determinata per ciascun compartimento in relazione al carico di incendio specifico di progetto $q_{f,d}$. Dall'esito di tale valutazione, consultando la tab. S.2-3, la classe risulta essere 45.
<p style="text-align: center;">S3 Compartimentazione</p>	<p>Secondo i criteri di attribuzione dei livelli di prestazione alla compartimentazione della scuola si attribuisce il livello di prestazione II → sono contrastate per un periodo congruo con la durata dell'incendio (tab. S.3-1):</p> <ul style="list-style-type: none"> la propagazione dell'incendio verso altre attività; la propagazione dell'incendio all'interno della stessa attività. <p>Per la RTV, essendo l'attività classificata di tipo HA ($h \leq 12$ m), per le aree di tipo TA (locali destinati ad attività didattica ed aree comuni), non sono previsti requisiti</p>

	<p>aggiuntivi rispetto a quanto previsto nel Cap. S.3; per le aree TZ le eventuali caratteristiche di compartimentazione dipendono dai risultati dell'analisi di rischio e le aree TT devono essere protette.</p> <p>Per garantire il livello di prestazione attribuito, si applica la soluzione conforme con le misure antincendio di seguito descritte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • interposizione della distanza di separazione all'interno della stessa attività e verso altre attività; • suddivisione della volumetria in compartimenti antincendio. <p>L'attività è ubicata in un edificio isolato, ad essa esclusivamente dedicato, che non ha comunicazioni con altre attività.</p> <p>La verifica dello spazio scoperto è soddisfatta in quanto l'edificio prospetta su spazi a cielo libero di superficie lorda minima non inferiore a quella che si ottiene moltiplicando per 3 l'altezza in metri della parete più bassa che li delimita; inoltre la distanza tra le strutture verticali che delimitano lo spazio scoperto è non inferiore a 3,50 m.</p> <p>Le aree dell'attività con diverso profilo di rischio vengono inserite in compartimenti distinti. È prevista dunque la compartimentazione di:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sala riunioni • laboratorio di informatica • palestra <p>La classe di resistenza al fuoco minima di ciascun compartimento è stata determinata secondo quanto previsto al punto precedente in riferimento alla misura S.2 Resistenza al fuoco ed è non inferiore a 45.</p> <p>Tutte le chiusure dei varchi tra compartimenti e vie di esodo di una stessa attività saranno a tenuta di fumi caldi (E45) e freddi (Sa), mentre le chiusure dei varchi tra compartimenti saranno EI45.</p>								
<p style="text-align: center;">S5 Gestione della Sicurezza Antincendio</p>	<p>Secondo i criteri di attribuzione dei livelli di prestazione alla scuola viene attribuito un livello di prestazione I → Gestione della sicurezza antincendio per il mantenimento delle condizioni di esercizio e di risposta all'emergenza (tab. S.5-1).</p> <p>Sono inoltre osservate le misure aggiuntive previste da RTV per le aree TA nelle quali dovrà essere installata adeguata cartellonistica indicante il massimo affollamento consentito.</p> <p>Il responsabile dell'attività, ovvero il dirigente scolastico, per la parte gestionale, e l'Ente proprietario dell'edificio, per la parte strutturale ed impiantistica, acquisiscono dalla presente progettazione le indicazioni, le limitazioni e le modalità di esercizio ammesse per un'appropriata gestione della sicurezza antincendio dell'attività, al fine di limitare la probabilità d'incendio, garantire il corretto funzionamento dei sistemi di sicurezza e la gestione dell'emergenza in caso di incendio.</p> <p>Per garantire il livello di prestazione I relativamente alla misura GSA è applicata la soluzione conforme che individua le figure responsabili con compiti specifici.</p>								
<p style="text-align: center;">S6 Controllo dell'incendio</p>	<p>Secondo i criteri di attribuzione dei livelli di prestazione alla scuola viene attribuito un livello di prestazione III → Controllo o estinzione manuale dell'incendio (tab S.6-1).</p> <p>Per la progettazione della rete idrica antincendio è stata applicata la norma UNI 10779, ed essendo l'attività classificata di tipo OB e di tipo HA, la RTV prevede (tab. V.7-4) requisiti aggiuntivi rispetto a quelli previsti nel Cap. S.6. In particolare, deve essere prevista la protezione interna e adottati i seguenti parametri di progettazione minimi:</p> <table border="1" data-bbox="523 1451 1430 1597"> <thead> <tr> <th>Classificazione dell'attività</th> <th>Livello di pericolosità minimo (UNI 10779)*</th> <th>Protezione esterna</th> <th>Caratteristiche minime alimentazione idrica (UNI EN 12845)**</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">OB</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">Non richiesta</td> <td style="text-align: center;">Singola</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>*Livello 1: aree ove quantità e/o combustibilità dei materiali presenti sono basse e che presentano comunque basso pericolo in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo incendio da parte delle squadre di emergenza.</i></p> <p><i>**Caratteristiche minime alimentazione idrica (UNI EN 12845): l'alimentazione idrica singola può essere costituita da:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> a. Un acquedotto b. Un acquedotto con una o più pompe di surpressione c. Un serbatoio a pressione d. Un serbatoio a gravità e. Un serbatoio di accumulo con una o più pompe f. Una sorgente inesauribile con una o più pompe. <p>Per garantire il livello di prestazione III, relativamente alla misura S.6, la soluzione adottata prevede un'unica tipologia di estintore per tutti gli ambiti presenti, ovvero l'estintore idrico 21 A con carica nominale da 6 l.</p>	Classificazione dell'attività	Livello di pericolosità minimo (UNI 10779)*	Protezione esterna	Caratteristiche minime alimentazione idrica (UNI EN 12845)**	OB	1	Non richiesta	Singola
Classificazione dell'attività	Livello di pericolosità minimo (UNI 10779)*	Protezione esterna	Caratteristiche minime alimentazione idrica (UNI EN 12845)**						
OB	1	Non richiesta	Singola						
<p style="text-align: center;">S7 Rivelazione e Allarme</p>	<p>Secondo i criteri di attribuzione dei livelli di prestazione alla scuola viene attribuito un livello di prestazione II → Rivelazione manuale dell'incendio mediante sorveglianza</p>								

	<p>degli ambiti da parte degli occupanti dell'attività e conseguente diffusione dell'allarme (tab S. 7-1). La RTV non prescrive indicazioni complementari o sostitutive.</p> <p>Deve essere installato un IRAI progettato secondo le indicazioni del par. S.7.5, implementando la funzione principale D (segnalazione manuale di incendio da parte degli occupanti) e la funzione principale C (allarme incendio) estesa a tutta l'attività.</p> <p>Considerato che per esigenze funzionali e didattiche la scuola ha necessità di un sistema di filodiffusione, si è deciso di installare l'EVAC in modo da poter assolvere, in emergenza, alla diffusione degli allarmi (sistema dual purpose).</p> <p>In base al livello di prestazione I della GSA è prevista la categoria 1 del sistema EVAC, secondo quanto riportato nella tab. S.7-7.</p> <p>I presidi antincendio devono essere indicati da segnaletica di sicurezza UNI EN ISO 7010. Devono inoltre essere soddisfatte le prescrizioni aggiuntive indicate nella tabella S.7-3, ove pertinenti, secondo valutazione del rischio d'incendio.</p> <p>Si è ritenuto opportuno prevedere, nel laboratorio di informatica, in relazione all'IRAI, la funzione A di rivelazione automatica dell'incendio.</p>
<p>S8 Controllo di fumi e calore</p>	<p>Secondo i criteri di attribuzione dei livelli di prestazione alla scuola viene attribuito un livello di prestazione II → Deve essere possibile smaltire fumi e calore dell'incendio dai compartimenti al fine di facilitare le operazioni delle squadre di soccorso (tab. S.8-1). Per ogni piano e locale del compartimento è possibile effettuare smaltimento di fumo e calore d'emergenza attraverso aperture di smaltimento ordinariamente, di tipo SEd, disponibili per la funzionalità dell'attività (finestre e porte verso l'esterno), uniformemente distribuite lungo tutto il perimetro dell'edificio e tali da garantire il rispetto del criterio dell'uniforme distribuzione in pianta con la completa copertura dei locali entro il raggio di influenza di r_{offset} di 20 m.</p> <p>Le aperture di smaltimento, secondo le prescrizioni nel par. S.8.5.1, saranno protette dall'ostruzione accidentale durante l'esercizio dell'attività; la gestione delle aperture di smaltimento viene considerata nel piano di emergenza dell'attività. Le aperture di smaltimento sono tali che:</p> <ul style="list-style-type: none"> • è possibile smaltire fumo e calore da tutti gli ambiti del compartimento; • fumo e calore smaltiti non interferiscono con il sistema delle vie d'esodo e non propagano l'incendio verso altri locali, piani o compartimenti, grazie anche allo sfalsamento dei piani dell'edifici (il piano primo presenta facciate rientranti rispetto al piano terra). <p>La superficie utile SE può essere suddivisa in più aperture; ciascuna di esse ha forma regolare e superficie utile $\geq 0,10 \text{ m}^2$.</p>
<p>S9 Operatività antincendio</p>	<p>La scuola rispetta i criteri d'attribuzione relativi al livello di prestazione II, la cui soluzione conforme prevede che sia permanentemente assicurata la possibilità di avvicinare i mezzi di soccorso antincendio, adeguati al rischio d'incendio, a distanza $\leq 50 \text{ m}$ dagli accessi per soccorritori dell'attività, localizzati al piano terra (quota 0) su pubblica via.</p> <p>Per consentire l'intervento dell'autoscala dei VV.F., gli accessi all'attività dalla via pubblica devono possedere i seguenti requisiti minimi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Larghezza: 3,50 m → larghezza effettiva 6,20 m; • Altezza libera: 4,00 m → strada a cielo aperto; • Raggio di volta: 13,00 m → raggio di volta effettivo 13,00 m • Pendenza: $\leq 10\%$; → strada pianeggiante; • Resistenza al carico: almeno 20 tonnellate, di cui 8 sull'asse anteriore e 12 sull'asse posteriore con passo 4 m.
<p>S10 Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio</p>	<p>Livello di prestazione = I secondo i criteri di attribuzione della RTO.</p> <p>Si prevedono come soluzioni conformi impianti tecnologici e di servizio progettati, installati, verificati, eserciti e mantenuti a regola d'arte, in conformità alla regolamentazione vigente secondo le norme di buona tecnica applicabili. Questi impianti devono garantire i requisiti antincendio previsti nei parr. S.10.5 e S.10.6.</p>

Devono essere altresì applicate le prescrizioni, ove pertinenti, dei Capp. V.1 (aree a rischio specifico), V.2 (aree a rischio per atmosfere esplosive) e V.3 (vani degli ascensori).

Focus misura S.4 Esodo

S.4.1 Premessa

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 attraversati durante l'esodo.

Il sistema d'esodo deve assicurare la prestazione richiesta a prescindere dall'intervento dei VV.F..

Nel caso in esame, la modalità di esodo prevista è quella di **esodo simultaneo** (punto S.4.1.3.a).

S.4.2 Livelli di prestazione

S.4.3 Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

Come noto:

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

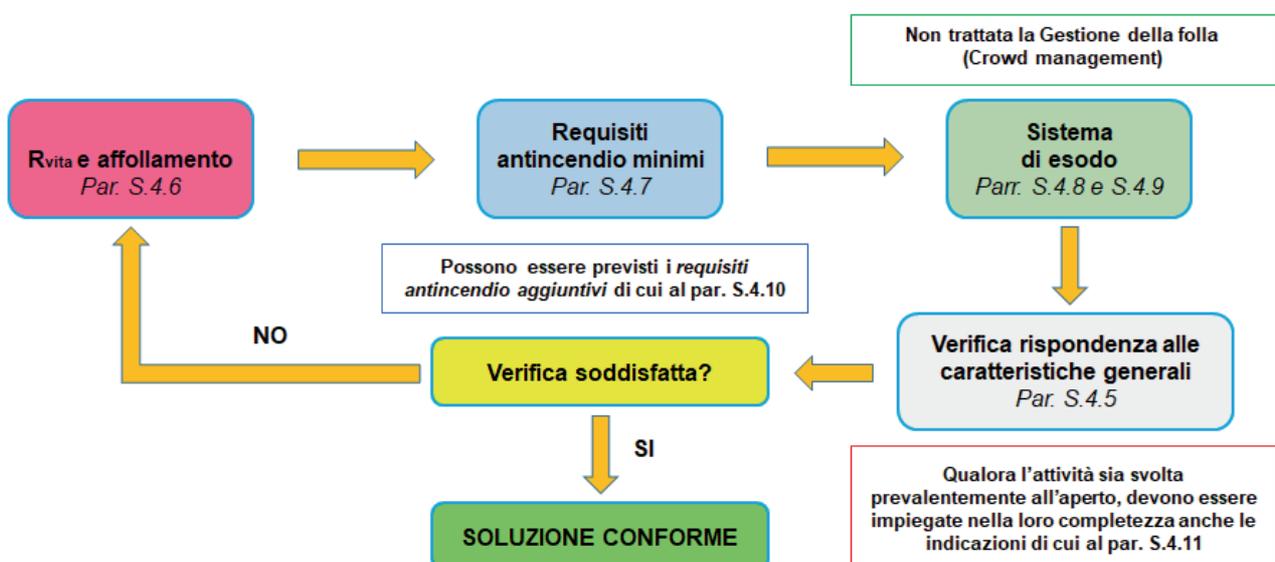
Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Tutte le attività
II	Ambiti per i quali non sia possibile assicurare il livello di prestazione I (es. a causa di dimensione, ubicazione, abilità degli occupanti, tipologia dell'attività, caratteristiche geometriche particolari, vincoli architettonici,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

La RTV V.7 Attività scolastiche, per quanto riguarda la misura S.4, non prescrive indicazioni complementari o sostitutive; pertanto, per questa misura si seguono le indicazioni della RTO.

S.4.4 Soluzioni progettuali

S.4.4.1 Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

Come nei casi studio precedenti, si può schematizzare la procedura descritta nel grafico seguente:



S.4.6 Dati di ingresso per la progettazione del sistema di esodo

Il par. S.4.5 “Caratteristiche del sistema d’esodo”, secondo la logica del grafico, sarà affrontato al termine dell’esame del par. S.4.10, anche se è fondamentale tenere bene in mente i suoi contenuti.

La progettazione del sistema d’esodo prevede, per prima cosa, la definizione dei dati di ingresso per ciascun compartimento.

S.4.6.1 Profilo di rischio R_{vita} di riferimento

Ciascun componente del sistema d’esodo è stato dimensionato in funzione del più gravoso, ai fini dell’esodo, dei profili R_{vita} dei compartimenti serviti.

Al piano terra, oltre le aule, sono presenti tre compartimenti differenti, aventi uscita diretta verso luogo sicuro esterno, che presentano i rispettivi profili di rischio:

- R_{vita} = A3 per il laboratorio informatica;
- R_{vita} = A2 per la sala riunioni;
- R_{vita} = A1 per la palestra.

Pertanto il profilo di rischio R_{vita} di riferimento è il A3.

S.4.6.2 Affollamento

L'affollamento di ciascun compartimento può essere determinato moltiplicando la densità di affollamento per la superficie lorda del compartimento (vedi tab. S.4-12):

I vari affollamenti sono riassunti di seguito:

Piano terra	Superficie lorda (m ²)	Densità di affollamento	Affollamento teorico (p)	Affollamento dichiarato (p)
Aule	21,6	0,4	9	9
	47,2	0,4	19	19
	47,6	0,4	19	19
	22,4	0,4	9	9
	36,5	0,4	15	15
Laboratorio scientifico	71,4	0,4	29	29
Biblioteca	47,2	0,2	9	9
Archivio	23,8	0,2	5	2
Uffici Aule professori	12,2	0,4	5	2
	10,4	0,4	4	2
	16,3	0,4	7	2
	17,6	0,4	7	3
	17,6	0,4	7	3
	18,6	0,4	7	3
Presidenza	26,3	0,4	11	6
Portineria	6,3	0,4	3	2
Palestra	283,0	0,4	113	31
Laboratorio informatica	68,4	0,4	27	27
Sala riunioni	90,0	0,4	36	36
Totali			341	228
			Totale effettivo	96

Il totale effettivo è la somma dell'affollamento dichiarato sottratti i contributi segnati in rosa, ovvero di quei locali che sono considerati spazi comuni (già conteggiati nel computo degli altri ambiti quali aule, ecc.).

AFFOLLAMENTO PIANO TERRA

Piani primo e secondo	Superficie lorda (m ²)	Densità di affollamento	Affollamento teorico (p)
Aule	44,7	0,4	18
	43	0,4	17
	46,6	0,4	19
	48,5	0,4	19
	44,2	0,4	18
	46,6	0,4	19
	47,9	0,4	19
	45,2	0,4	18
	45,6	0,4	18
	30,0	0,4	12
	24,2	0,4	10
Totale teorico			187

AFFOLLAMENTO DI CIASCUNO DEI DUE PIANI SUPERIORI

Il valore dell'affollamento delle aule è stato determinato utilizzando i valori calcolati teoricamente (moltiplicando le superfici lorde dei locali per le rispettive densità di affollamento); ciò potrebbe condurre ad un risultato sovrastimato rispetto a quanto dichiarato dal responsabile dell'attività.

In ogni caso, (par. S.4.6.2.2), si ipotizza che nello svolgimento ordinario dell'attività scolastica sia presente un affollamento pari a:

$$96 + 187 + 187 = 470 \text{ occupanti}$$

Il titolare si impegna a rispettare l'affollamento e la densità di affollamento massimi per ogni ambito e in ogni condizione di esercizio dell'attività (par. S.4.6.2.3).

S.4.7 Requisiti antincendio minimi per l'esodo

Il numero minimo di vie d'esodo verticali e orizzontali per ciascun ambito dell'attività è stato determinato in relazione ai vincoli imposti dal par. S.4.8.1 per il numero minimo di vie d'esodo e dal par. S.4.8.2 per l'ammissibilità dei corridoi ciechi, come di seguito indicato.

In riferimento alla tab. S.4-14, l'edificio non ha piani interrati e non ha piani posti a quota superiore a 54 m, pertanto con R_{vita} = A3 non sussiste l'obbligo di avere due vie di esodo indipendenti.

Al piano terra, la sala riunioni e il laboratorio informatica presentano, ciascuno, due uscite, una verso l'esterno e l'altra verso l'interno del piano; possedendo profili di rischio diversi, occorrerà dimensionare il percorso di esodo in relazione al profilo più gravoso, indipendentemente dai compartimenti attraversati (vedi par. S.4.6.1).

La palestra, invece, presentando entrambe le uscite verso l'esterno è già verificata sotto questo aspetto.

S.4.8 Progettazione del sistema d'esodo

Il sistema d'esodo è stato dimensionato in modo da consentire agli occupanti di abbandonare il compartimento di primo innesco e raggiungere un luogo sicuro temporaneo (es.: compartimento adiacente) o direttamente il luogo sicuro, prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti negli ambiti dell'attività ove essi si trovano. La lunghezza del corridoio cieco e la lunghezza d'esodo, valutata a partire dal punto in cui si trova ciascun occupante, è stata calcolata dall'interno di ciascun locale.



S.4.8.1 Vie d'esodo ed uscite indipendenti

Le *vie d'esodo* o *uscite* si definiscono indipendenti quando viene minimizzata la probabilità che possano essere contemporaneamente rese indisponibili dagli effetti dell'incendio.

S.4.8.1.1 Numero minimo di vie d'esodo indipendenti

Al fine di limitare la probabilità che l'esodo degli occupanti sia impedito dall'incendio, devono essere previste almeno due vie d'esodo indipendenti.

È ammessa la presenza di corridoi ciechi secondo le prescrizioni del par. S.4.8.2.

S.4.8.1.2 Numero minimo di uscite indipendenti

Al fine di limitare la probabilità che si sviluppi sovraffollamento localizzato alle uscite, da ciascun locale o spazio a cielo libero dell'attività, il numero minimo di uscite indipendenti è stato previsto facendo riferimento alla tab. S.4-15 in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento e dell'affollamento dell'ambito servito:

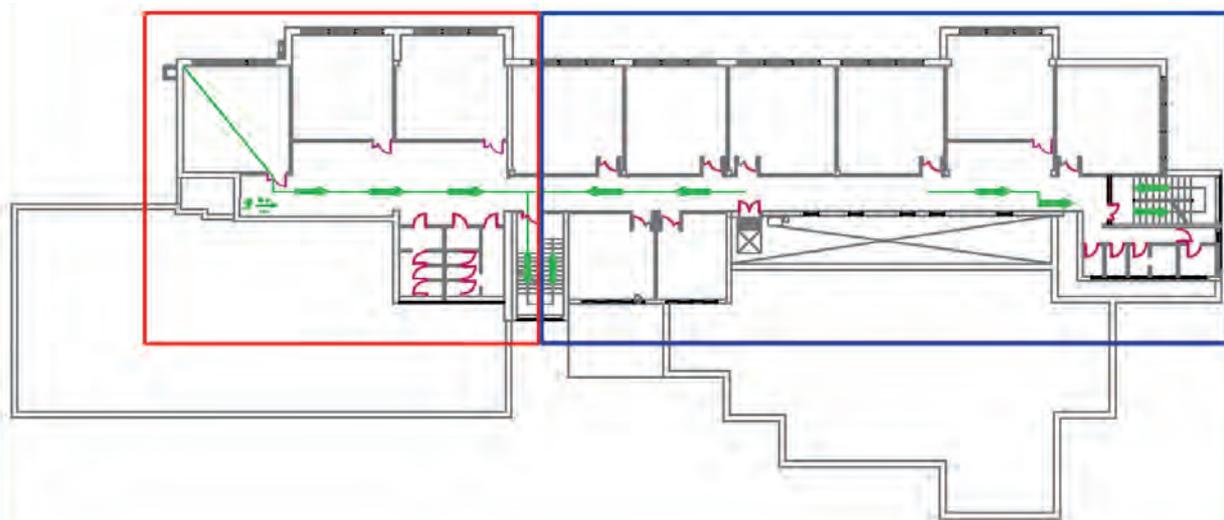
R_{vita}	Affollamento dell'ambito servito	Numero minimo uscite indipendenti
Qualsiasi	> 500 occupanti	3
B1 [1], B2 [1], B3 [1]	> 150 occupanti	
Altri casi		2
Se ammesso corridoio cieco secondo le prescrizioni del paragrafo S.4.8.2.		1
[1] Ambiti con densità d'affollamento > 0,4 p/m ²		

TAB. S.4-15: NUMERO MINIMO DI USCITE INDIPENDENTI DA LOCALE O SPAZIO A CIELO LIBERO

Il numero minimo di vie d'esodo risulta:

- Piano Terra = 2 vie d'esodo
- Primo e secondo piano = 2 vie d'esodo ambito destro (blu) e 1 via d'esodo ambito sinistro (rosso)

Si considera "ambito"²⁹ l'ala sinistra, rispetto alla posizione della scala protetta centrale, in quanto presente un corridoio cieco.



SUDDIVISIONE AMBITI PIANI PRIMO E SECONDO

Per il corridoio cieco che interessa le tre aule di sinistra è quindi necessario verificare che sia rispettata la lunghezza massima del corridoio cieco (par. S.4.8.2).

S.4.8.1.3 Determinazione dell'indipendenza tra vie d'esodo orizzontali e tra uscite

Per l'attività possono essere considerate indipendenti, ai vari piani, coppie di vie d'esodo orizzontali, in quanto risulta sempre verificata la condizione per cui l'angolo formato dai percorsi rettilinei è $\geq 45^\circ$ e dove invece risulta minore di 45 gradi, forma dei corridoi ciechi che rispettano le condizioni di ammissibilità e la lunghezza massima descritta al punto successivo.

S.4.8.1.4 Determinazione dell'indipendenza tra vie d'esodo verticali

Per l'attività possono essere considerate indipendenti, ai vari piani, le vie d'esodo verticali, in quanto risultano inserite in compartimenti distinti.

S.4.8.2 Corridoi ciechi

Occorre verificare che sia rispettata l'ammissibilità e la massima lunghezza corridoi ciechi, ovvero che siano rispettati i limiti imposti nella tab. S.4-18 in relazione ai profili di rischio R_{vita} presenti e del massimo affollamento.

Dalla tab. S.4-15 si evince che è ammessa una sola via di uscita qualora il corridoio cieco rispetti le indicazioni indicate nel par S.4.8.2.

²⁹ Punto G.1.7.8 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, ecc.

R _{vita}	Max affollamento	Max lunghezza L _{cc}	R _{vita}	Max affollamento	Max lunghezza L _{cc}
A1	≤ 100 occupanti	≤ 45 m	B1, E1	≤ 50 occupanti	≤ 25 m
A2		≤ 30 m	B2, E2		≤ 20 m
A3		≤ 15 m	B3, E3		≤ 15 m
A4	≤ 50 occupanti	≤ 10 m	Cii1, Ciii1		≤ 20 m
D1		≤ 20 m	Cii2, Ciii2		≤ 15 m
D2		≤ 15 m	Cii3, Ciii3		≤ 10 m

I valori delle massime lunghezze di corridoio cieco di riferimento L_{cc} possono essere incrementati in relazione a requisiti antincendio aggiuntivi, secondo la metodologia del paragrafo S.4.10.

TAB. S.4-18: CONDIZIONI PER IL CORRIDOIO CIECO

Dalla tabella si ricava:

- Piano terra con R_{vita} A1: L_{cc} ≤ 45 m
- Piano terra con R_{vita} A3: L_{cc} ≤ 15 m
- Piani primo e secondo con R_{vita} A2: L_{cc} ≤ 30 m (ambiti per i quali si è operata la verifica).

Si segnala che la nuova versione del Codice (d.m. 18 ottobre 2019), rispetto a quella originaria, prevede:

- la possibilità di incrementare, per alcuni profili R_{vita}, le misure delle lunghezze del corridoio cieco (par. S.4.10);
- la possibilità di omettere, nel calcolo della lunghezza del percorso del corridoio cieco, alcune parti purché rispettino determinati requisiti inseriti previsti (vedi tab. S.4-20).

Dalla definizione di “Lunghezza di corridoio cieco”: distanza che ciascun occupante deve percorrere lungo una via d'esodo dal punto in cui si trova fino a raggiungere un luogo sicuro o un punto in cui diventa possibile l'esodo in più di una direzione; nel caso in esame, la lunghezza del corridoio cieco è inferiore alla massima lunghezza prescritta dal Codice pertanto non è necessario omettere alcuna porzione di corridoio cieco.

S.4.8.3 Lunghezze d'esodo

Al fine di limitare il tempo necessario agli occupanti per abbandonare il compartimento di primo innesco, almeno una delle lunghezze d'esodo determinate da qualsiasi punto dell'attività non deve superare i valori massimi L_{es} della tab. S.4-25 in funzione dei profili di rischio R_{vita} di riferimento:

R _{vita}	Max lunghezza d'esodo L _{es}	R _{vita}	Max lunghezza d'esodo L _{es}
A1	≤ 70 m	B1, E1	≤ 60 m
A2	≤ 60 m	B2, E2	≤ 50 m
A3	≤ 45 m	B3, E3	≤ 40 m
A4	≤ 30 m	Cii1, Ciii1	≤ 40 m
D1	≤ 30 m	Cii2, Ciii2	≤ 30 m
D2	≤ 20 m	Cii3, Ciii3	≤ 20 m

I valori delle massime lunghezze d'esodo di riferimento possono essere incrementati in relazione a requisiti antincendio aggiuntivi, secondo la metodologia del paragrafo S.4.10.

TAB. S.4-25: MASSIME LUNGHEZZE D'ESODO

Per gli ambiti dell'attività esaminati sono rispettate le seguenti limitazioni:

- Compartimenti con R_{vita} A1: L_{es} ≤ 70 m
- Compartimenti con R_{vita} A2: L_{es} ≤ 60 m
- Compartimento con R_{vita} A3: L_{es} ≤ 45 m

S.4.8.4 Altezza delle vie d'esodo

L'altezza delle vie di esodo è sempre superiore a 2 m.

S.4.8.5 Larghezza delle vie d'esodo

La larghezza delle vie di esodo è la minima misurata, dal piano di calpestio fino all'altezza di 2 m, al netto dell'ingombro di eventuali elementi sporgenti con esclusione degli estintori.

Tra gli elementi sporgenti non sono da considerarsi i corrimano e i dispositivi di apertura delle porte con sporgenza ≤ 80 mm.

Dopo aver individuato le condizioni più gravose per i componenti del sistema d'esodo tramite la verifica di ridondanza prevista al par. S.4.8.6, si determina la larghezza minima delle vie d'esodo come previsto ai parr. S.4.8.7, S.4.8.8 e S.4.8.9.

S.4.8.6 Verifica di ridondanza delle vie d'esodo

Ai fini della verifica di ridondanza, si deve rendere indisponibile una via d'esodo alla volta e verificare che le restanti vie d'esodo indipendenti da questa abbiano larghezza complessiva sufficiente a consentire l'esodo degli occupanti.

S.4.8.7 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali

La larghezza minima L_o delle vie d'esodo orizzontali (es.: corridoio, porta, uscita, ecc.), che consente il regolare esodo degli occupanti che la impiegano, è calcolata come segue:

$$L_o = L_u \cdot n_o$$

Rinviando alla lettura dei casi studio precedenti, in base ai profili di rischio R_{vita} di riferimento, la larghezza unitaria L_u risulta essere pari a 3,80 mm/persona (tab. S.4-27).

La larghezza minima delle vie di esodo orizzontali si calcola per il caso più sfavorevole.

Piano	L_u (mm/persona)	n_o	L_o (mm)
Terra ³⁰	3,80	69	262,2
	4,60	27	124,2
Primo	3,80	187	710,6
Secondo	3,80	187	710,6

Si considera quindi $n_o = 187$, ovvero il maggiore affollamento dato dal primo o dal secondo piano, ottenendo:

$$L_o = L_u \cdot n_o = 3,80 \cdot 187 = 710,6 \text{ mm}$$

Anche se il Codice ammette, dato l'affollamento dell'ambito servito minore di 300 occupanti, una dimensione minima di 900 mm, per consentire l'esodo ad occupanti che impiegano ausili per il movimento, vedi tab. S.4-28, in base ai risultati della *verifica di ridondanza* si è proceduto con la realizzazione di una via di esodo orizzontale di larghezza 1500 mm, per tutti i piani.

S.4.8.8 Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo verticali

S.4.8.8.1 Calcolo in caso di esodo simultaneo

Applicando la procedura di esodo simultaneo, le vie d'esodo verticali devono essere in grado di consentire l'esodo contemporaneo di tutti gli occupanti da tutti i piani serviti.

³⁰ Al piano terra si sono distinti i contributi dovuti agli occupanti con profili di rischio di tipo A2 e A3

La larghezza L_v è calcolata come segue:

$$L_v = L_u \cdot n_v$$

Rinviando alla lettura dei casi studio precedenti, in base alla tab. S.4-29, in funzione dei profili di rischio R_{vita} di riferimento, si ha la seguente situazione:

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

I valori delle larghezze unitarie sono espressi in mm/persona ed assicurano una durata dell'attesa in coda, per gli occupanti che impiegano la specifica via d'esodo, non superiore a Δt_{coda} .
I valori delle larghezze unitarie devono essere incrementati per le *scale* secondo le indicazioni della tabella S.4-30, oppure per le *rampe* secondo le indicazioni della tabella Tabella S.4-31.
[F] Impiegato anche nell'esodo *per fasi*

TAB. S.4-29: LARGHEZZE UNITARIE PER VIE DI ESODO VERTICALI

Dal computo degli affollamenti:

Piano	Affollamento scala centrale (persone)	Affollamento scala destra (persone)
Primo	94	93
Secondo	93	94
Totale	187	187

AFFOLLAMENTO TOTALE DI PIANO SULLE VIE D'ESODO VERTICALI

Risulta, pertanto, per ciascuna delle scale:

$$L_v = (4,00 \cdot 187) \text{ mm} = 748 \text{ mm}$$

I gradini delle scale presentano alzata pari a 16 cm e pedata pari a 32 cm e le rampe presentano pendenza inferiore all'8%, in maniera da non richiedere l'incremento della larghezza unitaria L_u (vedi tabb. S.4-29, S.4-30 e S.4-31). La RTO, vedi tab. S.4-32 seguente, prevede che L_v debba essere almeno 900 mm, per la scala interna a prova di fumo di ciascun ambito dato l'affollamento minore di 300 occupanti (somma occupanti dei compartimenti dei piani collegati dalla scala).

Larghezza	Criterio
≥ 1200 mm	Affollamento dell'ambito servito > 1000 occupanti
≥ 1000 mm	Affollamento dell'ambito servito > 300 occupanti
≥ 900 mm	Affollamento dell'ambito servito ≤ 300 occupanti
≥ 600 mm	Ambito servito ove vi sia esclusiva presenza di personale specificamente formato, oppure occasionale e di breve durata di un numero limitato di occupanti (es. locali impianti o di servizio, piccoli depositi, ...).

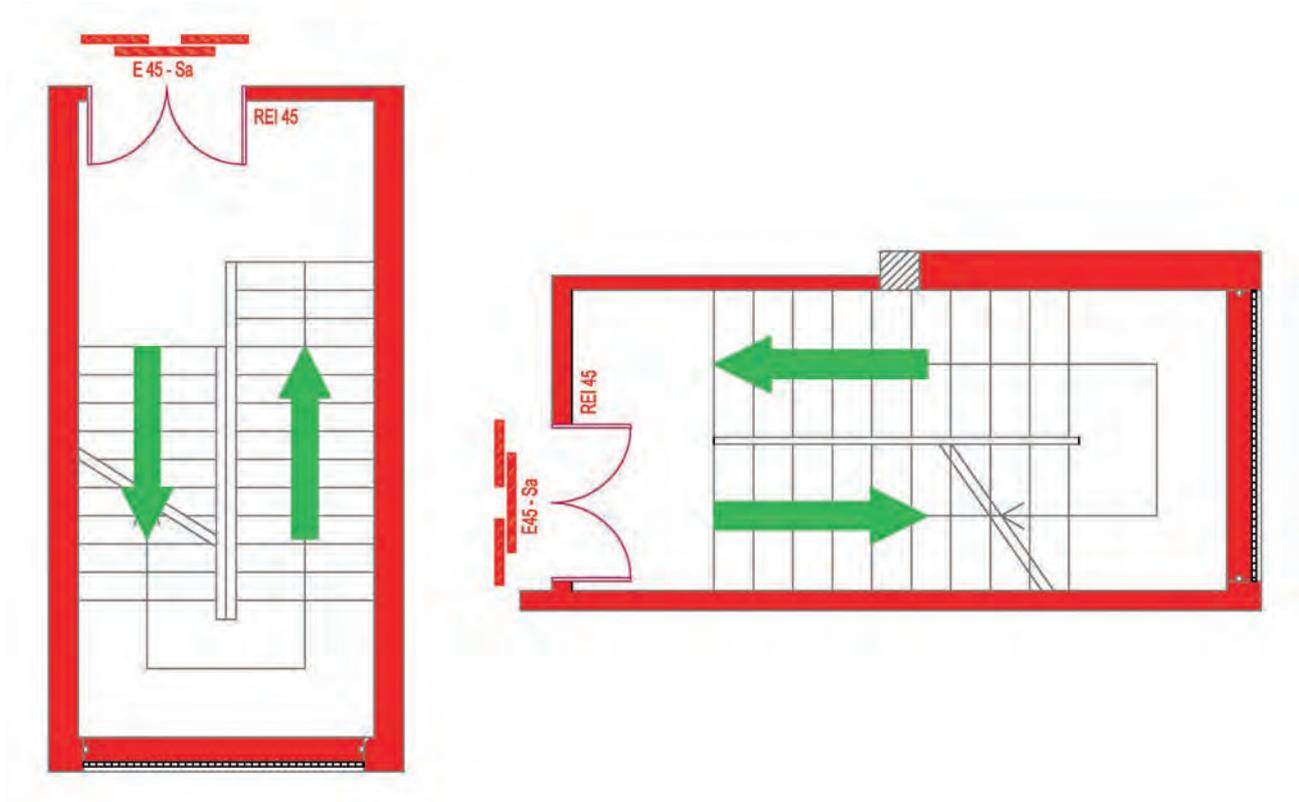
L'affollamento dell'ambito servito corrisponde al totale degli occupanti che impiegano ciascuna delle vie d'esodo che si dipartono da tale ambito.

TAB. S.4-32: LARGHEZZE MINIME PER VIE D'ESODO VERTICALI

La *verifica di ridondanza*, ipotizzando che sia stata resa indisponibile una delle due scale facendo confluire tutti gli occupanti di piano nell'unica scala protetta ancora a disposizione, fornisce:

$$L_v = (4,00 \cdot 374) \text{ mm} = 1496 \text{ mm}$$

Pertanto, assumendo la larghezza delle rampe, di entrambe le scale protette, pari a 1500 mm, è garantito l'esodo di tutti gli occupanti dei piani.



SCALE A SERVIZIO DELL'ATTIVITÀ

S.4.8.9 Calcolo della larghezza minima delle uscite finali

La larghezza minima dell'uscita finale L_F , che consente il regolare esodo degli occupanti provenienti da vie d'esodo orizzontali o verticali, è stata calcolata come segue:

$$L_F = \sum_i L_{o,i} + \sum_j L_{v,j}$$

La convergenza dei flussi di occupanti dalle vie d'esodo orizzontali e verticali verso l'uscita finale non risulta ostacolata (es. da arredi fissi o mobili, ...).

A tal fine, qualora almeno due delle vie d'esodo convergenti verso la stessa uscita finale siano impiegate da più di 50 occupanti ciascuna, la distanza misurata in pianta tra l'uscita finale e lo sbarco di tutte le vie d'esodo ad essa convergenti deve essere ≥ 2 m, come mostrato nell'illustrazione S.4-5.

Rinviando alla lettura dei casi studio precedenti, la larghezza minima dell'uscita finale, che sarà suddivisa tra più percorsi, risulta:

$$L_F = (386,4 + 1421,2) + 1496 = 3304 \text{ mm}$$

In base alla larghezza minima delle vie di uscita, considerate le uscite disponibili al piano terra, si prevedono 3600 mm per le uscite finali.

S.4.9 Eliminazione o superamento delle barriere architettoniche per l'esodo

Nell'attività vi può essere presenza non occasionale di occupanti che non abbiano sufficienti abilità per raggiungere autonomamente un luogo sicuro tramite vie d'esodo verticali.
A tal proposito, occorre prevedere idonei *spazi calmi* ad ogni piano.

All'interno di ciascun vano protetto, contenente la scala, per ciascun piano, in base alla tab. S.4-36, potrebbe essere disponibile lo spazio per un solo occupante.

Tipologia	Superficie minima per occupante
Occupante deambulante	0,70 m ² /persona
Occupante su sedia a ruote	1,77 m²/persona
Occupante allettato	2,25 m ² /persona

Alla superficie minima destinata agli occupanti devono essere aggiunti gli spazi di manovra necessari per l'utilizzo di eventuali ausili per il movimento (es. letto, sedia a ruote, ...).

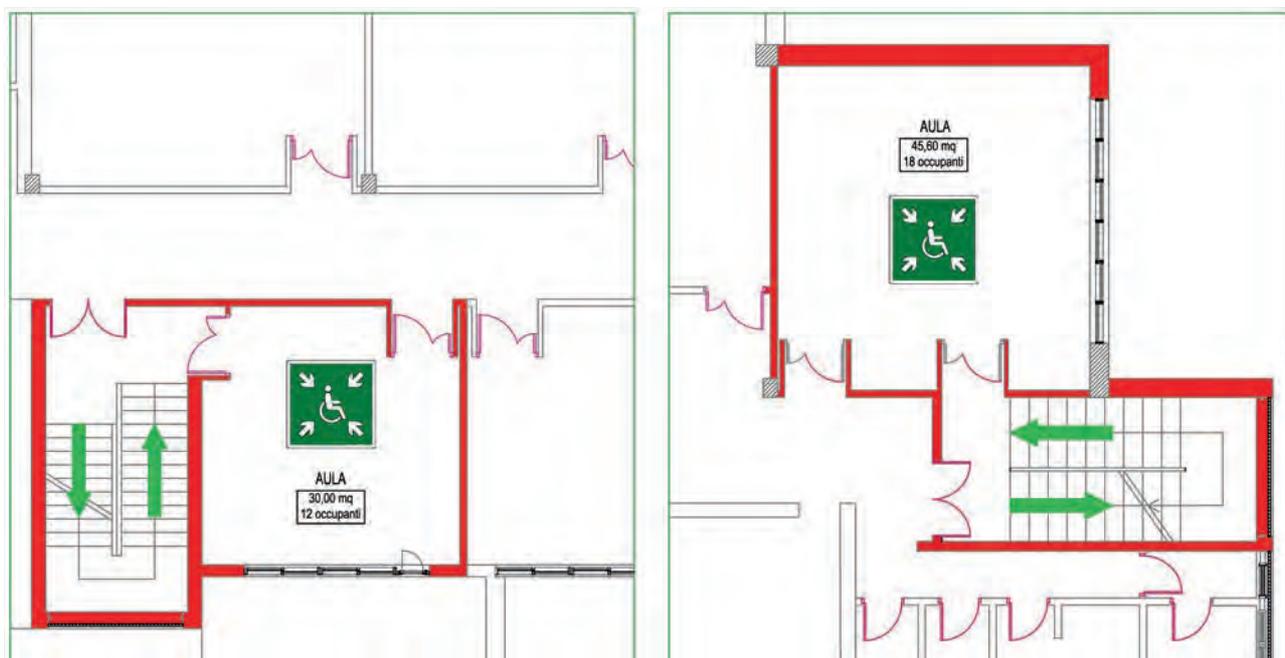
TAB. S.4-36: SUPERFICI MINIME PER OCCUPANTE

Non potendosi, tuttavia, prevedere le future esigenze della scuola e nell'ottica più generale del Codice, assai sensibile al tema dell'inclusività, si ritiene di utilizzare le aule attigue al vano scala protetto per destinarle a *spazio calmo* in emergenza.

A tale scopo, le medesime compartimentate REI45 e rese comunicanti con il vano scala.

Nell'ambito della GSA, sarà prevista una procedura che, in emergenza, prevede prioritariamente l'esodo degli studenti dalle aule in parola e il successivo ingresso degli occupanti disabili, coadiuvati dagli addetti della squadra antincendio appositamente incaricati, negli *spazi calmi*, in attesa dei soccorsi.

In ciascuno spazio calmo dovranno esser presenti i dispositivi, le attrezzature e le indicazioni di cui al punto S.4.9.1.2 e lo stesso dovrà essere segnalato secondo quanto indicato al punto S.4.9.1.3.



S.4.5 Caratteristiche del sistema d'esodo

La verifica di rispondenza alle caratteristiche generali di cui al par. S.4.5 risulta positiva, vedi casi studio precedenti.

Considerazioni a commento

❖ *Riepilogo sintetico del caso studio*

L'attività oggetto della progettazione, che si sviluppa per tre piani fuori terra, riguarda un liceo classico - scuola secondaria di secondo grado.

L'intero edificio è ad uso esclusivo della scuola e gli ambienti a servizio presentano destinazione d'uso pertinente l'attività.

❖ *Commento dei risultati*

Il caso studio dedicato all'attività scolastica ha evidenziato come il Codice, nella progettazione in soluzione conforme della misura S.4, qualora la via di esodo dovesse svilupparsi attraversando compartimenti con profili di rischio vita differenti, richieda che tutte le componenti del sistema d'esodo siano dimensionate in relazione al profilo R_{vita} più gravoso.

Il caso studio, inoltre, offre lo spunto per rimarcare la richiesta della progettazione inclusiva del Codice restituendo soluzioni progettuali conformi tali da garantire, in caso di incendio, anche la sicurezza degli occupanti che non possono raggiungere un luogo sicuro attraverso vie di esodo verticali.

Esempi di progettazione in soluzione alternativa

Gli esempi di progettazione che seguono, fanno riferimento all'applicazione delle *soluzioni alternative* previste dal Codice, nei casi in cui, a discrezione del progettista, le *soluzioni conformi* non siano perseguibili.

Il ricorso alle *soluzioni alternative* obbliga il progettista a dimostrare, per ciascuna misura antincendio, il raggiungimento del collegato livello di prestazione, impiegando uno dei *metodi di progettazione della sicurezza antincendio* ammessi tra quelli del par. G.2.7.

Caso studio 5: esodo da un ufficio sito in un edificio vincolato

Descrizione

Nel presente caso studio vengono illustrate alcune soluzioni proposte dal Codice per progettare l'adeguamento antincendio di un'attività uffici, destinata a sede regionale di una multinazionale nel campo dell'energia, all'interno di un edificio esistente, con valenza storico/artistica, sottoposto a vincolo di tutela ai sensi del d.lgs. n. 42 del 22 gennaio 2004 e s.m.i., originariamente destinato a convento dei Frati Domenicani. La necessità di riqualificare il patrimonio edilizio esistente per dare una nuova vita, e nuove funzioni, nel caso in esame di un plesso monumentale, oltre all'adeguamento tecnico-funzionale dell'edificio alle nuove esigenze di fruibilità, impiantistica e tecnologia, richiede necessariamente un adeguamento alla normativa antincendio in vista della nuova destinazione d'uso.

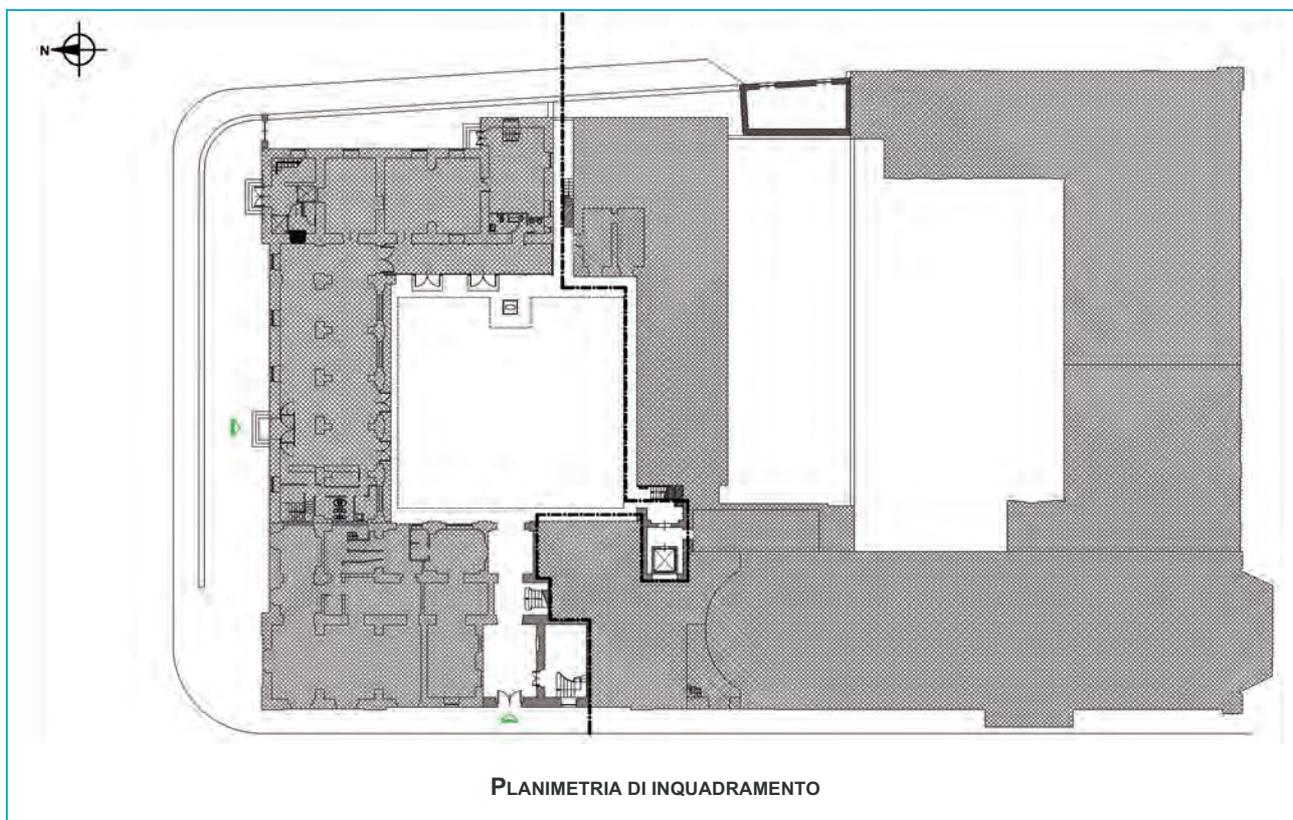
La progettazione di un tale adeguamento risulta assai complessa in questi casi, rispetto alla progettazione di una nuova costruzione, dovendo operare considerando le peculiarità della nuova attività, uffici in questo caso, e, allo stesso tempo, rispettando i vincoli storici ed architettonici esistenti, interni ed esterni, gravanti sull'edificio.

Nel caso in esame, le prescrizioni alle quali l'edificio, pur se riprogettato in funzione della nuova struttura uffici, non è in grado di rispondere appieno, rispetto alla normativa antincendio verticale di natura prescrittiva (d.m. 22 febbraio 2006), riguardano principalmente:

- il sistema delle vie di esodo esistente, con riferimento ai requisiti di accessibilità verso la pubblica via o verso il luogo sicuro, e alla percorribilità interna;
- l'accessibilità dei mezzi di soccorso antincendio alle aree interne del fabbricato (corte), a causa della presenza dei vincoli architettonici.

Pertanto, l'utilizzo del Codice costituisce la soluzione tecnica più idonea per adeguare l'edificio alle nuove funzioni previste dal progetto, dal punto di vista della sicurezza antincendio, senza la necessità di ricorrere a *soluzioni in deroga*³¹ secondo le regole tecniche tradizionali di prevenzione incendi.

Dati salienti e attribuzione dei livelli di prestazione:

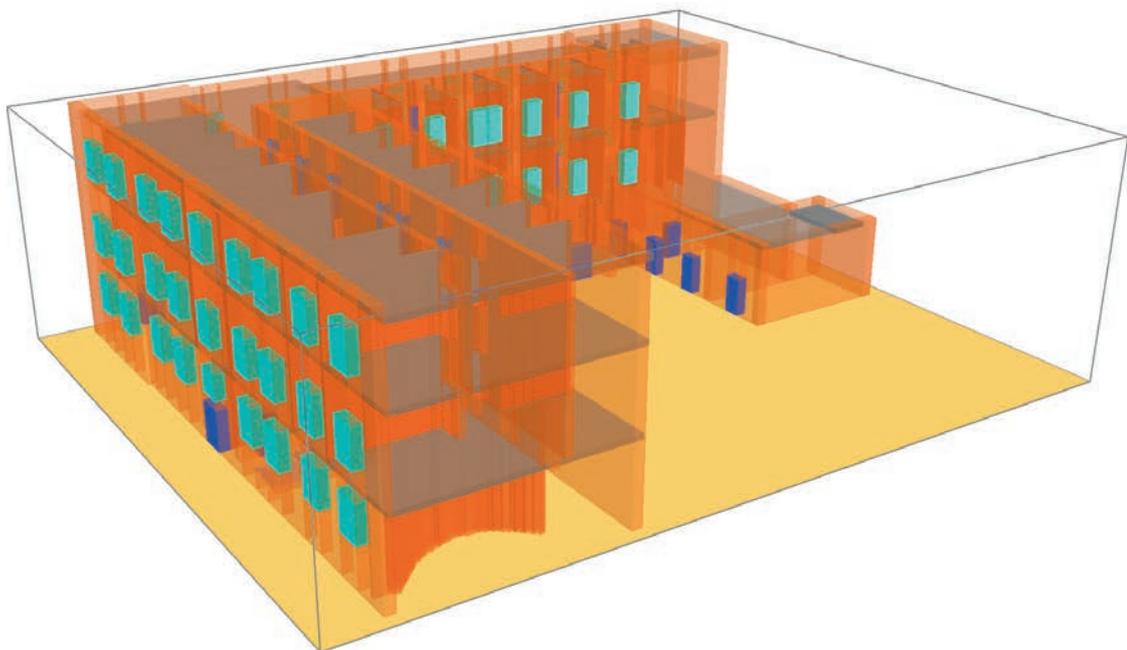


³¹ In realtà, ad oggi, l'applicazione del Codice all'attività 72 è legata all'emananda RTV inerente attività in edifici tutelati diverse da musei, gallerie, esposizioni, mostre, biblioteche e archivi; tuttavia, ai soli fini didattici e ricorrendo ad una soluzione alternativa, si fa riferimento al Codice precorrendo i tempi della futura emanazione della citata RTV

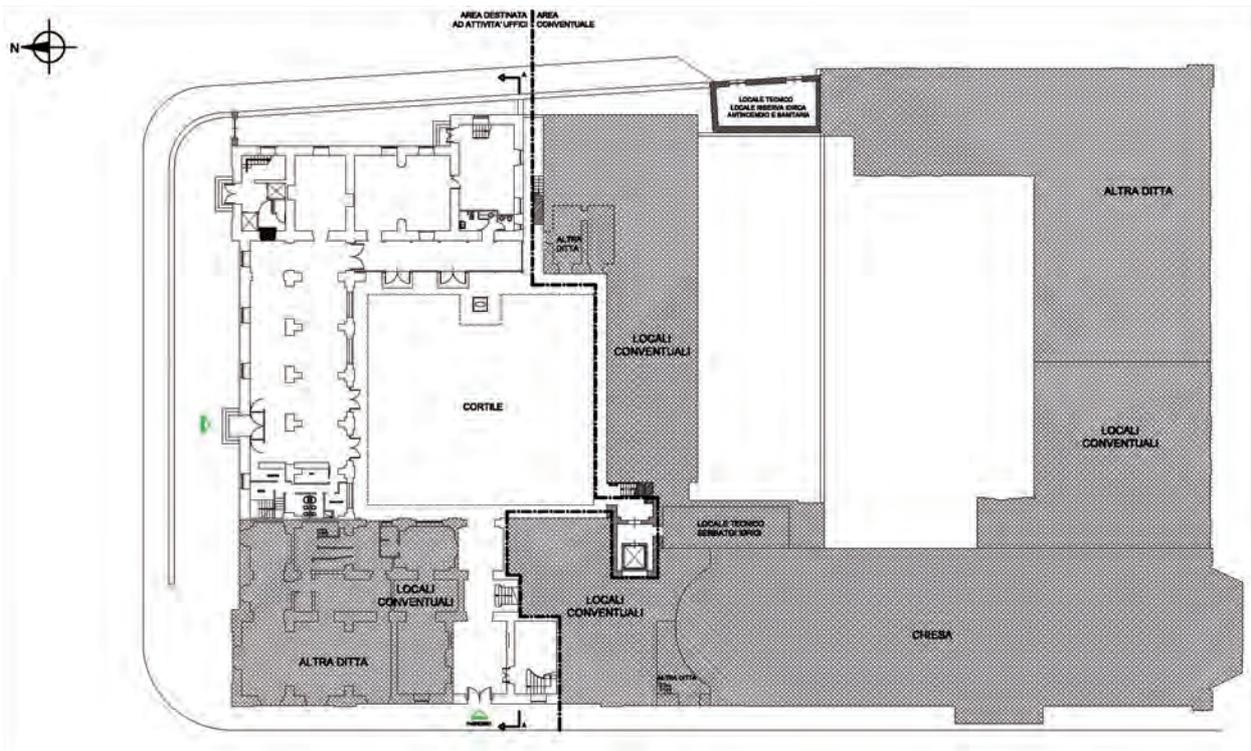
Apparecchiatura costruttiva	Strutture portanti in muratura di pietrame lavico
Numero occupanti	330
Profili di rischio R_{vita}	B2 per le aree di tipo TA (parr. V.4.3 e G.3.2.2)
Profilo di rischio R_{beni}	Opera da costruzione vincolata = 2 (par. G.3.3)
Profilo di rischio $R_{ambiente}$	Non significativo (par. G.3.4)
Reazione al fuoco	Livello III - II di prestazione (parr. S.1.3, S.1.4.1, S.1.4.2 e V.4.4.1)
Resistenza al fuoco	Livello III di prestazione (parr. S.2.3, S.2.4.3 e V.4.4.2)
Compartimentazione	Livello III di prestazione (parr. S.3.3, S.3.4.2 e V.4.4.3)
Esodo	Livello I di prestazione (parr. S.4.3 e S.4.4.3)
Gestione della sicurezza antincendio	Livello II di prestazione (parr. S.5.3, S.5.4.1 e V.4.4.4)
Controllo dell'incendio	Livello III di prestazione (parr. S.6.3, S.6.4.2 e V.4.4.5) Rete di Idranti (UNI 10779) soluzione conforme con naspi (par. S.6.8.2.3)
Rivelazione ed allarme	Livello III di prestazione (parr. S.7.3, S.7.4.3 e V.4.4.6) Impianto IRAI (UNI 9795)
Controllo di fumi e calore	Livello II di prestazione (parr. S.8.3 e S.8.4.1)
Operatività antincendio	Livello IV di prestazione (parr. S.9.3 e S.9.4.3)
Sicurezza degli impianti tecnologici	Livello I di prestazione (parr. S.10.3 e S.10.4.1)

Come si evince dagli stralci degli elaborati grafici seguenti, l'ufficio occupa una sezione del complesso edilizio originario; più precisamente, una parte che comprende porzioni del piano terra, del piano ammezzato (che non ospita postazioni lavorative), del primo e del secondo piano.

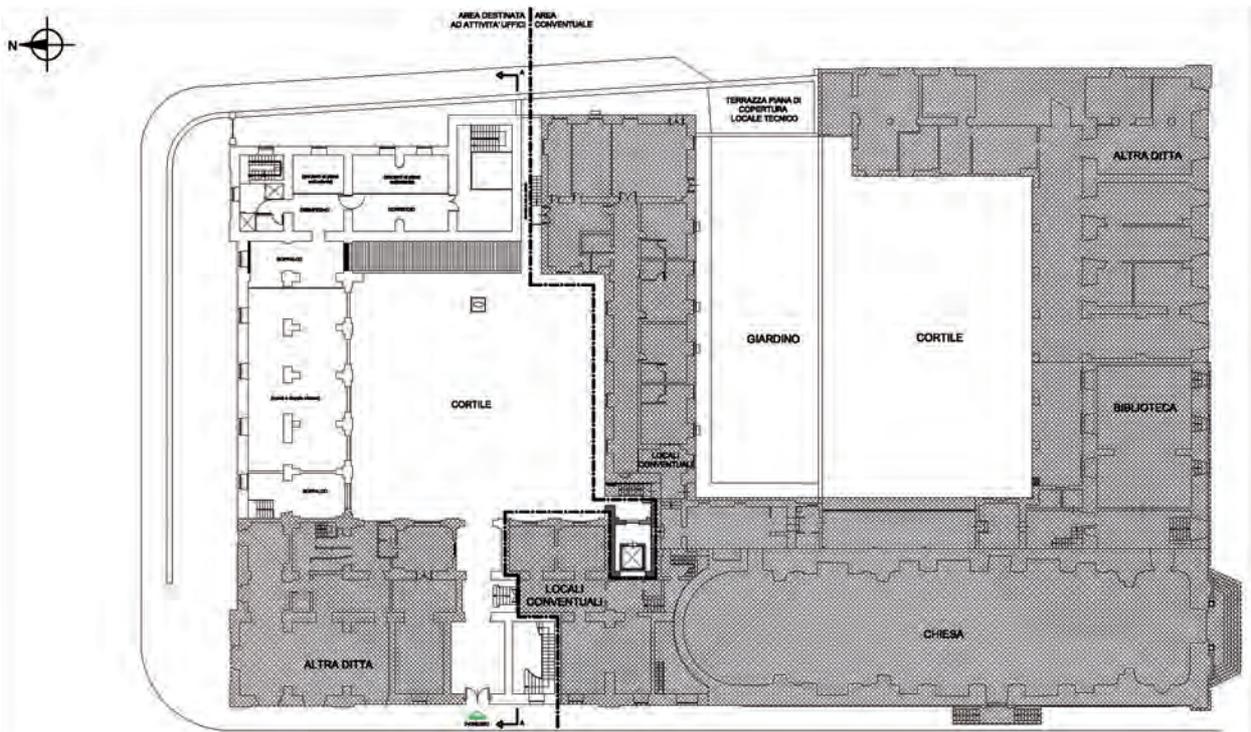
L'ufficio, inoltre, fruisce anche della terrazza esistente, in occasioni di eventi, meeting, ecc..



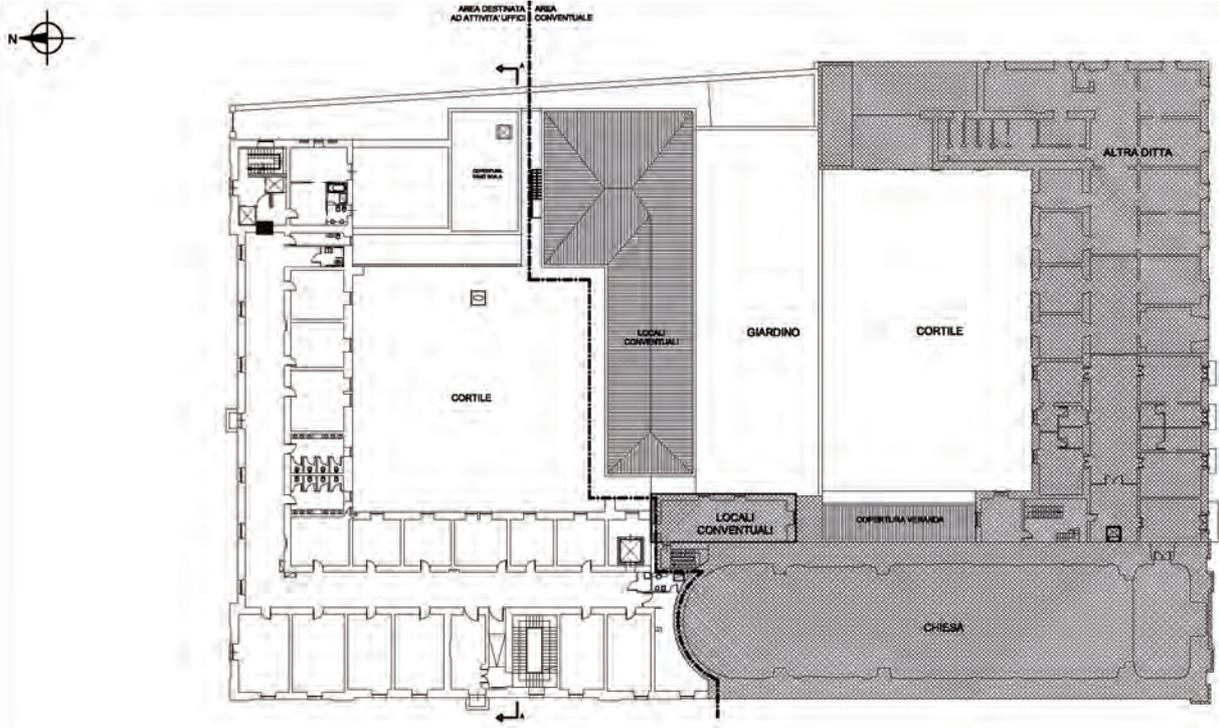
VISTA ASSONOMETRICA DELL'EDIFICIO ADIBITO AD UFFICIO - MODELLAZIONE PER FDS



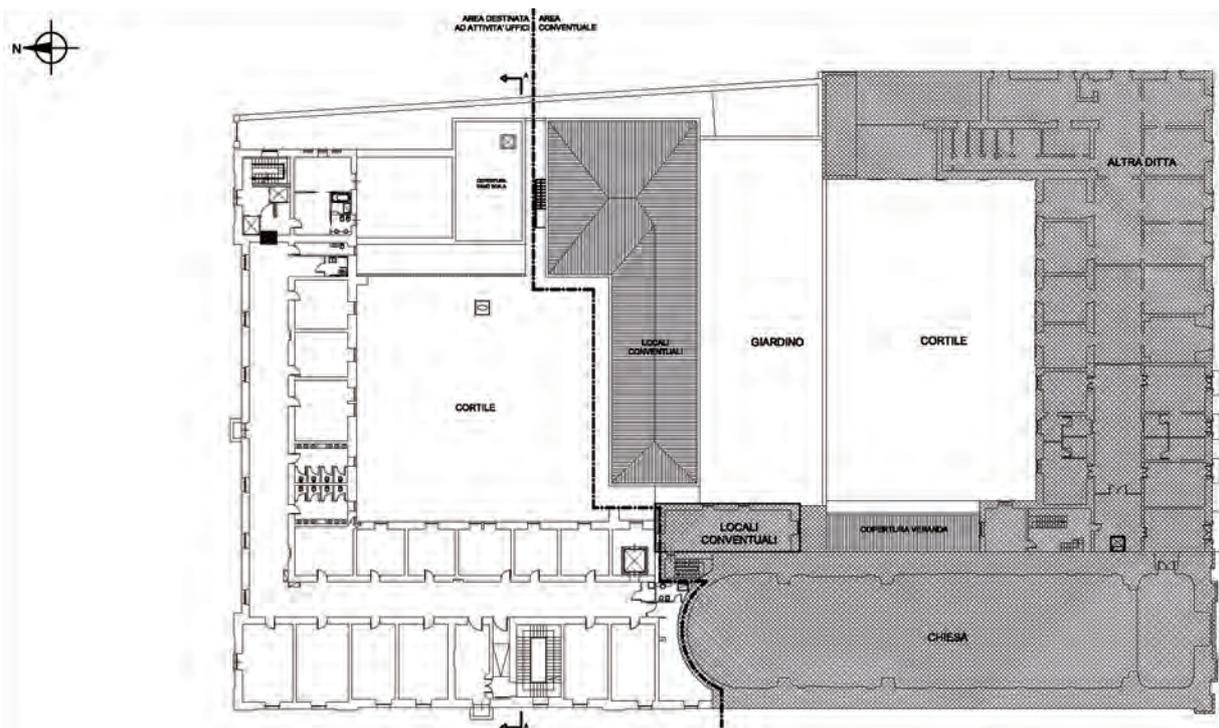
PLANIMETRIA PIANO TERRA



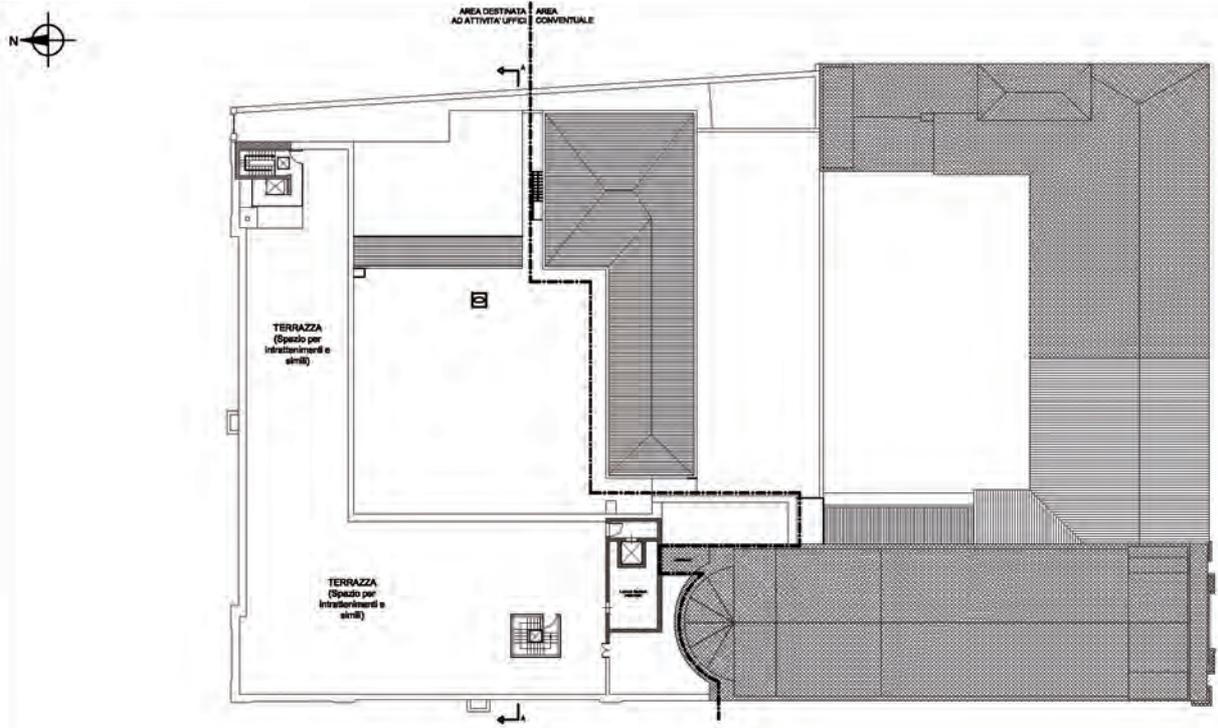
PLANIMETRIA AMMEZZATO



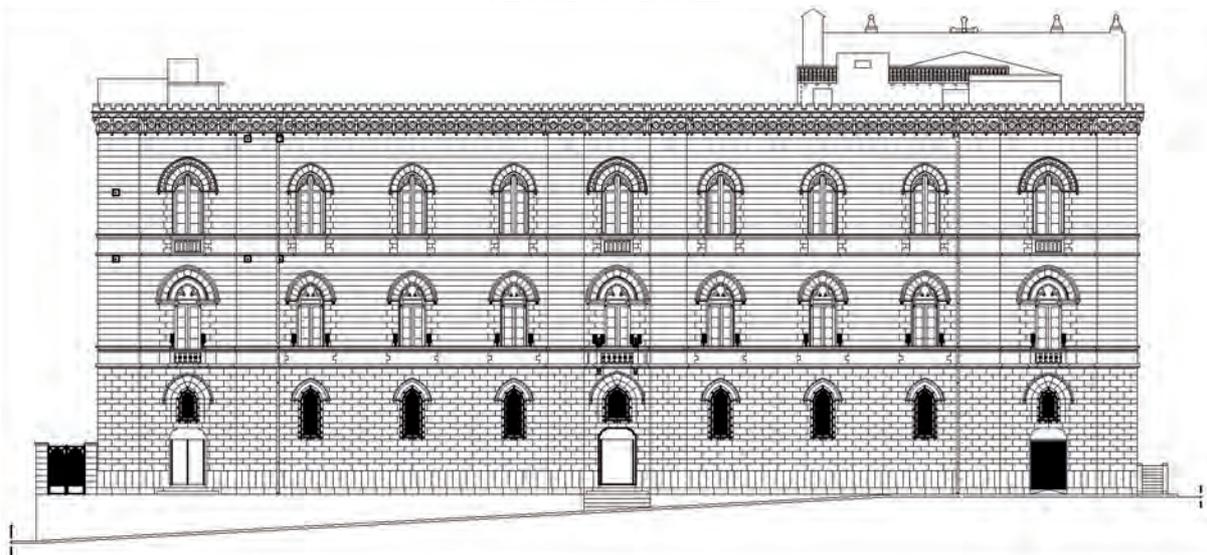
PLANIMETRIA PIANO PRIMO



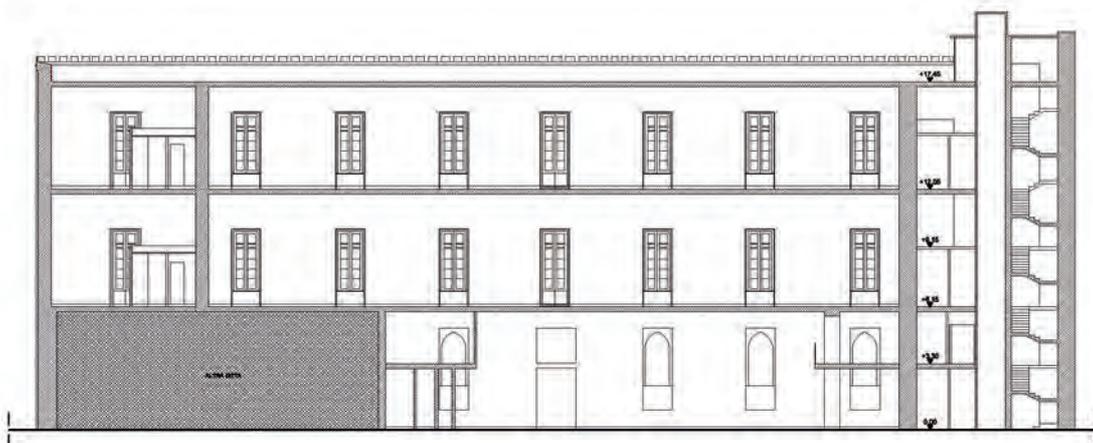
PLANIMETRIA PIANO SECONDO



PLANIMETRIA TERRAZZA



PROSPETTO NORD



SEZIONE TRASVERSALE

Contestualizzazione dell'attività in relazione alla prevenzione incendi

Ai sensi dell'Allegato I del d.p.r. 1 agosto 2011, n. 151 l'attività in esame, superando le 300 persone presenti, rientrerebbe nella classificazione di cui al punto 71.1.A.

Trattandosi, però, di un edificio tutelato ai sensi dell'art. 10 del d.lgs. 22 gennaio 2004, n.42 e s.m.i., destinato a contenere una delle attività soggette presenti nel citato Allegato, l'attività ricade nella classificazione di cui al punto 72.1.C che, in base all'art. 2 del Codice, esula dal campo di applicazione del medesimo.

Tuttavia, come anticipato nella nota al precedente paragrafo *Descrizione*, ai soli fini didattici, si applicherà ugualmente il Codice come strumento di progettazione, dimostrando, ancora una volta, la grande flessibilità di questa metodologia, anche in relazione ad attività che, solo per ragioni amministrative, sono ancora fuori dal campo di applicazione del d.m. 3 agosto 2015 e s.m.i..

Riferimenti normativi

- d.m. 3 agosto 2015 - "Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del d.lgs. 8 marzo 2006, n. 139" - Aggiornamento d.m. 18 ottobre 2019, come aggiornata dai decreti 14 febbraio 2020 e 6 aprile 2020 per la sezione V.

Studio della problematica antincendio

Ci si propone, nell'ambito generale della progettazione antincendio dell'attività, di focalizzare l'attenzione sulla misura antincendio esodo, facendo ricorso alle *soluzioni alternative* suggerite dal Codice (par. S.4.4.3), constatato che non è possibile dimostrare il raggiungimento del livello di prestazione attribuito mediante l'adozione di *soluzioni conformi*.

Obiettivi dello studio

Al fine di dimostrare il raggiungimento del livello di prestazione attribuito alla misura S.4 (I), saranno utilizzati i metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio³² (par. G.2.7), impiegando le ipotesi, nei limiti previsti dalla regola dell'arte nazionale ed internazionale, secondo le procedure di cui alla normativa vigente.

Attraverso le analisi e le simulazioni illustrate si dimostrerà che le uscite esistenti restano idonee per esodare il massimo affollamento ipotizzabile, anche nella nuova funzione di attività ufficio, nel rispetto del criterio $ASET > RSET$ di cui al Cap. M.3.

Definizione del progetto dell'esodo

La soluzione alternativa viene applicata al fine di dimostrare l'idoneità delle due scale esistenti per l'esodo di tutti gli occupanti.

Le uniche vie di esodo dai piani fuori terra sono due: la scala Ovest, che ha larghezza pari a 90 cm, e la scala Nord, che ha larghezza pari a 120 cm.

Identificazione degli obiettivi di sicurezza antincendio per l'esodo

Tali obiettivi consistono nel permettere agli occupanti di lasciare l'edificio senza essere interessati dagli effetti dell'incendio (tab. M.3-2).

La progettazione prestazionale del sistema di vie d'esodo 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*).

Si considera efficace il sistema d'esodo se $ASET > RSET$, se cioè il tempo in cui permangono condizioni ambientali non incapacitanti per gli occupanti è superiore al tempo necessario affinché essi possano raggiungere un luogo sicuro, non soggetto a condizioni ambientali sfavorevoli dovute all'incendio.

La differenza tra ASET ed RSET rappresenta il margine di sicurezza della valutazione t_{marg} .

Nel confronto tra diverse soluzioni progettuali, il professionista antincendio rende massimo il margine di sicurezza t_{marg} in relazione alle ipotesi assunte, al fine di considerare l'incertezza nel calcolo dei tempi di ASET ed RSET (par. M.3.2.2).

³² Si veda anche "R. Sabatino, M. Lombardi, P. Cancelliere e altri, *Metodi per l'ingegneria della sicurezza antincendio*, INAIL 2019", appartenente alla collana di quaderni di cui fa parte la presente pubblicazione.

Calcolo dei tempi di esodo

Per il calcolo dei tempi di esodo saranno utilizzati i parametri evidenziati nel Cap. M.3 e il criterio ASET > RSET esposto nel par. M.3.2.2.

Calcolo di RSET

L'RSET è l'intervallo di tempo calcolato tra l'innesco dell'incendio ed il momento in cui gli occupanti dell'attività raggiungono un luogo sicuro.

Il tempo necessario per l'esodo (RSET) è composto da quattro tempi, così come definito dal par. M.3.4:

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

dove:

- t_{det} : *detection time* (tempo di rivelazione); tempo necessario al sistema di rivelazione automatico per accorgersi dell'incendio;
- t_a : *alarm time* (tempo di allarme); tempo che intercorre tra la rivelazione dell'incendio e la diffusione dell'informazione agli occupanti, dell'allarme generale;
- t_{pre} : *pre-travel activity time, PTAT* (tempo di pre-movimento); tempo necessario agli occupanti per svolgere una serie di attività che precedono il movimento vero e proprio verso un luogo sicuro
- t_{tra} : *travel time* (tempo di percorrenza); tempo impiegato dagli occupanti per raggiungere un luogo sicuro dal termine delle attività di pre-movimento.

Come già richiamato, in attesa dell'emanazione della specifica RTV inerente Attività in edifici tutelati diverse da musei, gallerie, esposizioni, mostre, biblioteche e archivi, ai soli fini didattici, si fa riferimento al Codice e, considerata la tipologia di attività in esame, alla RTV V.4 - Attività ricettive turistico-alberghiere (d.m. 8 giugno 2016)³³.

Secondo il par. V.4.2 l'attività è classificabile:

- in relazione alle persone presenti: $n = 330$ (riferimento alla massima configurazione di affollamento), in OA ($300 < n < 800$);
- in relazione alla massima quota dei piani $h = 17,45 \text{ m} \rightarrow \text{HB}$.

Le aree dell'attività in esame sono classificate come segue:

- TA: uffici e spazi comuni;
- TM: depositi o archivi aventi superficie lorda > 25 mq e carico di incendio specifico $q_f > 600 \text{ MJ/mq}$, al piano ammezzato;
- TZ: altre aree.

Non sono presenti aree a rischio specifico TK (punto 3 del par. V 4.2) secondo le previsioni del par. V.1.1.

Si segnala che la RTV V.4 prevede, alla tab. V.4-6, requisiti aggiuntivi rispetto a quelli previsti nel Cap. S.7; pertanto occorre attribuire un livello minimo di prestazione pari a III alla misura rivelazione e allarme:

Classificazione dell'attività	Classificazione dell'attività				
	HA	HB	HC	HD	HE
OA	II [1]	II [1] [2]		III [2]	IV
OB		III [1] [2]	III [2]	IV	
OC		III [2]	IV		

[1] Se presenti, le aree TM, TK, TT devono essere sorvegliate da rilevazione automatica d'incendio (funzione A, capitolo S.7).
 [2] Incremento di un livello di prestazione per attività aperte al pubblico.

TAB. V.5-6: LIVELLI DI PRESTAZIONE PER RIVELAZIONE ED ALLARME

- Il tempo di rivelazione è stato determinato mediante la modellizzazione numerica degli scenari d'incendio e dell'impianto IRAI; è stato adottato, in favore di sicurezza, un valore pari a $t_{det} = 60 \text{ s}$.

³³ L'ipotesi è suffragata dal fatto che nella bozza della emananda RTV Attività in edifici tutelati diverse da musei, gallerie, esposizioni, mostre, biblioteche e archivi, presentata al CCTS l'11 dicembre 2019, riguardo alle classificazioni delle attività soggette inserite nell'edificio sottoposto a tutela ai sensi del d.lgs. n. 42 del 22 gennaio 2004 e oggetto di specifiche RTV, verranno quelle previste nelle stesse RTV.

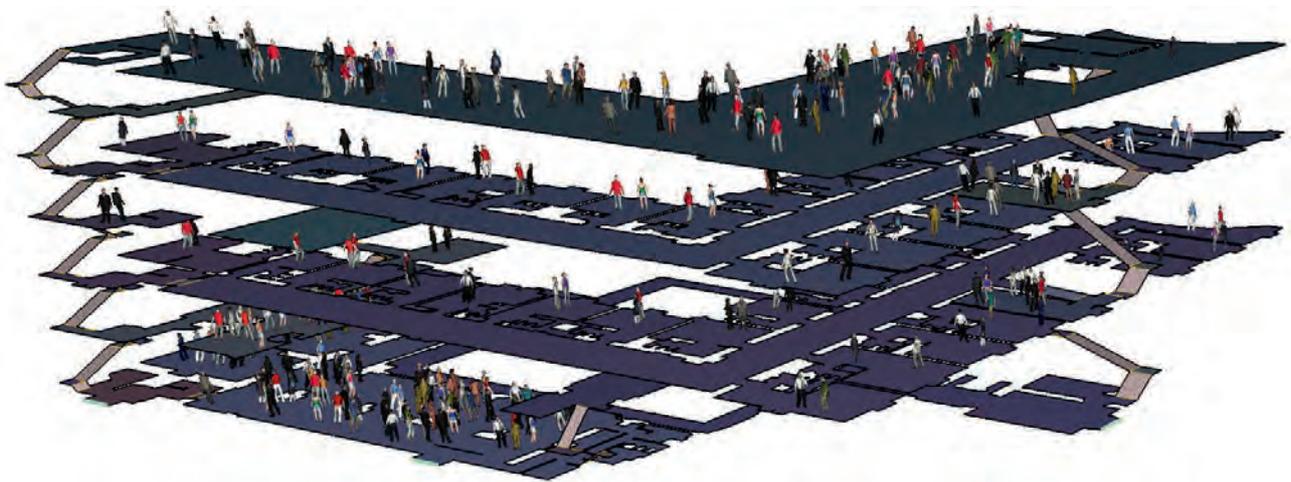
- Il tempo di allarme t_a viene assunto pari a zero, in presenza di funzione C dell'IRAI esteso a tutto l'attività.
- Il tempo di pre-movimento t_{pre} è stato valutato con riferimento agli studi condotti per la compilazione delle normative British Standard, seguendo le indicazioni della tab. C.1. Annex C della BS 7974-6:2004; esso viene assunto pari a $t_{pre} = 120$ s.
- Il tempo di percorrenza t_{tra} può essere calcolato con l'ausilio di un software di simulazione dell'esodo come ad esempio Pathfinder, software validato NIST, prodotto da Thunderhead Engineering Consultants, che è stato utilizzato nel presente caso studio.

Pathfinder è un simulatore di esodo (basato sul movimento) che utilizza comportamenti guida per modellare il movimento degli occupanti.

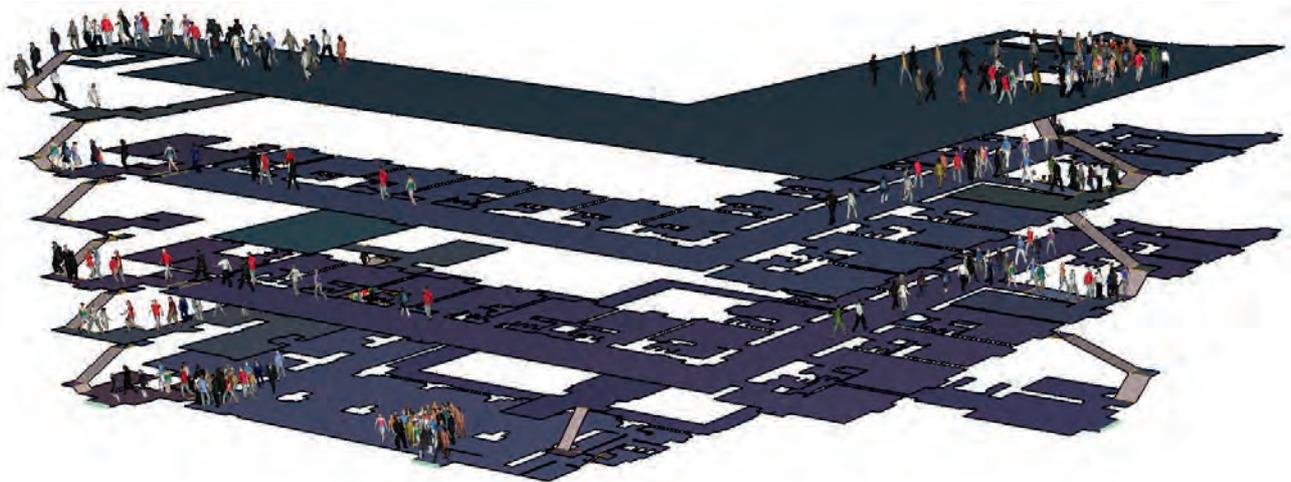
Nello specifico è stata utilizzata la modalità di simulazione *Steering*, diversa dal tradizionale metodo di calcolo idraulico; in questo tipo di simulazione gli agenti procedono autonomamente al loro obiettivo di esodo, evitando gli altri occupanti e gli ostacoli.

Il flusso per ogni porta non è specificato dal progettista, ma risulta dall'interazione tra gli occupanti tra loro e i confini geometrici dei corridoi e delle porte di esodo.

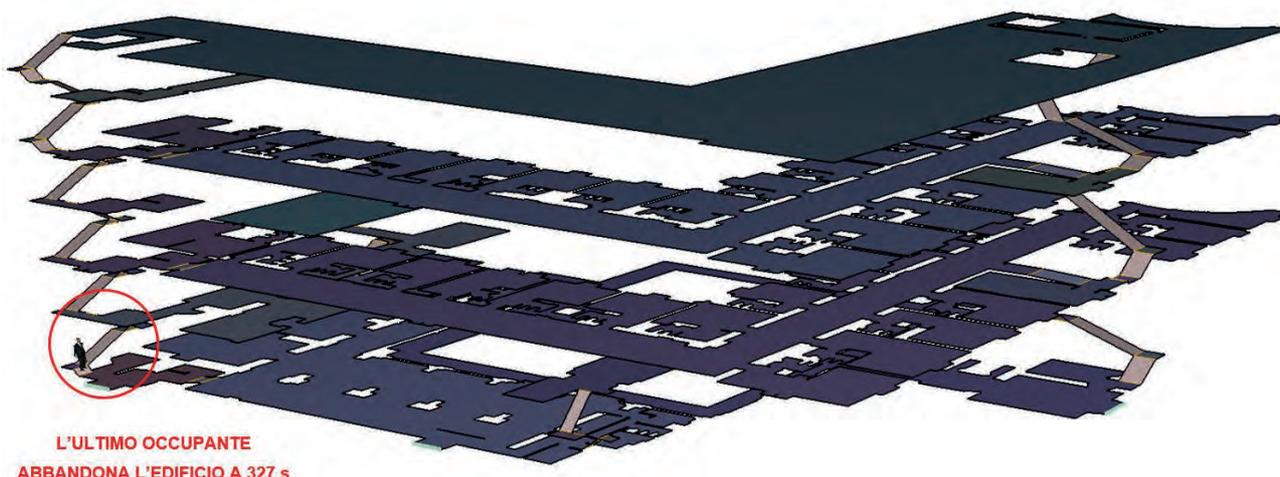
È stata simulata la condizione di progetto con maggior affollamento, prevedendo la presenza massima di 330 occupanti, distribuiti ai vari piani, secondo la destinazione d'uso dei vari ambienti, simulando, altresì, la presenza di persone con diversa età, corporatura, capacità motoria e comportamento.



SIMULAZIONE ESODO OCCUPANTI ISTANTE 0 s



SIMULAZIONE ESODO OCCUPANTI ISTANTE INTERMEDIO



SIMULAZIONE ESODO OCCUPANTI ISTANTE 327 s

In definitiva, risulta un tempo di esodo totale, per tutti gli occupanti, pari a $RSET = 60 + 120 + 327 = 507$ s.

Calcolo di ASET

L'ASET è l'intervallo di tempo calcolato tra l'innesco dell'incendio ed il momento in cui le condizioni ambientali nell'attività diventano tali da rendere gli occupanti incapaci di porsi in salvo autonomamente raggiungendo o permanendo in un luogo sicuro.

Per il calcolo del tempo a disposizione per l'esodo (ASET), può essere utilizzato il *metodo di calcolo avanzato* (par. M.3.3.1) che richiede la stima delle concentrazioni di prodotti tossici, delle temperature e delle densità del fumo negli ambienti a seguito dell'incendio e la loro variazione nel tempo.

Utilizzando tale metodo di calcolo il professionista antincendio impiega le soglie di prestazione conservative, nei confronti degli occupanti, riportate nella tab. M.3-2, evidenziate in giallo:

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 < 100 m ² : 5 m	ISO 13571-2012
		Soccorritori: 5 m Soccorritori in locali di superficie lorda < 100 m 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 incapaci al raggiungimento della soglia
		Soccorritori: nessuna valutazione	--
Calore	Temperatura massima di esposizione	Occupanti: 60°C	ISO 13571-2012
		Soccorritori: 80°C	[1]
Calore	Irraggiamento termico massimo da tutte le sorgenti (incendio, effluenti dell'incendio, struttura) di esposizione degli occupanti	Occupanti: 2,5 kW/m ²	ISO 13571-2012, per esposizioni inferiori a 30 min
		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*.

TAB. M.3-2: ESEMPIO DI SOGLIE DI PRESTAZIONE IMPIEGABILI CON IL METODO DI CALCOLO AVANZATO

Identificazione degli scenari d'incendio

Lo scenario d'incendio rappresenta l'evoluzione dell'incendio in relazione a tre aspetti fondamentali: focolaio, 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 (par. M.2.3).

Focolaio d'incendio

A partire dai focolai predefiniti descritti al par. M.2.7, al fine di adattare il focolaio di incendio al caso in esame si è fatto ricorso a quanto indicato nel prospetto E.5 dell'Eurocodice 1 - EN 1991-1-2, che per gli uffici prevede:

Velocità massima di rilascio di calore RHR_f			
Destinazione d'uso	Velocità di crescita dell'incendio	t_α [s]	RHR_f [kW/m ²]
Alloggio	Media	300	250
Ospedale (stanza)	Media	300	250
Albergo (stanza)	Media	300	250
Biblioteca	Veloce	150	500
Ufficio	Media	300	250
Classe di una scuola	Media	300	250
Centro commerciale	Veloce	150	250
Teatro (cinema)	Veloce	150	500
Trasporti (spazio pubblico)	Lenta	600	250

PROSPETTO E.5 EUROCODICE 1 - EN 1991-1-2
VELOCITÀ DI CRESCITA DELL'INCENDIO E RHR_f PER DIFFERENTI DESTINAZIONI D'USO

Nel caso in esame, considerati i materiali presenti in maniera più significativa e preponderante, si prevede pertanto lo sviluppo di un incendio in una stanza dell'ufficio con le seguenti caratteristiche:

- $HRR_{max} = 250 \text{ kW/m}^2 \times 20 \text{ m}^2$ (dimensioni massime delle stanze) = 5000 kW;
- velocità di crescita dell'incendio: media 300 s (t_α è il tempo necessario a raggiungere una velocità di rilascio di calore di 1 MW);
- resa in particolato $Y_{soot} = 0,015 \text{ kg}_{soot}/\text{kg}_{comb}$ (condizioni di pre-flashover, valutando la fase di esodo).

A partire dalla vers. 6 di FDS, occorre specificare la linea di comando "&REAC" (*impostazione dei parametri utilizzati per il modello di combustione*) per modellare la combustione; pertanto, il progettista sarà responsabile della definizione della chimica base del combustibile e delle rese in particolato (soot) e in monossido di carbonio (CO).

Nel caso in esame, la reazione chimica di fase gassosa assunta da FDS è stata determinata con riferimento ai valori previsti nella letteratura tecnica (SFPE Handbook 5th Edition - tabb. A.30 e A.39) in riferimento alla combustione della cellulosa:

```
&REAC FUEL = 'CELLULOSA'
      , FORMULA='C6H10O5
      , SOOT_YIELD=0.015
      , CO_YIELD=0.005
      , HEAT_OF_COMBUSTION=17900
```

La scelta della REAC relativa alla cellulosa è stata fatta in relazione al materiale prevalente (carta e arredi) e meglio rappresentativo del focolaio impiegato nel caso studio.

In FDS è possibile definire un incendio di progetto assegnando un determinato valore HRR(t).

Nel caso di un HRR costante nel tempo, si definisce il parametro "HRRPUA" che corrisponde al calore rilasciato nell'unità di tempo per unità di area (Heat Release Rate Per Unit Area).

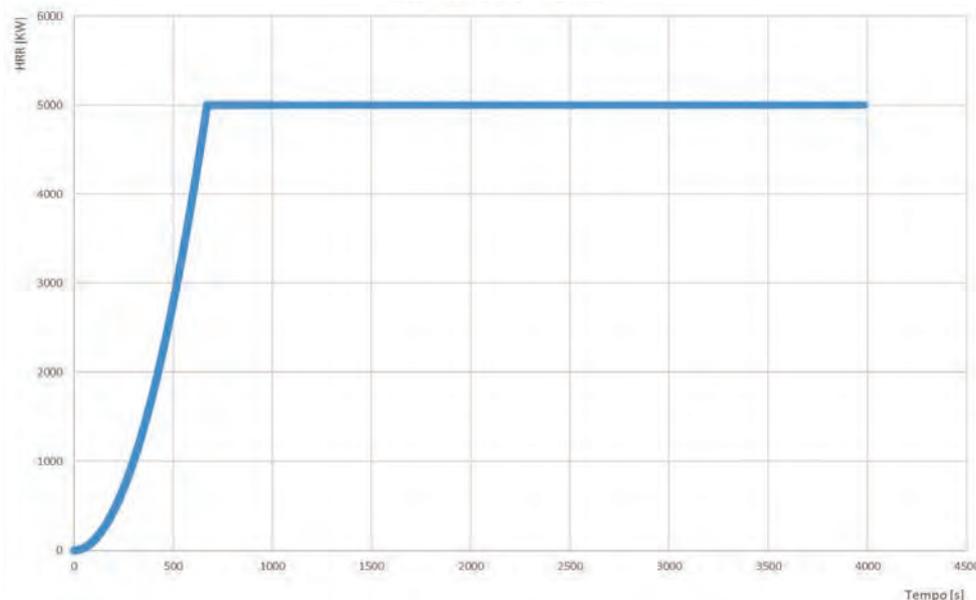
L'oggetto brucerà secondo la reazione chimica (definita tramite la linea di comando "&REAC") emettendo una potenza termica pari al prodotto del parametro HRRPUA per l'area della superficie alla quale è applicata la proprietà.

La curva HRR(t) (par. M.2.6) è stata costruita in accordo al citato Eurocodice 1, secondo quanto definito al par. E.4:

$$HRR(t) = 1000 \times (t/t_{\alpha})^2 \quad (\text{kW})$$

ed è stata inputata nella modalità richiesta dal programma FDS nella forma:

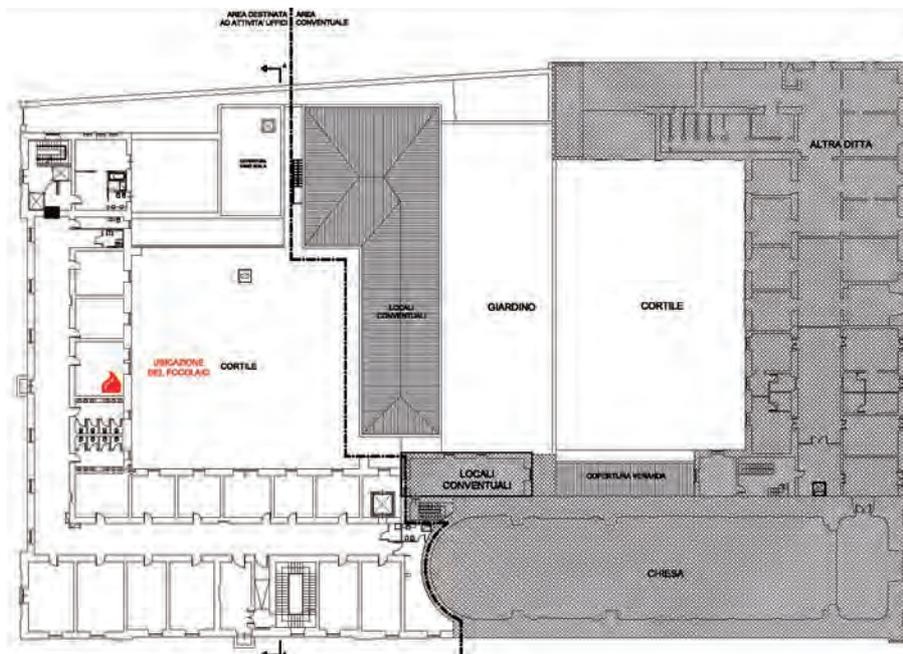
$$\text{FRACTION} = \text{HRRPUA} = \text{HRR}(t)/S$$



ANDAMENTO DELLA CURVA HRR(t)

Individuazione degli scenari d'incendio di progetto

Per l'ubicazione dei possibili inneschi dell'incendio sono state analizzate numerose disposizioni del focolaio, individuando, tra gli scenari più critici, gli inneschi posizionati all'interno delle stanze dell'ufficio. Dopo diverse simulazioni, si è scelta³⁴ quella che rappresenta la soluzione più gravosa per il caso in esame, vedi figura seguente, posizionando il focolaio all'interno di una stanza del primo piano, ubicata in posizione intermedia rispetto al corridoio centrale:



POSIZIONE FOCOLAIO (STANZA AL PIANO PRIMO)

³⁴ In questi casi può essere opportuno concordare preventivamente tale scelta con il Comando VV.F. competente territorialmente ricorrendo, facoltativamente al nulla osta di fattibilità (art. 8 del d.p.r. 151/2011)

Risultati delle simulazioni

Ai fini del calcolo dell'ASET, per la verifica dei parametri imposti dal Codice, sono state posizionate delle *slice orizzontali*³⁵ e dei sensori di temperatura posti a 20 cm dal soffitto nel corridoio prospiciente la stanza dove è posizionato il focolaio (l'altezza dei locali dell'ufficio è sempre superiore ai 5 m).

All'interno della stanza nella quale si sviluppa l'incendio è stata inserita una termocoppia, in prossimità della finestra, in modo da verificare l'incremento della temperatura e simulare, mediante una apposita funzione di controllo, la rottura del vetro della finestra, ad una temperatura compresa fra 180 e 240°C³⁶.

La rottura del vetro contribuisce alla fuoriuscita dei prodotti della combustione, con particolare riferimento al fumo prodotto dall'incendio.

Per verificare le condizioni di visibilità sono stati altresì posizionati, in modo distribuito nel corridoio ad altezza di 1,80 m dal piano di calpestio, dei rivelatori di visibilità che misurano l'oscuramento e quindi segnalano l'eventuale esposizione al fumo degli occupanti durante l'esodo.

Dall'osservazione dei dati riportati dagli slice e dei sensori di temperatura, si evidenzia che per l'intera durata della simulazione (600 s) le temperature massime non superano i 60 °C; pertanto, le temperature cui sono sottoposti gli occupanti, durante l'esodo, sono sempre inferiori alla soglia di prestazione prevista dalla tab. M.3-2.

Dalla lettura dei dati dei sensori di visibilità, si evidenzia che gli stessi si attivano tutti dopo circa 400 + 500 s e che la visibilità di 10 m risulta comunque garantita fino a circa 600 s.

I riscontri relativi ai parametri FED e FEC, facenti riferimento ai modelli dei gas tossici e irritanti, hanno fornito valori non significativi per l'intera durata della simulazione; si omettono, pertanto, per brevità di trattazione, le risultanze grafiche.

Anche per quanto riguarda l'irraggiamento termico massimo da tutte le sorgenti di esposizione degli occupanti (2,5 kW/m²) le verifiche effettuate hanno fornito valori non significativi per l'intera durata della simulazione e, pertanto, le risultanze grafiche sono state omesse.

Si può assumere, pertanto, come valore di riferimento per ASET il valore di 580 s.

Critério di ASET > RSET

La differenza tra ASET e RSET rappresenta il margine di sicurezza della progettazione prestazionale per la salvaguardia dell'esodo degli occupanti (par. M.3.2.2), pertanto si ha:

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

Nel caso in esame ASET è stato determinato in 580 s, mentre RSET è pari a 507 s; pertanto il margine di sicurezza è di 73 s.

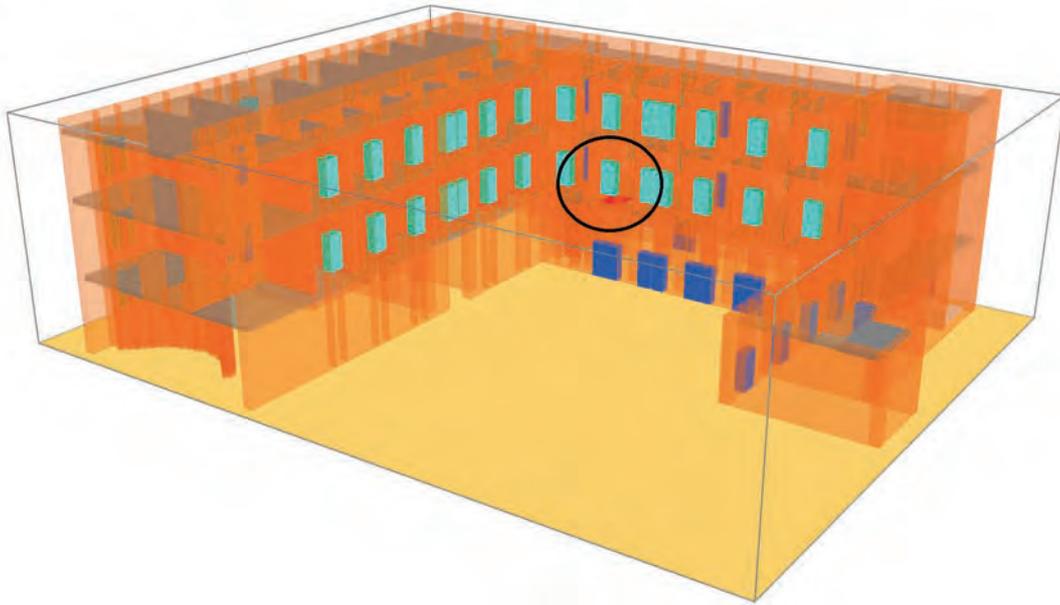
Essendo state condotte specifiche valutazioni sull'affidabilità dei dati di input, la verifica è soddisfatta in quanto, il t_{marg} è superiore al 10% di RSET (50,7 s) e, comunque, non inferiore a 30 s.

Selezione delle soluzioni progettuali idonee

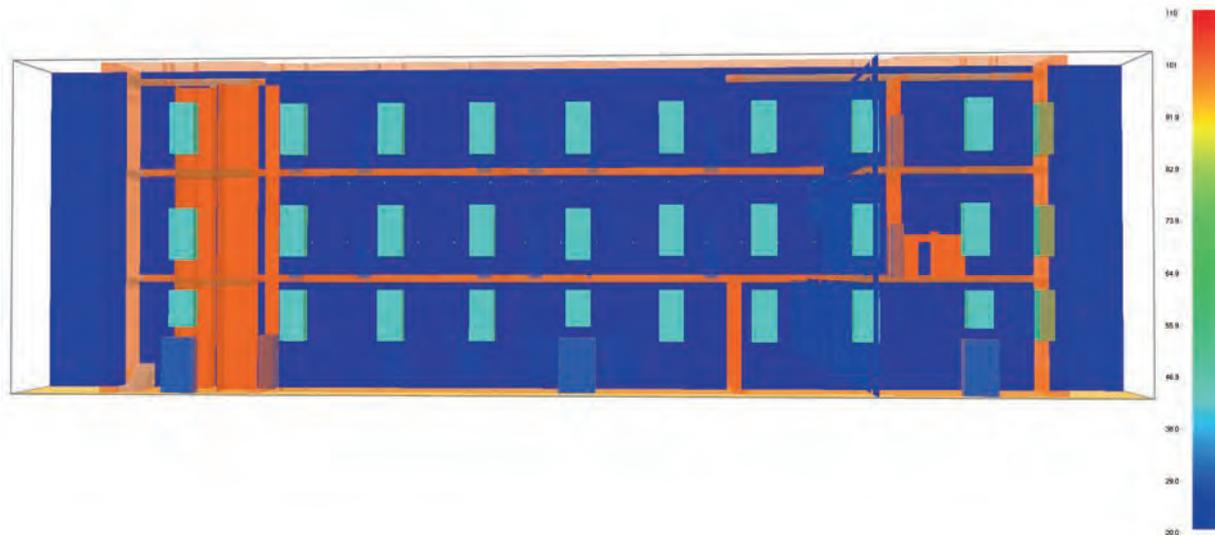
Grazie alle verifiche positive ottenute, la soluzione progettuale ipotizzata può essere ritenuta idonea al raggiungimento degli obiettivi di sicurezza prefissati.

³⁵ Come noto, FDS permette di visualizzare le grandezze di interesse (temperatura, visibilità, ecc.), tramite la rappresentazione su di un piano che seziona il dominio di calcolo; tale modalità, definita *slice file*, permette la quantificazione di queste, con l'ausilio di una scala cromatica graduata

³⁶ Sperimentazione di incendi su scala reale in un edificio residenziale ed analisi della propagazione dei fumi, A. Ficarella, R. Lala, A. Perago, D. Laforgia, S. Buffo

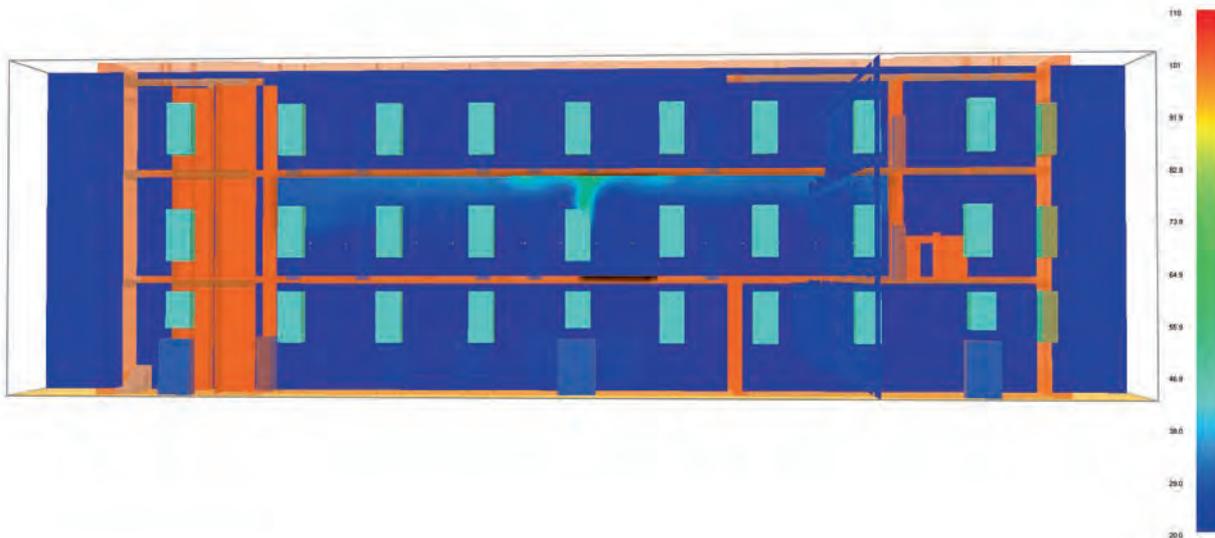


VISTA ASSONOMETRICA E POSIZIONE FOCOLAIO D'INCENDIO



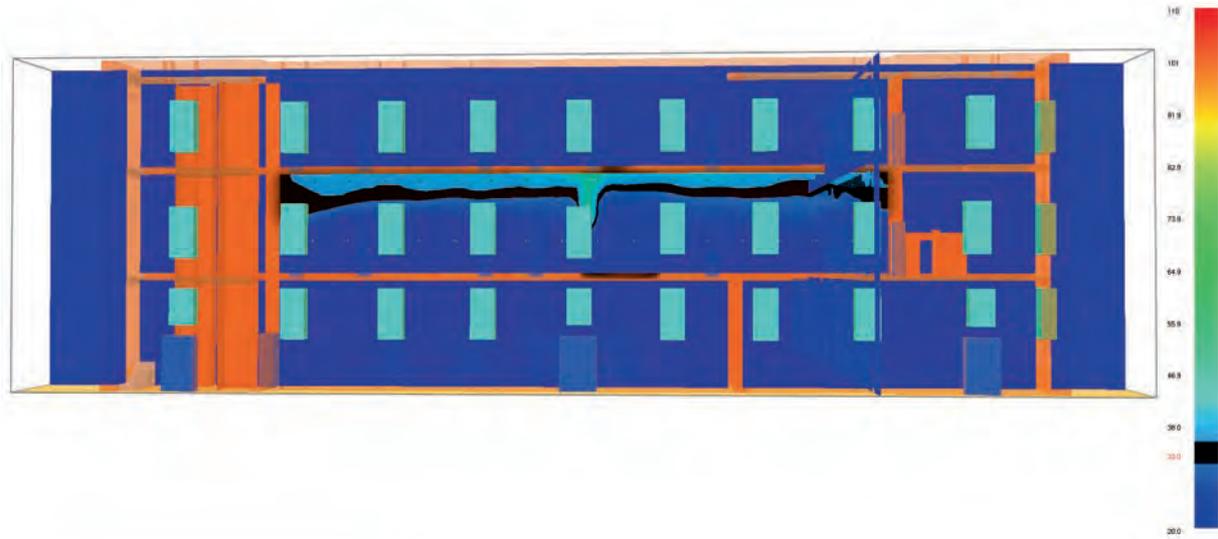
Time: 0.0

TEMPERATURE ALL'ISTANTE T = 0 S



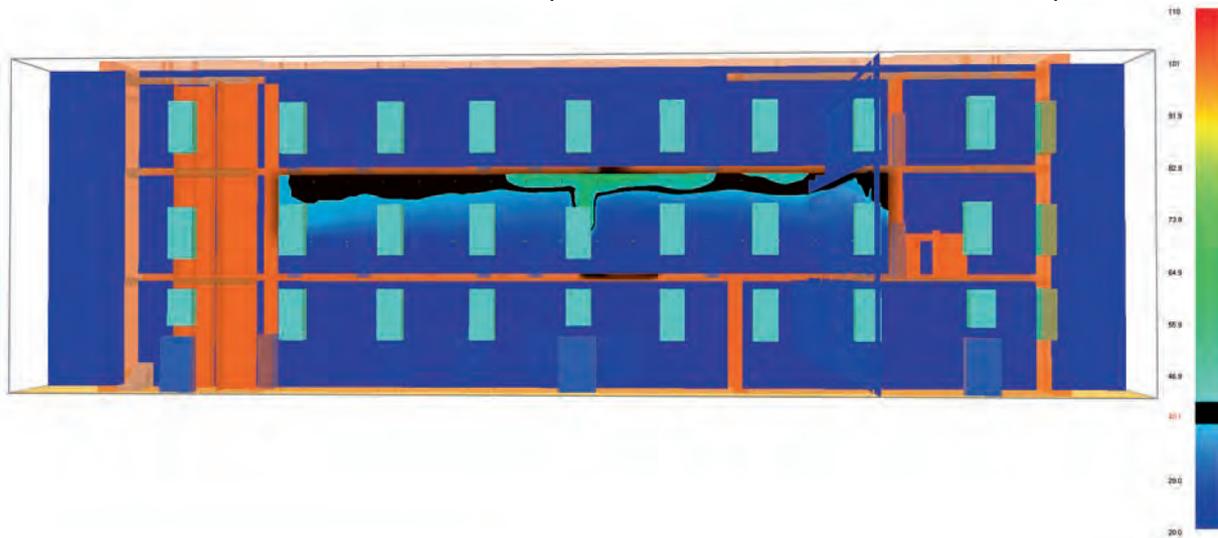
Time: 200.4

TEMPERATURE ALL'ISTANTE T = 200 S



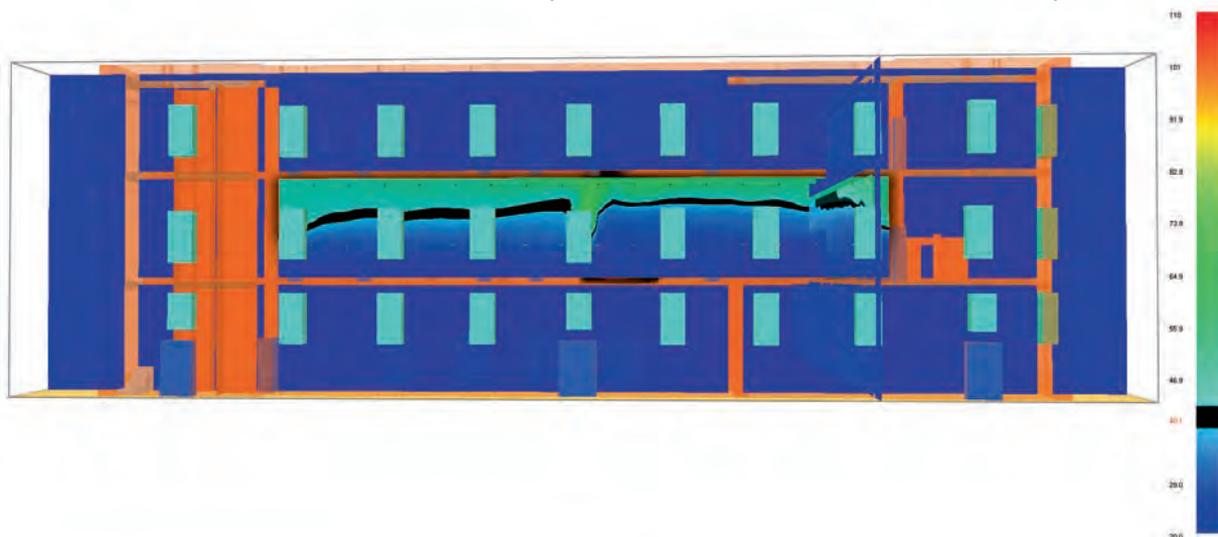
Time: 300.2

TEMPERATURE ALL'ISTANTE T = 300 s - (VALORE SOGLIA TEMPERATURA EVIDENZIATA 30 °C)



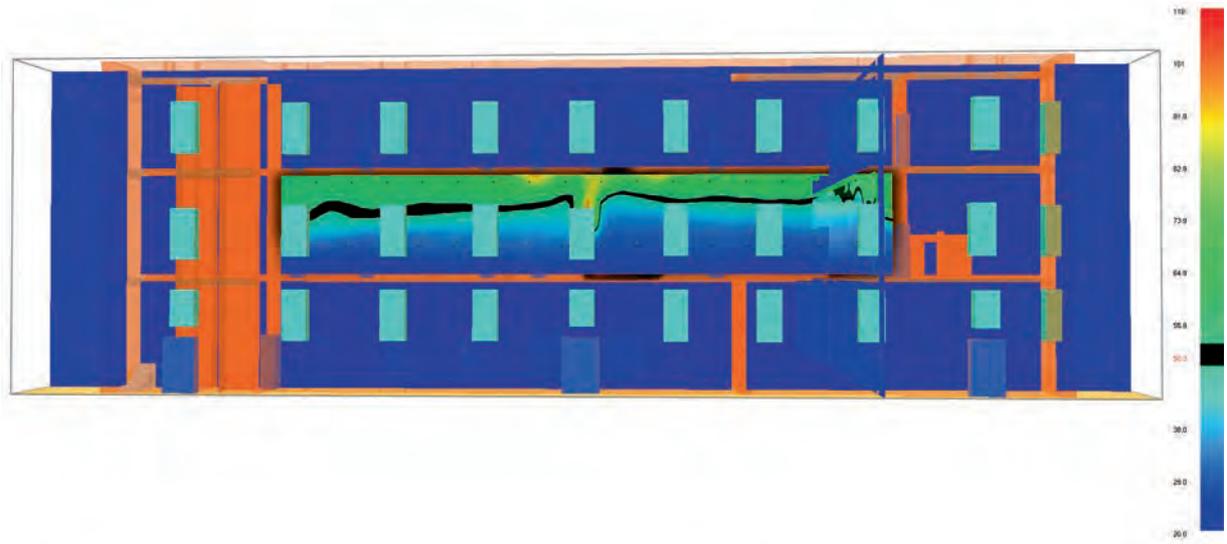
Time: 400.4

TEMPERATURE ALL'ISTANTE T = 400 s - (VALORE SOGLIA TEMPERATURA EVIDENZIATA 40 °C)



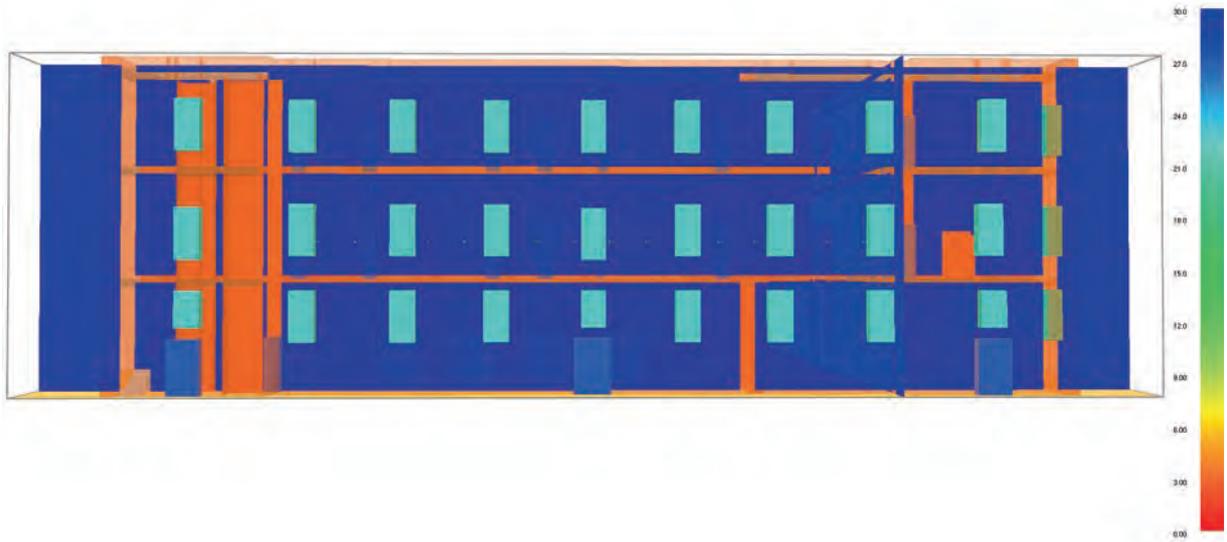
Time: 500.6

TEMPERATURE ALL'ISTANTE T = 500 s - (VALORE SOGLIA TEMPERATURA EVIDENZIATA 40 °C)



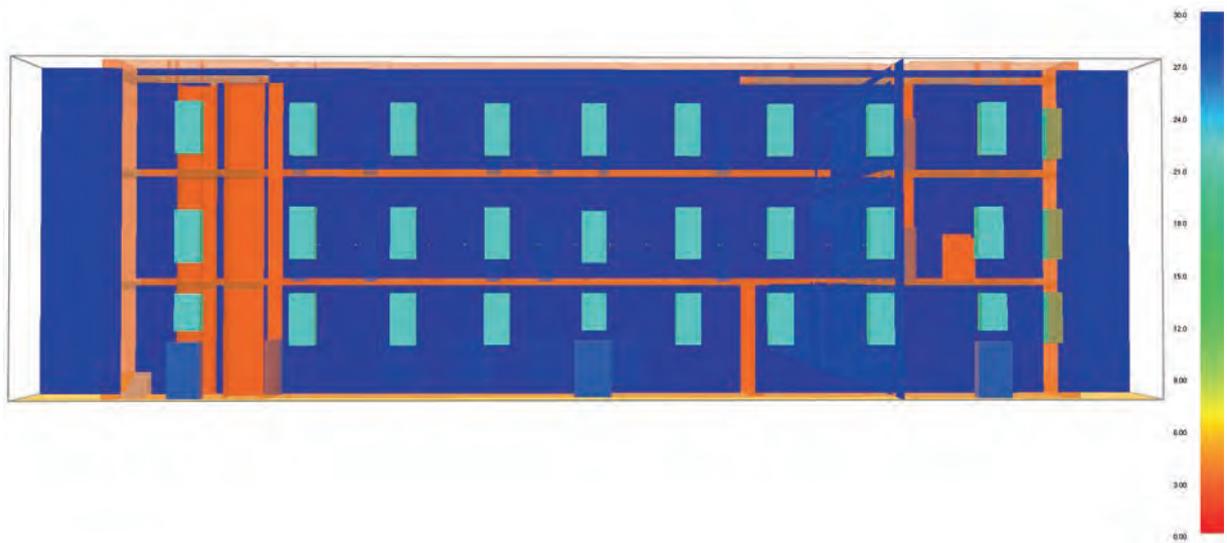
Time: 00:00

TEMPERATURE ALL'ISTANTE T = 600 s - (VALORE SOGLIA TEMPERATURA EVIDENZIATA 50 °C)



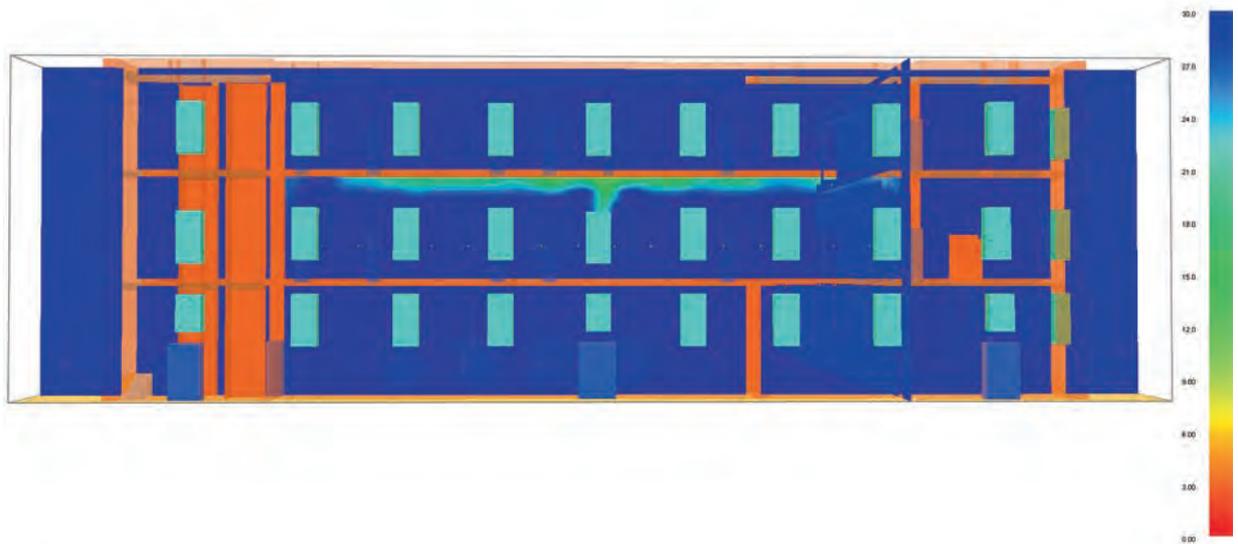
Time: 00:00

PROPAGAZIONE DEI FUMI E VISIBILITÀ ALL'ISTANTE T = 0 s



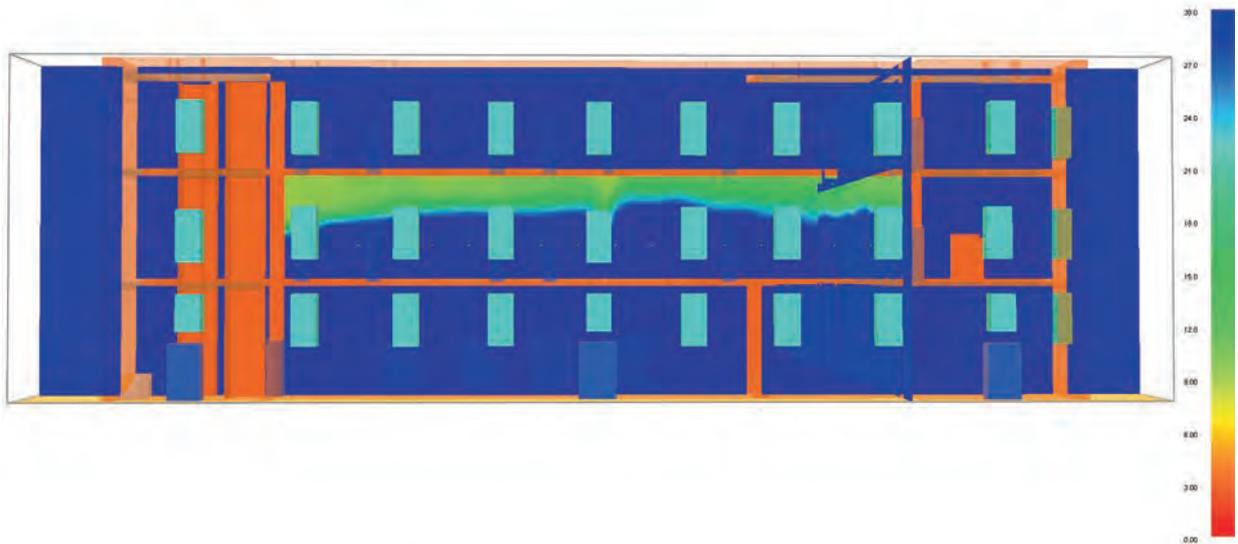
Time: 00:00

PROPAGAZIONE DEI FUMI E VISIBILITÀ ALL'ISTANTE T = 100 s



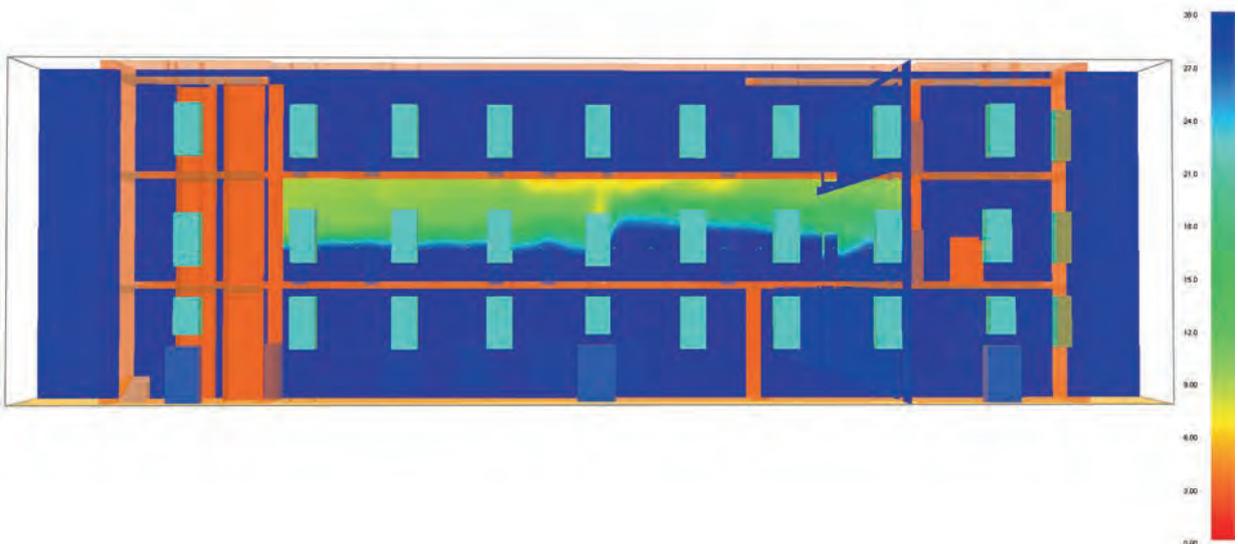
Time: 200.4

PROPAGAZIONE DEI FUMI E VISIBILITÀ ALL'ISTANTE T = 200 s



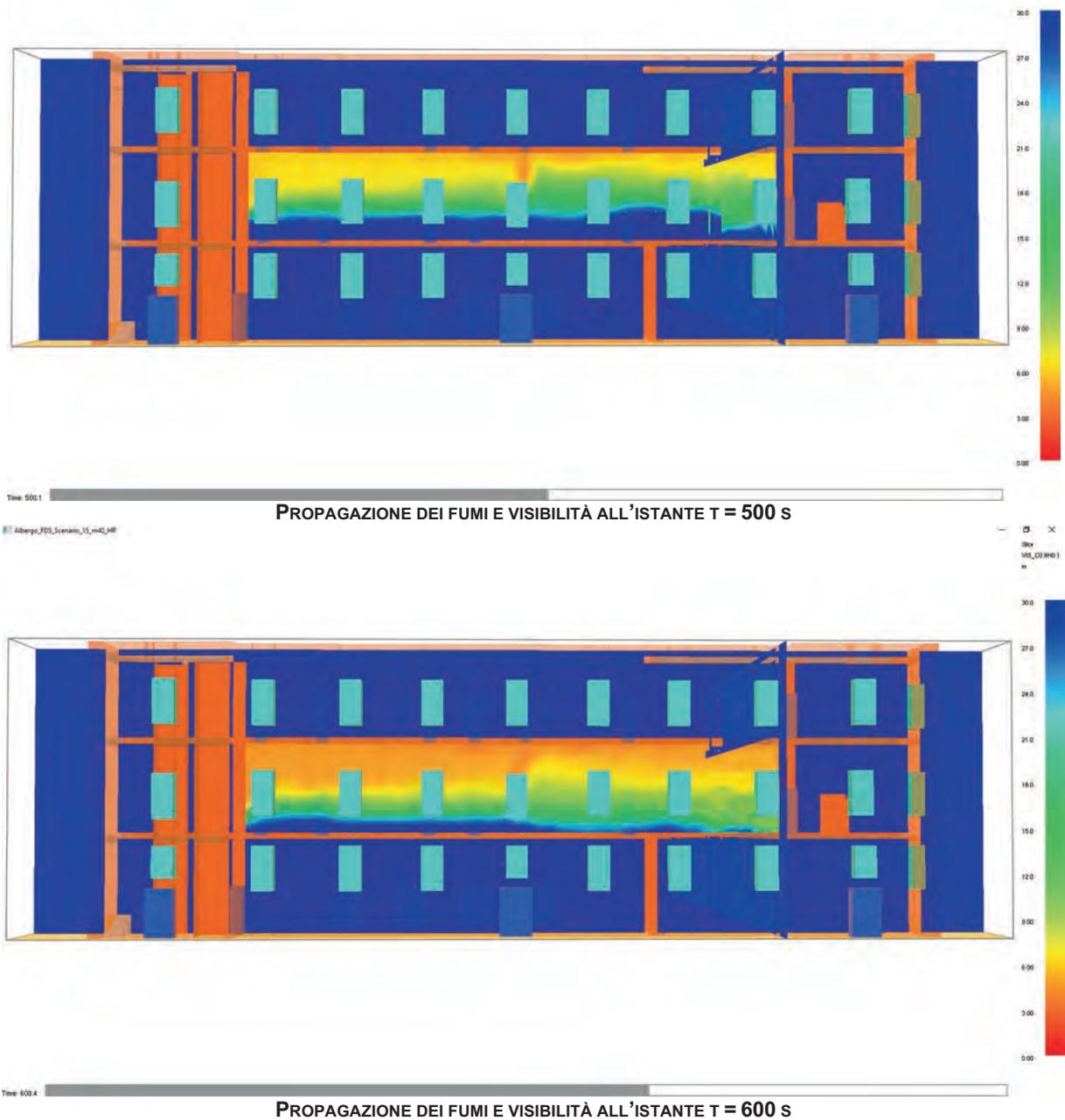
Time: 300.2

PROPAGAZIONE DEI FUMI E VISIBILITÀ ALL'ISTANTE T = 300 s



Time: 400.4

PROPAGAZIONE DEI FUMI E VISIBILITÀ ALL'ISTANTE T = 400 s



Nota progettazione inclusiva:

Si segnala che l'esodo degli occupanti con ridotta mobilità viene gestito tramite realizzazione di spazi calmi, ricavati, al primo e secondo piano dell'ufficio, in appositi locali comunicanti con il vano scala Ovest. In terrazza, lo spazio calmo è ricavato nell'ex locale lavatoio, adiacente il locale tecnico ascensore. All'interno di ciascuno spazio calmo sarà installato un sistema di comunicazione bidirezionale, con lo scopo di segnalare la presenza e richiedere soccorso (par. S.4.9.1); saranno inoltre presenti le attrezzature idonee all'esodo degli occupanti con ridotta mobilità.

Considerazioni a commento

❖ *Riepilogo sintetico del caso studio*

Nel presente caso studio è stata verificata, in soluzione alternativa, la progettazione della misura S.4 per un'attività di tipo ufficio, ospitata in un edificio esistente, con valenza storico/artistica, sottoposto a vincolo di tutela.

Considerate le peculiarità del patrimonio urbanistico nazionale, il recupero di un edificio storico ad una nuova destinazione d'uso costituisce un tema con il quale i progettisti si confrontano abitualmente e che necessita, inevitabilmente, di individuare soluzioni progettuali, spesso originali, a garanzia dell'ottemperanza alla normativa di prevenzioni incendi, in particolare quando si modifica l'originaria destinazione d'uso, senza per questo ricorrere all'istituto della deroga secondo le regole tecniche tradizionali di prevenzione incendi.

Spesso, infatti, la configurazione non canonica dei volumi, risultato di aggregazioni successive nel tempo, le caratteristiche dei materiali e degli arredi, l'irregolarità degli spazi distributivi fino all'accessibilità dei mezzi di soccorso, sono aspetti che richiedono un'attenzione specifica dettata dall'impossibilità di intervenire a modificare elementi architettonico-strutturali a tutela del valore del bene.

In linea con la lettera e lo spirito del Codice e in coerenza con l'idea che rappresenti un approccio flessibile e prestazionale, adatto quindi a perseguire la salvaguardia della vita umana pur rispettando le peculiarità del caso in esame, si ricorre alla soluzione alternativa, adottata esclusivamente per la misura di esodo, dimostrando l'equivalente livello di prestazione raggiunto.

Si ribadisce che la scelta di percorrere la soluzione alternativa costituisce una possibilità, resa nella disponibilità del progettista, che necessita di una verifica approfondita e circostanziata del livello di prestazione garantito ai fini della sicurezza.

Dove, infatti, tale condizione non sia verificata o non sia supportata da argomentazioni tecniche consistenti, il ricorso alla soluzione conforme rappresenta l'unica modalità validata e percorribile a tutela dell'obiettivo di sicurezza dichiarato.

❖ *Commento dei risultati*

La combustione di un materiale produce, oltre ai fumi scuri, una serie di sottoprodotti inquinanti e talvolta pericolosi per la salute.

Per gli scopi del caso studio, è stato necessario definire nel file input di FDS i parametri in maniera da poter determinare le concentrazioni delle specie chimiche prodotte a seguito della reazione di combustione e la resa in fuliggine (soot).

All'interno della stringa "&REAC", ovvero il gruppo dove vengono definite le caratteristiche della combustione, è possibile inserire tali parametri, in relazione al materiale prevalente e meglio rappresentativo del focolaio impiegato.

Il comando "FUEL" assegna una tipologia di combustibile alla reazione, mentre i parametri "SOOT_YIELD" "CO_YIELD", rappresentano rispettivamente le frazioni massive del combustibile di massa convertita in particolato di fumo e la frazione di massa del comburente convertita in monossido di carbonio.

Si tratta di dati determinati sperimentalmente attraverso campionamenti dei fumi di combustione e riportati nella letteratura scientifica.

Pertanto è necessario reperire le fonti, sperimentali o di letteratura, consolidate prima di inserire i parametri della reazione, al fine di ottenere risultati non viziati alla fonte.

Caso studio 6: esodo da un istituto universitario sito in un edificio vincolato

Descrizione

Nel presente caso studio viene illustrata la verifica delle condizioni di esodo per un'attività di tipo scolastico (istituto universitario) ospitata in un edificio con valenza storico/artistica e sottoposto a vincolo di tutela ai sensi del d.lgs. n. 42 del 22 gennaio 2004 e s.m.i., originariamente destinato a convento dei Canonici Lateranensi, annesso all'adiacente chiesa di San Pietro in Vincoli in Roma.

Nel corso degli anni, l'attività ha subito numerosi rifacimenti (realizzazione di un edificio sul lato di via delle Sette Sale, destinato all'Istituto di Chimica, di un nuovo corpo di fabbrica con accesso diretto da via delle Sette Sale, destinato all'Istituto di Elettrotecnica, di nuovi locali nell'edificio del Convento e della sopraelevazione del corpo di fabbrica che insiste sulla navata destra della Chiesa di San Pietro in Vincoli).

La tipologia costruttiva è a blocco con quattro cortili interni, uno dei quali costituito dal preesistente Chiostro di San Pietro in Vincoli.

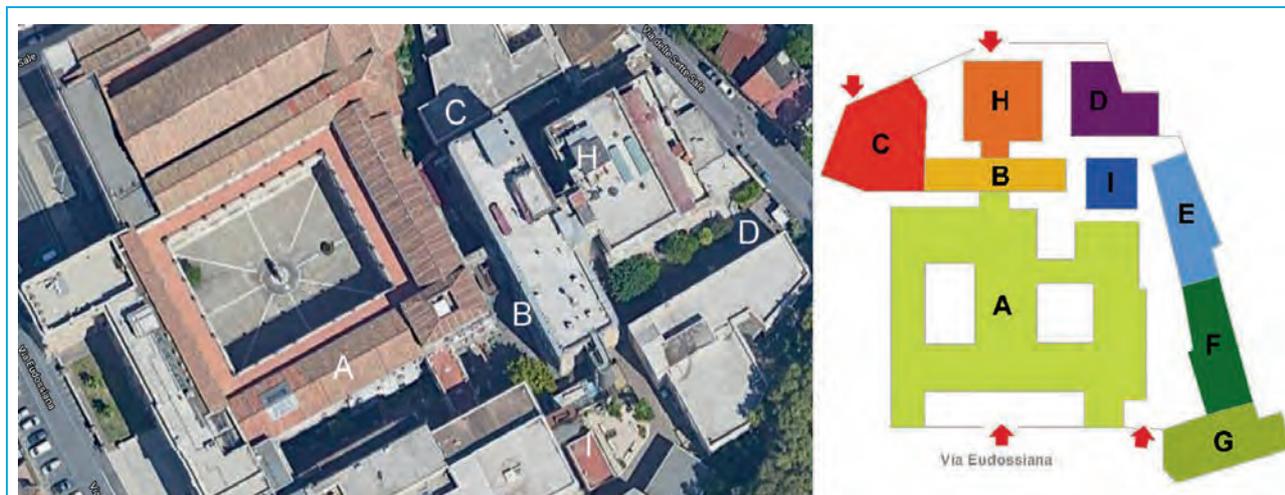
Valendo le medesime considerazioni operate nel precedente caso studio, anche nel presente, emergono alcune criticità, in relazione alla misura antincendio esodo, non potendosi rispettare appieno, la normativa antincendio verticale di natura prescrittiva (d.m. 26 agosto 1992).

Pertanto, l'utilizzo del Codice costituisce la soluzione tecnica più idonea per effettuare la verifica delle condizioni di esodo nell'attività, senza la necessità di ricorrere a *soluzioni in deroga*³⁷ secondo le regole tecniche tradizionali di prevenzione incendi.

La parte dell'Edificio A analizzata nel presente caso studio, è costituita dai tre piani fuori terra della struttura centrale di cui fa parte il Chiostro della Facoltà.

La scelta di verificare i livelli di prestazione e le condizioni di esodo in quest'area, deriva da considerazioni legate alla necessità di individuare scenari di incendio rappresentativi delle condizioni più gravose compatibili con l'utilizzo della struttura che, certamente, comprendono attività convegnistiche e seminariali, svolte nelle sale prospicienti il Chiostro (Sala del Chiostro e Sala degli Affreschi), contemporaneamente alle ordinarie attività di didattica.

Dati salienti e attribuzione dei livelli di prestazione:



Edificio A

Piano terra - Lab. di Geologia applicata e Geotecnica, Lab. di Materiali Stradali, Lab. di Veicoli e Sistemi di Trasporto

Piano primo - Area Architettura e Urbanistica, Biblioteca Area Architettura e Urbanistica

Piano secondo - Area Trasporti, Area Strade, Biblioteca "Franco Giannini"

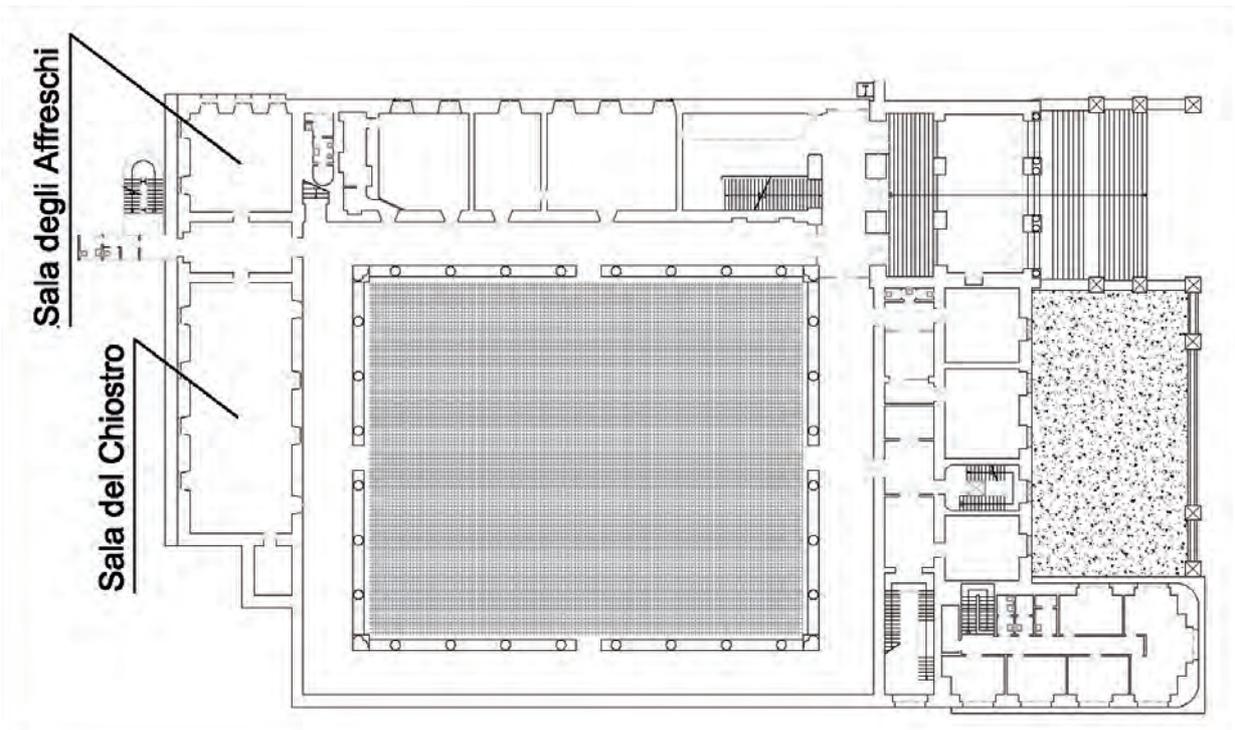
INQUADRAMENTO DELL'ISTITUTO UNIVERSITARIO

³⁷ Come richiamato nel precedente caso studio, ad oggi, l'applicazione del Codice all'attività 72 è legata all'emananda RTV inerente attività in edifici tutelati diverse da musei, gallerie, esposizioni, mostre, biblioteche e archivi; tuttavia, ai soli fini didattici e ricorrendo ad una soluzione alternativa, si fa riferimento al Codice precorrendo i tempi della futura emanazione della citata RTV

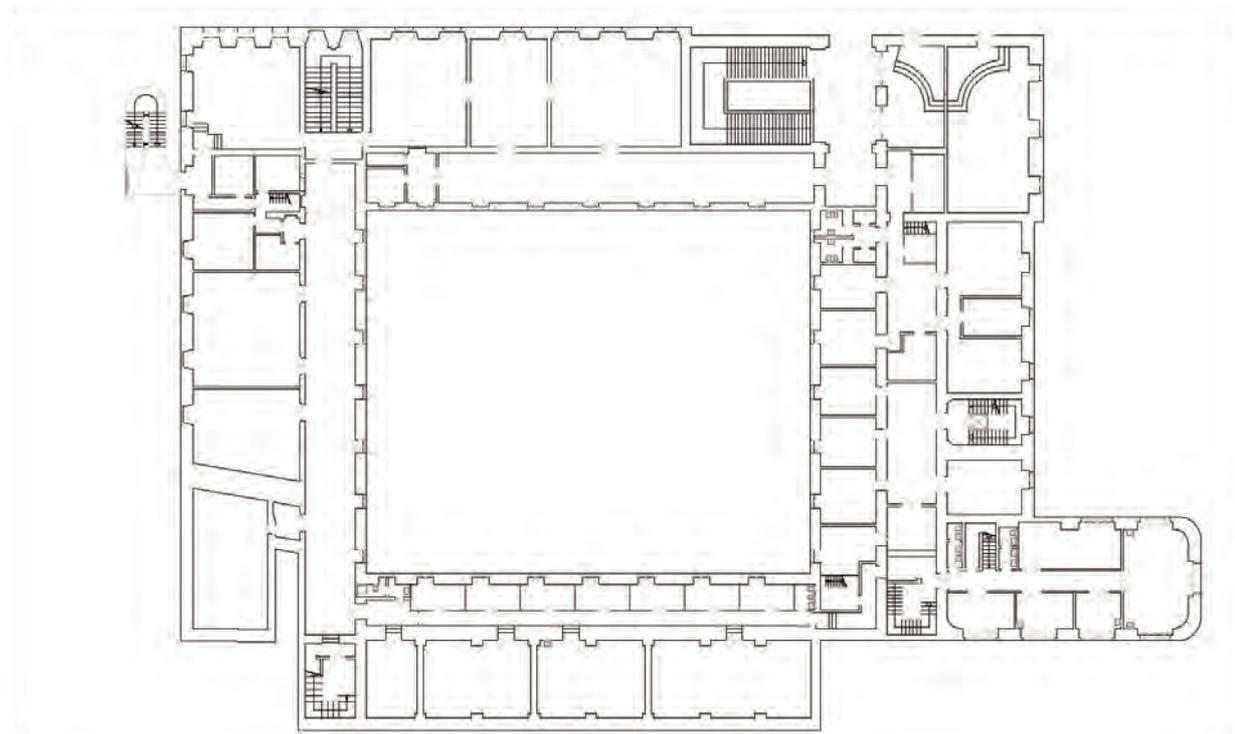
Apparecchiatura costruttiva	Strutture portanti in muratura
Numero occupanti	867
Profili di rischio R_{vita}	A2 per le aree di tipo TA (parr. V.7.2 e G.3.2.2) B2 per le aree di tipo TO (parr. V.7.2 e G.3.2.2)
Profilo di rischio R_{peni}	Opera da costruzione vincolata = 2 (par. G.3.3)
Profilo di rischio $R_{ambiente}$	Non significativo (par. G.3.4)
Reazione al fuoco	Livello III - II di prestazione (parr. S.1.3, S.1.4.1, S.1.4.2 e V.7.4.1)
Resistenza al fuoco	Livello III di prestazione (parr. S.2.3, S.2.4.3 e V.7.4.2)
Compartimentazione	Livello II di prestazione (parr. S.3.3, S.3.4.1 e V.7.4.3)
Esodo	Livello I di prestazione (parr. S.4.3 e S.4.4.3)
Gestione della sicurezza antincendio	Livello II di prestazione (parr. S.5.3, S.5.4.1 e V.7.4.4)
Controllo dell'incendio	Livello III di prestazione (parr. S.6.3, S.6.4.2 e V.7.4.5) Rete di Idranti (UNI 10779)
Rivelazione ed allarme	Livello III di prestazione (parr. S.7.3, S.7.4.3 e V.7.4.6) Impianto IRAI (UNI 9795)
Controllo di fumi e calore	Livello II di prestazione (parr. S.8.3 e S.8.4.1)
Operatività antincendio	Livello IV di prestazione (parr. S.9.3 e S.9.4.3)
Sicurezza degli impianti tecnologici	Livello I di prestazione (parr. S.10.3, S.10.4.1 e V.7.4.7)



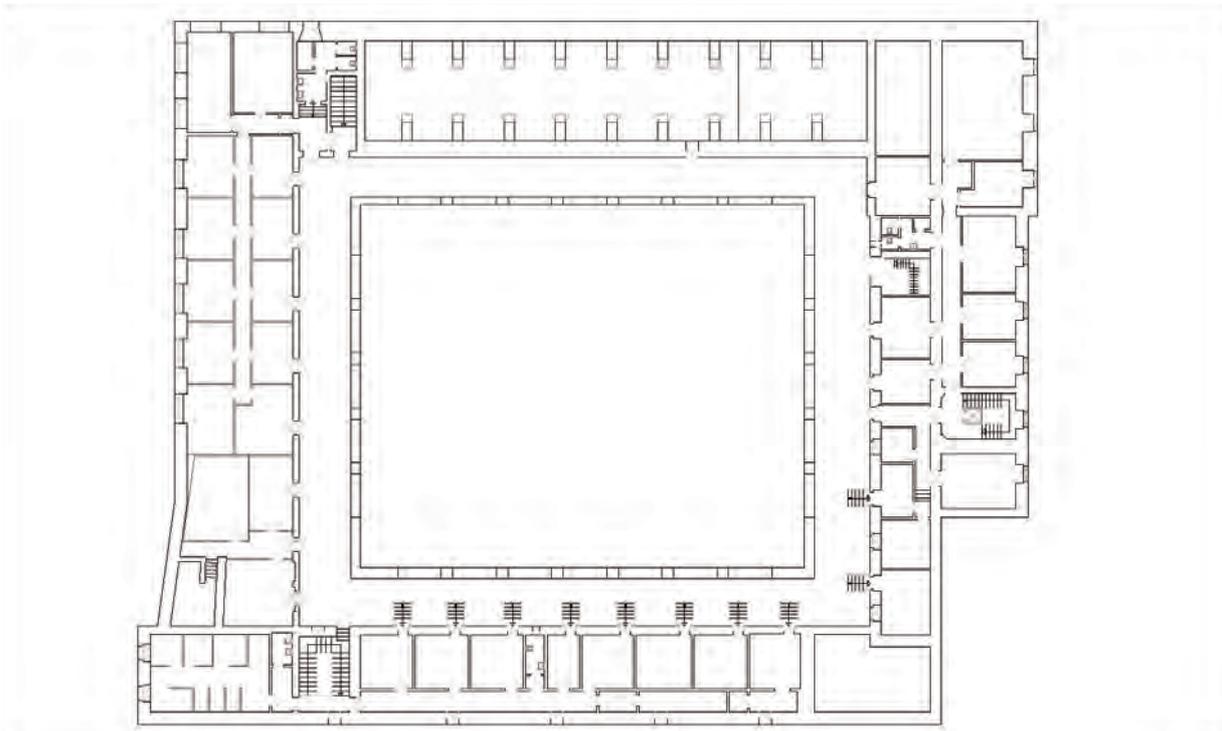
VISTA AEREA DELL'EDIFICIO OSPITANTE LA FACOLTÀ DI INGEGNERIA CIVILE E INDUSTRIALE



PLANIMETRIA PIANO TERRA



PLANIMETRIA PIANO PRIMO

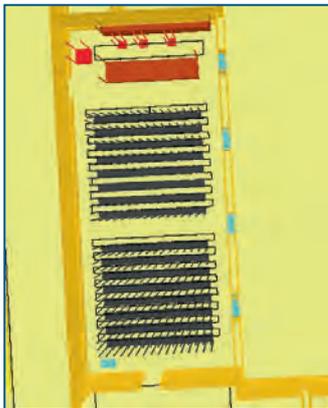


PLANIMETRIA PIANO SECONDO

Dati inerenti le Sale convegni	
Sala del Chiostro	
Dimensioni geometriche della sala	Superficie 163,60 m ²
Caratteristiche geometriche	Dimensioni lineari: 20,20 x 8,10 x 5,65 h m
Aperture	n. 3 porte: 1,23 x 2,20 m - 1,26 x 3,80 m - 1,26 x 3,80 m n. 6 finestre: 1,26 x 3,80 m cad
Arredi	n.1 tavolo: 5,00 x 0,80 m con un'altezza di 0,80 m n.1 cestino: 0,40 x 0,40 x 0,80 m n.1 mobile in legno: 6,00 x 0,40 x 0,80 m n.1 rack: 0,40 x 0,40 x 1,20 m n. 160 poltrone in pelle imbottite: 0,60 x 0,40 x 1,03 m
Sala degli Affreschi	
Dimensioni geometriche della sala	Superficie 64,00 m ²
Caratteristiche geometriche	Dimensioni lineari: 7,93 x 8,10 x 5,65 h m
Aperture	n. 1 porta: 1,23 x 2,20 m n. 5 finestre: 1,26 x 3,10 m cad
Arredi	n.1 tavolo: 4,80 x 0,80 m con un'altezza di 0,80 m n.1 cestino: 0,40 x 0,40 x 0,80 m n.1 rack: 0,40 x 0,40 x 1,20 m n. 45 sedie in plastica e metallo: 0,60 x 0,40 x 1,03 m



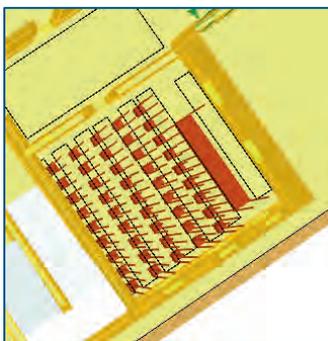
VISTA DEL CHIOSTRO



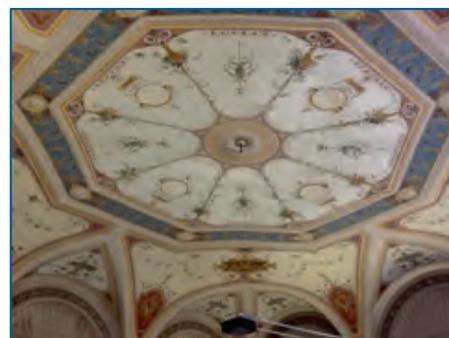
SALA DEL CHIOSTRO IN AMBIENTE SIMULATO



SALA DEL CHIOSTRO



SALA DEGLI AFFRESCHI IN AMBIENTE SIMULATO



SALA DEGLI AFFRESCHI (PARTICOLARE)

Contestualizzazione dell'attività in relazione alla prevenzione incendi

Ai sensi dell'Allegato I del d.p.r. 1 agosto 2011, n. 151 l'attività in esame, superando le 300 persone, rientrerebbe nella classificazione di cui al punto 67.4.C.

Trattandosi, però, di un edificio tutelato ai sensi dell'art. 10 del d.lgs. 22 gennaio 2004, n.42 e s.m.i., destinato a contenere una delle attività soggette presenti nel citato Allegato, l'attività ricade nella classificazione di cui al punto 72.1.C che, in base all'art. 2 del Codice, esula dal campo di applicazione del medesimo.

Valendo le considerazioni effettuate nel precedente caso studio, ai soli fini didattici, si applicherà ugualmente il Codice come strumento di progettazione.

Riferimenti normativi

- d.m. 3 agosto 2015 - "Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del d.lgs. 8 marzo 2006, n. 139" - Aggiornamento d.m. 18 ottobre 2019, come aggiornata dai decreti 14 febbraio 2020 e 6 aprile 2020 per la sezione V.

Studio della problematica antincendio

Ci si propone, nell'ambito generale della progettazione antincendio dell'attività, di focalizzare l'attenzione sulla misura antincendio esodo, facendo ricorso alle *soluzioni alternative* suggerite dal Codice (par. S.4.4.3), constatato che non è possibile dimostrare il raggiungimento del livello di prestazione attribuito mediante l'adozione di *soluzioni conformi*.

Obiettivi dello studio

Al fine di dimostrare il raggiungimento del livello di prestazione attribuito alla misura S.4 (I), saranno utilizzati i metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio (par. G.2.7), impiegando le ipotesi, nei limiti previsti dalla regola dell'arte nazionale ed internazionale, secondo le procedure di cui alla normativa vigente. L'obiettivo è quello di dimostrare l'adeguatezza del sistema d'esodo esistente per gli occupanti.

Definizione del progetto dell'esodo

La soluzione alternativa viene applicata al fine di dimostrare l'idoneità del sistema di esodo.

Identificazione degli obiettivi di sicurezza antincendio per l'esodo

Tali obiettivi consistono nel permettere agli occupanti di lasciare l'edificio senza essere interessati dagli effetti dell'incendio (tab. M.3-2).

Rinviando al precedente caso studio, per ulteriori specificazioni, si rammenta che la progettazione prestazionale del sistema di vie d'esodo 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*).

Calcolo dei tempi di esodo

Per il calcolo dei tempi di esodo vengono utilizzati i parametri contenuti nel cap. M.3 e il criterio $ASET > RSET$ previsto nel par. M.3.2.2.

Il caso studio tiene conto dell'effettiva presenza e disponibilità di uscite dal piano.

Nei quattro scenari di progetto oggetto dello studio (vedi di seguito) si tiene conto del contemporaneo svolgimento delle lezioni e delle sedute di laurea; pertanto, è stata considerata la presenza di studenti, docenti e "visitatori non abituali".

Per l'affollamento massimo di ciascun locale sono stati adottati i criteri della tab. S.4-13.

Per il calcolo dell'affollamento nelle sale è stato assunto un numero di presenze pari alla somma del numero dei posti a sedere e del corpo docente.

Per la parte esterna del Chiostro (portico) è stato calcolato un affollamento massimo pari a:

$$\text{affollamento massimo} = \text{densità di affollamento} \times \text{superficie lorda}$$

Il valore della densità di affollamento è pari a 0,4 p/m² (vedi tab, S.4-12) riguardante gli ambiti adibiti ad attività scolastica (senza posti a sedere).

Riepilogando, l'affollamento totale risulta pari a:

Affollamento massimo (persone)	
Piano terra	599
Piano primo	166
Piano secondo	102
Totale	867

AFFOLLAMENTO MASSIMO IPOTIZZATO

È stata simulata la condizione di progetto con maggior affollamento, prevedendo la presenza massima di 867 occupanti distribuiti ai vari piani secondo la destinazione d'uso dei vari ambienti simulando, altresì, la presenza di occupanti con diverse caratteristiche psicofisiche (età, corporatura, capacità motoria e comportamento).

Calcolo di RSET

Si rammenta che l'RSET è l'intervallo di tempo calcolato tra l'innesco dell'incendio ed il momento in cui gli occupanti dell'attività raggiungono un luogo sicuro.

Il tempo necessario per l'esodo (RSET) è composto da quattro tempi, così come definito dal par. M.3.4:

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

Come già richiamato, in attesa dell'emanazione della specifica RTV inerente Attività in edifici tutelati diverse da musei, gallerie, esposizioni, mostre, biblioteche e archivi, ai soli fini didattici, si fa riferimento al Codice e, considerata la tipologia di attività in esame, alla RTV V.7 - Attività scolastiche (d.m. 24 agosto 2017)³⁸.

Secondo il par. V.7.2 l'attività è classificabile:

- in relazione al numero degli occupanti: 800 < n ≤ 1200 → OD;
- in relazione alla massima quota dei piani h: 12 m < h ≤ 24 m → HB.

e le aree presenti sono classificate come segue:

- TA: locali destinati ad attività didattica e a spazi comuni;
- TO: locali con affollamento >100 persone;
- TZ: altre aree.

Si segnala che la RTV V.7 prevede, alla tab. V.7-6, requisiti aggiuntivi rispetto a quelli previsti nel Cap. S.7; pertanto occorre attribuire un livello minimo di prestazione pari a III alla misura rivelazione e allarme.

- Il tempo di rivelazione t_{det} è stato determinato mediante la modellizzazione numerica degli scenari d'incendio individuati (vedi paragrafo "dei componenti di RSET").
- Il tempo di allarme t_a viene assunto pari a zero, in presenza di funzione C dell'IRAI esteso a tutto l'attività.
- Il tempo di pre-movimento t_{pre} (pre-travel activity time, PTAT), è stato valutato con riferimento alla tab. M.3-1, tratta dalla norma ISO 16738, considerando l'esempio 2 che prevede la presenza di occupanti svegli che hanno familiarità con l'edificio. Sono state, inoltre, eseguite alcune modellazioni numeriche riferite agli scenari d'incendio individuati (vedi paragrafo "Determinazione dei componenti di RSET").
- Il tempo di percorrenza t_{tra} è stato calcolato con l'ausilio del software, validato, di simulazione dell'esodo EVAC³⁹ (vedi paragrafo "Determinazione dei componenti di RSET").

³⁸ L'ipotesi è suffragata dal fatto che nella bozza della emananda RTV Attività in edifici tutelati diverse da musei, gallerie, esposizioni, mostre, biblioteche e archivi, presentata al CCTS l'11 dicembre 2019, riguardo alle classificazioni delle attività soggette inserite nell'edificio sottoposto a tutela ai sensi del d.lgs. n. 42 del 22 gennaio 2004 e oggetto di specifiche RTV, varranno quelle previste nelle stesse RTV.

³⁹ Fire Dynamic Simulator, Nist (<https://www.nist.gov/services-resources/software/fds-and-smokeview>), EVAC VTT (http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fdsevac/examples_fds6.html)

Calcolo di ASET

Si rammenta che l'ASET è l'intervallo di tempo calcolato tra l'innescio dell'incendio ed il momento in cui le condizioni ambientali nell'attività diventano tali da rendere gli occupanti incapaci di porsi in salvo autonomamente raggiungendo o permanendo in un luogo sicuro.

Per il calcolo del tempo a disposizione per l'esodo (ASET), può essere utilizzato, come nel caso studio precedente, il *metodo di calcolo avanzato* (par. M.3.3.1)

Con tale metodo, occorre procedere alla verifica di tutti i modelli di cui al par. M.3.3.1.2, impiegando le seguenti *soglie di prestazione*, riportate nella tab. M.3-2:

Modello	Prestazione	Soglia di prestazione	Riferimento
Oscureamento 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 < 100 m ² : 5 m	ISO 13571-2012
		Soccorritori: 5 m Soccorritori in locali di superficie lorda < 100 m 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 incapaci al raggiungimento della soglia
		Soccorritori: nessuna valutazione	--
Calore	Temperatura massima di esposizione	Occupanti: 60°C	ISO 13571-2012
		Soccorritori: 80°C	[1]
Calore	Irraggiamento termico massimo da tutte le sorgenti (incendio, effluenti dell'incendio, struttura) di esposizione degli occupanti	Occupanti: 2,5 kW/m ²	ISO 13571-2012, per esposizioni inferiori a 30 min
		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*.

TAB. M.3-2: ESEMPIO DI SOGLIE DI PRESTAZIONE IMPIEGABILI CON IL METODO DI CALCOLO AVANZATO

ovvero:

- Visibilità minima di pannelli riflettenti, non retroilluminati, valutata ad altezza 1,80 m dal piano del calpestio = 10 m (5 m);
- FED e FEC per esposizione a gas tossici e gas irritanti, valutata ad altezza 1,80 m dal piano del calpestio = 0,1;
- Temperatura massima di esposizione = 60°C;
- Irraggiamento termico massimo da tutte le sorgenti (incendio, effluenti dell'incendio, struttura) di esposizione degli occupanti = 2,5 kW/m².

Si anticipa che i riscontri relativi ai parametri FED e FEC, facenti riferimento ai modelli dei gas tossici e irritanti, e irraggiamento, hanno fornito valori non significativi per l'intera durata delle simulazioni; si ometteranno, pertanto, per brevità di trattazione, le relative risultanze grafiche.

Identificazione degli scenari d'incendio

Lo scenario d'incendio rappresenta l'evoluzione dell'incendio in relazione a tre aspetti fondamentali: focolaio, 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, ma credibile, all'interno dell'attività (par. M.2.3).

Focolaio d'incendio

Il Codice prevede differenti metodi per la descrizione quantitativa del focolaio d'incendio; il metodo più speditivo, descritto al par. M.2.7, impiega i valori dei parametri di cui alla tab. M.2-2:

Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Velocità caratt. di crescita dell'incendio t_a	150 s (<i>fast</i>)	75 s (<i>ultra-fast</i>)
HRR _{max} totale HRR _{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_{CO_2}	1,5 kg/kg [3,6]	
Resa in acqua Y_{H_2O}	0,82 kg/kg [3,6]	
Frazione di HRR(t) in irraggiamento (<i>Radiative fraction</i>)	35% [3]	

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

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

[3] "CIVM2 Verification method: Framework for fire safety design", New Zealand Building Code

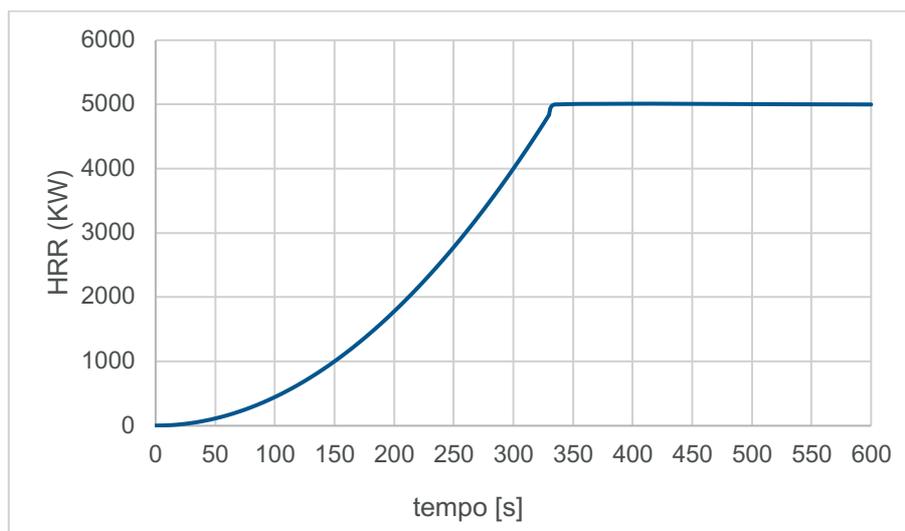
[4] "SFPE handbook of fire protection engineering", NFPA, 4th ed., 2008. Tabella 3-4.16, pag. 3-142, da polyurethane flexible foams.

[5] Stec A, Hull T R, "Fire Toxicity", woodhead Pub., 2010. § 2.4 con $ct = 1,25$ (*underventilated fire*)

[6] In alternativa alle rese Y_{CO_2} e Y_{H_2O} , si può imporre nel codice di calcolo il combustibile generico $C_{H_2}O_{0,5}$.

TAB. M.2-2: FOCOLARI PREDEFINITI

Secondo la citata tabella, il focolaio in un ambiente di carattere civile può essere rappresentato dalla seguente curva HRR(t):



ANDAMENTO DELLA CURVA HRR(t) PREDEFINITA (PARAMETRI TAB. M.2-2)

Tali focolai predefiniti possono essere applicati tenendo conto delle limitazioni ivi specificate; pertanto, l'impiego di focolai predefiniti è possibile solo ed esclusivamente se i focolai attesi non risultino più gravosi.

In tale caso, è possibile omettere la valutazione quantitativa del focolaio prevista nel par. M.2.6.

Ai fini della caratterizzazione quantitativa del focolaio il professionista antincendio può:

- a) impiegare dati sperimentali ottenuti da misura diretta in laboratorio secondo metodologia scientifica consolidata;
- b) usare dati pubblicati da fonti autorevoli e condivise; il professionista antincendio *cita sempre* con precisione tali fonti e *verifica la corrispondenza* del campione di prova sperimentale (quantità, composizione, geometria e modalità di prova) con quello previsto nello scenario d'incendio di progetto, utilizzando un approccio ragionevolmente conservativo;
- c) impiegare delle *metodologie di stima* come riportato nel par. M.2.6 in cui si descrivono alcune metodologie di stima mutuata dalla letteratura citata al par. M.2.8.

Qualora la definizione della fase di propagazione della curva HRR(t), basata esclusivamente sul tempo caratteristico, t_x fosse ritenuta non rappresentativa della reale evoluzione dell'incendio durante la fase di propagazione, in particolare negli edifici civili, si renderà necessaria una più dettagliata definizione della curva di crescita dell'incendio, con specifica attenzione alla propagazione dell'incendio e dei prodotti della combustione, che rappresentano i fenomeni di maggiore interesse per i problemi di salvaguardia della vita.

Il professionista antincendio può, pertanto, valutare le possibilità che l'incendio si propaghi dagli oggetti già coinvolti dalle fiamme ad altri elementi combustibili, per mezzo di un'adeguata valutazione del rischio di incendio.

Tale valutazione deve essere giustificata durante l'analisi quantitativa.

La curva HRR può essere così ricostruita nel seguente modo:

1. ipotizzare il materiale combustibile iniziatore dell'incendio;
2. valutare la sequenza con la quale i diversi elementi combustibili presenti nell'ambiente vengono coinvolti dalla propagazione dell'incendio;
3. calcolare la curva HRR(t) complessiva, per somma dei contributi nel tempo dei singoli oggetti; le curve HRR(t) di molte tipologie di oggetti combustibili presenti negli edifici civili possono essere facilmente reperite in letteratura.

In riferimento alla definizione della chimica base del combustibile e delle rese in particolato (soot) e in monossido di carbonio (CO), si rimanda alle considerazioni effettuate nel caso studio precedente.

Nel caso in esame, la reazione chimica di fase gassosa assunta da FDS è stata determinata con riferimento ai valori previsti nella letteratura tecnica (SFPE Handbook 5th Edition - tabb. A.31 e A.39) in riferimento alla combustione della schiuma poliuretanicca:

```
&REAC FUEL = 'SCHiumA POLIURETANICA-FLEXIBLE'
, FORMULA='C6.3H7.1NO2.1
, SOOT_YIELD=0.227
, CO_YIELD=0.042
, HEAT_OF_COMBUSTION=27200
```

La scelta della REAC relativa alla schiuma poliuretanicca è stata fatta a favore di sicurezza quale materiale prevalente (poltrone in pelle imbottite) e meglio rappresentativo del focolaio impiegato.

Individuazione degli scenari d'incendio di progetto

L'attività di simulazione numerica, con la quale sono state effettuate le verifiche della prestazione di sicurezza del sistema, ha richiesto, per ognuna delle due Sale convegni, la definizione del dominio di simulazione che, opportunamente suddiviso in un numero finito di volumi di controllo (mesh), consenta la rappresentazione geometrica tridimensionale del volume.

Per lo studio del campo fluidodinamico sono stati inseriti dispositivi di misura e *slice*, ovvero superfici di misura, equivalenti ad un oggetto piano all'interno dell'area grafica, la cui funzione è quella di misurare il valore assunto dalle grandezze di fase gassosa (vedi nota al precedente caso studio).

Per l'identificazione dei possibili scenari di incendio di progettazione è stato utilizzato l'approccio della norma NFPA 101 (life safety code) la quale, in alternativa alla definizione degli scenari secondo le valutazioni esperte, prevede la valutazione rispetto ad otto scenari predeterminati, ciascuno dei quali può risultare multiplo o non applicabile, a seconda delle caratteristiche dell'edificio.

In relazione alle caratteristiche dell'edificio, inoltre, gli scenari devono considerare alcune specificazioni, quali la posizione iniziale dell'incendio e i valori iniziali della produzione di fumo e di calore, le caratteristiche dei materiali presenti, la quantificazione dell'intervento umano e degli impianti.

Tali scenari sono identificati in modo da consentire di individuare tutti i possibili rischi provenienti da ambienti presidiati e non presidiati.

In particolare, nell'analisi del caso studio, si è fatto riferimento allo scenario di seguito descritto.

Scenario d'incendio per lo studio dell'esodo

Questo scenario descrive un incendio che si sviluppa durante una fase di normale esercizio dell'attività.

Nella definizione delle condizioni rappresentative sono state prese in considerazione specificamente le attività svolte, il numero degli occupanti, la tipologia degli ambienti e degli arredi e le condizioni di ventilazione con definizione del primo elemento che prende fuoco e della sua localizzazione.

La scelta dell'approccio della norma NFPA 101 è derivata dalla scarsa disponibilità di dati utilizzabili per il caso in esame; il Codice aggiunge, nel caso in cui non siano disponibili statistiche nazionali appropriate, che è opportuno far riferimento ad informazioni provenienti da altri Paesi con esperienze assimilabili.

Questa ricerca non ha però prodotto risultati che potessero essere utilizzati per l'attività; per tale motivo è stato adottato l'approccio normativo.

Per la simulazione di incendio e di esodo sono stati considerati quattro possibili scenari:

- Scenario A - Incendio all'interno della Sala del Chiostro avente come innesco un cestino dei rifiuti;
- Scenario B - Incendio all'interno della Sala del Chiostro avente come innesco il rack;
- Scenario C - Incendio all'interno della Sala degli Affreschi avente come innesco un cestino dei rifiuti;
- Scenario D - Incendio all'interno della Sala degli Affreschi avente come innesco il rack.

La scelta di simulare incendi nelle due Sale convegni ha permesso di calcolare una serie di curve HRR vs tempo specifiche, contraddistinte in funzione dei materiali, delle geometrie e delle condizioni di ventilazione.

Nell'impostazione delle simulazioni, infatti, è stato associato un valore di HRR calcolato in funzione del carico d'incendio, avendo costruito opportunamente lo spazio numerico della simulazione, attribuendo ad ogni superficie di arredo proprie capacità termiche e modellizzando l'innescò di una particolare regione dello spazio. Le curve di incendio di ogni oggetto presente sono state desunte da SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2016.

Tenendo conto dei possibili fattori che influenzano la dinamica dell'incendio e delle conseguenze sull'ambiente considerato, sono state prese in esame alcune condizioni al contorno ritenute significative:

- geometria del locale;
- materiale combustibile presente;
- ventilazione dei locali;
- posizionamento dell'innescò;
- dimensione dell'innescò;
- tempo d'esposizione del materiale combustibile in prossimità dell'innescò;
- temperatura.

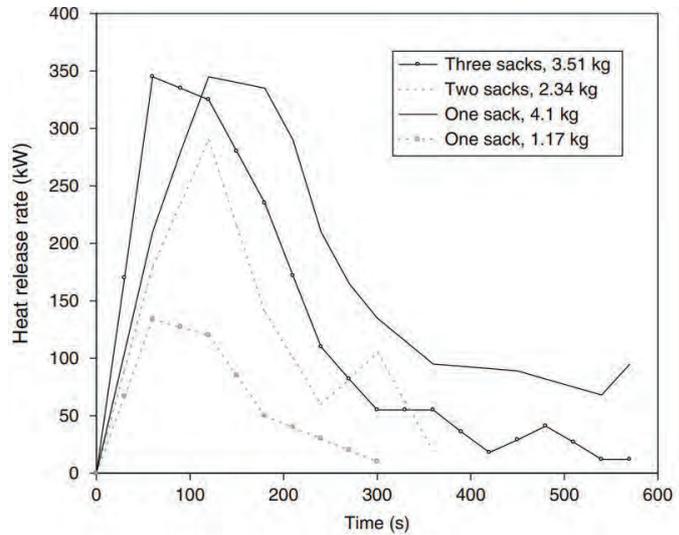
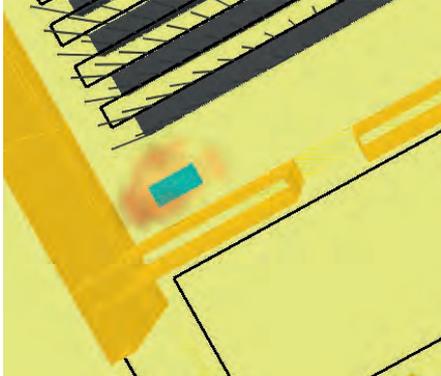
Le sonde e le slice di misura sono state impostate ad altezza di 1,80 m e 5,20 m dal piano di calpestio per acquisire le informazioni necessarie alla valutazione sugli occupanti.

Inoltre, per ciascuno scenario indagato, è stato verificato che i valori di irraggiamento degli arredi presenti, concorrenti alla ricostruzione della curva HRR, non hanno mai superato il flusso critico; pertanto l'innescò degli stessi è stato attribuito all'istante di raggiungimento della relativa temperatura di accensione.

Curva HRR-tempo - Scenario A

Incendio all'interno della Sala del Chiostro avente come innesco un cestino dei rifiuti

Descrizioni dell'innesco: per questo scenario è stata considerata l'attivazione dell'incendio a partire dal cestino dei rifiuti, posto in prossimità dell'entrata, di dimensioni 0,40 x 0,40 x 0,80 m.



INNESCO IN PROSSIMITÀ DELL'ACCESSO ALLA SALA DEL CHIOSTRO

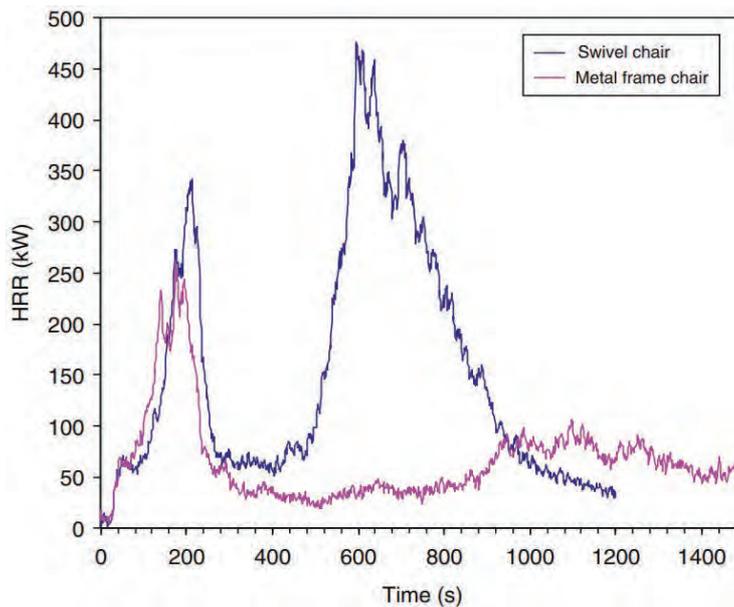
CURVA HRR(T) DI PRIMO INNESCO CESTINO RIFIUTI (SFPE HANDBOOK OF FIRE PROTECTION ENGINEERING 5TH ED. FIG. 26.107)

L'ipotesi di progetto ha previsto che l'innesco avvenisse per cause accidentali con la conseguente accensione del cestino dei rifiuti (t = 0 s) posto in prossimità dell'ingresso della sala.

All'oggetto è stata assegnata la curva di incendio in accordo con SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2016.

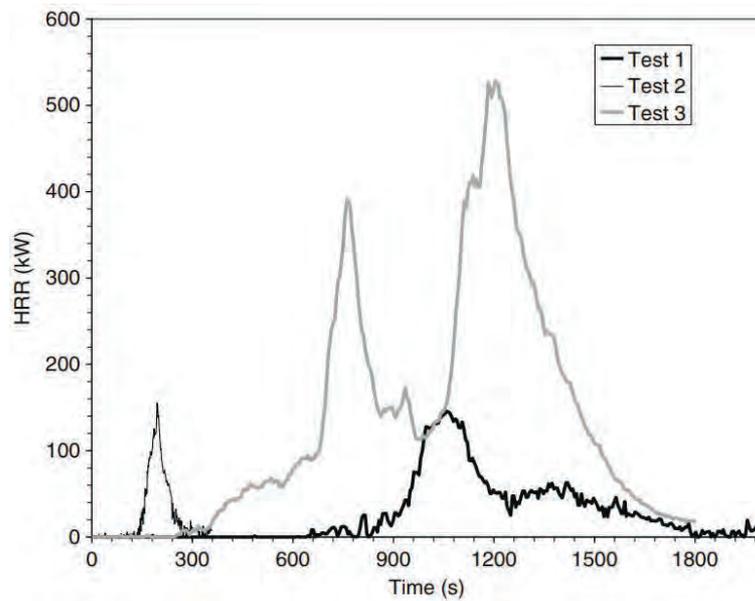
Nelle immagini che seguono sono riportate le curve di incendio relative ai materiali combustibili presenti nell'ambiente che vengono coinvolti nella propagazione dell'incendio e che quindi costituiscono i successivi inneschi.

La funzione input di tali curve è rappresentata dalla temperatura di accensione in °C, caratteristica del materiale costituente l'oggetto esaminato.

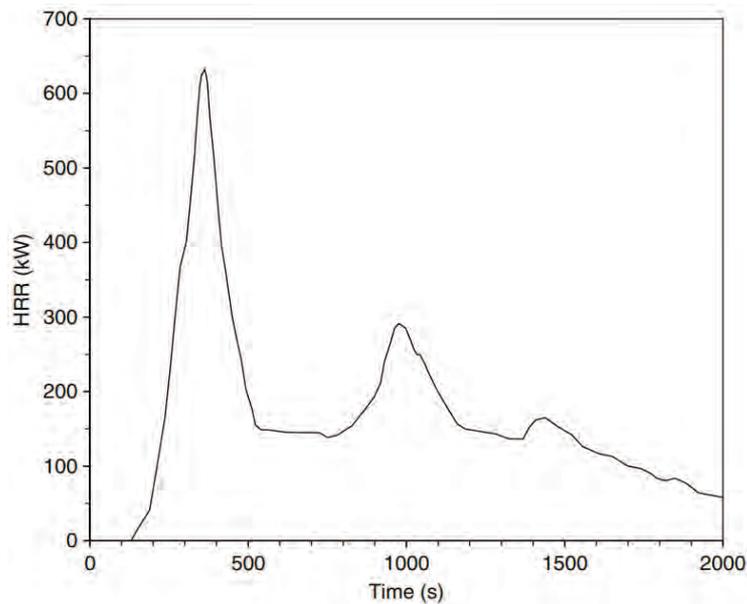


CURVA HRR(T) DI SUCCESSIVO INNESCO - POLTRONA SALA (CURVA BLU)

TEMPERATURA DI ATTIVAZIONE STIMATA IN T = 300°C (SFPE HANDBOOK OF FIRE PROTECTION ENGINEERING 5TH ED. FIG. 26.69)

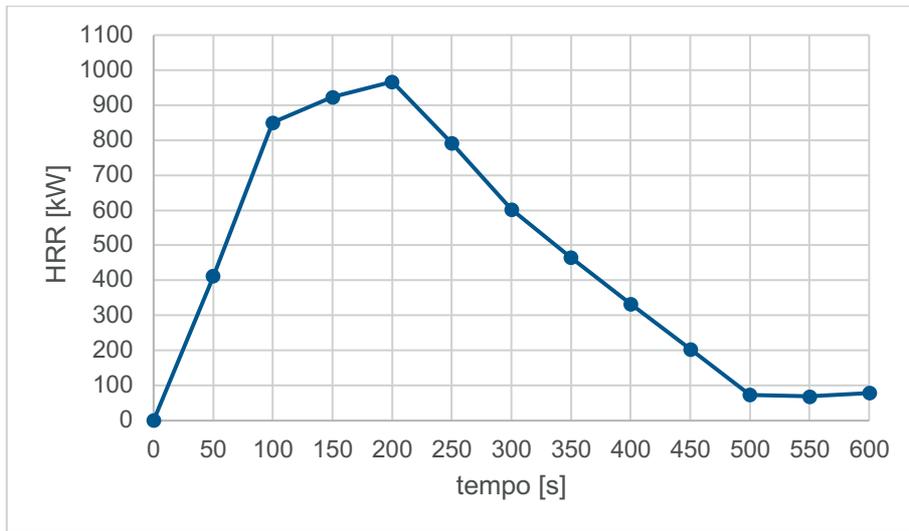


**CURVA HRR(T) DI SUCCESSIVO INNESCO - RACK DI GESTIONE DISPOSITIVI INFORMATICI
TEMPERATURA DI ATTIVAZIONE STIMATA IN T = 300°C (SFPE HANDBOOK OF FIRE PROTECTION ENGINEERING 5TH ED. FIG. 26.35)**



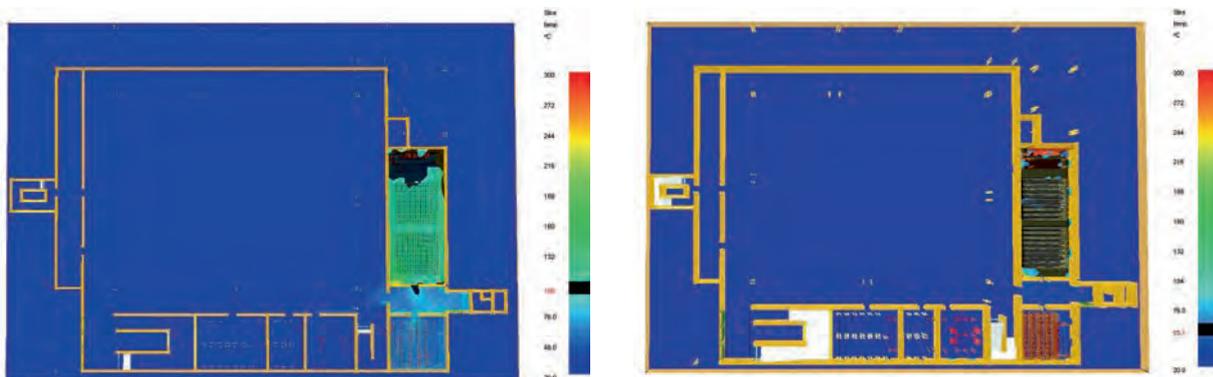
**CURVA HRR(t) DI SUCCESSIVO INNESCO - TAVOLO IN LEGNO
TEMPERATURA DI ATTIVAZIONE STIMATA IN T = 250°C (SFPE HANDBOOK OF FIRE PROTECTION ENGINEERING 5TH ED. FIG. 26.39)**

Dall'analisi fluidodinamica è stato possibile calcolare la curva HRR-tempo complessiva dello scenario, in relazione all'ambiente considerato, come mostrato nella immagine seguente. Tale curva rappresenta la somma dei singoli contributi del rilascio termico nel tempo di ogni elemento, ma si è osservata una limitata propagazione ai materiali di secondo innesco dovuta al mancato raggiungimento della temperatura di accensione caratteristica dei singoli oggetti.



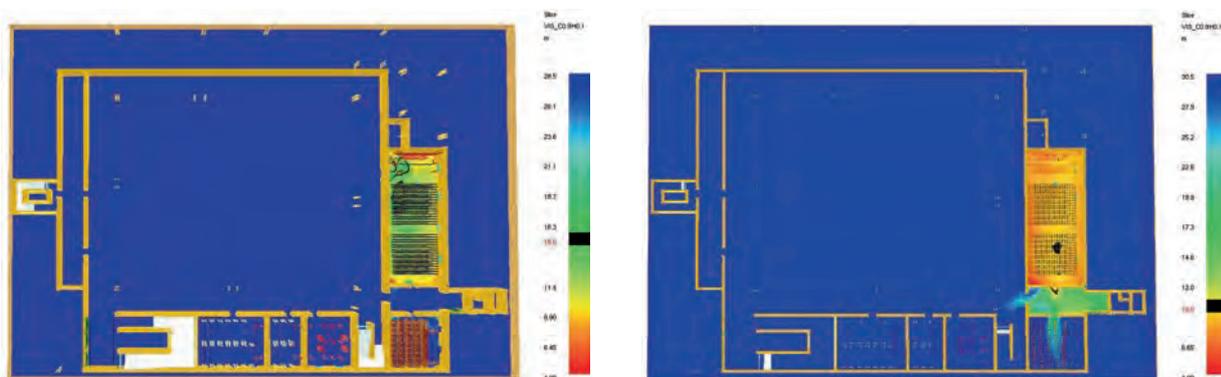
ANDAMENTO DELLA CURVA HRR(t)

L'incendio ha una crescita veloce raggiungendo un valore massimo di HRR pari a 967 kW a circa 200 s dall'innesco; successivamente si evidenzia una fase di decadimento fino al valore di 60 kW a circa 500 s. Mediante il post-processore *Smokeview* di FDS è possibile analizzare l'andamento di varie grandezze della fase gassosa, avendo posto delle slice orizzontali a quota 5,20 m e 1,80 m. La temperatura della Sala, al di sotto del soffitto raggiunge un valore massimo di 120°C a 205 s in corrispondenza del valore massimo di HRR (967 kW). A quota 1,80 m, la temperatura raggiunge il valore massimo di 55°C (inferiore alla soglia minima imposta dal Codice pari a 60°C) dopo 165 s.



CAMPI DI TEMPERATURA A SOFFITTO E A QUOTA 1,80 M

La visibilità, compromessa dal fumo, a quota 5,20 m raggiunge il valore minimo di 10 m dopo 115 s mentre, a quota 1,80 m, il valore minimo di visibilità registrato è pari a 15 m (maggiore della soglia minima imposta dal Codice pari a 10 m) dopo 243 s.

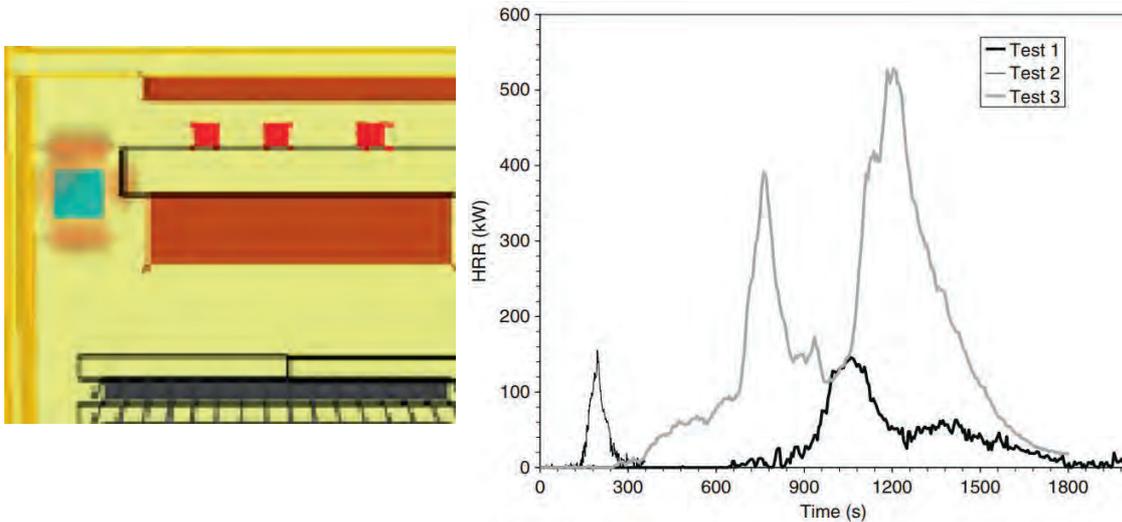


CAMPI DI VISIBILITÀ A SOFFITTO E A QUOTA 1,80 M

Curva HRR-tempo - Scenario B

Incendio all'interno della Sala del Chiostro avente come innesco il rack

Descrizioni dell'innesco: per questo scenario è stata considerata l'attivazione dell'incendio a partire dal rack di gestione dispositivi informatici, posto in prossimità del tavolo, di dimensioni 0,40 x 0,40 x 1,20 m.



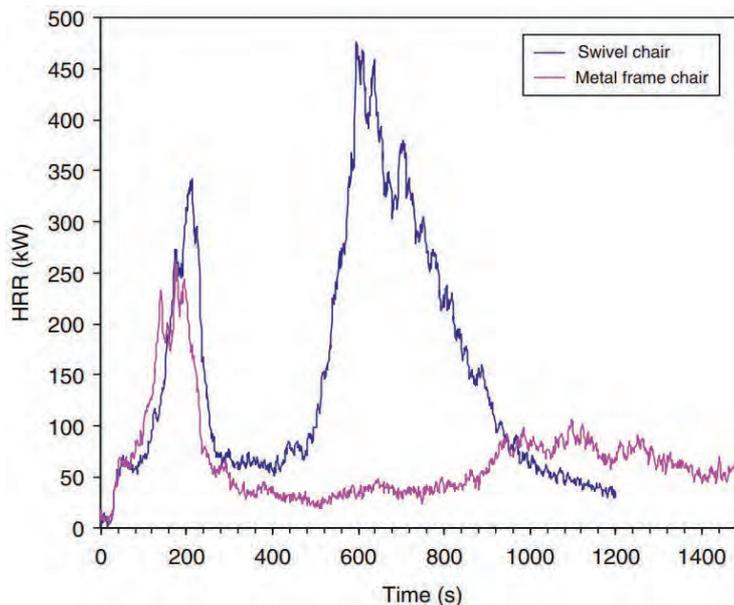
**INNESCO IN PROSSIMITÀ DEL TAVOLO SALA DEL CHIOSTRO
CURVA HRR(T) DI PRIMO INNESCO - RACK (SFPE HANDBOOK OF FIRE PROTECTION ENGINEERING 5TH ED. FIG. 26.35)**

L'ipotesi di progetto ha previsto che l'innesco avvenisse per cause accidentali dovute al guasto o malfunzionamento dei componenti elettrici con la conseguente accensione del rack (t = 0 s) posto in prossimità del tavolo in legno.

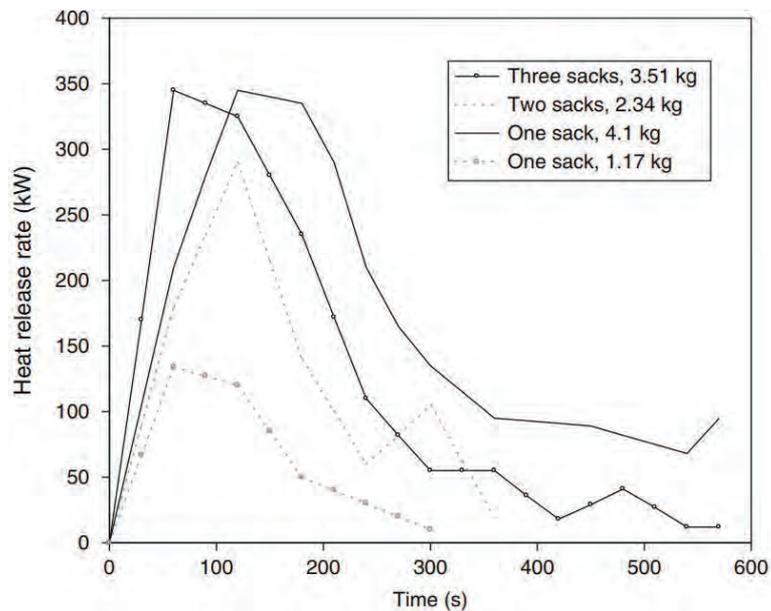
All'oggetto è stata assegnata la curva di incendio in accordo con SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2016.

Nelle immagini che seguono vengono riportate le curve di incendio relative ai materiali combustibili presenti nell'ambiente che vengono coinvolti nella propagazione dell'incendio e che quindi costituiscono i successivi inneschi.

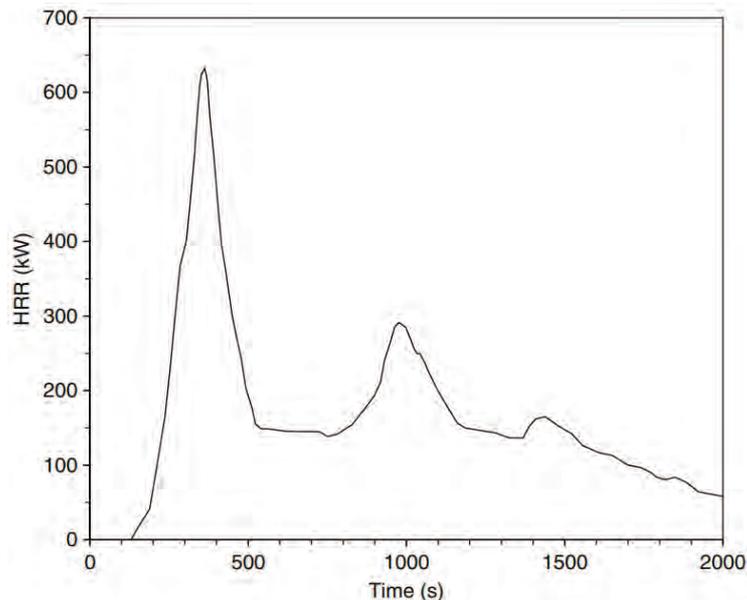
La funzione input di tali curve è rappresentata dalla temperatura di accensione in °C, caratteristica del materiale costituente l'oggetto esaminato.



**CURVA HRR(T) DI SUCCESSIVO INNESCO - POLTRONA SALA (CURVA BLU)
TEMPERATURA DI ATTIVAZIONE STIMATA IN T = 300°C (SFPE HANDBOOK OF FIRE PROTECTION ENGINEERING 5TH ED. FIG. 26.69)**



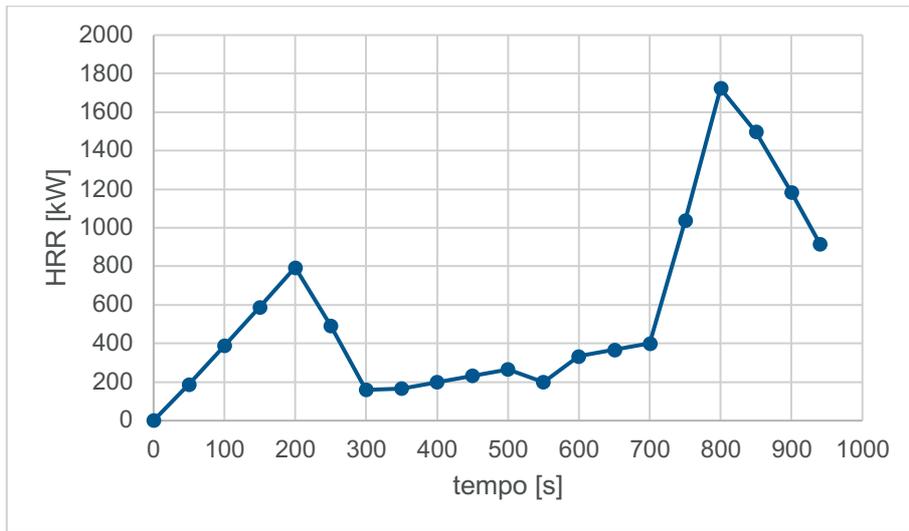
CURVA HRR(τ) DI SUCCESSIVO INNESCO - CESTINO RIFIUTI
 TEMPERATURA DI ATTIVAZIONE STIMATA IN $T = 230^{\circ}\text{C}$ (SFPE HANDBOOK OF FIRE PROTECTION ENGINEERING 5TH ED. FIG. 26.107)



CURVA HRR(τ) DI SUCCESSIVO INNESCO - TAVOLO IN LEGNO
 TEMPERATURA DI ATTIVAZIONE STIMATA IN $T = 250^{\circ}\text{C}$ (SFPE HANDBOOK OF FIRE PROTECTION ENGINEERING 5TH ED. FIG. 26.39)

Dall'analisi fluidodinamica è stato possibile calcolare la curva HRR-tempo complessiva dello scenario, in relazione all'ambiente considerato, come mostrato nella immagine seguente.

Tale curva rappresenta la somma dei singoli contributi del rilascio termico nel tempo di ogni elemento, ma anche in questo caso si è osservata una limitata propagazione ai materiali di secondo innesco dovuta al mancato raggiungimento della temperatura di accensione caratteristica dei singoli oggetti.



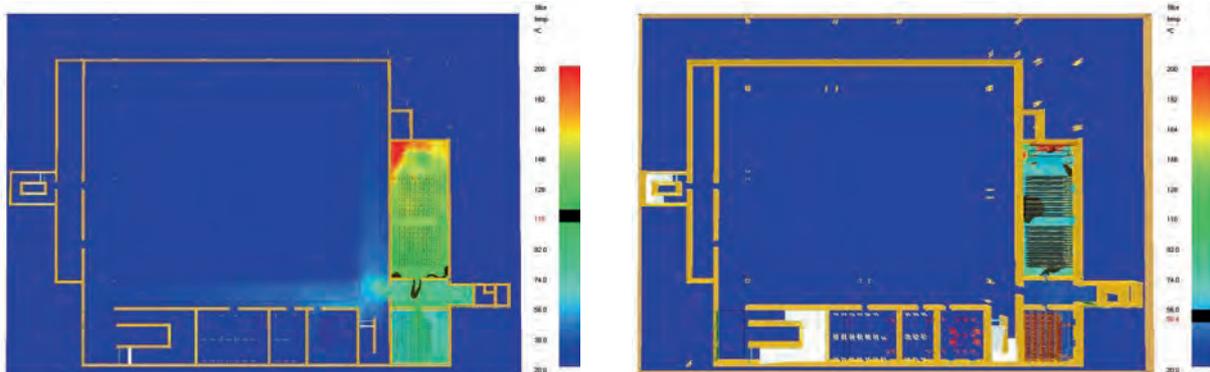
ANDAMENTO DELLA CURVA HRR(t)

L'incendio ha una fase iniziale di crescita e raggiunge un valore di massimo *relativo* di HRR pari a 807 kW a circa 203 s dall'innesco; successivamente si evidenzia una fase di decadimento fino al valore di 134 kW a circa 304 s. Il valore massimo di HRR pari a 1769 kW viene raggiunto dopo 803 s.

Mediante il post-processore *Smokeview* di FDS è possibile analizzare l'andamento di varie grandezze della fase gassosa, avendo posto delle slice orizzontali a quota 5,20 m e 1,80 m.

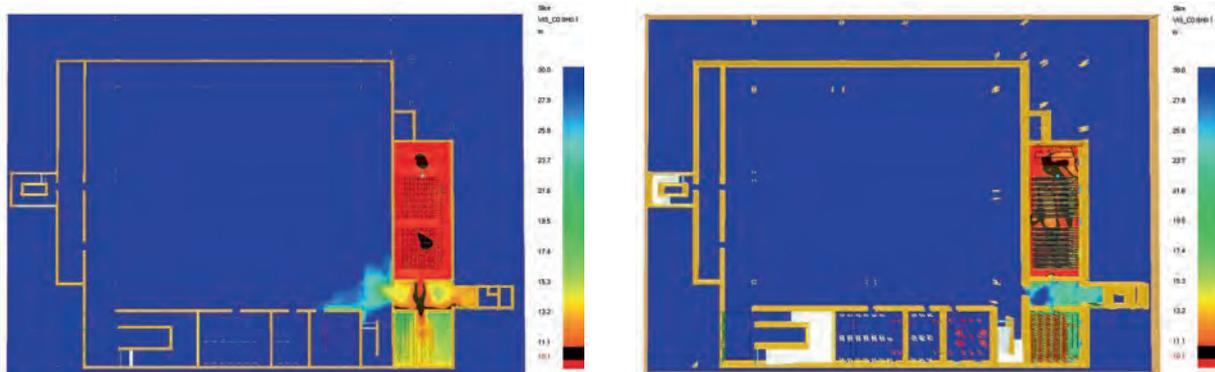
La temperatura della Sala, al di sotto del soffitto raggiunge un valore massimo di 110°C a 803 s in corrispondenza del valore massimo di HRR (1769 kW).

A quota 1,80 m, la temperatura raggiunge il valore massimo di 50°C (inferiore alla soglia minima imposta dal Codice pari a 60°C) dopo 851 s.



CAMPI DI TEMPERATURA A SOFFITTO E A QUOTA 1,80 M

La visibilità, compromessa dal fumo, a quota 5,20 m raggiunge il valore minimo di 10 m dopo 200 s mentre, a quota 1,80 m, il valore minimo di visibilità pari a 10 m (soglia minima imposta dal Codice) è registrato dopo 839 s.

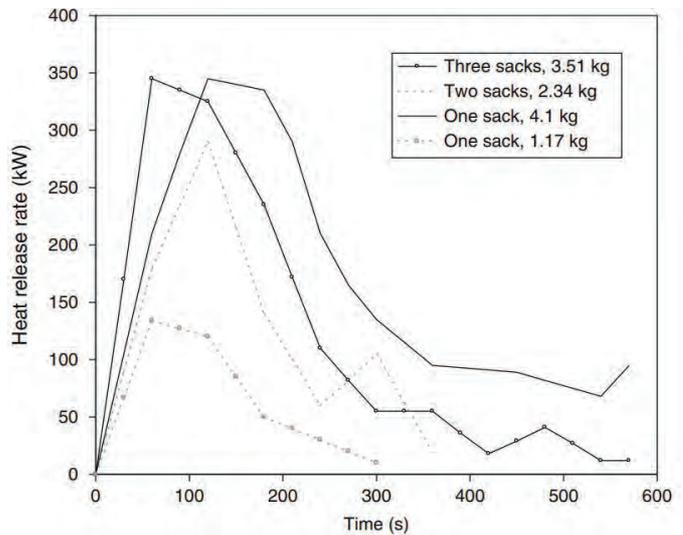
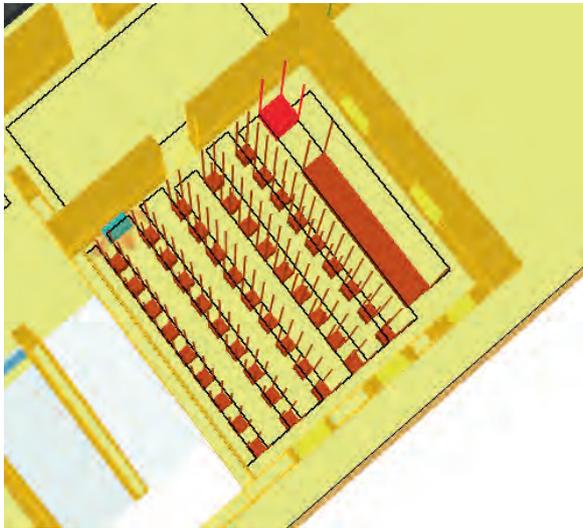


CAMPI DI VISIBILITÀ A SOFFITTO E A QUOTA 1,80 M

Curva HRR-tempo - Scenario C

Incendio all'interno della Sala degli Affreschi avente come innesco un cestino dei rifiuti

Descrizioni dell'innesco: per questo scenario è stata considerata l'attivazione dell'incendio a partire dal cestino dei rifiuti posto in prossimità dell'entrata, di dimensioni 0,40 x 0,40 x 0,8 m.



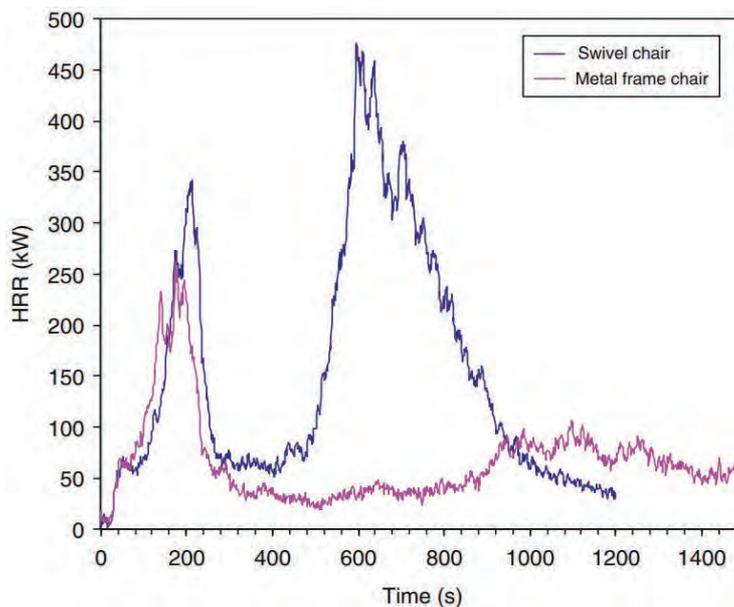
**INNESCO DEL CESTINO RIFIUTI IN PROSSIMITÀ DELL'ACCESSO ALLA SALA DEGLI AFFRESCHI
CURVA HRR(T) DI PRIMO INNESCO CESTINO RIFIUTI (SFPE HANDBOOK OF FIRE PROTECTION ENGINEERING 5TH ED. FIG. 26.107)**

L'ipotesi di progetto ha previsto che l'innesco avvenisse per cause accidentali con la conseguente accensione del cestino dei rifiuti (t = 0 s) posto in prossimità dell'ingresso della sala.

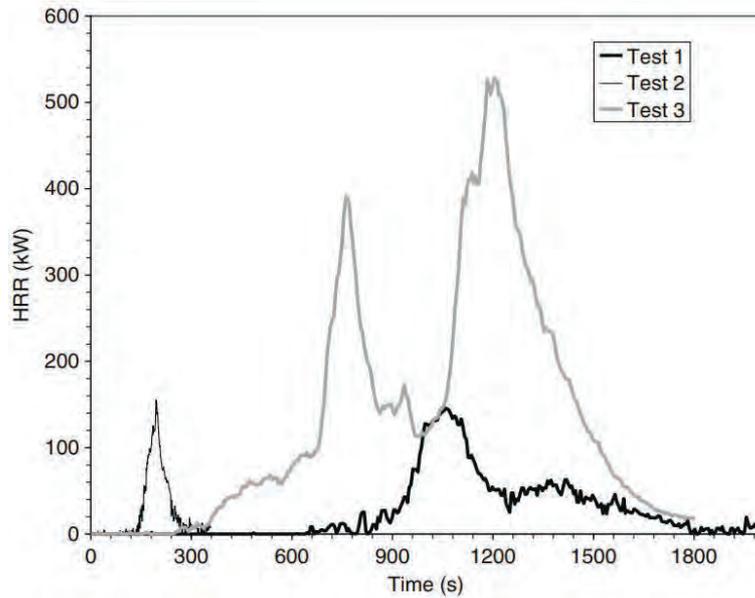
All'oggetto è stata assegnata la curva di incendio in accordo con SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2016.

Nelle immagini che seguono vengono riportate le curve di incendio relative ai materiali combustibili presenti nell'ambiente che vengono coinvolti nella propagazione dell'incendio e che quindi costituiscono i successivi inneschi.

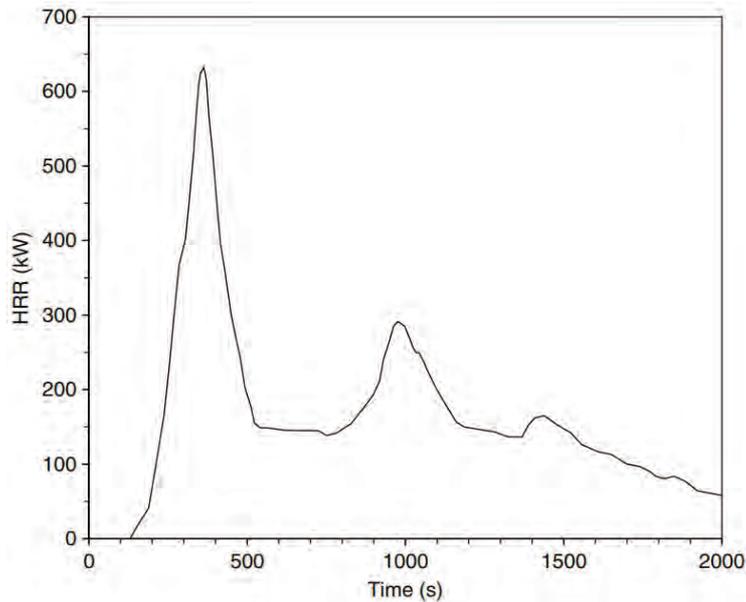
La funzione input di tali curve è rappresentata dalla temperatura di accensione in °C, caratteristica del materiale costituente l'oggetto esaminato.



**CURVA HRR(T) DI SUCCESSIVO INNESCO - SEDIA SALA (CURVA VIOLA)
TEMPERATURA DI ATTIVAZIONE STIMATA IN T = 350°C (SFPE HANDBOOK OF FIRE PROTECTION ENGINEERING 5TH ED. FIG. 26.69)**



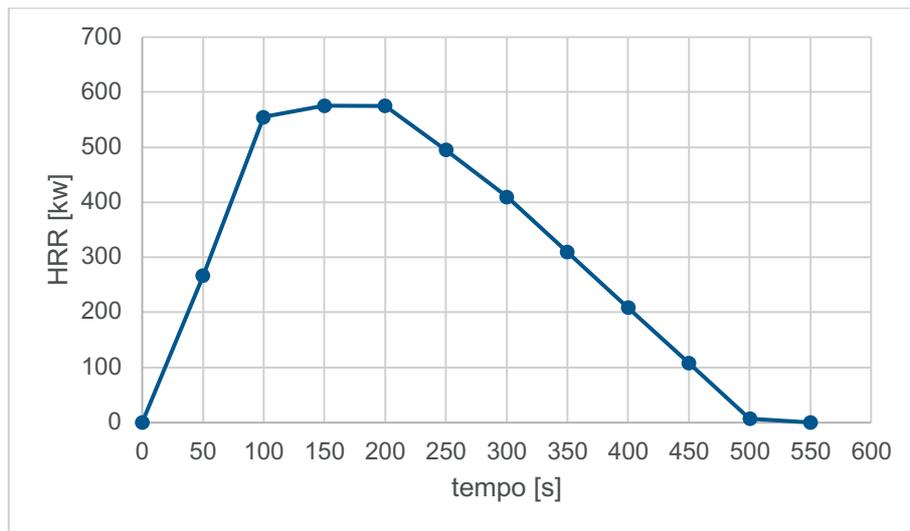
CURVA HRR(T) DI SUCCESSIVO INNESCO - RACK DI GESTIONE DISPOSITIVI INFORMATICI
 TEMPERATURA DI ATTIVAZIONE STIMATA IN $T = 300^{\circ}\text{C}$ (SFPE HANDBOOK OF FIRE PROTECTION ENGINEERING 5TH ED. FIG. 26.35)



CURVA HRR(t) DI SUCCESSIVO INNESCO - TAVOLO IN LEGNO
 TEMPERATURA DI ATTIVAZIONE STIMATA IN $T = 250^{\circ}\text{C}$ (SFPE HANDBOOK OF FIRE PROTECTION ENGINEERING 5TH ED. FIG. 26.39)

Dall'analisi fluidodinamica è stato possibile calcolare la curva HRR-tempo complessiva dello scenario, in relazione all'ambiente considerato, come mostrato nella immagine seguente.

Tale curva rappresenta la somma dei singoli contributi del rilascio termico nel tempo di ogni elemento, ma si è osservata una limitata propagazione ai materiali di secondo innesco dovuta al mancato raggiungimento della temperatura di accensione caratteristica dei singoli oggetti.



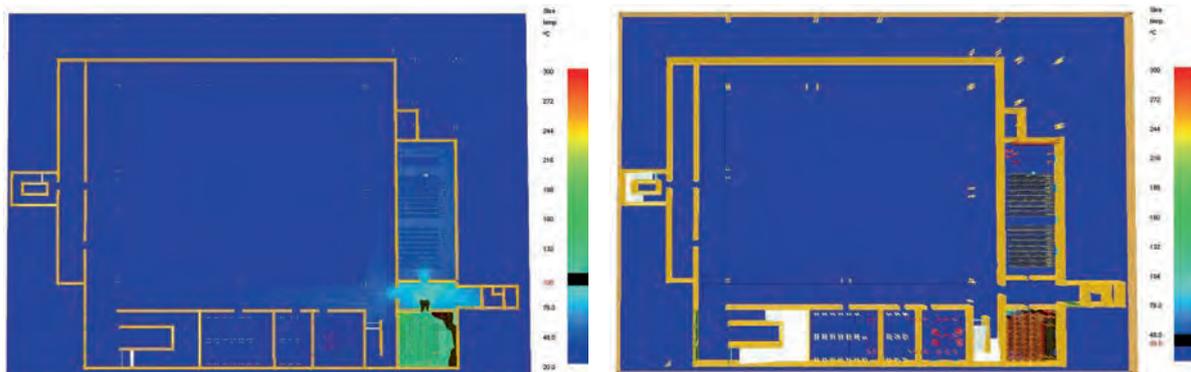
ANDAMENTO DELLA CURVA HRR(t)

L'incendio ha una fase di crescita veloce e raggiunge un valore di massimo relativo di HRR pari a 579kW a circa 180 s; successivamente si evidenzia una fase di decadimento che termina a circa 504 s.

Mediante il post-processore *Smokeview* di FDS è possibile analizzare l'andamento di varie grandezze della fase gassosa, avendo posto delle slice orizzontali a quota 5,20 m e 1,80 m.

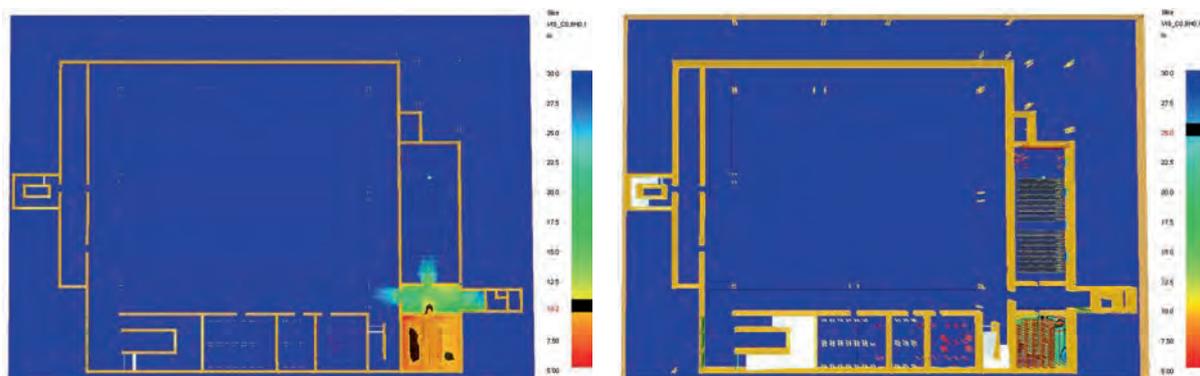
La temperatura della Sala, al di sotto del soffitto raggiunge un valore massimo di 100°C a 105 s in corrispondenza del valore massimo di HRR (575 kW).

A quota 1,80 m, la temperatura raggiunge il valore massimo di 40°C (inferiore alla soglia minima imposta dal Codice pari a 60°C) dopo 197 s.



CAMPI DI TEMPERATURA A SOFFITTO E A QUOTA 1,80 M

La visibilità, compromessa dal fumo, a quota 5,20 m raggiunge il valore minimo di 10 m dopo 91 s mentre, a quota 1,80 m, il valore minimo di visibilità registrato è pari a 25 m (maggiore della soglia minima imposta dal Codice pari a 5 m) dopo 158 s.

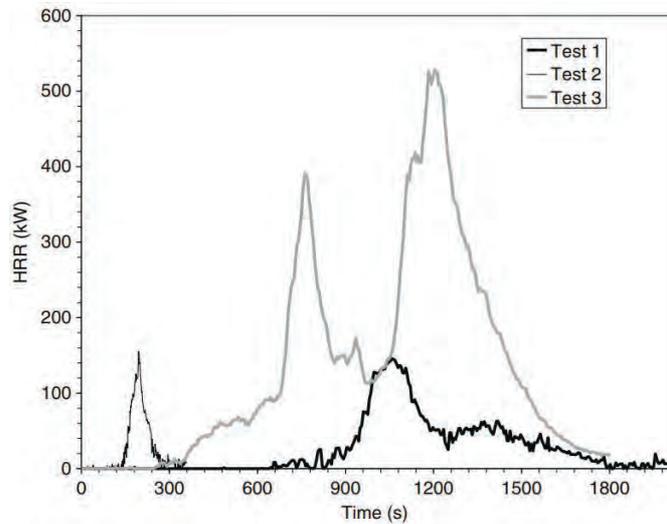
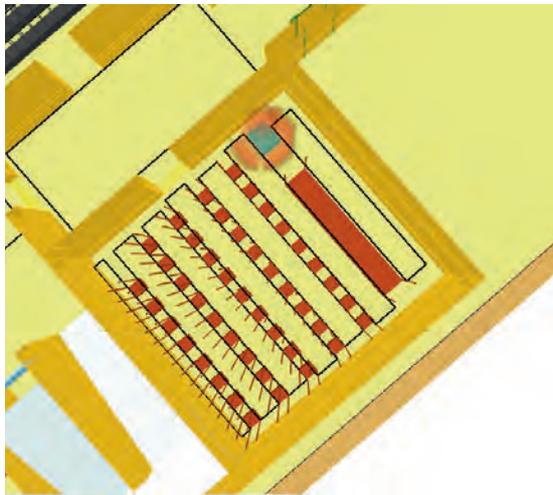


CAMPI DI VISIBILITÀ A SOFFITTO E A QUOTA 1,80 M

Curva HRR-tempo - Scenario D

Incendio all'interno della Sala degli Affreschi avente come innesco il rack

Descrizioni dell'innesco per questo scenario è stata considerata l'attivazione dell'incendio a partire dal rack di gestione dispositivi informatici, posto in prossimità del tavolo, di dimensioni 0,40 x 0,40 x 1,20 m.



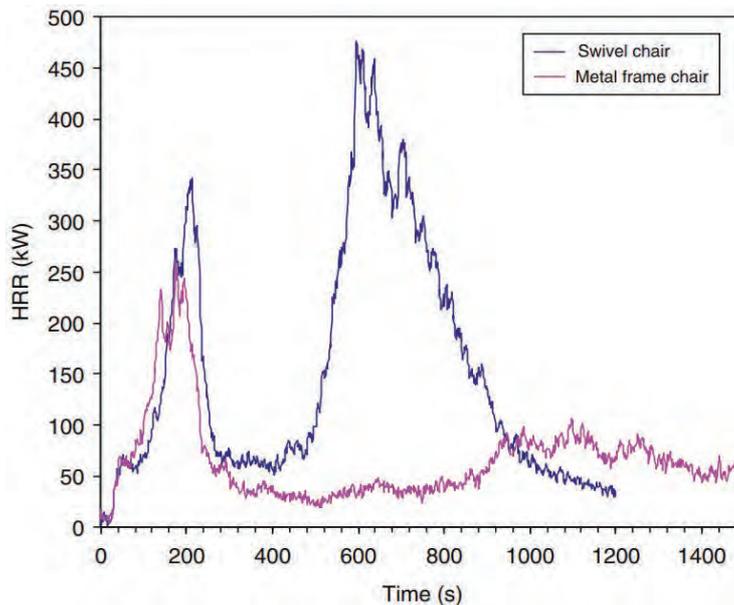
**INNESCO IN PROSSIMITÀ DEL RACK POSTO IN PROSSIMITÀ DEL TAVOLO SALA DEGLI AFFRESCHI
CURVA HRR(T) DI PRIMO INNESCO - RACK (SFPE HANDBOOK OF FIRE PROTECTION ENGINEERING 5TH ED. FIG. 26.35)**

L'ipotesi di progetto ha previsto che l'innesco avvenisse per cause accidentali dovute al guasto o malfunzionamento dei componenti elettrici con la conseguente accensione del rack (t = 0 s) posto in prossimità del tavolo in legno.

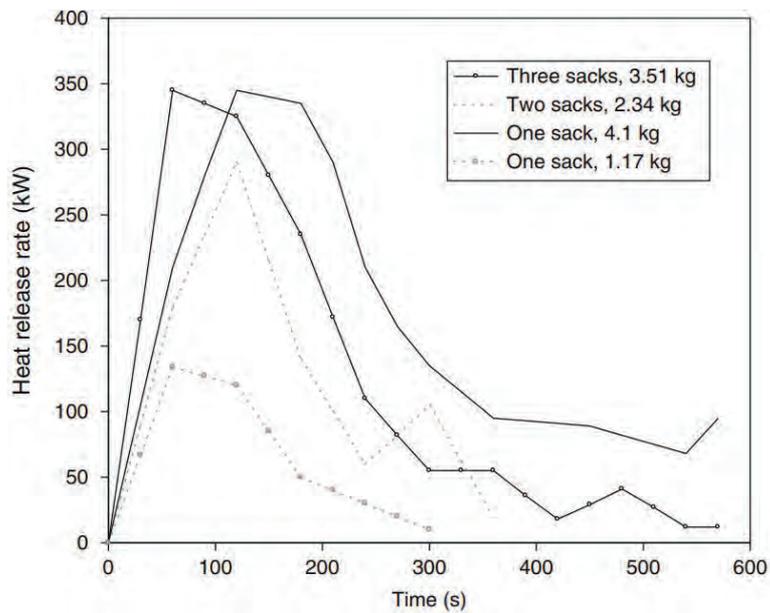
All'oggetto è stata assegnata la curva di incendio in accordo con SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2016.

Nelle immagini che seguono vengono riportate le curve di incendio relative ai materiali combustibili presenti nell'ambiente che vengono coinvolti nella propagazione dell'incendio e che quindi costituiscono i successivi inneschi.

La funzione input di tali curve è rappresentata dalla temperatura di accensione in °C, caratteristica del materiale costituente l'oggetto esaminato.

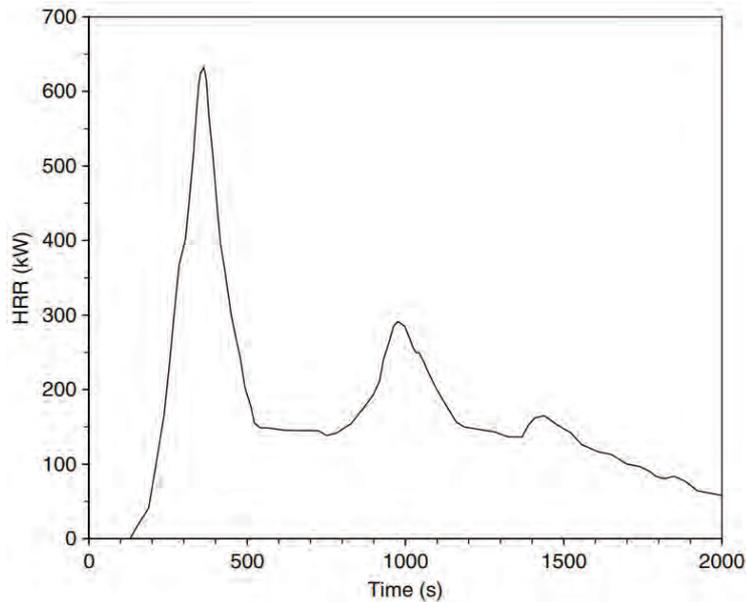


**CURVA HRR(T) DI SUCCESSIVO INNESCO - SEDIA SALA (CURVA VIOLA)
TEMPERATURA DI ATTIVAZIONE STIMATA IN T = 350°C (SFPE HANDBOOK OF FIRE PROTECTION ENGINEERING 5TH ED. FIG. 26.69)**



CURVA HRR(τ) DI SUCCESSIVO INNESCO - CESTINO RIFIUTI

TEMPERATURA DI ATTIVAZIONE STIMATA IN $T = 230^{\circ}\text{C}$ (SFPE HANDBOOK OF FIRE PROTECTION ENGINEERING 5TH ED. FIG. 26.107)

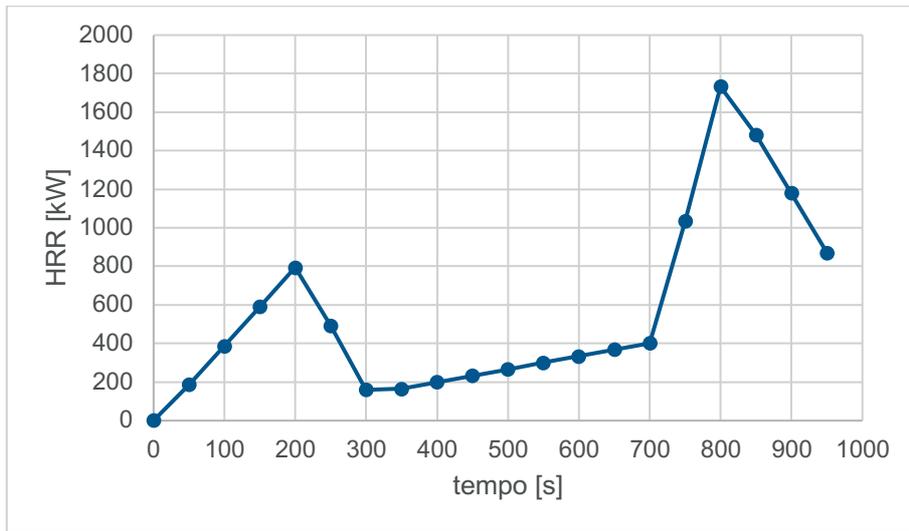


CURVA HRR(τ) DI SUCCESSIVO INNESCO - TAVOLO IN LEGNO

TEMPERATURA DI ATTIVAZIONE STIMATA IN $T = 250^{\circ}\text{C}$ (SFPE HANDBOOK OF FIRE PROTECTION ENGINEERING 5TH ED. FIG. 26.39)

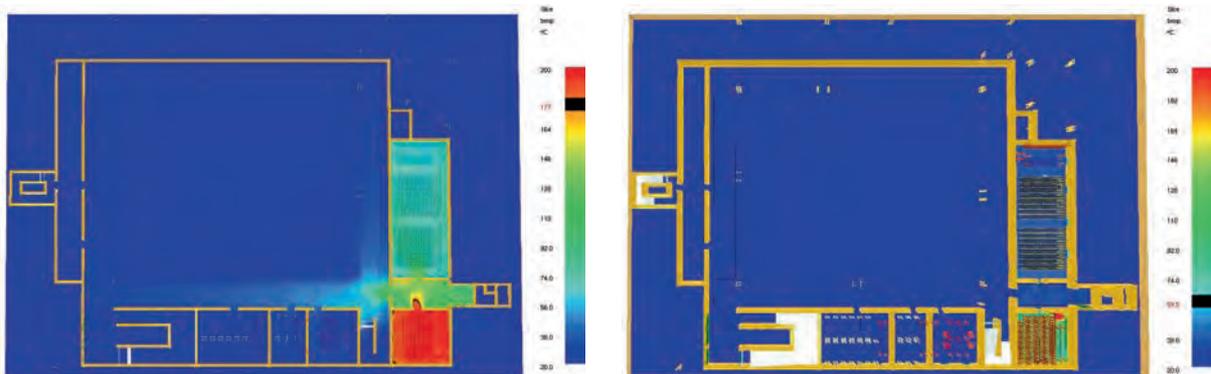
Dall'analisi fluidinamica è stato possibile calcolare la curva HRR-tempo complessiva dello scenario, in relazione all'ambiente considerato, come mostrato nella immagine seguente.

Tale curva rappresenta la somma dei singoli contributi del rilascio termico nel tempo di ogni elemento, ma anche in questo caso si è osservata una limitata propagazione ai materiali di secondo innesco dovuta al mancato raggiungimento della temperatura di accensione caratteristica dei singoli oggetti.



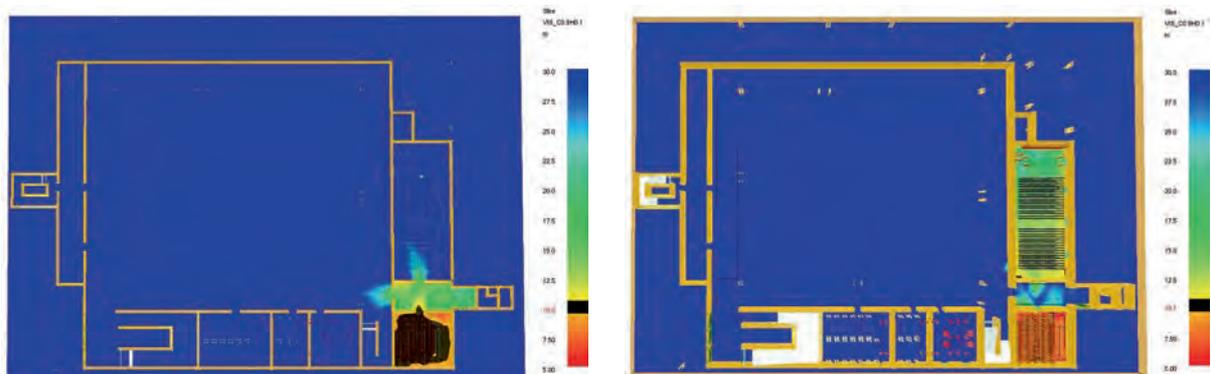
ANDAMENTO DELLA CURVA HRR(T)

L'incendio ha una fase iniziale di crescita e raggiunge un valore di massimo *relativo* di HRR pari a 802 kW a circa 199 s; successivamente si evidenzia una fase di decadimento fino al valore di HRR pari a 135 kW a circa 301 s. Il valore massimo di HRR pari a 1779 kW viene raggiunto dopo 800 s. Mediante il post-processore *Smokeview* di FDS è possibile analizzare l'andamento di varie grandezze della fase gassosa, avendo posto delle slice orizzontali a quota 5,20 m e 1,80 m. La temperatura della Sala, al di sotto del soffitto raggiunge un valore massimo di 177°C a 813 s. A quota 1,80 m, la temperatura raggiunge il valore massimo di 60°C (soglia minima imposta dal Codice) dopo 797 s.



CAMPI DI TEMPERATURA A SOFFITTO E A QUOTA 1,80 M

La visibilità, compromessa dal fumo, a quota 5,20 m raggiunge il valore minimo di 10 m dopo 117 s mentre, a quota 1,80 m, il valore minimo di visibilità registrato è pari a 7 m (maggiore della soglia minima imposta dal Codice pari a 5 m) dopo 832 s.



CAMPI DI VISIBILITÀ A SOFFITTO E A QUOTA 1,80 M

Risultati delle simulazioni

Determinazione dei componenti di RSET

Negli scenari A e C, nei quali si è considerato come innesco il cestino posto in prossimità dell'ingresso, è stata effettuata un'analisi della visibilità a soffitto (attraverso una slice posta a quota 5,20 m) per ricavare il tempo di rivelazione t_{det} tramite il sistema IRAI.

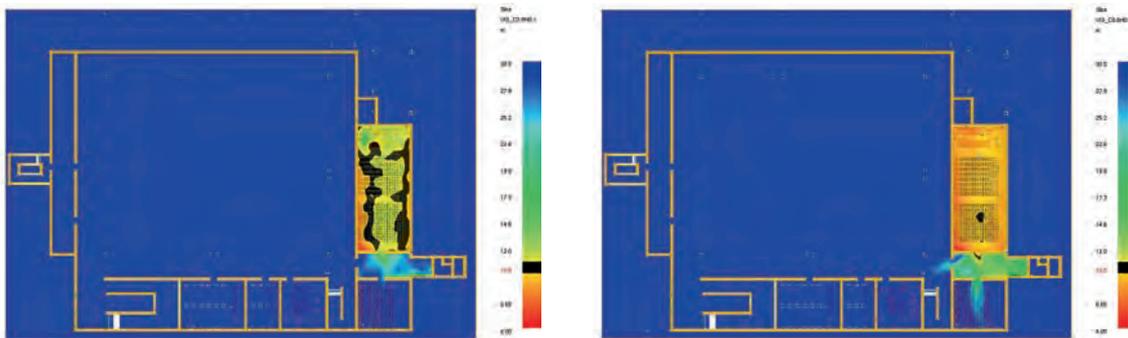
L'ipotesi assunta per simulare l'attivazione del sistema di rivelazione e allarme incendio considera in maniera conservativa il tempo per cui la ridotta visibilità (10 m) raggiunge una copertura del 50% dell'area della Sala, mentre, il tempo di pre-movimento t_{pre} degli *agent* si è assunto pari al raggiungimento della copertura totale (100%) dell'area della Sala.

Negli scenari B e D, nei quali si è considerato come innesco principale quello posto nel rack, il tempo di rivelazione t_{det} e pre-movimento t_{pre} coincidono e sono stati assunti pari a 90 s.

Tale assunzione fa riferimento alla tab. M.3-1, tratta dalla norma ISO 16738.

Di seguito sono riportati i tempi di rivelazione t_{det} , che diversificano gli ambienti raggiunti dai fumi in base al tempo di misurazione e i tempi di pre-movimento t_{pre} .

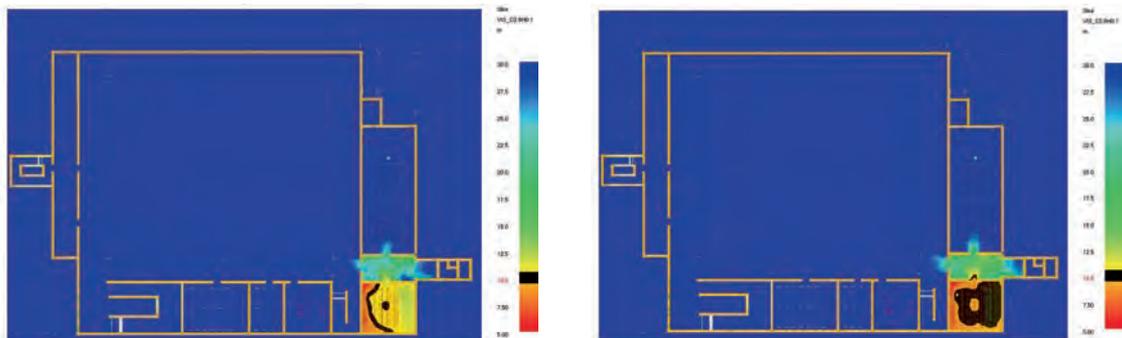
Per lo scenario A, avente come innesco un cestino dei rifiuti, si fa riferimento alle figure di seguito riportate:



SCENARIO A: SLICE VISIBILITÀ - ATTIVAZIONE DEL SISTEMA DI RIVELAZIONE E ALLARME INCENDIO E ATTIVAZIONE DELLA PROCEDURA DI ESODO (TEMPO DI PRE-MOVIMENTO)

La condizione di visibilità a soffitto viene raggiunta al tempo $t = 95$ s e corrisponde al tempo di rivelazione, mentre, il tempo di pre-movimento corrisponde al tempo $t = 115$ s.

Per lo scenario C, avente come innesco un cestino dei rifiuti, si fa riferimento alle figure di seguito riportate:



SCENARIO C: SLICE VISIBILITÀ - ATTIVAZIONE DEL SISTEMA DI RIVELAZIONE E ALLARME INCENDIO E ATTIVAZIONE DELLA PROCEDURA DI ESODO (TEMPO DI PRE-MOVIMENTO)

La condizione di visibilità a soffitto viene raggiunta al tempo $t = 82$ s e corrisponde al tempo di rivelazione, mentre, il tempo di pre-movimento corrisponde al tempo $t = 91$ s.

Per gli scenari B e D, aventi come innesco il rack, come detto, il tempo di rivelazione è stato assunto pari a 90 s, corrispondenti al valore minimo del tempo di pre-movimento prescritto dalla tab. M.3-1.

Il tempo di percorrenza t_{tra} è stato stimato con l'ausilio del software di simulazione dell'esodo denominato EVAC accoppiato ad FDS vers.6.6.0.

EVAC calcola RSET tenendo conto di t_{det} e t_{pre} dando per assunto che t_a sia pari a zero.

Si ricorda che il modello matematico alla base di EVAC è di tipo stocastico, pertanto utilizza numeri casuali per generare le posizioni iniziali e le proprietà degli *agent* (occupanti) ed inoltre associa una piccola forza casuale all'equazione di movimento ad ognuno.

Di conseguenza, trattandosi di un processo stocastico, fissato uno scenario e ripetendo le simulazioni non si ottengono gli stessi risultati.

In virtù di ciò, per avere una convergenza dei risultati verso il valore atteso sarebbe opportuno ripetere le stesse simulazioni di esodo più volte.

Nella costruzione dello scenario caratteristico in questo modello di simulazione sono stati imposti alcuni parametri di riferimento che caratterizzano ciascuna tipologia di occupante.

Le tipologie di *agent* individuate negli scenari sono riconducibili a tre: studenti, docenti e “visitatori non abituali”. Ad ogni *agent* vengono associate caratteristiche che riguardano:

- la dimensione geometrica associata ad una distribuzione statistica, ovvero la distribuzione uniforme contraddistinta dai parametri di diametro minimo e diametro massimo dell'*agent*;
- l'altezza dal suolo alla quale viene misurato il parametro relativo alla FED.

Nel caratterizzare gli occupanti, il parametro velocità di percorrenza degli *agent* richiede la definizione di una distribuzione di probabilità che, in questo caso, è la distribuzione uniforme, caratterizzata da parametri di velocità minima e velocità massima.

I dati di bibliografia adottati attribuiscono le velocità di movimento in base alle caratteristiche individuali e collettive; in questo studio sono state assegnate le seguenti velocità:

Velocità di movimento (m/s)	
Studenti	1,13 - 1,25
Docenti	1,05 - 1,15
Nuclei familiari	0,70 - 0,80

VELOCITÀ DI MOVIMENTO (INPUT EVAC)

Dall'analisi dei risultati della simulazione di esodo si evince che:

- nello scenario A, il I quartile degli *agent* esoda in 383 s, il 50% degli *agent* esoda in 395 s, il III quartile esoda in 486 s mentre l'esodo si conclude in **587 s**.
- nello scenario B, il I quartile degli *agent* esoda in 352 s, il 50% degli *agent* esoda in 428 s, il III quartile esoda in 442 s mentre l'esodo si conclude in **555 s**.
- nello scenario C, il I quartile degli *agent* esoda in 321 s, il 50% degli *agent* esoda in 370 s, il III quartile esoda in 431 s mentre l'esodo si conclude in **534 s**.
- nello scenario D, il I quartile degli *agent* esoda in 320 sec, il 50% degli *agent* esoda in 366 s, il III quartile esoda in 437 s mentre l'esodo si conclude in **540 s**.

Per ciascuno scenario, il valore in grassetto rappresenta il RSET, costituendo il tempo impiegato dall'ultimo occupante per lasciare il compartimento raggiungendo un luogo sicuro.

Dall'osservazione dei dati “slice” di temperatura e visibilità da Smokeview/FDS, si evidenziano i seguenti risultati, per i quali si osserva come, secondo il metodo utilizzato, ASET si raggiunge solo per gli scenari B e D:

Simulazioni	T max a soffitto	T max a 1,80 m	Visibilità min a soffitto	Visibilità min a 1,80 m
Scenario A	120°C a 205 s	55°C a 165 s	10 m a 115 s	15 m a 243 s
Scenario B	110°C a 803 s	50°C a 851 s	10 m a 200 s	10 m a 839 s
Scenario C	100°C a 105 s	40°C a 197 s	10 m a 91 s	25 m a 158 s
Scenario D	177°C a 813 s	60°C a 797 s	10 m a 117 s	7 m a 832 s

Criterio di ASET > RSET

La differenza tra ASET e RSET rappresenta il margine di sicurezza della progettazione prestazionale per la salvaguardia dell'esodo degli occupanti (par. M.3.2.2), pertanto si ha:

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

Nella tabella sono sintetizzati i risultati delle simulazioni di esodo relative ai quattro scenari analizzati:

Simulazioni	n° occupanti	t _{det} (s)	t _a (s)	t _{pre} (s)	t _{tra} ⁴⁰ (s)	RSET (s)	ASET (s)	ASET - RSET	10% RSET
Scenario A	876	95	0	115	377	587	Non raggiunto	---	
Scenario B	876	90	0	90	375	555	839	284	55,5
Scenario C	876	82	0	91	361	534	Non raggiunto	---	
Scenario D	876	90	0	90	360	540	797	257	54

COMPARAZIONE DEI TEMPI DI ESODO PER I QUATTRO SCENARI VERIFICATI

Negli scenari A e C non si raggiunge la condizione critica né per la temperatura né per la visibilità mentre, come riportato in tabella, negli scenari B e D vengono raggiunte condizioni critiche a 839 s e 797 s.

Come ampiamente illustrato, il modello di calcolo adottato è quello avanzato di cui al par. M.3.3.1; tuttavia si segnala che le considerazioni hanno riguardato solo i parametri temperatura e visibilità, poiché riferiti alle uniche grandezze fisiche che hanno mostrato degli effetti sensibili.

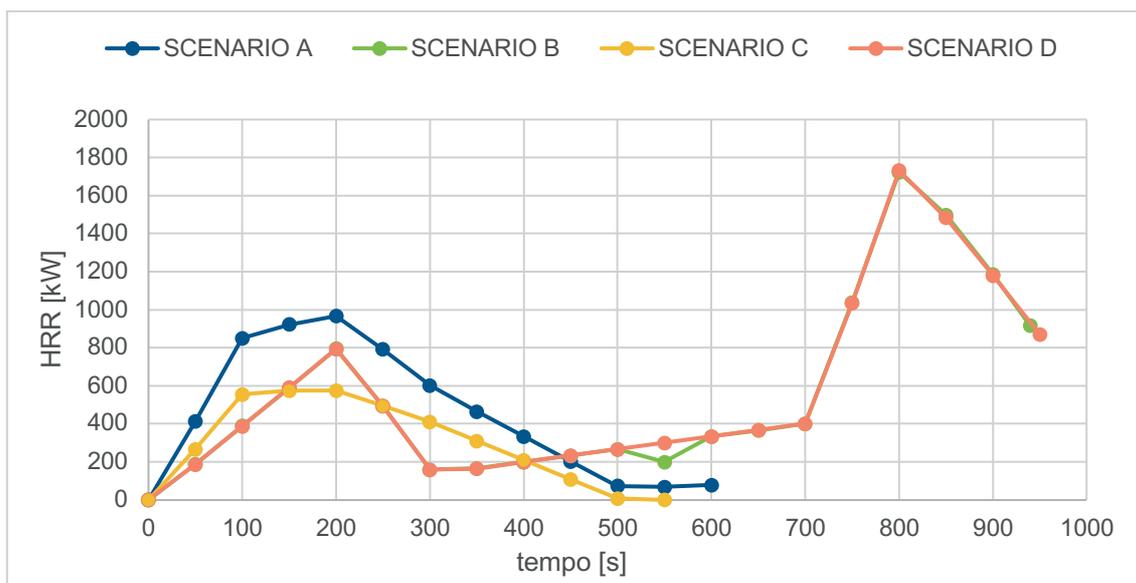
Dal confronto delle quattro simulazioni si evidenziano differenze sia dal punto di vista dell'analisi fluidodinamica, che dal punto di vista dell'esodo.

Con riferimento alla Sala del Chiostro, lo scenario A, nel quale si è considerato come fonte di innesco un cestino dei rifiuti, presenta una curva di incendio caratterizzata da una crescita più veloce rispetto allo scenario B, la cui fonte di innesco è il rack.

Inoltre, rispetto a quest'ultimo scenario, il primo (A) comporta temperature più elevate e il raggiungimento dei valori minimi di visibilità in un periodo di tempo più breve.

Per la Sala degli Affreschi, lo scenario C, in cui si è considerato come fonte di innesco un cestino dei rifiuti, presenta un valore massimo di HRR inferiore rispetto agli altri scenari, raggiungendo temperature più basse e valori di visibilità più elevati rispetto agli altri scenari.

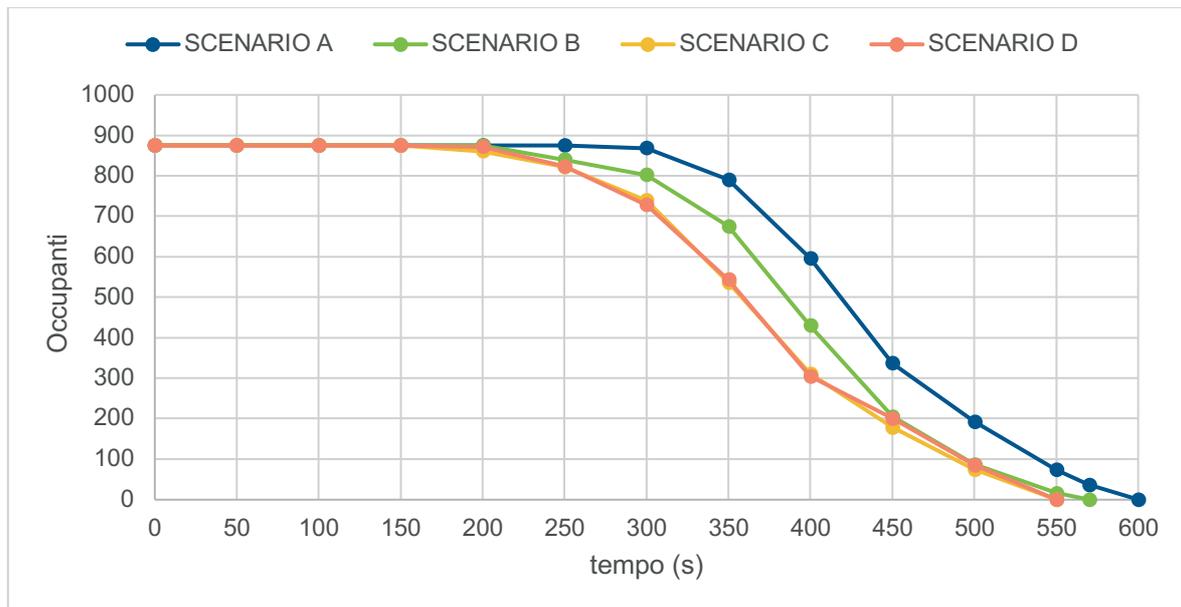
Infine, lo scenario D, avente come fonte di innesco il rack, presenta una curva di incendio simile (praticamente sovrapponibile) a quella dello scenario B, ma registra temperature più elevate e livelli di visibilità più bassi rispetto a tutti gli altri scenari.



CONFRONTO FRA LE CURVE HRR(T) RELATIVE AI QUATTRO SCENARI SIMULATI

⁴⁰ I tempi di percorrenza t_{tra} sono relativi all'ultimo occupante che raggiunge il luogo sicuro

Dal confronto delle quattro simulazioni emerge, inoltre, che gli scenari C e D richiedono tempi di esodo più brevi in virtù del minor tempo di rivelazione del focolaio d'incendio, così come minori sono i tempi di pre-movimento di tutti gli occupanti.



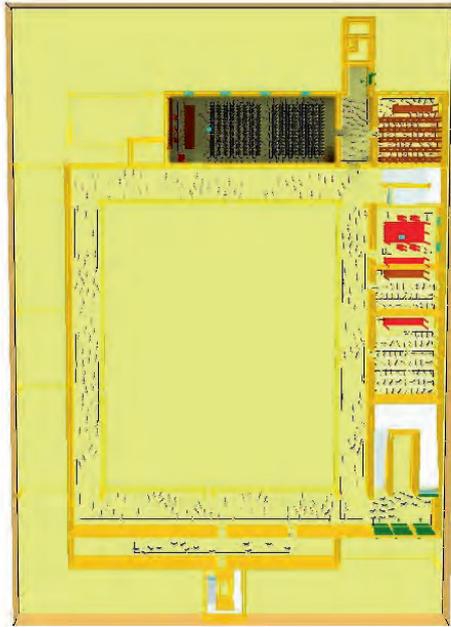
CONFRONTO FRA I TEMPI DI ESODO RELATIVI AI QUATTRO SCENARI SIMULATI

Per maggiore dettaglio, e per una migliore comprensione dei dati ottenuti, si riportano di seguito alcune immagini, ritenute esemplificative, generate tramite il visualizzatore *Smokeview*, che mostrano la diffusione dei fumi e il comportamento degli *agent* durante l'esodo.

Selezione delle soluzioni progettuali idonee

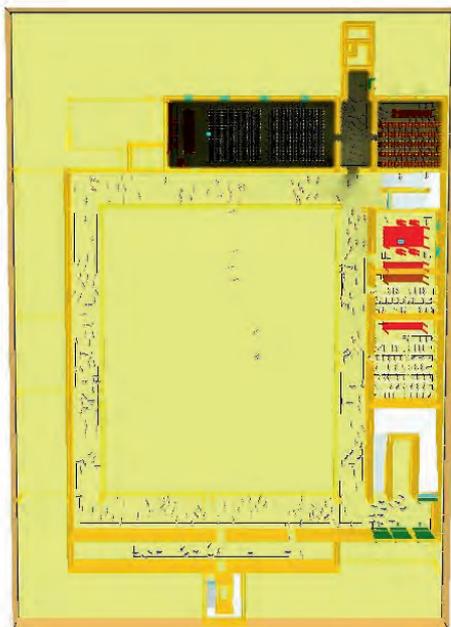
Grazie alle verifiche positive ottenute, la soluzione progettuale ipotizzata può essere ritenuta idonea al raggiungimento degli obiettivi di sicurezza prefissati.

Scenario A:



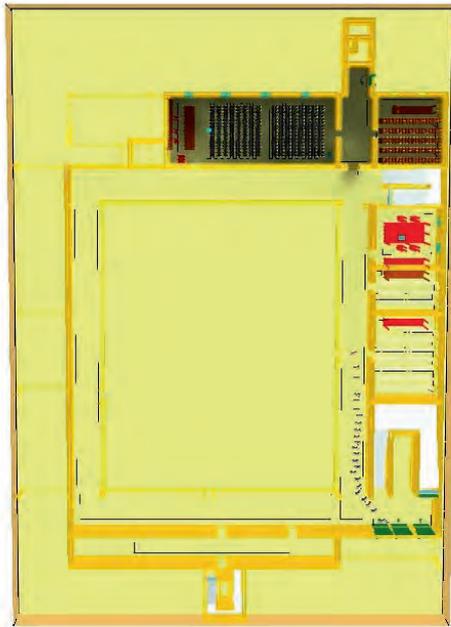
Time: 115.0

SCENARIO A AL TEMPO T = 115 s



Time: 302.0

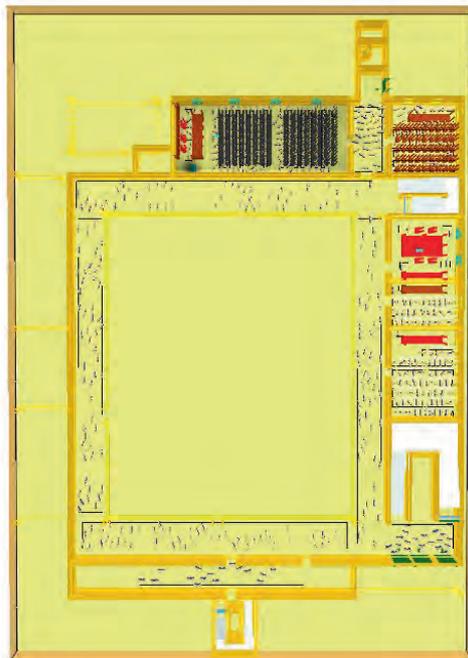
SCENARIO A AL TEMPO T = 302 s



Time: 566.0

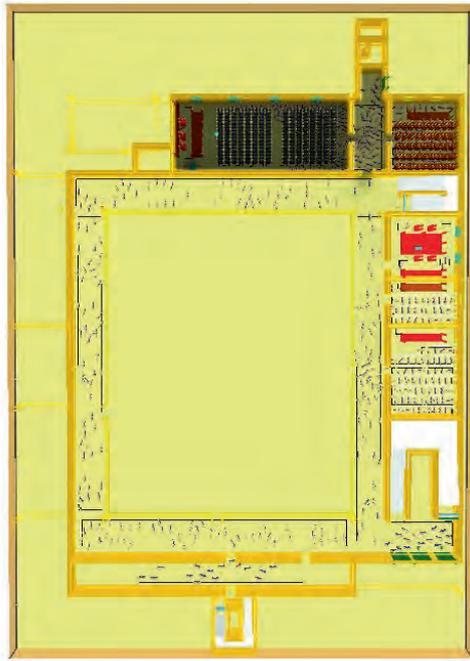
SCENARIO A AL TEMPO T = 566 s

Scenario B:



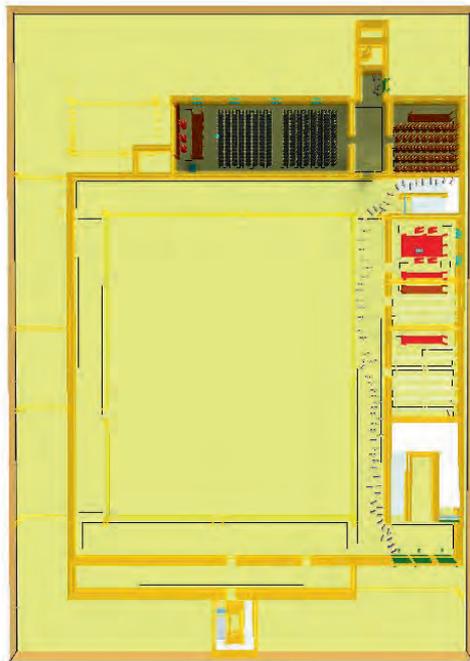
Time: 90.1

SCENARIO B AL TEMPO T = 90 s



Time: 257.1

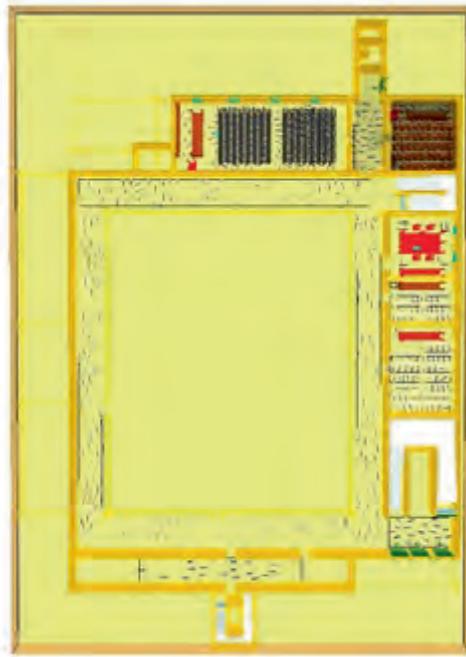
SCENARIO B AL TEMPO T = 257 s



Time: 501.0

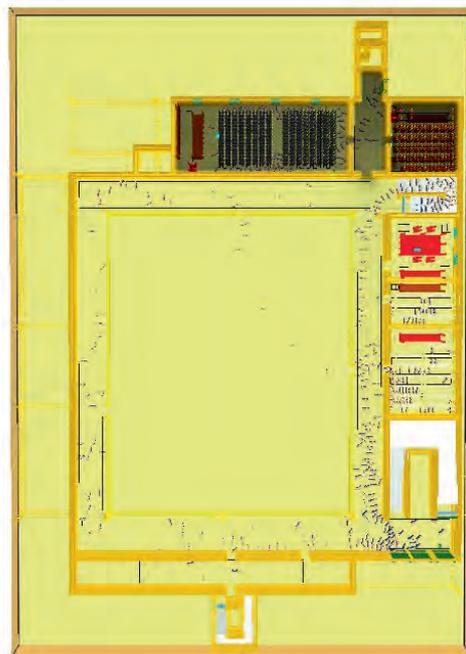
SCENARIO B AL TEMPO T = 501 s

Scenario C:



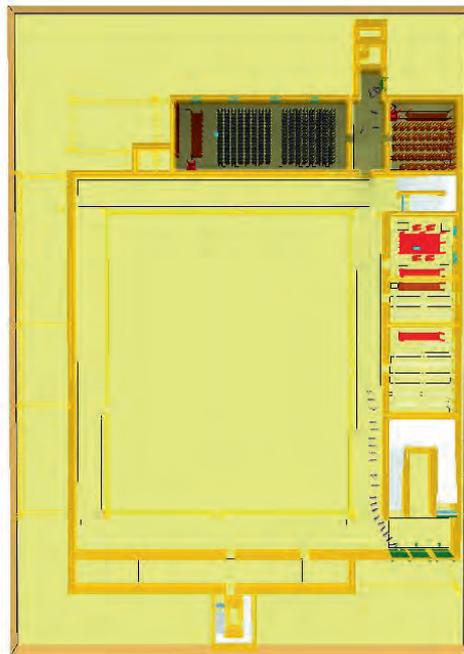
Time: 31.1

SCENARIO C AL TEMPO T = 91 s



Time: 317.0

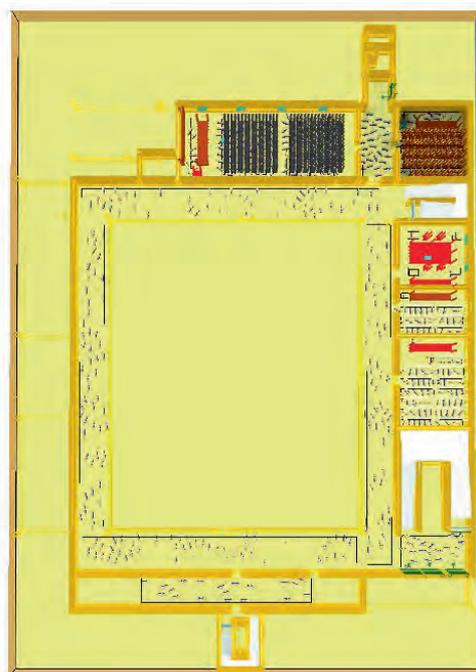
SCENARIO C AL TEMPO T = 317 s



Time: 511.1

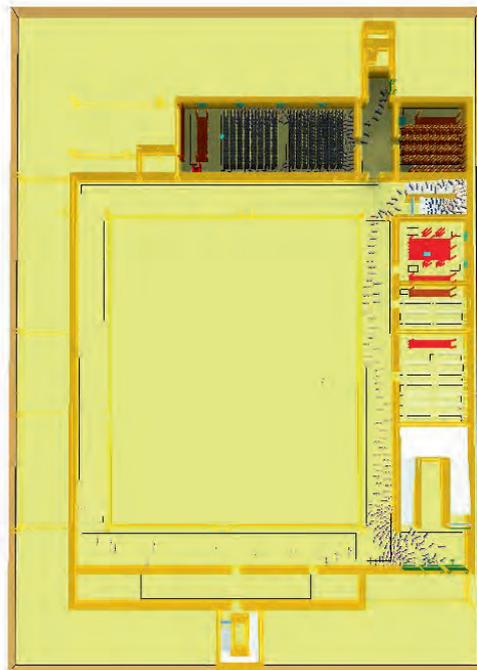
SCENARIO C AL TEMPO T = 511 s

Scenario D:



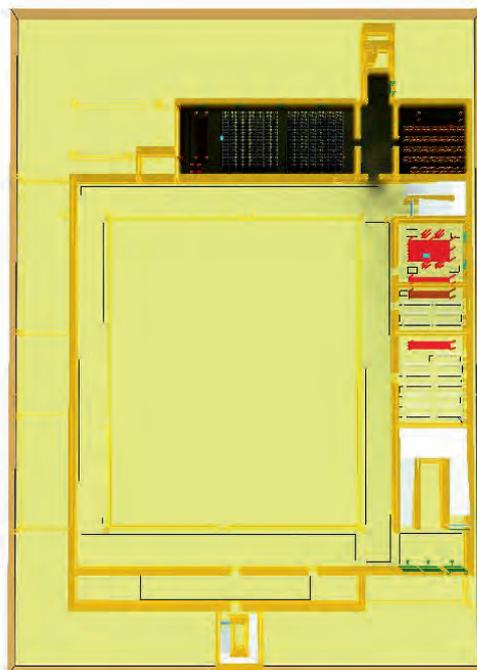
Time: 90.1

SCENARIO D AL TEMPO T = 90 s



Time: 363.1

SCENARIO D AL TEMPO T = 363 s



Time: 933.0

SCENARIO D AL TEMPO T = 933 s

Nota progettazione inclusiva:

Si segnala, inoltre, che per ottemperare alle prescrizioni previste e rendere coerente la progettazione antincendio inclusiva introdotta dal Codice con le procedure proprie della gestione dell'emergenza, sono state prese in esame, e qui non dettagliate per ragioni di sintesi, le azioni progettuali e gestionali riguardanti gli aspetti dell'accessibilità correlati alle situazioni di emergenza.

Ciò comporta che, in presenza non occasionale di occupanti con disabilità, sia stato previsto l'impiego di idonei spazi calmi a garanzia e supporto delle fasi di esodo in emergenza.

Considerazioni a commento

❖ *Riepilogo sintetico del caso studio*

Nel presente caso studio è stata verificata, in soluzione alternativa, la progettazione della misura S.4 per una attività di tipo scolastico (istituto universitario) ospitata in un edificio esistente, con valenza storico/artistica, sottoposto a vincolo di tutela.

Valendo, infatti, le medesime considerazioni operate nel precedente caso studio, anche nel presente, sono emerse alcune criticità, in relazione alla misura antincendio esodo, non potendosi rispettare appieno, la normativa antincendio verticale di natura prescrittiva (d.m. 26 agosto 1992).

Pertanto, l'utilizzo del Codice ha costituito la soluzione tecnica più idonea per effettuare la verifica delle condizioni di esodo nell'attività, senza la necessità di ricorrere a soluzioni in deroga secondo le regole tecniche tradizionali di prevenzione incendi.

❖ *Commento dei risultati*

Dal confronto delle quattro simulazioni analizzate, sono state evidenziate differenze sia in relazione all'analisi fluidodinamica che alle verifiche di esodo.

Relativamente alla Sala del Chiostro, lo scenario A, in cui si è considerata come fonte di innesco un cestino dei rifiuti, ha presentato una curva di incendio con una crescita più veloce rispetto allo scenario B, la cui fonte di innesco è stata il rack.

Inoltre, rispetto a quest'ultimo scenario sono state registrate temperature elevate e valori minimi di visibilità raggiunti in un periodo di tempo più breve.

Con riferimento alla Sala degli Affreschi, lo scenario C, in cui si è considerata come fonte di innesco un cestino dei rifiuti, ha presentato un HRR max inferiore rispetto agli altri scenari, restituendo temperature più basse e valori di visibilità più elevati rispetto agli altri scenari.

Infine, lo scenario D, avente come fonte di innesco il rack, ha presentato una curva di incendio simile allo scenario B, ma registrando temperature più elevate e livelli di visibilità più bassi rispetto a tutti gli altri scenari. Complessivamente, le condizioni progettate restituiscono il soddisfacimento della misura antincendio garantendo il livello di prestazione necessario alla tutela degli occupanti.

Caso studio 7: esodo da un ospedale

Descrizione

Nel presente caso studio viene illustrata la verifica delle condizioni di esodo per un'attività ospedaliera ospitata in un edificio progettato negli anni 50 e terminato nel decennio successivo.

Il Presidio Ospedaliero, nella sua interezza, è una struttura costituita da vari edifici e aree, dei quali quello principale, edificio A, oggetto della verifica, risulta autonomo dal punto di vista funzionale.

Anche nel presente caso studio, emergono alcune criticità, in relazione alla misura antincendio esodo, non potendosi rispettare appieno la normativa antincendio verticale (d.m. 19 marzo 2015 coordinato con il d.m. 18 settembre 2002) specie in riferimento ai requisiti di percorribilità interna e del sistema di vie d'uscita.

Pertanto, l'utilizzo del Codice costituisce la soluzione tecnica più idonea per effettuare la verifica delle condizioni di esodo nell'attività, senza la necessità di ricorrere a *soluzioni in deroga*⁴¹ secondo le regole tecniche tradizionali di prevenzione incendi.

Oggetto di studio

L'edificio A presenta le caratteristiche intrinseche della architettura del tempo e possiede, dal punto di vista della progettazione della sicurezza antincendio, dei connotati favorevoli riscontrabili in:

- soffitti alti (altezza d'interpiano misurata pari a 3,50 m);
- ampie e diffuse finestrate;
- geometria ordinata e finalizzata alla specifica destinazione d'uso;
- presenza di scale dimensionalmente progettate per gli affollamenti previsti pur non rispondendo alla necessità di garantire idonee disposizioni finalizzate all'esodo in condizioni d'emergenza.

L'edificio A, con una forma ad "H", si sviluppa su complessivi sette livelli, sei piani fuori terra e uno seminterrato. I corpi di fabbrica che lo compongono sono esposti rispettivamente a Sud-Ovest e a Nord-Est, mentre quello centrale li collega in posizione assiale.

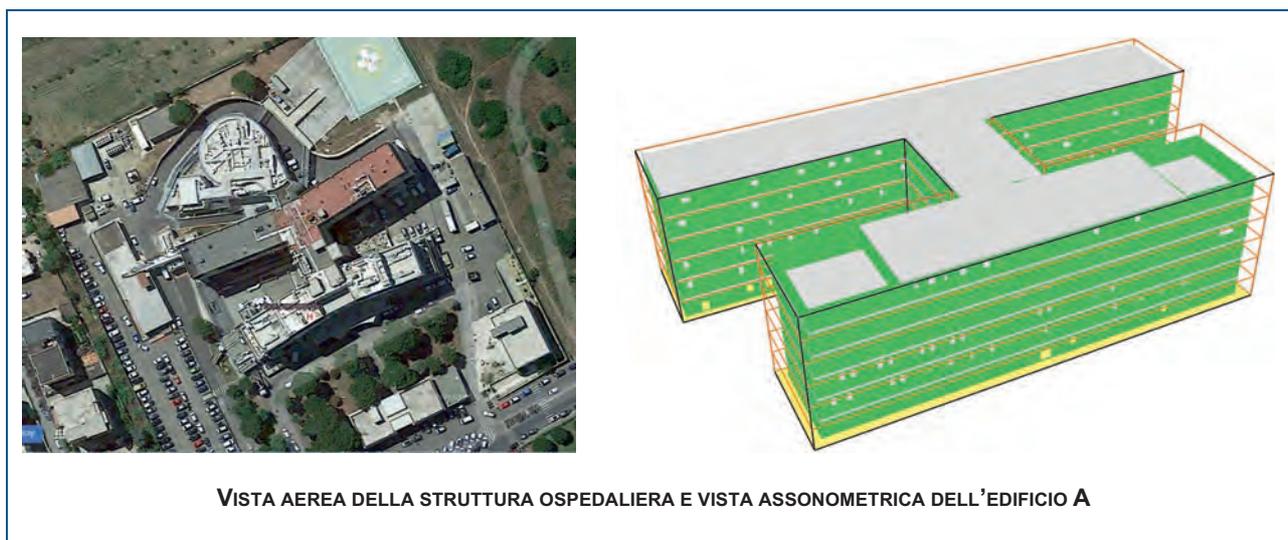
A quest'ultimo è annesso il fabbricato dell'ospedale, di forma semicircolare, che si sviluppa su due livelli, entrambi comunicanti con il preesistente.

Esso è composto da due corpi di fabbrica comunicanti e realizzati in epoche diverse: la parte di vecchia realizzazione comprende un piano seminterrato e sei piani fuori terra, mentre il corpo di fabbrica di nuova realizzazione si compone di un piano seminterrato ed un piano terra; sul piano delle coperture del vecchio fabbricato sono ubicati i locali macchine ascensori mentre su quello nuovo gli impianti tecnologici.

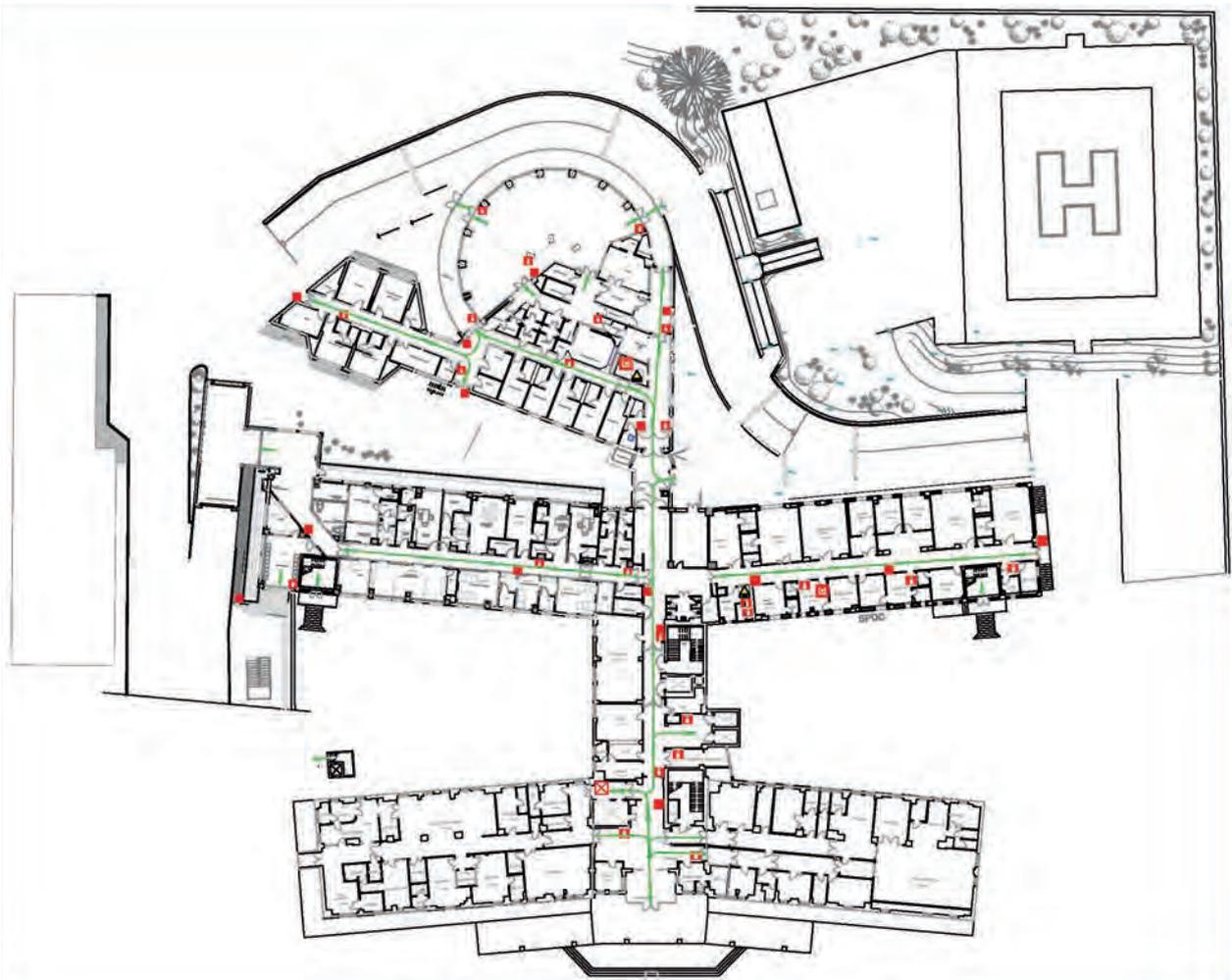
L'edificio principale accoglie i vari reparti ospedalieri, gli ambulatori e i servizi annessi.

La scelta di verificare i livelli di prestazione e le condizioni di esodo in quest'area, deriva da considerazioni legate alla necessità di individuare scenari di incendio rappresentativi delle condizioni più gravose compatibili con la destinazione d'uso della struttura.

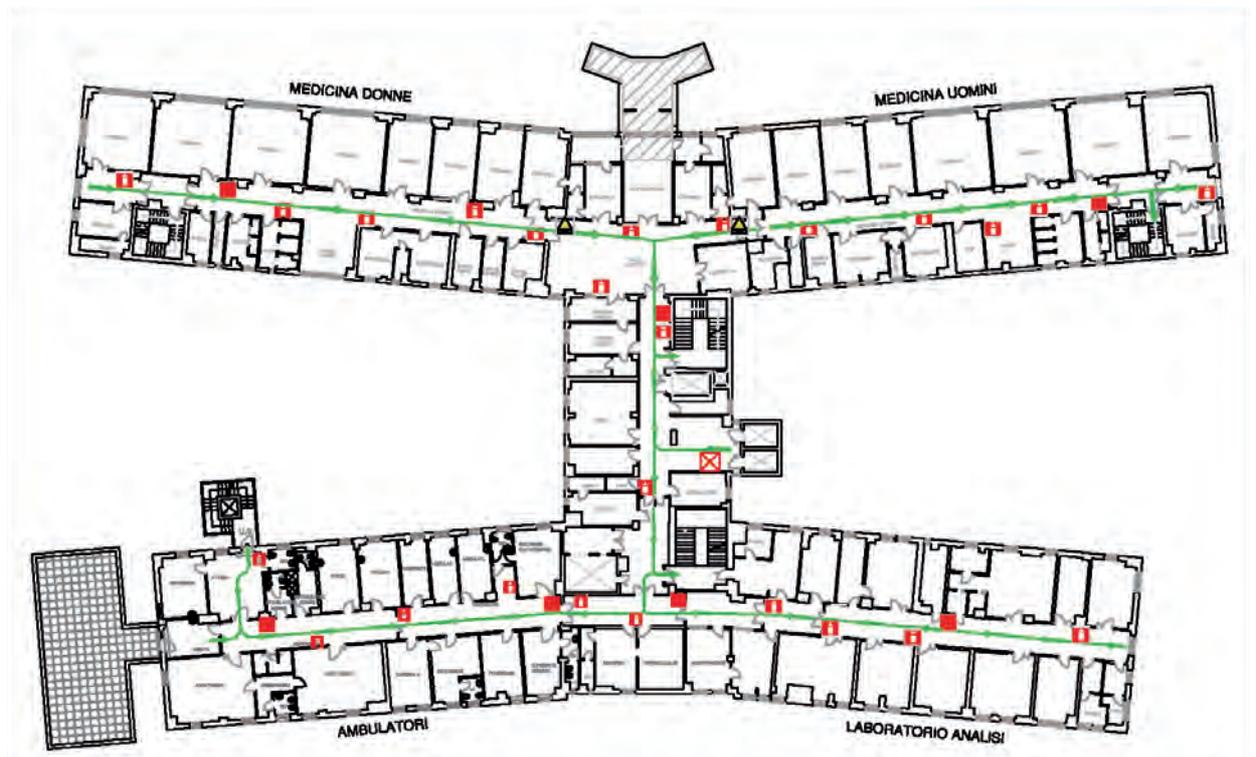
Dati salienti e attribuzione dei livelli di prestazione:



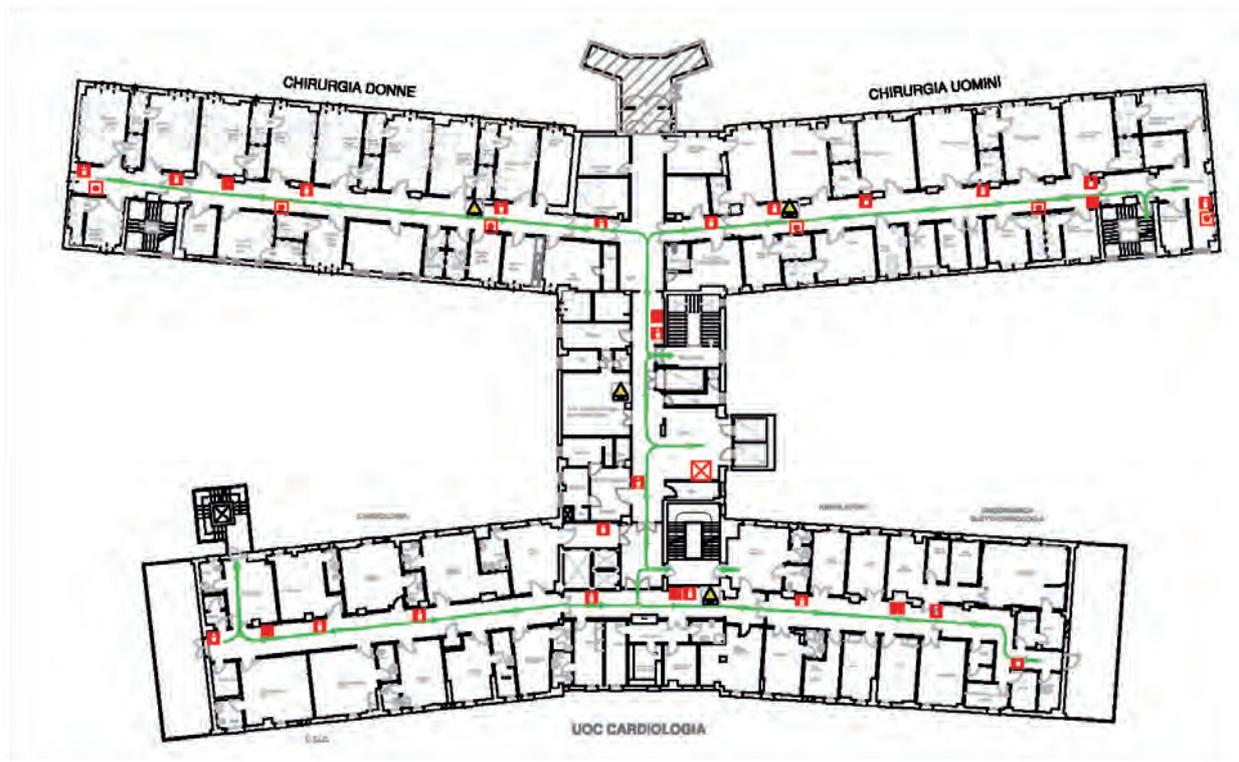
⁴¹ Come richiamato nei precedenti casi studio, ad oggi, l'applicazione del Codice all'attività 68 è legata all'emananda RTV inerente le strutture sanitarie; tuttavia, ai soli fini didattici e ricorrendo ad una soluzione alternativa, si fa riferimento al Codice precorrendo i tempi della futura emanazione della citata RTV



PLANIMETRIA PIANO TERRA - EDIFICIO A CON INSERIMENTO NEL POLO OSPEDALIERO



PLANIMETRIA PIANO PRIMO - EDIFICIO A



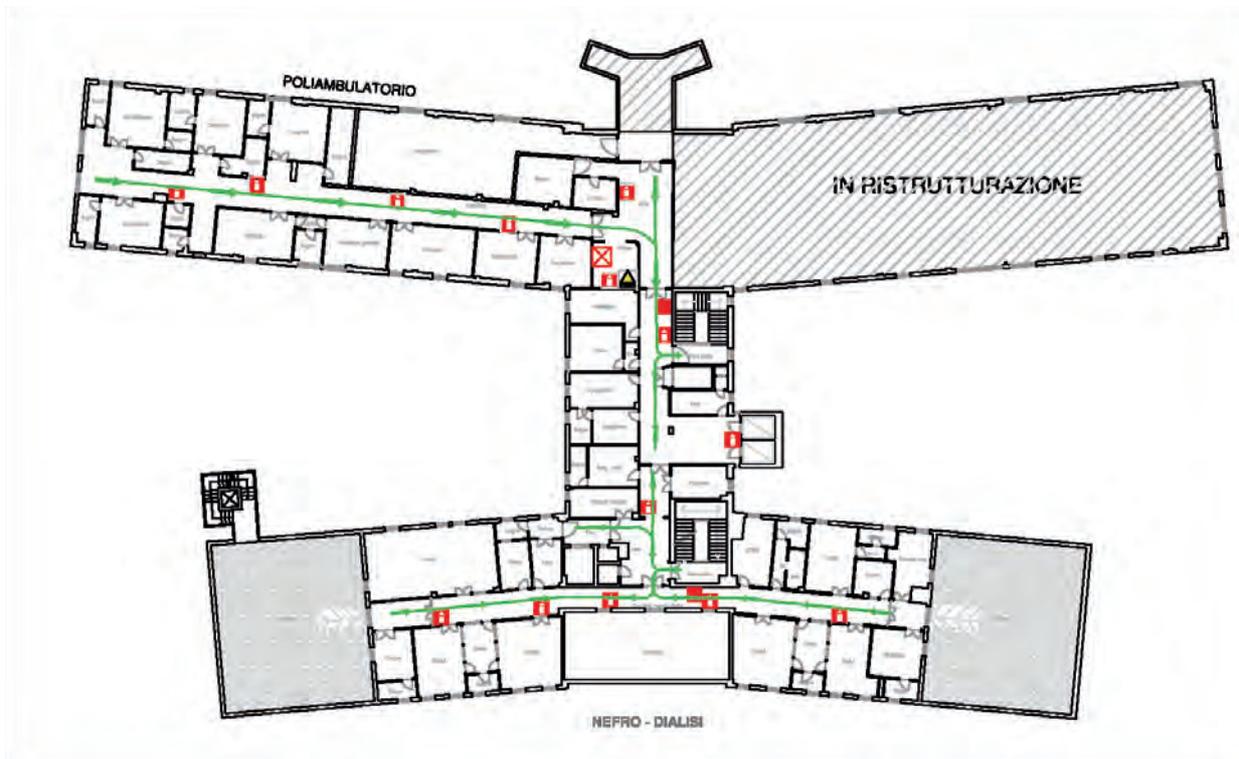
PLANIMETRIA PIANO SECONDO - EDIFICIO A



PLANIMETRIA PIANO TERZO - EDIFICIO A



PLANIMETRIA PIANO QUARTO - EDIFICIO A



PLANIMETRIA PIANO QUINTO - EDIFICIO A

Nota: le aree oggetto di ristrutturazione sono escluse dalla presente progettazione antincendio.



SEZIONE TRASVERSALE- EDIFICIO A



SEZIONE LONGITUDINALE- EDIFICIO A

Distribuzione spazi e attività		
Piano terra (superficie 2160 m ²)	Ingresso principale, Pronto Soccorso, Rianimazione, SPDC, ambulatori, CUP, uffici, CED e centrale telefonica	Presenza di reparti con degenza
Piano primo (superficie 2160 m ²)	Medicina, Laboratorio Analisi, Oculistica, DH oncologico, sala prelievi, ambulatori	Presenza di reparti con degenza
Piano secondo (superficie 2080 m ²)	UTIC-Cardiologia, Gastroenterologia, Chirurgia generale	Presenza di reparti con degenza
Piano terzo (superficie 2080 m ²)	Blocco Parto, Nido, Pediatria, Ostetricia-Ginecologia, ambulatori, depositi	Presenza di reparti con degenza
Piano quarto (superficie 2080 m ²)	Blocchi sale operatorie, Ortopedia, Fisioterapia	Presenza di reparti con degenza
Piano quinto (superficie 1700 m ²)	Nefro-Dialisi, ambulatori, spogliatoi, depositi	Assenza di reparti con degenza

Contestualizzazione dell'attività in relazione alla prevenzione incendi

Trattasi di attività classificata al punto 68.5.C dell'Allegato I del d.p.r. 1 agosto 2011 n. 151: "Strutture sanitarie che erogano prestazioni in regime di ricovero ospedaliero e/o residenziale a ciclo continuativo e/o diurno, case di riposo per anziani, con oltre 100 posti letto".

Riferimenti normativi

- d.m. 3 agosto 2015 - "Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del d.lgs. 8 marzo 2006, n. 139" - Aggiornamento d.m. 18 ottobre 2019, come aggiornata dai decreti 14 febbraio 2020 e 6 aprile 2020 per la sezione V.

Studio della problematica antincendio

Ci si propone, nell'ambito generale della progettazione antincendio dell'attività, di focalizzare l'attenzione sulla misura antincendio esodo, facendo ricorso alle *soluzioni alternative* suggerite dal Codice (par. S.4.4.3), constatato che non è possibile dimostrare il raggiungimento del livello di prestazione attribuito mediante l'adozione di *soluzioni conformi*.

Obiettivi dello studio

Al fine di dimostrare il raggiungimento del livello di prestazione attribuito alla misura S.4 (I), saranno utilizzati i metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio (par. G.2.7), impiegando le ipotesi, nei limiti previsti dalla regola dell'arte nazionale ed internazionale, secondo le procedure di cui alla normativa vigente. L'obiettivo è quello di dimostrare l'adeguatezza del sistema d'esodo esistente per gli occupanti.

Definizione del progetto dell'esodo

La soluzione alternativa viene applicata al fine di dimostrare l'idoneità delle uscite esistenti, a servizio del corpo di fabbrica A, per l'esodo di tutti gli occupanti.

La situazione ex ante prevedeva solamente quattro scale interne di tipo aperto; successivamente, il progetto originario di adeguamento delle uscite di sicurezza, rispondente alle indicazioni del d.m. 18 settembre 2002, coordinato con le modifiche introdotte dal d.m. 19 marzo 2015 e dal d.m. 15 settembre 2005, considerava quattro scale esterne (US 1, US 2, US 5 e US 6) e due scale interne⁴² a prova di fumo (US 3 e US 4), originariamente aperte e quindi da adeguare, per un totale di sei percorsi d'esodo verticali.

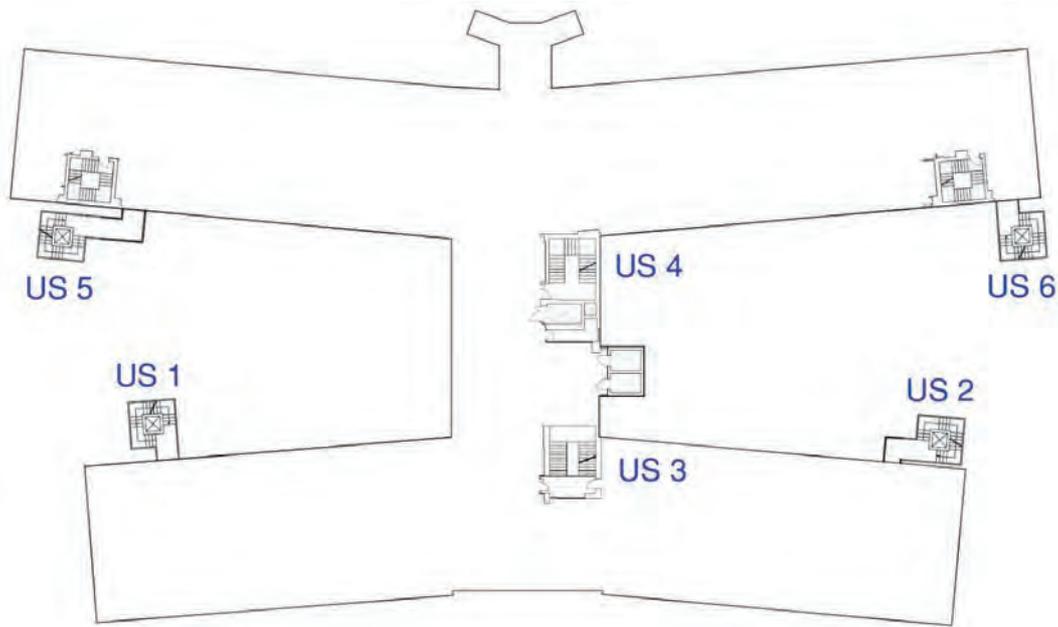
Le restanti due scale interne di tipo aperto, in prossimità delle previste nuove scale US 5 e US 6, non erano considerate, ai fini della verifica dei percorsi di esodo.

Tutti i vani scala indicati collegano i piani fuori terra mentre il solo corpo scala US 3, posto in posizione baricentrica e limitrofo agli impianti di sollevamento, collega anche il piano seminterrato con i restanti piani del fabbricato.

⁴² Le uniche scale utilizzate per il sistema di esodo garantiscono il collegamento di tutti i piani dell'edificio; le altre due scale interne, preesistenti e riportate in planimetria, collegano i primi quattro piani dell'edificio.

Nel frattempo, è stata realizzata la sola scala esterna US 1 (collegata all'ultimo piano dell'edificio mediante il terrazzo) e rese a prova di fumo le scale interne US 3 e US 4.

Il presente progetto di adeguamento, in soluzione alternativa, realizzerà e verificherà la condizione di conformità ipotizzando che, ai fini delle verifiche di esodo, siano restituite alla funzione di vie d'esodo le due scale interne aperte, che saranno rese protette, come detto precedentemente non considerate ai fini dell'esodo, e che sia presente una sola scala di sicurezza esterna, a servizio di tutto l'edificio (US 1), oltre alle due scale interne a prova di fumo (US 3 e US 4).



USCITE DI SICUREZZA A SERVIZIO DELL'EDIFICIO A SECONDO L'IPOTESI PROGETTUALE D.M. 18 SETTEMBRE 2002

Identificazione degli obiettivi di sicurezza antincendio per l'esodo

Tali obiettivi consistono nel permettere agli occupanti di lasciare l'edificio senza essere interessati dagli effetti dell'incendio (tab. M.3-2).

Si rammenta che la progettazione prestazionale del sistema di vie d'esodo 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*).

Calcolo dei tempi di esodo

Per il calcolo dei tempi di esodo vengono utilizzati i parametri contenuti nel cap. M.3 e il criterio $ASET > RSET$ previsto nel par. M.3.2.2.

Il caso studio tiene conto dell'effettiva presenza e disponibilità di uscite, come verificata in sede di sopralluoghi e di quanto previsto ai fini della strategia antincendio.

Nei quattro scenari di progetto selezionati per lo studio (vedi paragrafi successivi) si tiene conto del contemporaneo utilizzo degli spazi, ipotizzando l'affollamento massimo (diurno) di ciascun locale ricavato secondo i coefficienti della tab. S.4-12:

$$\text{affollamento massimo} = \text{densità di affollamento} \times \text{superficie lorda}$$

dove la densità di affollamento è funzione della destinazione d'uso (0,1 persone/m² per gli ambulatori; 0,4 persone/m² per sale d'attesa, uffici, ambiti di vendita di piccole attività commerciali di settore alimentare o misto).

Per il calcolo dell'affollamento nelle stanze di degenza è stato assunto un numero di presenze coerente con i criteri della tab. S.4-13.

Riepilogando, l'affollamento totale risulta pari a:

Affollamento massimo (persone)	
Piano terra	179
Piano primo	254
Piano secondo	214
Piano terzo	138
Piano quarto	149
Piano quinto	69
Totale	1003

AFFOLLAMENTO MASSIMO IPOTIZZATO

Calcolo di RSET

Si rammenta che l'RSET è l'intervallo di tempo calcolato tra l'innescò dell'incendio ed il momento in cui gli occupanti dell'attività raggiungono un luogo sicuro.

Il tempo necessario per l'esodo (RSET) è composto da quattro tempi, così come definito dal par. M.3.4:

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

Come già richiamato, si fa riferimento, ai soli fini didattici, al Codice e, considerata la tipologia di attività in esame, alla emananda RTV V.Y - Strutture sanitarie⁴³.

Secondo il par. V.Y.3 l'attività è classificabile:

- in relazione alla tipologia delle prestazioni erogate → SA, SC⁴⁴;
- in relazione alla massima quota dei piani $h = 23.90 \text{ m}$: $-5 \text{ m} < h \leq 24 \text{ m}$ → HB;
- in relazione al numero di posti letto $P = 152$: $100 < n \leq 500$ posti letto → PC.

e le aree presenti sono classificate come segue:

- TA1: aree destinate a ricovero in regime ospedaliero;
- TA2: aree adibite ad unità speciali o cure intensive, nelle quali il paziente è collegato ad apparecchiature salvavita o endoscopiche tali da impedire il suo rapido spostamento;
- TB1: ambulatori, centri specialistici, centri di diagnostica, consultori, aree con apparecchiature ad elevata tecnologia, esclusi gli ambienti dove sussiste il rischio dovuto a radiazioni ionizzanti;
- TB2: ambulatori, centri specialistici, centri di diagnostica con presenza di sorgenti di radiazioni ionizzanti sigillate o non sigillate o con presenza di apparecchiature ad alta energia di tipo ionizzante;
- TC: Aree destinate ad altri servizi pertinenti (es. uffici amministrativi, scuole e convitti professionali, spazi per riunioni e convegni, mensa aziendale, spazi per visitatori inclusi bar, aree commerciali, aree di culto, ...);
- TK2: aree a rischio specifico normalmente presidiate, accessibili al solo personale dipendente (es. laboratori di analisi e ricerca, lavanderie, cucine, ...);
- TK3: aree destinate a deposito e ricarica gas medicali e gas tecnici di laboratorio;
- TM2: depositi aventi superficie lorda $S \leq 10 \text{ m}^2$ e $450 \text{ MJ/m}^2 < q_f \leq 600 \text{ MJ/m}^2$ o $10 \text{ m}^2 < S \leq 50 \text{ m}^2$ e con carico di incendio specifico $q_f \leq 600 \text{ MJ/m}^2$;
- TT1: locali in cui siano presenti quantità significative di apparecchiature elettriche ed elettroniche, locali tecnici rilevanti ai fini della sicurezza antincendio;
- TZ: altre aree.

⁴³ Approvata il 11 febbraio 2020 dal Comitato Centrale Tecnico Scientifico dei VV.F.

⁴⁴ Attività che erogano prestazioni di assistenza specialistica in regime ambulatoriale, ivi comprese quelle riabilitative, di diagnostica strumentale e di laboratorio

Si segnala che la RTV V.Y prevede, alla tab. V.Y-6, requisiti aggiuntivi rispetto a quelli previsti nel Cap. S.7; pertanto occorre attribuire un livello minimo di prestazione pari a IV alla misura rivelazione e allarme.

- Il tempo di rivelazione t_{det} è stato determinato mediante la modellizzazione numerica degli scenari d'incendio individuati.
- Il tempo di allarme t_a viene assunto pari a zero, in presenza di IRAI esteso a tutto l'attività.
- Il tempo di pre-movimento t_{pre} , è stato valutato con riferimento alla tab. M.3-1, tratta dalla norma ISO 16738. È stato, inoltre, considerato lo studio: <https://www.thunderheadeng.com/files/com/FEMTC2016/files/d1-05-datoussaid/datoussaid-paper.html#34>
- Il tempo di percorrenza t_{tra} è stato calcolato considerando il tempo impiegato nella condizione più sfavorevole (percorso più lungo) per trasportare l'ultimo degente nel compartimento adiacente.

I dati di bibliografia adottati attribuiscono le velocità di movimento in base alle caratteristiche individuali e collettive; per la verifica che si illustrerà, le velocità sono state assegnate nell'ipotesi dell'attivazione di un *esodo orizzontale progressivo*⁴⁵.

In fase di simulazione d'esodo, è stato previsto che i gruppi di popolazione esposta (degenti, visitatori e operatori interni), localizzati nelle stanze dell'edificio, non abbiano ritardo nell'attivazione delle procedure di autosoccorso considerata la presenza del sistema di rivelazione e allarme.

Calcolo di ASET

Si rammenta che l'ASET è l'intervallo di tempo calcolato tra l'innesco dell'incendio ed il momento in cui le condizioni ambientali nell'attività diventano tali da rendere gli occupanti incapaci di porsi in salvo autonomamente raggiungendo o permanendo in un luogo sicuro.

Come già richiamato, utilizzando il *metodo di calcolo avanzato* (par. M.3.3.1), che richiede la stima delle concentrazioni di prodotti tossici, delle temperature e delle densità del fumo negli ambienti a seguito dell'incendio e la loro variazione nel tempo, il professionista antincendio impiega le seguenti soglie di prestazione conservative, nei confronti degli occupanti, riportate nella tab. M.3-2.

La norma ISO 13571 è il riferimento più autorevole per il calcolo ASET (par. M.3.3.1), che è definito come il più piccolo tra gli ASET calcolati secondo quattro modelli: *modello dei gas tossici; modello dei gas irritanti; modello del calore; modello dell'oscuramento della visibilità da fumo*.

Con tale metodo di calcolo, occorre procedere alla verifica dei predetti modelli, impiegando le *soglie di prestazione* riportate nella tab. M.3-2.

Identificazione degli scenari d'incendio

Lo scenario d'incendio rappresenta l'evoluzione dell'incendio in relazione a tre aspetti fondamentali: focolaio, 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 (par. M.2.3).

Tali scenari in relazione alle caratteristiche d'innesco, alle caratteristiche dell'edificio e degli arredi specifici ed infine degli occupanti, svolgono un ruolo fondamentale nel processo di progettazione prestazionale.

Nella tabella e nello stralcio di planimetria, di seguito riportati, vengono quantificati (assumendo i parametri lunghezza e tempo di percorrenza) i percorsi che gli operatori, gli eventuali visitatori, gli utenti presenti, dovranno percorrere, considerato che i primi saranno chiamati ad allontanare i degenti dalla minaccia incendio.

Nel caso specifico del reparto analizzato (quanto riportato di seguito è riferito al piano terzo della struttura), il personale coinvolto trasferirà i pazienti in tempi calcolati in base alle distanze da percorrere e all'affaticamento.

⁴⁵ Vedi par. G1.9.21 e S.4.9.2; l'*esodo orizzontale progressivo* è una modalità di esodo che prevede lo spostamento degli occupanti dal compartimento di primo innesco in un compartimento adiacente capace di contenerli e proteggerli fino a quando l'incendio non sia estinto o fino a che non si proceda ad una successiva evacuazione fino a luogo sicuro.

Le velocità iniziali assegnate ($v_{exit} = 0,7$ m/s) tengono conto del fatto che la fase di allontanamento dal reparto prevede che l'operatore accompagni il degente fino al *luogo sicuro temporaneo*, ovvero nel compartimento adiacente.

Il responsabile dell'attività dichiara che nel reparto sede dell'incendio, sia di giorno che di notte, il numero di degenti è inferiore al numero di unità di personale⁴⁶, il trasferimento è pertanto garantito 1:1 e non c'è quindi necessità di ipotizzare un rientro in reparto per trasportare altri degenti in attesa.

Reparto di degenza (piano terzo)		Velocità (m/s)
		$v_{exit} = 0,7$
Percorsi	Lunghezza percorsi (m)	t_{exit} (s)
percorso 1	40	57
percorso 2	37	53
percorso 3	33	47
percorso 4	29	41
percorso 5	18	26
percorso 6	31	44
percorso 7	27	39

TEMPI DI ESODO

Questo implica che tutto il personale debba essere perfettamente formato sulle misure di sicurezza presenti nell'edificio, sul sistema di *esodo orizzontale progressivo* (così come richiamato al par. V.Y.5.3), nell'ambito delle stesse aree, sulle compartimentazioni previste per garantire la resistenza al fuoco; inoltre, ciò implica che nel momento in cui si sviluppa l'incendio, gli operatori presenti nella zona di innesco procedano all'esodo dei degenti coinvolti; tutto il personale è formato per supportare l'esodo dal locale interessato dall'incendio fino al completamento delle fasi d'emergenza nei restanti reparti.



ESEMPIO SCENARI DI INCENDIO E PERCORSI DI ESODO DAL REPARTO AL PIANO TERZO - EDIFICIO A

Nella tabella che segue sono riassunti i parametri di velocità utilizzati per le verifiche di scenario. Il parametro associato a "personale/degenti" è il medesimo: si ipotizza che il trasporto verso il compartimento adiacente sia affidato completamente al personale sanitario. I dati di letteratura adottati fanno riferimento, come riportato nella successiva tabella, alle velocità delle persone in base alla tipologia di invalidità.

⁴⁶ Tale assunzione si basa sulla previsione contenuta nella GSA che prevede, al verificarsi dell'emergenza, che tutto il personale presente nel compartimento adiacente si porti immediatamente nell'attiguo compartimento di primo innesco

Ausilio al disabile	Rampa (m/s)	Scala in discesa (m/s)	Scala in salita (m/s)
Sedia a ruote alimentata	0,89	-	-
Sedia a ruote	0,69	-	-
Stampelle	0,94	0,22	0,22
Bastone	0,81	0,32	0,34
---	1,24	0,70	0,70

VELOCITÀ MEDIE (2002 SOCIETY OF FIRE PROTECTION ENGINEERS)

Con riferimento alle caratteristiche dell'utenza, sono state adottate delle velocità anche in relazione al "walking speed" ipotizzabile durante l'emergenza:

Studio		Velocità individui anziani (m/s)		
		Lenta	Normale	Veloce
Uomini	Blanke and Hagerman		1,38	
	Himann et al.		1,21	1,47
Donne	Finley et al.		0,70	
	Blanke and Hageman		0,32	
	Ferrandez et al.		0,82	1,08
	Himann et al.		0,89	1,14
	Leiper and Craik		0,96	1,15
	Obrien et al.		0,97	0,74
Entrambi	Cunningham et al.			1,60
	Elble et al.			1,39
	Waters et al.			1,5
	Judge et al.			1,43

SINTESI DEI VALORI DELLE VELOCITÀ DI INDIVIDUI ANZIANI A PIEDI SECONDO VARI STUDI

Nelle simulazioni di esodo, gli occupanti sono stati inseriti secondo una definizione qualitativa ritenuta sufficientemente rappresentativa della realtà; le velocità adottate si differenziano in relazione alla tipologia dei medesimi.

Focolaio d'incendio

Il Codice prevede differenti metodi per la descrizione quantitativa del focolaio d'incendio; il metodo più speditivo, descritto al par. M.2.7, impiega i valori dei parametri di cui alla tab. M.2-2; a tal proposito si rinvia al caso studio precedente per le considerazioni già eseguite.

Nel presente caso studio, tuttavia, si è proceduto alla determinazione della variazione nel tempo della potenza termica totale rilasciata da un eventuale incendio, ossia la curva HRR(t), utilizzando l'espressione di Walton e Thomas contenuta nella NFPA 555 "Guide on methods for evaluating potential for room flash over".

L'approccio della citata norma permette di valutare le possibilità che l'incendio si propaghi dagli oggetti già coinvolti dalle fiamme ad altri oggetti combustibili, tramite un'adeguata valutazione del rischio di incendio⁴⁷.

Tale valutazione deve essere giustificata durante l'analisi quantitativa.

La NFPA 555 riporta alcune correlazioni impiegabili per verificare se, nelle prime fasi di sviluppo di un incendio, la potenza termica rilasciata da un oggetto incendiato possa provocare la propagazione dell'incendio ad altri oggetti per effetto dell'irraggiamento termico, in relazione alla tipologia dei materiali ed alla distanza che li separa dagli oggetti già innescati.

La curva HRR(t) può essere così ricostruita nel seguente modo:

- ipotizzare il materiale combustibile iniziatore dell'incendio;
- valutare la sequenza con la quale i diversi elementi combustibili presenti nell'ambiente vengono coinvolti dalla propagazione dell'incendio;
- calcolare la curva HRR(t) complessiva, per somma dei contributi nel tempo dei singoli oggetti.

⁴⁷ Giacalone C., (2009) Nuovo manuale di prevenzione incendi, Maggioli editore

In riferimento alla definizione della chimica base del combustibile e delle rese in particolato (soot) e in monossido di carbonio (CO), la reazione chimica di fase gassosa assunta da FDS è stata determinata con riferimento ai valori previsti nella letteratura tecnica (SFPE Handbook 5th Edition - tabb. A.31 e A.39) in riferimento alla combustione del polistirene:

```
&REAC FUEL = 'SCHIUMA POLISTIRENE'
, FORMULA='C8H8
, SOOT_YIELD=0.200
, CO_YIELD=0.065
, HEAT_OF_COMBUSTION=38200
```

La scelta della REAC relativa al polistirene è stata fatta a favore di sicurezza quale materiale prevalente (materassi in polyfoam) e meglio rappresentativo del focolaio impiegato.

Individuazione degli scenari d'incendio di progetto

L'attività di simulazione numerica, con la quale sono stati costruiti gli scenari rappresentativi per le verifiche della prestazione di sicurezza del sistema, ha richiesto, per la struttura nel suo complesso, la definizione del dominio di simulazione che, opportunamente suddiviso in un numero finito di volumi di controllo (mesh), consenta la rappresentazione geometrica tridimensionale della stessa.

Per lo studio del campo fluidodinamico sono stati inseriti dispositivi di misura e slice, ovvero superfici di misura, equivalenti ad un oggetto piano all'interno dell'area grafica, la cui funzione è quella di misurare il valore assunto dalle grandezze di fase gassosa (vedi nota ai precedenti casi studio).

Per la scelta dei possibili scenari di incendio di progettazione è stato utilizzato l'approccio della norma NFPA 101.

Come già richiamato, la norma NFPA 101 (life safety code) suggerisce, in alternativa alla definizione degli scenari secondo le valutazioni esperte, la valutazione rispetto ad otto scenari predeterminati, ciascuno multiplo o non applicabile, specificato in relazione alle caratteristiche dell'edificio (posizione iniziale dell'incendio, valori iniziali della produzione di fumo e di calore, caratteristiche dei materiali presenti, quantificazione dell'intervento umano e degli impianti).

Tali scenari sono identificati in modo da consentire di individuare tutti i possibili rischi provenienti da ambienti presidiati e non presidiati.

In particolare, nell'analisi del caso studio, si è fatto riferimento allo scenario di seguito descritto.

Scenario d'incendio per lo studio dell'esodo

Per la definizione della curva d'incendio si è proceduto con l'analisi d'incendio nelle quattro tipologie di stanze degenza presenti nell'edificio ospedaliero.

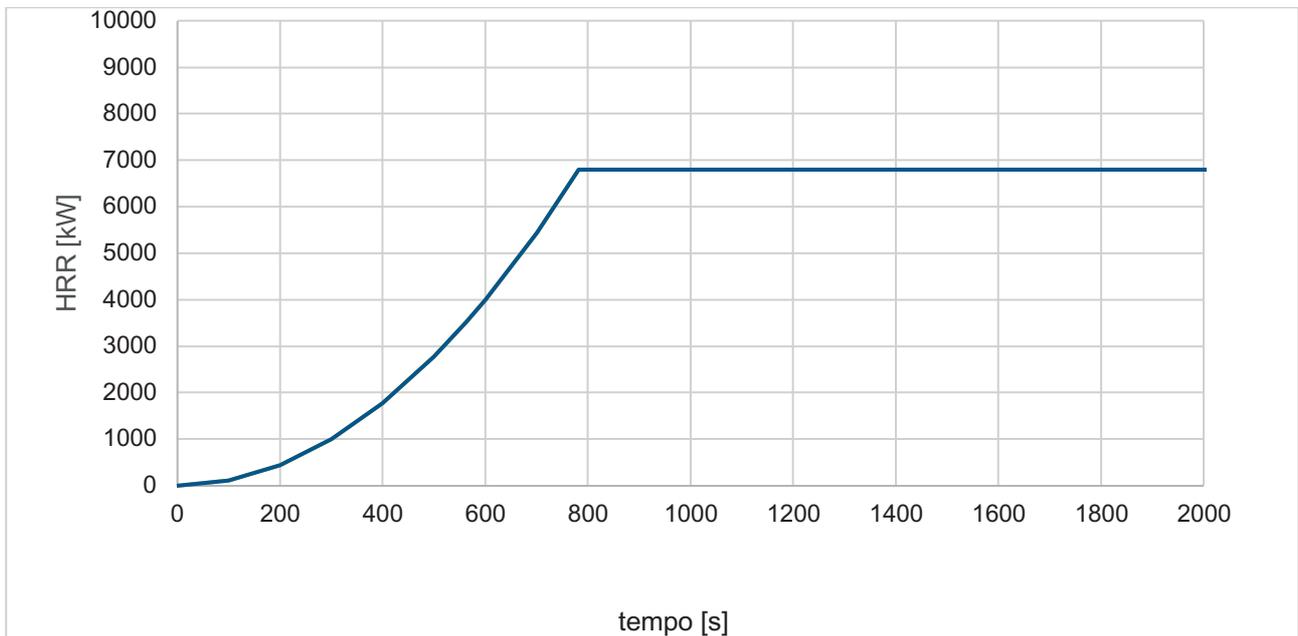
Per questo caso studio sono state individuate le quattro stanze degenza distinte per il numero di posti letto variabile da 1 a 4.

Piano	Stanze di degenza			
	1 posto letto	2 posti letto	3 posti letto	4 posti letto
	n.	n.	n.	n.
Terra	2	3	3	0
Primo	2	7	2	5
Secondo	6	19	0	0
Terzo	4	2	2	3
Quarto	3	6	0	2
Quinto	0	0	0	0
Totale stanze	17	37	7	10
Superficie stanze (m ²)	13,96	21,89	29,81	34,69
Superficie aerazione (m ²)	3,93	4,21	6,17	5,2

ANALISI COMPLESSIVA DELLE STANZE DI DEGENZA PRESENTI NELL'EDIFICIO

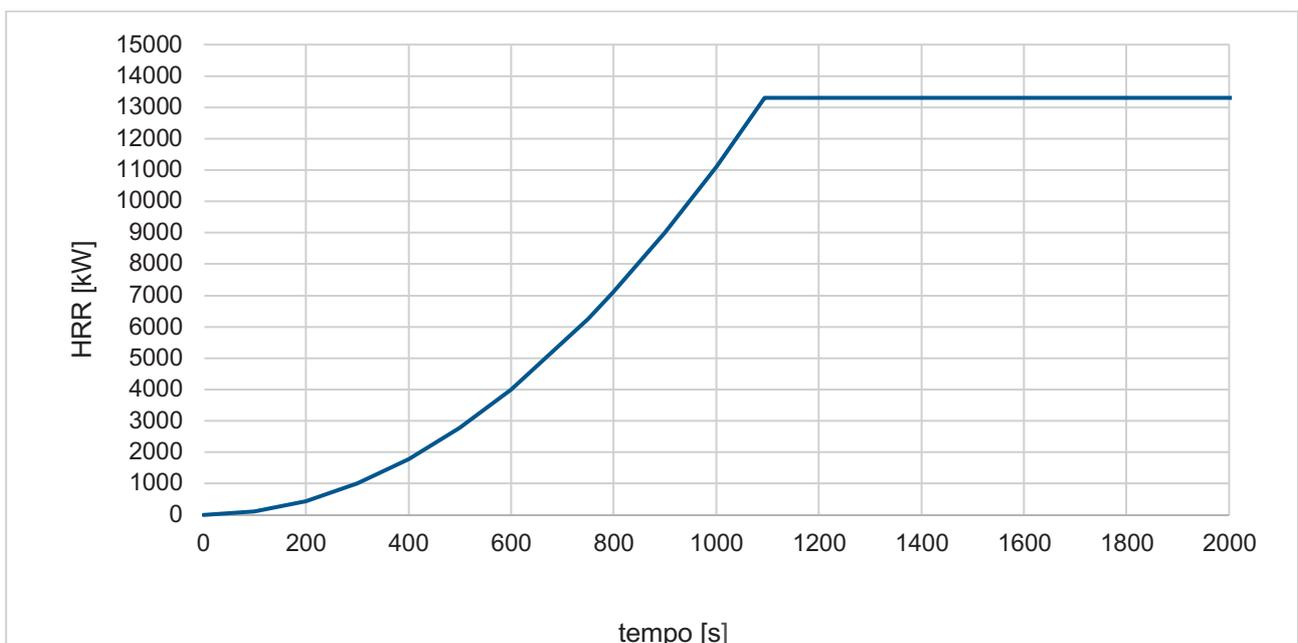
Curve HRR-tempo

Per dovere di sintesi si riportano i risultati analitici relativi alle curve analitiche d'incendio per le stanze di degenza da 1 e da 4 posti letto (condizione minima e massima), evidenziando che le valutazioni sono state effettuate per ogni ambiente:



HRR - STANZA 1 POSTO LETTO

Nel caso della stanza da 1 posto letto, la HRR calcolata secondo la NFPA 555, propone un andamento crescente in modo continuo e il raggiungimento della condizione di pieno sviluppo a circa 800 s. L'utilizzo di questo fire design come sollecitazione termochimica in un modello di analisi di rischio produce sugli occupanti delle condizioni più gravose in quanto riduce il tempo ASET. Nel secondo caso, stanza da 4 posti letto, la HRR calcolata secondo la NFPA 555, propone un andamento crescente in modo continuo e il raggiungimento della condizione di pieno sviluppo a circa 1100 s.



HRR - STANZA 4 POSTI LETTO

Risultati delle simulazioni

I risultati rappresentati di seguito sono riferiti, per brevità, alle verifiche effettuate per il terzo piano della struttura, fermo restando che tali verifiche sono state condotte puntualmente su tutta la struttura complessa, verificando il soddisfacimento delle condizioni di sicurezza, differenziato in funzione delle specificità del compartimento, ai fini della strategia antincendio.

L'incendio è stato, quindi, localizzato al piano esaminato, dove sono presenti reparti di degenza e spazi ambulatoriali, oltre all'area del blocco parto e nido.

La modalità di verifica, in accordo con l'adozione del SGSA e delle procedure di *esodo orizzontale progressivo* adottate comportano, secondo le previsioni normative ed essendo state condotte specifiche valutazioni sull'affidabilità dei dati di input, il soddisfacimento della condizione:

$$(ASET - RSET) > 10\%RSET$$

Piano terzo	Massimo affollamento notturno	Massimo affollamento diurno
Reparto degenza	15 degenti 16 operatori	16 degenti
		24 operatori
		28 visitatori
	Totale notturno	Totale diurno
	31	68
Altri reparti del piano	19 degenti 18 operatori	16 degenti
		22 operatori
		32 visitatori
	Totale notturno	Totale diurno
	37	70
Totali	68	138

AFFOLLAMENTI DEL PIANO TERZO (DEGENTI, OPERATORI E VISITATORI)

Si è ipotizzato che durante l'emergenza, ogni operatore accompagni un paziente per volta all'uscita e fino a luogo sicuro, assumendo la velocità di 0,7 m/s per pazienti non deambulanti (non autonomi) che necessitano di trasporto con letto e/o carrozzina e 1,0 m/s per pazienti parzialmente non deambulanti (autonomi assistiti) che necessitano di accompagnamento poiché utilizzano ausili (ad esempio, stampelle).

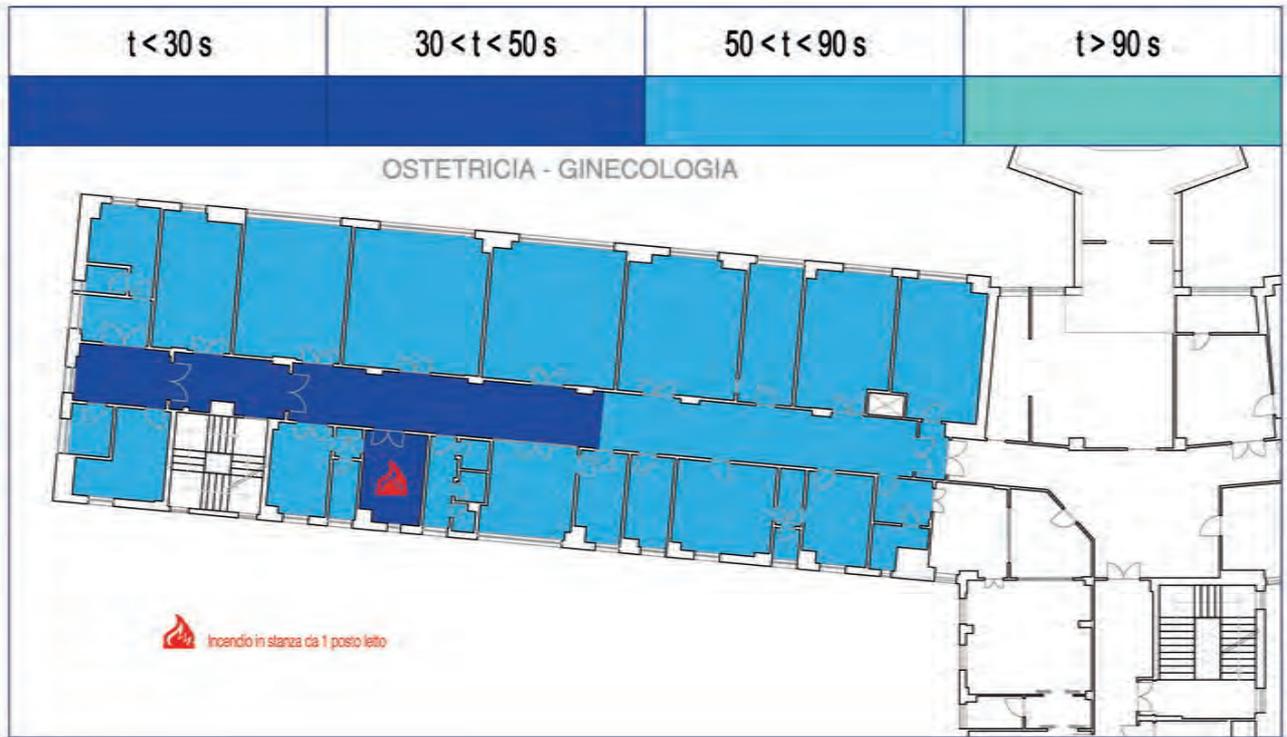
In relazione ai tempi di rivelazione t_{det} , nelle immagini che seguono, si propone una modalità di rappresentazione delle relative grandezze su base grafica denominata "cromo-crono-planimetrie" in cui si diversificano gli ambienti raggiunti dai fumi, in base al tempo di misurazione da parte di rilevatori di prodotti della combustione.

La scala cromatica adottata è sulle gradazioni del blu, dal più intenso identificativo di un ambiente in cui gli *agent* (occupanti) sono sottoposti ad un flusso del pericolo superiore rispetto a quelli delimitati in aree con colorazione più chiare; questi, infatti, riceveranno l'allarme con maggior ritardo, ma al contempo saranno localizzati a distanza più elevata dal focolaio.

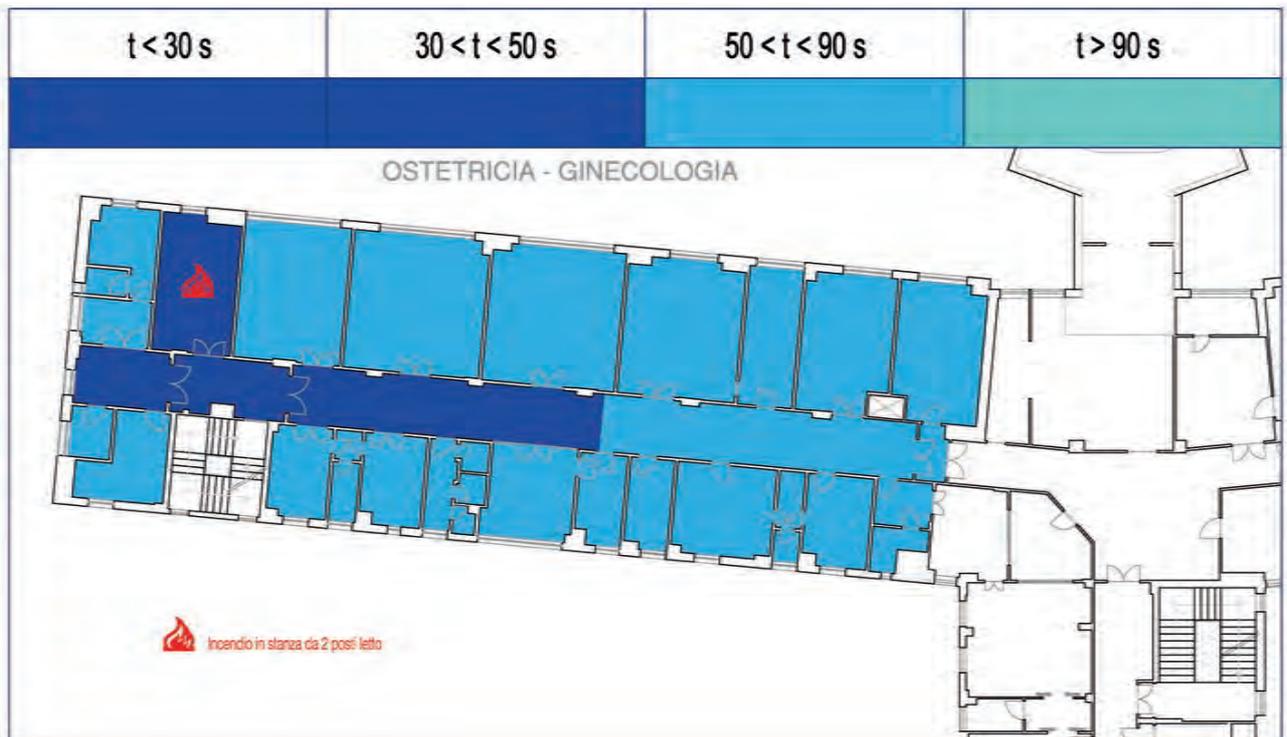
I tempi di rivelazione della visibilità sono stati calcolati inserendo, in più punti del piano e nei sei piani della struttura, dei misuratori di fumo all'altezza delle persone.

La fase successiva e conclusiva di questo studio analizza gli scenari di esodo in cui il movimento delle persone inizia proprio quando i rilevatori di fumo, posizionati a 1,80 m dal piano di calpestio, rivelano la presenza di gas combustibili.

In conclusione, le cromo-crono-planimetrie proposte presentano, in una modalità estremamente semplificata, il flusso del pericolo verso gli *agent* indicando il tempo minimo in cui gli utenti possono assumere coscienza della gravità della situazione e quindi attivare, autonomamente o in forma assistita, l'esodo.



CROMO-CRONO-PLANIMETRIA RIFERITA ALL'EVENTO INCENDIO IN STANZA DA 1 POSTO LETTO



CROMO-CRONO-PLANIMETRIA RIFERITA ALL'EVENTO INCENDIO IN STANZA DA 2 POSTI LETTO



CROMO-CRONO-PLANIMETRIA RIFERITA ALL'EVENTO INCENDIO IN STANZA DA 3 POSTI LETTO



CROMO-CRONO-PLANIMETRIA RIFERITA ALL'EVENTO INCENDIO IN STANZA DA 4 POSTI LETTO

Critero di ASET > RSET

Dopo aver riscontrato che dall'inizio dell'incendio è stato consentito l'esodo di tutte le persone senza conseguenze, si è verificato, in particolare, il mantenimento lungo la via d'esodo nell'arco temporale dall'inizio dell'incendio per ogni scenario di valore FED inferiore alla soglia 0,1⁴⁸, la visibilità sopra i 10 m e la temperatura ambiente entro i 60 °C (cfr. tab. M.3-2)⁴⁹.

Con riferimento al *modello dei gas tossici*, considerate le condizioni caratteristiche della parte più debole della popolazione esposta e i conseguenti livelli di prestazione richiesti, le verifiche sono state effettuate, vedi tab. M.3-2, assumendo i tempi caratteristici di raggiungimento del valore di FED pari a 0,1.

È infatti acclarato che tale condizione determini un effetto di deterioramento sulle capacità psico-fisiche dei soggetti esposti che, quindi, offrono una prestazione media inferiore a quella di riferimento (ad esempio, decremento della velocità di esodo).

Considerate le condizioni di realizzazione dell'esodo assistito, tale decremento influenza anche la effettiva capacità di assistenza ai soggetti non autosufficienti.

La tabella riassume gli esiti della valutazione dei tempi di raggiungimento del valore di FED pari a 0,1 nelle stanze di degenza sede dell'innescò, che costituiscono i valori di ASET utilizzati per le verifiche.

Vengono riportati, per confronto, anche i valori dei tempi di raggiungimento della condizione FED = 1.

Simulazione	Area del reparto	FED 0,1 = ASET (s)	FED 1,0 (s)
Incendio stanza degenza da 1 posto letto	Stanza	493	626
	Corridoio (prima metà)	1951	n.r. ⁵⁰
	Corridoio (seconda metà)	2273	n.r.
Incendio stanza degenza da 2 posti letto	Stanza	576	832
	Corridoio (prima metà)	1540	3304
	Corridoio (seconda metà)	2401	n.r.
Incendio stanza degenza da 3 posti letto	Stanza	691	1033
	Corridoio (prima metà)	2271	n.r.
	Corridoio (seconda metà)	3315	n.r.
Incendio stanza degenza da 4 posti letto	Stanza	688	893
	Corridoio (prima metà)	2131	n.r.
	Corridoio (seconda metà)	1526	2674

TEMPI DI RAGGIUNGIMENTO DI VALORI DI FED CORRISPONDENTE AL RAGGIUNGIMENTO DELLE CONDIZIONI DI INCAPACITAZIONE DEGLI ESPOSTI

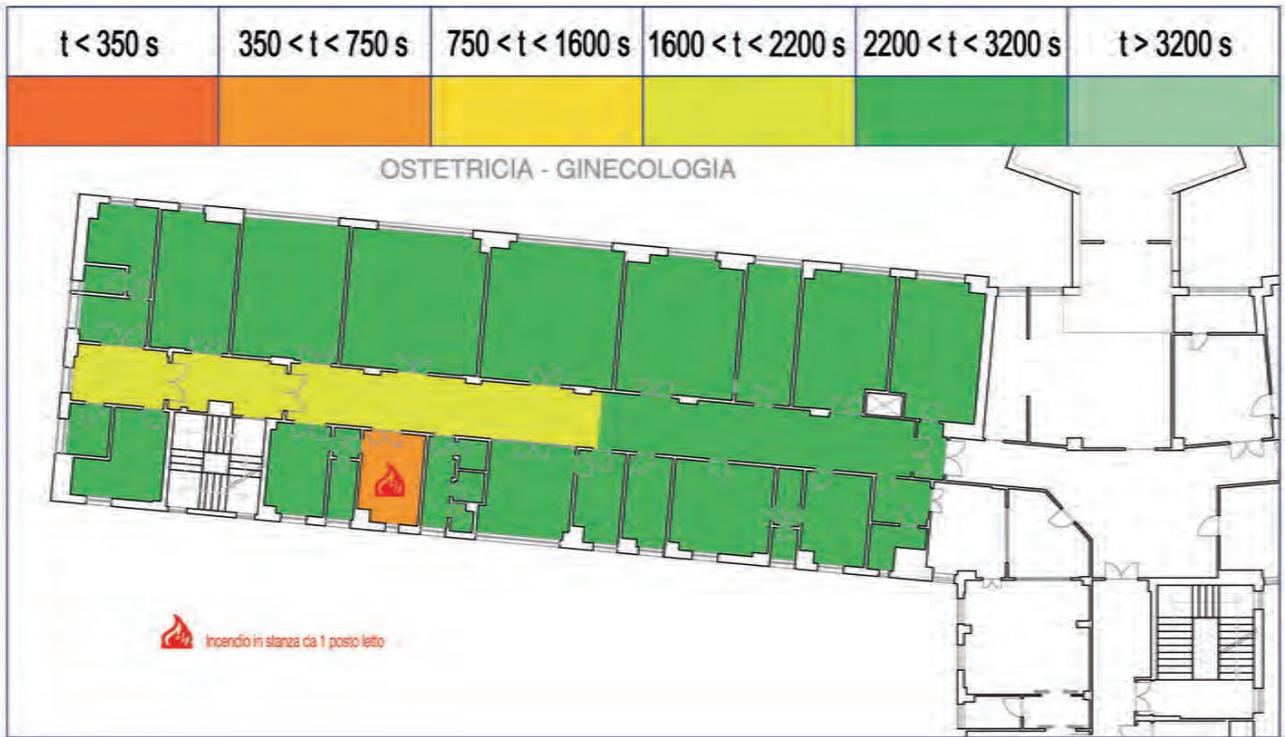
Di seguito sono riportate le cromo-crono-planimetrie in funzione di FED = 0,1.

La scala cromatica identifica il tempo massimo di cui gli *agent*, occupanti lo spazio virtuale, dispongono per esodare senza assorbire concentrazioni di gas tossico incapacitante.

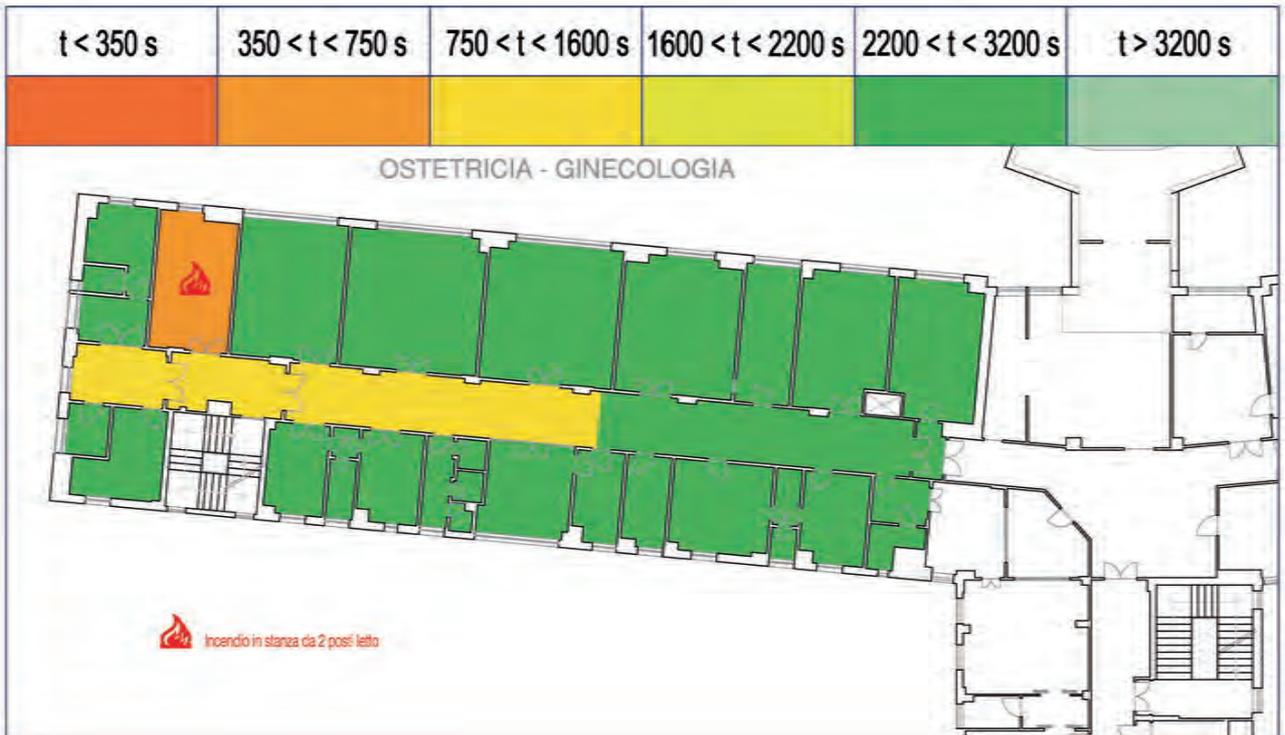
⁴⁸ ISO 13571:2012 (limitazione della soglia di prestazione a 1,1% occupanti incapacitati al raggiungimento della soglia

⁴⁹ I riscontri relativi al parametro irraggiamento hanno fornito valori non significativi per l'intera durata delle simulazioni; si ometteranno, pertanto, per brevità di trattazione, le relative risultanze grafiche

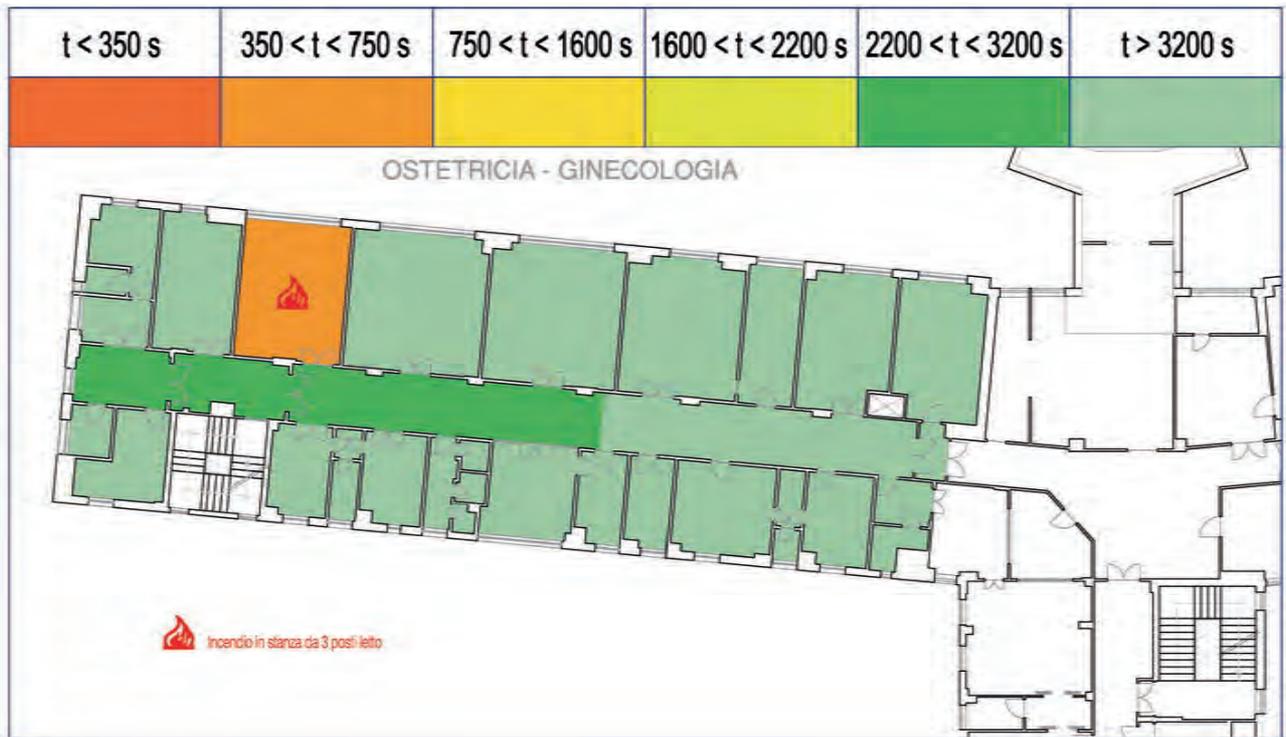
⁵⁰ n.r. : non riscontrato



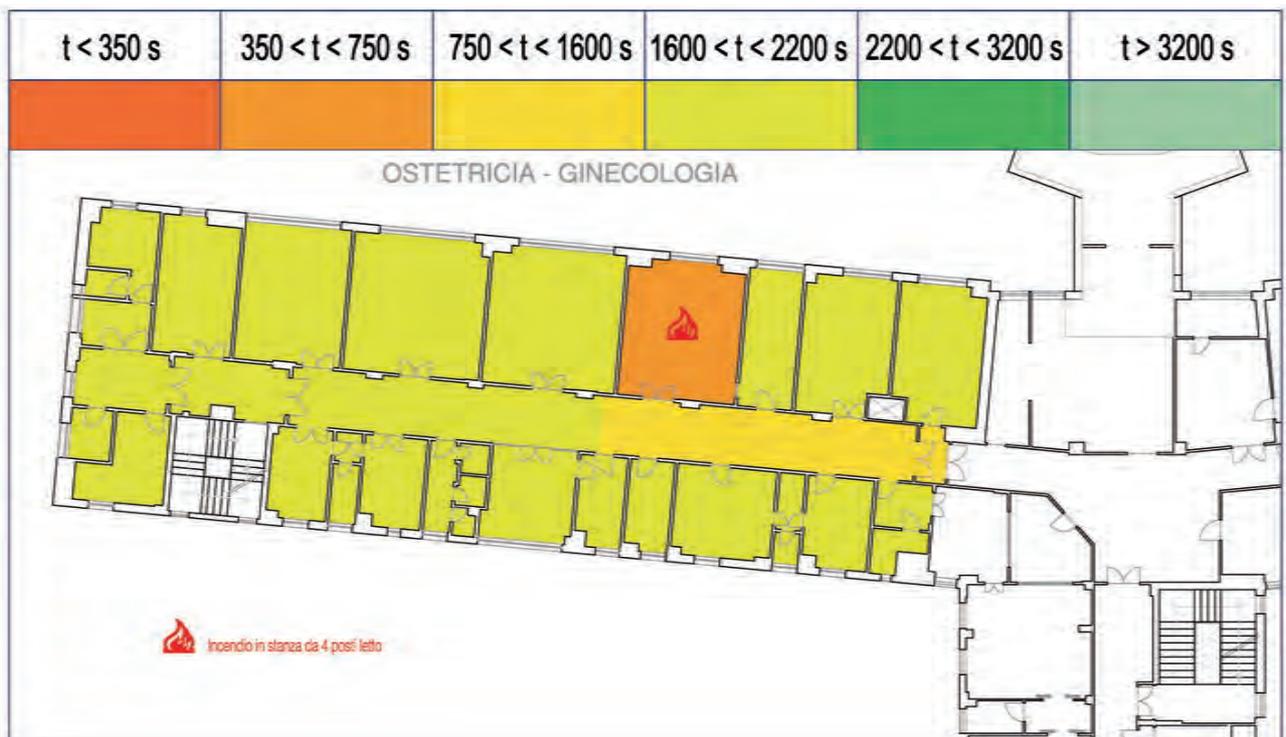
**CROMO-CRONO-PLANIMETRIA DEL REPARTO - SIMULAZIONE DI INCENDIO STANZA 1 POSTO LETTO
VALUTAZIONE TEMPO DI INCAPACITAZIONE**



**CROMO-CRONO-PLANIMETRIA DEL REPARTO - SIMULAZIONE DI INCENDIO STANZA 2 POSTI LETTO
VALUTAZIONE TEMPO DI INCAPACITAZIONE**



**CROMO-CRONO-PLANIMETRIA DEL REPARTO - SIMULAZIONE DI INCENDIO STANZA 3 POSTI LETTO
VALUTAZIONE TEMPO DI INCAPACITAZIONE**



**CROMO-CRONO-PLANIMETRIA DEL REPARTO - SIMULAZIONE DI INCENDIO STANZA 4 POSTI LETTO
VALUTAZIONE TEMPO DI INCAPACITAZIONE**

Con riferimento ai *modelli del calore e dell'oscuramento della visibilità da fumo*, si evidenzia che, nello scenario 1, la visibilità, compromessa dal fumo, a quota 1,80 m raggiunge il valore minimo di 10 m dopo 485 s.

Osservando le ulteriori risultanze, si può concludere che tale valore costituisca l'ASET da utilizzare per la verifica del margine di sicurezza della progettazione prestazionale per la salvaguardia dell'esodo degli occupanti (par. M.3.2.2).

Pertanto si ha:

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

Nella tabella seguente viene indicato:

- il numero di *agent* complessivamente distribuiti sulla griglia di simulazione;
- il numero di *agent* risultati vittima dell'evento;
- i tempi richiesti per la fase di esodo ed il corrispettivo tempo massimo disponibile;
- Il margine di sicurezza, calcolato come differenza tra ASET e RSET, ed il criterio di verifica.

Si evidenzia che, per lo scenario adottato nell'esempio, non sono state registrate vittime ed il margine di sicurezza, espresso in secondi, verifica sempre la condizione di sicurezza.

Simulazioni (piano terzo)	n° occupanti	Vittime (n)	Esito delle simulazioni			
			RSET (s)	ASET (s)	ASET - RSET	10% RSET
Condizione di massimo affollamento notturno del reparto						
Incendio 1	31	0	427	485	58	42,7
Incendio 2	31	0		515	88	42,7
Incendio 3	31	0		550	123	42,7
Incendio 4	31	0		580	153	42,7
Condizione di massimo affollamento diurno del reparto						
Incendio 1	68	0	427	485	58	42,7
Incendio 2	68	0		515	88	42,7
Incendio 3	68	0		550	123	42,7
Incendio 4	68	0		580	153	42,7

COMPARAZIONE DEI TEMPI DI ESODO PER I QUATTRO SCENARI VERIFICATI

Come evidenziato in tabella, negli scenari d'incendio ipotizzati all'interno del reparto, si raggiunge la condizione di lesività a 485 s.

La valutazione restituisce il soddisfacimento del criterio nella condizione più gravosa (sulla massima lunghezza di esodo).

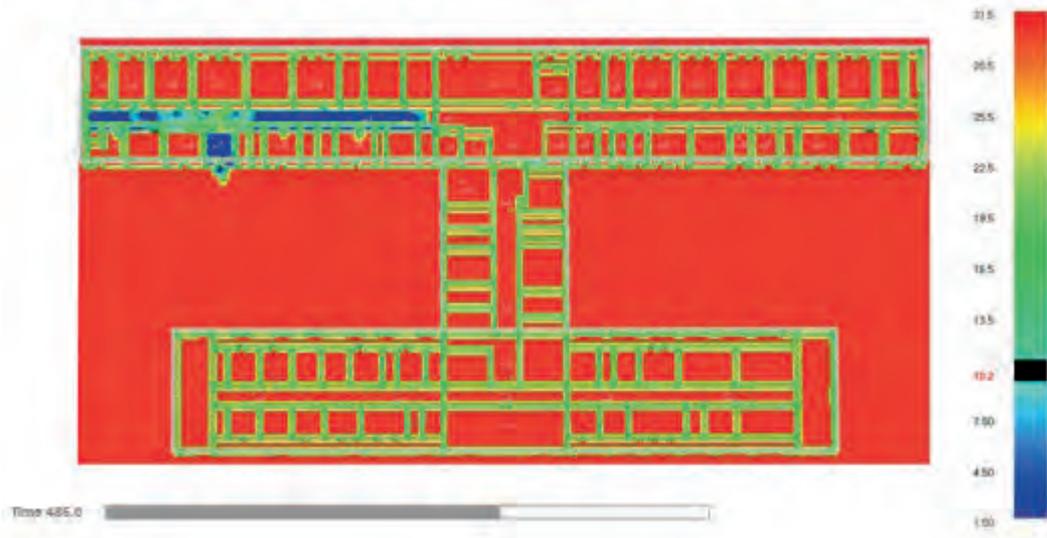
Infatti, indipendentemente dallo scenario analizzato, considerati gli affollamenti massimi (notturno e diurno) del reparto, e la disponibilità di personale formato, la valutazione di RSET risulta indipendente dallo specifico scenario, risultando preponderante il tempo impiegato nella condizione più sfavorevole (percorso più lungo) per trasportare l'ultimo degente nel compartimento adiacente.

Reparto degenza Piano terzo	n° occupanti	t _{det} (s)	t _a (s)	t _{pre} (s)	t _{tra} ⁵¹ (s)	RSET (s)
	31	70	0	300	57	427

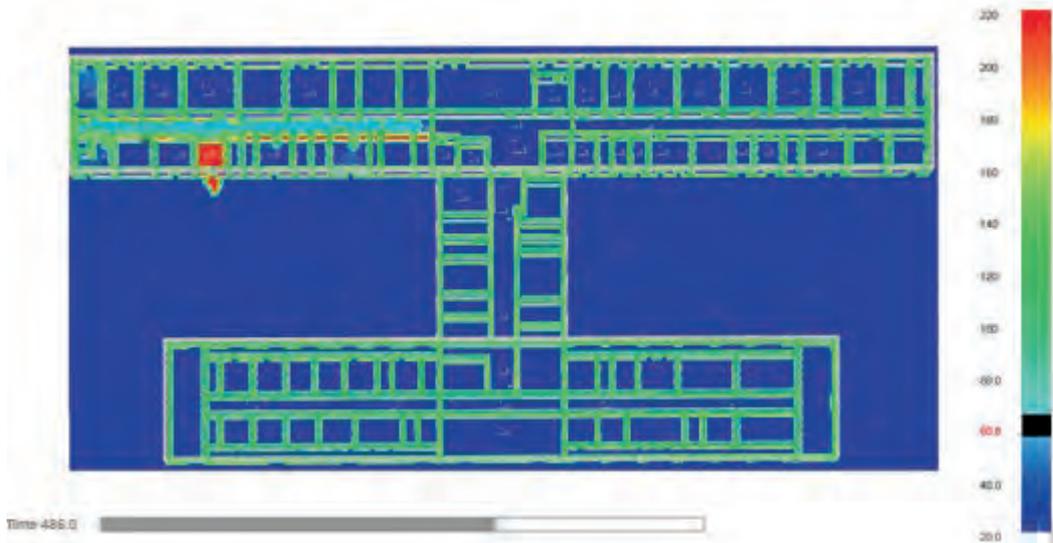
DETERMINAZIONE DI RSET

⁵¹ I tempi di percorrenza t_{tra} sono relativi all'ultimo occupante che raggiunge il luogo sicuro considerato il percorso di allontanamento più lungo (percorso 1)

Per maggiore dettaglio, e per una migliore comprensione dei dati ottenuti, si riportano di seguito alcune immagini, ritenute esemplificative, generate tramite il visualizzatore *Smokeview*, che mostrano le condizioni di visibilità e l'evoluzione delle temperature a tempi ritenuti significativi.



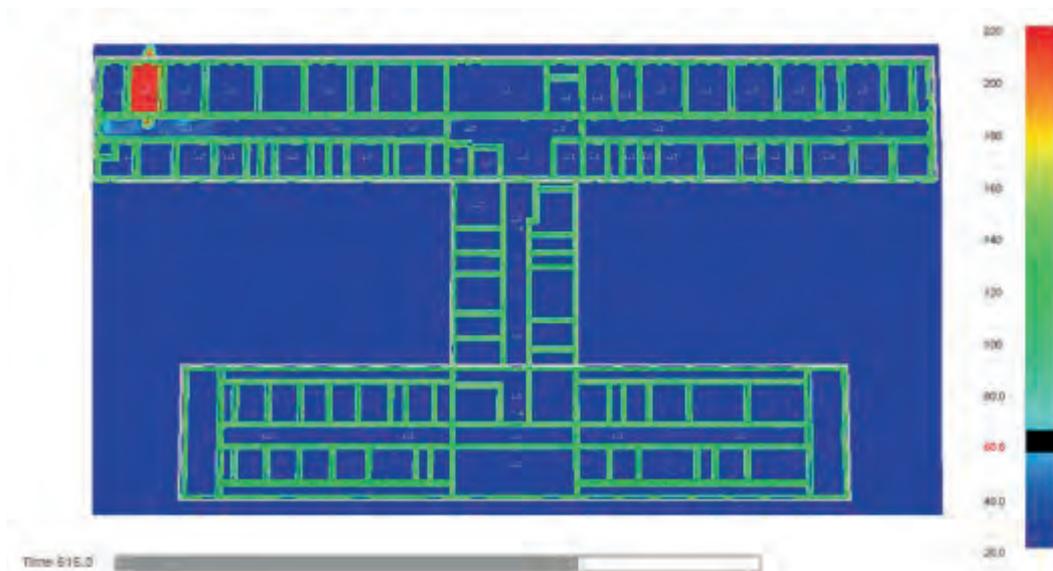
SIMULAZIONE STANZA 1 POSTO LETTO - SLICE VISIBILITÀ H 1,80 M A T = 485 s



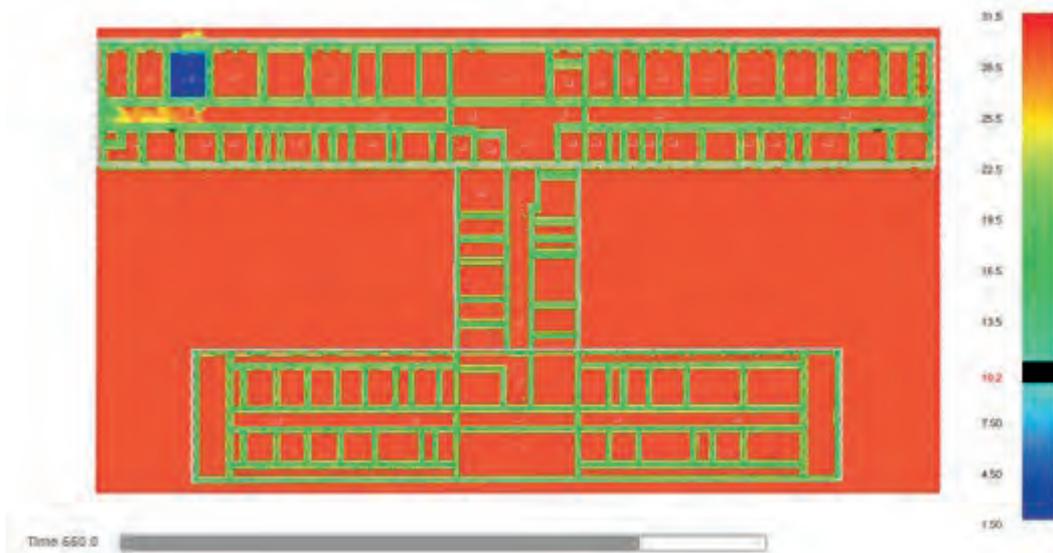
SIMULAZIONE STANZA 1 POSTO LETTO - SLICE TEMPERATURA A T = 485 s



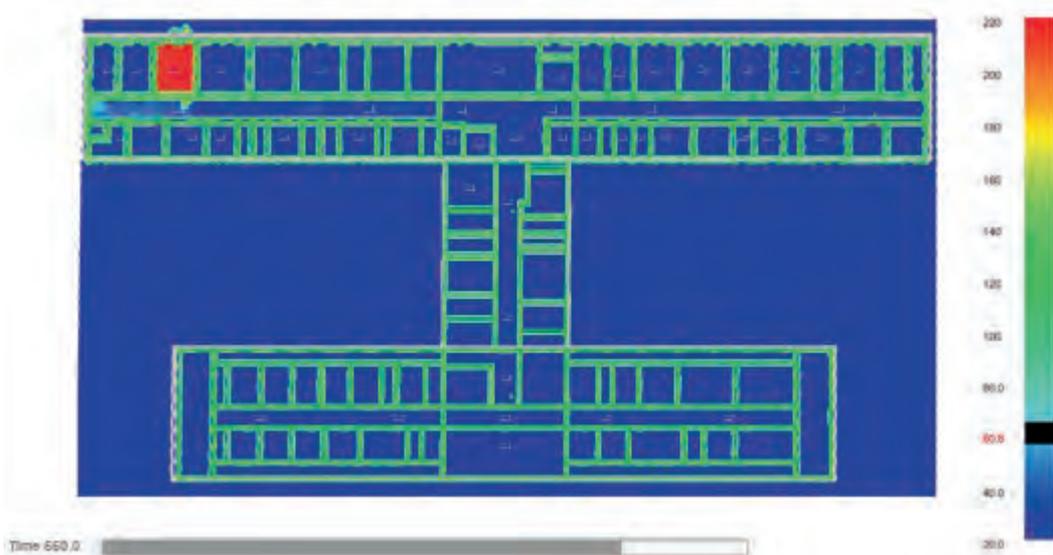
SIMULAZIONE STANZA 2 POSTI LETTO - SLICE VISIBILITÀ H 1,80 M A T = 515 s



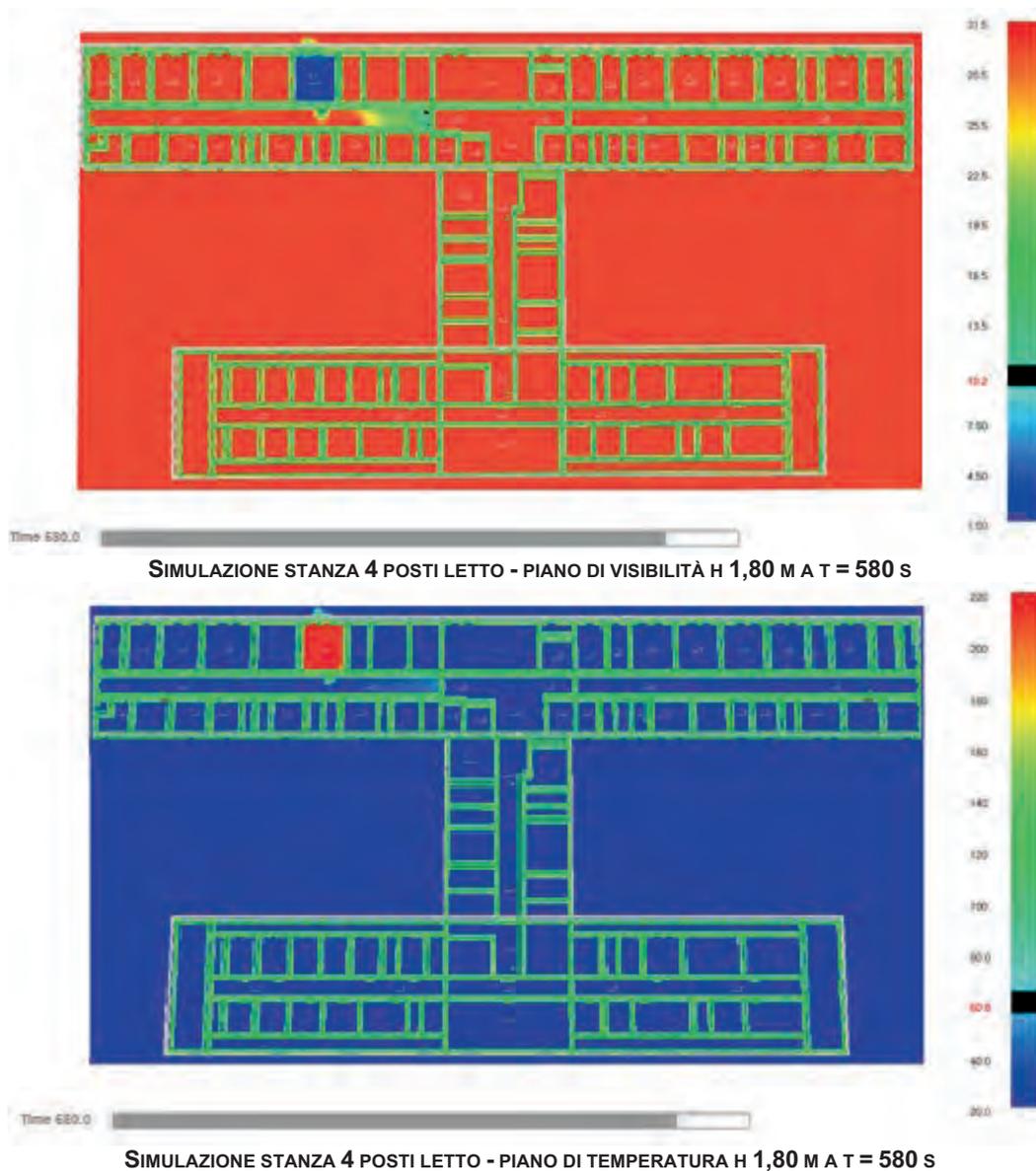
SIMULAZIONE STANZA 2 POSTI LETTO - SLICE TEMPERATURA A T = 515 s



SIMULAZIONE STANZA 3 POSTI LETTO - SLICE VISIBILITÀ H 1,80 M A T = 550 s



SIMULAZIONE STANZA 3 POSTI LETTO - SLICE TEMPERATURA A T = 550 s



Selezione delle soluzioni progettuali idonee

Grazie alle verifiche positive ottenute, la soluzione progettuale ipotizzata può essere ritenuta idonea al raggiungimento degli obiettivi di sicurezza prefissati.

Considerazioni a commento

❖ *Riepilogo sintetico del caso studio*

Nel presente caso studio, le prescrizioni alle quali l'edificio, pur se progettato in funzione della destinazione d'uso ospedale, non è in grado di rispondere appieno, rispetto alla normativa antincendio verticale di natura prescrittiva (d.m. 19 marzo 2015 coordinato con il d.m. 18 settembre 2002), riguardavano principalmente:

- le misure per l'esodo di emergenza, con riferimento ai requisiti di percorribilità interna;
- i sistemi di vie d'uscita, con riferimento ai compartimenti in cui risultano suddivise le aree per la richiesta di un sistema organizzato di vie d'uscita;
- le uscite da ciascun piano dell'edificio con riferimento al numero minimo e alla ragionevole contrapposizione.

Anche in questo caso si è fatto ricorso alla soluzione alternativa per la misura di esodo, verificando il livello di prestazione garantito dalla progettazione del sistema organizzato.

Si ribadisce che la scelta di percorrere la soluzione alternativa costituisce, anche in questo caso, una possibilità resa nella disponibilità del progettista, che necessita di una verifica approfondita e circostanziata del livello di prestazione garantito ai fini della sicurezza.

Si sottolinea, inoltre, che, considerate le caratteristiche dei fruitori della struttura, le condizioni di gestione dell'emergenza devono prevedere un efficace SGSA a supporto della progettazione di misure tecniche di adeguamento, per garantire l'esodo nei tempi e secondo le modalità previste.

❖ *Commento dei risultati*

Sarebbe stato possibile rendere a prova di fumo i vani scale anche in soluzione conforme (par. S.3.5.4), ad esempio tramite la realizzazione di filtri a prova di fumo a tutti i piani.

Si è preferito adottare la soluzione alternativa, in quanto consente un ridotto investimento iniziale (circa 1/10 rispetto all'ipotesi filtri a prova di fumo) ed elimina totalmente i successivi costi d'esercizio e manutenzione.

Va parimenti considerato, in ogni caso, l'incremento dei costi di gestione della sicurezza antincendio per la formazione ed il mantenimento degli addetti alle emergenze, responsabili dell'attuazione dell'esodo orizzontale progressivo.

Si segnala, più in generale, che in soluzione alternativa, si riesce a dimostrare che alcune misure previste in soluzione conforme, ad esempio una scala a prova di fumo, risultano giustamente conservative, con un ritorno in termini di costi e di oneri manutentivi, ma con maggiore enfasi e oneri gestionali per la GSA.

Caso studio 8: esodo da un asilo nido sito in un edificio vincolato

Descrizione

Nel presente caso studio viene illustrata la verifica delle condizioni di esodo per un'attività di tipo scolastico, un asilo nido, ospitata in un edificio con valenza storico/artistica, sottoposto a vincolo di tutela ai sensi del d.lgs. n. 42 del 22 gennaio 2004 e s.m.i..

Lo studio concerne la valutazione dei possibili scenari di incendio, all'interno dell'attività, allo scopo di verificare le eventuali criticità nella gestione dell'esodo in condizioni di emergenza.

Per tali motivi l'utilizzo del Codice costituisce la soluzione tecnica più idonea per adeguare l'immobile alle nuove funzioni previste dal progetto senza la necessità di ricorrere a *soluzioni in deroga* secondo le regole tecniche tradizionali di prevenzione incendi.

Oggetto di studio

L'edificio sul quale è stato condotto lo studio (di seguito sono riportate in maniera più dettagliata le caratteristiche costruttive) presenta tre piani fuori terra ed ospita un asilo nido.

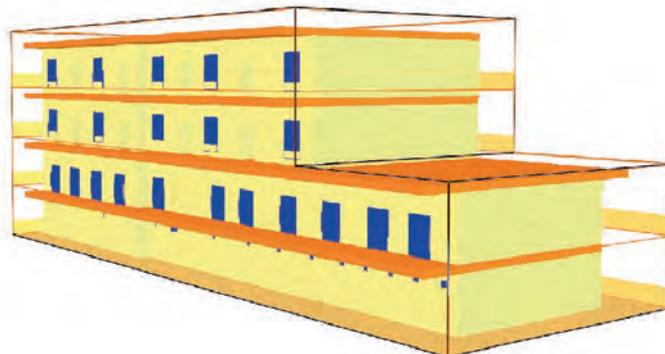
L'edificio, di tipo isolato, si presenta come un blocco compatto di forma semicurva, scandito da aperture su tutte le facciate che evidenziano l'impianto distributivo.

Nonostante si tratti di un edificio scolastico edificato agli inizi del '900, come le strutture di più recente realizzazione, prevede una buona organizzazione funzionale degli spazi.

La struttura, nel suo complesso, è così definita:

- Piano interrato: uffici aperti al pubblico, non comunicanti con l'attività asilo nido e dotati di accesso indipendente;
- Piano rialzato: asilo nido;
- Piano primo: asilo nido;
- Piano secondo: uffici non aperti al pubblico, non comunicanti con l'attività asilo nido e dotati di accesso e percorso d'esodo indipendenti (scala esterna).

Dati salienti e attribuzione dei livelli di prestazione:



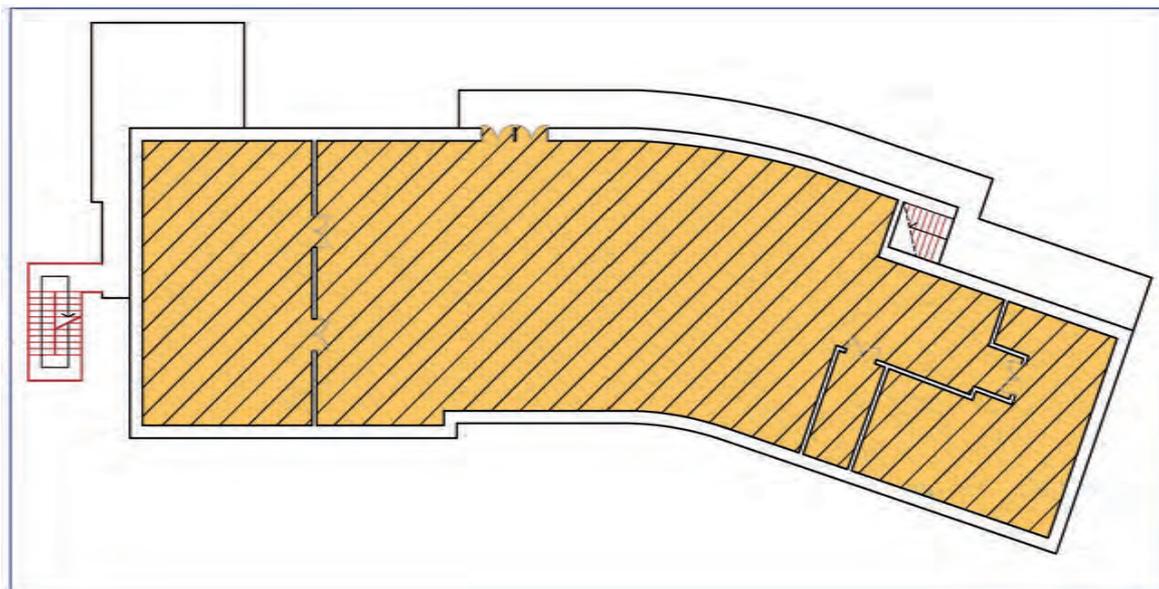
VISTA AEREA E ASSONOMETRICA DELL'EDIFICIO

Apparecchiatura costruttiva	Strutture portanti in C.A.
Numero occupanti	117 (90 posti letto, vedi per. V.9.5.5)
Profili di rischio R_{vita}	Cii2 per le aree di tipo TA e TO (parr. V.9.4 e G.3.2.2) A2 per le aree di tipo TB, TC, TM1 e TZ (parr. V.9.4 e G.3.2.2)
Profilo di rischio R_{beni}	Opera da costruzione vincolata = 2 (par. G.3.3)
Profilo di rischio $R_{ambiente}$	Non significativo (par. G.3.4)
Reazione al fuoco	Livello III - II di prestazione (parr. S.1.3, S.1.4.1, S.1.4.2 e V.9.5.1)
Resistenza al fuoco	Livello III di prestazione (parr. S.2.3, S.2.4.3 e V.9.5.2)
Compartimentazione	Livello III di prestazione (parr. S.3.3, S.3.4.2 e V.9.5.3)
Esodo	Livello I di prestazione (parr. S.4.3, S.4.4.3 e V.9.5.4)
Gestione della sicurezza antincendio	Livello II di prestazione (parr. S.5.3, S.5.4.1 e V.9.5.5)
Controllo dell'incendio	Livello III di prestazione (parr. S.6.3, S.6.4.2 e V.9.5.6)
Rivelazione ed allarme	Livello IV di prestazione (parr. S.7.3, S.7.4.4 e V.9.5.7)
Controllo di fumi e calore	Livello II di prestazione (parr. S.8.3 e S.8.4.1)
Operatività antincendio	Livello III di prestazione (parr. S.9.3 e S.9.4.2)
Sicurezza degli impianti tecnologici	Livello I di prestazione (parr. S.10.3, S.10.4.1 e V.9.5.8)

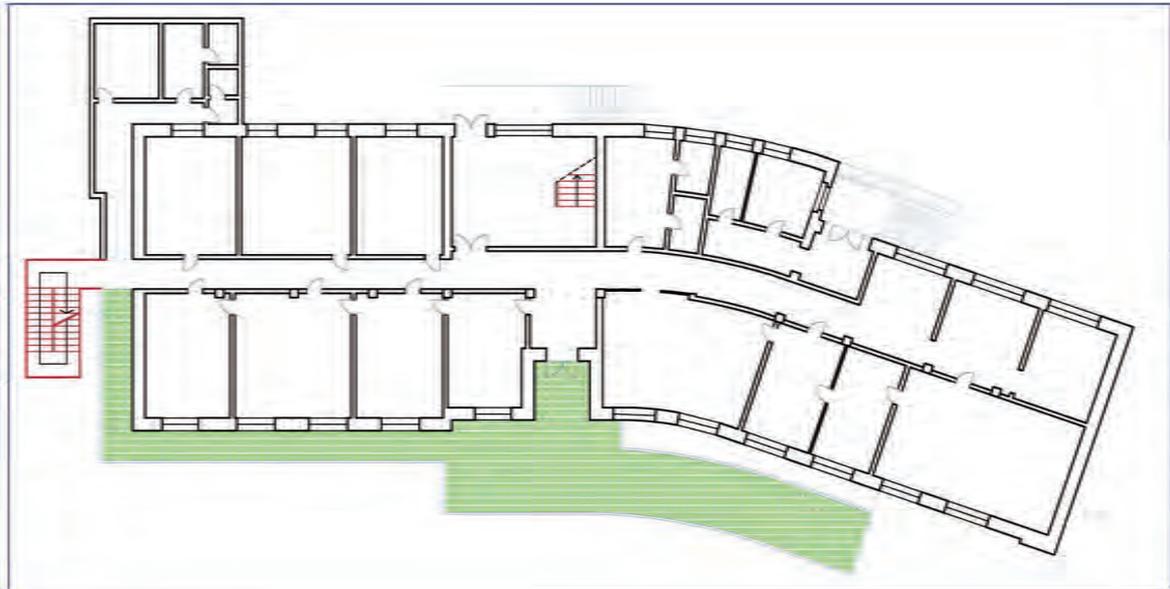
N.B. Tenuto conto che il punto 3 del par. V.9.4 della RTV Asili Nido indica che la valutazione del rischio deve considerare la condizione di vulnerabilità indotta dalle limitate capacità motorie degli occupanti, che non consentono di raggiungere autonomamente un luogo sicuro, la scelta obbligata del profilo C o D comporta ricadute progettuali anche molto differenti.

Pertanto, il professionista antincendio è chiamato ad operare una valutazione del rischio, specifica per il singolo caso, al fine di scegliere il profilo che, anche per esclusione o per verosimilarità, meglio si attaglia alle caratteristiche dell'occupante tipo.

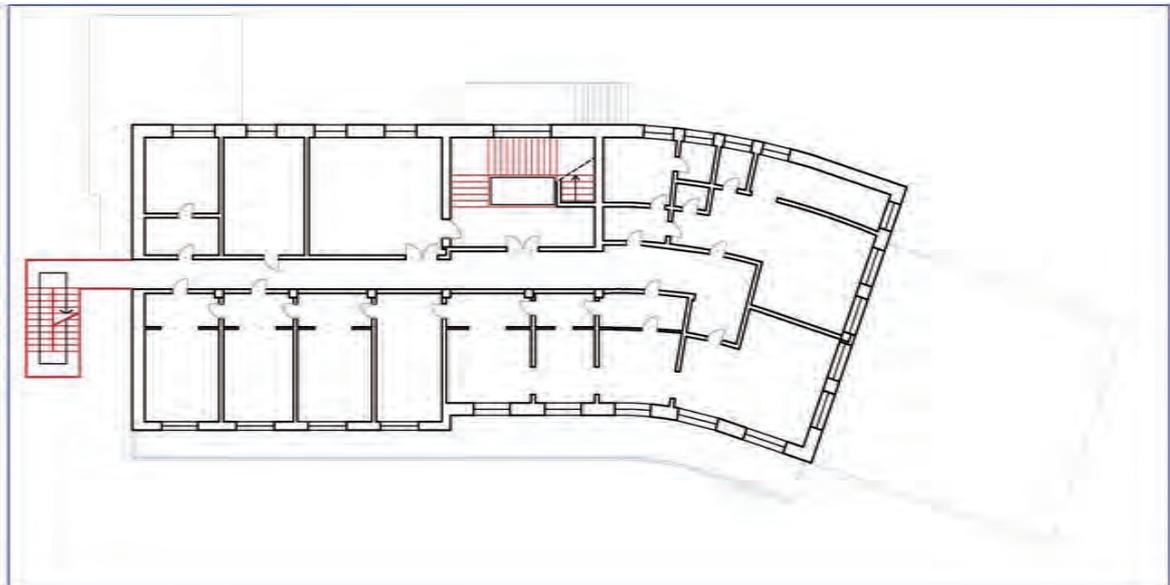
Nel caso in esame, valutato che ai fini della sicurezza antincendio degli occupanti la fase più critica è quella relativa ai periodi dedicati al sonno, si è scelto di attribuire il profilo $R_{vita} = Cii2$ in relazione alle aree destinate principalmente alla presenza di bambini.



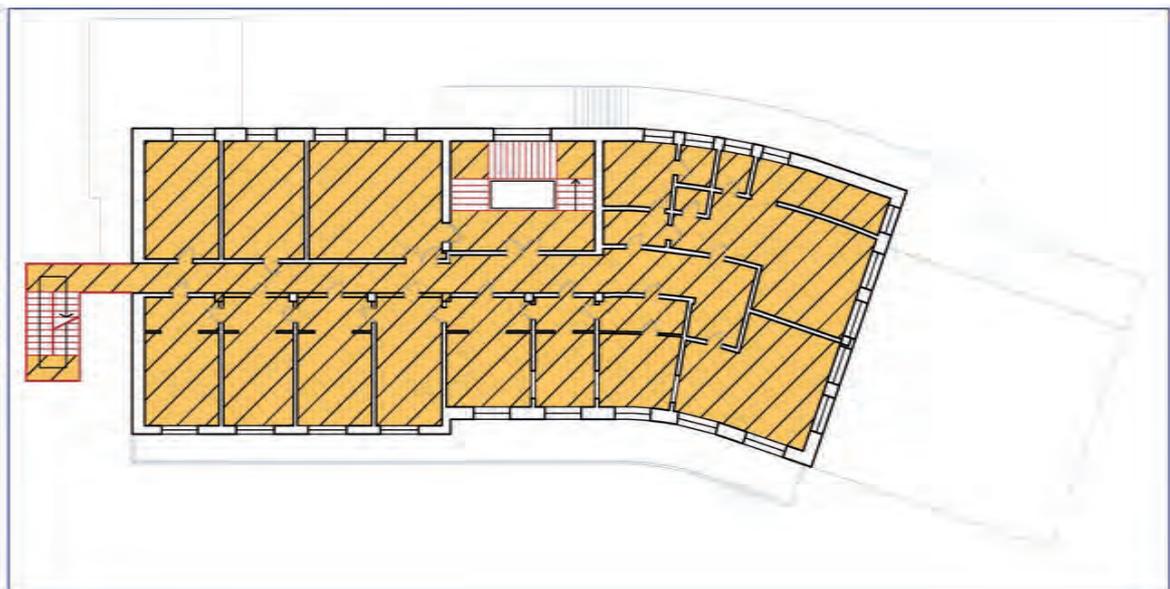
PLANIMETRIA PIANO INTERRATO



ASILO NIDO - PLANIMETRIA PIANO RIALZATO



ASILO NIDO - PLANIMETRIA PIANO PRIMO



PLANIMETRIA PIANO SECONDO

In origine, lo stato di fatto prevedeva la comunicazione tra i piani dell'asilo, rialzato e primo, a mezzo di una scala interna, aperta, costituita da tre rampe collegate da un pianerottolo di riposo, in corrispondenza del quale è ubicata una superficie vetrata.

La presenza di tale via di esodo, con promiscuità delle diverse attività, ha fatto ritenere l'eventuale emergenza derivante da un incendio, particolarmente critica da gestire, tanto più che gli utenti sono bambini molto piccoli l'esodo dei quali potrebbe risultare complesso e aggravato dalla necessità di seguire percorsi di esodo verticali (scale).

Pertanto, è stata prevista la definitiva separazione dell'attività oggetto del caso studio da quelle esercite ai piani interrato e secondo, senza possibilità di reciproca comunicazione.

Si evidenzia, allo scopo, che la realizzazione della condizione di conformità ipotizzata prevede la chiusura del vano scala, a servizio esclusivo del primo, e l'utilizzo, per l'accesso e l'esodo dal secondo piano, della scala esterna.

Allo stesso modo, il piano seminterrato risulta separato ed autonomo rispetto agli accessi e alle uscite e non comunica con l'attività in esame.

In tal modo è garantita la non dipendenza funzionale, fra le diverse attività, dal punto di vista dell'esodo.

Dati inerenti l'edificio	
Superficie totale del lotto	3240 m ²
Spazi esterni a verde	1020 m ²
Superficie edificata totale	2220 m ²
Cubatura totale	7992 m ³
Piani fuori terra	3
Piani interrati	1
Altezza media dei locali	3,60 m

Le caratteristiche costruttive, i rivestimenti e gli arredi dei vari ambienti sono sintetizzati nel prospetto seguente⁵²:

Caratteristiche costruttive ed arredi aree adibite all'attività					
Area	Pavimenti	Pareti e soffitti	Tendaggi	Serramenti	Arredamento
Attività	Marmo	Pareti intonacate e tinteggiate	Presenti	Infissi in legno tenero con singolo vetro	Sono presenti tavolini, sedie e scaffalature in legno ed altri elementi d'arredo in materiale combustibile
Sonno	Marmo	Pareti intonacate e tinteggiate	Presenti	Infissi in legno tenero con singolo vetro	Lettini in legno con materassini in polyfoam e coperte
Servizi igienici	Marmo	Pareti maiolicate fino all'altezza di 2 m	Presenti	Infissi in legno tenero con singolo vetro	Vasetti e lavandini, fasciatoi e armadietti per il deposito di materiale igienico

Caratteristiche costruttive ed arredi aree adibite al solo personale					
Area	Pavimenti	Pareti e soffitti	Tendaggi	Serramenti	Arredamento
Segreteria reception	Marmo	Pareti intonacate e tinteggiate	Presenti	Infissi in legno tenero con singolo vetro	Sono presenti tavolini, sedie e scaffalature in legno ed altri elementi d'arredo in materiale combustibile
Cucina dispensa	Pavimento antisdrucciolo	Pareti intonacate e tinteggiate	Assenti	Infissi in alluminio e porta tagliafuoco	Tutti gli arredi di cucina e dispensa sono in materiale metallico

⁵² Vedi nota a pag. 276

Contestualizzazione dell'attività in relazione alla prevenzione incendi

Ai sensi dell'Allegato I del d.p.r. 1 agosto 2011, n. 151 l'attività in esame, superando le 30 persone, rientrerebbe nella classificazione di cui al punto 67.3.B.

Trattandosi, però, di un edificio tutelato ai sensi dell'art. 10 del d.lgs. 22 gennaio 2004, n.42 e s.m.i., destinato a contenere una delle attività soggette presenti nel citato Allegato, l'attività ricade nella classificazione di cui al punto 72.1.C che, in base all'art. 2 del Codice, esula dal campo di applicazione del medesimo.

Valendo le considerazioni effettuate nei casi studio n. 5 e n. 6, ai soli fini didattici, si applicherà ugualmente il Codice come strumento di progettazione.

Riferimenti normativi

- d.m. 3 agosto 2015 - "Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del d.lgs. 8 marzo 2006, n. 139" - Aggiornamento d.m. 18 ottobre 2019, come aggiornata dai decreti 14 febbraio 2020 e 6 aprile 2020 per la sezione V.

Studio della problematica antincendio

Ci si propone, nell'ambito generale della progettazione antincendio dell'attività, di focalizzare l'attenzione sulla misura antincendio esodo, facendo ricorso alle *soluzioni alternative* suggerite dal Codice (par. S.4.4.3), constatato che non è possibile dimostrare il raggiungimento del livello di prestazione attribuito mediante l'adozione di *soluzioni conformi*.

Obiettivi dello studio

Al fine di dimostrare il raggiungimento del livello di prestazione attribuito alla misura S.4 (I), saranno utilizzati i metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio (par. G.2.7), impiegando le ipotesi, nei limiti previsti dalla regola dell'arte nazionale ed internazionale, secondo le procedure di cui alla normativa vigente.

L'obiettivo è quello di dimostrare l'adeguatezza per gli occupanti del sistema d'esodo così realizzato.

Per le verifiche prestazionali saranno adottati i codici di calcolo FDS ed EVAC, notoriamente riconosciuti dalla comunità scientifica come idonei strumenti di modellazione per condurre analisi di scenario propedeutiche e funzionali all'analisi di rischio e valutare, quindi, le conseguenze degli scenari incidentali derivati da incendio, consentendo di superare il tipico disaccoppiamento tra incendio ed evacuazione, riscontrabile nella gran parte dei modelli analitici e statistici tradizionalmente impiegati.

Tale metodologia viene applicata secondo procedure, ipotesi e limiti indicati nei Capp. M.1, M.2, M.3.

Scopo dell'analisi è verificare l'andamento dei fumi e dei prodotti di combustione, al fine di individuare eventuali criticità nella gestione del sistema d'esodo, relativi:

- agli scenari di incendio individuati come rappresentativi;
- alle condizioni connesse con la destinazione d'uso dell'edificio.

Ciò consente di definire, secondo un approccio condiviso e giudicato "ragionevole", *soluzioni alternative* "adeguate" che garantiscano le condizioni di sicurezza per gli utenti esposti, nello specifico particolarmente vulnerabili in caso di emergenza, poiché inabili ad effettuare l'esodo in modo autonomo.

Valutazione del rischio di incendio negli asili nido

La progettazione della sicurezza antincendio deve essere effettuata attuando la metodologia di cui al Cap. G.2.

La valutazione del rischio di incendio deve tenere conto della vulnerabilità e delle capacità motorie, che non consente di raggiungere autonomamente un luogo sicuro nonché delle condizioni di permanenza dei bambini nella struttura (es.: in culla, nei lettini, ecc.), in particolare ai fini della progettazione del sistema di esodo (Cap. S.4) e della gestione della sicurezza antincendio (Cap. S.5).

Non esistono in letteratura banche dati (nazionali o internazionali) che raccolgano in modo organico dati di incidente e incendio a carico di tali attività.

Notizie reperibili su incendi a strutture nursery nel triennio 2008 - 2010 (che quindi costituiscono un campione parziale), elaborati criticamente per confronto con dati certificati dai VV.F. riguardanti le scuole di ogni ordine e grado, indicherebbero la sostanziale confrontabilità del rischio incendio degli asili nido rispetto a quello delle scuole.

È d'altro canto ragionevole che il dato reale possa indicare un rischio incendio maggiore a carico delle strutture di nursery rispetto a quello caratteristico delle scuole.

Con i limiti dovuti all'assenza di una banca dati certificata sui dati di incendio nelle strutture ospitanti gli asili nido, operando un confronto normalizzato fra il totale degli incendi censiti nelle scuole e quello negli asili nido, si riportano nella tabella seguente le informazioni disponibili.

Le valutazioni seguenti sono quindi proposte come contributo esperto, adottato a seguito di analisi e valutazioni analogiche.

Con riferimento alla probabilità di accadimento dell'evento di incendio è ragionevole considerare la struttura di nursery come luogo a rischio di ignizione basso, rilevando il fatto che gran parte dei soggetti esposti, accertata la scarsissima autonomia, non sono in grado di costituire sorgenti di rischio attivo, mentre la presenza di adulti responsabili della loro educazione e tutela lascia presupporre in generale un buon livello di prevenzione circa il rischio incendio.

Sulla base di questa riflessione, che caratterizza positivamente il rischio incendio della struttura rispetto alle scuole e alle strutture ospedaliere, è ragionevole attribuire allo sviluppo di incendio in asilo nido una probabilità di innesco non superiore a quelle delle abitazioni civili.

Al contrario, risulta aggravato il flusso del pericolo verso gli esposti in caso di incendio. Il contributo dello studio evidenzia che:

- mediamente i bambini fino a 14 mesi non sono in grado di muoversi con autonomia in percorsi piani;
- mediamente i bambini fino a 19 mesi non sono in grado di muoversi con autonomia in percorsi con variazioni plano-altimetriche (scale).

INDICATORI	Italia	Ripartizioni geografiche			
		Nord-ovest	Nord-est	Centro	Mezzogiorno
ANNO SCOLASTICO 1999/2000					
Scuola dell'infanzia (a)					
Scuole	25.208	5.402	4.292	4.340	11.174
Bambini	1.582.527	368.160	262.940	280.391	671.036
Insegnanti	125.745	28.206	20.858	22.416	54.265
Bambini per insegnante	12,6	13,1	12,6	12,5	12,4
Bambini per sezione	23,2	24,4	23,1	23,1	22,7
Bambini stranieri per 1.000 iscritti	16,9	29,0	29,4	21,9	3,3
Tasso di scolarità (b)	98,5	98,9	99,2	100,6	97,2

Fonte: Ministero della pubblica istruzione (Mpi) per l'anno scolastico 1999/2000.

(a) Con la legge n. 30 del 10 febbraio 2000 la scuola materna ha assunto la denominazione di scuola dell'infanzia.

(b) Tasso di scolarità: iscritti per 100 giovani di età teorica corrispondente (3-5 anni per la scuola dell'infanzia; 6-10 anni per la scuola primaria; 11-13 anni per la scuola secondaria di primo grado). Può essere superiore a 100 a causa di ritardi e ripetenze.

DATI INERENTI LE SCUOLE DELL'INFANZIA (MINISTERO DELLA PUBBLICA ISTRUZIONE - 1999/2000, MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA - 2004/2005)

In quest'ottica, il rapporto tra educatori e bambini costituisce un primario fattore condizionante la gestione dell'emergenza, in generale sfavorevole rispetto a qualunque situazione di emergenza ipotizzabile in strutture civili o industriali diverse.

Tenuto conto delle informazioni disponibili, si propongono nella tabella seguente i tassi di incendio caratteristici per scuole e asili nido:

Totale incendi scuole - media periodo 1990 - 1999	21
totale incendi asili nido (dati ricavati da report di cronaca) media periodo 2008 - 2010	6
n. scuole	59938
n. asili nido - stima	6830
Tassi caratteristici	
tasso incendio di struttura - scuole	3,50E-04
tasso incendio di struttura - asili nido	8,78E-04

TASSI DI INCENDIO CARATTERISTICI

La comparazione dei tassi di incendio, distinti per strutture ospitanti scuole di ogni ordine e grado e strutture ospitanti asili nido, evidenzia analogo propensione al verificarsi dell'evento incendio (tassi di incendio comparabili per ordine di grandezza).

Tuttavia, occorre considerare che, in caso di accadimento dell'evento, i fattori psicoattitudinali degli occupanti, in relazione all'età media degli stessi, differiscono in termini di capacità di elaborare una strategia di autosoccorso efficace alla tutela.

Ciò implica, quindi, che lo stesso scenario di pericolosità possa indurre effetti molto differenti in relazione alla popolazione esposta, rendendo non comparabile il rischio specifico attribuibile alle due tipologie di attività. Pertanto, per la definizione del profilo di R_{vita} , dal quale derivano le scelte progettuali più idonee a definire la strategia antincendio, è necessario specificare le caratteristiche prevalenti degli occupanti, che ribadendo quanto già detto, "obbligano" all'adozione di un profilo adeguato a garantire le condizioni di salvabilità⁵³.

Utenti, definizione e caratterizzazione - gestione degli spazi

Il modello di asilo nido fornisce soluzioni architettoniche che consentono agli educatori di svolgere le loro attività pedagogiche al meglio oltreché offrire ai piccoli utenti ambienti il più possibile accoglienti grazie anche alla suddivisione degli spazi in tre distinte sezioni (*lattanti* - *semidivezzi* - *divezzi*), in grado di accogliere i bambini per fasce di età.

La sezione dedicata ai *lattanti* (3 - 12 mesi) si compone di:

- soggiorno: la dimensione ottimale da dedicare alle attività di gioco e al pranzo, è di 3 - 4 m²/bambino (di cui almeno 1 per ciascun posto a tavola è necessario per il pranzo);
- spazio sonno: la dimensione che garantisce idonea condizione igienico-sanitaria e funzionalità dello spazio è di almeno 1,5 - 2 m² nel caso di lettini o pedane. Esso dovrebbe essere adiacente allo spazio soggiorno ed è consigliabile realizzare una finestra a vetro fisso con imposta tra 1 e 1,30 m da terra. Per i piccoli saranno necessarie culle o lettini bassi in legno con protezioni anticaduta; è necessario evitare i lettini con le sbarre e quelli da viaggio;
- sala igienica: deve essere di superficie pari a 4 - 5 m² e collocata tra soggiorno e spazio sonno; anche in questo caso è consigliabile realizzare una finestra a vetro fisso con imposta tra 1 e 1,30 m da terra.

La sezione dedicata ai *semidivezzi* e *divezzi* (12 - 24 e 24 - 26 mesi) si compone di:

- spazio per le attività: la dimensione ottimale da dedicare alle attività di gioco e al pranzo è di 3-4 m²/bambino (di cui almeno 1 m² per ciascun posto a tavola è necessario per il pranzo) ed eventualmente comprendente anche locali per i laboratori;
- spazio sonno: la dimensione che garantisce idonea condizione igienico-sanitaria e funzionalità dello spazio è di almeno 1,5 - 2 m² nel caso di lettini, pedane o futon. Esso dovrebbe essere adiacente allo spazio soggiorno ed è consigliabile realizzare una finestra a vetro fisso con imposta tra 1 e 1,30 m da terra. Vanno evitati lettini in legno con le sbarre e quelli in tela da viaggio;
- sala igienica: sono sufficienti 8 m² da incrementare nel caso di spazi irregolari.

⁵³ Da qui la giustificazione del profilo di rischio Cii2 per le aree di tipo TA e TO

Per definire le caratteristiche comportamentali dei bambini nei primi anni di vita e tarare, quindi, un set di parametri che restituiscano simulazioni verosimili del comportamento atteso, si premette che il bambino è portatore di sistemi biologicamente determinati che trovano nell'interazione il meccanismo che regola l'intero corso dello sviluppo; tra questi si considera la naturale propensione alla relazione (Taurino, Bastianoni, 2008). I sistemi affettivi costituiscono nel loro complesso le variabili prossimali di maggiore salienza in questa finestra evolutiva in cui la principale necessità del piccolo è quella di garantirsi protezione e sicurezza dagli adulti di riferimento (Bowlby, 1982).

Tuttavia, i fattori implicati in questo processo evolutivo hanno mutue influenze ed implicano variabili distali e prossimali (Bronfenbrenner, 1983) che coinvolgono tanto le figure di attaccamento quanto i bambini.

La genitorialità efficace è stata concettualizzata come risultante di tre fattori (Belsky, Vondra, 1989):

- le risorse psicologiche genitoriali;
- le caratteristiche del bambino;
- le fonti ambientali di sostegno o stress (ad esempio, la qualità della relazione coniugale, la rete sociale, l'attività lavorativa).

Fra le caratteristiche del bambino, il temperamento risulta senz'altro influente sul successivo sviluppo (Prior, 1992); in analogia col suddetto contributo, Greenberg (1999) propone un modello che evidenzia differenti domini generali di influenza, quali le caratteristiche specifiche del bambino come il temperamento e la competenza emotiva e altresì aspetti relazionali come la qualità dell'attaccamento, lo stile educativo genitoriale così come la rete sociale del bambino (ad esempio la relazione che il bambino instaura con le insegnanti).

L'insieme di tutte queste influenze non è facilmente scindibile; infatti, l'influenza esercitata dal temperamento (bambini facili, difficili e lenti a scaldarsi; Thomas, Chess, 1986), preso come insieme di tratti disposizionali a prevalente determinante genetica, si interfaccia e integra con quella esercitata dai comportamenti genitoriali ed attribuibili oltre che allo stesso anche alle caratteristiche individuali dei genitori.

Le caratteristiche di personalità di cui i genitori sono portatori costituiscono aspetti pervasivi del parenting (Roberts et al., 2007). Tutte queste variabili retroagiscono in un feedback costante connotando la qualità della relazione nel suo aspetto olistico.

In accordo con la teoria dell'attaccamento (John Bowlby, 1982), la modalità prevalente di interiorizzazione dei legami precoci continua ad avere influenza fino all'età adulta e in tutto il corso di vita (Baltes et al., 1998) determinando quelle che Bowlby definisce la continuità intergenerazionale delle esperienze infantili.

Questi legami di attaccamento determinano altresì una varietà di possibili reazioni e strategie di coping laddove bambini e adulti vengano a trovarsi in situazioni di pericolo, minaccia e/o incolumità.

Durante il primo anno di vita il bambino organizza il proprio comportamento secondo una modalità che rispecchia lo stile educativo con cui il genitore lo ha allevato.

I possibili esiti affettivo-comportamentali nel bambino si collocano su un continuum costituito da due opposte polarità: sicurezza vs insicurezza.

La responsività alle necessità infantili dei caregiver⁵⁴ darà dunque luogo a quattro diversificate forme di stili che dopo i primi due anni di vita prenderanno una vera e propria forma in termini di attaccamenti.

I possibili modelli (pattern) derivanti da quanto sopra premesso vengono rappresentati dallo stile insicuro evitante - pattern A -, dallo stile sicuro - pattern B -, da quello insicuro resistente - pattern C - (Ainsworth et al. 1978) ed infine dallo stile disorganizzato - pattern D - (Main et al. 1990).

Tale classificazione può in parte derivare dalle differenti capacità dei caregivers nel comprendere e rispondere adeguatamente ai segnali e bisogni del bambino.

Coloro che saranno in grado di manifestare sensibilità durante le interazioni faccia a faccia con il bambino o durante le situazioni di gioco avranno bambini sicuri, viceversa accadrà per quei bambini che si relazionano con figure di riferimento poco disponibili o incostanti e che quindi indurranno insicurezza nel bambino.

Tuttavia, un legame insicuro con la propria figura di riferimento non determinerà necessariamente esiti di rischio per il bambino, il cui comportamento dipenderà anche dalla sensibilità mostrate dalle altre figure di riferimento al di fuori del contesto familiare, insegnanti compresi.

Strettamente interconnessa alle dinamiche di attaccamento è la sfera che concerne il dominio dell'empatia (Hoffman, 2000), la quale nelle primissime fasi di sviluppo è costituita principalmente da aspetti di contagio emotivo (empatia globale), che successivamente si struttura in parallelo alle acquisizioni affettive e cognitive delle successive fasi evolutive⁵⁵.

Quest'ultima abilità empatica implica una precoce capacità di perspective taking ovvero la capacità del bambino di comprendere i differenti stati emotivi altrui e di rispondere empaticamente in modo più o meno adeguato anche attraverso vere e proprie azioni di aiuto e conforto (Eisenberg et al., 2001).

Condizione preliminare a tutte queste competenze è la capacità di rappresentarsi il sé in quanto distinto da tutto il resto (Bischof-Kohler, 1980).

⁵⁴ Assistente dei bambini

⁵⁵ Empatia egocentrica (secondo anno di vita) ed empatia per i sentimenti altrui (terzo anno di vita)

Sebbene siano state elencate fin qui le numerose abilità (*skills*) detenute dal bambino già fin d'ora è opportuno operare un distinguo fra questi antecedenti della comprensione degli stati mentali altrui (Stern, 1985) e la vera e propria capacità di comprendere concrete situazioni reali e di intenzioni e stati d'animo altrui.

Allo scopo di situare l'emergere di questa abilità di discernere fra realtà e falsa credenza, inganni e realtà effettive, Premack e Woodruff (1978) hanno messo a punto il paradigma della falsa credenza, ideando metodologie empiriche per testare il livello raggiunto nella suddetta abilità.

È noto che tale capacità di comprendere rischi e intenzioni e agire di conseguenza in modo efficace non viene pienamente sviluppata se non a partire dal quarto anno di vita, quindi in una fase successiva.

Per quanto concerne lo sviluppo cognitivo la fase in oggetto si colloca a cavallo tra le acquisizioni tipiche del periodo da senso-motorio e pre-operatorio: in questo lasso di tempo si assiste all'evolvere di capacità che sono dapprima caratterizzate da un'esplorazione-conoscenza dell'oggetto (spazi, luoghi, giochi) e che in seguito si arricchisce di un elemento connotativo fondamentale: la capacità simbolica.

In effetti, è proprio in questo periodo che l'infante diventa in grado di impegnarsi in attività di gioco simbolico e quindi di mostrare un prerequisito delle future competenze metacognitive.

Infine, restano da descrivere brevemente gli aspetti legati allo sviluppo motorio.

Le tappe evolutive normali tipiche di questa fascia di età implicano la capacità di muoversi con una relativa autonomia nello spazio attraverso il gattonare, camminare e correre (questa autonomia si differenzia in base a un notevole numero di variabili di cui centrali risultano quelle affettive, correlate alle varie tipologie di attaccamenti) e di manipolare dapprima grossolanamente e poi finemente gli oggetti disponibili.

Avendo evidenziato gli elementi discriminanti e i fattori in interazione presenti in questa fase di sviluppo è lecito immaginare scenari tipici legati alle possibili reazioni del bambino messo di fronte a una situazione di pericolo oggettivo per la sua incolumità.

Premesso che nell'età considerate il bambino non ha ancora raggiunto la consapevolezza tanto di attività potenzialmente lesive quanto del senso stesso della morte, sta all'adulto garantirne la protezione efficace.

Anche in questo caso saranno numerose le variabili concomitanti che condurranno ad esiti più o meno positivi di fronte a concrete situazioni di rischio quali quelle derivanti dal pericolo di un incendio: fra queste, in primis, le caratteristiche temperamentali come sopra descritte e le probabili conseguenze comportamentali in base a questi stili differenziati.

Infatti, ad esempio, di fronte ad un bambino particolarmente impressionabile e/o con un attaccamento meno che sicuro con il caregiver presente, è possibile ipotizzare reazioni quali il nascondersi, il fuggire o il non riuscire a staccarsi dall'insegnante (ostacolando in tal modo la messa in sicurezza di tutti i bambini presenti). Un bambino ottimamente regolato (Eisenberg et al. 2000), al contrario, riuscirà a reagire in maniera adeguata al contesto e ad esprimere una buona capacità di regolazione emotiva, favorendo la messa in sicurezza dei suoi pari, e rudimentali capacità di supporto e prosocialità.

La tabella seguente riporta in modo sintetico, con riferimento a tempi di maturazione medi, le tappe temporizzate delle acquisizioni delle competenze di mobilità autonoma dei bambini fino a 20 mesi.

Mesi	Comportamento
1	Solleva il mento quando è prono; tiene la testa eretta per alcuni secondi
2	Solleva la testa quando è prono
3	Si gira dal fianco sulla schiena
4	Solleva la testa e il torace quando è prono; tiene la testa eretta
5	Si gira da un fianco all'altro
6	Siede con un leggero sostegno
7	Si gira dalla schiena su un ventre; presenta dei movimenti di marcia
8	Si sforza di andare a carponi; siede da solo per brevi periodi
9	Gira intorno quando è lasciato sul pavimento; compie qualche progresso nell'andare a carponi
10	Sta in piedi se sostenuto
11	Si solleva aggrappandosi ai mobili
12	Si muove a carponi, cammina aggrappandosi ai mobili
13	Sta in piedi da solo
14	Cammina da solo
15	Sale le scale
16	Trotterella
17	Si arrampica su una sedia bassa, si china
18	Riesce a camminare all'indietro
19	Sale e scende le scale
20	Salta, corre

SCALA DI GRIFFITH E LO SVILUPPO MOTORIO NEI PRIMI DUE ANNI DI VITA

Definizione del progetto dell'esodo

La soluzione alternativa viene applicata al fine di dimostrare l' idoneità delle uscite esistenti, a servizio dell'edificio, per l'esodo di tutti gli occupanti.

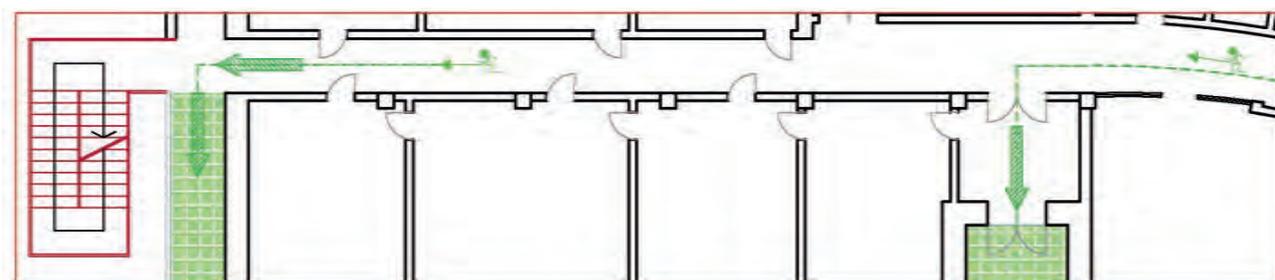
La situazione ex ante prevedeva, come detto, un sistema di esodo costituito da un unico vano scala interno che collega i due piani (rialzato e primo) oggetto dell'attività asilo nido, con il piano secondo (attività uffici), costringendo gli utenti ad un uso promiscuo delle vie di esodo.

Allo stato tale promiscuità è stata impedita, avendo inibito la comunicazione al piano secondo dal predetto vano scala interno.

Pertanto, tramite approccio prestazionale, sarà verificata la validità dell'adeguamento antincendio costituito dalle uscite esistenti a servizio dell'attività in esame: due al piano rialzato e una, costituita dalla scala interna, che collega il piano primo direttamente con l'area verde esterna.

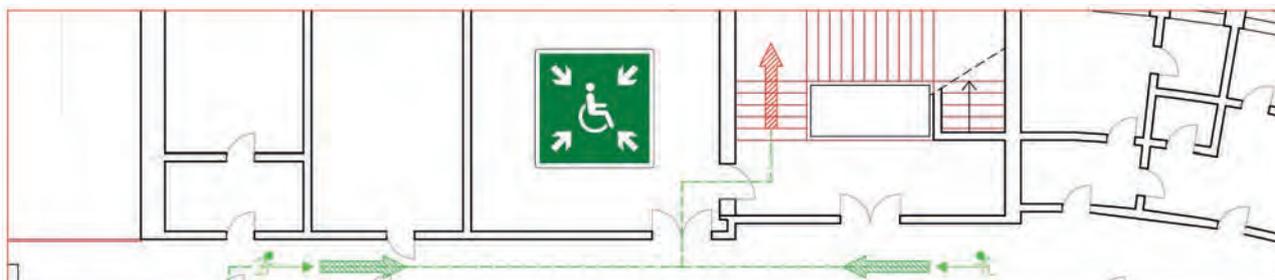
In particolare, le vie di esodo a servizio dell'asilo nido sono rappresentate:

- al piano rialzato dal portone di accesso e dall'uscita laterale, vedi figura:



USCITE AL PIANO RIALZATO

- al piano primo dalla scala interna che conduce direttamente all'esterno dell'edificio e che, per la gestione dell'esodo, prevede lo *spazio calmo*⁵⁶ individuato in figura:



SPAZIO CALMO IN COMUNICAZIONE DIRETTA CON LA VIA D'ESODO VERTICALE (PIANO PRIMO)
CONDUCENTE ALL'USCITA DIRETTA ALL'ESTERNO (PIANO RIALZATO)

Riassumendo, in conformità ai parr. V.9.4 e S.4.9:

- al il piano rialzato si adottano le indicazioni di cui al par. S.4.9 comma c: *esodo orizzontale* verso luogo sicuro mediante due vie di esodo indipendenti (le rampe all'esterno presentano una pendenza inferiore al 5%, vedi par. G.1.9.8);
- al piano primo si adottano le indicazioni di cui al par. S.4.9 comma a (per esclusione delle possibilità realizzative implicate dai commi b e c); necessita, pertanto, individuare uno *spazio calmo* che risponda ai requisiti richiamati al par. S.4.9.1. La soluzione progettuale conforme è stata individuata, come indicato nella figura precedente, realizzando lo spazio calmo a sinistra del corpo scala centrale la cui verifica dimensionale sarà effettuata di seguito.

⁵⁶ Si sta ipotizzando, ovviamente, che lo spazio calmo sia correttamente progettato e che quindi, dall'istante in cui si chiude la porta di separazione E30, in quanto l'ultimo occupante proveniente dal compartimento di primo innesco è transitato, ASET possa essere assumere un valore teoricamente infinito e, quindi, soddisfare la disequazione con RSET (par. M.3.2.2), senza necessità di modellare il tempo di esodo nel vano scala.

Calcolo della superficie dello spazio calmo al piano primo

In considerazione del punto 3 del par. V.9.4 della RTV Asili Nido, si è individuato uno spazio calmo come precedentemente indicato; la dinamica dell'esodo assistito degli utenti al primo piano (semidivezzi e divezzi) si ipotizza essere eseguita mediante ausili carrellati che consentono il trasporto contemporaneo, fino a sei bambini (peraltro, in commercio ne esistono anche con capienza fino a otto).

Il personale presente, costituito da 15 educatrici e 12 assistenti, provvederà a supportare l'esodo attuando l'allontanamento progressivo, dai locali più vicini allo spazio inizialmente interessato dall'incendio fino allo spazio calmo, utilizzando al piano primo gli ausili carrellati per il trasferimento verso lo spazio calmo.



Gli ausili, per dimensioni e spazi di manovra, risultano compatibili con la superficie dello spazio calmo individuato; infatti:

Piano primo		
Bambini	48	
Educatrici/Assistenti	8 + 6	
Coefficiente di affollamento	0,7 m ² /p	
Ingombro totale adulti		9,80 m²
Caratteristiche ausili carrellati		
Carrelli (ciascuno con 6 bambini)	8	
Dimensioni carrello 1,35 x 0,65 m	0,88 m ²	
Coefficiente spazi di manovra ⁵⁷	3,50	
Ingombro totale bambini		24,64 m²
Superficie minima dello spazio calmo		34,44 m²

DIMENSIONAMENTO SUPERFICIE MINIMA SPAZIO CALMO

Lo spazio calmo individuato risulta quindi idoneo, anche considerando le condizioni più gravose, essendo le dimensioni del locale pari a 35 m².

Nota sulla GSA (Cap.S.7)

Ai fini dell'efficacia del sistema di Gestione della Sicurezza Antincendio si considera che nell'istante in cui l'impianto IRAI rivela e segnala un incendio, le educatrici presenti al primo piano attivino la procedura di esodo, trasportando nello spazio calmo i bambini, per mezzo degli ausili carrellati collocati (e quindi immediatamente disponibili) nelle stanze ove soggiornano i bambini e, contestualmente, accorra il resto del personale.

⁵⁷ È stato introdotto un coefficiente analogo a quello utilizzato nel Codice in tab. S.4-36 per gli occupanti su sedia a ruote

Il personale presente provvede, pertanto, a supportare l'esodo attuando:

- al piano rialzato, l'allontanamento progressivo dai locali più vicini allo spazio inizialmente interessato dall'incendio fino al luogo sicuro (area verde esterna);
- al piano primo, trasferendo gli occupanti verso lo spazio calmo e restando in attesa dei soccorritori.

In sede di pianificazione dell'esodo è stato previsto che i gruppi di popolazione (bambini - assistenti) si allontaneranno fino a luogo sicuro o spazio calmo in funzione dell'utilizzo degli ausili che consentono il trasporto contemporaneo di sei bambini.

Si stima, quindi, che il numero di adulti presenti e il numero di ausili in dotazione siano adeguati a garantire l'allontanamento contemporaneo di tutti i bambini.

Questo implica che tutto il personale sia perfettamente formato sulle misure di sicurezza presenti nell'edificio e che gli ausili carrellati siano mantenuti in perfetta efficienza.

Identificazione degli obiettivi di sicurezza antincendio per l'esodo

Tali obiettivi consistono nel permettere agli occupanti di lasciare l'edificio senza essere interessati dagli effetti dell'incendio (tab. M.3-2).

Rinviando ai precedenti caso studio, per ulteriori specificazioni, si rammenta che la progettazione prestazionale del sistema di vie d'esodo 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*).

Calcolo dei tempi di esodo

Per il calcolo dei tempi di esodo vengono utilizzati i parametri contenuti nel cap. M.3 e il criterio $ASET > RSET$ previsto nel par. M.3.2.2.

Il caso studio tiene conto dell'effettiva presenza e disponibilità di uscite dal piano, così come adeguata secondo l'applicazione della strategia antincendio.

Per determinare l'affollamento massimo di ciascun locale sono stati adottati i criteri della tab. S.4-13; pertanto è stato assunto un numero di occupanti pari alla somma degli utenti (lattanti, semidivezzi e divezzi), delle educatrici e del personale di servizio.

La ricettività del nido è di 90 bambini (considerata un'oscillazione massima del 15% per tenere conto del tasso fisiologico delle assenze); ad essi vanno aggiunte 27 adulti:

- 15 educatrici (il rapporto educatrici - bambini è di 1:6);
- 12 membri del personale di servizio (funzionari, cuochi e personale delle pulizie).

L'impianto distributivo prevede la suddivisione degli utenti in tre sezioni e una quarta sezione adibita a servizi ad uso del personale, in particolare:

Zona	Fascia d'età	Affollamento massimo
Servizi	Personale adulto	12
Area lattanti	3 - 12 mesi	30 + 5 adulti
Area semidivezzi	12 - 24 mesi	30 + 5 adulti
Area divezzi	24 - 36 mesi	30 + 5 adulti
Totale		117

AFFOLLAMENTO MASSIMO IPOTIZZATO

Per completezza, anche se tali valutazioni non interferiscono con le verifiche dell'attività in esame, al piano interrato, nell'area uffici aperti al pubblico sono state stimate 66 persone presenti, valutando la somma tra numero di dipendenti e numero di posti a sedere disponibili.

Al piano secondo, nell'area degli uffici non aperti al pubblico, è stato assunto l'affollamento pari a 17 persone presenti, numero massimo di dipendenti dell'ufficio.

Calcolo di RSET

Si rammenta che il RSET è l'intervallo di tempo calcolato tra l'innesco dell'incendio ed il momento in cui gli occupanti dell'attività raggiungono un luogo sicuro.

Il tempo necessario per l'esodo (RSET) è composto da quattro tempi, così come definito dal par. M.3.4:

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

Secondo il par. V.9.3 l'attività è classificabile:

- in relazione alla massima quota dei piani: HA con $h \leq 12$ m;

e le aree presenti sono classificate come segue:

- TA: aree destinate principalmente alla presenza di bambini;
- TB: aree destinate ad uffici o servizi;
- TC: aree destinate al confezionamento dei pasti nel caso vi sia presenza di impianti a gas;
- TM1: locali destinati a lavaggio della biancheria o a deposito con carico di incendio specifico $q_f > 300$ MJ/m²;
- TO: aree destinate a spazi comuni;
- TZ: altre aree non ricomprese nelle precedenti.

Si segnala che la RTV V.9 prevede, al par. V.9.5.7, requisiti aggiuntivi rispetto a quelli previsti nel Cap. S.7; pertanto occorre attribuire un livello minimo di prestazione pari a IV alla misura rivelazione e allarme.

Calcolo di ASET

Si rammenta che l'ASET è l'intervallo di tempo calcolato tra l'innesco dell'incendio ed il momento in cui le condizioni ambientali nell'attività diventano tali da rendere gli occupanti incapaci di porsi in salvo autonomamente raggiungendo o permanendo in un luogo sicuro.

Come già richiamato, utilizzando il *metodo di calcolo avanzato* (par. M.3.3.1), che richiede la stima delle concentrazioni di prodotti tossici, delle temperature e delle densità del fumo negli ambienti a seguito dell'incendio e la loro variazione nel tempo, il professionista antincendio impiega le *soglie di prestazione* riportate nella tab. M.3-2.

Identificazione degli scenari d'incendio

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 (par. M.2.3).

Nel seguito, verrà proposta una metodologia di calcolo della curva di rilascio termico che viene elaborata sulla base delle condizioni d'incendio effettive, con riferimento al materiale combustibile e alle condizioni di ventilazione, che complessivamente determinano l'andamento nel tempo dei parametri caratteristici della combustione (innesco, crescita, fase di pieno sviluppo, decadimento).

Come indicato nel par. M.2.4.3, l'incendio consiste nella caratterizzazione quantitativa del focolare, in quanto sorgente di energia termica e di prodotti della combustione, secondo i seguenti parametri ove rilevanti ai fini della tipologia dell'analisi:

- ✓ localizzazione del focolare;
- ✓ tipologia di focolare: covante o con fiamma;
- ✓ quantità, qualità e distribuzione spaziale del materiale combustibile;
- ✓ fonti d'innesco;
- ✓ curva HHR (heat release rate), quale potenza termica prodotta dal focolare al variare del tempo HHR(t);
- ✓ generazione dei prodotti della combustione presi in considerazione (es.: CO e particolato).

Inoltre, ai fini della caratterizzazione quantitativa del focolare d'incendio, è stato impiegato come metodologia di stima quanto previsto nel par. M.2.6.

Il metodo proposto nel Codice è stato adottato per la determinazione della curva HRR(t) di tre stanze (piccola, media e grande) che rappresentano i tipici locali multiattività degli asili nido.


ESEMPIO LOCALE MULTI-ATTIVITÀ

I locali presentano superfici e volumi differenti ma la quota all'intradosso risulta costante e pari a 3,60 m; lo spessore delle pareti è pari a 0,20 m.

Il calcolo è stato condotto considerando la totalità delle superfici di ventilazione, in modo da garantire la disponibilità di comburente tale da determinare una combustione stechiometrica.

Il singolo locale è stato quindi ipoteticamente arredato in modo conforme allo specifico utilizzo e sulla base delle informazioni reperite in relazione a casi reali.

Le superfici ed i volumi sono riferite alle dimensioni interne del locale.

Caratteristiche geometriche	Stanza piccola	Stanza media	Stanza grande
Superficie (m ²)	9,92	21,16	44,22
Porta (n)	1	1	2
Finestra (n)	1	2	4
Superficie di ventilazione (m ²)	1,80	3,60	7,20

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEI LOCALI SIMULATI

Caratteristiche arredi	Stanza piccola	Stanza media	Stanza grande
Materassi in polistirene (kg)	131	262	524
Tavoli in legno (Kg)	17	29	59
Sedie in legno (Kg)	7	14	27
Armadi in legno (Kg)	30	60	120
Struttura in legno per la tenda (Kg)	3	3	5
Tendaggi (Kg)	1	1	2
Risme di carta (Kg)	5	9	18
Poster in carta (Kg)	2	2	4
Contenitori in plastica (Kg)	1	2	4
Totale (Kg)	197	382	763

QUANTITATIVI DI MATERIALE D'ARREDO COMBUSTIBILE

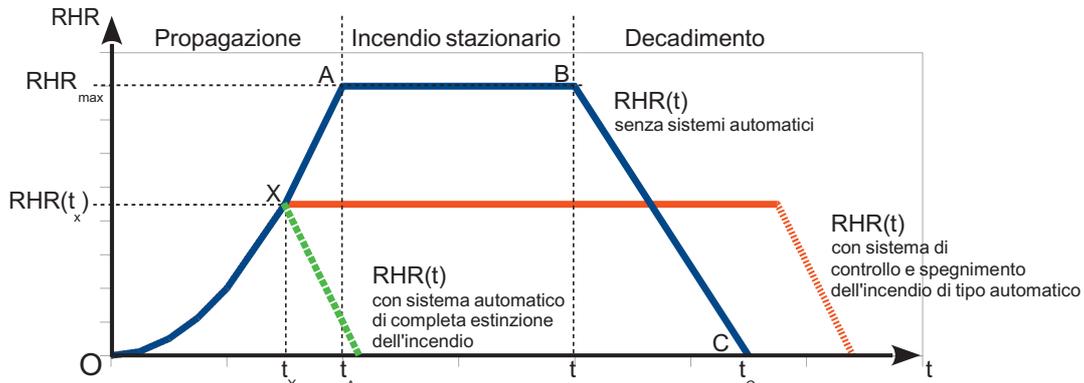
In riferimento alla definizione della chimica base del combustibile e delle rese in particolato (soot) e in monossido di carbonio (CO), la reazione chimica di fase gassosa assunta da FDS è stata determinata con riferimento ai valori previsti nella letteratura tecnica (SFPE Handbook 5th Edition - tabb. A.31 e A.39) in riferimento alla combustione del polistirene:

```
&REAC FUEL = 'SCHIUMA POLISTIRENE'
    , FORMULA='C8H8
    , SOOT_YIELD=0.200
    , CO_YIELD=0.065
    , HEAT_OF_COMBUSTION=38200
```

La scelta della REAC relativa al polistirene è stata fatta a favore di sicurezza quale materiale prevalente (materassi in polyfoam) e meglio rappresentativo del focolaio impiegato.

Focolaio d'incendio

La metodologia applicata per la definizione quantitativa delle varie fasi dell'incendio fa riferimento al metodo analitico rappresentato dalla curva qualitativa dell'illustrazione M.2-1.



FASI DELL'INCENDIO - ILLUSTRAZIONE M.2-1

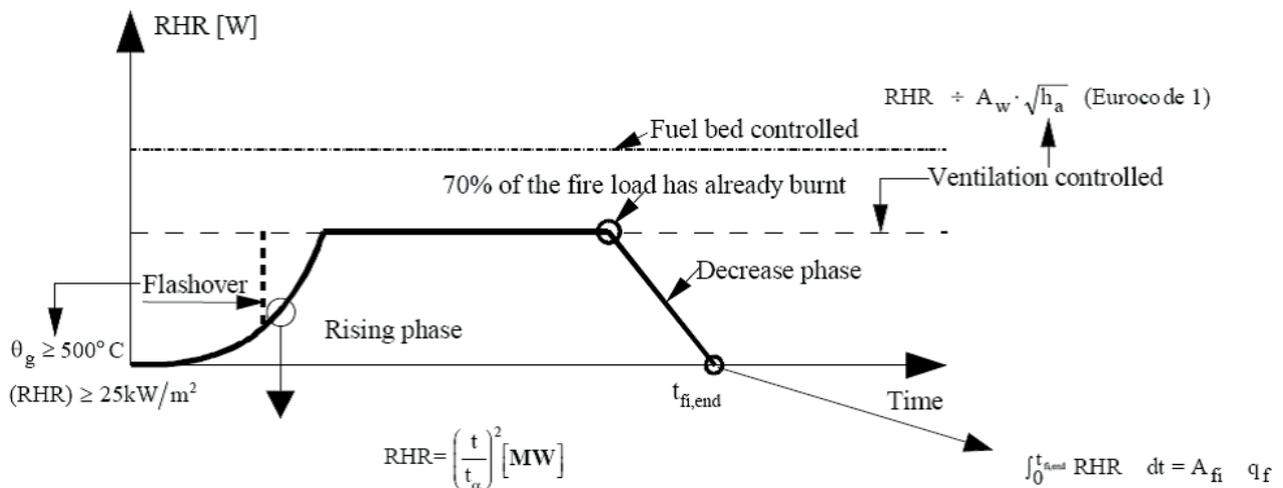
Il modello matematico adottato per la valutazione dei parametri fondamentali che caratterizzano le curve analitiche di rilascio termico fa riferimento alle indicazioni di letteratura di settore, in particolare NFPA 555. In base a tale modello, seppur con le dovute semplificazioni, la curva di incendio analitica viene elaborata sulla base delle condizioni d'incendio effettive, con riferimento al materiale combustibile descritto nel paragrafo precedente ed alle condizioni di ventilazione, che complessivamente determinano l'andamento nel tempo dei parametri caratteristici della combustione (innesco, fase di crescita, fase di pieno sviluppo e decadimento). Il carico d'incendio (espresso in MJ), dovuto ai diversi materiali combustibili, è stato calcolato attraverso la formula seguente:

$$q_f = \sum_{i=1}^n g_i \times H_i$$

dove:

- g_i è la massa dell'i-esimo materiale combustibile (kg);
- H_i è il potere calorifico inferiore dell'i-esimo materiale combustibile (MJ/kg).

Il grafico che segue mostra formule e parametri caratteristici per la determinazione della curva di rilascio termico secondo le indicazioni sopra citate:



RAPPRESENTAZIONE QUALITATIVA DELL'INCENDIO CON INDICAZIONE DI PARAMETRI E FORMULE⁵⁸

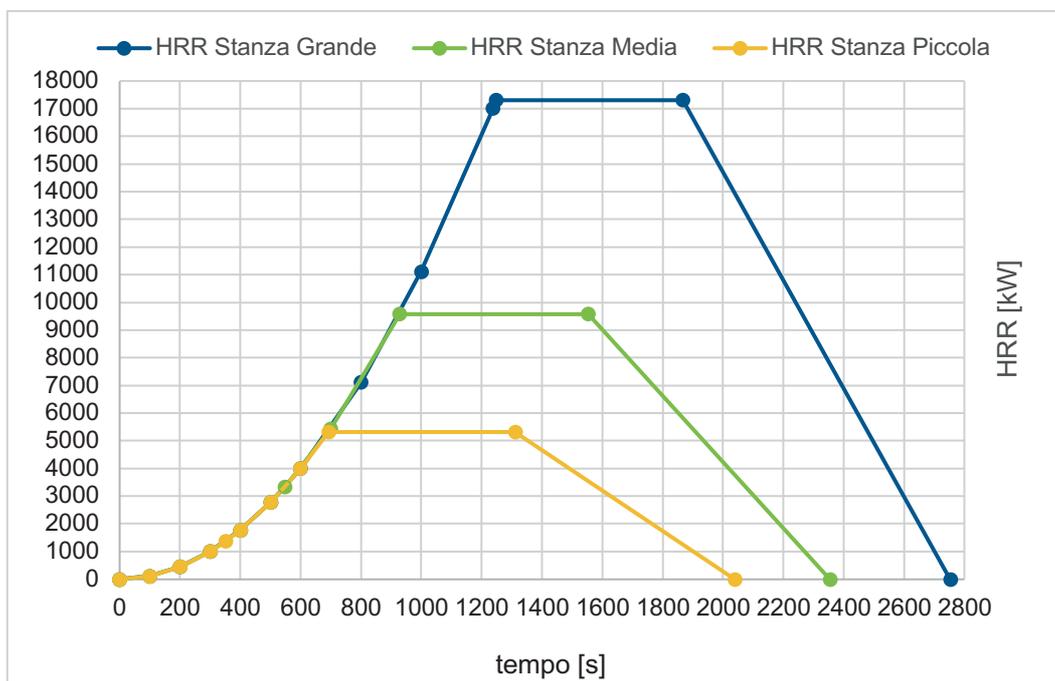
L'andamento della potenza termica per ambienti riconducibili ad attività scolastica presenta, verosimilmente, una fase d'ignizione caratterizzata dal fattore di crescita medio dell'incendio: $\alpha = 0,01111 \text{ (kJ/s}^3\text{)}$.

⁵⁸ Jesus De La Quintana, "Integrated fire engineering and response (IFER)"

I dati caratteristici del fenomeno sono riassunti nella tabella seguente, mentre nel grafico vengono mostrati gli andamenti dell'HRR(t) caratterizzati dalle fasi d'ignizione e crescita, dalle fasi di pieno sviluppo che termina quando convenzionalmente è stato consumato il 70% del combustibile disponibile, e dalle fasi di decadimento.

Grandezza	Stanza Piccola	Stanza Media	Stanza Grande
Carico d'incendio (MJ)	6457,68	12782,54	25869,78
Fattore di ventilazione	0,0359	0,0427	0,0498
HRR FLASHOVER (MW)	1,36	3,34	17,01
HRR MAX (MW)	5,32	9,57	17,30
t FLASHOVER (s)	350,91	548,56	1237,39
t MAX (1) (s)	692,07	928,41	1248,04
t MAX (2) (s)	1310,81	1553,25	1866,08
t TOTALE (s)	2038,87	2354,06	2752,37

PARAMETRI CARATTERISTICI PER LE TRE CONDIZIONI DI SIMULAZIONE



RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE CURVE DI RILASCIO TERMICO HRR(t) NELLE TRE STANZE

Individuazione degli scenari d'incendio di progetto

L'attività di simulazione numerica, con la quale sono state effettuate le verifiche della prestazione di sicurezza del sistema, ha richiesto la definizione del dominio di simulazione che, opportunamente suddiviso in un numero finito di elementi di controllo (mesh), consenta la rappresentazione geometrica tridimensionale del volume. Per lo studio del campo fluidodinamico sono stati inseriti dispositivi di misura e *slice*, ovvero superfici di misura, equivalenti ad un oggetto piano all'interno dell'area grafica, la cui funzione è quella di misurare il valore assunto dalle grandezze di fase gassosa.

Anche in questo caso, per l'identificazione dei possibili scenari di incendio di progettazione è stato utilizzato l'approccio proposto dalla NFPA 101 (life safety code) che, in alternativa alla definizione degli scenari secondo le valutazioni esperte, prevede la valutazione rispetto ad otto scenari predeterminati.

In relazione alle caratteristiche dell'edificio, inoltre, gli scenari devono considerare alcune specificazioni, quali la posizione iniziale dell'incendio e i valori iniziali della produzione di fumo e di calore, le caratteristiche dei materiali presenti, la quantificazione dell'intervento umano e degli impianti.

Tali scenari sono identificati in modo da consentire di individuare tutti i possibili rischi provenienti da ambienti presidiati e non presidiati. In particolare, nell'analisi del caso studio, si è fatto riferimento allo scenario di seguito descritto.

Scenario d'incendio per lo studio dell'esodo

L'unico scenario analizzato per il caso studio descrive un incendio che si sviluppa durante una fase normale dell'attività.

Nella definizione delle condizioni rappresentative sono state prese in considerazione specificamente: le attività svolte, il numero degli occupanti, la tipologia degli ambienti e degli arredi e le condizioni di ventilazione con definizione del primo elemento che prende fuoco e della sua localizzazione.

La scelta dell'approccio normativo è derivata dalla scarsa disponibilità di dati utilizzabili per il caso studio.

Il Codice aggiunge, nel caso in cui non siano disponibili statistiche nazionali appropriate, che è opportuno far riferimento ad informazioni provenienti da altri Paesi con esperienze assimilabili.

In assenza di informazioni specifiche assimilabili al caso studio si è adottato l'approccio proposto nella NFPA 101 sopra descritta.

Le ipotesi fondamentali per lo studio dell'incendio in condizione di esodo hanno riguardato gli scenari di incendio ragionevolmente prevedibili, le variabili, i parametri e le condizioni al contorno che caratterizzano il fenomeno nonché alcuni aspetti significativi dell'emergenza.

Un approccio efficace al problema della protezione dagli effetti dell'incendio, per essere effettivamente di successo, deve soddisfare determinati criteri:

- rapidità di rivelazione e di allarme;
- contenimento dell'area coinvolta;
- rapidità nell'intervento antincendio e di soccorso;
- efficacia del piano di evacuazione.

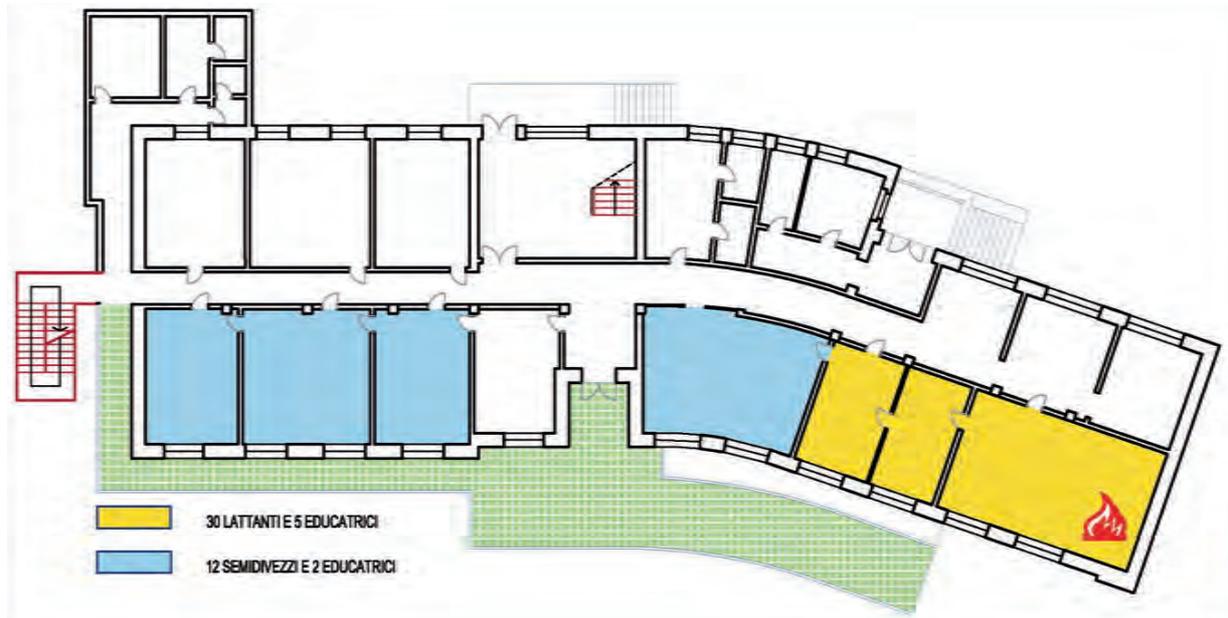
Nel rispetto delle indicazioni riportate nel par. M.2.3, si evidenzia che è stato considerato lo scenario di incendio ed esodo più gravoso ipotizzabile all'interno dell'attività tra quelli più credibili che potrebbe verificarsi in condizione di normale esercizio.

In questa condizione, l'incendio è stato localizzato nella sezione destinata al sonno (posta al piano rialzato dell'edificio), occupata da 30 lattanti sotto il controllo permanente di 5 educatrici.

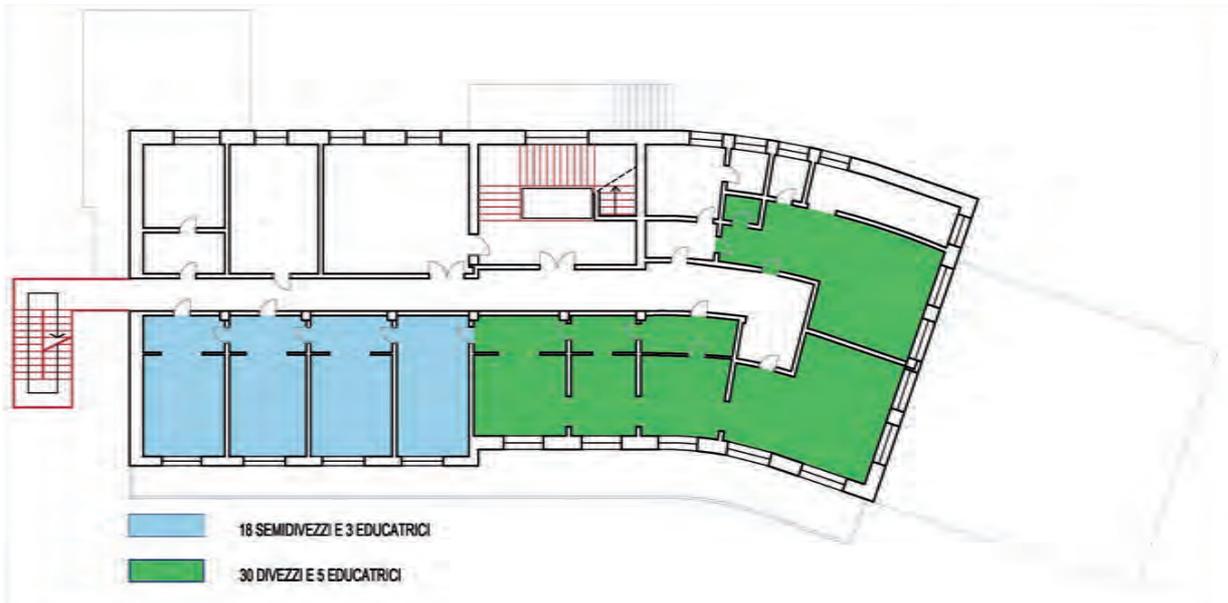
Piano rialzato	
30 lattanti	5 educatrici
12 semidivezzi	2 educatrici
Piano primo	
18 semidivezzi	3 educatrici
30 divezzi	5 educatrici

LOCALIZZAZIONE DEGLI UTENTI E DELLE EDUCATRICI NELL'ATTIVITÀ

Nel considerare lo scenario più gravoso, tra quelli verosimili, è stato ipotizzato l'innesco all'interno della stanza con dimensioni maggiori, quindi caratterizzata dalla sollecitazione termica (HRR Stanza Grande) che raggiunge la maggior potenza termica calcolata. Inoltre, nella scelta dello scenario è stata considerata la stanza a maggior distanza dal luogo sicuro, come illustrato nell'immagine seguente:



LOCALIZZAZIONE DEL FOCOLAIO D'INCENDIO E DISTRIBUZIONE DEGLI OCCUPANTI AL PIANO RIALZATO

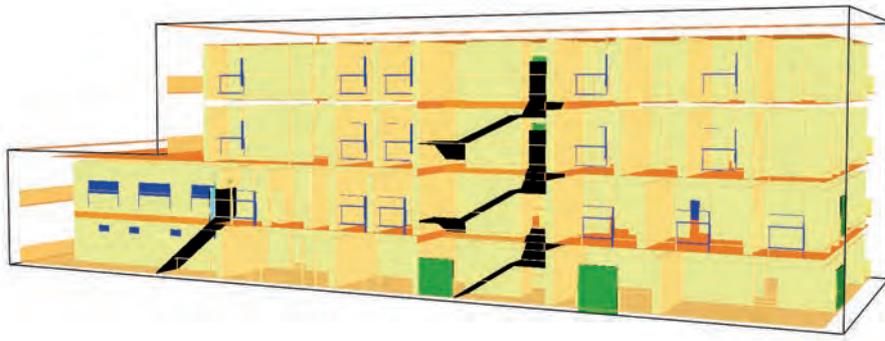


DISTRIBUZIONE DEGLI OCCUPANTI AL PIANO PRIMO

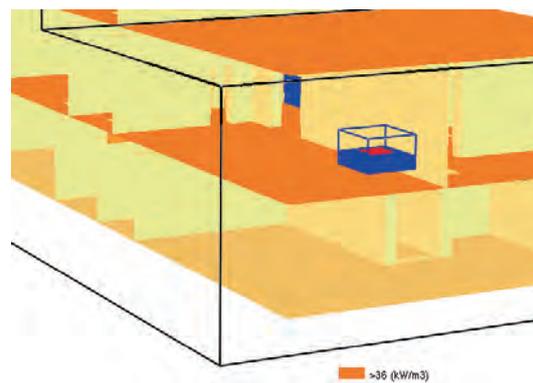
Il dominio della simulazione contenente l'intero fabbricato ha dimensioni: larghezza pari a 18,0 m, lunghezza pari a 50,0 m e altezza pari a 14,8 m.

Esso è stato suddiviso in 183330 celle di 0,60 m di lato su 4 griglie:

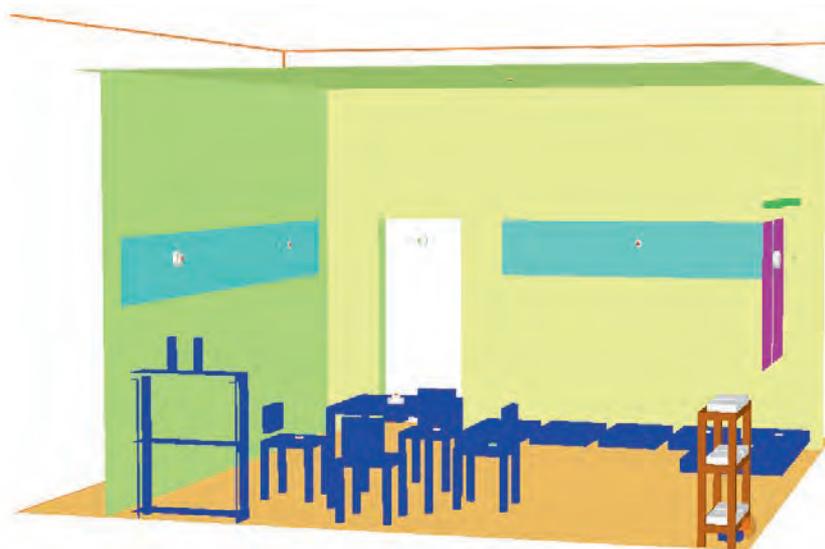
- Griglia n° 1: (125 x 45 x 9)
- Griglia n° 2: (125 x 45 x 9)
- Griglia n° 3: (96 x 45 x 9)
- Griglia n° 4: (96 x 45 x 10)



VISTA INTERNA CON PARTICOLARE DELLA VIA DI ESODO VERTICALE

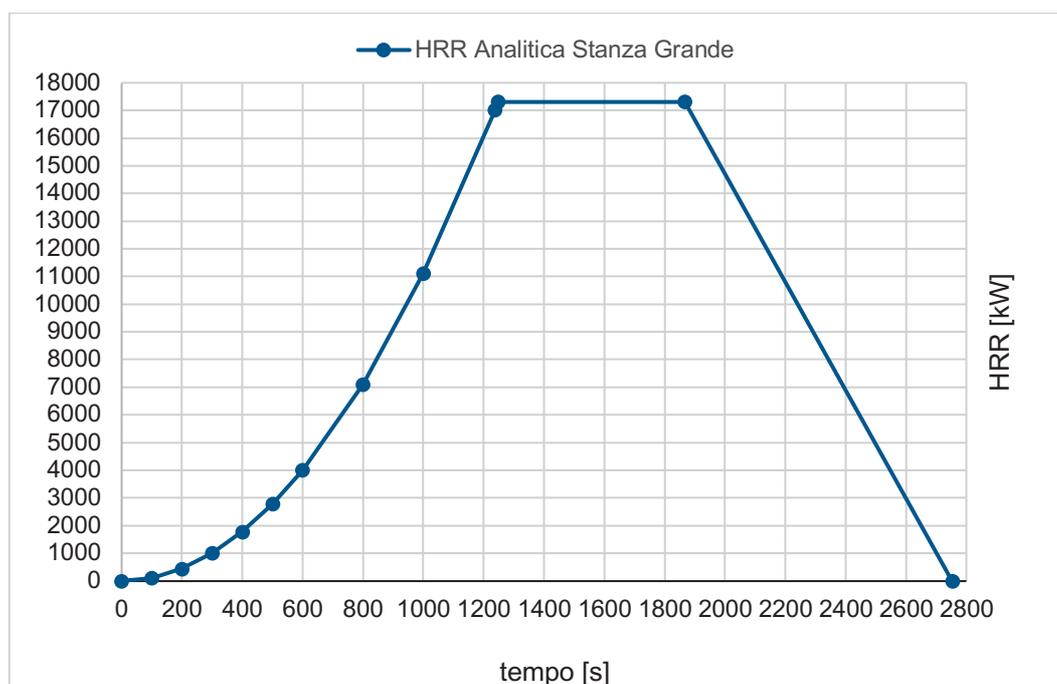


VISTA INTERNA CON PARTICOLARE DEL FOCOLAIO D'INCENDIO AL PIANO RIALZATO



RAPPRESENTAZIONE DELL'AMBIENTE SIMULATO

Lo spazio rappresentato fa riferimento alla stanza avente le dimensioni maggiori tra quelle presenti nell'edificio, ovvero una superficie di circa 45 m², altezza netta d'interpiano di 3,60 m, finestrate ampie e ben distribuite.



CURVA HRR(T) ANALITICA DI RIFERIMENTO PER IL FOCOLAIO DI INCENDIO POSTO NELLA STANZA GRANDE (45 m²)

Risultati delle simulazioni

Per definire gli effetti indotti dalle condizioni più gravose, compatibili con gli esiti di un incendio, è stato scelto di riportare i risultati dello scenario peggiore.

Ciò garantisce che, in favore di sicurezza, la verifica dell'evoluzione del flusso del pericolo e degli esiti sugli occupanti sia garanzia di efficacia della progettazione.

Le modalità di verifica comportano, secondo le previsioni normative ed essendo state condotte specifiche valutazioni sull'affidabilità dei dati di input, il soddisfacimento della condizione:

$$(ASET - RSET) > 10\%RSET$$

Determinazione dei componenti di RSET

Il software FDS + EVAC, di supporto per le simulazioni oggetto del caso studio, prende in considerazione gli aspetti comportamentali delle persone coinvolte nell'esodo di un ambiente confinato a seguito di una condizione d'emergenza.

Sono stati considerati diversi aspetti:

- i comportamenti sono stati scelti per gruppi di popolazione (bambini-donne-adulti);
- i fruitori della struttura non sono di tipo occasionale, ma sono assistiti nell'esodo (profilo di R_{vita} prevalente: Cii2);
- le uscite di sicurezza sono note al personale;
- i comportamenti dei bambini sono condizionati da quelli delle educatrici (le velocità di esodo sono le stesse) che li trasportano verso luogo sicuro.

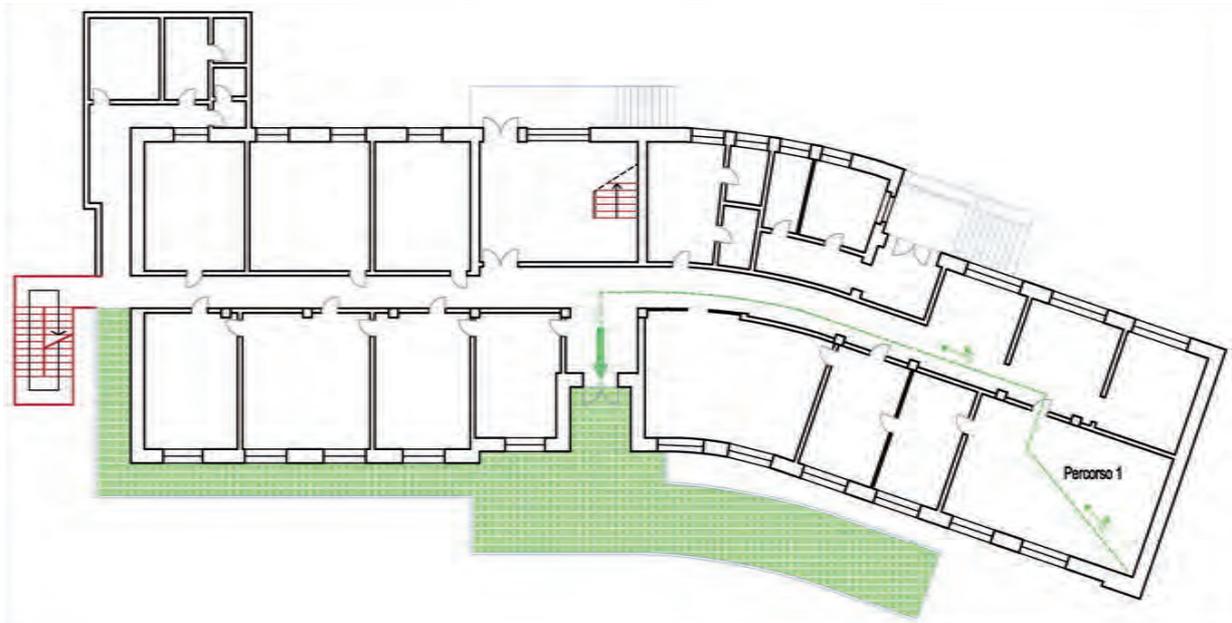
Per il modello di simulazione è stata considerata, in fase di verifica dell'esodo, la velocità assunta dagli *agent*, rappresentativa della categoria "educatrici - bambini", ipotizzando il trasporto verso esterno affidato completamente al personale educatore ed ausiliario (vedi GSA - Cap. 7).

In questo caso è stato assunto il valore di 1,02 m/s (v_{exit}) per l'esodo assistito dei bambini verso luogo sicuro. Tale valore, equivalente al 75% della velocità massima, deriva dall'ipotesi che l'educatrice riduca la velocità per motivi legati a stanchezza ed aumento di attenzione nei confronti dei trasportati.

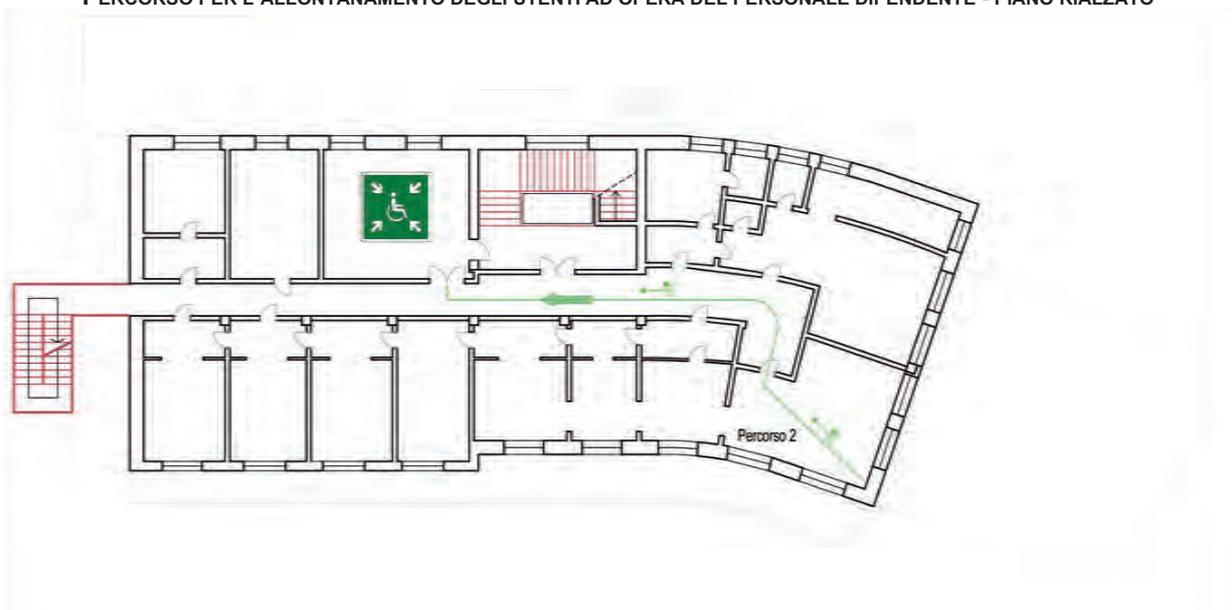
Percorsi		Velocità (m/s)
		$v_{exit} = 1,02$
Percorsi	Lunghezza percorsi (m)	t_{exit} (s)
percorso 1	36	35
percorso 2	30	30

VELOCITÀ ATTRIBUITE NELLE FASI DI ALLONTANAMENTO AD OPERA DEL PERSONALE DIPENDENTE

Nelle planimetrie seguenti sono segnati in verde i percorsi più sfavoriti, in riferimento al compartimento di primo innesco⁵⁹, che le educatrici percorrono per allontanare i bambini nelle fasi di esodo.



PERCORSO PER L'ALLONTANAMENTO DEGLI UTENTI AD OPERA DEL PERSONALE DIPENDENTE - PIANO RIALZATO



PERCORSO PER L'ALLONTANAMENTO DEGLI UTENTI AD OPERA DEL PERSONALE DIPENDENTE - PIANO PRIMO

⁵⁹ Ovviamente, nell'ambito della strategia antincendio, in relazione alla quale in questa sede ci si focalizza solamente sulla misura antincendio S.4 esodo, occorrerà, sulla base della rilevazione della situazione ex ante, intervenire su tutte le altre misure considerate dal Codice. Nello specifico, necessiterà individuare il numero e le caratteristiche dei compartimenti dell'attività, secondo le disposizioni di cui ai parr. S.3.3, S.3.4.2 e V.9.5.3.

Nello scenario analizzato è stata effettuata un'analisi della visibilità a soffitto attraverso device puntuali posti a quota 3,60 m dalla quota del pavimento per ricavare il tempo di rivelazione t_{det} fornito dal sistema IRAI. L'ipotesi assunta per simulare l'attivazione del sistema di rivelazione e allarme incendio considera, in maniera conservativa, il tempo di raggiungimento del parametro visibilità al valore soglia di 10 m (tab. M.3-2). Il tempo di pre-movimento t_{pre} degli *agent* è stato assunto pari a 120 s in virtù del fatto che l'attività risulta presidiata sia negli spazi comuni che all'interno delle specifiche sezioni⁶⁰.

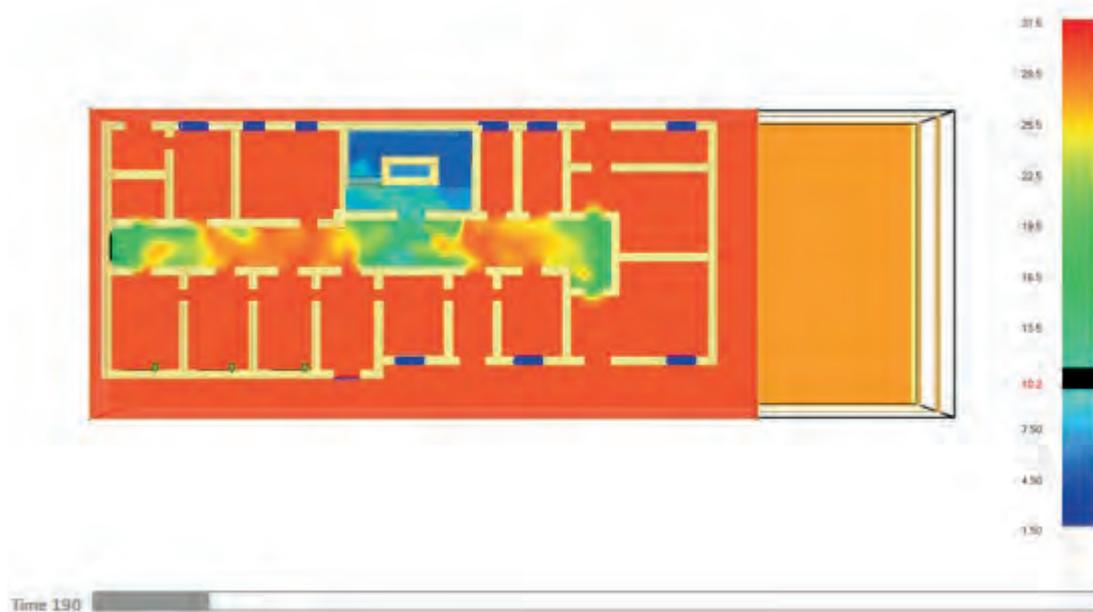
Criticità emerse

La situazione ex ante prevedeva, per il piano primo, un sistema di esodo costituito dalla scala interna che conduce al luogo sicuro nell'area verde esterna. Successivamente, per adempiere alle prescrizioni dei parr. S.4.9 e V.9.4.3, si è individuato uno spazio calmo, comunicante con il vano scala interno.

Tuttavia, le verifiche effettuate, ipotizzando il focolaio di incendio predetto (scenario più gravoso tra tutti quelli simulati), hanno restituito una condizione critica. Infatti, a parità di caratteristiche di innesco e sviluppo dell'incendio, i prodotti della combustione hanno interessato il corridoio e il vano scala, risalendo fino al piano primo, non consentendo l'esodo in sicurezza degli occupanti.

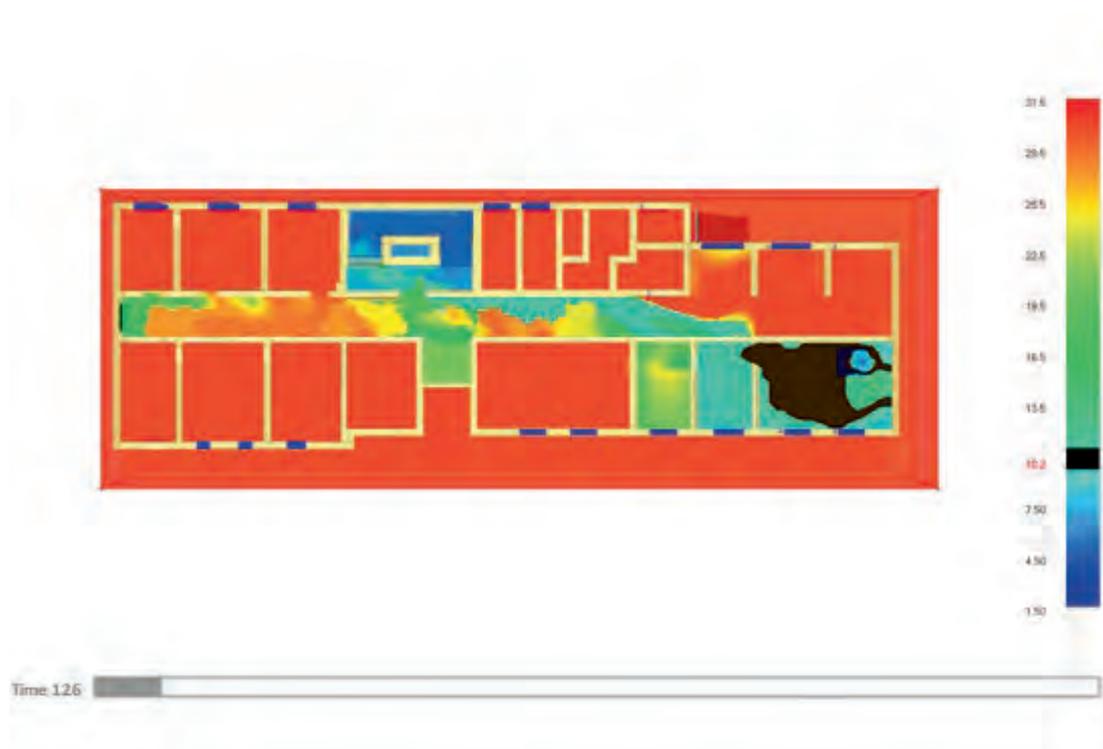
Le grandezze fisiche indagate, di cui si riportano di seguito le risultanze grafiche⁶¹, hanno riguardato visibilità, ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio, e temperatura, mentre la tossicità dei prodotti di combustione sono state misurate tramite device puntuali sempre a quota 1,80 m dal piano di calpestio (tab. M.3-2).

A quota 1,80 m dal piano di calpestio del piano primo, si registra che il parametro di visibilità raggiunge il valore di 10 m (valore soglia imposto dal Codice) dopo circa 190 s.



CAMPI DI VISIBILITÀ A QUOTA 1,80 M - PIANO PRIMO

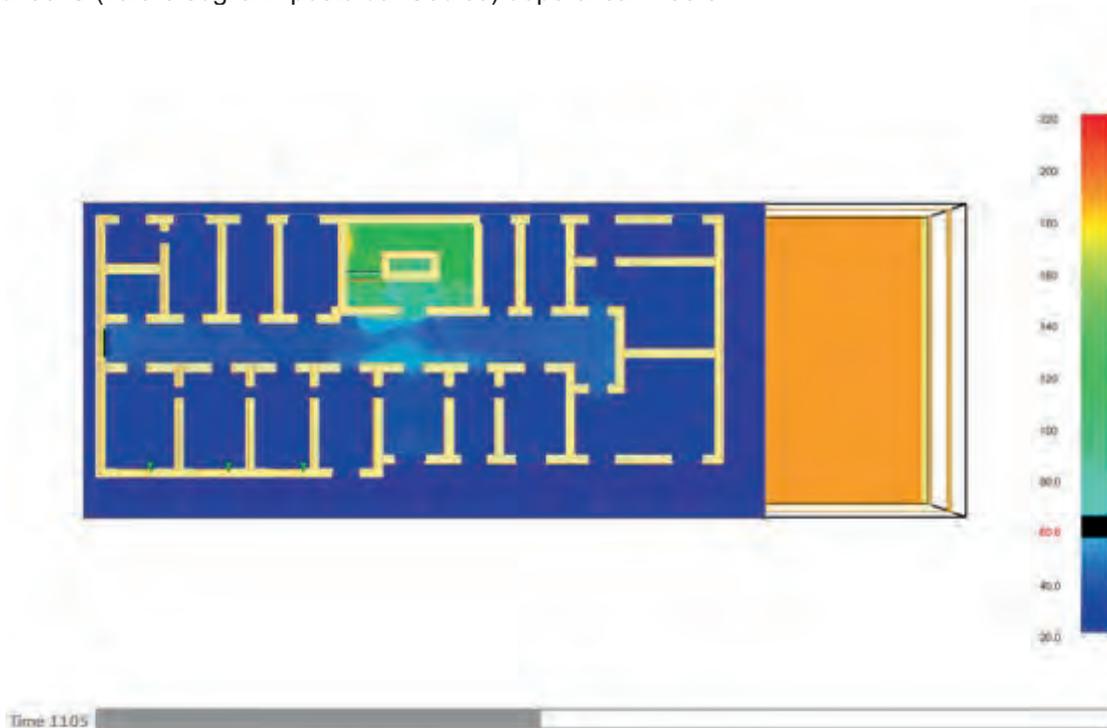
⁶⁰ Le ipotesi operate nella GSA, che prevedono la collocazione in sito degli ausili carrellati, possono giustificare un tale t_{pre}
⁶¹ Per quanto riguarda l'irraggiamento termico massimo da tutte le sorgenti di esposizione degli occupanti ($2,5 \text{ kW/m}^2$) le verifiche effettuate hanno fornito valori non significativi per l'intera durata della simulazione e, pertanto, le relative risultanze grafiche sono state omesse



CAMPI DI VISIBILITÀ A QUOTA 1,80 M - PIANO RIALZATO

Al piano rialzato, dualmente, il parametro di visibilità raggiunge valori critici dopo circa 126 s, anche se è ipotizzabile che la condizione del portone di accesso, tenuto aperto durante la fase di emergenza, contribuisca a rendere meno critiche le condizioni di visibilità, anche a fronte dell'immediato deflusso degli occupanti verso l'area verde esterna.

In riferimento al parametro temperatura, ad entrambi i piani della struttura, esso raggiunge valore critici a tempi nettamente superiori a quelli generati dal parametro visibilità. A quota 1,80 m dal piano di calpestio del piano primo, si registra che il parametro di temperatura raggiunge il valore di 60°C (valore soglia imposto dal Codice) dopo circa 1105 s.



CAMPI DI TEMPERATURA A QUOTA 1,80 M - PIANO PRIMO

A quota 1,80 m dal piano di calpestio del piano rialzato, si registra che il parametro di temperatura raggiunge il valore di 60°C (valore soglia imposto dal Codice) dopo circa 850 s.



CAMPI DI TEMPERATURA A QUOTA 1,80 M - PIANO RIALZATO

Effettuando la verifica con il criterio dei gas tossici, l'analisi termofluidodinamica dell'incendio restituisce i tempi per cui si raggiunge l'effetto lesivo pari al valore di FED 0,1 in ogni ambiente del piano rialzato e del piano primo dell'attività; tali risultanze appaiono meno onerose rispetto a quelle determinate dal parametro visibilità. Le tabelle seguenti riassumono gli esiti della valutazione:

Zone piano rialzato	FED 0,1 (s)	Zone primo piano	FED 0,1 (s)
area riposo	290	area riposo 1	1032
servizi igienici	340	area riposo 2	1097
antibagno	315	area riposo 3	952
area pranzo 1	345	area riposo 4	1117
area gioco	362	servizi igienici	937
prima metà corridoio	389	area gioco/pranzo 1	997
seconda metà corridoio	409	area gioco/pranzo 2	1150
ingresso	419	area gioco/pranzo 3	1117
direzione	640	spogliatoi personale	1047
area attività 1	500	cucina	1095
area attività 2	585	area attività 1	1147
area attività 3	613	area attività 2	1060
cucina dispensa	567	area attività 3	1102
area pranzo 2	605	servizi igienici	1275
area personale dipendente	590	prima metà corridoio	842
vano scala	255	seconda metà corridoio	917
		spazio calmo	430
		vano scala	280

TEMPI DI RAGGIUNGIMENTO DI VALORI DI FED CORRISPONDENTE AL RAGGIUNGIMENTO DELLE CONDIZIONI DI INCAPACITAZIONE DEGLI ESPOSTI

Dall'analisi dei risultati della simulazione di esodo si evince che nello scenario di incendio analizzato, per gli occupanti presenti nella stanza di primo innesco (al piano rialzato), il tempo di trasferimento (t_{tra}), percorso 1,

risulta pari a 35 s; tale scenario d'esodo costituisce la condizione più gravosa per effetto della presenza dell'innescò.

Per gli occupanti localizzati al piano primo, si individua il percorso 2, composto dal percorso orizzontale più sfavorevole, fino allo spazio calmo; in tale condizione, il tempo di trasferimento (t_{tra}) fino allo spazio calmo, con gli ausili carrellati previsti, risulta pari a 30 s.

In riferimento ai percorsi d'esodo descritti, il valore RSET costituisce, come noto, il tempo impiegato dall'ultimo occupante per lasciare il compartimento raggiungendo il luogo sicuro o lo spazio calmo.

Le modalità di verifica, analoghe ai precedenti casi studio, restituiscono una condizione non verificata.

I principali risultati ottenuti sono sintetizzati di seguito allo scopo di indicare il raggiungimento delle condizioni critiche incompatibili con la strategia antincendio.

Piano attività	n° occupanti	t_{det} (s)	t_a (s)	t_{pre} (s)	t_{tra}^{62} (s)	RSET (s)	ASET (s)	ASET - RSET	10% RSET
rialzato	59	70	0	120	35	225	126	-99	22,5
primo	58	70	0	120	30	220	190	-30	22,0

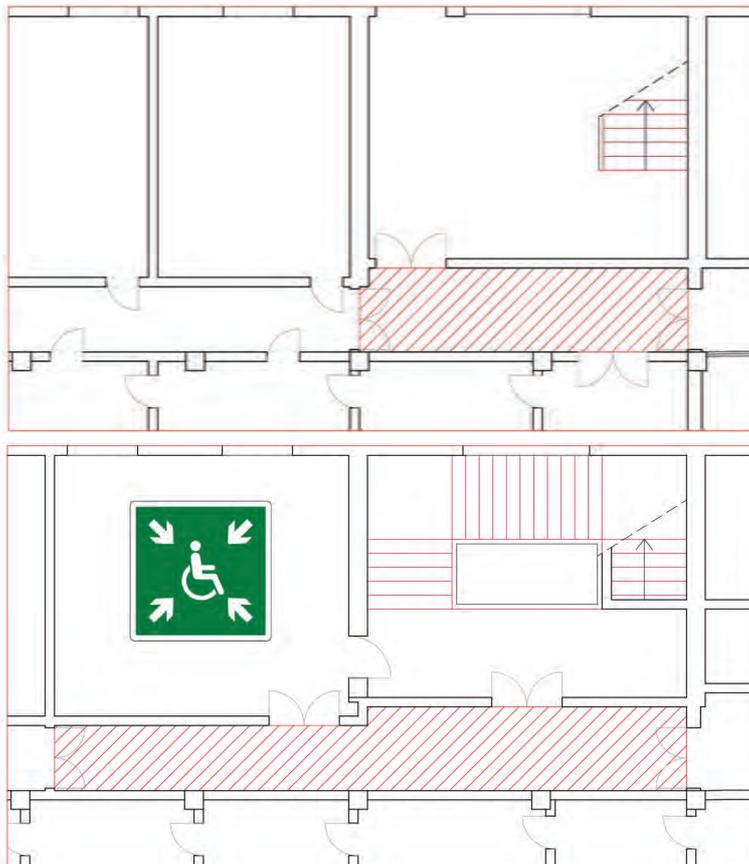
COMPARAZIONE DEI TEMPI DI ESODO, AI DUE PIANI DELL'ATTIVITÀ, PER LO SCENARIO CRITICO

Introduzione di una modifica progettuale

Pertanto, si rende necessario introdurre un adeguamento progettuale della struttura prevedendo, nel corridoio, un filtro a prova di fumo a protezione della scala interna e dello spazio calmo per garantire l'esodo in sicurezza degli occupanti il piano primo che, considerata l'assenza di abilità motorie autonome dei bambini, devono essere trasportati all'esterno con una procedura di emergenza cui si è fatto cenno in precedenza.

Il filtro a prova di fumo, proteggendo i bambini nelle fasi dell'esodo, isola:

- i tratti di corridoio, di destra e di sinistra, antistanti il vano di accesso alla scala al piano rialzato;
- i corrispondenti tratti di corridoio antistanti il vano di accesso alla scala, comprensivi dell'accesso allo spazio calmo, al piano primo.



PARTICOLARE DELLE COMPARTIMENTAZIONI INTRODOTTE AL PIANO RIALZATO E AL PIANO PRIMO

Analogamente agli altri casi di studio presentati, mediante il post-processore Smokeview di FDS si ottengono le seguenti risultanze grafiche.

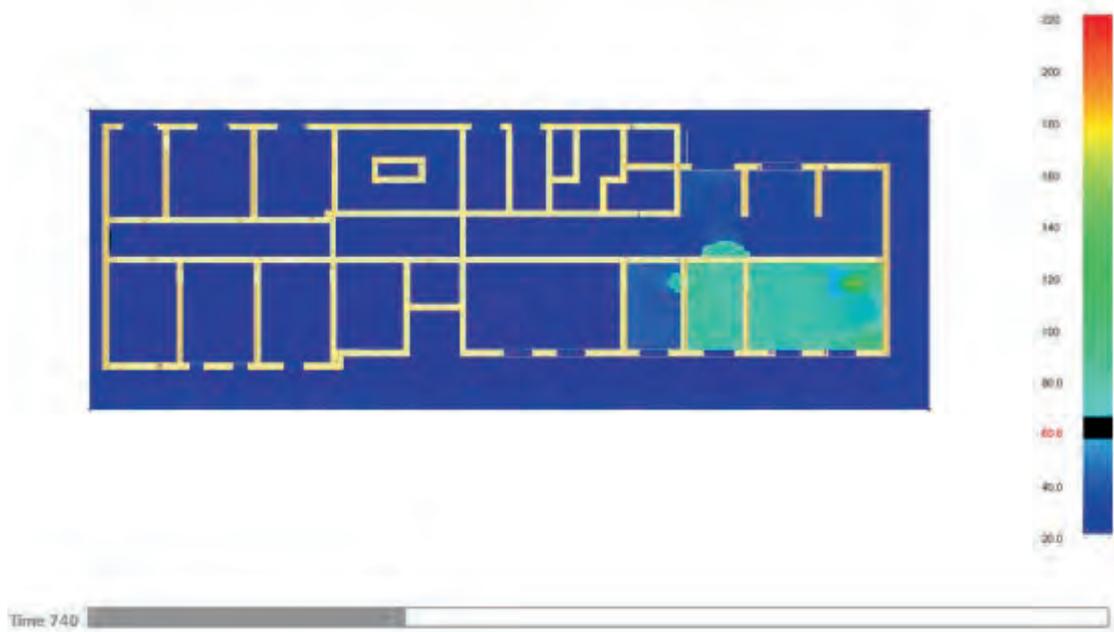
⁶² I tempi di percorrenza t_{tra} sono relativi all'ultimo occupante che raggiunge il luogo sicuro

A quota 1,80 m dal piano di calpestio del piano rialzato si registra che il parametro di visibilità raggiunge il valore critico di 10 m dopo circa 280 s.



CAMPI DI VISIBILITÀ A QUOTA 1,80 M - PIANO RIALZATO

Al piano primo, il parametro visibilità, non raggiunge un valore critico per tutta la durata dell'esodo. A quota 1,80 m dal piano di calpestio del piano rialzato si registra che il parametro di temperatura raggiunge il valore di 60°C dopo circa 740 s.



CAMPI DELLA TEMPERATURA A QUOTA 1,80 M - PIANO RIALZATO

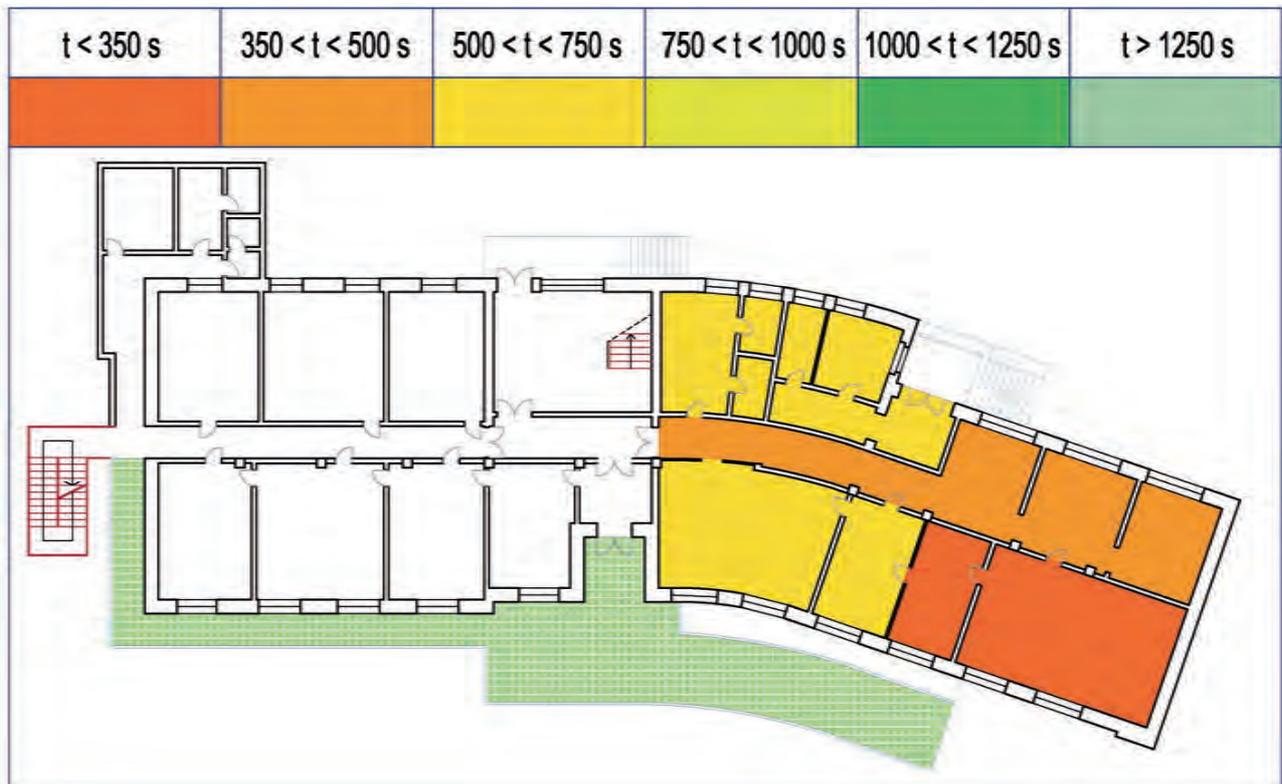
Al piano primo, il parametro temperatura, non raggiunge un valore critico per tutta la durata dell'esodo. Effettuando la verifica con il criterio dei gas tossici, l'analisi termofluidodinamica dell'incendio restituisce i tempi per cui si raggiunge l'effetto lesivo pari al valore di FED 0,1 negli ambienti più significativi del piano rialzato. La tabella seguente riassume gli esiti della valutazione. Si sottolinea che tali tempi differiscono poco significativamente rispetto alla soluzione progettuale precedente (senza il filtro a prova di fumo).

Ciò è dovuto al fatto che, nel compartimento di primo innesco, le condizioni risultano comparabili. La compartimentazione, infatti, circoscrive l'area nella quale si registrano gli effetti dell'incendio, variando sensibilmente le condizioni di diffusività degli effetti dell'incendio. Si segnala, inoltre, che, stante l'adeguamento progettuale proposto, il valore soglia della FED non viene mai raggiunto al piano primo dell'attività per l'intera durata dell'esodo.

Zone piano rialzato	FED 0,1 (s)
area riposo	320
servizi igienici	562
antibagno	612
area pranzo 1	517
area gioco	501
prima metà corridoio	411

TEMPI DI RAGGIUNGIMENTO DI VALORI DI FED CORRISPONDENTE AL RAGGIUNGIMENTO DELLE CONDIZIONI DI INCAPACITAZIONE DEGLI ESPOSTI - PIANO RIALZATO

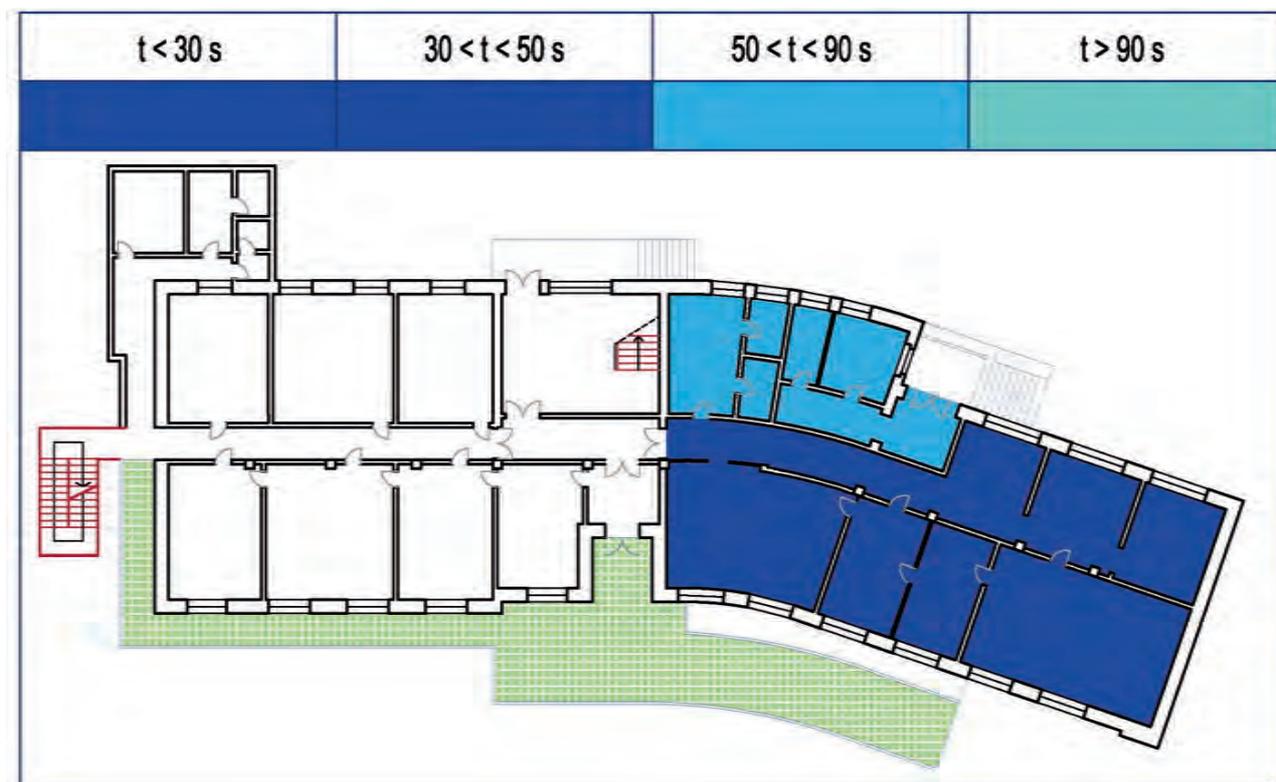
Di seguito si riporta la crono-cromo-planimetria, riferita al piano rialzato, in cui gli ambienti sono cromaticamente differenziati sulla base del tempo di misurazione da parte di specifici rilevatori di FED. La scala cromatica identifica il tempo massimo che gli occupanti dispongono per raggiungere un luogo sicuro senza assorbire concentrazioni di gas tossico-narcotici rilevanti ai fini dell'efficacia del sistema d'esodo.



CROMO-CRONO-PLANIMETRIA DEL REPARTO - PIANO RIALZATO - VALUTAZIONE TEMPO DI INCAPACITAZIONE

In definitiva, l'ASET (riferito al modello di visibilità), può essere stabilito a 210 s, individuato il piano di osservazione a quota 1,80 m.

Per completezza, in relazione ai tempi di rivelazione t_{det} , si riporta la crono-cromo-planimetria relativa al compartimento di primo innesco, nella quale si diversificano gli ambienti raggiunti dai fumi, in base al tempo di misurazione da parte di rilevatori di prodotti della combustione (vedi caso studio precedente).



Criterio di ASET > RSET

La differenza tra ASET e RSET misura il margine di sicurezza per la salvaguardia dell'esodo degli occupanti (par. M.3.2.2), pertanto si ha:

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

Nella tabella seguente viene sintetizzato il risultato della simulazione di esodo relative allo scenario analizzato e la verifica del criterio sul margine di sicurezza:

Piano attività	n° occupanti	t_{det} (s)	t_a (s)	t_{pre} (s)	t_{tra}^{63} (s)	RSET (s)	ASET (s)	ASET - RSET	10% RSET
rialzato	59	70	0	120	40	230	280	50	23
primo	58	70	0	120	35	225	Non raggiunto	---	

COMPARAZIONE DEI TEMPI DI ESODO, AI DUE PIANI DELL'ATTIVITÀ, PER LO SCENARIO CRITICO

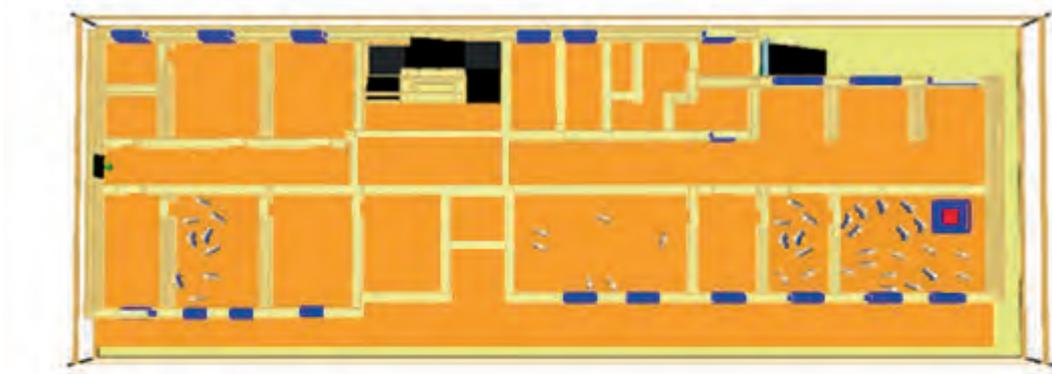
Per maggiore dettaglio, e per una migliore comprensione dei dati ottenuti, si riportano di seguito due immagini, ritenute esemplificative, generate tramite il visualizzatore *Smokeview*, che mostrano il comportamento degli *agent* durante l'esodo dal compartimento di primo innesco, simulato mediante EVAC:

- la prima immagine si riferisce al tempo $t = 90$ s e rappresenta ancora una condizione di pre-movimento;
- la seconda è relativa alla fase intermedia dell'esodo.

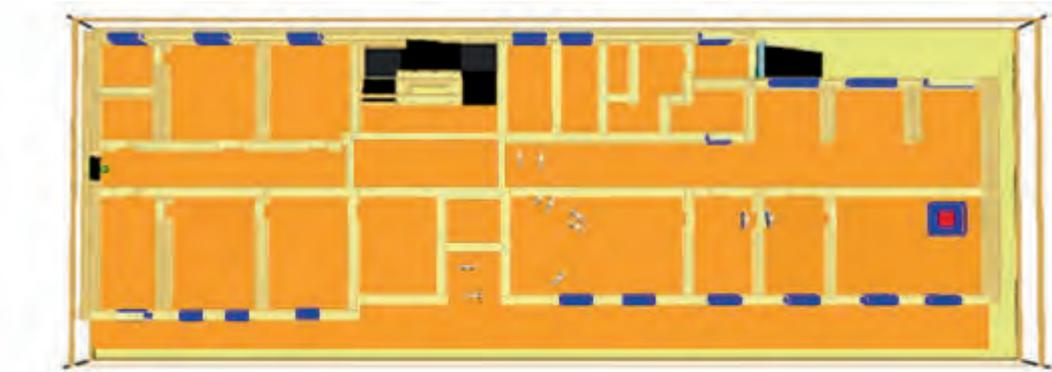
⁶³ I tempi di percorrenza t_{tra} risultano leggermente maggiori di quelli della precedente situazione in quanto, considerata l'interposizione di filtri, sono state ridotte le velocità degli occupanti in considerazione delle operazioni legate all'apertura e chiusura delle nuove porte lungo i percorsi.

Selezione delle soluzioni progettuali idonee

Grazie alle verifiche positive ottenute, la soluzione progettuale ipotizzata può essere ritenuta idonea al raggiungimento degli obiettivi di sicurezza prefissati.



Time: 90.0

PIANO RIALZATO AL TEMPO T = 90 S

Time: 110.0

PIANO RIALZATO AL TEMPO T = 110 S

Considerazioni a commento

❖ *Riepilogo sintetico del caso studio*

Nel presente caso studio è stata illustrata la verifica delle condizioni di esodo per un'attività di tipo scolastico, in particolare asilo nido, ospitata in un edificio con valenza storico/artistica, sottoposto a vincolo di tutela ai sensi del d.lgs. n. 42 del 22 gennaio 2004 e s.m.i..

Lo studio ha riguardato la valutazione dei possibili scenari di incendio, all'interno dell'attività, allo scopo di verificare le eventuali criticità nella gestione dell'esodo in condizioni di emergenza.

Le peculiarità dell'edificio sono tali da richiedere l'applicazione di soluzioni alternative della misura S.4 per garantire complessivamente la strategia antincendio del sistema.

Dalla valutazione del rischio incendio, la classificazione del profilo di rischio R_{vita} è stata determinata pari a Cii2; pertanto, la soluzione progettuale proposta, che prevede la realizzazione di compartimenti indipendenti mediante l'unica scala esistente resa a prova di fumo, dimostra che l'esodo dal piano primo della struttura è garantito in condizioni di sicurezza mediante la verifica del margine di ASET rispetto a RSET.

Il sistema di esodo dell'attività oggetto di studio è stato garantito con la realizzazione dello spazio calmo e della protezione della scala interna a servizio del piano primo e con la presenza di due uscite di sicurezza al piano rialzato.

Verificato positivamente il margine di sicurezza, si può concludere che la *soluzione alternativa* proposta sia soddisfatta.

❖ *Commento dei risultati*

Le verifiche effettuate hanno consentito di selezionare la scelta progettuale più idonea alla garanzia di tutela degli occupanti.

Infatti, la prima ipotesi di adeguamento, prevedente la scala interna a servizio del piano primo della struttura e la creazione di uno spazio calmo adiacente alla stessa, ha restituito una condizione non verificata sul margine di sicurezza (ASET - RSET).

Pertanto, alla luce di tale evidenza, si è ritenuto di dover optare per la soluzione consistente nell'introduzione di un filtro a prova di fumo a protezione della scala interna e dello spazio calmo; tale filtro limita l'ingresso di fumo generato da un incendio che si sviluppi nei compartimenti comunicanti.

Tale adeguamento ha permesso di verificare il criterio, in quanto tutte le simulazioni di incendio hanno restituito la non compromissione del compartimento consentendo il trasferimento degli occupanti in sicurezza.

Bibliografia

1. Decreto Ministeriale 13 ottobre 2019, Codice di Prevenzione Incendi, Italia 2019 (sostituisce la versione del Codice di Prevenzione Incendi del 2015).
2. Decreto Ministeriale 3 agosto 2015 Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139.
3. Decreto del Presidente della Repubblica del 1 agosto 2011, n. 151 Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4-quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122.
4. Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
5. AA.VV. (2016) SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, USA.
6. AA.VV. (2017) SFPE Guide to Human Behavior in Fire, USA.
7. Appert-Rolland C., Cividini J., Hilhorst H. J., Degond P. (2014) "Pedestrian flows: From individuals to crowds," *Transp. Res. Procedia*, vol. 2, pagg.468-476.
8. Arbon P., "Mass-gathering medicine: a review of the evidence and future directions for research," *Prehosp. Disaster Med.*, vol. 22, no. 2, pagg.131-135, 2007.
9. Arbon P., "The Development of Conceptual Models for Mass-Gathering Health Correspondence"
10. Bohannon R. W. (1997) "Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: Reference values and determinants," *Age Ageing*, vol. 26, no. 1, pagg.15-19.
11. Bršćić D., Zanlungo F., Kanda T. (2014) "Density and velocity patterns during one year of pedestrian tracking," *Transp. Res. Procedia*, vol. 2, pagg.77-86.
12. BS 9999 "Section 2 - Risk profiles and assessing risk".
13. Bukowski, R.W. (2009) Emergency Egress from Buildings, Part 1: History and Current Regulations for Egress System Design, Part 2: New Thinking on Egress from Buildings, NIST Technical Note 1623, USA.
14. Campanella M., Hoogendoorn S., Daamen W. (2009) "Effects of Heterogeneity on Self-Organized Pedestrian Flows," *Transp. Res. Rec. J. Transp. Board*, vol. 2124, no. December, pagg.148-156.
15. Camillo A., Guillaume E., Rogaume T., Allard, A., Didieux F. (2013). Risk analysis of fire and evacuation events in the European railway transport network. *Fire Safety Journal* 60, pp 25-36.
16. Cancelliere P., Conti M. F., Imbrisco M., Palmeri L., De Angelis L., Castelli P., Caciolai M., Lala R., Ponticelli L., Schiaroli S., Mazzaro M., De Nictolis P., De Rosa A., Emmanuele R., De Angelis L., Biggi G., Castelli P., Nassi L., Castore M., Ponziani F. A., Mastrogiuseppe C., Barbera C., Bascià A., Petrocco F., Gissi E. - Codice di prevenzione incendi commentato a cura di F. Dattilo e C. Pulito con la prefazione del Capo del Corpo Nazionale VV.F. G. Giomi, EPC 09/2016.
17. Cancelliere P., Mazzaro M., Biggi G., Caciolai M., De Vincentis M., Orrù F., Conti M. F., Maurizi P., Del Gallo A., Trabucco E., Bascià A., Basile G., Lala R., Michele N., Costa G., Gissi E., Barbera C., Petitto A.- Esempi applicativi del Codice di prevenzione incendi a cura di F. Dattilo e C. Pulito con la prefazione del Capo del Corpo Nazionale VV.F. G. Giomi, EPC 05/2017.
18. Cascarino, A. (1986) Introduzione alla Prevenzione Incendi, Volume Primo: I principi teorici ed i modi di azione, Italia.
19. Chattaraj U., Seyfried A., Chakroborty P. (2009) "Comparison of Pedestrian Fundamental Diagram Across Cultures," pagg.1-12.
20. Citti P., Falchi G., Giannelli D. (2010) "La protezione passiva delle strutture ed il nuovo approccio ingegneristico alla prevenzione incendi", *Bollettino ingegneri*, n° 8-9, pagg.3-9.
21. Cocking C., Drury J. (2008) "The mass psychology of disasters and emergency evacuations: A research report and implications for the Fire and Rescue Service," *Fire Saf. Technol. Manag.*, vol. 10, no. November 2015, pagg.13-19.
22. De Lorenzo R. A. (1997) "Mass gathering medicine: A review," *Prehosp. Disaster Med.*, vol. 12, no. 1, pagg.68-72. *Prehosp. Disaster Med.*, vol. 19, no. 3, pagg.208-212, 2004.
23. Duives D. C., Daamen W., Hoogendoorn S. P. (2014) "State-of-the-art crowd motion simulation models," *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 37, pagg.193-209.
24. Ferrari A., Nigro L., Coppola G. (2003) "Simulazione di incendio in edificio civile con presenza di pubblico mediante modello CFD FDS3 applicato allo studio dell'andamento dei fumi" - Atti del convegno "Integrating Historic Preservation with Security, fire protection, life safety and building management system".
25. Helbing D., Buzna L., Johansson A., (2005) "Self-Organized Pedestrian Crowd Dynamics: Experiments, Simulations, and Design Solutions," *Transp. Sci.*, vol. 39, no. 1, pagg.1-24.
26. Helbing D., Farkas L. (2002) "Simulation of pedestrian crowds in normal and evacuation situations".
27. Helbing D., Johansson A. (1995) "Pedestrian, Crowd, and Evacuation Dynamics," pagg. 6476-6495, 2013.

28. Helbing D., Johansson A., Al-Abideen H. Z. (2007) "Dynamics of crowd disasters: An empirical study," *Phys. Rev. E - Stat. Nonlinear, Soft Matter Phys.*, vol. 75, no. 4, pagg.1-7.
29. Helbing D., Molnar P. (1995) "Social force model for pedestrian dynamics," *Phys. Rev. E*, vol. 51, no. 5, pagg.4282-4286.
30. Helbing D., Mukerji P. (2012) "Crowd Disasters as Systemic Failures: Analysis of the Love Parade Disaster," pagg.1-40.
31. Hse H. and S. E. (2007) "The event safety guide for Concerts & Similar Events," pagg.1-190.
32. Hsieh Y.-H., Ngai K. M., Burkle F. M., Hsu E. B. (2009) "Epidemiological Characteristics of Human Stampedes," *Disaster Med. Public Health Prep.*, vol. 3, no. 4, pagg.217-223.
33. Hutton A., Ranse J., Verdonk N., Ullah S., and Arbon P. (2014) "Understanding the characteristics of patient presentations of young people at outdoor music festivals," *Prehosp. Disaster Med.*, vol. 29, no. 2, pagg.160-166.
34. International Organization for Standardization. Fire Safety Engineering. ISO/ TR 13387; 1999.
35. International Organization for Standardization. ISO 13571:2012 "Life threat from fires — Guidance on the estimation of time available for escape using fire data".
36. Ji L. et al. (2013) "Simulation of Evacuation Characteristics Using a 2-Dimensional Cellular Automata Model for Pedestrian Dynamics".
37. Khademipour G., Nakhaee N., Anari S. M. S., Sadeghi M., Ebrahimnejad H., Sheikhbardsiri H. (2017) "Crowd Simulations and Determining the Critical Density Point of Emergency Situations", *Disaster Med. Public Health Prep.*, vol. 11, no. 6, pagg.674-680.
38. Kuligowski E. D., Peacock R. D., "Technical Note 1471 A Review of Building Evacuation Models".
39. Kuligowski E.D., Peacock R., Hoskins B. (2010) A Review of Building Evacuation Models, Technical.
40. Giacalone C., (2009) Nuovo manuale di prevenzione incendi, Maggioli editore.
41. Amico A., Bellomia G., Bellomia G. (2011) Fire Safety Engineering - Ingegneria della sicurezza antincendio, UTET Scienze Tecniche.
42. Annunziato M., Liberto C., Pannicelli A., "Modellazione ad agenti dei flussi passeggeri di una stazione di trasporto metropolitano", Enea - C.R. Casaccia, Facoltà di fisica - Università di Bologna.
43. La Malfa A., S. e R. (2014) Approccio Ingegneristico alla Sicurezza Antincendio, Legislazione Tecnica.
44. La Malfa A., S. e R., Vanzini V. (2015) Esempi di Progettazione Antincendio Legislazione Tecnica.
45. Sperimentazione di incendi su scala reale in un edificio residenziale ed analisi della propagazione dei fumi, A. Ficarella, R. Lala, A. Perago, D. Laforgia, S. Buffo.
46. Lee R. S. C., Hughes R. L. (2006) "Prediction of human crowd pressures," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 38, no. 4, pagg.712-722.
47. Liu Z., Chen Y., Xie K. (2017) "Research on the Impact of Crowd Flow on Crowd Risk in Large Gathering Spots," *Proc. - 2016 Int. Conf. Ind. Informatics - Comput. Technol. Intell. Technol. Ind. Inf. Integr. ICII 2016*, pagg.368-371.
48. Löhner R. (2010) "On the modeling of pedestrian motion," *Appl. Math. Model.*, vol. 34, no. 2, pagg.366-382.
49. Malizia M., Il Codice di prevenzione incendi.
<http://www.vigilfuoco.it/siti/VVF/ascolipiceno/viewPage.aspx?s=85&p=40401>.
50. Marsella S., Corps N. F., Sciarretta N. (2016) "Usi innovativi degli strumenti di simulazione dell'esodo," no. September.
51. Martella C., Li J., Conrado C., Vermeeren A. (2017) "On current crowd management practices and the need for increased situation awareness, prediction, and intervention," *Saf. Sci.*, vol. 91, pagg.381-393.
52. Marsella S., Nassi L. (2006) L'ingegneria della sicurezza antincendio e il processo prestazionale. Guida alla Fire Safety Engineering ed esempi applicativi, EPC Libri.
53. Mazziotti L. (2007) "L'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio", *Obiettivo sicurezza*, n° 6, pagg.60-64, novembre.
54. Michael J. A., Barbera J. A. (1997) "Mass gathering medical care: A twenty-five year review," *Prehosp. Disaster Med.*, vol. 12, no. 4, pagg.72-79.
55. Milsten A. M., Maguire B. J., Bissell R. A., Seaman K. G. (2002) "Mass-gathering medical care: a review of the literature," *Prehosp Disaster Med*, vol. 17, no. 3, pagg.151-162.
56. Moussaïd M., Perozo N., Garnier S., Helbing D., Theraulaz G. (2010) "The walking behaviour of pedestrian social groups and its impact on crowd dynamics," *PLoS One*, vol. 5, no. 4, pagg.1-7.
57. National Fire Protection Association. NFPA 550: Guide to the Fire Safety Concepts Tree. Massachusetts (USA): NFPA; 1985.
58. National Fire Protection Association. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Massachusetts (USA): NFPA; 1988.

59. National Fire Protection Association. NFPA 130: Standard for fixed guideway transit and passenger rail systems. 2000 Edition.
60. National Fire Protection Association. NFPA 92B: Guide for smoke management systems in malls, atria, and large areas. 2000 Edition.
61. NIST Special Publication 1019-5, K. McGrattan, B. Klein, S. Hostikka, J. Floyd, Fire Dynamics Simulator (Version 5) - User's Guide, 1 ottobre 2007.
62. National Fire Protection Association. NFPA 555: Guide on methods for evaluating potential for room flashover. 2000 Edition.
63. Oberhagemann B. D. (2012) "Static and Dynamic Crowd Densities at Major Public Events," no. March, pagg.1-48.
64. Peacock R. "Technical Note 1680 A Review of Building Evacuation Models, 2nd Edition".
65. Pedestr. evacuation Dyn., vol. 21, pagg.21-58.
66. Raineri A. (2013) "A model to facilitate the development of an appropriate risk assessment methodology and instrument for crowd safety at outdoor music festivals," WIT Trans. Built Environ., vol. 134, pagg.79-88.
67. Raffetti A., Faragona B. "Analisi di rischio incendio in stazioni metropolitane profonde".
68. Reisser-Weston E. (1996) "Simulating human behaviour in emergency situations" in RINA, International Conference of Escape, Fire, and Rescue.
69. Roytman, M.Ya. (1975) Principles of Fire Safety Standards for Building Construction, tradotto dal Russo, Amerind India
70. Ronchi E., Nilsson D. (2014) "Assessment of total evacuation systems for tall buildings".
71. Ronchi E., Nilsson D. (2013) Fire evacuation in high-rise buildings: a review of human behaviour and modelling research. vol: 2 (1) pp: 7.
72. Sabatino R. (2012) Formazione antincendio - Gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro, INAIL.
73. Sabatino R. (2014), Sicurezza antincendio - Valutazione del rischio incendio, INAIL.
74. Sabatino R., Lombardi M., Cancelliere P. e altri, Il Codice di prevenzione incendi - Applicazioni pratiche, INAIL 2018.
75. Sabatino R., Lombardi M., Ponticelli L. e altri, La resistenza al fuoco degli elementi strutturali, INAIL 2019.
76. Sabatino R., Lombardi M., Cancelliere P. e altri, La protezione attiva antincendio, INAIL 2019.
77. Sabatino R., M. Lombardi, P. Cancelliere e altri, Metodi per l'ingegneria della sicurezza antincendio, INAIL 2019.
78. Sabatino R., M. Lombardi, P. Cancelliere e altri, Gestione della sicurezza e operatività antincendio, INAIL 2020.
79. Salmon D. Methods of approximation and determination of human vulnerability for offshore major accident hazard assessment. HSE.
80. Schadschneider A., Klingsch W., Klüpfel H. (2009) "Evacuation dynamics: Empirical results, modeling and applications," Encycl. Complex. Syst. Sci., pagg.3142-3176.
81. Sime J. D. "Crowd psychology and engineering," Saf. Sci., vol. 21, no. 1, pagg.1-14.
82. Soomaroo L., Murray V. (2012) "Disasters at Mass Gatherings: Lessons from History," PLoS Currents.
83. Tarlow P. (2002) Event risk management and safety.
84. Turris S. A., Lund A. (2017) "Mortality at music festivals: Academic and grey literature for case finding," Prehosp. Disaster Med., vol. 32, no. 1, pagg.58-63.
85. Turris S. A., Lund A., Bowles R. R. (2014) "An analysis of mass casualty incidents in the setting of mass gatherings and special events," Disaster Med. Public Health Prep., vol. 8, pagg.143-149.
86. UNI EN 1991-1-2, Eurocodice 1; Azioni sulle strutture Parte 1-2: Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco, ottobre 2004.
87. VTT Technical Research Centre of Finland, T. Korhonen, S. Hostikka, Fire Dynamics Simulator with Evacuation - FDS+EVAC, version 5. Technical Reference and User's Guide, 5 maggio 2010.
88. VTT T. Korhonen (2018) Fire Dynamics Simulator with Evacuation: FDS+EVAC Technical Reference and User's Guide (FDS 6.6.0, Evac 2.5.2, DRAFT).
89. Wang J., Chen M., Yan W., Zhi Y., Wang Z. (2017) "A utility threshold model of herding-panic behavior in evacuation under emergencies based on complex network theory," Simulation, vol. 93, no. 2, pagg.123-133.
90. Wang J., Lo S., Wang Q., Sun J., Mu H. (2013) "Risk of large-scale evacuation based on the effectiveness of rescue strategies under different crowd densities," Risk Anal., vol. 33, no. 8, pagg.1553-1563.

Il capitolo 4 della presente pubblicazione è pubblicato con licenza Creative Commons

Fonti immagini

Immagine	Fonte
Copertina	Autori
pag. 13	Autori
da pag. 15 a pag. 46	d.m. 18 ottobre 2019 - G.U. n. 256 del 31 ottobre 2019 - S.O. n. 41
pag. 53	Autori
pag. 54	Autori
pag. 55	Autori
pag. 57	d.m. 18 ottobre 2019 - G.U. n. 256 del 31 ottobre 2019 - S.O. n. 41
pag. 58	Autori
pag. 59	Capacity Estimation for emergency exits and bottlenecks
pag. 60	SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2016
pag. 61	SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2016
pag. 62	www.buildmagazine.org.nz
pag. 62	Autori
pag. 68	d.m. 18 ottobre 2019 - G.U. n. 256 del 31 ottobre 2019 - S.O. n. 41
pag. 72	Autori
pag. 73	Autori
pag. 74	Autori
pag. 85	Autori
pag. 90	Autori
pag. 95	Autori
pag. 96	Autori
pag. 97	d.m. 18 ottobre 2019 - G.U. n. 256 del 31 ottobre 2019 - S.O. n. 41
pag. 98	Autori
pag. 99	Autori
pag. 100	Segnaletica UNI EN ISO 7010:2012
pag. 102	Segnaletica UNI EN ISO 7010:2012
pag. 103	Segnaletica UNI EN ISO 7010:2012
pag. 105	Autori
pag. 106	https://www.archweb.it/dwg/parcheggi/parcheggi.htm ⁽¹⁾
pag. 111	Autori
pag. 114	Autori
pag. 117	Autori
pag. 121	Segnaletica UNI EN ISO 7010:2012
pag. 122	Segnaletica UNI EN ISO 7010:2012
pag. 124	https://www.archweb.it/dwg/parcheggi/parcheggi.htm ⁽¹⁾
pag. 125	Autori
pag. 129	Autori
pag. 132	Autori
pag. 136	https://www.archweb.it/dwg/alberghi_hotel/hotel_dwg.htm ⁽¹⁾
pag. 137	Autori
pag. 143	Autori
pag. 144	Autori
pag. 147	Autori
pag. 149	Autori
pag. 150	Autori
pag. 155	Segnaletica UNI EN ISO 7010:2012
pag. 157	Autori

pag. 158	Autori
pag. 159	Autori
pag. 164	Autori
pag. 167	INAIL
pag. 168	Autori
pag. 172	Autori
pag. 173	Autori
pag. 176	Autori
pag. 177	Autori
pag. 178	Autori
pag. 179	Autori
pag. 180	Autori
pag. 183	Programma di calcolo Pathfinder - Thunderhead Engineering Consultants
pag. 184	Programma di calcolo Pathfinder - Thunderhead Engineering Consultants
pag. 185	Norma UNI EN 1991-1-2
pag. 186	Autori
pag. 188	Autori
pag. 189	Autori
pag. 190	Autori
pag. 191	Autori
pag. 192	Autori
pag. 194	Google Maps e Sapienza Università di Roma
pag. 195	Google Maps
pag. 196	Autori
pag. 197	Autori
pag. 198	Autori
pag. 202	Autori
pag. 205	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 205	SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2016
pag. 206	SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2016
pag. 207	Autori
pag. 207	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 208	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 208	SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2016
pag. 209	SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2016
pag. 210	Autori
pag. 210	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 211	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 211	SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2016
pag. 212	SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2016
pag. 213	Autori
pag. 213	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 214	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 214	SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2016
pag. 215	SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2016
pag. 216	Autori
pag. 216	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 217	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 219	Autori
pag. 220	Autori
pag. 221	Programma di calcolo FDS - NIST

pag. 222	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 223	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 224	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 225	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 226	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 228	Google Maps e Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 229	Autori
pag. 230	Autori
pag. 231	Autori
pag. 232	Autori
pag. 233	Autori
pag. 235	Autori
pag. 238	Autori
pag. 241	Autori
pag. 243	Autori
pag. 244	Autori
pag. 246	Autori
pag. 247	Autori
pag. 249	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 250	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 251	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 253	Google Maps e Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 254	Autori
pag. 255	Autori
pag. 258	Ministero della pubblica istruzione, Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca
pag. 262	Autori
pag. 263	www.earlyyearsdirect.com
pag. 266	Naso all'Insù - INAIL - Asilo nido privato convenzionato
pag. 267	d.m. 18 ottobre 2019 - G.U. n. 256 del 31 ottobre 2019 - S.O. n. 41
pag. 267	Jesus De La Quintana, "Integrated fire engineering and response (IFER)"
pag. 268	Autori
pag. 270	Autori
pag. 271	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 272	Autori
pag. 273	Autori
pag. 274	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 275	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 276	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 277	Autori
pag. 278	Programma di calcolo FDS - NIST
pag. 279	Autori
pag. 280	Autori
pag. 281	Programma di calcolo FDS - NIST

(1) Fonte: www.archweb.it