Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

Anno accademico 2020/2021

Sessione di Laurea luglio 2021

"UTILIZZO DEGLI STRUMENTI DELLA FSE PER L'ANALISI DEI FLUSSI DI PERSONE IN SITUAZIONI ORDINARIE ED EMERGENZIALI ALL'INTERNO DI ATTIVITÀ COMPLESSE"

Relatori: Prof. Roberto Vancetti

Ing. Emiliano Cereda

Ing. Antonio Maria Alvigini

Candidato: Chiara Politi

Ai miei genitori

Abstract IT

Oggigiorno sono sempre più diffusi complessi edilizi caratterizzati da geometrie articolate, costituiti da molteplici attività aventi destinazioni d'uso di diverso tipo comunicanti tra loro; tali ambienti molto spesso risultano caratterizzati da elevati affollamenti e tipologie di utenze contraddistinte da svariate peculiarità, ragion per cui risulta particolarmente importante studiare ed analizzare i movimenti dei flussi dei possibili fruitori, con lo scopo di determinare specifiche misure gestionali della sicurezza, atte a garantire una sicura mobilità sia in situazioni ordinarie che emergenziali.

A tal proposito, la presenta Tesi ha l'obiettivo di determinare precise strategie gestionali a seguito dell'analisi dei flussi di utenti transitanti all'interno dell'area comune del complesso edilizio di Galleria San Federico situato a Torino, il quale figura come attività complessa (attività n. 73 del D.P.R. 151/11) in quanto caratterizzato da innumerevoli unità prospicienti su un'ampia volumetria comune.

In particolare, il suddetto obiettivo è stato perseguito analizzando l'attuale sistema di gestione della sicurezza il quale, oltre a prevedere affollamenti relativamente bassi all'interno della Galleria, è stato progettato pianificando un esodo simultaneo delle attività presenti nel complesso edilizio; per tale ragione si vuole verificare la sua efficacia anche durante situazioni straordinarie, esistenti in particolari periodi dell'anno in cui si ha la presenza di elevati affollamenti all'interno del fabbricato.

Le criticità riscontrate, dovute principalmente alle interferenze tra i flussi di persone transitanti nell'area comune della Galleria e quelli che dalle singole unità si riversano al suo interno, sono state mitigate grazie all'individuazione di specifiche strategie gestionali e misure operative con lo scopo di ottimizzare l'attuale sistema di gestione della sicurezza.

Tuttavia, si è ritenuto particolarmente rilevante verificare l'efficacia delle suddette misure gestionali anche in presenza di configurazioni eccezionali determinate dall'organizzazione di mostre - fiere all'interno della Galleria o da eventi che prevedono lo stazionamento degli occupanti in prossimità del nodo centrale del suddetto ambiente.

Grazie all'utilizzo di strumenti della FSE è stato possibile simulare sia le fasi emergenziali, che analizzare i flussi di utenti durante il normale esercizio dell'attività.

Aspetto fondamentale posto alla base delle sopracitate analisi riguarda lo studio del comportamento umano durante situazioni emergenziali: a tal proposito sono state eseguite ricerche riguardanti teorie, esperimenti e analisi di catastrofi realmente accadute con l'obiettivo di implementare tali simulazioni con parametri che descrivono il reale comportamento umano in caso di pericolo.

Abstract EN

Nowadays, building complexes characterized by articulated geometries are more and more diffused, constituted by multiple activities having different destinations of use communicating among them; such environments very often result characterized by high crowding and typologies of users characterized by various peculiarities, reason for which it results particularly important to study and analyze the movements of the flows of the possible users, with the purpose to determine specific managerial measures of the safety, apt to guarantee a sure mobility both in ordinary and emergency situations.

In this regard, this Thesis has the objective of determining precise management strategies following the analysis of user flows transiting within the common area of the building complex of Galleria San Federico located in Turin, which figures as a complex activity (activity n. 73 of the D.P.R. 151/11) as it is characterized by countless units overlooking a large common volume.

In particular, the above objective was pursued by analyzing the current safety management system which, in addition to providing for relatively low crowding inside the Gallery, was designed by planning a simultaneous exit of the activities present in the building complex; for this reason it is intended to verify its effectiveness during extraordinary situations, existing in particular periods of the year when there is the presence of high crowding inside the building.

The criticalities encountered, mainly due to the interference between the flows of people passing through the common area of the Gallery and those that pour into it from the individual units, have been mitigated through the identification of specific management strategies and operational measures with the aim of optimizing the current security management system.

However, it was considered particularly important to verify the effectiveness of these management measures also in the presence of exceptional configurations determined by the organization of exhibitions - fairs inside the Gallery or events that involve the stationing of occupants near the central node of the above mentioned environment.

Thanks to the use of FSE tools, it has been possible to simulate both the emergency phases and to analyze the flow of users during normal operations.

Fundamental aspect placed at the base of the above mentioned analysis concerns the study of human behavior during emergency situations: in this regard, researches have been carried out concerning theories, experiments and analysis of real happened catastrophes with the aim to implement such simulations with parameters that describe the real human behavior in case of danger.

INDICE

Premessa **1**

Parte 1 - Studio del comportamento umano in situazioni emergenziali **4**

1.1 Individuazione delle possibili problematiche 4

1.2 Analisi del comportamento delle persone in situazioni emergenziali 5

1.2.1 Comportamento del singolo individuo 6

1.2.2 Comportamenti collettivi 9

1.3 Analisi dei processi decisionali del personale esperto 12

1.4 Caratteristiche degli occupanti 13

1.4.1 Identificazione dei profili degli occupanti – Dati antropici e cognitivi 14

1.5 Fasi temporali del processo di evacuazione 20

1.5.1 Tempo di pre-movimento 22

1.5.2 Tempo di movimento 25

1.6 Orientamento e wayfinding 30

Parte 2 - Parametrizzazione delle caratteristiche fisiche e comportamentali degli occupanti **31**

Parte 3 – Misure gestionali della sicurezza: cosa sono e quando devono essere pianificate **35**

3.1 Gestione della sicurezza secondo il D.M. 03 agosto 2015 36

3.1.1 Strategia S.5 del Codice di Prevenzione Incendi 37

Parte 4 – Caso studio: Galleria San Federico di Torino **41**

4.1 Descrizione del complesso edilizio 41

4.1.1 Stato di fatto e misure antincendio del complesso edilizio 44

Parte 5 – Modellazione dei flussi di persone in situazioni ordinarie ed emergenziali **56**

5.1 Tipologie di modelli di evacuazione 56

5.2 Preparazione del modello nel software MassMotion 57

5.3 Individuazione degli scenari di esodo 64

5.3.1 Configurazione 1-A 67

5.3.1.1 Analisi dei risultati ottenuti 74

5.3.2 Configurazione1-B 76

5.3.2.1 Analisi dei risultati ottenuti 79

5.3.3 Configurazione 2 81
5.3.3.1 Risultati ottenuti dalla configurazione 2 85
5.3.3.2 Confronto tra configurazione 1-A e configurazione 2 86
5.3.3.3 Individuazione di specifiche strategie gestionali ed operative 94
5.3.4 Configurazione 3-A 95
5.3.4.1 Analisi dei risultati ottenuti e confronto con la configurazione 2 97
5.3.5 Configurazione 3-B 103
5.3.5.1 Analisi dei risultati ottenuti e confronto con la configurazione 2 105
5.3.6 Configurazione 4-A 110
5.3.6.1 Analisi dei risultati ottenuti e confronto con la configurazione 2 118
5.3.7 Configurazione 4-B 123
5.3.7.1 Analisi dei risultati ottenuti e confronto con la configurazione 2 125
5.3.8 Configurazione 5-A 130
5.3.8.1 Analisi dei risultati ottenuti e confronto con configurazione 4-A 132
5.3.9 Configurazione 5-B 136
5.3.9.1 Analisi dei risultati ottenuti e confronto con configurazione 4-B 136
Parte 6 – Individuazione di specifiche misure gestionali atte a controllare i flussi di persone durante le fasi emergenziali 140
6.1 Procedure operative da adottare di attivazione dei dispositivi di rivelazione incendi 148
Parte 7 – Conclusioni e sviluppi futuri 152
Ringraziamenti 154
Riferimenti bibliografici 155

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Indagine condotta sui sopravvissuti all'attentato al WTC – Fonte: "Persone reali e sicurezza inclusiva – Il contributo della progettazione inclusiva alla sicurezza di tutti" di Schiavone e Zanut 14

Figura 2: Dati antropici utente standard - Fonte: Manuale di progettazione edilizia Hoepli 15

Figura 3: Dati antropici utenti standard - Fonte: Manuale di progettazione edilizia Hoepli 16

Figura 4: Mobilità degli utenti in sedia a rotelle– Fonte: "Inclusione e sicurezza: evoluzione e nuovi indirizzi della prevenzione incendi" Zanut 17

Figura 5: Accessibilità degli utenti portatori di disabilità motoria – Fonte: "Inclusione e sicurezza: evoluzione e nuovi indirizzi della prevenzione incendi" Zanut 17

Figura 6: Dati antropici utenti in carrozzina - Fonte: Manuale di progettazione edilizia Hoepli 18

Figura 7: Dati antropici utenti con disabilità motorie ambulatoriali- Fonte: Manuale di progettazione edilizia Hoepli 19

Figura 8: Fasi temporali del processo di evacuazione – Fonte: "Tempi di evacuazione e modelli automatici di simulazione del movimento delle persone" Zanut, Villani 20

Figura 9: Definizione dei tempi ASET e RSET - Fonte: D.M. 03 agosto 2015 21

Figura 10: Grafico dei tempi di pre-movimento in funzione di diversi livelli di gestione della sicurezza dell'attività - Fonte: ISO/TR16738 22

Figura 11: Tempi di pre-movimento - Fonte: ISO/TR16738 23

Figura 12: Tempo stimato di ritardo dell'inizio di una evacuazione - Fonte: "Tempo stimato di ritardo dell'inizio di una evacuazione" di Stefano Zanut e Teresa Villani 24

Figura 13: Fasi del processo di comunicazione dell'allarme dell'articolo "Alto affollamento e disabili, una sfida per il progettista" di Zanut e Villani 25

Figura 14: Larghezza efficace - Fonte: ISO/TR 16738 26

Figura 15: Larghezza dello strato limite - Fonte: ISO/TR 16738 26

Figura 16: Relazione tra densità e velocità di esodo - Fonte: ISO/TR 16738 26

Figura 17: Velocità e flusso specifico di persone transitanti in vie di esodo orizzontali e verticali – 27

Figura 18: flusso specifico di persone che attraversano un varco per unità di tempo - Fonte: ISO/TR 16738 28
Figura 19: Velocità di esodo - Fonte: ISO/TR 16738 29
Figura 20: valori di velocità degli anziani – Fonte: ”Guidelines for evacuation analysis for new and existing passenger ships – Table 3.4” 33
Figura 21: Norme per verifica, controllo e manutenzione di impianti antincendio - Fonte: D.M. 03 agosto 2015 39
Figura 22: Complesso edilizio di Galleria San Federico 41
Figura 23: Vani scala principali del complesso edilizio di Galleria San Federico 42
Figura 24: Scale di esodo piano terreno 48
Figura 25: Scale di esodo piano ammezzato 48
Figura 26: Scale di esodo terzo piano 49
Figura 27: Struttura organizzativa attuale del complesso edilizio di Galleria San Federico 52
Figura 28:Modellazione del complesso edilizio di Galleria San Federico mediante metodologia BIM 57
Figura 29: Interfaccia software MassMotion Oasy 58
Figura 30: Importazione del file IFC all'interno del software MassMotion Oasy 58
Figura 31: Generazione automatica degli elementi del modello 3D 59
Figura 32: Generazione manuale degli elementi del modello 3D 60
Figura 33: Barra dei comandi principali di modellazione degli elementi del software MassMotion Oasy 60
Figura 34: Barra dei comandi principali delle attività del software MassMotion Oasy 60
Figura 35: Barra dei comandi principali di simulazione e analisi del software MassMotion Oasy 61
Figura 36: Elementi di connessione tra i pavimenti nel modello 3D 61
Figura 37: Accessi e percorsi predefiniti nel modello 3D 62
Figura 38: Modello 3D del complesso edilizio di Galleria San Federico nel software MassMotion Oasy 64
Figura 39: Densità di affollamento per tipologia di attività - Fonte: D.M. 03 agosto 2015 68

Figura 40: Realizzazione dei portali di accesso 71
Figura 41: Realizzazione dei profili di utenti standard 71
Figura 42: Realizzazione dei profili di utenti con disabilità motoria 72
Figura 43: Realizzazione delle attività Journey all'interno dell'area pedonale della Galleria 73
Figura 44: Realizzazione delle attività Evacuation all'interno delle unità 73
Figura 45: Modello 3D nel software MassMotion Oasy 74
Figura 46: Grafico relativo all'esodo degli occupanti del complesso edilizio - Configurazione 1-A 74
Figura 47: Mappa dei percorsi di esodo - Configurazione 1-A 75
Figura 48: QR code configurazione 1-A 76
Figura 49: Realizzazione di appositi portali per l'utilizzo del comando Circulate 77
Figura 50: Realizzazione delle attività Circulate all'interno della Galleria - utenti con disabilità 77
Figura 51: Realizzazione delle attività Circulate all'interno della Galleria - utenti standard 78
Figura 52: Stazionamento degli utenti in prossimità dell'area centrale della Galleria 78
Figura 53: Grafico relativo all'esodo degli occupanti del complesso edilizio - Configurazione 1-B 79
Figura 54: Mappa dei percorsi di esodo - Configurazione 1-B 80
Figura 55:QR code configurazione 1-B 81
Figura 56: Densità di affollamento per tipologia di attività - Fonte: D.M. 03 agosto 2015 81
Figura 57: Realizzazione delle attività Evacuation all'interno delle unità 84
Figura 58: Affollamenti in prossimità dei varchi di uscita della Galleria 84
Figura 59: Grafico relativo all'esodo degli occupanti del complesso edilizio - Configurazione 2 85
Figura 60: Mappa dei percorsi di esodo – Configurazione 2 86
Figura 61: Mappa massima densità (LOS) Configurazione 1-A 88
Figura 62: Mappa massima densità (LOS) Configurazione 2 89
Figura 63: Mappa Maximum proximity – Configurazione 1-A 90
Figura 64: Mappa Maximum proximity – Configurazione 2 91
Figura 65: Grafico del rapporto di velocità - Configurazione 1-A 92
Figura 66: Grafico del rapporto di velocità - Configurazione 2 92

Figura 67: Grafico del rapporto di velocità degli utenti standard- Configurazione 1-A 93
Figura 68: Grafico del rapporto di velocità degli utenti standard - Configurazione 2 93
Figura 69:QR code configurazione 2 95
Figura 70: Area evento emergenziale 96
Figura 71: Realizzazione dei profili di utenti 97
Figura 72: Grafico relativo all'esodo degli occupanti del complesso edilizio - Configurazione 3-A 97
Figura 73: Area analizzate 98
Figura 74: Realizzazione di appositi Cordon necessari ad analizzare i flussi di utenti transitanti nelle aree soprariportate 99
Figura 75: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 2 Figura 76: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 3-A 99
Figura 77: Analisi dei flussi uscita est – C. 2 Figura 78: Analisi dei flussi uscita est – C. 3-A 100
Figura 79: Analisi dei flussi uscita sud – C. 2 Figura 80: Analisi dei flussi uscita sud – C. 3-A 100
Figura 81: Analisi dei flussi nodo ovest – C. 2 Figura 82: Analisi dei flussi nodo ovest – C. 3-A 100
Figura 83: Analisi dei flussi nodo est – C. 2 Figura 84: Analisi dei flussi nodo est – C. 3-A 101
Figura 85: Analisi dei flussi nodo sud – C. 2 Figura 86: Analisi dei flussi nodo sud – C. 3-A 101
Figura 87: Grafico del rapporto di velocità C. 2 102
Figura 88: Grafico del rapporto di velocità C 3-A 103
Figura 89:QR code configurazione 3-A 103
Figura 90: Area evento emergenziale 104
Figura 91: Realizzazione dei profili di utenti 105
Figura 92: Grafico relativo all'esodo degli occupanti del complesso edilizio - Configurazione 3-B 105

Figura 93: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 2 Figura 94: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 3-B 106
Figura 95: Analisi dei flussi uscita est – C. 2 Figura 96: Analisi dei flussi uscita est – C. 3-B 106
Figura 97: Analisi dei flussi uscita sud – C. 2 Figura 98: Analisi dei flussi uscita sud – C. 3-B 107
Figura 99: Analisi dei flussi nodo ovest – C. 2 Figura 100: Analisi dei flussi nodo ovest – C. 3-B 107
Figura 101: Analisi dei flussi nodo est – C. 2 Figura 102: Analisi dei flussi nodo est – C. 3-B 107
Figura 103: Analisi dei flussi nodo sud – C. 2 Figura 104: Analisi dei flussi nodo sud – C. 3-B 108
Figura 105:Grafico del rapporto di velocità C. 2 109
Figura 106:Grafico del rapporto di velocità C. 3-B 109
Figura 107:QR code configurazione 3-B 110
Figura 108: Disposizione dei banchi di vendita al dettaglio 110
Figura 109: Realizzazione degli appositi Token 113
Figura 110: Realizzazione di appositi Serer necessari per assegnare i percorsi preferenziali agli utenti 114
Figura 111: Realizzazione delle apposite Action da associare agli agenti 115
Figura 112: Realizzazione dei portali di entrata del modello 3D 116
Figura 113: Realizzazione dei portali di uscita del modello 3D 117
Figura 114: Individuazione dei varchi d'accesso all'edificio 117
Figura 115: Grafico relativo all'esodo degli occupanti del complesso edilizio - Configurazione 4-A 118
Figura 116: Area analizzate 119
Figura 117: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 2 Figura 118: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 4-A 119

Figura 119: Analisi dei flussi uscita est – C. 2 Figura 120: Analisi dei flussi uscita est – C. 4-A 120
Figura 121: Analisi dei flussi uscita sud – C. 2 Figura 122: Analisi dei flussi uscita sud – C. 4-A 120
Figura 123: Analisi dei flussi nodo ovest – C. 2 Figura 124: Analisi dei flussi nodo ovest – C. 4-A 120
Figura 125: Analisi dei flussi nodo est – C. 2 Figura 126: Analisi dei flussi nodo est – C. 4-A 121
Figura 127: Analisi dei flussi nodo sud – C. 2 Figura 128: Analisi dei flussi nodo sud – C. 4-A 121
Figura 129: Grafico del rapporto di velocità C. 2 122
Figura 130:Grafico del rapporto di velocità C. 4-A 123
Figura 131:QR code configurazione 4-A 123
Figura 132: Modello 3D del complesso edilzio nel software MassMotion Oasy 125
Figura 133: Grafico relativo all'esodo degli occupanti del complesso edilizio - Configurazione 4-B 126
Figura 134: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 2 Figura 135: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 4-B 126
Figura 136: Analisi dei flussi uscita est – C. 2 Figura 137: Analisi dei flussi uscita est – C. 4-B 127
Figura 138: Analisi dei flussi uscita sud – C. 2 Figura 139: Analisi dei flussi uscita sud – C. 4-B 127
Figura 140: Analisi dei flussi nodo ovest – C. 2 Figura 141: Analisi dei flussi nodo ovest – C. 4-B 127
Figura 142: Analisi dei flussi nodo est – C. 2 Figura 143: Analisi dei flussi nodo est – C. 4-B 128
Figura 144: Analisi dei flussi nodo sud – C. 2 Figura 145: Analisi dei flussi nodo sud – C. 4-B 128
Figura 146:Grafico del rapporto di velocità C. 2 129

Figura 147: Grafico del rapporto di velocità C. 4-B 129
Figura 148:QR code configurazione 4-B 130
Figura 149: Stazionemento degli occupanti in prossimità del nodo centrale della Galleria 130
Figura 150: Realizzazione delle attività Circulate all'interno della Galleria – gruppi di utenti 131
Figura 151: Realizzazione delle attività di Evacuation delle unità 132
Figura 152: Grafico relativo all'esodo degli occupanti del complesso edilizio - Configurazione 5-A 132
Figura 153: Aree analizzate 133
Figura 154: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 2 Figura 155: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 5-A 134
Figura 156: Analisi dei flussi uscita est – C. 2 Figura 157: Analisi dei flussi uscita est – C. 5-A 134
Figura 158: Analisi dei flussi uscita sud – C. 2 Figura 159: Analisi dei flussi uscita sud – C. 5-A 134
Figura 160:Grafico del rapporto di velocità C. 5-A 135
Figura 161:QR code configurazione 5-A 136
Figura 162: Grafico relativo all'esodo degli occupanti del complesso edilizio - Configurazione 5-B 136
Figura 163: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 2 Figura 164: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 5-B 137
Figura 165: Analisi dei flussi uscita est – C. 2 Figura 166: Analisi dei flussi uscita est – C. 5-B 137
Figura 167: Analisi dei flussi uscita sud – C. 2 Figura 168: Analisi dei flussi uscita sud – C. 5-B 137
Figura 169:Grafico del rapporto di velocità C. 5-B 138
Figura 170:QR code configurazione 5-B 139
Figura 171: Nuova struttura organizzativa del complesso edilizio di Galleria San Federico 141

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1:Prime azioni intraprese durante una situazione emergenziale – Fonte: "Lo studio dell'evacuazione in condizioni di emergenza: modelli di simulazione ed aspetti applicativi critici" Buldrini, Zappellini. 7

Tabella 2: Tipologia di utenza 32

Tabella 3: Individuazione degli intervalli di pre-movimento 33

Tabella 4: Velocità di esodo 34

Tabella 5: Livelli e destinazioni d'uso del complesso edilizio di Galleria San Federico 44

Tabella 6: Resistenza delle strutture del complesso edilizio di Galleria San Federico 45

Tabella 7: Superfici compartimenti uffici 45

Tabella 8: Superfici compartimenti unità commerciali comunicanti con la Galleria 46

Tabella 9: Superfici compartimenti unità commerciali non comunicanti con la Galleria 46

Tabella 10: Superfici compartimenti Cinema multisala Lux 46

Tabella 11: Superfici compartimenti locali interrati 47

Tabella 12: Superfici compartimenti autorimessa 47

Tabella 13: Verifica delle larghezze di esodo dei varchi d'uscita della Galleria 50

Tabella 14: Impianto IRAI del complesso edilizio di Galleria San Federico 51

Tabella 15: Superfici delle aperture di aerazione permanenti 52

Tabella 16: Modellazione degli oggetti mediante il software MassMotion Oasy 61

Tabella 17: Tipo di connessioni tra gli oggetti 62

Tabella 18: Tipi di attività realizzabili nel modello 3D 63

Tabella 19: Componenti delle forze generate dal software per simulare il comportamento umano 63

Tabella 20: Individuazione delle configurazioni da analizzare 65

Tabella 21: Individuazione degli intervalli di pre-movimento 66

Tabella 22: Velocità di esodo 67

Tabella 23: Affollamenti delle singole unità del complesso edilizio 70

Tabella 24: Individuazione degli utenti transitanti all'interno del complesso edilizio di Galleria San Federico nella configurazione 1-A 70

Tabella 25: Affollamenti delle singole unità del complesso edilizio 83

Tabella 26: Verifica delle larghezze di esodo dei varchi d'uscita della Galleria 83

Tabella 27: Livelli di servizio delle strade pedonali 87

Tabella 28: Livelli di servizio delle scalinate 87

Tabella 29: Livelli di servizio delle aree di attesa 88

Tabella 30:Assegnazione dei parametri per il calcolo della mappa Maximum proximity 90

Tabella 31: Assegnazione dei parametri per il calcolo del rapporto di velocità 92

Tabella 32: Affollamenti delle singole unità del complesso edilizio 112

Tabella 33: Affollamenti delle singole unità del complesso edilizio 125

Premessa

La complessità del patrimonio architettonico del nostro Paese, data certamente dal progresso ingegneristico degli ultimi decenni, ma anche dagli innumerevoli edifici storici esistenti, ha portato ad avere attività le cui strutture e conformazioni risultano esser sempre più articolate e complesse.

L'elevato grado di complessità delle geometrie di tali edifici, accostato alla pluralità di attività presenti al loro interno, sia per quantità che per tipologia di settore, molto spesso costituisce ambienti comuni caratterizzati da elevati affollamenti e tipologie di utenze diversificate tra loro. A tal proposito, risulta particolarmente rilevante lo studio e l'analisi dei flussi dei possibili fruitori dei suddetti ambienti, al fine di ottimizzare la gestione degli spazi durante il normale esercizio dell'attività e, allo stesso tempo, garantire una sicura mobilità di deflusso qualora si verificassero situazioni emergenziali. In tal modo è possibile attuare un'accurata pianificazione in funzione dei massimi affollamenti previsti e delle configurazioni spaziali identificando, così, i potenziali rischi per la sicurezza. Tuttavia, risultano evidenti le difficoltà che sussistono qualora l'opera sia esistente, in quanto si ha una limitata possibilità di modificare e adeguare gli spazi; il caso del complesso edilizio di Galleria San Federico raffigura pienamente tale condizione, in quanto risulta essere un edificio storico sottoposto, inoltre, a vincolo monumentale. Esso viene identificato come attività complessa, caratterizzata da numerose unità con diverse destinazioni d'uso (unità commerciali, cinema, uffici) prospicienti su un'ampia volumetria centrale; tale area comune è dunque caratterizzata da una promiscuità impiantistica e dei sistemi delle vie di esodo.

Grazie all'approccio di carattere prestazionale mediante l'utilizzo di strumenti della FSE è possibile comprendere la natura delle interazioni che si innescano tra gli individui stessi e valutare come quest'ultimi interagiscono con l'ambiente circostante determinando, così, specifiche misure gestionali da attuare durante la fase di esercizio dell'attività e in fase di emergenza.

Nell'ultimo decennio, grazie all'evoluzione tecnologica e all'avanzamento della ricerca informatica, il mondo dell'ingegneria della sicurezza si sta approcciando sempre di più a soluzioni di carattere qualitativo, prediligendo l'approccio prestazionale a quello di natura prescrittiva.

Queste ultime norme, infatti, oltre a far riferimento a grandezze fortemente conservative per il calcolo dei parametri meccanici di esodo, non considerano i fattori comportamentali umani: ad esempio, i sistemi di esodo vengono calcolati assumendo che gli occupanti utilizzino tutte le vie in egual misura, condizione chiaramente limitante ed errata.

Lo studio della psicologia sociale e la valutazione dei comportamenti che l'individuo assume in condizioni di pericolo, pertanto, devono esser posti alla base per una corretta progettazione.

Avendo come obiettivo la salvaguardia di vite umane, la progettazione degli spazi e dei relativi sistemi gestionali non può prescindere dai processi decisionali che stanno alla base dei

comportamenti assunti dei possibili fruitori: l'individuo elabora, infatti, le informazioni che riesce a recepire e attua un processo di problem solving, identificando determinate azioni da attuare.
In situazioni di pericolo tali processi mentali risultano essere limitati, in quanto le informazioni recepite potrebbero risultare ridotte ed ambigue; altra condizione limitante è la scarsità di tempo a disposizione per formulare tali soluzioni e per poterle metterle in pratica mediante azioni concrete.
Alla luce di quanto detto, risulta evidente l'importanza del considerare l'eterogeneità dell'utenza che usufruisce degli ambienti in esame: aspetto da non tralasciare riguarda le limitazioni fisiche e sensoriali che purtroppo contraddistinguono una percentuale sempre più alta di popolazione.
Si vuole precisare che molto spesso tali condizioni limitanti non sono identificate come tali durante l'ordinaria vita dell'individuo, ma che possono presentarsi in situazioni di crisi, come ad esempio l'evacuazione da un edificio. A tal proposito si ricorda lo studio eseguito dal noto ricercatore Proulx nel 2005 riguardante l'attentato alle Torri Gemelle: dall'analisi di tale catastrofe, eseguita grazie al prezioso contributo delle persone sopravvissute, è emerso che buona parte degli occupanti ha riscontrato difficoltà ad evacuare a causa di condizioni divenute limitanti in quel determinato contesto emergenziale, come ad esempio problemi respiratori, asma o gravidanza.
Ulteriore aspetto rilevante riguarda la sfera della disabilità cognitive, tema estremamente delicato che negli ultimi anni è oggetto di studio da parte del CNVV.F. che ha come obiettivo quello di ottimizzare i processi di comunicazione con gli utenti caratterizzati da tali limitazioni.
Oggigiorno il tema dell'utilizzo in sicurezza sia degli ambienti confinati che di quelli aperti, rappresenta una vera e propria sfida il cui obiettivo è quello di realizzare opere fruibili e che tutelino tutti gli utenti in egual misura, indipendentemente dalle diversità che li caratterizzano.
Avendo come obiettivo l'analisi dei flussi di persone transitanti all'interno di Galleria San Federico e la conseguente determinazioni di apposite misure gestionali, si è ritenuto importante considerare anche i comportamenti collettivi assunti dalla folla, in quanto determinano, non solo i tempi di evacuazione ma anche le interazioni tra gli utenti e la reattività degli stessi di fronte ad un particolare evento; nei successivi capitoli verranno trattati dettagliatamente tali aspetti, riportando studi, analisi ed esperimenti sviluppati dai maggiori esponenti in materia.
A tal proposito si vuole proporre una metodologia capace di integrare i succitati studi mediante la parametrizzazione delle caratteristiche comportamentali dell'individuo, con lo scopo di elaborare modelli realistici esplicitando le effettive peculiarità dei fruitori di tali spazi.
Grazie alla modellazione dinamica della folla e alla simulazione del comportamento umano è possibile valutare rapidamente differenti scenari, individuare eventuali criticità e ottimizzare le prestazioni di sicurezza.
Mediante l'utilizzo di tale approccio i suddetti sistemi di gestione della sicurezza assumono una funzione fondamentale, tant'è che sono equiparati alle misure di protezione attiva e passiva progettati.

Attività complesse come quelle di Galleria San Federico necessitano pertanto di un'accurata pianificazione gestionale sia durante la fase di esercizio, che in quella di emergenza: informazione, formazione e addestramento del personale addetto, prove di evacuazione, vigilanza e coordinamento in fase di emergenza sono misure primarie in quanto garantiscono il mantenimento di un prefissato livello di sicurezza nel tempo.

Risulta, dunque, indispensabile analizzare le possibili interferenze tra i flussi di persone transitanti nell'area comune della Galleria e quelli che dalle singole unità si riversano al suo interno, al fine di individuare specifiche strategie di evacuazione, oltre a determinati compiti e mansione che devono esser eseguite dal personale addestrato.

Tale obiettivo verrà perseguito valutando in un primo momento gli ordinari affollamenti della Galleria, paragonandoli successivamente ai flussi di persone che occupano la stessa in particolari periodi dell'anno (in occasione dei saldi stagionali - durante periodi natalizi – in occasioni di mostre o fiere) in quanto caratterizzano scenari nettamente più gravosi.

Parte 1 - Studio del comportamento umano in situazioni emergenziali

1.1 Individuazione delle possibili problematiche

Il principale obiettivo dell'ingegneria della sicurezza antincendio è la salvaguardia della vita umana, il quale si concretizza assicurando ad ogni occupante presente nell'area, l'arrivo in luogo sicuro.

In caso di emergenza in attività che risultano essere complesse e nei luoghi ad elevato affollamento, occorre definire i criteri e le modalità organizzative da attuare, in quanto tali scenari risultano essere caratterizzati da una molteplicità di criticità che riguardano non solo condizioni ambientali compromettenti la sopravvivenza delle persone, ma altresì la varietà di processi fisici e mentali delle persone esposte.

Esistono, inoltre, problematiche legate alla *dinamicità degli eventi:* i plurimi fattori che caratterizzano l'evento stesso sono, dunque, caratterizzati da una continua evoluzione e possono mutare celermente determinando, così, un differente scenario.

Le componenti che costituiscono uno scenario emergenziale (compresi i comportamenti delle persone stesse, civili e soccorritori) sono strettamente correlate e la loro variazione provoca dinamiche assai difficili da prevedere.

Ulteriore criticità che occorre considerare è il *contesto in cui si verifica l'evento:* le caratteristiche di ubicazione o la volumetria del complesso edilizio, spesso comportano problematiche connesse al controllo e all'estinzione dell'incendio; basti pensare a come la possibilità di utilizzo di attrezzature per lo spegnimento dell'incendio, l'accessibilità all'area soggetta all'evento o la disponibilità di risorse idriche possano condizionare le attività dei Vigili del Fuoco.

Altro fattore è la destinazione d'uso del fabbricato: un recente studio eseguito in Svezia ("How was it possible to prevent the victims of the fire? An analysis of 144 cases in the period 2011-2014 in Sweden: an analysis", Marcus Runefors, Nils Johansson, Patrick van Hees) ha dimostrato che l'80 – 90 % dei decessi legati agli incendi si ha in ambito residenziale. Dall'analisi è, infatti, emerso che molte delle vittime avrebbero potuto evacuare, ma hanno scelto di non farlo, principalmente per tentare di spegnere l'incendio, ma anche per un maggiore attaccamento verso la proprietà e il maggiore senso di sicurezza e protezione che si ha nelle proprie mura domestiche.

Un altro studio eclatante è quello di Riad del 1999, nel quale sono stati intervistati 777 cittadini provenienti da aree colpite da un uragano: il 58% non ha lasciato la propria abitazione principalmente per due motivazioni, la prima riguarda la percezione della gravità, ovvero essi credevano che la propria casa fosse "più al sicuro"; mentre la seconda motivazione riguarda la "territorialità", dunque, il voler proteggere la propria abitazione da possibili sciacallaggi ("I comportamenti collettivi durante l'evacuazione nelle emergenze", Pietrantoni, Prati).

Dalle precedenti affermazioni è chiaro come il contesto in cui ci si trova in pericolo, sia fortemente condizionante.

1.2 Analisi del comportamento delle persone in situazioni emergenziali

L'analisi dell'esodo in emergenza è stata fulcro di innumerevoli studi svolti negli ultimi decenni; in particolare, si è posta l'attenzione sull'esaminare ed approfondire le caratteristiche del comportamento umano in emergenza, analizzando aspetti fisiologici e psicologici.

Tali studi sono stati condotti al fine di definire le adeguate misure edilizie, gestionali ed impiantistiche in grado di assicurare un determinato livello di sicurezza.

Come già anticipato, l'obiettivo primario dell'ingegneria della sicurezza antincendio è la salvaguardia di vite umane; a tal proposito, occorre indagare sull'evoluzione dei comportamenti che caratterizzano le persone durante l'esodo, che riguarda non solo le reazioni dell'organismo ai prodotti della combustione, ma anche i processi mentali che governano le attività svolte dalle persone nella suddetta situazione.

Tale analisi indaga tutti quei processi psicologici e fisici che hanno origine dall'identificazione di una situazione emergenziale da parte delle persone, alla quale seguono continui processi di validazione durante l'intero evento.

Le peculiarità degli individui, nonché quelle degli ambienti in cui si verifica l'emergenza, hanno un ruolo fondamentale in quanto caratterizzano le interazioni che si manifestano tra uomo-edificio-ambiente ("Tempi di evacuazione e modelli automatici di simulazione del movimento delle persone" Stefano Zanut Teresa Villani), quali:

- Interazione tra capacità fisiche delle persone e ambiente;
- Interazione tra le capacità cognitive delle persone e l'ambiente (la risposta individuale o collettiva dipende dalla modalità con cui le persone prendono decisioni e da come percepiscono il rischio);
- Interazione tra capacità fisiche e cognitive e ambiente (si considera la sinergia degli effetti).

Dalla disamina di eventi catastrofici che hanno interessato un grande numero di persone, come l'uragano Katrina o l'attacco terroristico alle Torri Gemelle, è emerso che l'adozione di parametri unicamente meccanici dell'esodo, non permette di identificare e raffigurare i reali comportamenti degli individui, in quanto le azioni intraprese dagli stessi, risultano essere strettamente legate al tipo di risposta del cervello, alle sollecitazioni esterne.

Ulteriore fattore emerso riguarda i tempi di evacuazione: essi, infatti, sono certamente legati agli aspetti meccanici, ma hanno una forte dipendenza anche dalla psicologia di massa.

Tali analisi, pertanto, hanno permesso di sviluppare modelli utili a supportare le valutazioni ingegneristiche, basate sulla comparazione tra il tempo necessario per l'esodo e il tempo disponibile.

La succitata considerazione porta, dunque, ad approfondire due sfere comportamentali: quella propria del singolo individuo e quella scaturita qualora vi siano interazioni tra più persone, in particolare in presenza di folla.

È bene sottolineare che i processi decisionali in situazioni emergenziali sono assai differenti da quelli che si attuano nella vita ordinaria: il primo fattore dissomigliante riguarda la motivazione per il quale occorre prendere una decisione, ovvero la sopravvivenza; in secondo luogo, vi è una scarsità di tempo che porta a trascurare le alternative possibili alla soluzione trovata.
Al fine di analizzare i comportamenti umani in casi di pericolo, come un incendio, un'alluvione o altre catastrofi, si è fatto riferimento alla *psicologia sociale,* al fine di comprendere i processi di *decision making* attuati dagli individui in relazione a differenti categorie, come si evince nei successivi capitoli.
La psicologia sociale ha, inoltre, offerto interpretazioni inerenti alle interazioni sociali e ai processi decisionali attuati qualora si percepisca pericolo.
Tuttavia, la presenza di più persone influenza sia la percezione, che la risposta alla minaccia, tale aspetto è analizzato dettagliatamente in seguito.

1.2.1 Comportamento del singolo individuo

Come già anticipato, al fine di sviluppare dei modelli di calcolo ingegneristici, che rappresentino la realtà, è necessario studiare le caratteristiche comportamentali sia del singolo soggetto, che della massa, determinando così, dei tempi di evacuazione veritieri.

Questo processo di indagine mira a comprendere sia i fattori che condizionano la condotta umana, che la percezione di pericolo: si tratta, dunque, di capire quali processi mentali inducono la persona ad agire in una situazione emergenziale e quali decisioni vengono prese, a seconda dell'individuo ("Comportamento umano in caso di evacuazione" Caira, Mangione, Bontempi):

- *Genere:* da numeri studi è emerso che il comportamento tra uomo e donna varia notevolmente; se la figura maschile è più propensa a cercare di estinguere l'incendio, quella femminile tende a raggiungere i famigliari e successivamente a scappare. Interessanti ricerche condotte in Gran Bretagna e Stati Uniti hanno evidenziato i diversi comportamenti che le persone assumono a seconda del sesso, come mostrato nella tabella seguente ("Lo studio dell'evacuazione in condizioni di emergenza: modelli di simulazione ed aspetti applicativi critici" Buldrini, Zappellini):

Prima azione intrapresa	Maschi [%]	Femmine [%]
Avvisare gli altri	16.3	13.8
Cercare il fuoco	14.9	6.3
Chiamare i VVF	6.1	11.4

Prendere un vestito	5.8	10.1
Lasciare l'edificio	4.2	10.4
Raggiungere la famiglia	3.4	11.0
Lottare contro il fuoco	5.8	3.8
Prendere un estintore	6.9	2.8
Lasciare l'area	4.6	4.1
Svegliarsi	3.8	2.5
Nessuna	2.7	2.8
Telefonare ad altri vigili del fuoco	3.4	1.3
Prendere beni personali	1.5	2.5
Andare nell'area dell'incendio	1.9	2.2
Rimuovere del combustibile	1.1	2.2
Entrare nell'edificio	2.3	9.09
Cercare l'uscita	1.5	1.6
Andare verso l'allarme incendio	1.1	0.19
Telefonare ad altri	0.8	1.6
Cercare di estinguere l'incendio	1.9	0.6
Chiudere la porta dell'area dell'incendio	0.8	1.3
Attivare l'allarme incendio	1.1	0.6
Spegnere un apparecchio	0.8	0.9
Cercare un animale domestico	0.8	0.9
Altro	6.5	2.5
TOTALE INTERVISTATI	262	318

Tabella 1:Prime azioni intraprese durante una situazione emergenziale – Fonte: "Lo studio dell'evacuazione in condizioni di emergenza: modelli di simulazione ed aspetti applicativi critici" Buldrini, Zappellini.

- *Età:* lo studio di Kose del 1999 mostra che è possibile valutare le attività degli individui in funzione dell'età, usando tre categorie: abilità sensoriali, decisionali e di azione. È chiaramente intuibile come le persone anziane siano più vulnerabili agli effetti del fumo e del calore;
- *Capacità fisiche e sensoriali:* in questo caso l'esodo risulta essere rallentate sia per loro stessi che per le persone che li accompagnano;
- *Comportamento affiliativo:* la conoscenza di un edificio è un fattore assai rilevante in materia di evacuazione; il modello affiliativo proposto da Sime nel 1985 evidenzia come in caso di emergenza, gli individui tendano a muoversi verso luoghi famigliari. Il ricercatore dimostrò, quindi, che le persone in situazioni di emergenza tendono a servirsi della porta di accesso principale, anche se nelle loro immediate vicinanze vi sono uscite

d'emergenza ben segnale. Questo comportamento è dato principalmente da un sentimento di diffidenza e paura nei confronti di percorsi sconosciuti, in quanto non si ha la sicurezza di arrivare in un luogo veramente sicuro. Tale studio si discosta totalmente dalla progettazione classica e prescrittiva che prevede la progettazione delle vie di esodo mediante parametri puramente meccanici, che non considerano la psicologia umana.

- *Attaccamento sociale:* i legami sociali hanno una duplice conseguenza in fase di evacuazione; se da una parte vi è aiuto reciproco in situazioni emergenziali, dall'altro c'è un rallentamento e una riduzione della percezione di pericolo, che molto spesso portano a ripercussioni fatali;
- *Attaccamento agli oggetti:* studi condotti da Proulx nel 2003 dimostrano che i tempi di evacuazione molto spesso sono rallentati a causa dell'attaccamento agli oggetti personali; per tale ragione gli incendi innescati in ambiti residenziali hanno ripercussioni più gravose e letali (Mawson, 2005) ("Soccorso alle persone in caso di incendio in luoghi ad elevato affollamento" Dott. Pecile);
- *Cultura e responsabilità:* gli occupanti che possiedono ruoli e responsabilità tendono a comportarsi in maniera differente rispetto agli altri occupanti, influenzando spesso anche il comportamento dei loro sottoposti.

  È facilmente intuibile che, ad esempio, il proprietario di un negozio avrà un atteggiamento totalmente differente rispetto ai suoi dipendente, egli sarà, infatti, più propenso ad estinguere l'incendio piuttosto che ad abbandonare il locale;
- *Reattività:* altro aspetto da non sottovalutare, è la reattività che gli individui hanno in situazioni di emergenza: persone sotto effetto di medicine, droghe o alcool hanno una percezione del pericolo alterata e potrebbero rallentare o addirittura ostacolare l'evacuazione;
- *Attività svolte:* studi dimostrano che le persone impegnate in una attività sono più propense ad ignorare la situazione di pericolo e a rallentare l'evacuazione dal fabbricato. Tale fenomeno si verifica, in particolare, in tutte quelle attività che prevedono l'acquisto di un biglietto: si tende a non distogliere l'attenzione dall'attività intrapresa e solo un radicale cambiamento delle normali azioni e condizioni ambientali, porta gli occupanti ad esodare;
- *Comportamento in funzione delle diverse modalità di allerta:*

  -impianti di allarme: un noto studio di Proulx in ambito residenziale, dimostra che le persone, pur avvertendo l'allarme, occupano fino a due tempo necessario ad esodare, in attività non inerenti all'evacuazione; dopo avere udito l'allarme, infatti, impiegano in media tre minuti prima di iniziare ad abbandonare l'appartamento (Brennam evidenzia che nelle ore notturne le persone impiegano fino a 10 minuti per iniziare ad evacuare).

In ambiti non residenziali, un semplice allarme potrebbe esser confuso con altri suoni o esser sottovalutato in quanto allerta senza dare precise informazioni sul pericolo in atto.

Negli ultimi decenni sono stati condotti innumerevoli analisi ed approfondimenti su tale comportamento, evidenziando che il personale addestrato è più propenso ad agire correttamente e tempestivamente, condizione che difficilmente si verifica in quanto, ad eccezioni di specifici ambianti di lavoro, raramente le persone svolgono attività di addestramento.

-comunicazione vocale: è stato dimostrato che tale sistema risulta essere il più efficace per garantire l'immediata reattività degli occupanti, in quanto essi risultano essere più diretti ed inequivocabili. Aspetto determinante per l'efficacia di tale sistema di comunicazione è il contenuto del messaggio: esso infatti deve essere chiaro, udibile e completo a livello informativo.

Ancor più efficiente è la comunicazione impartita direttamente da personale esperto e specializzato.

- *Tendenza a rientrare:* tale comportamento notevolmente manifestato in situazioni emergenziali, si verifica quando gli occupanti una volta arrivati all'esterno dell'edificio e quindi in un luogo sicuro, rientrano per recuperare oggetti, animali domestici o per soccorrere familiari. Spesso tali azioni risultano essere letali. Un esempio eclatante è quello di Arundel Park nel quale un terzo degli occupanti decisero di rientrare per aiitare i propri cari o recuperare oggetti;
- *Congelamento:* con il termine comportamento di "congelamento" o "freezing" Leach nel 2004 descrive quegli atteggiamenti di totale paralisi da parte di occupanti in stato di pericolo. Tale condizione è dovuta ad un meccanismo di difesa attuato dal cervello che inibisce i movimenti simulando il comportamento degli animali in situazioni di pericolo.

1.2.2 Comportamenti collettivi

Lo sviluppo di una condizione emergenziale è sicuramente l'esito di un'interazione sociale, in cui vengono osservate e interpretate le risposte altrui, al fine di prendere determinate decisioni; più precisamente, il comportamento del singolo individuo muta in comportamento collettivo nel momento in cui l'attività di una persona è influenzata dai suoi vicini, modificando così l'atteggiamento globale.

Fino a qualche decennio fa, i movimenti della folla verso l'esterno di un edificio, venivano considerati assimilabili a quelli della fuoriuscita di un fluido da un contenitore: ovvero, grazie all'utilizzo di tutte le aperture, si pensava che l'edificio con più uscite veniva liberato in tempi minori. Tale modello idraulico, tuttavia, non tiene in considerazione dei comportamenti degli occupanti e per tale ragione non può esser considerato veritiero.

Le ricerche sui comportamenti collettivi portano a risultati positivi, in quanto, l'incertezza provocata dall'emergenza spinge le persone a colmare tale vuoto, formando reti di comunicazione con lo scopo di raccogliere informazioni.

- *Milling:* tale termine si traduce letteralmente come "ruotare come un mulino" e viene utilizzato per indicare i comportamenti adottati dalle persone nella fase iniziale dell'emergenza. Il suddetto modo di agire si identifica con il girovagare, cercare conferme, dialogare e cercare di comprendere la situazione percepita.
  Un importante studio condotto dal NIST (national institute of standards technology) che ha ricostruito il comportamento di evacuazione delle persone sopravvissute all'attacco terroristico alle Torri Gemelle, ha dimostrato che subito dopo lo schianto il 70% ha compiuto azioni diverse da quelle di esodo, prolungando spropositatamente i tempi di evacuazione. Secondo l'analisi di Proulx l'83% delle persone ha compreso la gravità della situazione già nei primi minuti, tuttavia anche dopo aver visto il fumo solo il 55% ha iniziato a scappare, il 13% ha recuperato gli oggetti personali e il 20% ha messo in sicurezza i suoi dati personali prima di evacuare ("Il comportamento umano negli incendi" Pierantoni, Prati).
  Ciò dimostra ancora una volta che al crescere del numero di persone coinvolte in un'emergenza, crescono i fattori che caratterizzano l'approccio all'evacuazione.

- *Panico:* tale condizione è stata analizzata a fondo negli ultimi decenni e ancora oggi viene utilizzata in modo improprio e frequente per descrivere situazioni di emergenza. La prima definizione di panico fu data da Quarantelli nel 1957, il quale ho classificato tale stato come comportamento asociale, assimilabile a quello di un animale, incurante dei bisogni altrui.
  Studi successivi mutano la succitata definizione e descrivono lo stato di panico come quel *comportamento collettivo in cui la capacità di giudizio e di ragionamento sono deteriorate, in cui vi sono emozioni forti di paura e in cui vi è comportamento (solitamente fuga) che può risultare in azioni autodistruttive ed eterodistruttive.* In particolare, tale stato si verifica qualora si verifichino le seguenti condizioni ("Comportamento umano in caso di evacuazione" Caira, Mangione, Bontempi):
    -ansia precedente al disastro, sotto forma di previsione che possa presentarsi un pericolo reale o come informazione da fonti autorevoli;
    -mancanza di leadership che sappia dare istruzioni chiare;
    -percezione di rimanere intrappolati per lo sbarramento dell'unica via di uscita;
    -comparsa di un fattore precipitante dell'ansia.

  A tal proposito, uno studio riguardante l'attacco terroristico alla metropolitana di Londra del 2005, ha dimostrato che nonostante le forti emozioni, le persone sono riuscite ad

esodare in modo ordinato ("I comportamenti collettivi durante l'evacuazione nelle emergenze" Pietrantoni, Prati).

Dalle precedenti affermazioni si desume che, nonostante sia comune parlare di panico di massa, tale comportamento distruttivo si verifica in casi eccezionali, nei casi in cui si verifichino le quattro condizioni sopracitate.

Proulx mediante studi afferma, infatti, che in situazioni di emergenza ed in relazione alle informazioni disponibili e alle limitate conoscenze sui comportamenti da adottare, le azioni attuate da tali persone sono state razionali e ragionate.

Il modello del panico di massa è stato, dunque, messo in discussione da diversi autori, come, ad esempio, Mawson che nel 2006 ha proposto un modello alternativo chiamato affiliativo o dell'attacamento sociale, il quale si basa su una natura gregaria delle persone ("I comportamenti collettivi durante l'evacuazione nelle emergenze" Pietrantoni, Prati).

- *Comportamento pro-sociale:* in situazioni di pericolo vi è una forte tendenza altruistica da parte delle persone coinvolte, le quali tendono ad essere cooperativi e ad aiutarsi a vicenda mostrando capacità di leadership spontanea, rischiando persino la loro vita. Tale meccanismo si manifesta specialmente qualora vi siano legami famigliari.

- *Comportamento gregario:* studi condotti da Sime e da Proux spiegano che tali comportamenti si verificano sovente in edifici pubblici, in quanto le persone tendono ad uniformarsi agli atteggiamenti altrui, rifiutando, in tal modo, di prendere iniziative che possono sembrare eccessive per le condizioni esistenti.

  Anche in situazioni ordinarie il normale flusso delle persone è influenzato dagli atteggiamenti individuali e dall'interazione tra le persone stesse; tale condizione viene notevolmente amplificata in condizioni di emergenza, quando ansia e preoccupazione prendono il sopravvento, portando, così, le persone ad aumentare la propria velocità di camminamento e interagendo fisicamente tra loro tramite spintoni (in casi limite arrivando anche a cadere e calpestarsi). In questi casi si creano code e "strutture ad arco" in prossimità delle uscite.

  Si nota, quindi, che all'aumentare della velocità, in prossimità delle uscite si hanno considerevoli rallentamenti a causa degli assembramenti che si creano; si generano, dunque, dei colli di bottiglia in prossimità delle aperture, effetto assai negativo in fase di evacuazione, definito anche come "più veloce è più lento".

  Ci sono stati innumerevoli approfondimenti su tale comportamento, ricordiamo ad esempio l'incendio di un hotel, avvenuto in Gran Bretagna, in cui le persone pur avendo percepito tempestivamente la condizione di pericolo, ritardarono l'evacuazione a causa dei legami sociali, che comportarono una letale diminuzione della velocità, a differenza

invece degli individui che risiedevano nell'albero da soli, che riuscirono ad evacuare tempestivamente.

Altro esperimento interessante è quello condotto negli anni '60 da Latanè e Darley, i quali dimostrarono quanto la psicologia sociale e le interazioni tra gli individui influenzino la percezione di pericolo e i processi decisionali ad esso associati. L'esperimento analizzò la reazione e la reattività delle persone chiuse in una stanza nella quale veniva introdotto del fumo: gli individui soli, al 75% dei casi, uscivano a chiamare soccorso, mentre nel caso di tre soggetti all'interno della stanza, la percentuale si abbassa fino al 38% e nel caso di due persone passive arrivava fino al 10%.

I risultati dei diversi studi condotti dimostrano, dunque, che i legami sociali, se da una parte hanno effetti positivi in quanto favoriscono azioni altruistiche, dall'altro lato provocano ritardi che spesso risultano essere fatali.

- *Cluster di convergenza:* molte volte i gruppi di persone si raccolgono in luoghi percepiti come sicuri, dove vi è assenza di fumo o una maggiore ventilazione e visibilità. Tale azione permette agli occupanti di vivere una situazione meno ansiosa, in quanto supportati vicendevolmente.

  I noti autori Drury e Cocking nel 2007 propongono la teoria dell'identità sociale e della categorizzazione di sé, nella quale si enfatizza il ruolo dell'appartenenza ad un gruppo nel quale si crea una identità comune e un senso di appartenenza che spinge le persone a comportamenti altruistici ("I comportamenti collettivi durante l'evacuazione nelle emergenze" Pietrantoni, Prati).

1.3 Analisi dei processi decisionali del personale esperto

Il presente capitolo ha come obiettivo l'analisi e la comprensione dei processi decisionali e della capacità di interpretazione della realtà emergenziale da parte del personale specializzato, in particolare, dei vigili del fuoco.

Negli ultimi anni si è posta particolare attenzione sulla modalità di acquisizione delle informazioni e sull'elaborazione di tali dati, determinanti le strategie e le scelte adottate da tali operatori.

Il processo decisionale multimodale (Multimodal Decision Making – MDM) proposto da Ingham (articolo "Crisis communication and multimodal decision making on the fireground", Valerie Ingham) studia gli approcci utilizzati in situazioni che presentano particolare complessità e dinamicità, al fine di sviluppare adeguati strumenti utili per la gestione delle emergenze.

Tale teoria si basa sull'analisi di innumerevoli interviste fatte agli ispettori dell'organizzazione antincendio australiana, riguardanti incidenti realmente accaduti; da tali studi emerge l'importanza della percezione visiva e della consapevolezza somatica, al fine di comprendere ciò

che accade nella realtà qualora le informazioni a disposizione risultino contraddittorie ed incomplete.
Tale teoria si differenzia, dunque, da quella più comunemente utilizzata per descrivere il processo cognitivo, ovvero dall'approccio naturalistico (Naturalistic Decision Making – NDM) il quale vede come componente determinante di tale fase, l'esperienza dell'individuo.
La ricercatrice Valerie Ingham riconosce, dunque, l'importanza delle considerazioni derivanti dalla teoria naturalistica NDM in condizioni di elevato stress psicologico, evidenziando che gli individui ricorrono certamente alle proprie esperienze durante la fase decisionale, ma che tali processi si basano su processi non scientificamente dimostrabili mediante misurazioni o calcoli.
Pertanto, il MDM è quel processo attuato in situazioni complesse e critiche derivanti da una gamma di input e percezioni derivanti dall'ambiente; la percezione visiva e la consapevolezza somatica favoriscono, dunque, il riconoscimento di eventuali discrepanze e agevolano il processo decisionale.

1.4 Caratteristiche degli occupanti

Come evidenziato nei precedenti capitoli, l'esodo è strettamente correlato al comportamento degli individui, il quale varia a seconda di determinate caratteristiche, come: genere, età, capacità fisiche - sensoriali e via dicendo.
A tal proposito, il tema delle disabilità assume particolare rilevanza, non solo in fase di progettazione, ma anche nei riguardi della gestione delle emergenze. In tali circostanze occorre considerare attentamente le persone presenti nei luoghi in cui si verifica l'evento e le loro capacità di risposta al pericolo.
Un esempio che mette in risalto tali aspetti è, ancora una volta, l'attentato dell'11 settembre, nel quale il 23% degli occupanti sopravvissuti, ha dichiarato di aver avuto difficoltà ad evacuare dall'edificio.
Tali dati confermano abbondantemente quelli suggeriti durante la conferenza mondiale sulla riduzione del rischio di catastrofi, tenuta a Sendai nel 2015, nella quale venne stimato che il 15% della popolazione mondiale presenza disabilità.
Tuttavia, occorre precisare che determinate situazioni ambientali possono compromettere le capacità di risposta all'evento; esistono, infatti, casi in cui una persona in condizioni ambientali ordinarie, non presenta particolari limitazioni, le quali però vengono scaturite da una situazione emergenziale.
A tal proposito, è opportuno considerare che la maggior parte delle disabilità risultano impercettibili, a meno dell'utilizzo di ausili come bastone o sedia a rotelle; tale aspetto assume primaria importanza in fase di gestione dell'emergenza, in quanto occorre garantire assistenza e supporto a tali utenti.

Problematica	%
Problemi respiratori (asma)	28%
Problemi di mobilità	21%
Problemi di salute mentale	15%
Problemi cardiaci	12%
Sordità o ipocusia	3%
Cecità o ipovisione	5%
Altri (gravidanza, obesità, …)	7,2 %

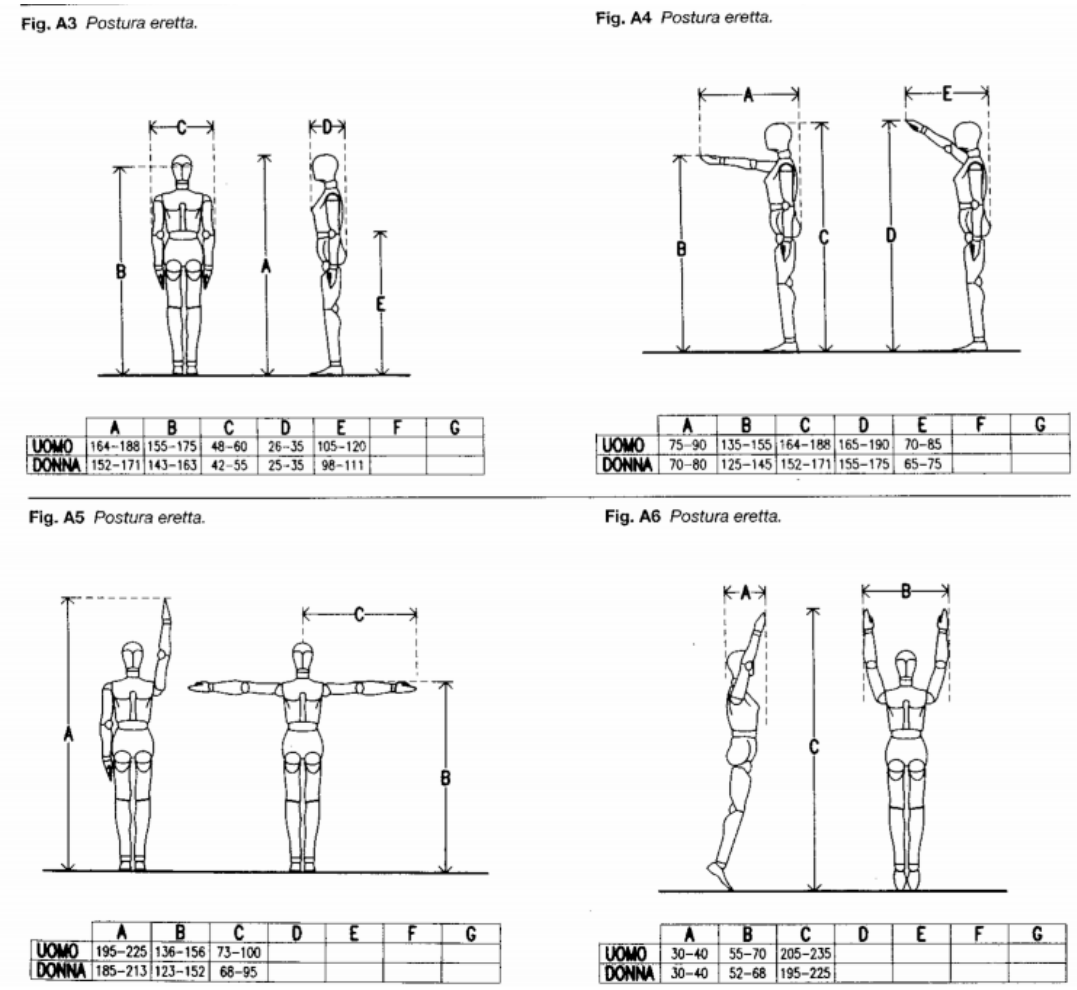
Figura 1: Indagine condotta sui sopravvissuti all'attentato al WTC – Fonte: "Persone reali e sicurezza inclusiva – Il contributo della progettazione inclusiva alla sicurezza di tutti" di Schiavone e Zanut

La tabella sovrastante mostra i risultati di un'indagine condotta su 1.767 persone evacuate durante l'attentato al WTC, estrapolata dall'articolo "Persone reali e sicurezza inclusiva – Il contributo della progettazione inclusiva alla sicurezza di tutti" di Schiavone e Zanut; risulta evidente come condizioni asma, obesità, gravidanza o semplicemente piccoli infortuni tempoJ°_
Al fine di conoscere la realtà italiana, è possibili far riferimento ai dati ISTAT riferiti all'anno 2019 in cui risulta che il 21,3% della popolazione ha delle limitazioni (di questi il 5,2% ha gravi disabilità). In particolare, la metà delle persone con gravi limitazioni ha più di 75 anni.
Inoltre, dai dati ISTAT risulta che la popolazione di sesso femminile è caratterizzata da maggiori problematiche di salute.
Altra problematica che occorre considerare è l'obesità: l'IBDO Foundation (Italian Barometer Diabetes Observatory Foundation) stima che le persone in eccesso di peso sono oltre 24 milioni, ovvero il 46% degli adulti e il 24,2% di bambini ("Aspetti connessi con la disabilità nella gestione di situazioni di emergenza" Schiavone e Zanut).
Ulteriore condizione è l'invecchiamento: l'OMS prospetta che entro il 2050 la percentuale di persone con età superiore ai 65 anni passerà dall'11% al 22%; tale dato è sicuramente rilevante in quanto aumenterà il numero di persone vulnerabili ("Aspetti connessi con la disabilità nella gestione di situazioni di emergenza" Schiavone e Zanut).

1.4.1 Identificazione dei profili degli occupanti – Dati antropici e cognitivi

- **Utenti standard**

In tale categoria rientrano tutti quegli utenti normodotati che possiedono condizioni cognitive e fisiche buone. Di seguito si riportano i dati antropici presenti nel manuale di progettazione edilizia Hoepli:



	A	B	C	D	E	F	G
UOMO	164–188	155–175	48–60	26–35	105–120		
DONNA	152–171	143–163	42–55	25–35	98–111		

	A	B	C	D	E	F	G
UOMO	75–90	135–155	164–188	165–190	70–85		
DONNA	70–80	125–145	152–171	155–175	65–75		

	A	B	C	D	E	F	G
UOMO	195–225	136–156	73–100				
DONNA	185–213	123–152	68–95				

	A	B	C	D	E	F	G
UOMO	30–40	55–70	205–235				
DONNA	30–40	52–68	195–225				

Figura 2: Dati antropici utente standard - Fonte: Manuale di progettazione edilizia Hoepli

- **Utenti con passeggino**

Tale utenza risulta essere normodotata ma con dimensioni e velocità differenti rispetto ad un utente standard. Essi, infatti, possiedono velocità minore a causa dell'ingombro: gli viene assegnata una velocità corrispondente ad un individuo in presenza di un ostacolo.
Per quanto riguarda i dati antropici, si aggiunge un ingombro pari a 60 x 90 cm alle dimensioni sopracitate.

- **Utenti con bambino**

Anche questa categoria tratta utenza con condizioni cognitive e fisiche ordinarie, accompagnata da bambini, i quali possiedono dimensioni e velocità inferiori. Per tale ragione l'utente adulto in fase di esodo si adatterà all'andamento del bambino, assumendo una velocità rallentata rispetto all'utenza standard.
Di seguito si riportano i dati antropici presenti nel manuale di progettazione edilizia Hoepli:

Fig. J2 *Percorsi.*

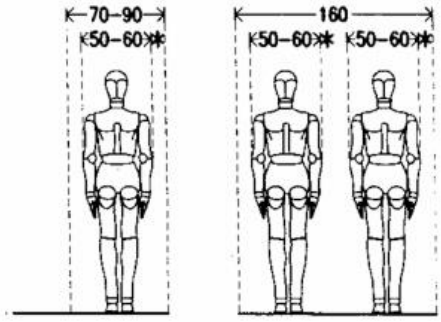


Figura 3: Dati antropici utenti standard - Fonte: Manuale di progettazione edilizia Hoepli

- **Utenti con buste**

Tali utenti possiedono caratteristiche fisiche standard; per quanto riguarda l'andamento, nelle verifiche di esodo gli sarà associata una velocità pari a quella di un utente in presenza di un ostacolo, a causa dell'ingombro delle buste che devono trasportare.

- **Gruppi di utenti**

Come si è analizzato nel capitolo riguardante il comportamento umano in caso di emergenza, i gruppi di persone oltre a recepire il segnale di pericolo in ritardo, modulano la propria velocità in funzione dell'utente più lento.

- **Utenti anziani**

Tale utenza potrebbe presentare limiti sensoriali e di mobilità a causa della vecchiaia. In fase di modellazione dell'esodo gli sarà attribuito un ritardo nei tempi di pre-movimento ed una velocità minore rispetto ad un utente standard.

CATEGORIE DI UTENTI CON DISABILITA'

Di seguito viene analizzata la classificazione proposta dalla NFPA nel manuale "Emergency Evacuation Planning Guide for People with Disabilities".

- **Utenti con limitazioni fisiche**

Le persone con disabilità motorie possono utilizzare ausili, quali: stampelle, bastone, carrozzina o deambulatore. Gli utenti che si servono di tali dispositivi hanno difficoltà ad accedere e ad uscire dall'edificio, specialmente in condizioni emergenziali.

In tali casi per gli utenti può risultare complicato evacuare e spesso necessitano dell'aiuto di un personale qualificato, per raggiungere l'uscita d'emergenza.

Esistono, inoltre, limitazioni fisiche che riguardano la parte superiore del corpo: in tal caso l'utenza non ha difficoltà nel raggiungere il luogo sicuro autonomamente, ma può riscontrare problematiche nel compiere azioni "attive" durante la situazione emergenziale, come schiacciare un pulsante di allarme, utilizzare l'estintore e via dicendo.

Utenti in sedia a rotelle

La maggior parte delle problematiche che riscontrano tali utenti riguardano gli spostamenti, in particolare, l'attraversamento di percorsi ripidi o che presentano forti asperità, oppure l'eseguire manovre in ambienti ristretti, oltre che all'impossibilità di accedere alle scale; per tali ragioni vengono realizzati dei locali a loro dedicati, appositamente studiati per ospitarli ed attendere l'arrivo dei soccorritori.

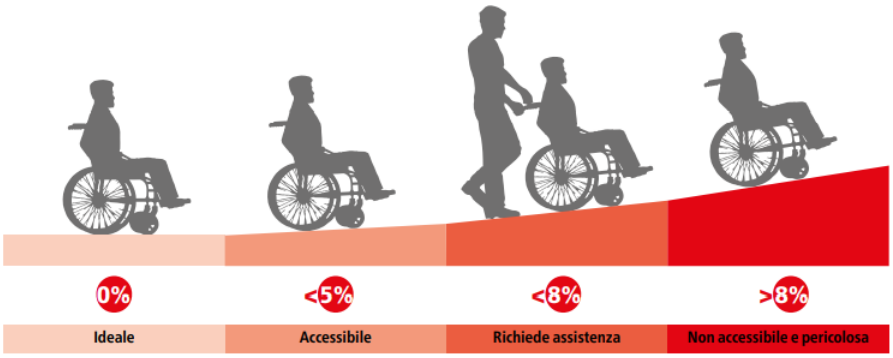


Figura 4: Mobilità degli utenti in sedia a rotelle– Fonte: "Inclusione e sicurezza: evoluzione e nuovi indirizzi della prevenzione incendi" Zanut

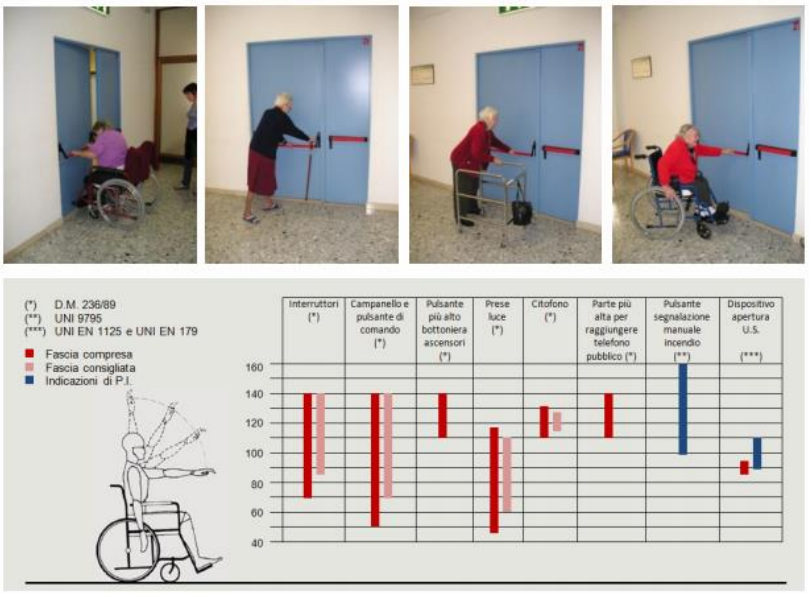
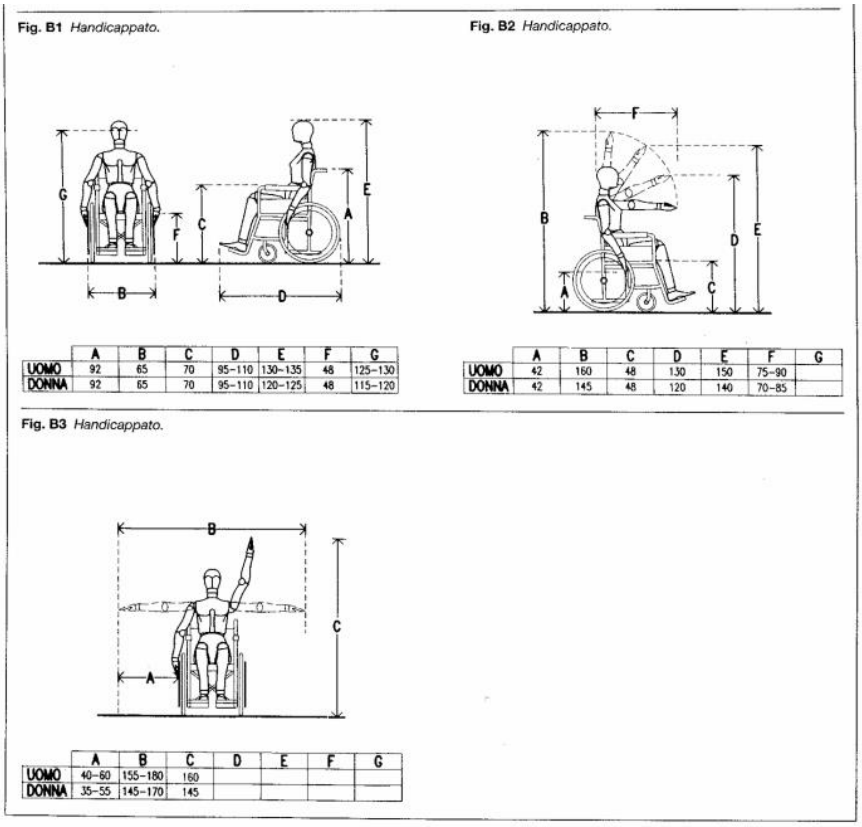


Figura 5: Accessibilità degli utenti portatori di disabilità motoria – Fonte: "Inclusione e sicurezza: evoluzione e nuovi indirizzi della prevenzione incendi" Zanut

Dell'immagine soprariportata risulta evidente che, ulteriore criticità per gli utenti in carrozzina, è l'accessibilità ai dispositivi, quali: interruttori, pulsanti ed interruttori; altro aspetto rilevante riguarda la visibilità della segnaletica che potrebbe risultare limitata a causa dell'altezza della visuale.

Di seguito si riportano i dati antropici presenti nel manuale di progettazione edilizia Hoepli:



	A	B	C	D	E	F	G
UOMO	92	65	70	95–110	130–135	48	125–130
DONNA	92	65	70	95–110	120–125	48	115–120

	A	B	C	D	E	F	G
UOMO	42	160	48	130	150	75–90	
DONNA	42	145	48	120	140	70–85	

	A	B	C	D	E	F	G
UOMO	40–60	155–180	160				
DONNA	35–55	145–170	145				

Figura 6: Dati antropici utenti in carrozzina - Fonte: Manuale di progettazione edilizia Hoepli

Utenti con disabilità motorie ambulatoriali

In questa categoria ricadono tutte quelle persone che possono camminare, ma con difficoltà e che hanno una disabilità che influisce sull'andatura. Si tratta, dunque, di persone che usano stampelle, bastoni, deambulatori, arti artificiali o scarpe ortopediche.

Le attività che risultano complicate sono, quindi, camminare, salire gradini o pendii e stare in piedi per lunghi periodi di tempo.

Di seguito si riportano i dati antropici presenti nel manuale di progettazione edilizia Hoepli:

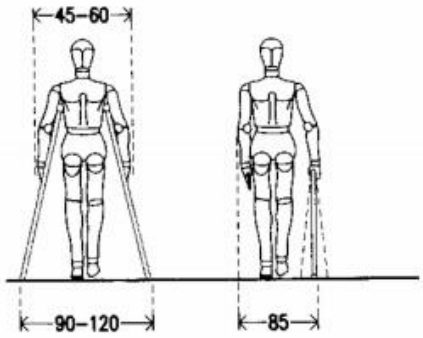


Fig. J5 *Percorsi.*

Figura 7: Dati antropici utenti con disabilità motorie ambulatoriali- Fonte: Manuale di progettazione edilizia Hoepli

Utenti con problematiche respiratorie

Le persone con problemi respiratori possono evacuare autonomamente, ma con tempi dilatati a causa dell'affaticamento e delle possibili vertigini che possono insorgere.

- **Utenti con disabilità sensoriali**

Utenti ipovedenti o non vedenti

In questa categoria rientrano gli utenti che presentano limitazioni alla vista, da quelle più lievi fino alla totale cecità.
Sono comprese, dunque, anche le persone che distinguono i colori e i grandi caratteri ma che hanno difficoltà a vedere le piccole scritte o la segnaletica poco illuminata. Per tali ragioni gli utenti ipovedenti o non vedenti utilizzano il tatto e l'udito per percepire ciò che li circonda; spesso si aiutano con bastoni o animali addestrati.
L'assenza di un senso come la vista porta un'ostruzione notevole durante gli eventi emergenziali e potrebbe compromettere la capacità di evacuare; per tale motivo occorre prevedere specifica segnaletica (come sistemi sonori, mappe tattili, sistemi loges) e adeguata assistenza.

Utenti ipoudenti o non udenti

Anche in questo caso ricadono tutti gli utenti hanno problematiche dalle più lievi a quelle totali. Tale disabilità porta gli utenti a non percepire i segnali sonori come gli allarmi o i sistemi EVAC, provocando ritardi considerevoli in fase di evacuazione. A tal proposito occorre prevedere sistemi alternativi come dispositivi vibranti e segnaletica luminosa.

Le persone ipoudenti spesso si aiutano combinando i suoni con la lettura del labiale, per tale ragione devono poter vedere chiaramente il viso del proprio interlocutore, il quale dovrà parlare in modo lento.

- **Utenti con disabilità cognitive**

Le disabilità impediscono agli utenti di elaborare e comprendere informazioni; tali disturbi possono essere causati da un'ampia gamma di condizioni come sclerosi multipla, depressione, morbo di Alzheimer, morbo di Parkinson, ictus, autismo o la sindrome di down.
Comprende tutte quelle condizioni che diminuiscono o alterano la capacità di elaborare le informazioni ricevute dai sensi; per tale ragione gli utenti con limitazioni cognitive non sono autonome in fase di emergenza e richiedono particolare assistenza.

1.5 Fasi temporali del processo di evacuazione

L'entrata in vigore del Codice di Prevenzione Incendi (D.M. 3 agosto 2015) ha favorito l'utilizzo dell'approccio prestazione alla sicurezza antincendio, ovvero, della Fire Safety Engineering, approccio ingegneristico analizzato nella sezione M (Metodi) del succitato testo unico.
Come già evidenziato, il D.M. 3 agosto 2015 ha promosso un radicale cambiamento della prevenzione incendi: esso, infatti, marca il passaggio da una logica prescrittiva, ad un approccio prestazionale, in cui il progettista ha l'opportunità di adottare soluzioni alternative dimostrando la loro validità.
La sezione M del Codice delinea le procedure che devono essere utilizzate per tale progettazione, avendo come scopo finale la salvaguardia di vite umane.

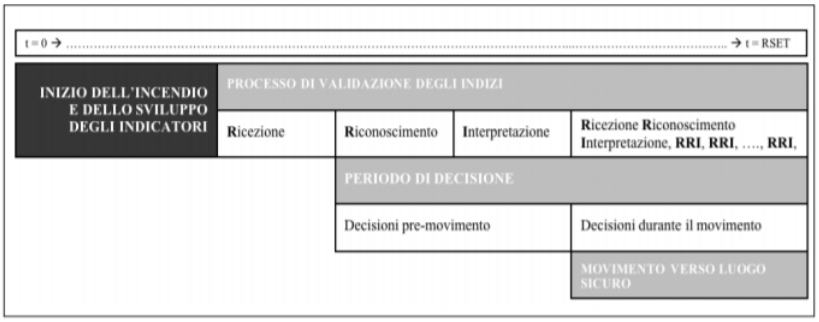


Figura 8: Fasi temporali del processo di evacuazione – Fonte: "Tempi di evacuazione e modelli automatici di simulazione del movimento delle persone" Zanut, Villani

Il tempo è l'elemento cardine di tale analisi; in particolare, vengono confrontati due intervalli di tempo, identificati nei riferimenti internazionali come:

- Il tempo disponibile per l'esodo ASET (Available safe escape time);
- Il tempo richiesto per l'esodo RSET (Required safe escape time).

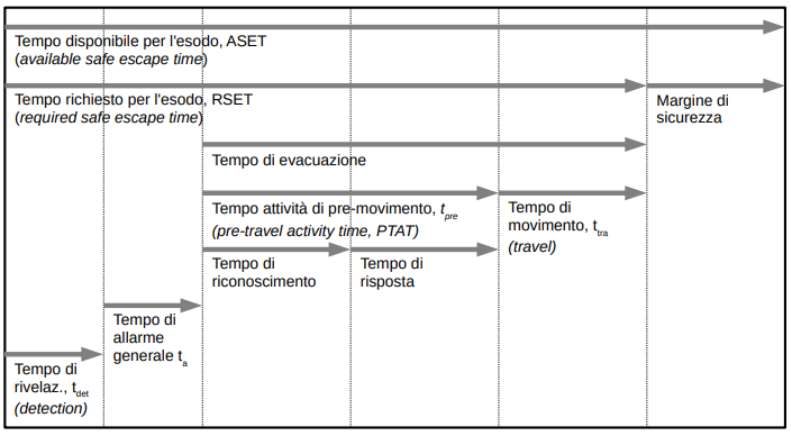


Figura 9: Definizione dei tempi ASET e RSET - Fonte: D.M. 03 agosto 2015

La condizione di sicurezza è garantita qualora sia verificato ASET>RSET, ovvero, quando il tempo in cui persistono le condizioni non incapacitanti per gli occupanti è superiore a quello necessario per raggiungere un luogo sicuro.

La differenza tra ASET ed RSET rappresenta il margine di sicurezza per la salvaguardia della vita (t_{marg} = ASET-RSET), tempo che deve essere sempre superiore a 30 secondi.

Il calcolo del valore di ASET richiede la stima delle concentrazioni dei prodotti della combustione; la norma ISO 13571 definisce tale valore come il più piccolo tra gli ASET calcolati secondo quattro modelli:

- Modello dei gas tossici (FED, fractional effective dose);
- Modello dei gas irritanti (FEC, fractional effective concentration);
- Modello del calore;
- Modello dell'oscuramento della visibilità da fumo.

L'intervallo di tempo RSET, ovvero, il tempo impiegato dalle persone per allontanarsi dall'area investita dall'evento, viene calcolato mediante la norma ISO/TR 17 738: esso è determinato dalla sommatoria di più intervalli, ognuno dei quali è associato ad una specifica componente:

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

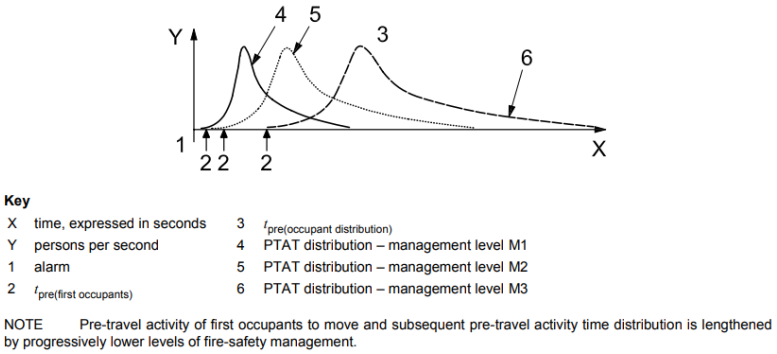
Dove:

- t_{det}: il tempo di rivelazione (detection time) è il tempo che intercorre tra il momento di innesco dell'incendio e la sua rivelazione (tramite sistema automatico o manuale);
- t_a: il tempo di allarme (alarm time) è il tempo che intercorre tra il momento in cui viene rivelato l'incendio e quello in cui vengono allertati gli occupanti;
- t_{pre}: il tempo di pre-movimento (pre-movement time) è il tempo che intercorre tra il momento in cui viene percepito l'allarme e quello in cui gli occupanti iniziano ad esodare. Esso è dato dalla somma di due ulteriori sottointervalli, quali: il tempo di ricognizione e il tempo di risposta;

- t_{tra}: il tempo di movimento (travel time) è il tempo necessario alle persone per evacuare e raggiungere un luogo sicuro.

1.5.1 Tempo di pre-movimento

Come esplicitato precedentemente, trascorre un tempo non trascurabile prima che le persone si dirigano verso le uscite dal locale in cui si verifica l'emergenza; tale stima risulta, ancora oggi, molto complicata, a causa della quantità e della variabilità delle cause che la definiscono.
Esse, infatti, sono correlate ad innumerevoli aspetti, come le attività svolte, la famigliarità del luogo in cui ci si trova, gli attaccamenti sociali che intercorrono tra gli occupanti, le abilità fisiche e cognitive di questi ultimi, specifici addestramenti ed istruzioni fornite ed, anche, la tipologia di allerta esistente nell'edificio in questione.
Gli aspetti sopracitati sono solo alcuni dei fattori che influenzano tale arco temporale; a causa di questa complessità, numerosi studiosi hanno analizzato alcuni eventi catastrofici, identificando le caratteristiche e i comportamenti tenuti dagli occupanti, al fine di stimare tempi il più possibile veritieri.
La normativa ISO/TR 16738 offre indicazioni riguardanti la distribuzione dei tempi di pre-movimento in funzione di diversi livelli di gestione della sicurezza dell'attività.



Key

X	time, expressed in seconds	3	$t_{pre(occupant\ distribution)}$
Y	persons per second	4	PTAT distribution – management level M1
1	alarm	5	PTAT distribution – management level M2
2	$t_{pre(first\ occupants)}$	6	PTAT distribution – management level M3

NOTE Pre-travel activity of first occupants to move and subsequent pre-travel activity time distribution is lengthened by progressively lower levels of fire-safety management.

Figura 10: Grafico dei tempi di pre-movimento in funzione di diversi livelli di gestione della sicurezza dell'attività - Fonte: ISO/TR16738

In particolare, si nota come successivamente al movimento dei primi individui, ci sia un rapido aumento del numero di occupanti che esodano; inoltre, il diagramma mostra una considerevole dilatazione dei tempi in funzione del tipo di gestione, della qualità degli avvisi forniti e dalle caratteristiche degli occupanti stessi.

Table E.2 — Suggested pre-travel activity times for different design behavioural scenario categories

Scenario category and modifier levels [a]	First occupants t_{pre} (1st percentile)	Occupant distribution t_{pre} (99th percentile)
A: Awake and familiar		
M1 B1 – B2 A1 – A2 [a]	0,5	1,5
M2 B1 – B2 A1 – A2	1	3
M3 B1 – B2 A1 – A3	> 15 [b]	> 30 [b]
For B3, add 0,5 for way-finding.	—	—
M1 normally requires a voice alarm/PA if unfamiliar visitors likely to be present.	—	—
B: Awake and unfamiliar		
M1 B1 A1 – A2	0,5	2,5
M2 B1 A1 – A2	1,0	4,0
M3 B1 A1 – A3	> 15 [b]	> 30 [b]
For B2, add 0,5 for way-finding.	—	—
For B3, add 1,0 for way-finding.	—	—
M1 normally requires a voice alarm/PA.	—	—
Ci: Sleeping and familiar (e.g. dwellings, individual occupancy)		
M2 B1 A1	5 [b]	10 [b]
M3 B1 A3	10 [b]	> 40 [b]
For other units in a block, assume 1 h.	—	—
Cii: Managed occupancy (e.g. serviced apartments, hall of residence)		
M1 B2 A1 – A2	10 [b]	30 [b]
M2 B2 A1 – A2	15 [b]	40 [b]
M3 B2 A1 – A3	> 20	> 40
Ciii: Sleeping and unfamiliar (e.g. hotel, boarding house)		
M1 B2 A1 – A2	15 [b]	30 [b]
M2 B2 A1 – A2	20 [b]	40 [b]
M3 B2 A1 – A3	> 20 [b]	> 40 [b]
For B3, add 1,0 for way-finding.	—	—
M1 normally requires a voice alarm/PA.	—	—

Figura 11: Tempi di pre-movimento - Fonte: ISO/TR16738

La suddetta norma offre, inoltre, diversi tempi di pre-movimento in funzione del livello di gestione della sicurezza dell'attività (M1, M2, M3), della complessità dell'edificio (B1, B2, B3) e della qualità dell'allarme (A1, A2, A3) considerando prestazioni decrescenti dalla classe 1 alla 3. Altri riferimenti utili a stimare tali valori, sono contenuti nella tabella 1 dell'articolo "Tempo stimato di ritardo dell'inizio di una evacuazione" di Stefano Zanut e Teresa Villani, la quale riporta differenti tempistiche legate alla tipologia di allarme (sistema di comunicazione verbale, sistema preregistrato e sistema di allarme).

Tabella 1 - TEMPO STIMATO DI RITARDO DELL'INIZIO DI UNA EVACUAZIONE (*)

Edificio	Caratteristiche degli occupanti	W1 (min)	W1 (min)	W1 (min)
Uffici, edifici commerciali e industriali, scuole, collegi ed università.	Svegli e con famigliarità con edificio, sistema di allarme e procedure di evacuazione.	< 1	3	> 4
Negozi, musei, centri sportivi ed altri edifici destinati a con sale per assemblea.	Svegli ma senza famigliarità con edificio, sistemi di allarme e procedure di evacuazione.	< 2	3	> 4
Dormitori, edifici residenziali a media ed elevata altezza.	Addormentati, ma con notevole famigliarità con edificio, sistema di allarme e procedure di evacuazione.	< 2	4	> 4
Hotel e case d'affitto.	Addormentati e senza famigliarità con edificio, sistema di allarme e procedure di evacuazione	< 2	4	> 4
Ospedali, case di cura e strutture simili.	Un notevole numero di persone può necessitare di assistenza	< 3	4	> 4

W1: sistema di comunicazione verbale posto in una centrale di controllo con sistema televisivo a circuito chiuso, oppure indicazioni fornite da personale appositamente formate in tal senso e che possano essere udite da tutti gli occupanti dell'edificio.
W2: Sistema preregistrato e/o informazioni di allarme con pannelli luminosi ed operatori formati
W3: Sistema di allarme senza operatori formati

(*) *Da: Fire Safety Engineering in Buildings, "Part. 1: Guide to the application of fire safety engineering principles", 1997)*

Figura 12: Tempo stimato di ritardo dell'inizio di una evacuazione - Fonte: "Tempo stimato di ritardo dell'inizio di una evacuazione" di Stefano Zanut e Teresa Villani

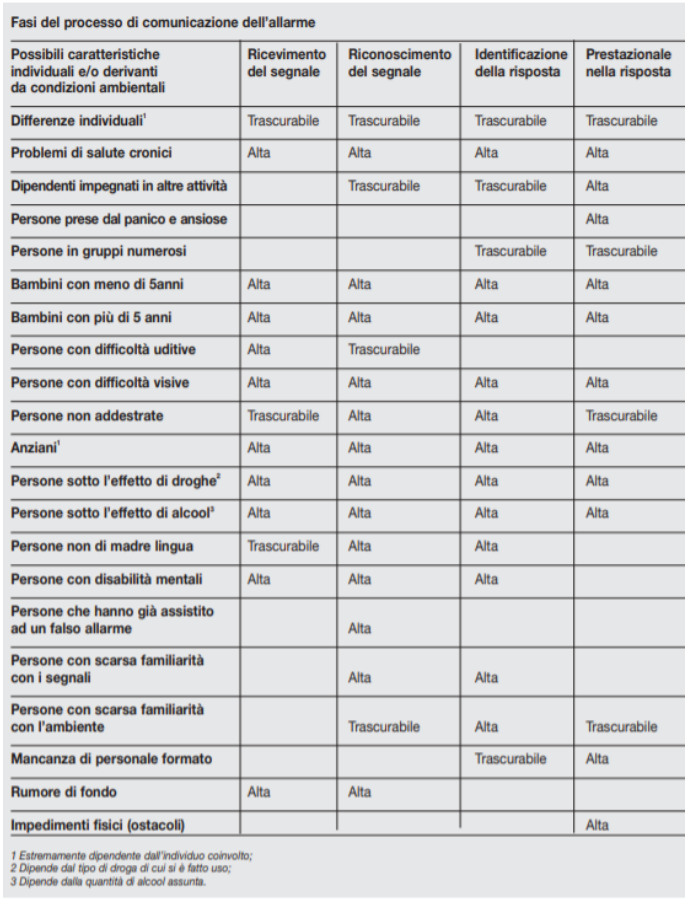
Tuttavia, occorre considerare diverse fasi del processo di comunicazione dell'allarme, in funzione di ciascun profilo degli occupanti, associando ad essi un determinato livello di difficoltà di comunicazione dell'allarme. A tal proposito si è fatto riferimento alla tabella riguardante le fasi del processo di comunicazione dell'allarme dell'articolo "Alto affollamento e disabili, una sfida per il progettista" di Zanut e Villani.

Tale analisi è stata eseguita considerando quattro fasi del processo di comunicazione dell'allarme:

- ricevimento del segnale;
- riconoscimento del segnale;
- identificazione della risposta;
- prestazione della risposta.

La difficoltà di recepimento dell'allarme è stata distinta in quattro livelli:

- alto: elevata difficoltà;
- Trascurabile: l'occupante percepisce l'allarme in ritardo;
- Nulla: nessuna difficoltà.



Fasi del processo di comunicazione dell'allarme

Possibili caratteristiche individuali e/o derivanti da condizioni ambientali	Ricevimento del segnale	Riconoscimento del segnale	Identificazione della risposta	Prestazionale nella risposta
Differenze individuali[1]	Trascurabile	Trascurabile	Trascurabile	Trascurabile
Problemi di salute cronici	Alta	Alta	Alta	Alta
Dipendenti impegnati in altre attività		Trascurabile	Trascurabile	Alta
Persone prese dal panico e ansiose				Alta
Persone in gruppi numerosi			Trascurabile	Trascurabile
Bambini con meno di 5anni	Alta	Alta	Alta	Alta
Bambini con più di 5 anni	Alta	Alta	Alta	Alta
Persone con difficoltà uditive	Alta	Trascurabile		
Persone con difficoltà visive	Alta	Alta	Alta	Alta
Persone non addestrate	Trascurabile	Alta	Alta	Trascurabile
Anziani[1]	Alta	Alta	Alta	Alta
Persone sotto l'effetto di droghe[2]	Alta	Alta	Alta	Alta
Persone sotto l'effetto di alcool[3]	Alta	Alta	Alta	Alta
Persone non di madre lingua	Trascurabile	Alta	Alta	
Persone con disabilità mentali	Alta	Alta	Alta	
Persone che hanno già assistito ad un falso allarme		Alta		
Persone con scarsa familiarità con i segnali		Alta	Alta	
Persone con scarsa familiarità con l'ambiente		Trascurabile	Alta	Trascurabile
Mancanza di personale formato			Trascurabile	Alta
Rumore di fondo	Alta	Alta		
Impedimenti fisici (ostacoli)				Alta

1 Estremamente dipendente dall'individuo coinvolto;
2 Dipende dal tipo di droga di cui si è fatto uso;
3 Dipende dalla quantità di alcool assunta.

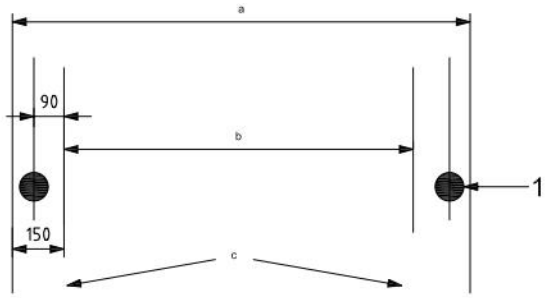
Figura 13: Fasi del processo di comunicazione dell'allarme dell'articolo "Alto affollamento e disabili, una sfida per il progettista" di Zanut e Villani

1.5.2 Tempo di movimento

Per quanto riguarda il movimento delle persone, sono stati eseguiti numerosi studi con l'intento di sviluppare strumenti utili per una corretta progettazione dell'esodo.

Larghezza dei percorsi:

La norma ISO/TR 16738 tratta, inoltre, le larghezze dei percorsi di esodo, analisi utili per la previsione dei tempi di evacuazione. La suddetta normativa propone gli studi del noto Pauls, revisionati successivamente dal ricercatore Proulx, nei quali sono state analizzate numerose evacuazioni di edifici; in tal modo Pauls ha osservato che, non solo la portata delle scale è funzione lineare della larghezza, ma anche che la grandezza di riferimento per il calcolo dell'esodo è la larghezza efficace e non la larghezza totale.



Key

1 handrail

a Nominal stair width.

b Effective width.

c Area of tread use.

Figura 14: Larghezza efficace - Fonte: ISO/TR 16738

Le persone si muovono mantenendo una certa distanza dagli ostacoli, al fine di avere un certo spostamento laterale che garantisce equilibrio durante il movimento.

La larghezza efficace è data, dunque, dalla sottrazione di un valore funzione del tipo di ostacolo, alla larghezza libera, come si vede in tabella.

Table G.1 — Boundary layer widths

Exit route element	Boundary layer mm
Theatre chairs, stadium benches	0
Railings, handrails [a]	89
Obstacles	100
Stairways, doors, archways	150
Corridor, ramp walls	200
Wide concourses, passageways	460

[a] Where handrails are present, use the value resulting in the lesser effective width.

Figura 15: Larghezza dello strato limite - Fonte: ISO/TR 16738

<u>Relazione tra densità e velocità:</u>

la stessa normativa propone analisi riguardanti le velocità orizzontali e verticali.

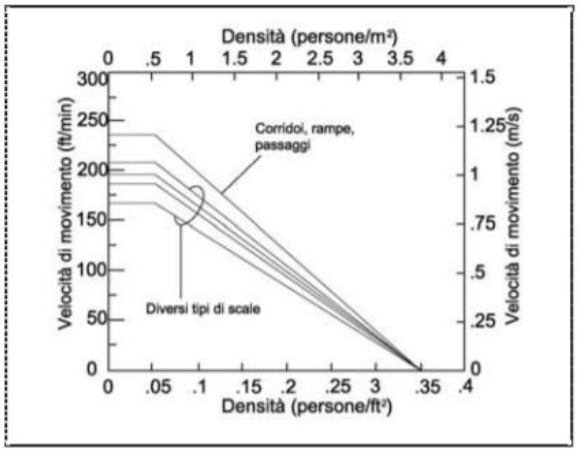


Figura 16: Relazione tra densità e velocità di esodo - Fonte: ISO/TR 16738

Gli studi di Nelson e Mowrer hanno dimostrato la seguente relazione tra velocità di camminamento e densità di affollamento:

$$S=k - akD$$

Dove:

- S è la velocità [m/s];
- K è una costante;
- A è pari a 0,266 mq/persona;
- D è densità [persona/mq].

Tale relazione dimostra che:

- se la densità di affollamento supera il valore di 3,8 persona/mq, il movimento degli occupanti si interrompe;
- se la densità di affollamento è inferiore a 0,55 persona/mq non vi è interferenza tra le persone e la velocità è quella individuale (la formulazione si semplifica come segue: S=0,85k);
- se la densità è tra i valori pari a 0,55 e 3,8 persone/mq allora la velocità è legata alla densità con la relazione precedentemente esplicitata.

Exit route element		k [a]	**Travel speed** m/s	**Maximum specific flow** F_{Smax} persons/m/s of effective width
Corridor, aisle, ramp, doorway		1,40	1,19	1,19
Stair riser mm	Stair tread mm	—	—	—
191	254	1,00	0,85	0,94
178	279	1,08	0,95	1,01
165	305	1,16	1,00	1,09
165	330	1,23	1,05	1,16
[a] Constants for Equation (G.1), effects of density on travel speed.				

Figura 17: Velocità e flusso specifico di persone transitanti in vie di esodo orizzontali e verticali – Fonte: ISO/TR 16738

La tabella si evince che la velocità verticale è dipendente dalle dimensioni di alzata e pedata; mentre la velocità orizzontale risulta pari 1,19 m/s.

Si precisa, tuttavia, che le relazioni e i valori ricavati dagli studi cui sopra, riguardano gruppi di persone che non presentano alcuna limitazione motoria, dunque, una utenza che non può esser considerata reale.

In merito a quanto detto, il noto Proulx eseguì ulteriori valutazione con l'intento di colmare tale lacuna: egli determinò una velocità pari a 0,45 m/s nel caso di anziani o bambini con età inferiore ai 6 anni; mentre, per quanto riguarda un adulto impedito nel moto da carrelli, bambini per mano, passeggini o bagagli determinò una velocità compresa tra i 0,22 e 0,79 m/s.

Flusso specifico:

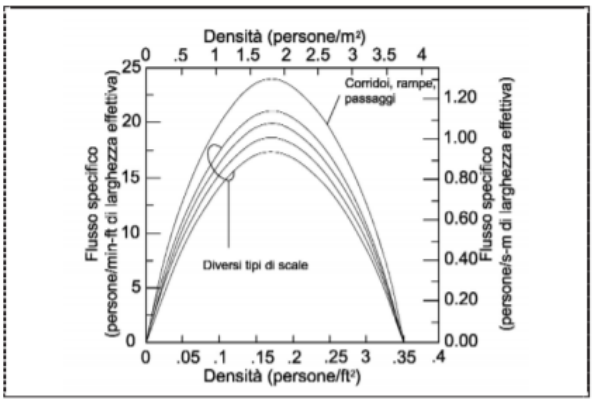


Figura 18: flusso specifico di persone che attraversano un varco per unità di tempo - Fonte: ISO/TR 16738

Il flusso specifico di persone che attraversano un varco per unità di tempo è pari a:

$$Fs= S*D$$

Dove:

- Fs è il flusso specifico [persone/sm];
- D è la densità [persona/mq];
- S è la velocità [m/s].

Combinando le due relazioni succitate si ottiene:

$$Fs = (1 - aD)\ kD$$

All'aumentare della densità di affollamento, il flusso specifico aumenta fino ad una densità massima di 1,9 persone/mq. Per densità maggiori la portata si riduce (risulta pari a 0 per valori di densità uguali a 3,77 persone/mq).

Moltiplicando tale valore per la larghezza efficace si ricava il numero di persone che attraversa l'apertura nell'unità di tempo:

$$Fc= Fs * Le$$

Dove:

- Fc è il flusso calcolato [persone/sm];
- Fs è il flusso specifico [persone/sm];

- Le è la larghezza efficace [m].

Le succitate relazioni dimostrate da Nelson e proposte dalla norma ISO/TR 16738, permettono di calcolare, inoltre, il tempo necessario per transitare in un passaggio:

tp = P/Fc

dove:

- P è il numero di persone nel locale;
- Fc è il flusso calcolato [persone/sm];
- Tp è il tempo di passaggio [s].

La suddetta norma offre dati differenziati a seconda della tipologia di utenza:

Type of situation		Measured travel speeds m/s (ft/min)				
Population density is reportedly not a factor	Transport terminals [51]	1,35 (265) on walkways				
	Average under "normal conditions" [55]	1,0				
	Experiment with disabled subjects [13]	**Min.**	**1st quartile**	**3rd quartile**	**Max.**	**Mean**
	On horizontal surfaces:					
	All disabled subjects	0,10	0,71	1,28	1,77	1,00
	With locomotion disability	0,10	0,57	1,02	1,68	0,80
	No aid	0,24	0,70	1,02	1,68	0,95
	Crutches	0,63	0,67	1,24	1,35	0,94
	Cane	0,26	0,49	1,08	1,60	0,81
	Walker/rollator	0,10	0,34	0,83	1,02	0,57
	Without locomotion disability	0,82	1,05	1,34	1,77	1,25
	Unassisted wheelchair	0,85	—	—	0,93	0,89
	Assisted ambulant	0,21	0,58	0,92	1,40	0,78
	Assisted wheelchair	0,84	1,02	1,59	1,98	1,30
	On upward incline:					
	All disabled subjects	0,21	0,42	0,74	1,32	0,62
	With locomotion disability	0,21	0,42	0,72	1,08	0,59
	No aid	0,30	0,48	0,87	1,08	0,68
	Crutches	0,35	—	—	0,53	0,46
	Cane	0,21	0,38	0,70	1,05	0,52
	Walker/rollator	0,30	—	—	0,42	0,35
	Without locomotion disability	0,70	—	—	1,32	1,01
	Unassisted wheelchair	0,70	—	—	—	—
	Assisted ambulant	0,23	0,42	0,70	0,72	0,53
	Assisted wheelchair	0,53	0,70	1,05	1,05	0,89
	On downward incline:					
	All disabled subjects	0,10	0,42	0,70	1,83	0,60
	With locomotion disability	0,10	0,42	0,70	1,22	0,58
	No aid	0,28	0,45	0,94	1,22	0,68
	Crutches	0,42	—	—	0,53	0,47
	Cane	0,18	0,35	0,70	1,04	0,51
	Walker/rollator	0,10	—	—	0,52	0,36
	Without locomotion disability	0,70	—	—	1,83	1,26
	Unassisted wheelchair	1,05	—	—	—	—
	Assisted ambulant	0,42	0,52	0,86	1,05	0,69
	Assisted wheelchair	0,70	0,96	1,05	1,05	0,96

Figura 19: Velocità di esodo - Fonte: ISO/TR 16738

1.6 Orientamento e wayfinding

Con il termine wayfinfing si indicano i processi automatici ed inconsci che gli individui attuano quando si muovono in un ambiente. In tali circostanze, infatti, si possono identificare due fasi: quella dell'orientamento e quella del wayfinding.

Con il primo termine si descrive la condizione in cui la persona riconosce l'ambiente in cui si trova, mentre con il secondo si descrivono le azioni attuate al fine di raggiungere una prefissata destinazione. Risulta evidente, dunque, che il termine orientamento descrive un processo statico, a differenza invece del termine wayfinding, caratterizzante una condizione dinamica.

Inconsapevolmente le persone, durante semplici spostamenti, acquisiscono una consapevolezza spaziale, ovvero, realizzano una mappa cognitiva dell'ambiente, la quale risulta strettamente dipendente dalla percezione che si ha dell'ambiente stesso.

La succitata mappa cognitiva è costituita da tre livelli ("Analisi di sistemi di orientamento spaziale e wayfinding per il progetto di ambienti ad elevata complessità ambientale" Carattin, Tatano, Zanut):

1. Conoscenza dei punti di riferimento;
2. Conoscenza dei percorsi;
3. Conoscenza topografica.

L'apprendimento avviene, dunque, in maniera crescente nel tempo, aggiungendo e completando le informazioni topografiche. Tuttavia, è possibile che ci siano imprecisioni dovute ad una consapevolezza soggettiva incompleta, oppure dall'estrema complessità dell'edificio in questione.

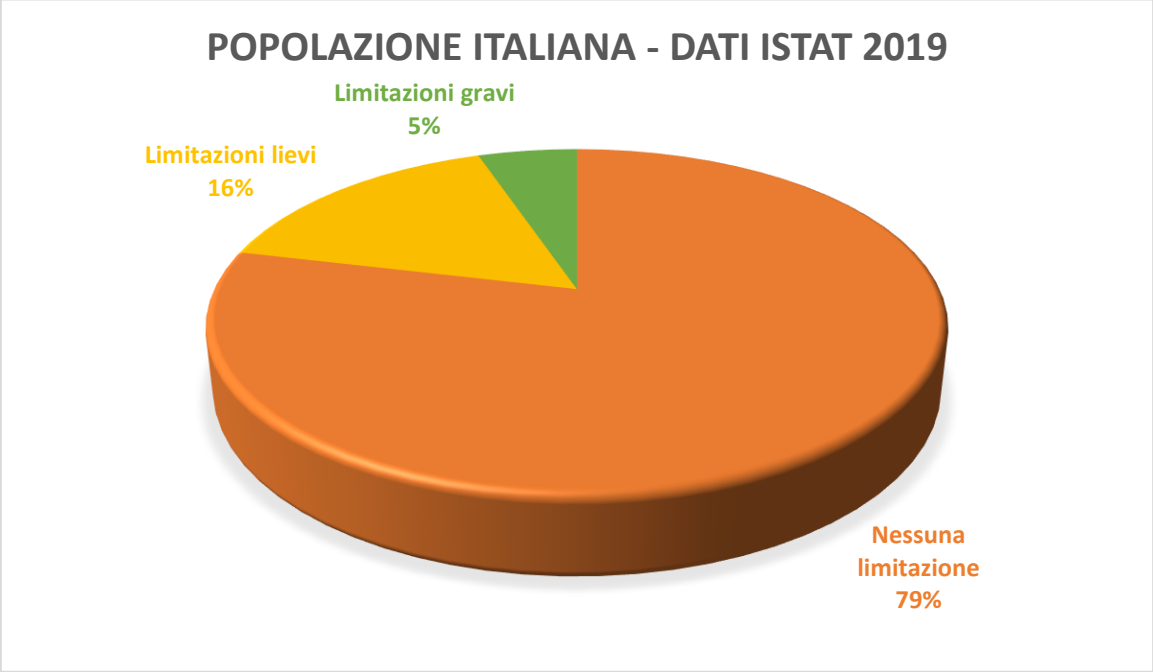
Il noto architetto Weisman nel 1981 identificò quattro variabili ambientali che influenzano il wayfinding:

1. L'accesso visivo alle informazioni;
2. Il grado di differenziazione architettonica;
3. L'utilizzo della segnaletica;
4. La configurazione della planimetria.

Come già analizzato, le decisioni in situazione emergenziali avvengono in modo differente rispetto le ordinarie condizioni, questo perché si hanno tempistiche decisionali minori, in ballo c'è la sopravvivenza e, infine, le informazioni che si hanno sono incomplete. Per questo motivo occorre fornire ai fruitori degli ambienti progettati, informazioni facilmente reperibili, in modo da favorire ragionamenti tempestivi ed intuitivi.

Parte 2 - Parametrizzazione delle caratteristiche fisiche e comportamentali degli occupanti

Grazie ai dati ISTAT pubblicati alla fine dell'anno 2019 riferiti alle persone che presentano limitazioni o disabilità, è stato possibile definire dei profili di occupanti rappresentanti la reale popolazione italiana. A tal proposito sono state individuate differenti categorie raffiguranti il reale panorama sociale odierno.



In particolare, il 67% della popolazione normodotata è stata ulteriormente suddivisa in: utenti standard, utenti con passeggino (secondo i dati riguardanti la distribuzione della popolazione per età dell'anno 2016, il 4,2% dei cittadini italiani risulta esser di età compresa tra 0-4 anni, a fini cautelativi tale valore è stato arrotondato per eccesso al 5%), utenti con buste, utenti con bambini (secondo i dati riguardanti la distribuzione della popolazione per età dell'anno 2016, il 4,7% dei cittadini italiani risulta esser di età compresa tra i 5-9 anni, a fini cautelativi tale valore è stato arrotondato per eccesso al 5%) e gruppi di persone (percentuale corrispondente al 50% di utenti privi di limitazioni).

La restante parte di occupanti è stata suddivisa in utenti anziani e utenti con disabilità fisiche-sensoriali-cognitive (rispettivamente l'11,7% e il 21,3% della popolazione, secondo i dati ISTAT del 2019), di seguito si riporta una tabella riassuntiva.

Tipologia di utenti		
Utenti standard		11,75%
Utenti con passeggino		5,00%

Utenti con bambini	67%	5,00%
Utenti con buste		11,75%
Gruppi di persone		33,50%
Utenti in sedia a rotelle	21,3%	
Utenti con stampelle/bastone		
Utenti non vedenti		
Utenti non udenti		
Utenti con disabilità cognitiva alta		
Utenti con disabilità cognitiva lieve		
Anziani	11,70%	

Tabella 2: Tipologia di utenza

Si è ritenuto indispensabile identificare determinati valori di tempo di pre-movimento con l'obiettivo di descrivere gli occupanti in funzione della categoria di appartenenza, selezionando i valori peggiorativi tra i dati proposti dalla norma ISO/TR16738 e i valori estrapolati dall'articolo "Tempo stimato di ritardo dell'inizio di una evacuazione" di Stefano Zanut e Teresa Villani.

Utenti	**Categoria**	**ISO/TR16738 [min]**	**ZANUT [min]**
Utenti standard	Svegli e senza familiarità	1-4	3
Utenti standard (Dipendenti)	Svegli e con familiarità	1-3	3
Anziani	Svegli e senza familiarità	3	4
Utenti con passeggino	Svegli e senza familiarità	1-4	3
Utenti con bambini	Svegli e senza familiarità	1-4	3
Utenti con buste	Svegli e senza familiarità	1-4	3
Utenti in sedia a rotelle	Svegli e senza familiarità	1-4	3
Utenti con stampelle/bastone	Svegli e senza familiarità	1-4	3

Utenti non vedenti	Svegli e senza familiarità	3	4
Utenti non udenti	Svegli e senza familiarità	3	4
Utenti con disabilità cognitiva alta	Svegli e senza familiarità	_	_
Utenti con disabilità cognitiva lieve	Svegli e senza familiarità	3	4
Gruppi di persone	Svegli e senza familiarità	3	4

Tabella 3: Individuazione degli intervalli di pre-movimento

Inoltre, le caratteristiche degli utenti sono state implementate con le rispettive velocità di camminamento: in particolare, per gli utenti standard - utenti con passeggino – utenti in sedia a rotelle – utenti con bastone/stampelle – utenti con disabilità sensoriali – utenti con disabilità cognitive sono stati attribuiti i valori riportati nella ISO/TR16738.

I valori di velocità degli anziani sono stati estrapolati dalla ”Guidelines for evacuation analysis for new and existing passenger ships – Table 3.4”, più precisamente sono state inserite le medie dei valori riguardanti la popolazione femminile e quella maschile della seguente tabella:

Table 3.4 – Walking speed on flat terrain (e.g., corridors)

Population groups – passengers	Walking speed on flat terrain (e.g., corridors)	
	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)
Females younger than 30 years	0.93	1.55
Females 30-50 years old	0.71	1.19
Females older than 50 years	0.56	0.94
Females older than 50, mobility impaired (1)	0.43	0.71
Females older than 50, mobility impaired (2)	0.37	0.61
Males younger than 30 years	1.11	1.85
Males 30-50 years old	0.97	1.62
Males older than 50 years	0.84	1.4
Males older than 50, mobility impaired (1)	0.64	1.06
Males older than 50, mobility impaired (2)	0.55	0.91
Population groups – crew	**Walking speed on flat terrain (e.g., corridors)**	
	Minimum (m/s)	**Maximum (m/s)**
Crew females	0.93	1.55
Crew males	1.11	1.85

Figura 20: valori di velocità degli anziani – Fonte: ”Guidelines for evacuation analysis for new and existing passenger ships – Table 3.4”

I valori di velocità attribuiti agli utenti con bambini sono stati estrapolati dal documento “A.R. Larudottir, A.S. Dederichs – Evacuation dynamics of children – walking speeds, flows through doors in daycare centers – Pedestrian and evacuation dynamics – Springer– New York 2011 - pp. 139-147”.

Come già detto nella *Parte 1* del presente elaborato i gruppi di persone, oltre ad avere tempi di pre-movimento dilatati rispetto al singolo individuo, tendono ad assumere la velocità dell'utente più lento, ad esempio quella del figlio o del genitore anziano che stanno accompagnando; per tale ragione, si è scelto di attribuire a questa categoria dei valori di velocità corrispondenti alla media tra anziani, utenti standard, utenti col passeggino e utenti con bambini.
Altra categoria appositamente individuata al fine di realizzare un modello di esodo realistico, è quella relativa agli utenti delle attività, caratterizzata da valori di camminamento pari alla media delle velocità di tutti gli utenti citati precedentemente.

Velocità di esodo			
Utenti	**Min [m/s]**	**Max [m/s]**	**Mean [m/s]**
Standard	1		
Anziani	0,1	1,68	0,8
Utenti con passeggino	0,85	0,93	0,89
Utenti con bambini	0,41	0,8	0,6
Utenti con buste	1		
Utenti in sedia a rotelle	0,85	0,93	0,89
Utenti con stampelle/bastone	0,63	1,35	0,94
Utenti non vedenti	1		
Utenti non udenti	1		
Utenti con disabilità cognitiva alta	1		
Utenti con disabilità cognitiva lieve	1		
Gruppi di persone	0,59	1,10	0,82
Utenti attività	0,84	0,99	0,91

Tabella 4: Velocità di esodo

Parte 3 – Misure gestionali della sicurezza: cosa sono e quando devono essere pianificate

Come già affermato nei precedenti capitoli, con la presente tesi si vogliono analizzare i flussi di persone transitanti all'interno della Galleria San Federico con lo scopo di definire specifiche misure gestionali atte a garantire una sicura fruibilità dell'edificio.
Il presente capitolo ha, pertanto, l'obiettivo di definire cosa sono tali misure gestionali e come vengono identificate.
I sistemi di gestione della sicurezza sono dei veri e propri strumenti utili a garantire un prefissato livello di sicurezza nel tempo; essi agiscono sia in termini preventivi, che in fase di emergenza grazie all'individuazione di apposite misure gestionali ed operative, nonché attraverso la regolamentazione di comportamenti e divieti degli occupanti presenti nell'attività.
Risulta evidente che la progettazione non si limita solo alla risoluzione di tutte quelle problematiche legate alla fruibilità in sicurezza dell'edificio; essa definisce, inoltre, le strategie da attuare qualora dovessero venire meno le misure di prevenzione.
In caso di emergenza esse si concretizzano attuando il piano di emergenza ed evacuazione e attivando le procedure di emergenza e dei servizi di soccorso, mentre ai fini preventivi tali strategie si attuano sia attraverso semplici azioni (mantenimento di ambienti puliti e vie di esodo libere da ostacoli), che pianificando controlli periodici e manutenzioni (eseguite da ditte specializzate), attraverso la formazione e l'informazione del personale, nonché programmando specifiche esercitazioni e prove d'evacuazione periodiche.

Queste strategie e misure devono esser valutate dal progettista in funzione della tipologia di attività analizzata: la legislazione italiana vigente impone l'obbligo di progettare un accurato sistema di gestione della sicurezza antincendio nei seguenti casi:

1. Per tutte quelle attività che sono state progettate mediante l'approccio dell'ingegneria della sicurezza antincendio secondo il D.M. 09 maggio 2007, che prevede la predisposizione di un apposito documento comprendente il programma per l'attuazione del SGSA.
2. Qualora l'attività sia caratterizzata da impianti a rischio di incidente rilevante connessi a sostanze pericolose.
3. Per tutte quelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi, ai sensi del DPR 151/2011, che ricadono nel campo di applicazione del Codice di prevenzione incendi;
4. Nel caso di strutture sanitarie (D.M. 19 marzo 2015) è richiesto un apposito documento presentato in fase di approvazione del progetto.

3.1 Gestione della sicurezza secondo il D.M. 03 agosto 2015

La normativa italiana, inerente al mondo dell'antincendio, è stata caratterizzata per diversi anni da un corpo normativo estremamente vasto ed eterogeneo, composto da innumerevoli decreti e leggi, spesso contraddittorie e ridondanti che hanno reso difficile progettazione antincendio; con l'emanazione del D.M. 3 agosto 2015, si è cercato di uniformate il corpo legislativo e semplificare la approccio alla progettazione antincendio.

Il D.M. 3 agosto 2015 "*Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'art.15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 13"* noto come Codice di Prevenzione Incendi, rappresenta, dunque, una vera e propria rivoluzione nel panorama normativo in materia di prevenzione incendi; esso, infatti, grazie all'attuazione di una scrupolosa analisi dei rischi, permette di individuare specifiche misure di sicurezza in grado di minimizzare o ridurre i rischi propri dell'attività analizzata, privilegiando così un approccio di tipo prestazionale.

La logica che sta alla base della formulazione del succitato decreto, è caratterizzata dall'adozione di criteri di uniformità rivolti ad aggiornare le misure tecniche esistenti, introducendo strumenti più flessibili che hanno come obiettivo quello di poter ottenere delle soluzioni misurate sulle singole attività soggette ai criteri antincendio.

Come accennato, il Codice si basa sulla valutazione dei rischi specifica; lo stesso è composto da cinque articoli e da un allegato tecnico suddiviso in quattro sezioni:

1. Sezione Generalità (G): è la parte più generale del codice ove sono forniti i vari termini e definizioni ai fini di una uniforme applicazione, le metodologie di progettazione della sicurezza antincendio finalizzate al raggiungimento degli obiettivi primari della prevenzione incendi, nonché la definizione dei profili di rischio delle attività e i metodi per la determinazione.
2. Sezione Strategia antincendio (S): sono indicati per ognuna delle 10 misure antincendio (strumenti di prevenzione, protezione e gestionali per la riduzione del rischio d'incendio), i criteri per l'attribuzione dei livelli di prestazione (I, II, III, IV, …) e la scelta delle soluzioni progettuali. Per ogni livello di prestazione sono specificate soluzioni conformi ed eventuali soluzioni alternative.
3. Sezione Regole Tecniche Verticali (V): tratta i provvedimenti applicabili alle singole attività (sono previste future integrazioni).
4. Sezione Metodi (M): contiene disposizioni alternative e i metodi di progettazione per l'ingegneria antincendio.

Per ciascuna misura antincendio è possibile identificare diversi tipi di soluzioni: quelle conformi fornite dal Codice stesso, oppure in alternativa soluzioni alternative individuabili mediante prodotti e tecnologie innovative, norme internazionali oppure tramite ingegneria della sicurezza antincendio.

3.1.1 Strategia S.5 del Codice di Prevenzione Incendi

Tale strategia è dedicata ad approfondire la misura antincendio GSA (Gestione della Sicurezza Antincendio), la quale è focalizzata nell'individuazione di misure gestionali ed organizzative che consentono di mantenere nel tempo un adeguato livello di sicurezza antincendio; essa congiunge, dunque, tutte le altre misure antincendio previste in fase di progettazione e verifica che le stesse siano garantite durante l'esercizio dell'attività.

Ancora una volta è possibile constatare l'efficienza di questa normativa, che è riuscita riunire e perfezionare le indicazioni emanate nei precedenti regolamenti emanati nel corso del tempo, articolandole in maniera logica e organizzata.

Tale processo di metodizzazione ha riguardato, altresì, la terminologia adottata, presupposto essenziale per garantire maggiore comprensibilità, auspicando ad una interpretazione univoca della norma.

Le misure previste in fase di progettazione, che si attuano in funzione del livello del rischio, necessitano di una scrupolosa gestione, comprendente:

- L'elaborazione e il continuo aggiornamento al piano di emergenza;
- La gestione dell'emergenza fino all'arrivo dei soccorritori;
- La formazione del personale addetto;
- Il monitoraggio continuo dell'efficienza delle misure di sicurezza antincendio;
- La pianificazione di eventuali lavorazioni pericolose;
- Il controllo continuo dei rischi di incendio e la conseguente assunzione di azioni cautelative atte ad eliminare o ridurre gli stessi.

Come si evince dalle precedenti considerazioni, la GSA opera attraverso la concretizzazione di procedure finalizzate al mantenimento delle condizioni di progetto e, dunque, al corretto esercizio dell'attività, alla gestione della sicurezza in fase di emergenza e, infine, alla manutenzione degli impianti ed attrezzature antincendio.

A tal proposito, il Codice individua tre livelli di prestazione, stabiliti in funzione degli scopi che si vogliono assicurare nell'attività; l'individuazione avviene attraverso un'apposita tabella dei *criteri di attribuzione*, la quale schematizza la complessità dell'attività attraverso l'identificazione delle peculiarità della stessa (profili di rischio, tipologia di utenza, lavorazioni effettuate al suo interno…).

Ad ogni livello di prestazione è associata la corrispondente soluzione conforme, la quale assimila tutte le misure che il responsabile dell'attività è tenuto ad adottare; chiaramente le soluzioni conformi sono via via più stringenti all'aumentare del livello di prestazione.

Il Codice, dunque, identifica per ogni soluzione conforme una specifica struttura organizzativa definita attraverso l'individuazione di funzioni e precisi incarichi assegnati alle figure coinvolte nella gestione dell'attività:

- La struttura organizzativa per il primo livello di prestazione vede coinvolte le figure del Responsabile dell'attività e degli addetti antincendio.

- La struttura organizzativa prevista per il secondo livelli di prestazione vede una figura coinvolta aggiuntiva, ovvero il Coordinatore degli addetti del servizio antincendio, il quale coordina gli addetti, indica al Responsabile eventuali esigenze di modifica delle procedure di emergenza e si interfaccia con le squadre di soccorso.
- La struttura organizzativa per il terzo livello di prestazione prevede, inoltre, la figura del Coordinatore dell'unità gestionale GSA, oltre all'individuazione del centro di gestione della sicurezza.

Come si desume dalle considerazioni fatte, il sistema di gestione della sicurezza antincendio è una misura fondamentale che necessita di uno studio approfondito; la progettazione, dunque, avviene mediante la collaborazione tra il responsabile dell'attività e il progettista, il quale provvede alla suddetta stesura dopo aver acquisito dal responsabile le informazioni utili a definire le misure antincendio da adottare, determinando, così, un modello GSA con apposita relazione tecnica.

Il responsabile dell'attività a sua volta recepisce la succitata relazione tecnica contenete limitazioni e le modalità di esercizio, utili a ridurre la probabilità di insorgenza d'incendio e a garantire l'efficacia dei sistemi antincendio adottati, qualora esso si verifichi.

Inoltre, la progettazione di un sistema di gestione della sicurezza antincendio viene richiesta qualora ci si approcci alla progettazione mediante l'ingegneria della sicurezza antincendio (metodologia prestazionale), in quanto occorre garantire il mantenimento nel tempo delle condizioni assunte in fase di progettazione; tali indicazioni supplementari sono dettate dalla sezione M del Codice di prevenzione Incendi. In particolare, nel capitolo M.1.8 vengono discussi ed esplicitati i requisiti aggiuntivi per un corretto sistema di gestione, quali:

a. Organizzazione del personale;
b. Identificazione e valutazione dei pericoli derivanti dall'attività;
c. Controllo operativo;
d. Gestione delle modifiche;
e. Pianificazione di emergenza;
f. Sicurezza delle squadre di soccorso;
g. Controllo delle prestazioni;
h. Manutenzione dei sistemi di protezione;
i. Controllo e revisione.

Gestione della sicurezza nell'attività in esercizio (S.5.7)

Come evidenziato più volte, la gestione della sicurezza antincendio in fase di esercizio risulta essere di rilevante importanza, in quanto contribuisce all'efficacia delle ulteriori misure di sicurezza; risulta evidente, dunque, l'importanza che assume l'attività di pianificazione delle

procedure da eseguire in caso di emergenza, e la conseguente effettuazione delle periodiche esercitazioni antincendio.

- *Registro dei controlli (S.5.7.1)*

Tale registro dei controlli periodici deve esser predisposto dal responsabile dell'attività, al fine di annotare sia gli interventi di manutenzione da svolgere, ma anche le attività di formazione e addestramento, e le prove di evacuazione da eseguire.

- *Piano per il mantenimento del livello di sicurezza antincendio (S.5.7.2)*

Il piano per il mantenimento del livello di sicurezza antincendio è previsto per tutte quelle attività caratterizzate da un livello di prestazione pari a II e III; esso contiene determinati divieti, limitazioni e misure gestionali atti a garantire gli standard di sicurezza stabiliti in fase di progettazione.

- *Controllo e manutenzione di impianti ed attrezzature antincendio (S.5.7.3)*

Gli impianti e i dispositivi di sicurezza, rivolti alla prevenzione o all'eliminazione dei pericoli, necessitano di regolare manutenzione, la quale viene regolamentata da dalle norme vigenti, da regole tecniche e dai manuali d'uso e manutenzione dei vari impianti e apparecchiature; di seguito si riporta la tabella offerta dal Codice, riportante le norme di riferimento dei vari impianti e attrezzature antincendio.

Tale manutenzione deve esser eseguita da personale specializzato, secondo la regola dell'arte, che garantisce la corretta esecuzione delle procedure svolte.

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

Tabella S.5-8: Norme e TS per verifica, controllo e manutenzione di impianti e attrezzature antincendio

Figura 21: Norme per verifica, controllo e manutenzione di impianti antincendio - Fonte: D.M. 03 agosto 2015

- *Preparazione all'emergenza (S.5.7.4)*

In questo paragrafo vengono identificate le misure per la preparazione all'emergenza in funzione del livello di prestazione analizzato; essa prevede, dunque, l'identificazione di tutte quelle

informazioni utili alla gestione dell'emergenza (procedure di allarme, di comunicazione con gli enti di soccorso, di primo intervento…) che chiaramente dovranno esser oggetto di aggiornamento in casi di modifiche dell'attività.

- *Preparazione all'emergenza in attività caratterizzate da promiscuità strutturale, impiantistica, dei sistemi di vie di esodo (S.5.7.5)*

Nei casi di attività caratterizzate dalle succitate promiscuità, occorre predisporre strutture di pianificazione e preparazione all'emergenza comune a tutte le attività, organizzando, dunque, esercitazioni congiunte; ogni attività deve necessariamente prevedere una pianificazione interna che si interfacci con quelle delle attività contigue, analizzando le possibili interferenze.

- *Centro di gestione delle emergenze (S.5.7.6)*

Tale paragrafo analizza i requisiti del centro di gestione delle emergenze, strettamente correlati alla complessità dell'attività stessa.
Al suo interno devono essere presenti:

- Le informazioni necessarie alla gestione, ovvero planimetrie, recapiti telefonici e schemi funzionali degli impianti;
- Strumenti di comunicazione con le squadre di soccorso;
- Centrali di controllo degli impianti antincendio.

- *Unità gestionale GSA (S.5.7.7)*

Essa provvede al monitoraggio, revisione e coordinamento della GSA in emergenza.

- *Revisione periodica. (S.5.7.8)*

Come già precisato, la revisione del GSA deve esser prevista qualora si attuino modifiche all'attività; tuttavia, oltre al caso citato, occorre sottoporre a revisione tale sistema periodicamente, al fine di verificare l'adeguatezza delle procedure previste.

Gestione della sicurezza in emergenza (S.5.8)

La gestione della sicurezza in emergenza è dipendente dal tipo di attività: quelle lavorative necessitano di un piano di emergenza, mentre per le attività non lavorative occorrerà attivare i servizi di soccorso pubblico e assicurare l'esodo degli occupanti in sicurezza.

Parte 4 – Caso studio: Galleria San Federico di Torino

4.1 Descrizione del complesso edilizio

La Galleria San Federico, costruita negli anni Trenta del Novecento, è situata nel centro storico di Torino, nell'isolato racchiuso tra via Santa Teresa, via Roma e via Bertola, vie nelle quali sono posizionati gli accessi pedonali alla galleria.

Figura 22: Complesso edilizio di Galleria San Federico

Tale progetto, realizzato dall'architetto Canova e dall'ingegnere Vittorio Bonadè Bottino, prevedeva la ristrutturazione dell'esistente Galleria Natta, al fine di realizzare un nuovo complesso commerciale che si andasse ad aggiungere alle Galleria Umberto I e Galleria Subalpina; essa prese parte, dunque, all'importante ristrutturazione di via Roma, iniziata nel 1931.

Il progetto si contraddistinse per i suoi connotati moderni dati dagli ampi negozi, dal nuovo cinema, dall'autorimessa sotterranea e dai nuovi uffici, sede del quotidiano La Stampa.

Lo stabile, oggigiorno di proprietà della UnipolSAI Investimenti SGR Spa – Tikal R.E. Fund, si sviluppa su corpi di fabbrica di quattro piani fuori terra, più piano ammezzato e sottotetto, identificati come blocchi A-B-C.

Ai piani stradali e ammezzato

si sviluppano le aree vendita delle unità commerciali, mentre nei piani superiori risiedono uffici, studi professionali e alloggi; all'interno del complesso è ubicato il cinema "Multisala Lux", caratterizzato da tre sale al piano interrato e dalla biglietteria al piano terra, nell'atrio comunicante con l'unità commerciale "Fiorfood", la quale si sviluppa su tre livelli fuori terra.

Sono presenti, inoltre, due piani interrati adibiti ad autorimessa, avente rampa di accesso su via Bertola, ed ulteriori locali destinati a deposito delle soprastanti unità commerciali e locali tecnologici.

Gli accessi alla galleria sono caratterizzati da archi centrali di larghezza pari a 3,45 m ed altezza compresa tra 5,45 e 7,45 m; e da due passaggi secondari larghi 1,45 m e alti 3,45 m.

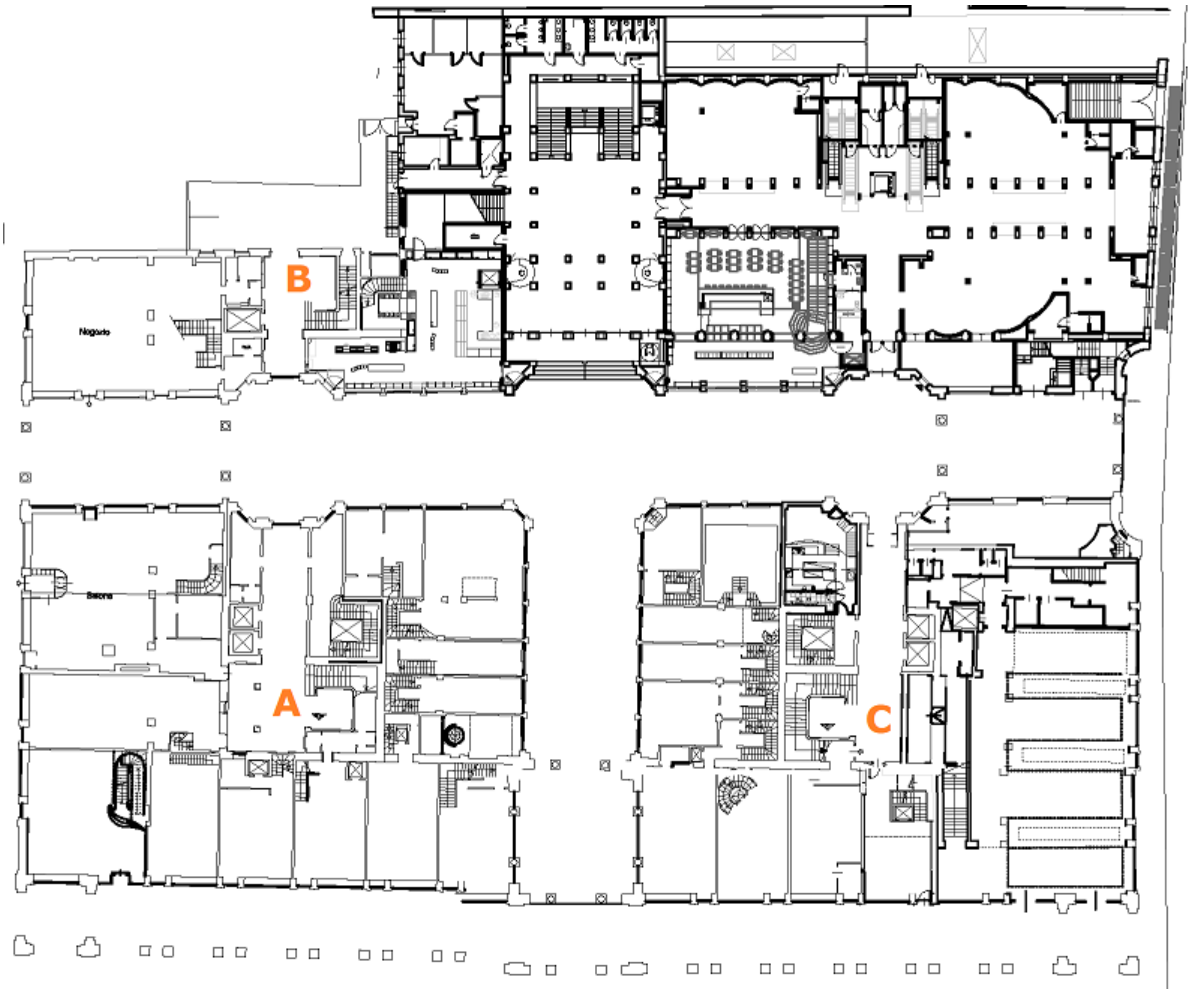


Figura 23: Vani scala principali del complesso edilizio di Galleria San Federico

Il complesso è caratterizzato da tre vani scala principali, come indicato in figura; il vano scala A, come la scala denominata C, costituisce l'ingresso di unità commerciali ed uffici, mentre il vano scala B, oltre a servire negozi, uffici e centro commerciale, costituisce l'ingresso al cinema multisala Lux.

La Galleria è, inoltre, contraddistinta da:

- vincolo monumentale della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio del Piemonte esteso alle superfici interne del complesso, al cinema multisala nelle parti auliche (scaloni, atri e sale proiezioni) ed agli spazi comuni, quali, vani scala A, B e C;
- copertura a volta ellittica a botte caratterizzata da una maestosa cupola centrale in corrispondenza dello scalone d'accesso al cinema, e due cupole minori, realizzate mediante strutture portanti in cemento armato;
- ricco ed esteso volume interno, costituito da ampie vetrate e marmi pregiati, che si sviluppa per un'altezza variabile tra 15, 10 m e 17,70 m in corrispondenza della cupola centrale; 12,75 m e 15,00 m in coincidenza delle cupole minori; ed infine 8,15 m e 11,45 m in prossimità della copertura a volta ellittica a botte;

- aerazione permanente offerta dai tre archi centrali pedonali congiunti alle vie pubbliche, ed aperture ricavate sulle cupole centrali e minori.

Il complesso edilizio si sviluppa su due corpi di fabbrica: il primo, prospiciente via Roma, ospita i due vani scala principali A e C; il secondo fabbricato, alle spalle di via XX Settembre, possiede quattro livelli in parte collegati dal vano scala B.
Data la complessità del complesso edilizio e le innumerevoli attività risiedenti al suo interno, si riporta di seguito una tabella riassuntiva:

Corpo di fabbrica	**Livello**	**Destinazione d'uso**	**Attività**	**Ingressi**
Lato via XX Settembre	-2	Autorimessa (C.1 – C.2 – C.3)	75.4.C	Rampa autorimessa; vano scala a prova di fumo da galleria
		Cinema (Loc. tecn.)	65.2.C	
		UnipolSAI (Depositi)	73.2.C	
Lato via XX Settembre	-1	Autorimessa (C.1)	75.4.C	Rampa via Bertola; vano scala protetto da galleria; scala A-B-C
		Cinema (sale e cabina di proiezione.)	65.2.C	F.P.F vs atrio; F.P.F vs via Bertola; F.P.F vs galleria
Lato via Roma		Centrale termica	74.3.C	F.P.F vs autorimessa
		Unità commerciali (Depositi)	varie	Vani scala A-B; scale interne attività
		Locali tecnici	varie	Vani B-C
Lato via XX Settembre	0	Cinema (atrio)	65.2.C	Galleria; F.P.F vs centro commerciale
		Unità commerciale Fiorfood	69.3.C	Galleria; ingresso via Bertola
Lato via Roma		Unità commerciali	varie	Galleria; vie pubbliche
Lato via XX Settembre	1	Unità commerciale Fiorfood	69.3.C	Galleria; terrazzo; F.P.F vs cinema
Lato via Roma		Unità commerciali	varie	Scale interne; vani scala A-B-C
		Uffici	nessuna	Vano scala A
Lato via XX Settembre	2	Unità commerciale Fiorfood	69.3.C	Galleria; terrazzo; F.P.F vs cinema
Lato via Roma		Uffici	nessuna	Vani scala A-B-C
Lato via XX Settembre	3	Centrale termica	74.3.C	Terrazza
		Locali tecnici	varie	

Lato via Roma		Uffici	nessuna	Vani scala A-B-C
	4	Uffici	nessuna	Vani scala A-B-C
	5	Uffici	nessuna	Vano scala C2
		Alloggi	nessuna	Vani scala A-B

Tabella 5: Livelli e destinazioni d'uso del complesso edilizio di Galleria San Federico

Come anticipato, Galleria San Federico essendo un edificio storico soggetto a vincolo monumentale della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio del Piemonte, ricade nell'attività **n. 72.1.C** dell'allegato del D.P.R. 151/11 (*"Edifici sottoposti a tutela ai sensi del D.Lgs.. 22 gennaio 2004, n. 42 destinati a contenere biblioteche e archivi, musei, gallerie, esposizioni e mostre, nonché qualsiasi altra attività contenuta nell'Allegato I del D.P.R. 151/2011").*

Inoltre, essendo caratterizzato da innumerevoli attività al suo interno, l'intero edificio configura come attività soggetta **n. 73.2.C** (*"Edifici e/o complessi edilizi a uso terziario e/o industriale caratterizzati da promiscuità strutturale e/o dei sistemi delle vie di esodo e/o impiantistica con capienza superiore a 500 unità, ovvero superficie complessiva superiore a 6000 mq, (indipendentemente dal numero di attività costituenti e dalla relativa diversa titolarità)").*

4.1.1 Stato di fatto e misure antincendio del complesso edilizio

Resistenza al fuoco

Data la complessità e la promiscuità strutturale dell'organismo edilizio, si riporta una tabella inerente alle caratteristiche di resistenza al fuoco R delle strutture.

Unità	Livello	Classe R strutture
AUTORIMESSA	Livello -1 Livello -2	R 120
CENTRALE TERMICA	Livello -1	R 120
CINEMA	Livello -2 Livello -1 Livello 0	R 90
UNITÀ COMMERCIALI < 400 mq	Livello -1 Livello 0 Livello 1 (P.AM.)	R 90 R 60
UNITÀ T01.N	Livello 0 Livello 1 (P.AM.) Livello 1	R 60
UNITÀ T05.N	Livello -1 Livello 0 Livello 1 (P.AM.)	R 90 R 60
UNITÀ T09.N	Livello -1 Livello 0 Livello 1 (P.AM.)	R 90 R 60
UNITÀ T11.N +T12.N	Livello 0 Livello 1 (P.AM) Livello 2 (P.1)	R 60

UNITÀ T14.N	Livello -1 Livello 0 Livello 1 (P.AM.)	R 30
UFFICI	Livello 1 (P.AM.) Livello 2 (P.1) Livello 3 (P.2) Livello 4 (P.3) Livello 5 (P.4)	R 60

Tabella 6: Resistenza delle strutture del complesso edilizio di Galleria San Federico

Compartimentazioni

Uffici

Gli uffici dei piani primo, secondo, terzo e quarto, anche se riferiti a responsabili di attività diversi, sono ubicati in compartimenti monopiano, comprendenti l'intero piano dell'edificio.
L'unità T22.U, posta al piano ammezzato, costituisce compartimento autonomo separato dalle altre unità adiacenti.

Unità	Livello e compartimento	Superficie compartimento [mq]
Unità T22.U	Livello 1 (P.AM.)	200
Unità T23.U Unità T24.U	Livello 2 (P.1)	2.320
Unità T25.U Unità T26.U	Livello 3 (P.2)	2.740
Unità T27.U Unità T28.U	Livello 4 (P.3)	2.076
Unità T29.U	Livello 5 (P.4)	418

Tabella 7: Superfici compartimenti uffici

Unità commerciali comunicanti con la Galleria

Unità	Livello	Superficie unità [mq]	Superficie compartimento [mq]
T05.N	Livello 0 (P.T.) Livello 1 (P.AM.) Livello -1	893	
T06.N	Livello -1 Livello 0 (P.T.) Livello 1 (P.AM.)	198	
T07.N	Livello -1 Livello 0 (P.T.) Livello 1 (P.AM.)	225	
T10.N	Livello 0 (P.T.)	62	
T11.N+T12.N	Livello 0 (P.T.) Livello 1 (P.AM.) Livello 2 (P.1) Livello 2 (P.1)	2.541	
T13.N	Livello 0 (P.T.)	80	6.637

T14.N	Livello -1 Livello 0 (P.T.) Livello 1 (P.AM.)	490	
T15.N	Livello -1 Livello 0 (P.T.) Livello 1 (P.AM.)	105	
T16.N	Livello -1 Livello 0 (P.T.) Livello 1 (P.AM.)	96	
T17.N	Livello 0 (P.T.)	30	
T18.N	Livello 0 (P.T.) Livello 1 (P.AM.)	101	
T19.N	Livello 0 (P.T.) Livello 1 (P.AM.)	378	
T20.N	Livello -1 Livello 0 (P.T.)	228	
Mall	Livello 0 (P.T.)	1.210	

Tabella 8: Superfici compartimenti unità commerciali comunicanti con la Galleria

Unità commerciali non comunicanti con la Galleria

Unità ricadenti in unico compartimento	Livello	Superficie compartimento [mq]
T01.N	Livello 0 (P.T.) Livello 1 (P.AM.) Livello 2 (P.1)	1325
T02.N-T03.N	Livello 0 (P.T.) Livello 1 (P.AM.)	282
T04.N	Livello -1 Livello 0 (P.T.) Livello 1 (P.AM.)	261
T08.N	Livello -1 Livello 0 (P.T.) Livello 1 (P.AM.)	363
T09.N	Livello -1 Livello 0 (P.T.) Livello 1 (P.AM.)	545
T21.N	Livello -1 Livello 0 (P.T.) Livello 1 (P.AM.)	395

Tabella 9: Superfici compartimenti unità commerciali non comunicanti con la Galleria

Cinema Multisala Lux

Sala	Livello	Capienza
1	Livello -1	150+1 persona con ridotte o impedite capacità motorie
2	Livello -1	205+1 persona con ridotte o impedite capacità motorie
3	Livello -1	166+1 persona con ridotte o impedite capacità motorie

Tabella 10: Superfici compartimenti Cinema multisala Lux

Locali interrati

Locale	Livello	Superficie [mq]
Deposito 2	Livello -1	44,94
Deposito 3	Livello -1	48,27
Deposito 4	Livello -1	7,88
Deposito 5	Livello -1	9,07
Deposito 6	Livello -1	22,81
Deposito 7	Livello -1	21,81
Deposito 8	Livello -1	7.,63
Deposito 9	Livello -1	21,42
Deposito 10	Livello -1	14,48
Deposito Rifiuti 4	Livello -1	13,27
Deposito Rifiuti 3	Livello -1	24,85
Deposito Rifiuti 2	Livello -2	8,91
Deposito Rifiuti 1	Livello -2	10,25

Tabella 11: Superfici compartimenti locali interrati

Autorimessa

Compartimento	Livello	Quota piano	Sup. Lorda [mq]	Posti auto
1	Livello -2 Livello -1	- 4.74 m - 7.60 m	3.073 230	57 6
2	Livello -2	- 7.60 m	590	21
3	Livello -2	- 11.53 m	630	25

Tabella 12: Superfici compartimenti autorimessa

Esodo

Di seguito si riportano le piante complete di indicazioni riguardanti le vie di esodo verticali presenti nel complesso edilizio, necessarie per le successive considerazioni.

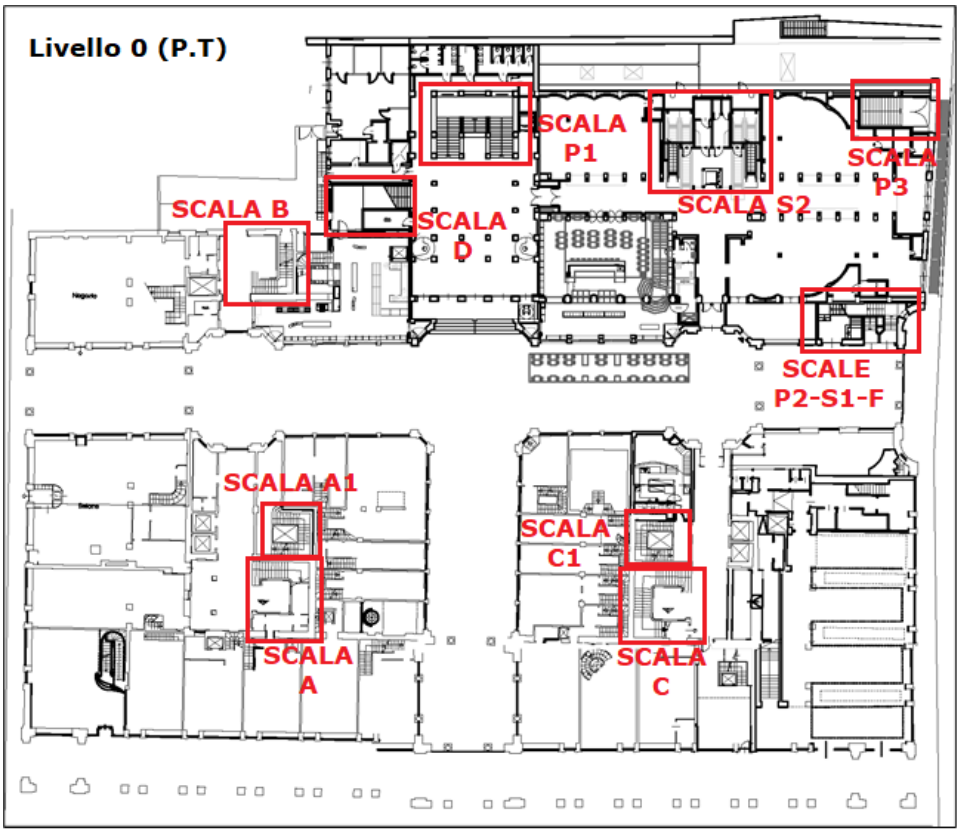


Figura 24: Scale di esodo piano terreno

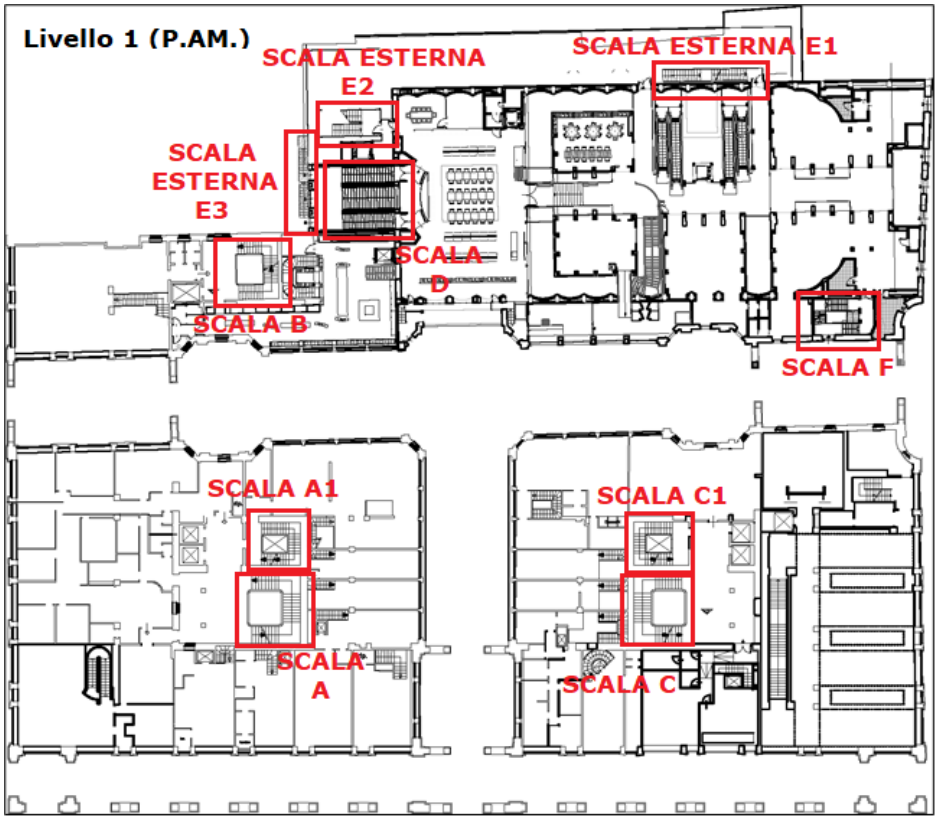


Figura 25: Scale di esodo piano ammezzato

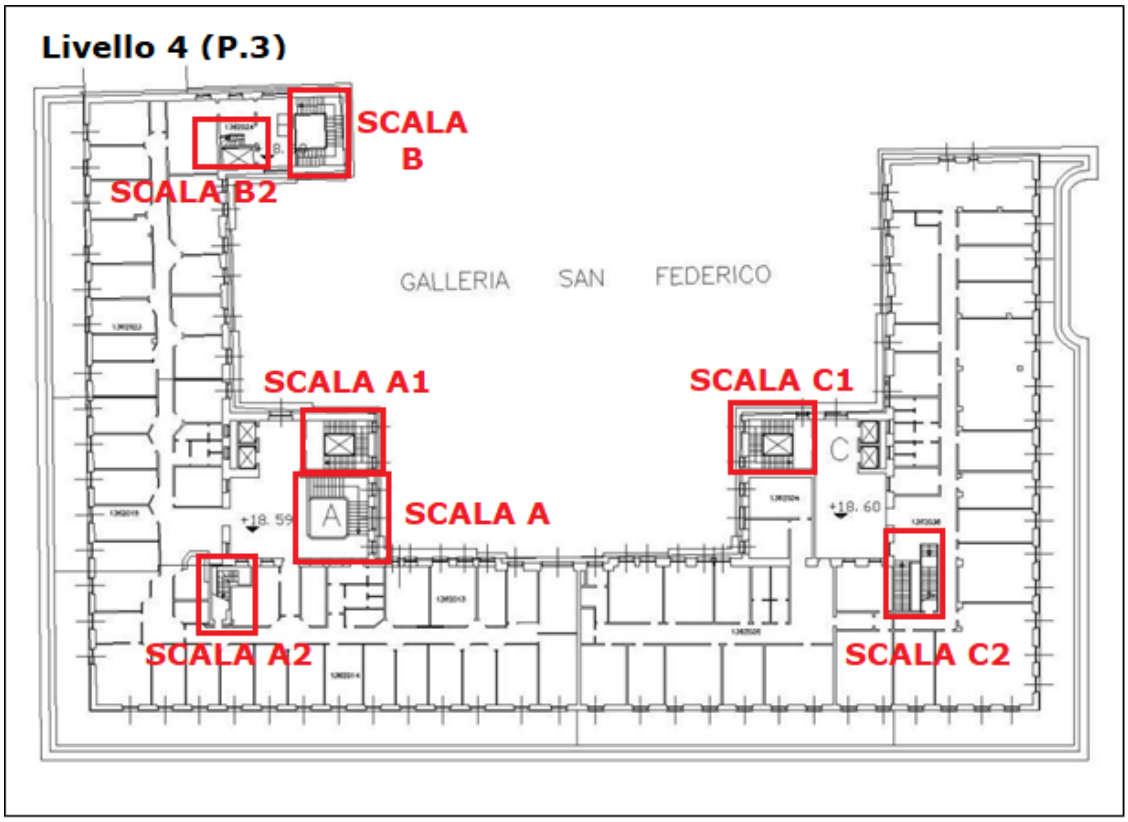


Figura 26: Scale di esodo terzo piano

Sono stati individuati tre punti di raccolta presso la limitrofa piazza San Carlo; in particolare:

- punto 1: ubicato in prossimità dell'edicola lato ovest della piazza;
- punto 2: posizionato nel versante est della piazza;
- punto 3: situato a ovest della piazza verso la zona centrale.

Per tutti i piani fuori terra dei fabbricati A-B-C, al fine di consentire agli occupanti con disabilità motorie di attendere e ricevere assistenza dei soccorritori, sono state individuate, all'interno dei vani scala A-B-C di tipo protetto, apposite aree adibite a spazio calmo che non siano di intralcio all'esodo degli occupanti.

A servizio dei livelli 1 e 2 dell'unità commerciale "Fiorfood", lo spazio calmo è costituito dal terrazzo aperto accessibile dagli spazi comuni del centro commerciale attraverso le uscite di sicurezza di piano.

A servizio delle sale cinematografiche lo spazio calmo è costituito da appositi locali compartimentati adiacenti alle vie di esodo verticali (scale di tipo protetto) con accesso dal filtro a prova di fumo.

Larghezza dei varchi di uscita della Galleria:

Varco	R_{vita}	N. occupanti sul varco	Larghezza unitaria [mm]	Larghezza di progetto [mm]	Larghezza effettiva [mm]
Ovest	B2	956	4,10	3919,6	6380
Est		957		3923,7	6330
Sud		956		3919,6	6170

Tabella 13: Verifica delle larghezze di esodo dei varchi d'uscita della Galleria

Controllo dell'incendio

L'estinzione di un principio d'incendio è garantita per mezzo di estintori di classe A e B il cui numero, capacità estinguente e posizione è stato determinato secondo valutazione del rischio sulla base della natura prevalente dei materiali combustibili presenti.

L'impianto idrico antincendio del complesso edilizio è caratterizzato da idranti UNI45 e naspi DN25.

In particolare, tale rete risponde alle caratteristiche prestazionali e di alimentazione previste per la protezione interna dalla norma UNI 10779, con riferimento al livello di rischio 2: che prevede la contemporaneità di 3 idranti UNI45 con portata ≥ 120 l/min cadauno e pressione residua ≥ 2 bar, oppure di 4 naspi DN25 con portata ≥ 60 l/min cadauno e pressione residua ≥ 3 bar, garantiti per almeno 60 minuti.

L'autorimessa, inoltre, è protetta da un impianto dispegnimento automatico a sprinkler ad acqua di classe B2 conforme alla UNI9489.

Rivelazione ed allarme

Attualmente le attività del complesso edilizio sorvegliate mediante impianto di rivelazione automatica e pulsanti di segnalazione manuale degli incendi (impianto IRAI) risultano essere le seguenti:

Unità	Impianto IRAI	Unità	Impianto IRAI
T.01	*Presente*	T.13	Assente
T.02	Assente	T.14	*Presente*
T.03	Assente	T.15	Assente
T.04	Assente	T.16	Assente
T.05	*Presente*	T.17	Assente
T.06	Assente	T.18	Assente
T.07	Assente	T.19	Assente
T.08	Assente	T.20	Assente
T.09	*Presente*	T.21	Assente
T.10	Assente	Cinema	*Presente*

T.11	*Presente*	Autorimessa	*Presente*
T.12	*Presente*	Centrali termiche	*Presente*

Tabella 14: Impianto IRAI del complesso edilizio di Galleria San Federico

L'autorimessa, inoltre, è sorvegliata tramite rilevatori termo-velocimetrici e rilevatori di benzene e CO, la cui attivazione determina l'accensione dell'impianto di ricambio d'aria.

Le Centrali termiche a servizio dello stabile, situate rispettivamente a piano interrato e piano sottotetto /terzo livello del centro commerciale, sono sorvegliate da impianti di rivelazione automatica di gas metano, i quali determinano, in caso di fughe di gas, la chiusura automatica delle rispettive elettrovalvole di intercettazione poste sulle tubazioni di adduzione gas dei bruciatori delle caldaie.

Ogni unità è dotata di apposito pannello di supervisione allarmi comunicante con il pannello centrale ubicato in Control Room (centrale master), ovvero il locale guardiania posizionato nell'atrio di ingresso della scala A; presso tale locale, che coincide con la postazione del Custode, sono riportati i seguenti segnali di allarme:

1. allarmi provenienti dalle unità commerciali;
2. allarmi provenienti dal cinema Lux;
3. allarmi provenienti dall'unità commerciale Fiorfood;
4. allarmi provenienti dall'autorimessa;
5. allarmi provenienti dalle centrali termiche.

Tutte le notifiche di allarme sono trasmesse alle figure responsabili della sicurezza di ogni unità tramite combinatore telefonico.

Il sistema di supervisione fa capo ad una postazione pc con gestione a mezzo di pagine grafiche.

Le centrali di rivelazione incendio controllano in modo indipendente ognuna il proprio impianto; quando l'allarme antincendio viene generato dal cinema o dall'attività commerciale Fiorfood, il segnale sarà inviato alla Control Room. Successivamente le centraline delle attività sopracitate riceveranno il segnale di allarme proveniente dalla stessa Control Room.

Tale sistema permette di acquisire e tacitare manualmente l'allarme.

Controllo di fumi e calore

Il volume della Galleria (mall) è dotato di aperture di aerazione di tipo permanente, identificate dai tre varchi pedonali di accesso dalle pubbliche vie e dalle griglie ricavate in sommità a ciascuna delle tre cupole, che realizzano una superficie netta complessiva di aerazione naturale pari a 179,50 m^2 come riportato in tabella.

Apertura	Superficie lorda [mq]	Superficie netta [mq]	Numero	Superficie netta [mq]
CUPOLA MINORE	20,50	14,76	2	29,52
CUPOLA GRANDE	18,72	9,80	1	9,80

VARCO	46,73	46,73	3	140,18
AERAZIONE NATURALE PERMANENTE MALL				179,50

Tabella 15: Superfici delle aperture di aerazione permanenti

Sistema di gestione delle emergenze

Struttura organizzativa

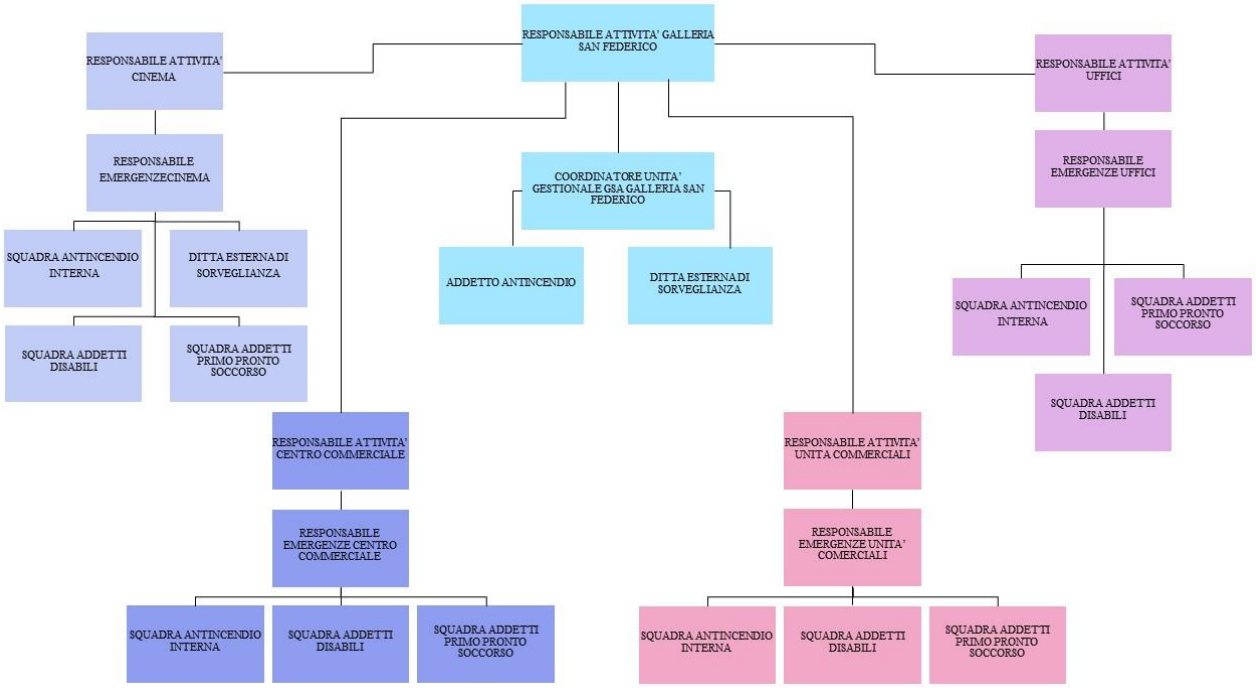


Figura 27: Struttura organizzativa attuale del complesso edilizio di Galleria San Federico

Il grafico mostra struttura organizzativa attualmente esistente nel complesso edilizio; di seguito vengono riportati i ruoli e i compiti delle figure coinvolte.

Responsabile dell'attività (Gestore):

- organizza la GSA in esercizio per le parti comuni in accordo con i Conduttori delle singole unità;
- organizza la GSA in emergenza per le parti comuni in accordo con i Conduttori delle singole unità;
- predispone, attua e verifica periodicamente il piano d'emergenza, per le parti di propria competenza (sistemi di esodo comuni, impianti centralizzati, gestione della sicurezza antincendio, coordinamento e interferenze delle attività);
- provvede alla formazione ed informazione del personale sulle procedure per la gestione dell'emergenza e sulle attrezzature antincendio;
- nomina le figure della struttura organizzativa;
- istituisce l'unità gestionale GSA.

Coordinatore delle emergenze:

- prende i provvedimenti, in caso di pericolo grave ed immediato, anche di interruzione delle attività, fino al ripristino delle condizioni di sicurezza;
- coordina il centro di gestione delle emergenze;
- programma la turnazione degli addetti del servizio antincendio;
- coordina le esercitazioni periodiche di evacuazione previste nell'ambito della formazione del personale degli uffici;
- se avvisate, collabora con le squadre di soccorso dei Vigili del Fuoco che si recano sul posto.

Coordinatore degli addetti al servizio antincendio (Custode):

- garantisce presenza continuativa durante l'orario di lavoro presso la Guardiania del blocco A (Control Room);
- presidia gli impianti di allarme incendio del complesso attraverso il pannello di supervisione allarmi della Control Room;
- partecipa al coordinamento delle esercitazioni periodiche di evacuazione;
- segnala al Coordinatore delle emergenze eventuali necessità di modifica delle procedure di emergenza;
- in caso di emergenza, controlla la situazione, informa il Coordinatore delle emergenze, si interfaccia con le squadre incaricate al servizio SPP, attua le procedure di primo intervento antincendio, di messa in sicurezza di apparecchiature e impianti, fino al ripristino delle condizioni di sicurezza;
- collabora con le squadre di soccorso dei Vigili del Fuoco che si recano sul posto.

Ditta esterna di sorveglianza:

- garantisce la continuità operativa e di sorveglianza h24 del complesso edilizio;
- presidia gli impianti di allarme incendio del complesso attraverso la postazione remota collegata con la centrale master;
- in caso di emergenza, controlla la situazione, informa il Coordinatore delle emergenze, attua le procedure di primo intervento antincendio, di messa in sicurezza di apparecchiature e impianti, fino al ripristino delle condizioni di sicurezza;
- sorveglia gli eventuali allestimenti all'interno della mall durante gli orari di chiusura e la notte.

Responsabile dell'emergenza della singola unità (Conduttore)

- provvede al documento di valutazione del rischio della propria unità;
- attua le limitazioni e le modalità d'esercizio ammesse per l'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 qualora si sviluppi un incendio;
- provvede alla formazione di una squadra di addetti interni al servizio SPP sulle procedure da attuare in caso di emergenza e sulle attrezzature antincendio disponibili;
- provvede alla formazione ed informazione di tutto il personale sulle procedure da attuare in caso di emergenza ed evacuazione;
- provvedere alla dotazione di eventuali attrezzature da impiegare per l'assistenza dei lavoratori con disabilità motoria (es. sedie di evacuazione);

- in caso di emergenza, controlla la situazione all'interno della propria unità, informa il Custode e coordina le squadre incaricate al servizio SPP.

Squadra di addetti interni della singola unità ufficio incaricati al servizio SPP:

- in caso di emergenza, controlla la situazione all'interno dell'unità, informa il Responsabile dell'emergenza della propria unità e/o direttamente il Custode, interviene attuando le procedure di primo intervento antincendio, di messa in sicurezza di apparecchiature e impianti;
- in caso di evacuazione, provvede all'assistenza ed all'accompagnamento dei disabili fino in luogo sicuro.

Squadra di addetti interni della singola unità commerciale incaricati al servizio SPP

- in caso di emergenza, controlla la situazione all'interno dell'unità, informa il Responsabile dell'emergenza della propria unità e/o direttamente il Custode, interviene attuando le procedure di primo intervento antincendio, di messa in sicurezza di apparecchiature e impianti;
- in caso di evacuazione, provvede all'accompagnamento del pubblico fino in galleria.

Presidio del fabbricato

Nel fabbricato è presente un servizio di guardiania attivo dal lunedì al venerdì che rispetta il seguente orario 8.00 - 12.45 / 15.00 - 19.00 e il sabato 7.45 - 12.00.

In prossimità del locale dedicato che si trova nell'atrio di ingresso della scala A, sono collocati – oltre al citato sistema di supervisione degli allarmi – i seguenti mezzi per la gestione dell'emergenza:

- pacchetto di medicazione con contenuto conforme All.1, D.M. n.388 del 15.07.2003
- telefono con possibilità di chiamate esterne;
- numeri dei soccorsi pubblici di emergenza;
- numeri aziende per segnalazione guasti (gas, acqua, elettricità, ascensori);
- numero del Building Manager;
- numero ditta di manutenzione;
- numeri di telefono dei responsabili dell'emergenza di ogni Conduttore;
- ulteriori n. 2 recapiti telefonici forniti da ciascuna attività (i quali dovranno essere reperibili h24) che saranno utilizzati soltanto nel caso in cui il responsabile dell'unità soggetta all'emergenza non dovesse essere raggiungibile.

Durante l'orario di servizio diurno tutte le segnalazioni di emergenza provenienti dal complesso edilizio (sia verbalmente che attraverso la centrale di rivelazione incendi) vengono recepite dal Custode, il quale provvede a contattare il responsabile delle emergenze dell'attività, nonché i Vigili del Fuoco.

Durante i periodi di assenza del servizio di guardiania gli utenti che rilevano l'emergenza (compresa la ditta esterna di sorveglianza) dovranno contattare i Vigili del fuoco e attenersi alle disposizioni da loro impartite.

Procedure operative da adottare in caso di incendio ed evacuazione

Nel caso di notifica di allarme proveniente da locali di competenza del Gestore, il Custode verificherà mediante sopraluogo la natura dell'evento; in caso di reale emergenza lo stesso provvederà a seguire le seguenti azioni:

1. blocca in posizione aperta le porte che mettono in comunicazione le scale dei piani uso ufficio con la galleria, nonché la porta del cortile interno (luogo sicuro);
2. si attiva per garantire l'opportuna reciproca informazione tra i Responsabili dell'Emergenza di tutte le attività che condividono le vie di esodo delle aree coinvolte dall'emergenza e rimane a disposizione per fornire informazioni sulla natura dell'evento a tutti i soggetti presenti nel complesso;
3. comunica i dettagli della natura dell'evento alla società di vigilanza incaricata dal Gestore per l'intervento di coordinamento dell'emergenza H24/24;
4. avverte telefonicamente il Building Manager, il quale se possibile si reca presso l'edificio oppure garantisce l'assistenza telefonica necessaria;
5. attende l'arrivo dei Vigili del Fuoco e si mette a loro disposizione fornendo tutte le informazioni richieste (piano e area interessata dall'incendio, scala che consente di raggiungere nel minor tempo possibile l'area incidentata, ubicazione del Punto di Raccolta, attacco autopompa, sgancio tensione generale, valvola manuale intercettazione gas metano).

Parte 5 – Modellazione dei flussi di persone in situazioni ordinarie ed emergenziali

5.1 Tipologie di modelli di evacuazione

Oggigiorno esistono numerosi software in grado di simulare l'esodo delle persone sia in ambienti confinati, che aperti. Essi sono, dunque, utilizzati al fine di calcolare l'intervallo di tempo RSET mediante la simulazione di flussi.

Esistono principalmente due approcci alla modellazione pedonale: quello macroscopico e quello microscopico ("Analisi comparativa di software di simulazione di flussi pedonali e applicazione per la stazione della metropolitana Investment park di Dubai" Antonio La Vista).

Il **modello macroscopico** osserva le caratteristiche medie dell'intero sistema, trascurando gli aspetti microscopici del singolo individuo. Tali modelli utilizzano come dati di input grandezze come densità media, direzione della massa e velocità media.

In questo caso gli occupanti sono visti come piccole porzioni di un più vasto sistema: tali analisi risultano efficaci qualora il comportamento della massa sia predominante rispetto a quello del singolo individuo, quando si hanno, dunque, alte densità di affollamento.

Essi derivano dai cosiddetti "modelli continui" o "modelli basati sulla dinamica dei fluidi" che sfruttano le equazioni di Navier-Stokes.

I maggiori limiti di tali modelli risiedono nel fatto che essi non considerano le interazioni tra i pedoni e di conseguenza non rappresentano il mondo reale.

I **modelli microscopici**, invece, descrivono ogni singolo agente e le interazioni che sviluppa con gli ulteriori occupanti; in tale modello di analisi, non sono più previsti dati di input medi-statici, ma piuttosto parametri dinamici che descrivono l'eterogeneità della reale popolazione.

Ogni agente possiede precisi parametri corrispondenti alle caratteristiche dell'effettiva utenza.

Di seguito vengono descritti i cinque modelli microscopici esistenti:

- I *modelli CA (Cellular Automata)* sono stati i primi ad esser utilizzati; essi prevedono una discretizzazione del tempo e dello spazio attraverso una griglia. All'interno di ogni cella è possibile inserire un agente oppure un ostacolo; ciò comporta entità di dimensioni costanti e minimi spostamenti concessi pari alla dimensione della cella.
- I *modelli ABM (Agent Based Model)* sono l'evoluzione dei modelli sopracitati. Essi sono caratterizzati dal fatto che l'agente riconosce il contesto e segue le regole che esso prevede. Tali utenti apprendono dal passato e sviluppano regole comportamentali. Tali modelli possono essere sia continui che discretizzati.
- I *modelli SFM (Social Force Model)* sono caratterizzati dal fatto che ogni agente è soggetto alla risultante delle forze locali istantanee che si instaurano tra la massa. Essi definiscono,

quindi, l'influenza che gli elementi presenti nell'ambiente hanno sull'entità. Inoltre, tali modelli prevedono un ambiente continuo e non discretizzato preservando l'accuratezza delle geometrie.

- I *Legion Model* sono caratterizzati da entità che analizzano automaticamente le situazioni mediante le regole OMCA *(Objective, i pedoni cercano di muoversi diretti verso una destinazione desiderata; Mobility, si cerca di mantenere la velocità desiderata; Constraint, il pedone cerca di mantenere una determinata distanza fra esso stesso e gli oggetti che lo circondano; Assimilation, tempo di reazione dovuto alla interpretazione del sistema).*
- I *Queueing Model* si basano sul concetto che una coda di pedoni si genera nel momento in cui i servizi disponibili non sono sufficienti per tutti gli utenti. L'ambiente è costituito da archi e nodi. Gli elementi che caratterizzano tale modello sono dunque: *il tempo di arrivo il meccanismo di servizi, la strategia di coda e il numero di nodi destinati a servire i pedoni.* Tali modelli, tuttavia, non sono in grado di supportare contesti complicati.

5.2 Preparazione del modello nel software MassMotion

Il modello architettonico del complesso edilizio di Galleria San Federico è stato realizzato con la metodologia BIM (Building Information Modeling) utilizzando il software Autodesk Revit che ha permesso l'esportazione del modello 3D nel formato IFC, in seguito importato nel software Oasys MassMotion.

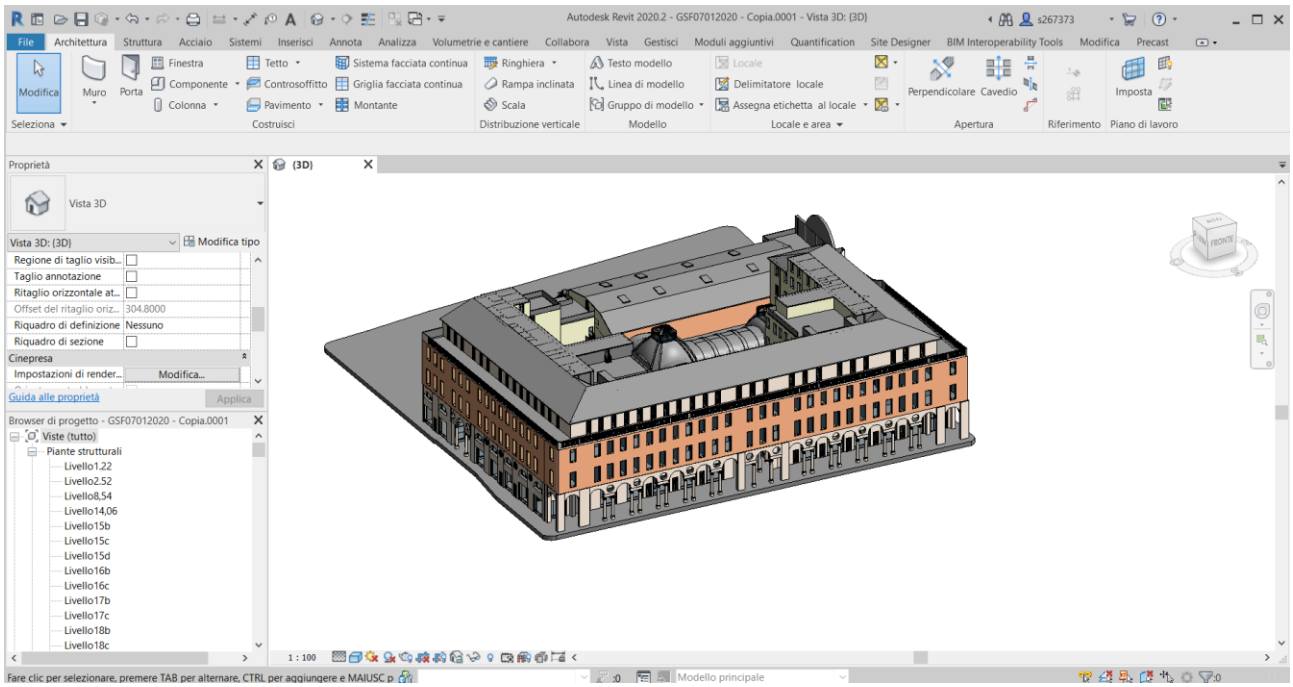


Figura 28:Modellazione del complesso edilizio di Galleria San Federico mediante metodologia BIM

Di seguito viene riportata l'interfaccia del software MassMotion:

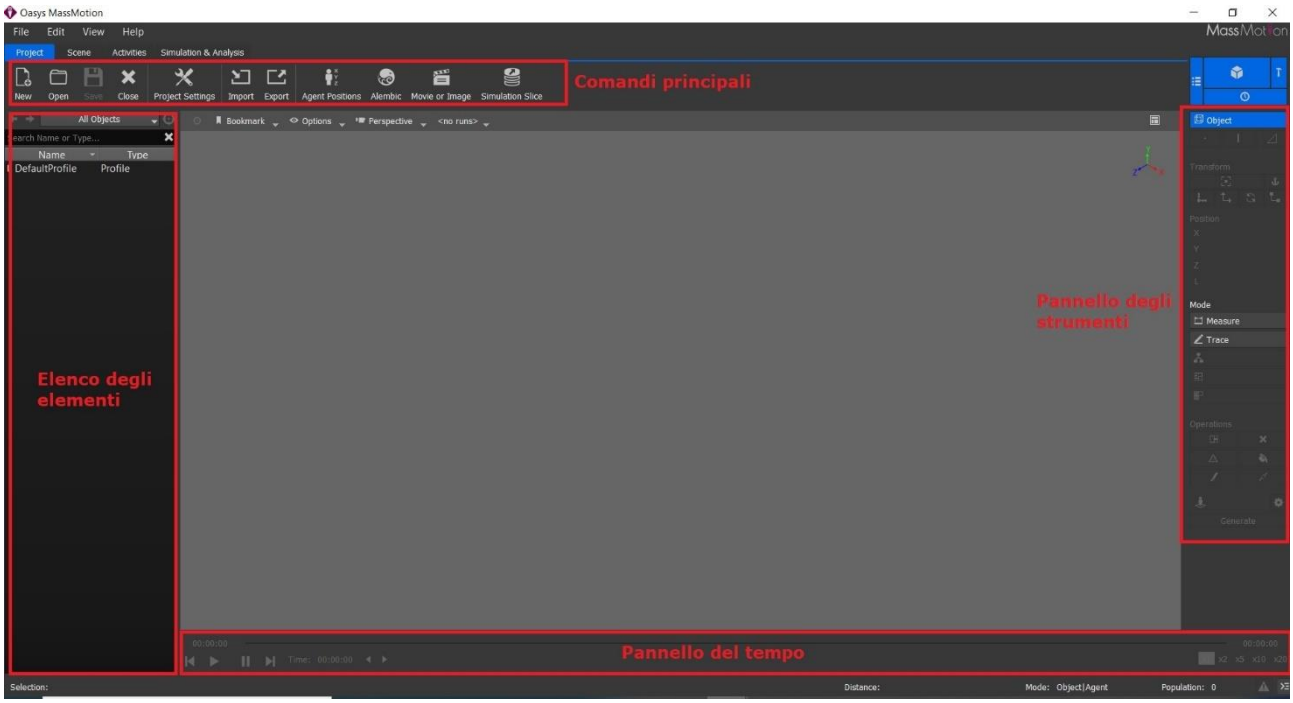


Figura 29: Interfaccia software MassMotion Oasy

I contenuti del file IFC vengono importati come *geometrie,* conservando le informazini sul tipo di file.

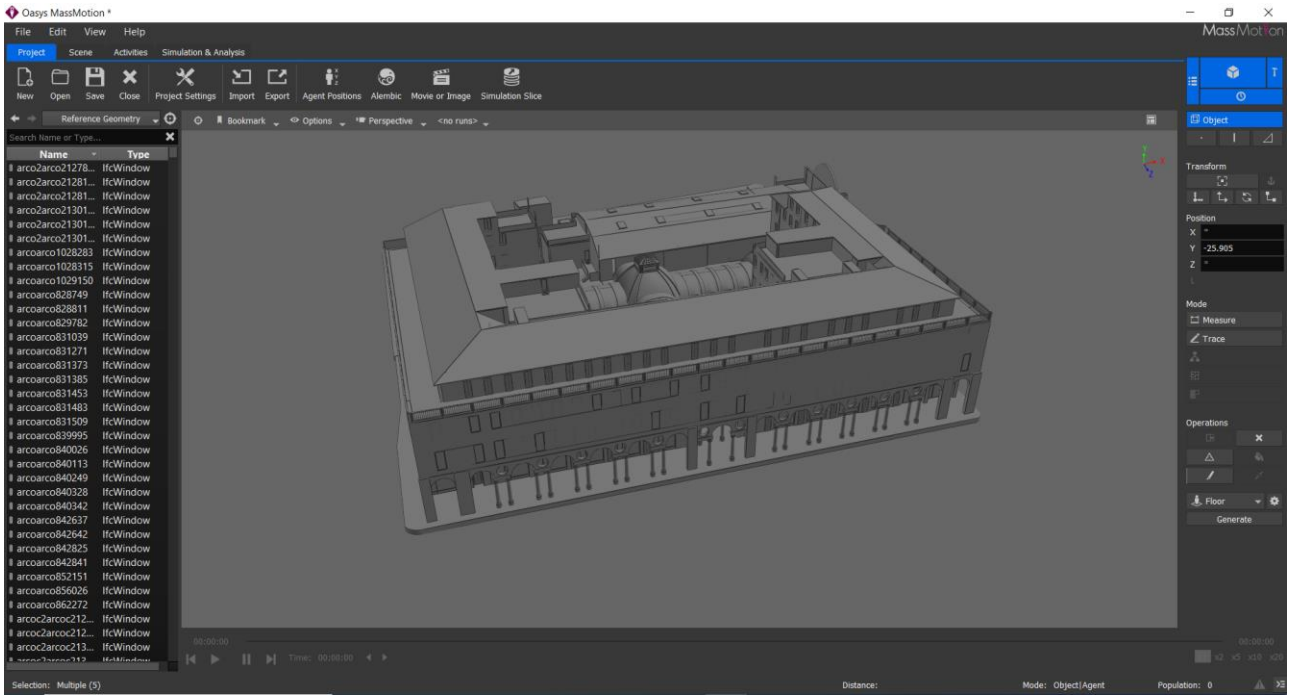


Figura 30: Importazione del file IFC all'interno del software MassMotion Oasy

Tale formato permette al software di riconoscere automaticamente le superfici e le estrusioni mediante il comando *Auto*, come mostrato nella sottostante figura.

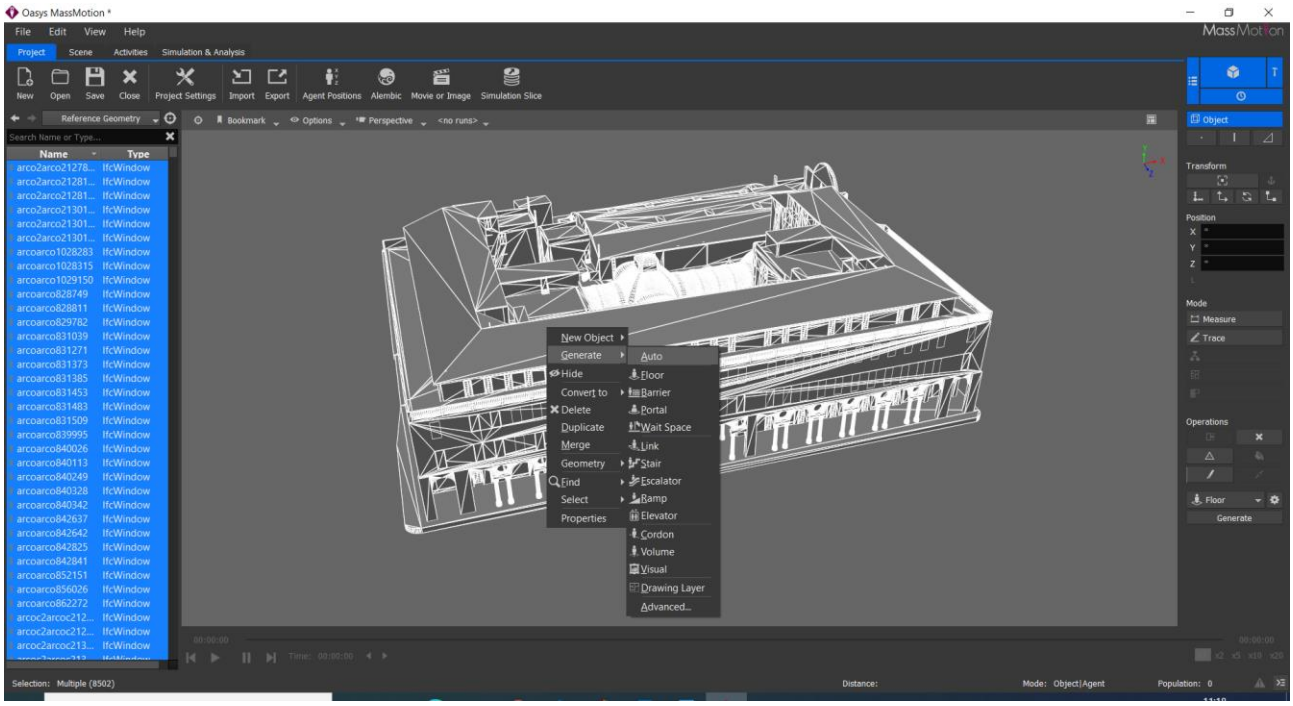


Figura 31: Generazione automatica degli elementi del modello 3D

Data la complessità delle volumetrie, sono stati riscontrati degli errori che hanno richiesto delle correzioni manuali: in particolare, è stato necessario ricostruire tutte le scale presenti nell'edificio in quanto il software non riconosce automaticamente le scale costituite da più rampe; è stato necessario, inoltre, ricostruire alcune partizioni interne e i pavimenti. Altra problematica riscontrata dalla generazione automatica degli elementi dal formato IFC importato sul software MassMotion, è stata l'errata creazione di rampe e link nei pavimenti.

Dalla sottostante figura si può vedere come alcuni elementi del modello non siano stati riconosciuti automaticamente dal programma e per tale ragione è stato necessario ricorrere ad una generazione manuale.

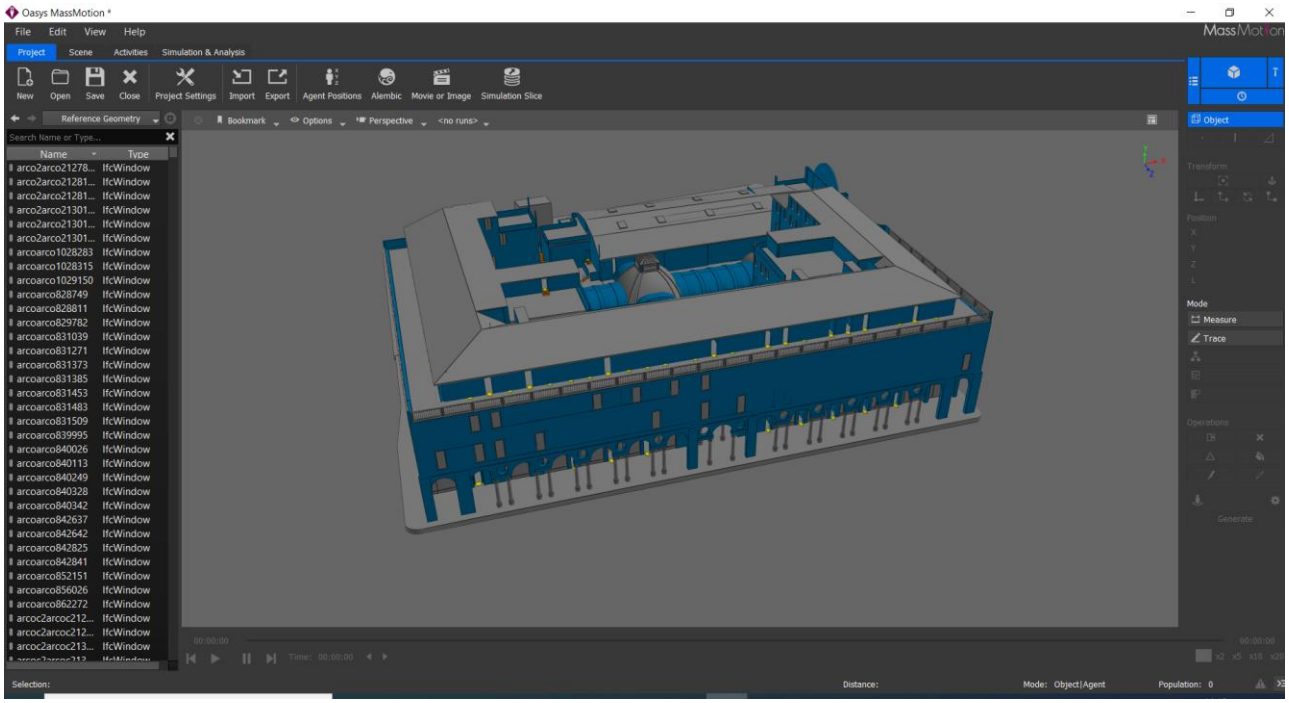


Figura 32: Generazione manuale degli elementi del modello 3D

MassMotion è basato sul modello SFM (Social Force Model) in cui ogni agente è soggetto a determinate forze che, conseguentemente, inducono al movimento; ogni occupante ha, dunque, la capacità di reagire all'ambiente circostante.

La barra dei comandi principali permette tre tipologie di elaborazioni:

1. *Scene:* permette di modellare gli elementi in base alla loro funzione (pavimenti, barriere, scale, rampe, portali ecc…);

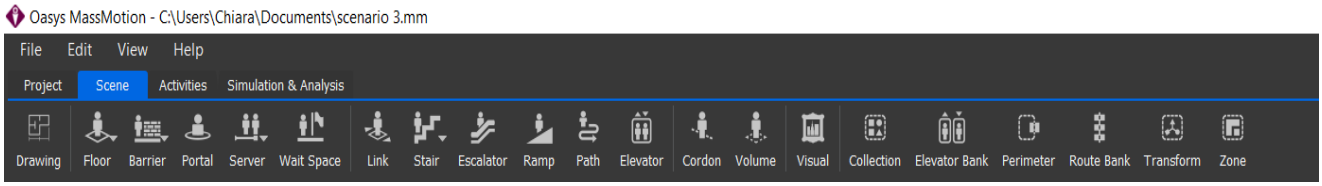


Figura 33: Barra dei comandi principali di modellazione degli elementi del software MassMotion Oasy

2. *Activities:* permette di creare gli agenti e definire i loro comportamenti;

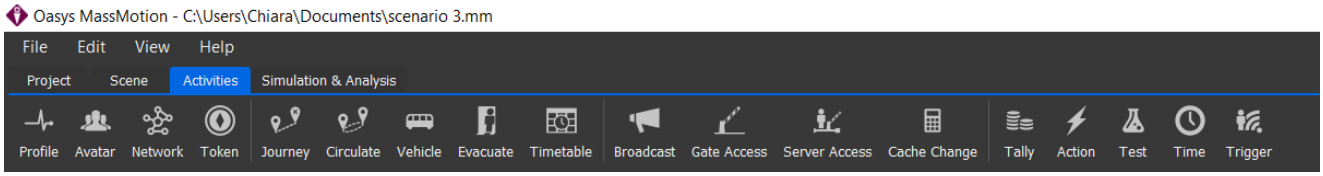


Figura 34: Barra dei comandi principali delle attività del software MassMotion Oasy

3. *Simulation and Analysis:* permette di definire le simulazioni e i relativi output.

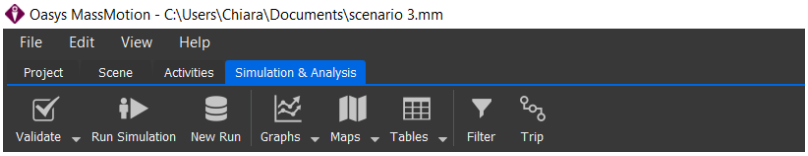


Figura 35: Barra dei comandi principali di simulazione e analisi del software MassMotion Oasy

Le geometrie che il software MassMotion propone mediante i comandi *scene* sono i seguenti:

Tipi di oggetti base	Descrizione
Floor	Area su cui gli agenti possono camminare
Barrier	Elemento che delimita gli ambienti e blocca il passaggio degli agenti
Portal	Elemento che rappresenta gli ingressi e le uscite degli agenti nella simulazione
Server	Elemento che modella code e comportamenti più complessi degli agenti
Wait Space	Area in cui gli agenti sono costretti ad aspettare

Tabella 16: Modellazione degli oggetti mediante il software MassMotion Oasy

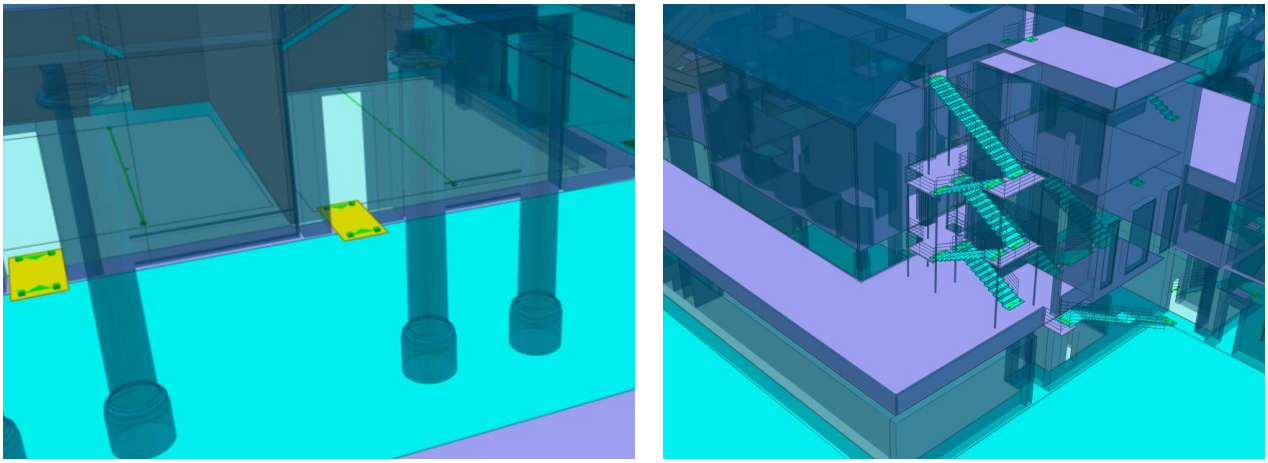


Figura 36: Elementi di connessione tra i pavimenti nel modello 3D

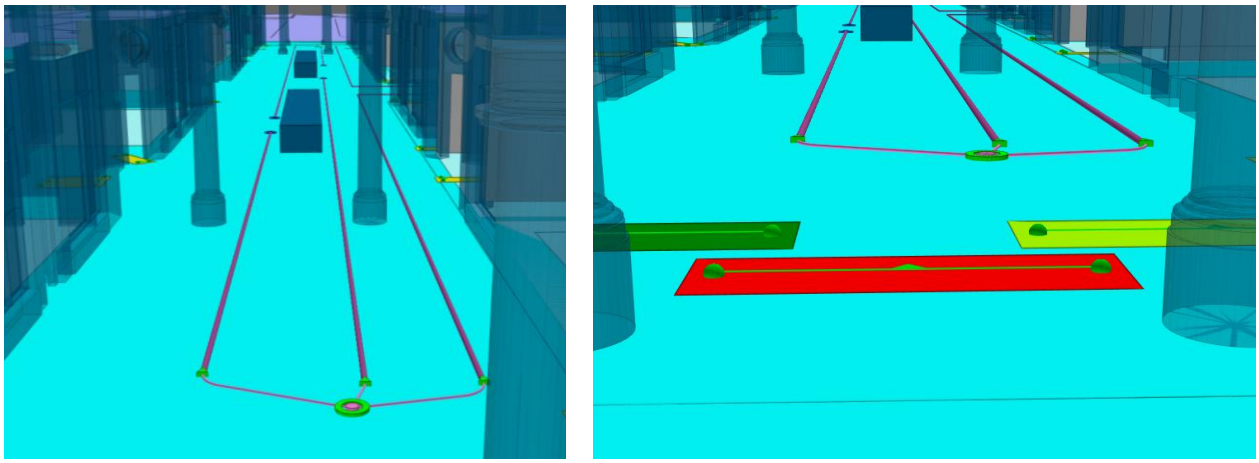


Figura 37: Accessi e percorsi predefiniti nel modello 3D

Tipi di connessioni tra gli oggetti	Descrizione
Link	Oggetto di connessioni tra piani orizzontali che rappresenta porte o tornelli
Stair	Oggetto di connessione verticale
Escalator	Oggetto di connessione verticale
Ramp	Oggetto di connessione verticale
Path	Oggetto di connessione costruito da un segmento curvo
Elevator	Oggetto di connessione verticale che collega più piani

Tabella 17: Tipo di connessioni tra gli oggetti

I movimenti e le caratteristiche degli agenti possono essere creati mediante i seguenti comandi *activities:*

Tipi di oggetti	Descrizione
Profile	Utilizzato per definire le caratteristiche dell'agente
Avatar	Rappresentazione fisica modificabile
Network	Definizione degli oggetti di rete disponibili per l'agente durante la navigazione
Token	Indicatori identificativi detenuti dagli agenti
Action	Operazione applicata ad un agente per modificare e assegnare nuovi compiti
Tally	Oggetto per memorizzare valori misurati

Test	Condizione che valuta una scena e restituisce vero o falso
Time	Un evento virtuale che può essere utilizzato dai tempi di riferimento in altri eventi e può aiutare con coordinare la tempistica di più eventi
Trigger	Utilizzato per controllare quando gli eventi diventano attivi
Journey	Evento che conduce gli agenti da un portale di entrata ad uno di uscita
Evacuate	Evento utilizzato per simulare l'evacuazione

Tabella 18: Tipi di attività realizzabili nel modello 3D

Il movimento dell'agente è diretto da una serie di forze che agiscono su di esso: queste forze sono date principalmente dalla destinazione che gli viene imposta e dalle interazioni che vengono esercitate dall'ambiente e dagli ulteriori agenti nelle vicinanze.
L'algoritmo delle forze sociali utilizzato dal software permette di calcolare la risultante delle succitate forze, necessaria a determinare accelerazione, velocità e posizione dell'agente stesso.
Di seguito si riportano le componenti delle forze generate dal software:

Componenti delle forze	
Obiettivo	Forza richiesta muovere l'agente alla velocità desiderata
Vicino	Forza repulsiva derivante da ogni vicino nel raggio d'azione
Coesione	Forza che spinge verso il baricentro dei vicini con obiettivi simili
Collisione	Forza che spinge l'agente lontano dalle collisioni con i vicini in arrivo
Deriva	Forza che spinge l'agente in una determinata direzione quando ci sono agenti in arrivo in spazi ristretti
Ordine della coda	Forza che spinge gli agenti verso la destinazione quando si avvicinano ulteriori agenti
Angolo	Forza che regola i movimenti in prossimità di angoli

Tabella 19: Componenti delle forze generate dal software per simulare il comportamento umano

Inoltre, gli ostacoli e le barriere presenti nell'ambiente non producono forze repulsive sugli utenti presenti nella simulazione; al contrario questi elementi generano una riduzione della risultante delle forze agenti sull'utente, evitando così la collisione su di essi.
Il modello finale utilizzato per le simulazioni, depurato dunque dagli errori, è il seguente:

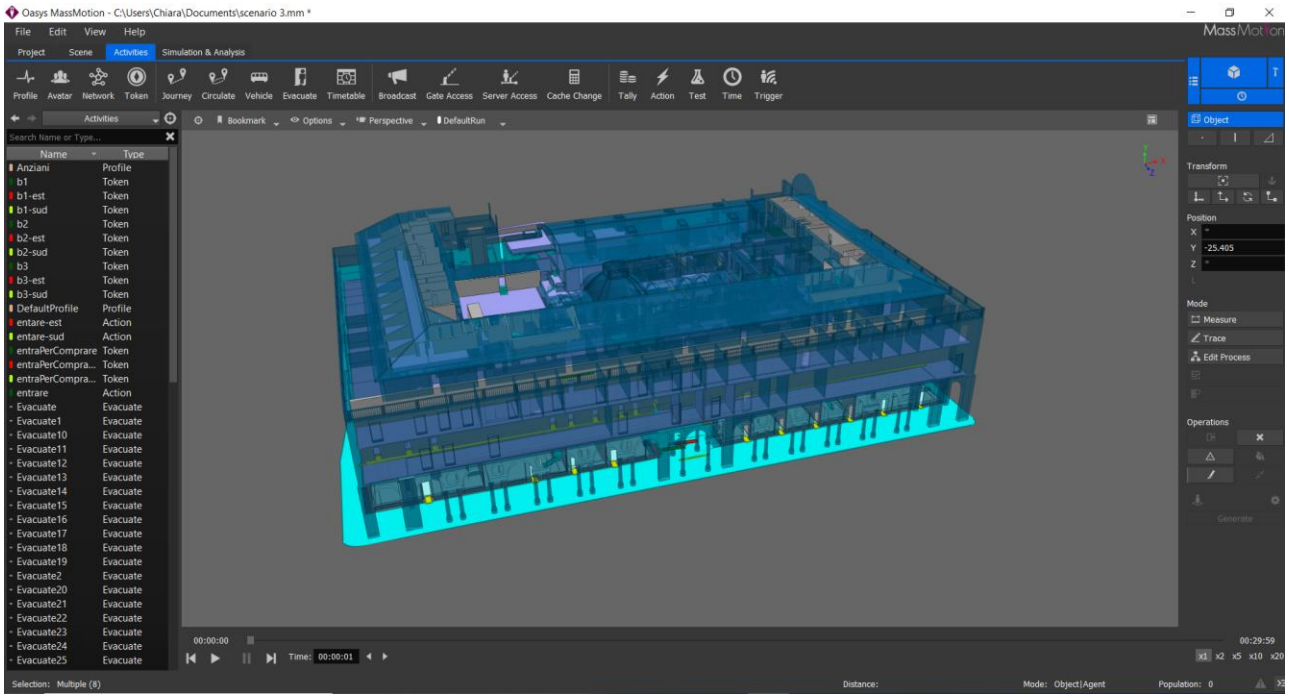


Figura 38: Modello 3D del complesso edilizio di Galleria San Federico nel software MassMotion Oasy

5.3 Individuazione degli scenari di esodo

Gli scenari proposti hanno lo scopo di analizzare i flussi di utenti transitanti nel complesso edilizio Galleria San Federico, considerata attività complessa in quanto caratterizzata da numerose attività.

In particolare, si è scelto di esaminare e confrontare situazioni ordinarie (Configurazioni: 1A–1B), che prevedono un affollamento relativamente basso all'interno dell'area comune della Galleria, con configurazioni eccezionali caratterizzate da un elevato numero di occupanti all'interno del complesso (Configurazioni: 2-3A-3B-4A-4B-5A-5B), le quali sussistono in specifici periodi dell'anno.

L'obiettivo della presente tesi è chiaramente quello di constatare l'efficacia dell'attuale sistema di gestione della sicurezza previsto nel fabbricato ed individuare le possibili carenze, in funzione di differenti configurazioni.

In particolare, le prime due simulazioni proposte (Configurazioni 1A-1B) raffigurano le abituali configurazioni che caratterizzano il complesso edilizio, determinate dall'attuale sistema di gestione della sicurezza e da un esiguo affollamento nell'area pedonale comune.

Lo stesso piano gestionale sarà applicato, poi, ad un ulteriore scenario (Configurazione 2) speculare ai precedenti se non per il differente numero di occupanti transitanti nella Galleria, con lo scopo di appurare l'efficacia dell'attuale sistema di gestione della sicurezza anche durante situazioni che prevedono elevati affollamenti.

Successivamente sono state analizzate differenti configurazioni possibili, contraddistinte da precise misure gestionali ed operative selezionate a seguito delle succitate analisi, con lo scopo di ottimizzare i processi di evacuazione qualora si verifichi un evento emergenziale.
Gli scenari scelti rappresentano, inoltre, diverse configurazioni determinate dall'apertura e dalla chiusura di alcune attività e dalla tipologia di evento, in seguito descritti nel dettaglio.
Altra caratteristica determinante è il luogo in cui ha inizio l'emergenza: tale aspetto risulta rilevante poiché determina tempi di evacuazione e movimenti della folla differenti.

Configurazione	Densità di affollamento [p/mq]	Attività aperte	Tipologia di esodo	Area emergenza	Tipologia di configurazione
1-A	0,2	Att. Commerciali; Cinema; Fiorfood; Uffici	Simultaneo	Attività commerciale-Uffici	Transito
1-B	0,2	Att. Commerciali; Cinema; Fiorfood; Uffici	Simultaneo	Attività commerciale-Uffici	Stazionamento
2	1,2	Att. Commerciali; Cinema; Fiorfood; Uffici	Simultaneo	Attività commerciale-Uffici	Transito
3-A	1,2	Att. Commerciali; Cinema; Fiorfood; Uffici	Per fasi	Attività commerciale	Transito
3-B	1,2	Att. Commerciali; Cinema; Fiorfood; Uffici	Per fasi	Uffici	Transito
4-A	1,2	Att. Commerciali; Cinema; Fiorfood; Uffici	Per fasi	Attività commerciale	Transito
4-B	1,2	Att. Commerciali; Cinema; Fiorfood	Per fasi	Attività commerciale	Transito
5-A	1,2	Att. Commerciali; Cinema; Fiorfood; Uffici	Per fasi	Attività commerciale	Stazionamento
5-B	1,2	Att. Commerciali; Cinema; Fiorfood	Per fasi	Attività commerciale	Stazionamento

Tabella 20: Individuazione delle configurazioni da analizzare

Grazie ai dati elaborati nella *Parte 2* del presente elaborato è stato possibile definire specifici profili *Agents* rappresentanti la reale popolazione italiana; di seguito si riportano le tabelle riassuntive riguardanti i parametri di pre-movimento e di velocità associati a ciascuna categoria di utenti:

Utenti	Categoria	ISO/TR16738 [min]	ZANUT [min]
Utenti standard	Svegli e senza familiarità	1-4	3
Utenti standard (Dipendenti)	Svegli e con familiarità	1-3	3
Anziani	Svegli e senza familiarità	3	4
Utenti con passeggino	Svegli e senza familiarità	1-4	3
Utenti con bambini	Svegli e senza familiarità	1-4	3
Utenti con buste	Svegli e senza familiarità	1-4	3
Utenti in sedia a rotelle	Svegli e senza familiarità	1-4	3
Utenti con stampelle/bastone	Svegli e senza familiarità	1-4	3
Utenti non vedenti	Svegli e senza familiarità	3	4
Utenti non udenti	Svegli e senza familiarità	3	4
Utenti con disabilità cognitiva alta	Svegli e senza familiarità	_	_
Utenti con disabilità cognitiva lieve	Svegli e senza familiarità	3	4
Gruppi di persone	Svegli e senza familiarità	3	4

Tabella 21: Individuazione degli intervalli di pre-movimento

Velocità di esodo			
Utenti	**Min [m/s]**	**Max [m/s]**	**Mean [m/s]**
Standard	1		

Anziani	0,1	1,68	0,8
Utenti con passeggino	0,85	0,93	0,89
Utenti con bambini	0,41	0,8	0,6
Utenti con buste	1		
Utenti in sedia a rotelle	0,85	0,93	0,89
Utenti con stampelle/bastone	0,63	1,35	0,94
Utenti non vedenti	1		
Utenti non udenti	1		
Utenti con disabilità cognitiva alta	1		
Utenti con disabilità cognitiva lieve	1		
Gruppi di persone	0,59	1,10	0,82
Utenti attività	0,84	0,99	0,91

Tabella 22: Velocità di esodo

Come accennato precedentemente, gli scenari sono stati ulteriormente differenziati in funzione della tipologia di evento tenuto nella Galleria: più precisamente, sono stati distinti gli scenari caratterizzati da eventi che prevedono il transito degli occupanti all'interno degli spazi comuni da quelli che prevedono, invece, lo stazionamento della folla.

Tali configurazioni sono state scelte al fine di studiare e analizzare lo spostamento della folla in condizioni limite differenti.

Altra categoria appositamente individuata al fine di realizzare un modello di esodo realistico, è quella relativa agli utenti delle attività, caratterizzata da valori di camminamento pari alla media delle velocità di tutti gli utenti citati precedentemente; tale scelta è stata presa in quanto il software MassMotion permette di inserite un solo profilo di *agent* all'interno del comando *Evacuate,* per tale ragione si è deciso di realizzare un profilo che tenesse in considerazione la reale popolazione.

Di seguito vengono analizzati nel dettaglio tutti gli scenari sviluppati.

5.3.1 Configurazione 1-A

Lo scenario 1-A rappresenta una possibile configurazione ordinaria, caratterizzata da un affollamento massimo all'interno della Galleria pari a 242 persone.

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/m²
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 $q_f \leq 50$ MJ/m²	
Ambiti per mostre, esposizioni	1,2 persone/m²
Ambiti destinati ad attività di spettacolo o intrattenimento (es. sale concerti, trattenimenti danzanti, …) con presenza di arredi o con carico di incendio specifico $q_f > 50$ MJ/m²	
Ambiti adibiti a ristorazione	0,7 persone/m²
Ambiti adibiti ad attività scolastica e laboratori (senza posti a sedere)	0,4 persone/m²
Sale d'attesa	
Uffici	
Ambiti di vendita di *piccole* attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	
Ambiti di vendita di *medie* e *grandi* attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	0,2 persone/m²
Ambiti di vendita di attività commerciali al dettaglio senza settore alimentare	
Sale di lettura di biblioteche, archivi	
Ambulatori	0,1 persone/m²
Ambiti di vendita di attività commerciali all'ingrosso	
Ambiti di vendita di *piccole* attività commerciali al dettaglio con specifica gamma merceologica non alimentare	
Civile abitazione	0,05 persone/m²

Tabella S.4-12: Densità di affollamento per tipologia di attività

Figura 39: Densità di affollamento per tipologia di attività - Fonte: D.M. 03 agosto 2015

Avendo come obiettivo la verifica dell'efficacia dell'attuale sistema di gestione della sicurezza del fabbricato, si è scelto di analizzare in un primo momento l'applicazione di quest'ultimo a scenari che sussistono frequentemente (Configurazione 1A - 1B), per poi confrontarli con una configurazione caratterizzata da una densità di affollamento pari a 1,2 p/mq (Configurazione 2). A tal proposito, nella seconda configurazione è stato mantenuto il medesimo sistema di gestione delle prime due configurazioni, al fine di evidenziare le potenziali criticità.

La presente simulazione permette di analizzare i movimenti degli utenti transitanti all'interno della Galleria.

Di seguito si riportano gli affollamenti complessivi di ogni unità; a queste ultime è stato attribuito uno specifico colore corrispondente a quello utilizzato nelle simulazioni, che permette di distinguere l'utenza in funzione del piano e della destinazione d'uso in cui si trovano.

Livello	Attività	Affollamento
-2	Autorimessa	16
-1	Cinema	524
	Autorimessa	34
	Galleria	242
	Attività T01.N	32
	Attività T02.N	13
	Attività T03.N	16

0	Attività T04.N	13
	Attività T05.N	65
	Attività T06.N	13
	Attività T07.N	15
	Attività T08.N	27
	Attività T09.N	18
	Attività T10.N	31
	Attività T11.N	
	Attività T12.N	143
	Attività T13.N	31
	Attività T14.N	20
	Attività T15.N	7
	Attività T16.N	7
	Attività T17.N	6
	Attività T18.N	10
	Attività T19.N	40
	Attività T20.N	25
	Attività T21.N	33
1	Attività T01.N	33
	Attività T02.N	26
	Attività T04.N	13
	Attività T05.N	64
	Attività T06.N	13
	Attività T07.N	22
	Attività T08.N	23
	Attività T09.N	19
	Attività T11.N	271
	Attività T12.N	
	Attività T14.N	29
	Attività T15.N	7
	Attività T16.N	7
	Attività T19.N	36
	Attività T21.N	8
	Attività T22.U	20
2	Attività T01.N	20
	Attività T12.N	63
	Attività T23.U	35

	Attività T24.U	197
3	Attività T25.U	77
	Attività T26.U	197
4	Attività T27.U	81
	Attività T28.U	127
5	Attività T29.U	27
	Attività T30.R	4
	Attività T31.R	2
	Attività T32.R	2
	Attività T33.R	1
	Attività T34.R	1
	Attività T35.R	2

Tabella 23: Affollamenti delle singole unità del complesso edilizio

Come si evince dalla sovrastante tabella, è stata prevista l'apertura di tutte le attività esistenti (uffici, cinema, attività commerciali) al fine di valutare la configurazione più gravosa, data dal massimo affollamento dell'intero complesso edilizio.

Tale scenario prevede il transito degli occupanti all'interno della Galleria, caratterizzati dai seguenti profili:

Utenti			
Normodotati	67%	11,75%	28
Utenti con passeggino		5,00%	12
Utenti con bambini		5,00%	12
Utenti con buste		11,75%	28
Gruppi di persone		33,50%	81
Utenti in sedia a rotelle	21,3%		9
Utenti con stampelle/bastone			9
Utenti non vedenti			9
Utenti non udenti			9
Utenti con disabilità cognitiva alta			9
Utenti con disabilità cognitiva lieve			9
Anziani	11,70%		28

Tabella 24: Individuazione degli utenti transitanti all'interno del complesso edilizio di Galleria San Federico nella configurazione 1-A

Una volta importato il modello e dopo averlo depurato dagli errori, si è proceduto con la realizzazione dei *Portal* su tutti i pavimenti del complesso edilizio. Sono stati realizzati tre portali nell'area comune della Galleria, necessari a far transitare gli agenti in tale ambiente; grazie

all'opzione *Agent placement distribution: On Floor* è stato possibile distribuire gli utenti su tutta la superficie di pavimento.

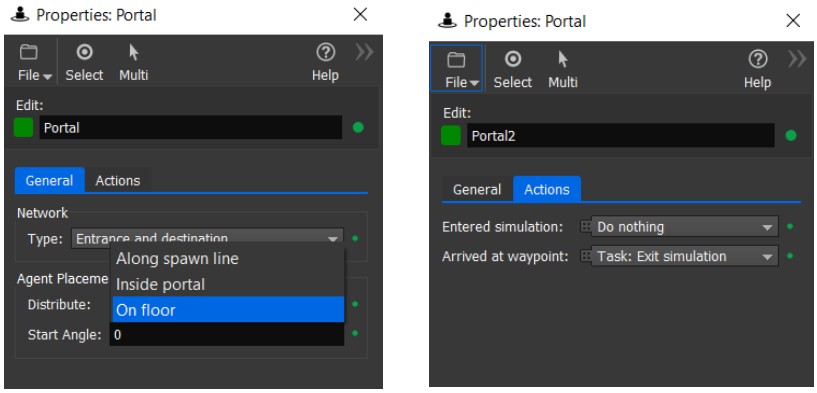


Figura 40: Realizzazione dei portali di accesso

Successivamente si è proceduto con la realizzazione dei *Profile* inserendo i valori di velocità e tempo di pre-movimento descritti nel capitolo precedente (inoltre sono stati attribuiti dei ritardi di esodo alle attività al fine di considerare il tempo di comunicazioni dell'emergenza).

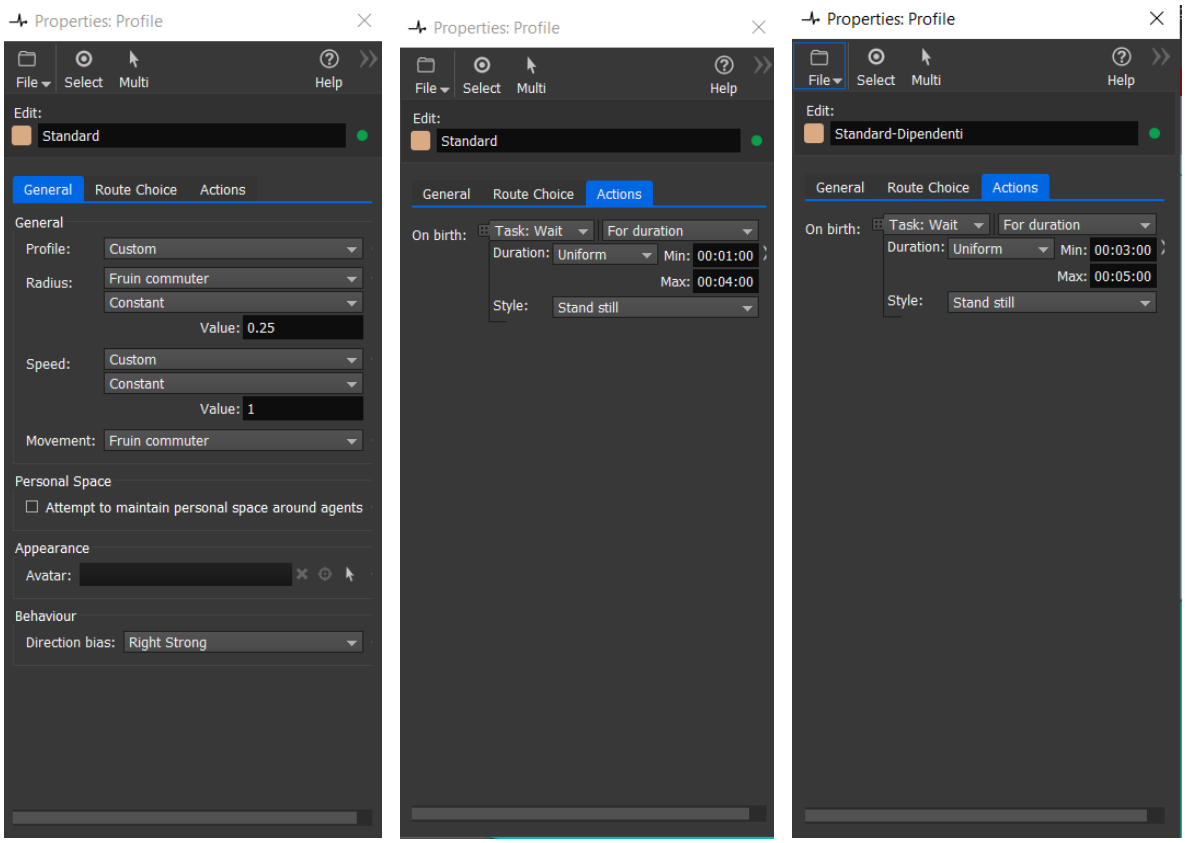


Figura 41: Realizzazione dei profili di utenti standard

I tempi di pre-movimento sono stati assegnati mediante l'opzione *Actions*, come mostrato in figura, attribuendo uno specifico intervallo di tempo.

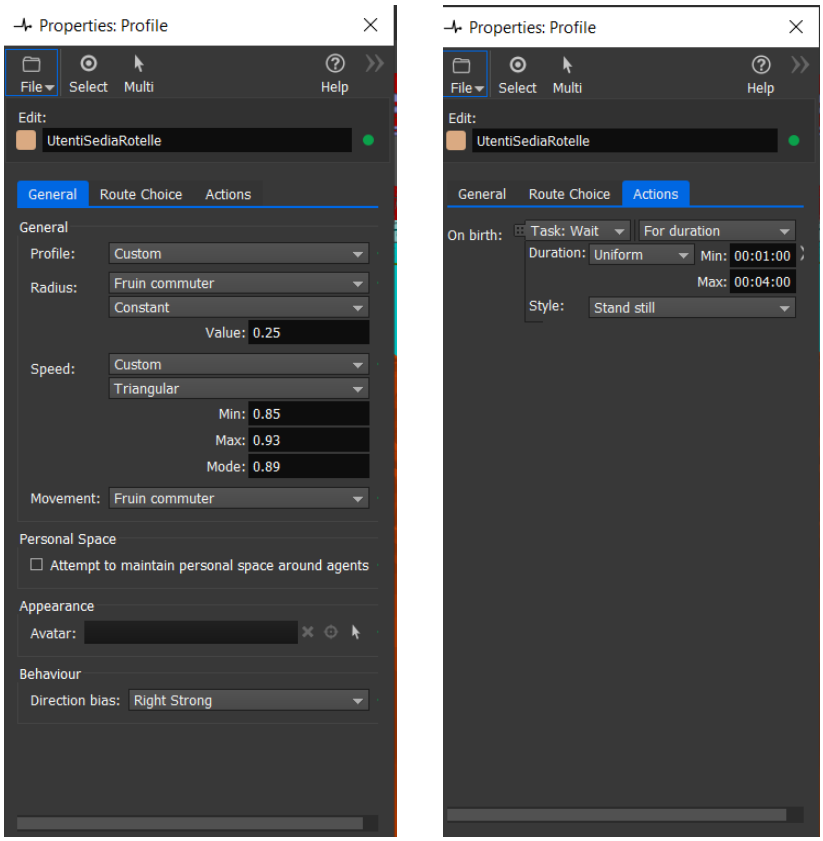


Figura 42: Realizzazione dei profili di utenti con disabilità motoria

Si è proceduto poi con la creazione delle *Activities*: sono stati realizzati tanti *Journey* quanti sono i profili di utenti transitanti all'interno della Galleria, attribuendo come origine e destinazione, i tre portali precedentemente realizzati in prossimità dei varchi di accesso della stessa.

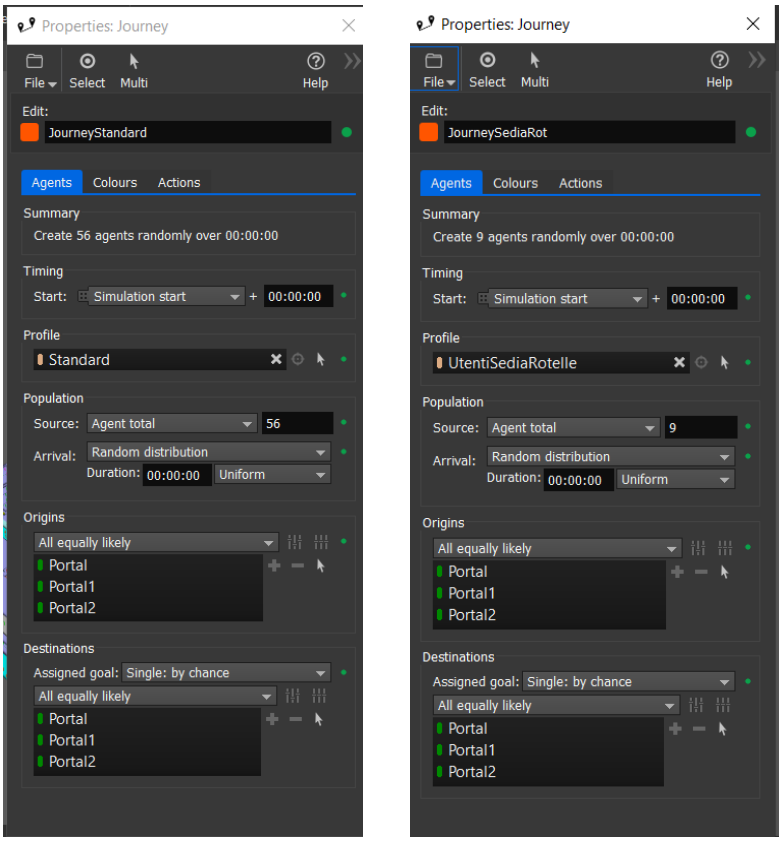


Figura 43: Realizzazione delle attività Journey all'interno dell'area pedonale della Galleria

Per raffigurare l'evacuazione delle singole unità (uffici, attività commerciali e cinema) è stato utilizzato il comando *Evacuate* attribuendo uno specifico colore agli agenti, in funzione della destinazione d'uso in cui si trovano.

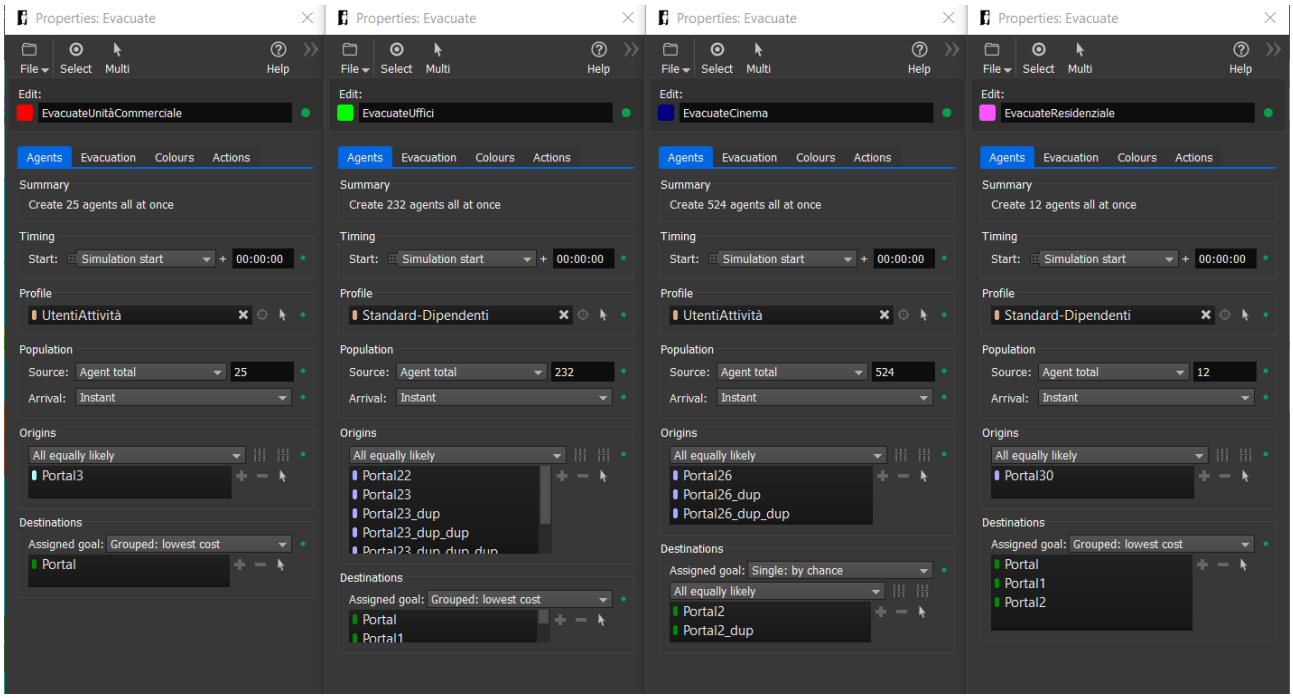


Figura 44: Realizzazione delle attività Evacuation all'interno delle unità

La sottostante figura mostra la distribuzione di occupanti all'interno del complesso edilizio.

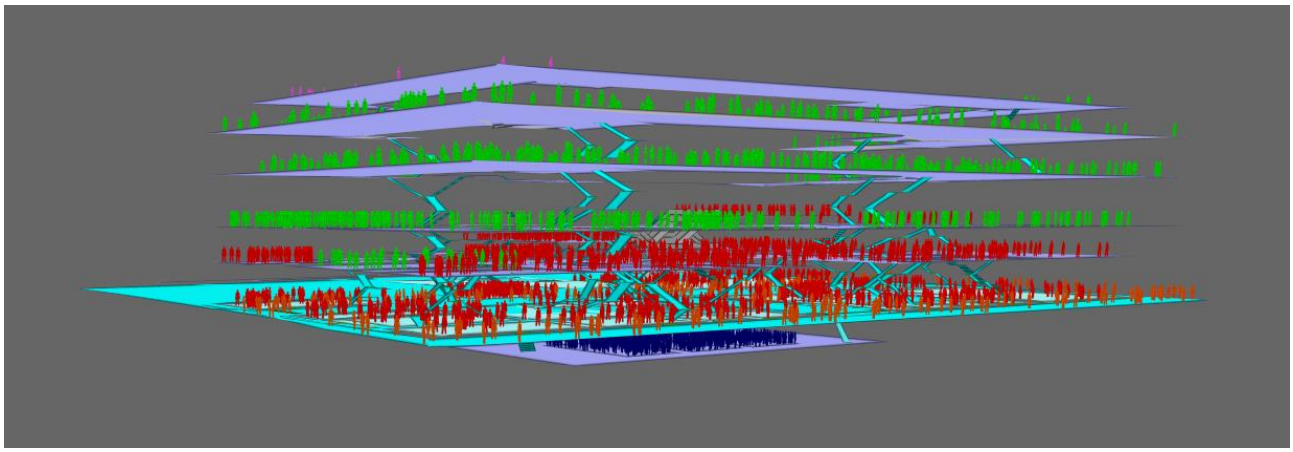


Figura 45: Modello 3D nel software MassMotion Oasy

5.3.1.1 Analisi dei risultati ottenuti

Dall'analisi della presente simulazione, rappresentante una possibile configurazione ordinaria, si evince che, pur non prevedendo una specifica organizzazione dell'esodo del complesso edilizio e precise misure gestionali da attuare in caso di emergenza, non vi sono interferenze tra i flussi di utenti transitanti all'interno della Galleria e quelli provenienti dalle singole unità.

Di seguito si riporta il grafico relativo al tempi di evacuazione della prima configurazione analizzata (il quale risulta essere pari a 11,06 minuti):

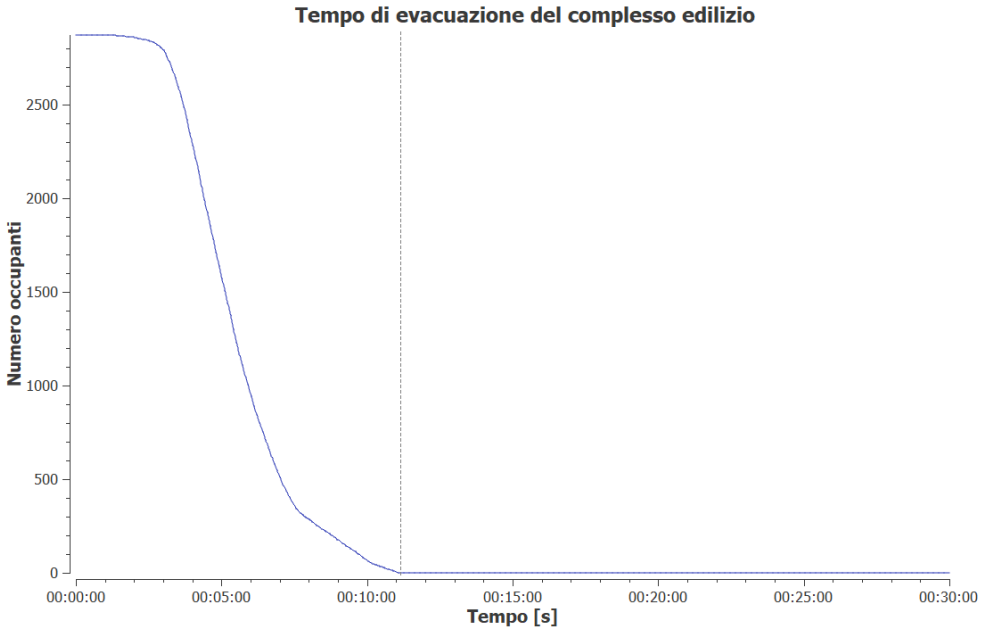


Figura 46: Grafico relativo all'esodo degli occupanti del complesso edilizio - Configurazione 1-A

Tale grafico rappresenta l'esodo simultaneo dell'intero complesso edilizio, ottenuto attribuendo a ciascun occupante precise caratteristiche comportamentali (valori di velocità e di tempo di pre-movimento), necessarie a distinguere la tipologia di utenza e di attività presenti nel fabbricato.
Tuttavia, al fine di analizzare i movimenti e gli spostamenti degli utenti durante situazioni emergenziali, si è ritenuto rilevante esaminare quali percorsi vengono individuati dagli stessi al fine di individuare eventuali criticità.
Si riporta, pertanto, la mappa dei percorsi estrapolata dalla simulazione, la quale mostra visivamente dove gli utenti tendono a camminare e quali tragitti scelgono in caso di emergenza (i percorsi risultano essere sovrapposti, quindi i percorsi dei primi agenti sono oscurati da quelli successivi).
Il colore del percorso intrapreso dagli agenti corrisponde a quello attribuito agli stessi al fine di distinguere la destinazione d'uso da cui provengono: si ricorda che i percorsi rossi sono quelli attraversati dagli utenti delle attività commerciali, quelli verdi sono degli agenti provenienti dall'unità adibita ad uso uffici, quelli blu sono degli utenti presenti nei piani interrati (cinema e autorimessa) e quelli arancioni rappresentano i percorsi degli occupanti della Galleria.

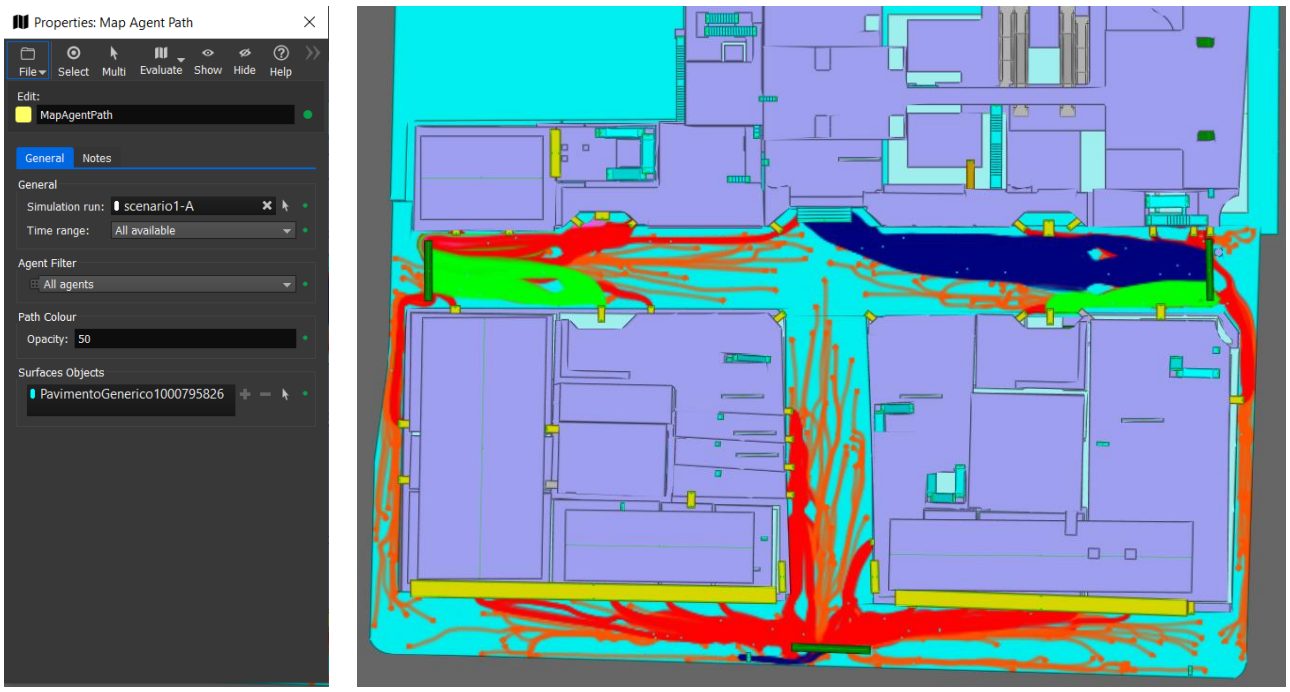


Figura 47: Mappa dei percorsi di esodo - Configurazione 1-A

Dalla mappa soprariportata si evince che i flussi più consistenti di utenti che evacuano dall'edificio risultano essere quelli delle attività che si affacciano sulla Galleria, in particolare quelli provenienti dalle unità adibite ad uso uffici e dal cinema multisala Lux. Il flusso di utenti transitanti all'interno della Galleria (percorsi arancioni) essendo contenuto non ostacola l'esodo delle succitate attività. Pertanto, dalla prima simulazione si evince che i movimenti degli agenti

non sono ostacolati in quanto non vi è la presenza di un'elevata densità d'affollamento della Galleria.
Risulta evidente che tale risultato è strettamente correlato al numero di utenti occupanti la suddetta area comune: come già affermato, le prime due configurazioni rappresentano il quotidiano flusso di persone transitanti all'interno della Galleria; esse, tuttavia, non raffigurano lo scenario più gravoso che si può verificare.

Figura 48: QR code configurazione 1-A

5.3.2 Configurazione1-B

Il secondo scenario realizzato rappresenta nuovamente una configurazione ordinaria, costituita da 242 occupanti all'interno dell'area pedonale della Galleria e dalle unità commerciali – uffici aperti al pubblico (per gli affollamenti delle unità si fa riferimento alla tabella 23).
A differenza del primo scenario, è stato previsto un evento caratterizzato dallo stazionamento degli occupanti in prossimità del nodo centrale della Galleria.
Tale simulazione è stata realizzata in quanto si vogliono analizzare gli effettivi movimenti della folla scaturiti da tutte le configurazioni che si possono avere nella reale quotidianità.
I profili degli utenti utilizzati nella presente simulazione sono i medesimi di quella precedente: anche in questo caso è stato attribuito un ritardo di camminamento agli utenti delle attività non coinvolte dall'emergenza al fine di considerare il ritardo della comunicazione dell'emrgenza.
Si è scelto di raffigurare sia la fase di normale esercizio dell'attività, in cui gli utenti si muovono e raggiungono la suddetta area, che la successiva fase di evacuazione: a tal proposito è stato utilizzato il comando *Circulate*: esso permette il transito e la circolazione degli agenti nelle vicinanze di un portale. Sono stati, dunque, creati tre portali al centro della Galleria, attribuendo alla suddetta *Activities* un tempo di stazionamento, prima della fase di evacuazione.

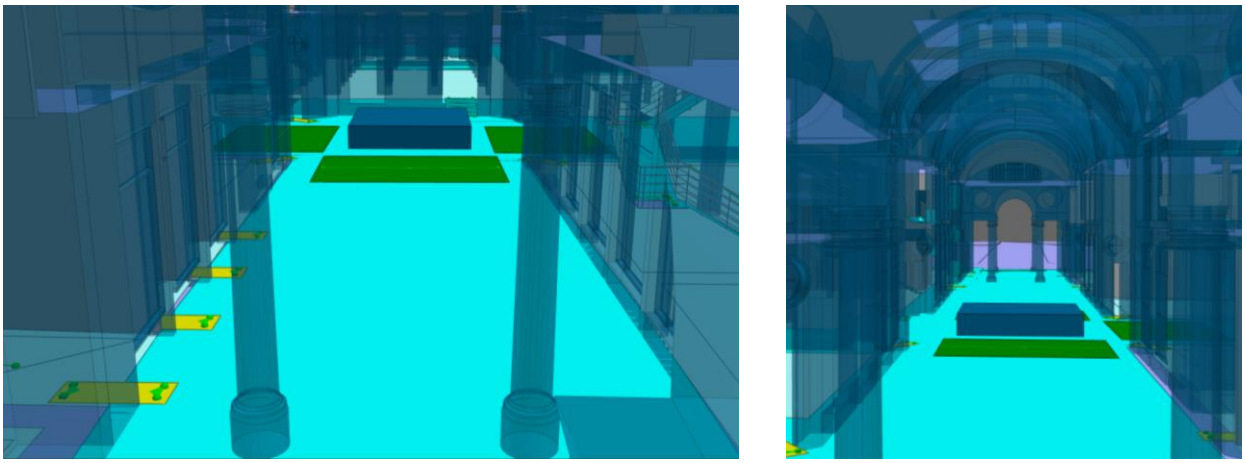


Figura 49: Realizzazione di appositi portali per l'utilizzo del comando Circulate

Anche in questo caso è stato necessario realizzare tanti *Circulate* quanti sono i profili di utenti transitanti nella Galleria, mentre per le singole unità sono stati mantenuti i comandi di evacuazione dello scenario precedente.

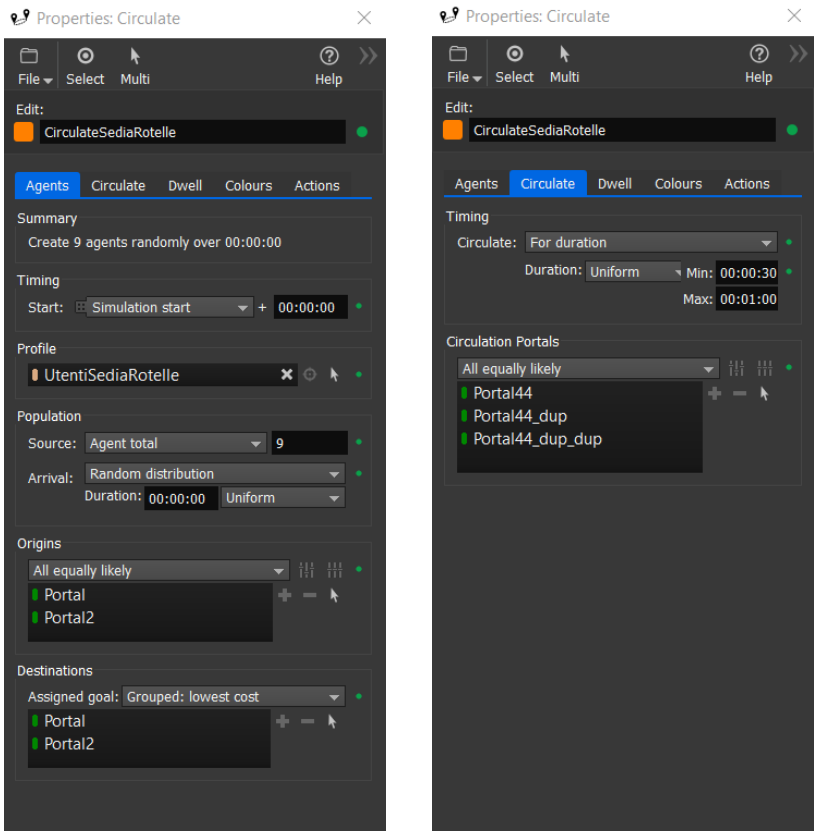


Figura 50: Realizzazione delle attività Circulate all'interno della Galleria - utenti con disabilità

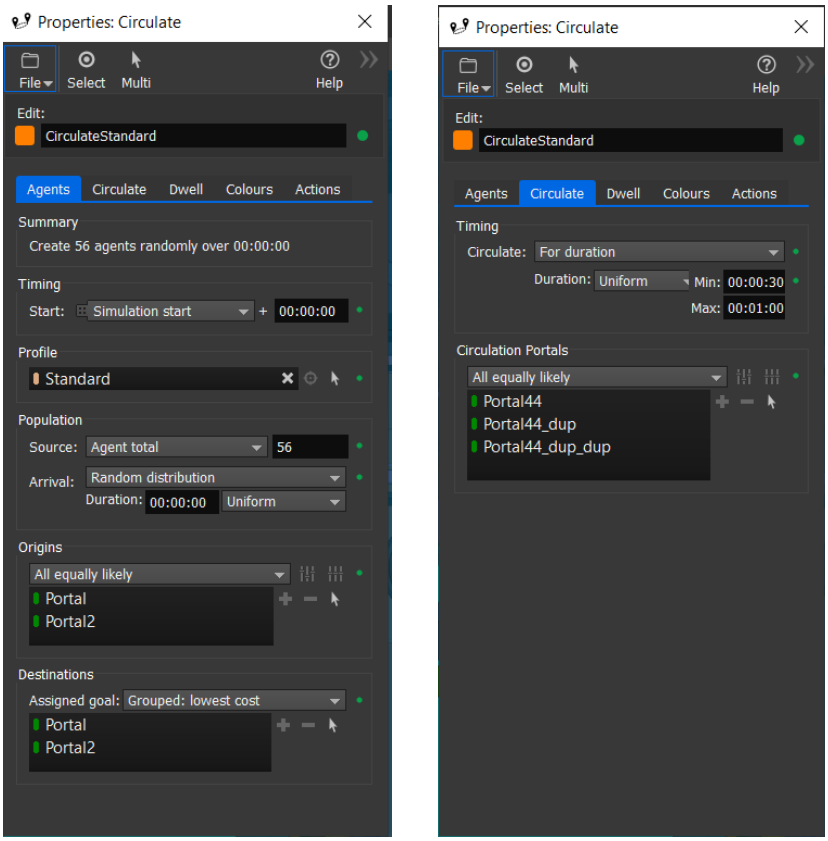


Figura 51: Realizzazione delle attività Circulate all'interno della Galleria - utenti standard

Di seguito si riporta l'immagine raffigurante lo stazionamento degli utenti in prossimità del nodo centrale della Galleria.

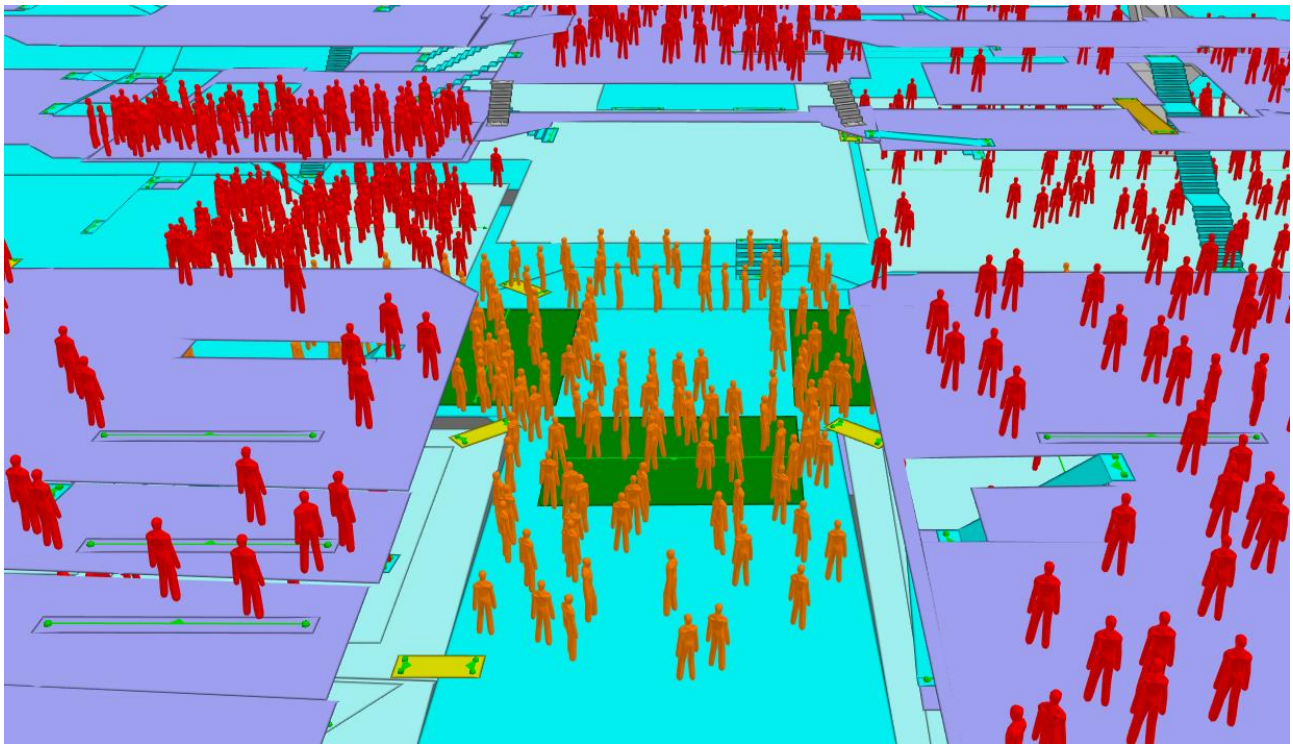


Figura 52: Stazionamento degli utenti in prossimità dell'area centrale della Galleria

5.3.2.1 Analisi dei risultati ottenuti

Di seguito si riporta il grafico relativo al tempo di esodo della seconda configurazione realizzata (tempo di esodo pari a 11,27 minuti).

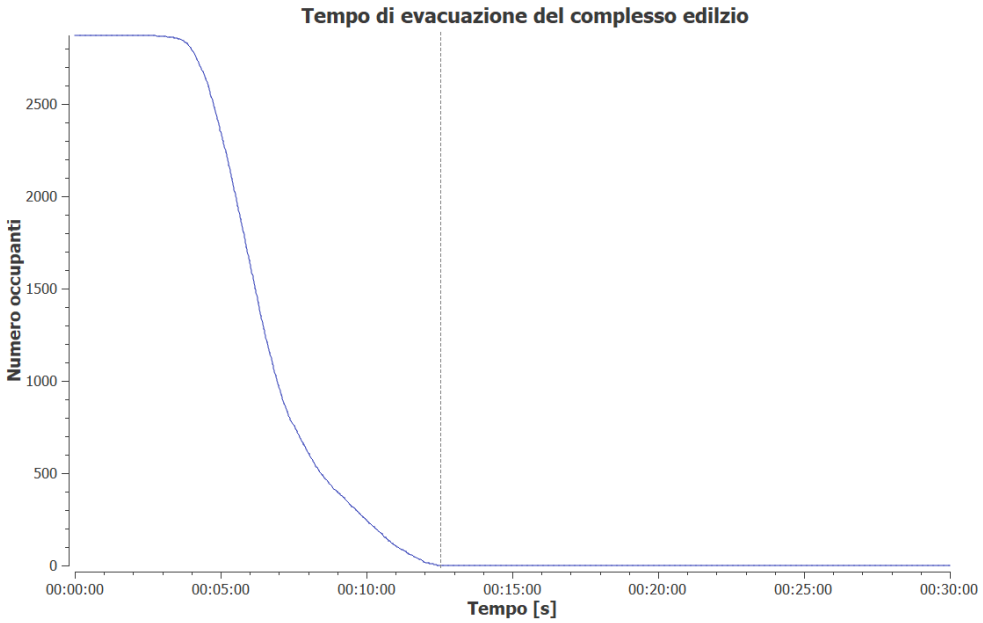


Figura 53: Grafico relativo all'esodo degli occupanti del complesso edilizio - Configurazione 1-B

Anche in questo caso il grafico rappresenta l'esodo simultaneo dell'intero complesso edilizio, ottenuto attribuendo a ciascun occupante precise caratteristiche comportamentali necessarie a distinguere la tipologia di utenza e di attività presenti nel fabbricato.

Si precisa che lo stesso presenta un tratto stazionario iniziale più prolungato rispetto alla precedente simulazione in quanto è stato rappresentata anche la prima fase di normale esercizio dell'attività in cui gli utenti raggiungono l'area centrale della Galleria (il tempo di esodo equivale dunque al tempo totale della simulazione meno il primo minuto).

Al fine di analizzare i movimenti e gli spostamenti degli utenti durante situazioni emergenziali, sono stati esaminati i percorsi attraversati dagli utenti estrapolati dal software grazie alla realizzazione di una apposita mappa dei percorsi (si ricorda che i percorsi risultano essere sovrapposti, quindi i percorsi dei primi agenti sono oscurati da quelli successivi).

Il colore del percorso attraversato dagli agenti corrisponde a quello attribuito agli stessi al fine di distinguere la destinazione d'uso da cui provengono: si ricorda che i percorsi rossi sono quelli attraversati dagli utenti delle attività commerciali, quelli verdi sono degli utenti provenienti dall'unità adibita ad uso uffici, quelli blu sono degli utenti presenti nei piani interrati (cinema e autorimessa) e quelli arancioni rappresentano i percorsi degli occupanti della Galleria.

Dall'analisi della presente configurazione si evince, ancora una volta, che non vi sono interferenze tra i flussi di utenti transitanti all'interno della Galleria e quelli provenienti dalle singole unità.

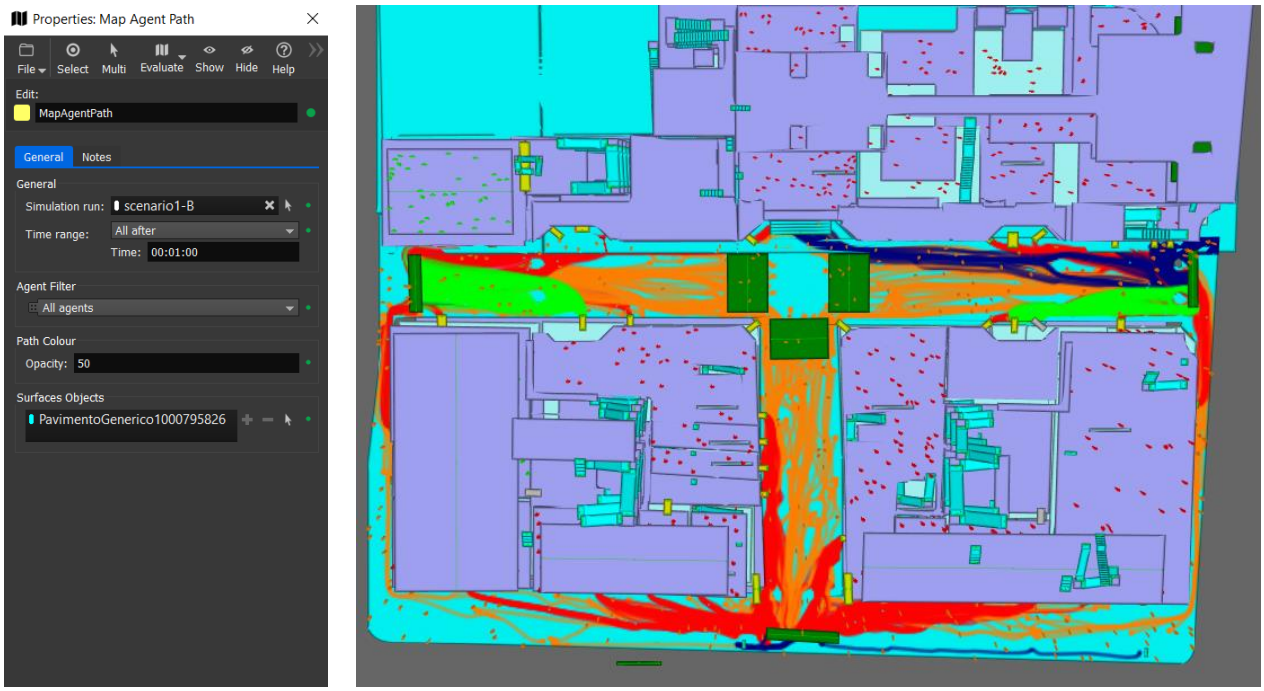


Figura 54: Mappa dei percorsi di esodo - Configurazione 1-B

Dalla configurazione 1-B, come in quella precedente, non si riscontrano interferenze tra i flussi di utenti che evacuano dall'edificio, nonostante si tratti di esodo simultaneo.

Come già anticipato i risultati delle prime due simulazioni sono strettamente legati al numero di utenti presenti nella Galleria: per tale ragione si vuole analizzare uno scenario speculare alle prime due configurazioni, ovvero caratterizzato da un esodo simultaneo, ma con un affollamento maggiore all'interno della Galleria.

Tale configurazione nettamente più gravose delle precedenti, sussiste in periodi dell'anno in cui si vede un'elevata affluenza alle attività commerciali, come ad esempio durante la stagione dei saldi estivi o invernali oppure in occasione delle feste natalizie o durante mostre e fiere organizzate nella Galleria.

Per tale ragione risulta doveroso valutare l'esodo simultaneo del fabbricato qualora vi siano ambienti caratterizzati da elevati affollamenti, con l'obiettivo di constatare l'efficacia dell'attuale sistema di gestione della sicurezza ed individuare eventuali strategie migliorative a seguito dell'analisi delle interazioni tra gli occupanti.

Figura 55:QR code configurazione 1-B

5.3.3 Configurazione 2

La presente configurazione è pertanto caratterizzata da un numero elevato di occupanti transitanti all'interno della Galleria: si è scelto considerare una densità di affollamento pari a 1,2 p/mq, quantità equiparabile a quella relativa ad attività adibite a mostre, esposizioni o locali di intrattenimento.

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/m²
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 $q_f \leq 50$ MJ/m²	
Ambiti per mostre, esposizioni	1,2 persone/m²
Ambiti destinati ad attività di spettacolo o intrattenimento (es. sale concerti, trattenimenti danzanti, …) con presenza di arredi o con carico di incendio specifico $q_f > 50$ MJ/m²	
Ambiti adibiti a ristorazione	0,7 persone/m²
Ambiti adibiti ad attività scolastica e laboratori (senza posti a sedere)	0,4 persone/m²
Sale d'attesa	
Uffici	
Ambiti di vendita di *piccole* attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	
Ambiti di vendita di *medie* e *grandi* attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	0,2 persone/m²
Ambiti di vendita di attività commerciali al dettaglio senza settore alimentare	
Sale di lettura di biblioteche, archivi	
Ambulatori	0,1 persone/m²
Ambiti di vendita di attività commerciali all'ingrosso	
Ambiti di vendita di *piccole* attività commerciali al dettaglio con specifica gamma merceologica non alimentare	
Civile abitazione	0,05 persone/m²

Tabella S.4-12: Densità di affollamento per tipologia di attività

Figura 56: Densità di affollamento per tipologia di attività - Fonte: D.M. 03 agosto 2015

Le condizioni al contorno sono, dunque, le medesime dei primi due scenari realizzati: tutte le attività presenti nel complesso edilizio sono considerate aperte ed operanti e viene analizzato l'esodo previsto dall'attuale sistema di gestione del complesso edilizio, al fine di constatare la sua efficacia anche in situazioni in cui è previsto un affollamento considerevole.

Di seguito si riportano gli affollamenti complessivi di ogni unità; a queste ultime è stato attribuito uno specifico colore corrispondente a quello utilizzato nelle simulazioni, che permette di distinguere l'utenza in funzione del piano e della destinazione d'uso in cui si trovano.

Livello	Attività	Affollamento
-2	Autorimessa	16
-1	Cinema	524
	Autorimessa	34
0	Galleria	1452
	Attività T01.N	32
	Attività T02.N	13
	Attività T03.N	16
	Attività T04.N	13
	Attività T05.N	65
	Attività T06.N	13
	Attività T07.N	15
	Attività T08.N	27
	Attività T09.N	18
	Attività T10.N	31
	Attività T11.N	143
	Attività T12.N	
	Attività T13.N	31
	Attività T14.N	20
	Attività T15.N	7
	Attività T16.N	7
	Attività T17.N	6
	Attività T18.N	10
	Attività T19.N	40
	Attività T20.N	25
	Attività T21.N	33
1	Attività T01.N	33
	Attività T02.N	26
	Attività T04.N	13
	Attività T05.N	64
	Attività T06.N	13
	Attività T07.N	22
	Attività T08.N	23

	Attività T09.N	19
	Attività T11.N	271
	Attività T12.N	
	Attività T14.N	29
	Attività T15.N	7
	Attività T16.N	7
	Attività T19.N	36
	Attività T21.N	8
	Attività T22.U	20
2	Attività T01.N	20
	Attività T12.N	63
	Attività T23.U	35
	Attività T24.U	197
3	Attività T25.U	77
	Attività T26.U	197
4	Attività T27.U	81
	Attività T28.U	127
5	Attività T29.U	27
	Attività T30.R	4
	Attività T31.R	2
	Attività T32.R	2
	Attività T33.R	1
	Attività T34.R	1
	Attività T35.R	2

Tabella 25: Affollamenti delle singole unità del complesso edilizio

Verifica delle larghezze dei varchi di uscita dalla Galleria qualora vi siano una densità di affollamento pari a 1,2 p/mq:

Varco	**R_{vita}**	**N. occupanti sul varco**	**Larghezza unitaria [mm]**	**Larghezza di progetto [mm]**	**Larghezza effettiva [mm]**
Ovest	B2	1361	4,10	5580,1	6380
Est		1361		5580,1	6330
Sud		1360		5576	6170

Tabella 26: Verifica delle larghezze di esodo dei varchi d'uscita della Galleria

Anche nella presente simulazione sono stati mantenuti i profili di utenti utilizzati nelle configurazioni precedenti, attribuendo un ritardo di esodo alle attività non coinvolte dall'emergenza al fine di simulare il ritardo di comunicazione dell'emergenza.

Al fine di realizzare la presente configurazione sono stati utilizzati i seguenti comandi:

- *Evacuate:* utile a rappresentare l'evacuazione degli occupanti presenti nelle attività (uffici – cinema – attività commerciali – autorimessa);
- *Journey:* utilizzato per inscenare il transito degli utenti che occupano l'area comune della Galleria (agenti di colore arancione).

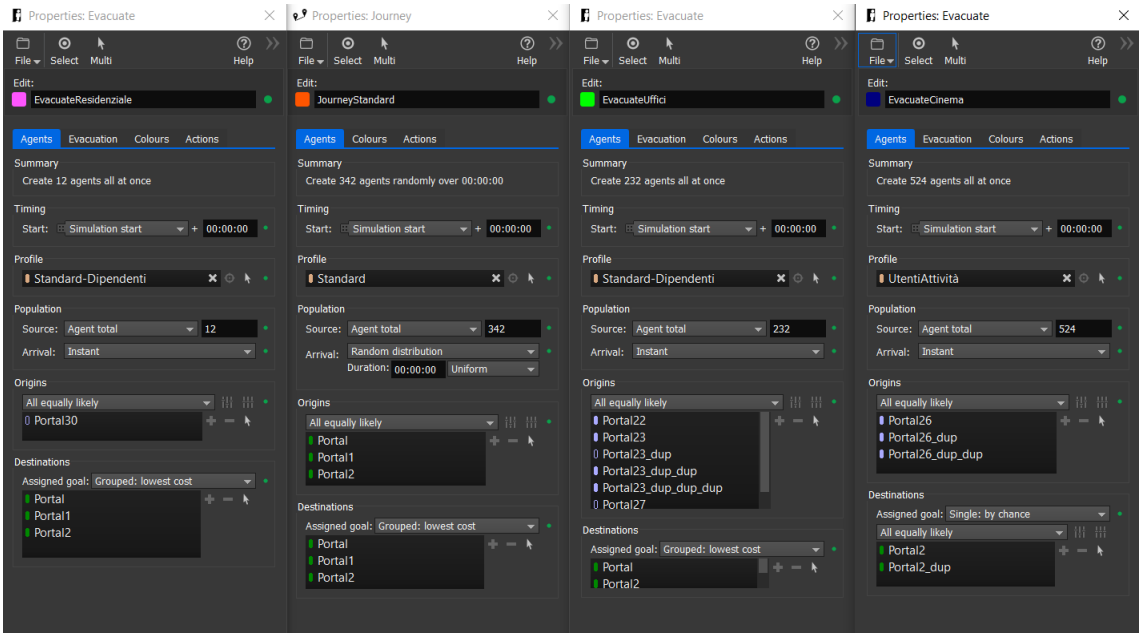


Figura 57: Realizzazione delle attività Evacuation all'interno delle unità

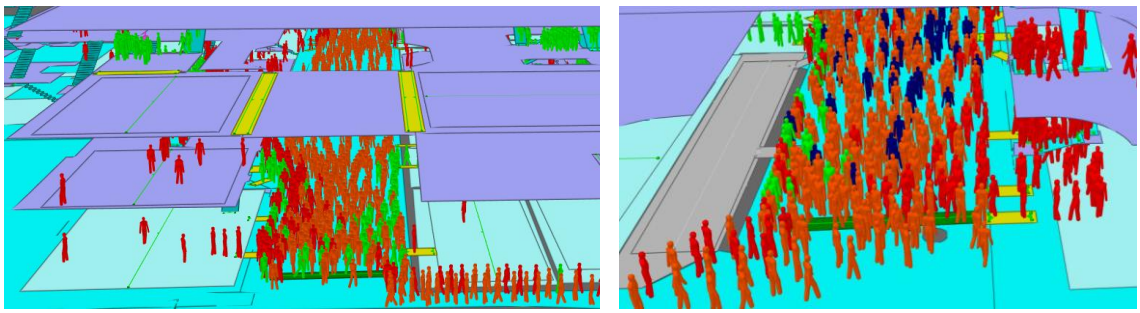


Figura 58: Affollamenti in prossimità dei varchi di uscita della Galleria

5.3.3.1 Risultati ottenuti dalla configurazione 2

La presente simulazione configura uno scenario straordinario dato da un elevato affollamento dello spazio pedonale della Galleria; è stato realizzato assumendo le stesse condizioni delle configurazioni 1-A e 1-B al fine di individuare possibili criticità.

Di seguito si riporta il grafico inerente al tempo di esodo dell'edifico (il quale risulta essere pari a 11,15 minuti).

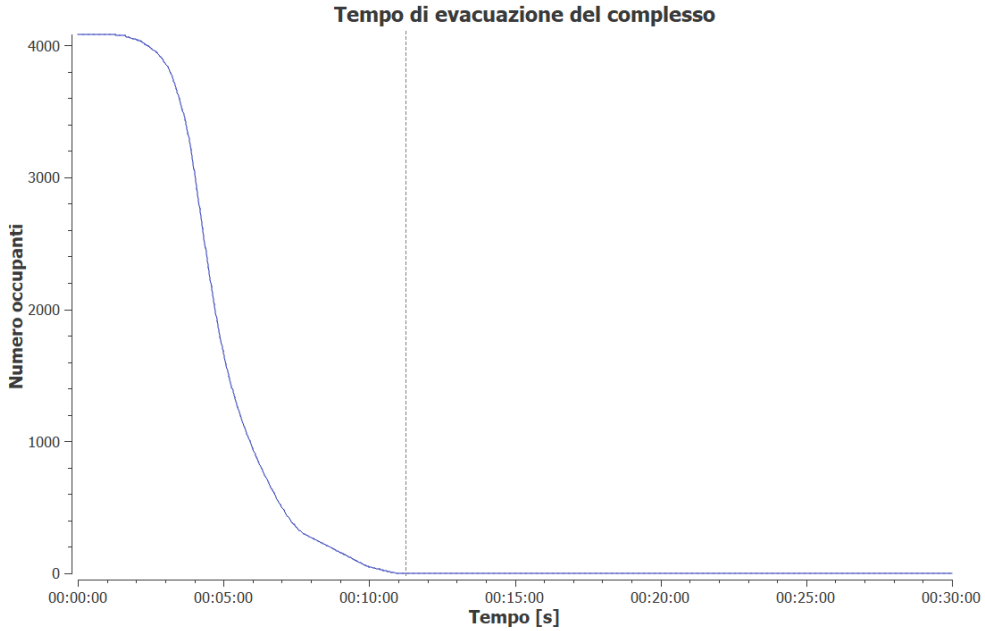


Figura 59: Grafico relativo all'esodo degli occupanti del complesso edilizio - Configurazione 2

Al fine di analizzare gli spazi occupati dalle persone presenti nella Galleria prima dell'evento emergenziale (agenti arancioni) e i movimenti dei flussi di utenti provenienti dalle attività prospicienti su di essa, si riporta di seguito la mappatura dei percorsi di esodo intrapresi da tutti gli occupanti dell'edificio.

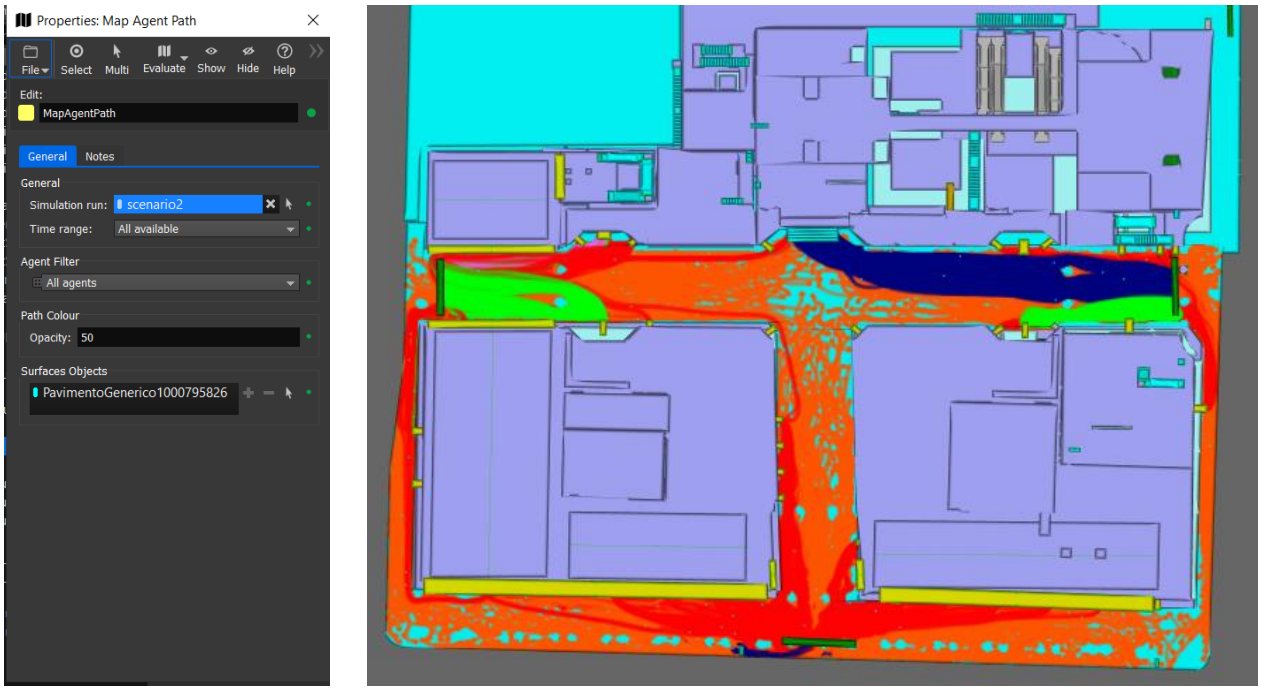


Figura 60: Mappa dei percorsi di esodo – Configurazione 2

Nella presente mappa dei percorsi si evince il contributo significativo del flusso di utenti transitanti all'interno dello spazio comune della Galleria (percorsi di colore arancione); tale contributo è chiaramente rilevante se confrontato con la mappa dei percorsi della configurazione 1-A.

Gran parte dell'ambiente comune è occupato dai succitati agenti: risulta evidente la forte esigenza di controllare e gestire la folla al fine di evitare non solo code e ingorghi durante l'esodo, ma anche l'eventuale schiacciamento delle persone che si riversano verso le uscite.

Al fine di constatare le criticità ipotizzate, si riporta di seguito il confronto tra la configurazione 1-A e la configurazione 2 procedendo dunque con un'analisi quantitativa dei risultati ottenuti.

Si precisa che si è scelto di confrontare i dati dei succitati scenari in quanto configurano entrambi un evento che prevede il transito degli occupanti negli spazi comuni della Galleria, a differenza invece della configurazione 1-B la quale raffigura un evento che presume lo stazionamento delle persone all'interno di tali spazi.

5.3.3.2 Confronto tra configurazione 1-A e configurazione 2

Come anticipato, il presente capitolo ha l'obiettivo di esaminare e confrontare i risultati ottenuti dalle sopracitate configurazioni al fine di determinare i possibili limiti e adottare, conseguentemente, precise misure gestionali migliorative.

In primo luogo, si è proceduto confrontando le massime densità di affollamento degli spazi comuni della Galleria mediante la mappatura dei LOS ovvero dei livelli di servizio del pedone proposti dal noto ricercatore Fruin, utili a determinare la qualità dell'ambiente pedonale.
I valori di densità sono suddivisi in specifici intervalli ai quali vengono associati a determinati colori, permettendo un immediato riscontro visivo del livello di servizio dell'ambiente.
I livelli di servizio risultano essere sei (A-B-C-D-E-F) e sono identificati in funzione dell'area attraversata; di seguito si riportano i diversi livelli di servizio individuati in base allo spazio disponile per utente e alla densità [p/mq]:

Livelli di servizio delle strade pedonali			
LOS	**Densità [p/mq]**	**Spazio [mq]**	**Colore**
A	X<=0.309	x >= 3.24	
B	0.309 < x <= 0.431	3.24 > x >= 2.32	
C	0.431 < x <= 0.719	2.32 > x >= 1.39	
D	0.719 < x <= 1.075	1.39 > x >= 0.93	
E	1.075 < x <= 2.174	0.93 > x >= 0.46	
F	2.174 < x	0.46 > x	

Tabella 27: Livelli di servizio delle strade pedonali

Livelli di servizio delle scalinate			
LOS	**Densità [p/mq]**	**Spazio [mq]**	**Colore**
A	X<=0.541	x >= 1.85	
B	0.541 < x <= 0.719	1.85 > x >= 1.39	
C	0.719 < x <= 1.076	1.39 > x >= 0.93	
D	1.076 < x <= 1.539	0.93 > x >= 0.65	
E	1.539 < x <= 2.762	0.65 > x >= 0.37	
F	2.762 < x	0.37 > x	

Tabella 28: Livelli di servizio delle scalinate

Livelli di servizio delle aree di attesa			
LOS	**Densità [p/mq]**	**Spazio [mq]**	**Colore**
A	X<=0.826	x >= 1.21	
B	0.541 < x <= 1.075	1.21 > x >= 0.93	
C	1.075 < x <= 1.538	0.93 > x >= 0.65	
D	1.538 < x <= 3.571	0.65 > x >= 0.28	
E	3.571 < x <= 5.263	0.28 > x >= 0.19	

F	5.263 < x	0.19 > x	

Tabella 29: Livelli di servizio delle aree di attesa

Dove:

- A: indica un deflusso libero;
- B: indica conflitti limitati;
- C: indica la presenza di alcune limitazioni della velocità;
- D: indica la presenza di restrizioni per molti utenti;
- E: indica la presenza di limitazioni di velocità per tutti gli agenti;
- F: indica un movimento molto limitato degli utenti.

Di seguito si riportano le mappe relative alla massima densità presente in Galleria nelle due configurazioni:

- *Configurazione 1-A:*

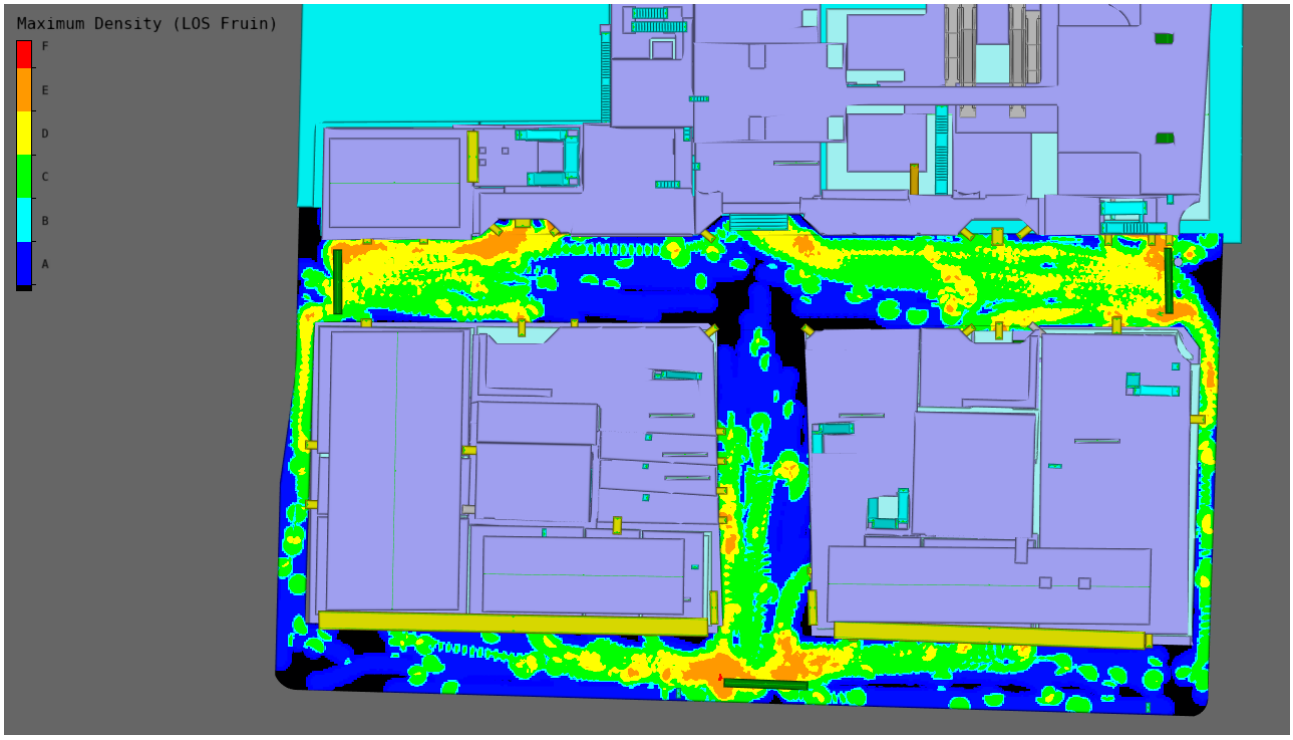


Figura 61: Mappa massima densità (LOS) Configurazione 1-A

- *Configurazione 2:*

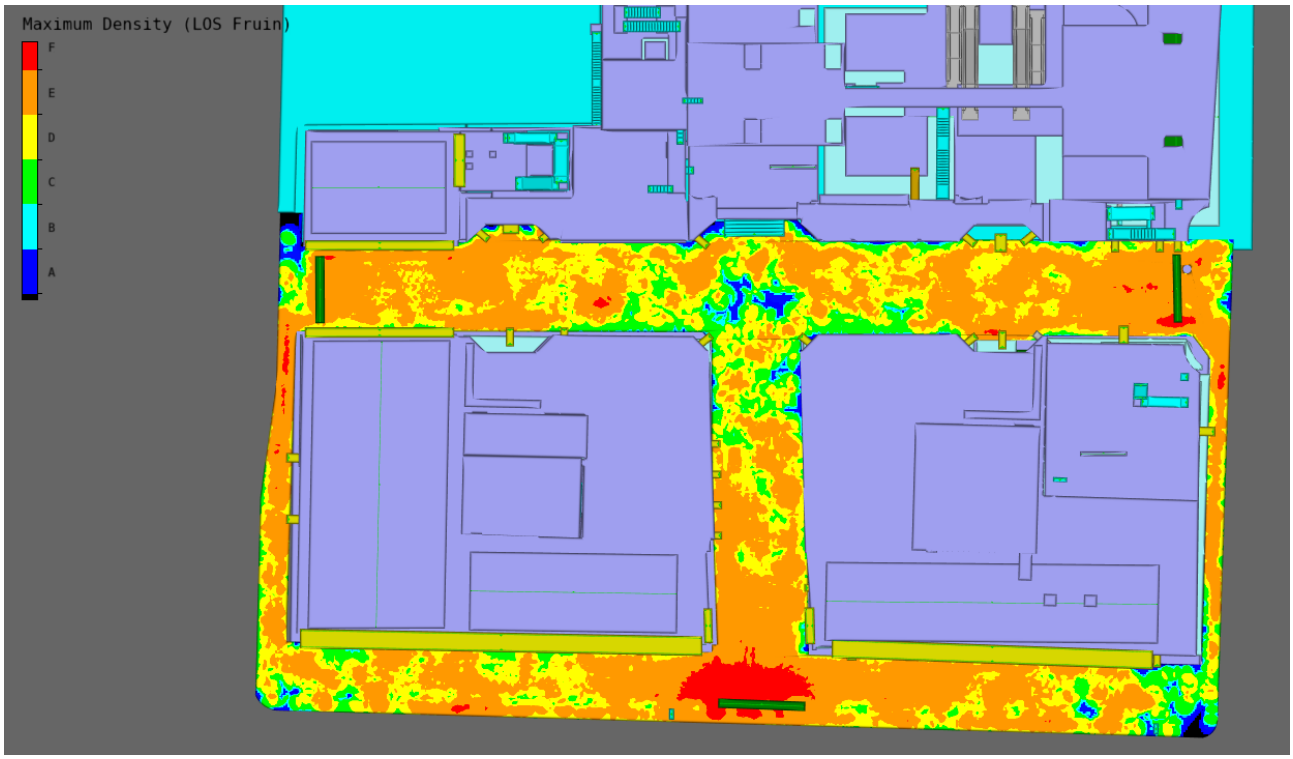


Figura 62: Mappa massima densità (LOS) Configurazione 2

Dalle mappe soprariportate risulta evidente il forte impatto che si ha nella configurazione 2 a causa dell'elevata densità di affollamento della Galleria.
Dalla prima configurazione gli ambienti risultano fruibili in quanto le interazione tra gli utenti sono trascurabili: i valori dei livelli di servizio dei pedoni indicano, infatti, scarse limitazioni della velocità di camminamento.
Nella terza configurazione, a differenza della prima, vi sono alti livelli di interazione tra gli utenti che causano una riduzione di velocità di camminemento e limitazioni dei movimenti.

Si è proceduto, inoltre, analizzando mediante la *Maximum proximity maps* il numero massimo si agenti che sono stati vicini e quindi hanno avuto delle interazioni (che hanno di conseguenza modificato la velocità di esodo).
Tale mappa permette di calcolare il numero di agenti all'interno del raggio d'azione dell'utente di riferimento (se un agente è completamente all'interno del cerchio contribuisce con valore pari ad 1, mentre se è all'interno parzialmente contribuisce con un valore inferiore ad 1); di seguito si riporta la legenda dei colori.

Numero agenti vicino	**Colore**
0	
2	

4	
6	
8	
10	
12	

Tabella 30:Assegnazione dei parametri per il calcolo della mappa Maximum proximity

- *Configurazione 1-A:*

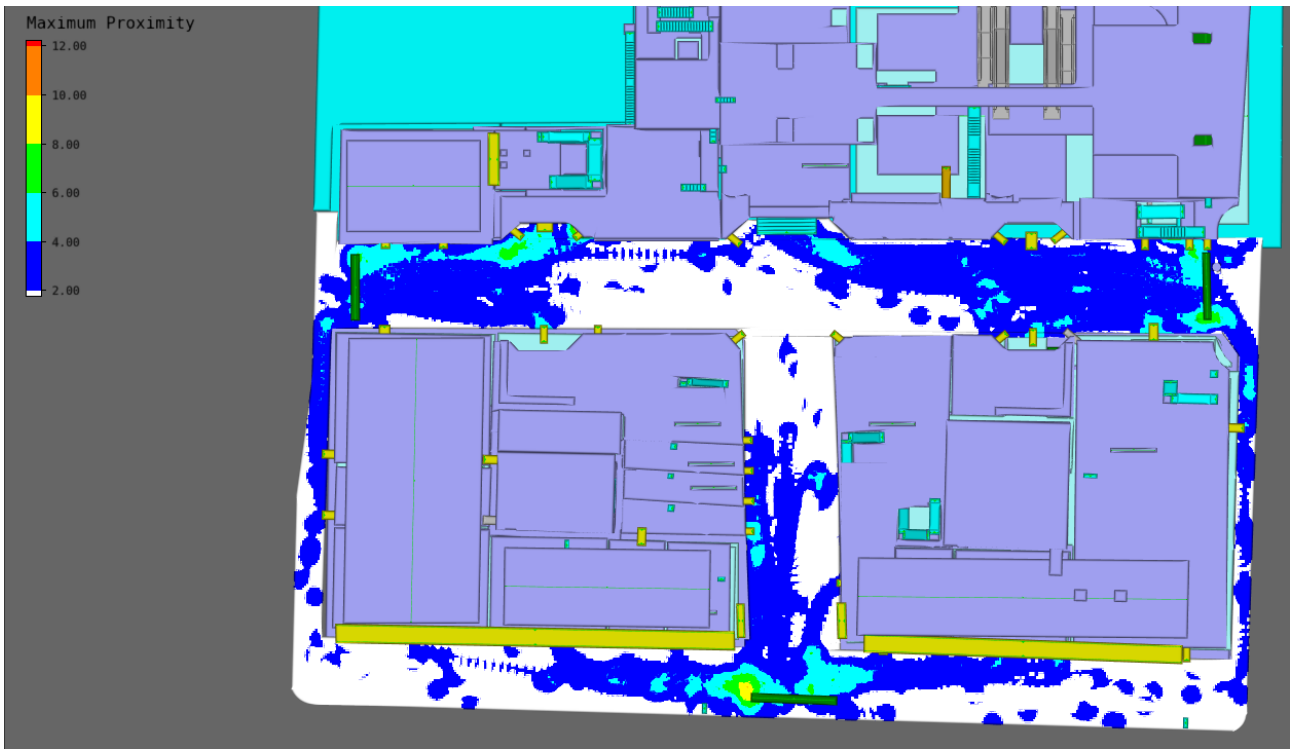


Figura 63: Mappa Maximum proximity – Configurazione 1-A

- *Configurazione 2:*

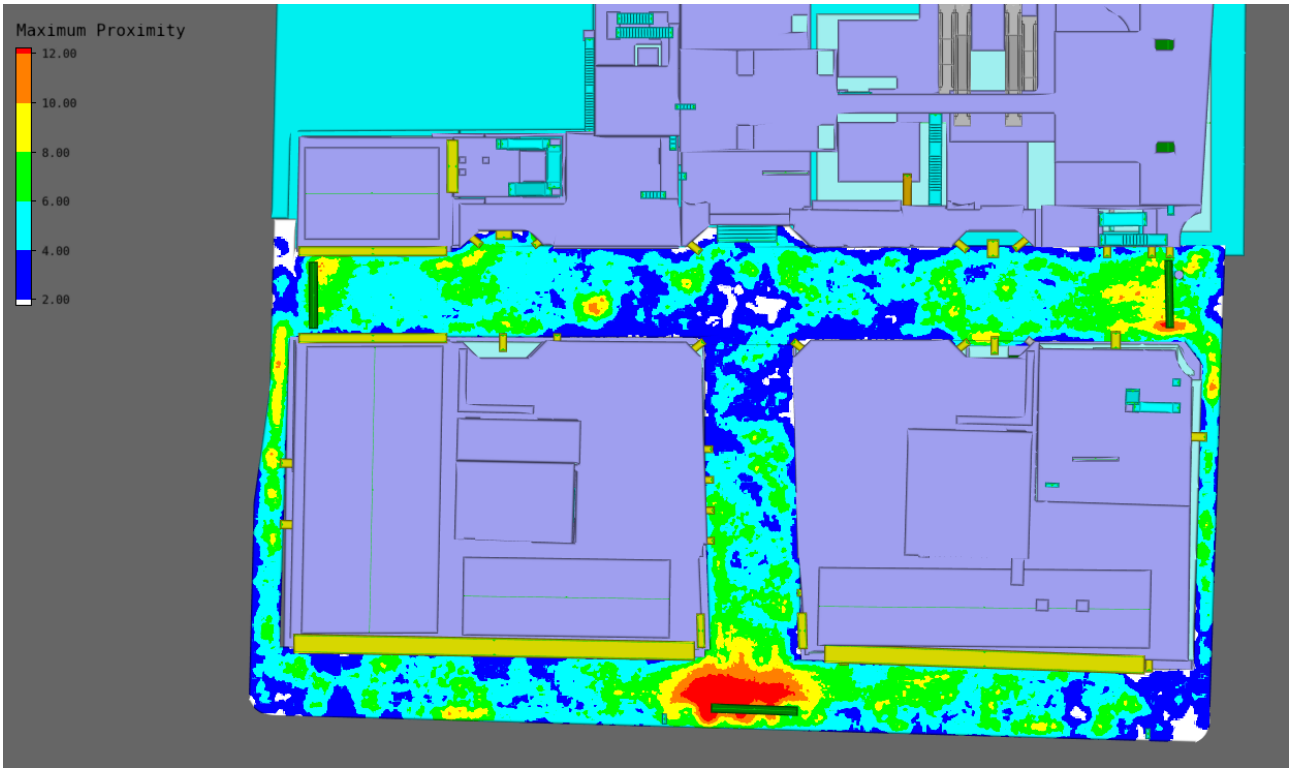


Figura 64: Mappa Maximum proximity – Configurazione 2

Ulteriore analisi eseguita riguarda le velocità di camminamento: a tale scopo è stato utilizzato il grafico del rapporto di velocità degli agenti il quale suddivide i rapporti di velocità in diverse bande nel tempo.

Il rapporto di velocità di un agente equivale al rapporto tra la velocità effettiva e la velocità desiderata (assegnata).

I valori pari ad 1 indicano che l'agente sta camminando alla velocità desiderata, mentre quelli pari a 0 indicano che l'utente non si sta muovendo; tutti i valori intermedi rappresntano il grado dell'impedimento che l'agente subisce durante l'esodo.

Rapporto di velocità [-]	**Colore**
0	
0.563	
0.844	
0.904	
0.941	
0.963	

Tabella 31: Assegnazione dei parametri per il calcolo del rapporto di velocità

- *Configurazione 1-A:*

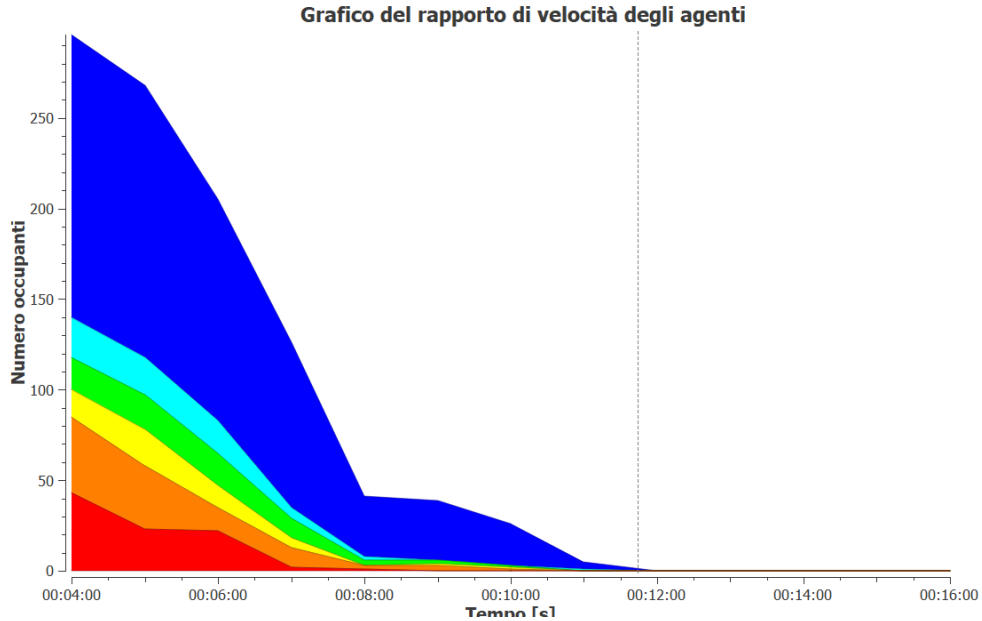


Figura 65: Grafico del rapporto di velocità - Configurazione 1-A

- *Configurazione 2:*

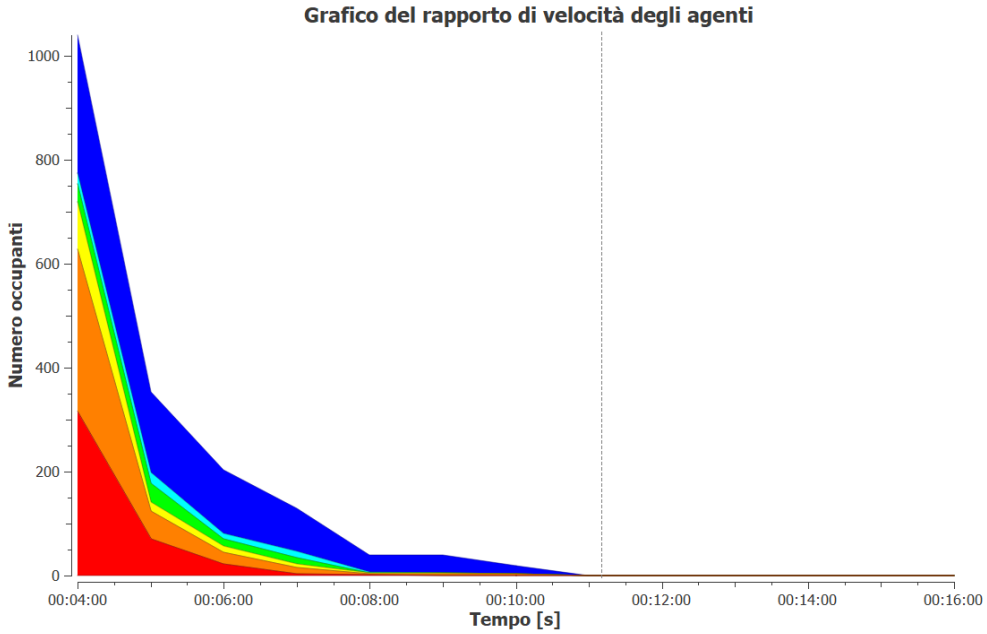


Figura 66: Grafico del rapporto di velocità - Configurazione 2

I grafici sono stati realizzati a partire dai 4 minuti poiché si vogliono verificare i rapporti delle velocità di esodo indipendentemente dai tempi di pre-movimoneto assegnati nei profili degli utenti.

Dai seguenti grafici risulta evidente la riduzione della velocità di esodo durante l'ultima configurazione analizzata in quanto caratterizzata da un numero considerevole di occupanti; i grafici soprariportati riguardano l'intero complesso edilzio.
Di seguito si riportano i grafici del rapporto di velocità dei soli agenti standard, parte di utenti che occupa la Galleria prima dell'evento emergenziale, al fine di comprendere le interazioni dei soli occupanti dell'area comune.

- *Configurazione 1-A:*

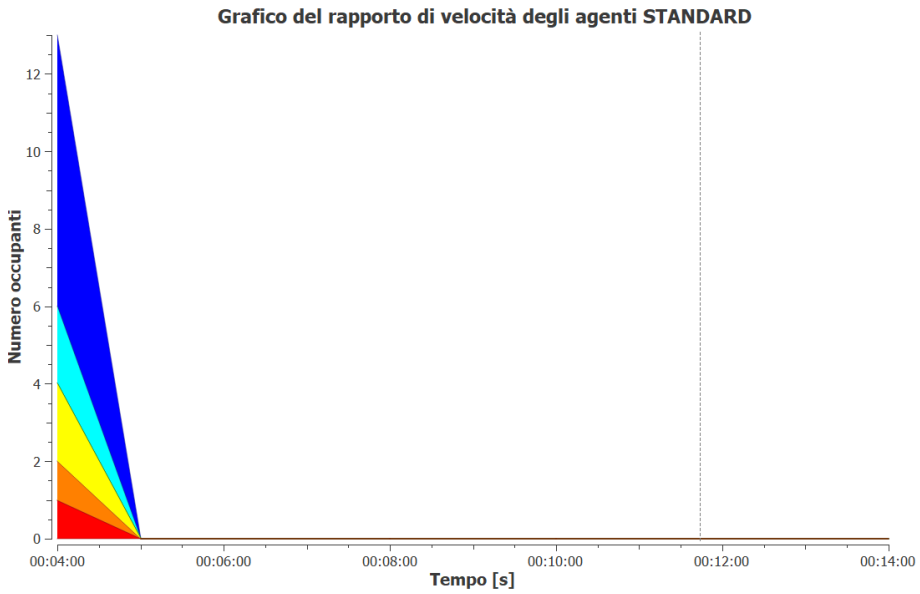


Figura 67: Grafico del rapporto di velocità degli utenti standard- Configurazione 1-A

- *Configurazione 2:*

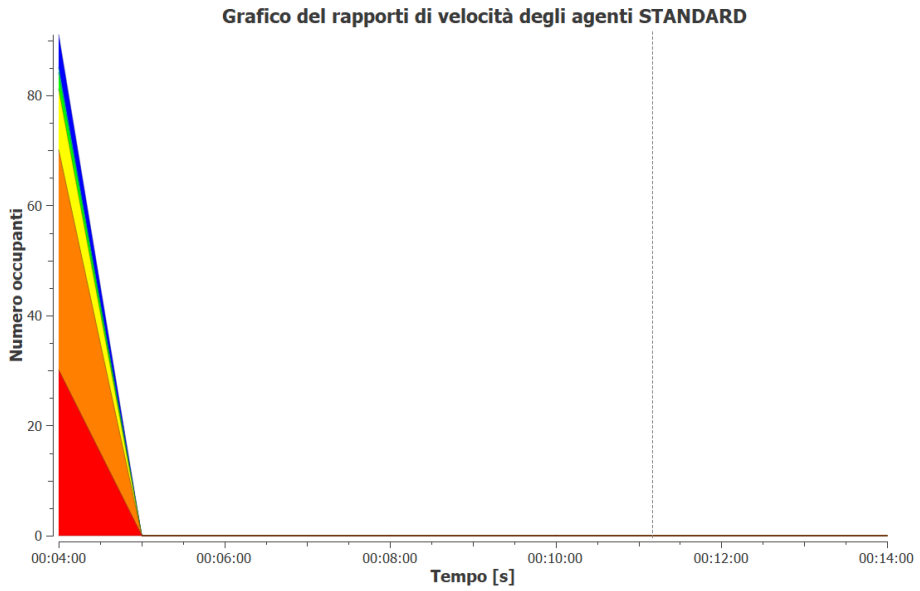


Figura 68: Grafico del rapporto di velocità degli utenti standard - Configurazione 2

Dalle seguenti analisi emergono delle criticità riguardanti il camminamento degli utenti durante l'esodo; i flussi non organizzati di utenti innescano ritardi di esodo dalle attività e producono forti interazioni che compromettono i movimenti degli utenti durante l'evacuazione.
Tale risultato risulta esser particolarmente rilevante in quanto emerge l'importanza di organizzare e gestire i flussi di persone durante una situazione emergenziale, al fine di controllare i loro spostamenti e garantire un esodo sicuro anche durante particolari situazioni straordinarie (come la configurazione 2).
Nel caso di attività complesse come quella di Galleria San Federico, occorre dunque organizzare l'esodo mediante specifiche misure gestionali, che vedono il coinvolgimento delle figure responsabili della sicurezza di tutte le attività presenti nel complesso edilizio.

5.3.3.3 Individuazione di specifiche strategie gestionali ed operative

A seguito del precedente confronto tra i due scenari sono state constata delle criticità dovute all'attuale gestione dei flussi di persone in emergenza qualora vi siano elevati affollamenti nella Galleria.
L'obiettivo della presente tesi è quello di andare a mitigare le suddette problematiche agendo sul sistema di gestione della sicurezza del complesso edilizio, assumendo determinate procedure di evacuazione che permettono di diminuire le interazioni tra gli utenti presenti nel fabbricato e individuando specifiche figure addette al coordinamento dello stesso.
A tal proposito vengono individuati gli interventi che sono stati progettati e le successive misure gestionali che devono essere attuate in caso di pericolo.
Il sostanziale intervento previsto nel fabbricato riguarda l'estensione dell'impianto di rivelazione incendio a tutte le unità esistenti, sia quelle soggette al controllo dei Vigili del Fuoco che quelle non soggette.
In tal modo tutte le attività avranno una centralina di rivelazione (Slave) che permetterà di intercettare eventuali emergenze e di attivare le procedure di evacuazione della sola unità o dell'intero complesso qualora l'evento non sia controllabile.
Tali segnalazioni di allarme verranno trasferite alla centrale Master posizionata in guardiania, presidiata durante l'orario diurno. Inoltre, le stesse saranno inviate alla centrale della Ditta esterna di sorveglianza, la quale provvederà ad intervenire durante l'orario di chiusura della portineria.
Come si evince dalle precedenti considerazioni è indispensabile affiancare a tali misure di protezione antincendio un adeguato sistema di gestione della sicurezza: a tal proposito sono state identificate specifiche misure operative che hanno l'obiettivo di limitare le criticità riscontrate ed incrementare l'efficacia dello stesso anche durante situazioni straordinarie.
Nello specifico si prevede:

- L’individuazione di un ulteriore addetto antincendio che presidierà il fabbricato - grazie al pannello di supervisione allarmi ubicato nel locale guardiania - affiancando la figura esistente (Custode);
- Durante i periodi dell’anno in cui sono previsti alti affollamenti (feste, mostre, fiere) la Ditta esterna di sorveglianza invierà una squadra di addetti antincendio al fine di agevolare le procedure di evacuazione del complesso edilizio ed affiancare le due figure succitate;
- Al fine di limitare l’affluenza da parte delle unità verso l’area comune della Galleria, in caso di emergenza la sola Sala 1 del cinema multisala Lux sarà fatta evacuare dall’atrio principale, mentre le ulteriori due sale saranno guidate verso l’esterno attraverso le vie di esodo indipendenti che arrivano direttamente su via Bertola;
- Qualora vi sia un elevato affollamento del complesso occorrerà organizzare l’esodo al fine di limitare le interazioni tra i flussi di utenti: tale coordinamento prevede che in un primo momento vengano fatti esodare gli utenti presenti nell’attività coinvolta dall’emergenza e contestualmente quelli presenti nella Galleria, successivamente verranno fatti evacuare gli utenti presenti nelle ulteriori attività. Tali procedure saranno attuate grazie alla presenza e al supporto della squadra antincendio esterna.

Figura 69:QR code configurazione 2

Di seguito si riportano gli scenari individuati grazie all’applicazione delle misure gestionali citate precedentemente al fine di constatare la loro efficacia.

5.3.4 Configurazione 3-A

Come nel precedente scenario, la presente configurazione prevede che tutte le attività siano aperte al pubblico e che l’area pedonale della Galleria sia caratterizzata da una densità di affollamento pari a 1,2 p/mq (affollamenti tabella 25).
Entrambe le configurazioni 3 (3-A e 3-B) sono state sviluppate con lo scopo di verificare l’efficacia delle misure gestionali individuate nel precedente capitolo, ipotizzando rispettivamente due diverse aree di innesco dell’emergenza.

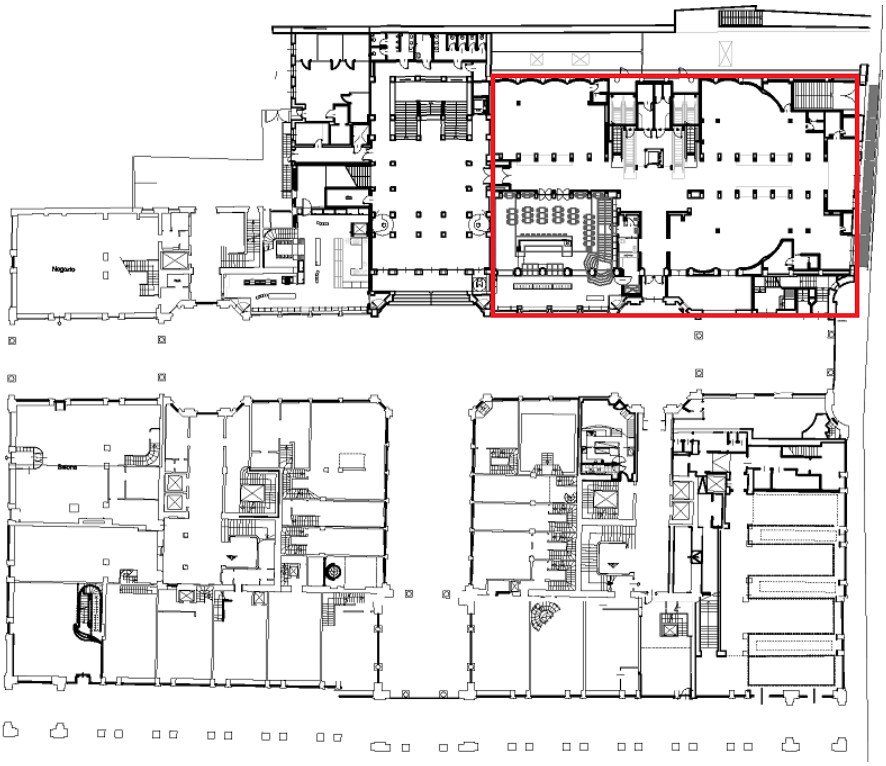


Figura 70: Area evento emergenziale

In questo primo caso è stata prevista una situazione emergenziale in corrispondenza dell'unità commerciale Fiorfood: la simulazione è stata dunque realizzata prevedendo in un primo momento l'esodo della suddetta attività e della Galleria, successivamente sono stati fatti evacuare gli occupanti presenti nelle ulteriori unità.

Si ricorda che è stata prevista, inoltre, una precisa procedura di esodo per l'attività del cinema: l'evacuazione delle sale 2 e 3 è guidata verso l'esterno tramite le vie di esodo indipendenti che si affacciano direttamente su via Bertola, mentre la sala 1 sarà fatta esodare dall'atrio principale con l'obiettivo di limitare le interferenze dei flussi di utenti all'interno dello spazio comune della Galleria.

A tal proposito, è stato realizzato un nuovo profilo di utenti, ovvero quello dell'unità commerciale Fiorfood, caratterizzato dalle medesime velocità di camminamento degli utenti presenti nelle attività commerciali, ma con gli stessi tempi di pre-movimento degli utenti transitanti della Galleria:

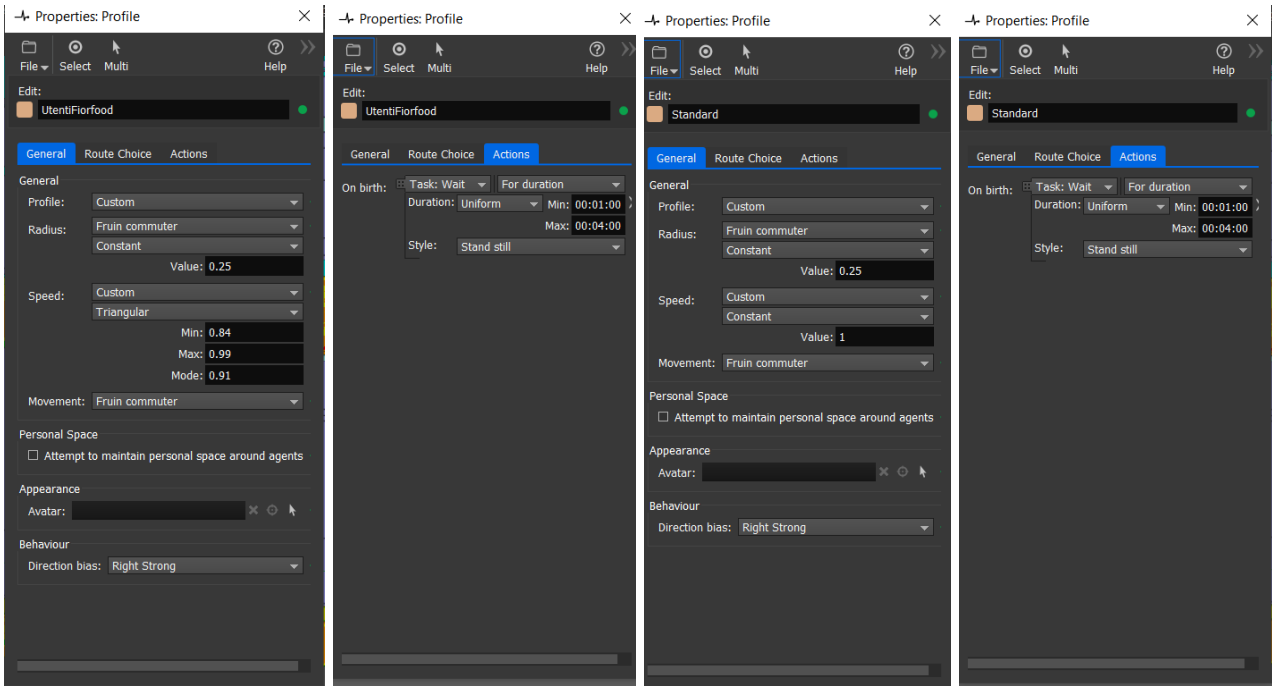


Figura 71: Realizzazione dei profili di utenti

Agli ulteriori utenti presenti nel complesso è stato attribuito un intervallo di tempo di pre-movimento che va da dai 4 – 7 minuti ad eccezione del personale dipendente che è caratterizzato da un minore intervallo (4 -6 minuti).

Al fine di simulare l'esodo del complesso sono stati utilizzati i comandi *Evacuate* e *Journey* come nelle precedenti simulazioni.

5.3.4.1 Analisi dei risultati ottenuti e confronto con la configurazione 2

Di seguito si riporta il grafico relativo all'evacuazione dell'intero complesso complesso edilzio:

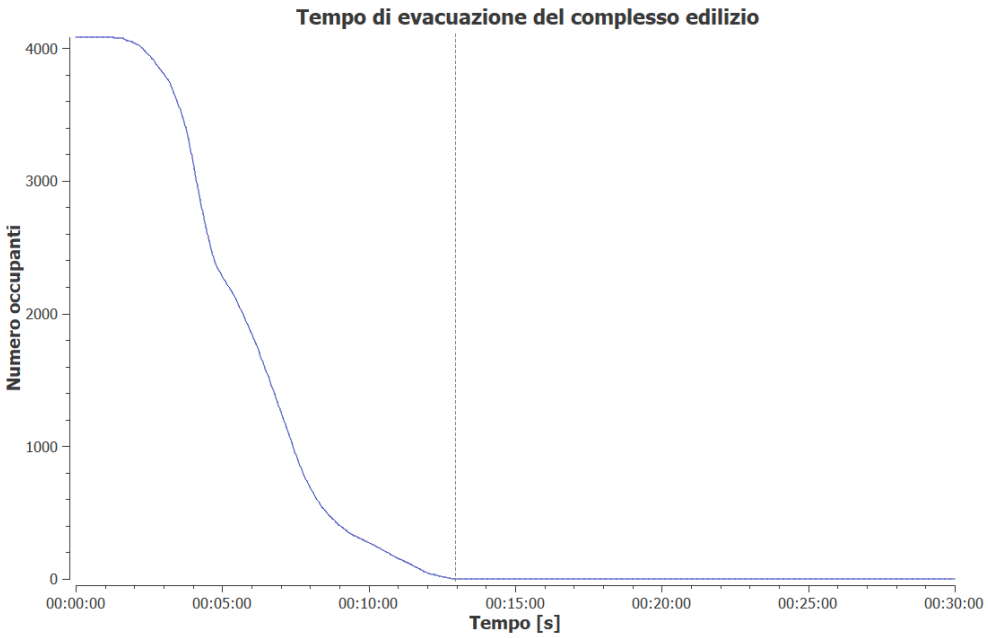


Figura 72: Grafico relativo all'esodo degli occupanti del complesso edilizio - Configurazione 3-A

Al fine di constatare l'efficacia delle misure gestionali utilizzate si è proceduto analizzando e comparando i flussi di utenti transitanti all'interno dell'area comune della Galleria della configurazione 2 (scenario progettato con l'attuale sistema di gestione dello stabile) con quelli della configurazione 3-A (caratterizzato da precise misure gestionali atte a mitigare le interazioni tra i flussi di utenti).

In particolare, si è ritenuto rilevante analizzare il numero di utenti che nell'unità di tempo attraversano i varchi d'uscita della Galleria e il nodo centrale, come mostrato nella figura sottostante:

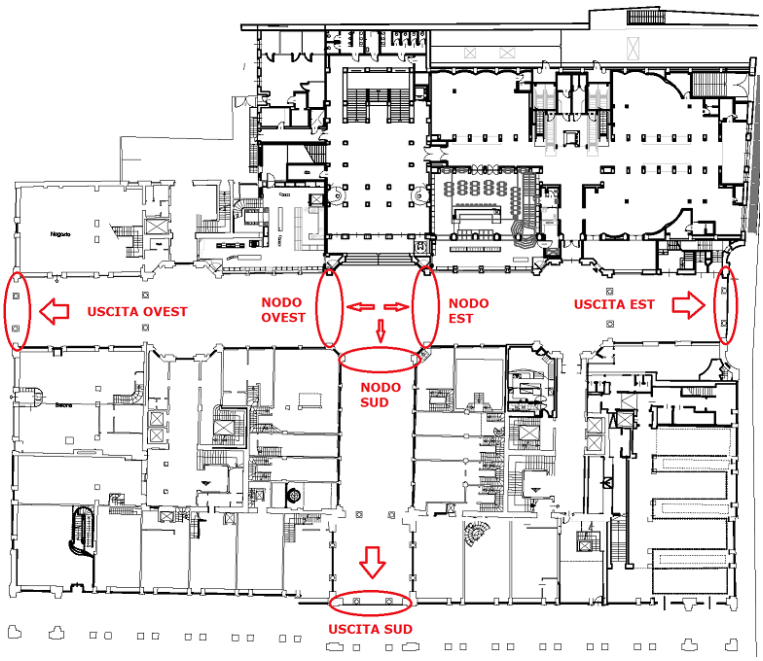


Figura 73: Area analizzate

A tal proposito il modello è stato integrato da appositi oggetti (*Cordon objects)* i quali permettono il conteggio degli agenti in una determinata posizione; tali oggetti possono essere configurati per rilevare il numero di utenti che attraversano il pavimento in un'unica direzione oppure in entrambe le direzioni.

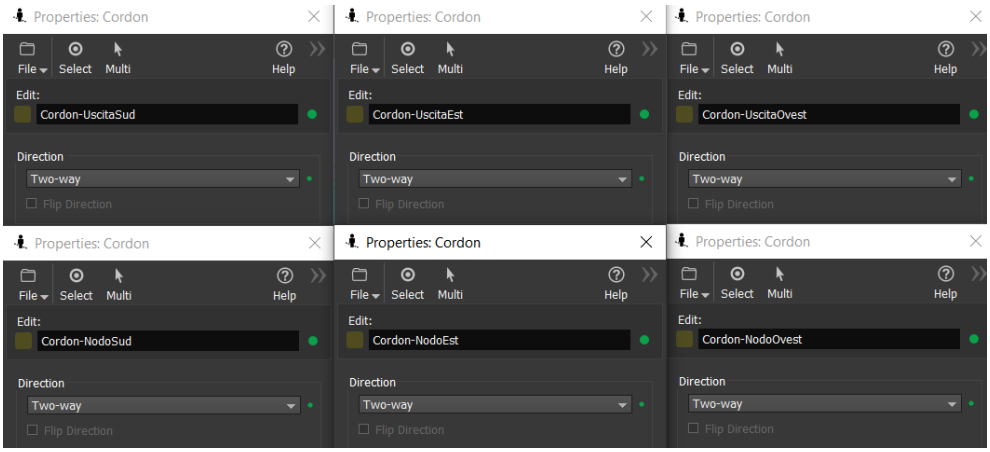


Figura 74: Realizzazione di appositi Cordon necessari ad analizzare i flussi di utenti transitanti nelle aree sopraripportate

Grazie al loro posizionamento è stato possibile estrapolare i relativi grafici dei flussi di utenti: essi misurano il numero di utenti che attraversano i *Cordon object* precedentemente realizzati. I grafici sono stati realizzati a partire dalla fine del tempo di pre-movimento pari a 4 minuti in quanto si vogliono analizzare gli spostamenti dei suddetti utenti; inoltre, i grafici posizionati a destra (di colore blu) sono quelli corrispondenti alla configurazione 2, mentre quelli a sinistra (di colore celeste) corrispondo alla configurazione 3-A. La barra di colore grigio indica la fine dell'evacuazione del complesso edilizio.

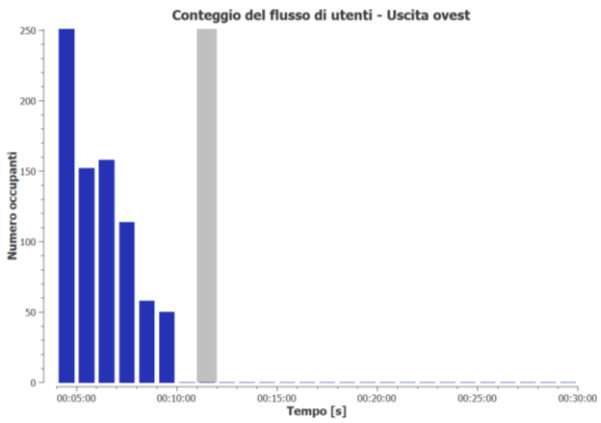


Figura 75: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 2

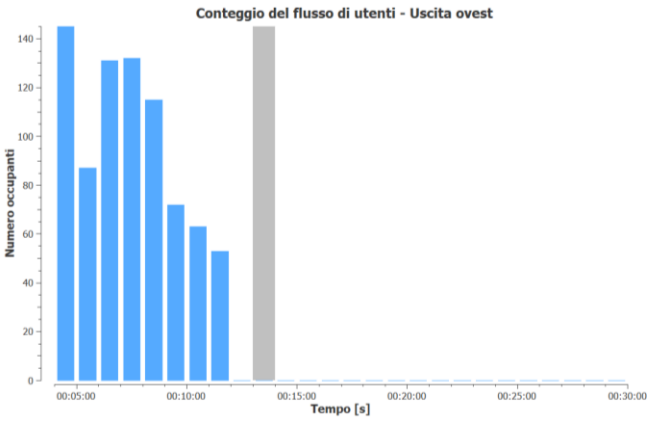


Figura 76: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 3-A

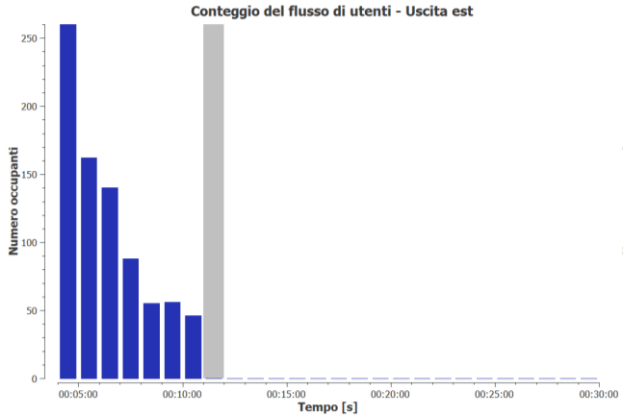


Figura 77: Analisi dei flussi uscita est – C. 2

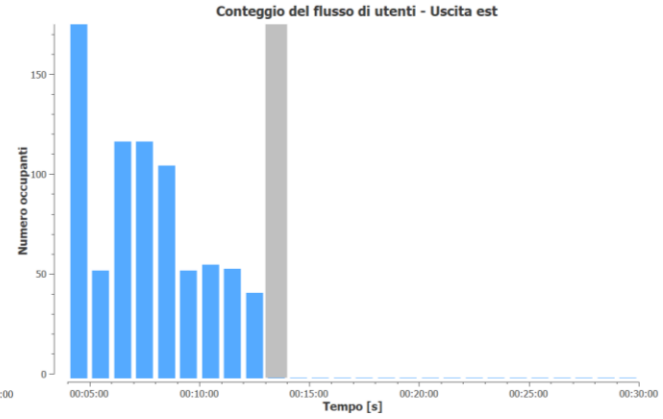


Figura 78: Analisi dei flussi uscita est – C. 3-A

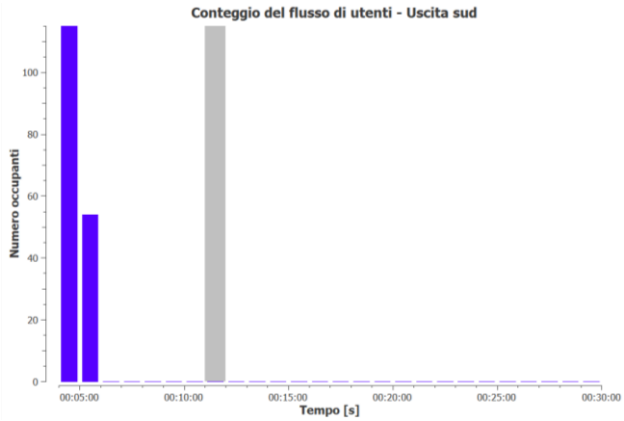


Figura 79: Analisi dei flussi uscita sud – C. 2

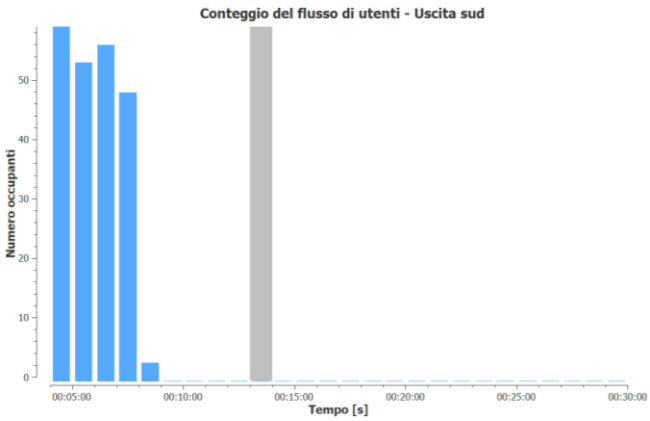


Figura 80: Analisi dei flussi uscita sud – C. 3-A

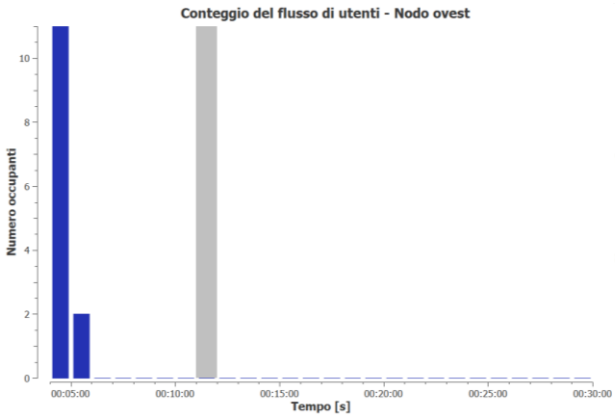


Figura 81: Analisi dei flussi nodo ovest – C. 2

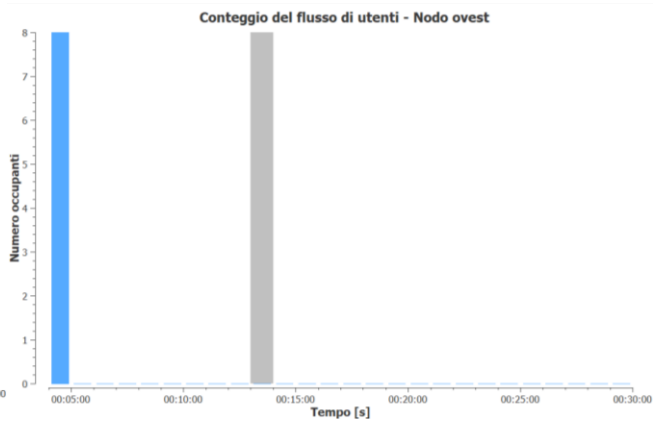


Figura 82: Analisi dei flussi nodo ovest – C. 3-A

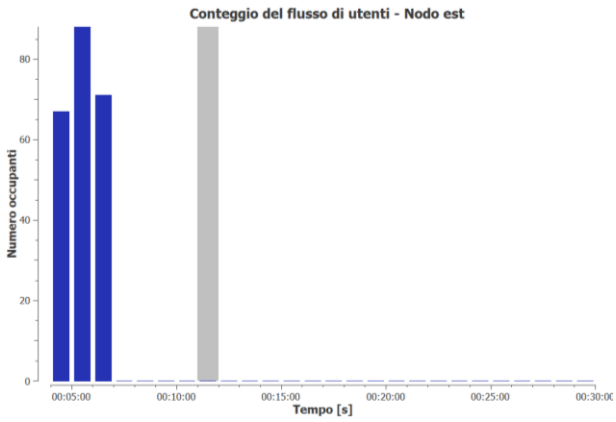


Figura 83: Analisi dei flussi nodo est – C. 2

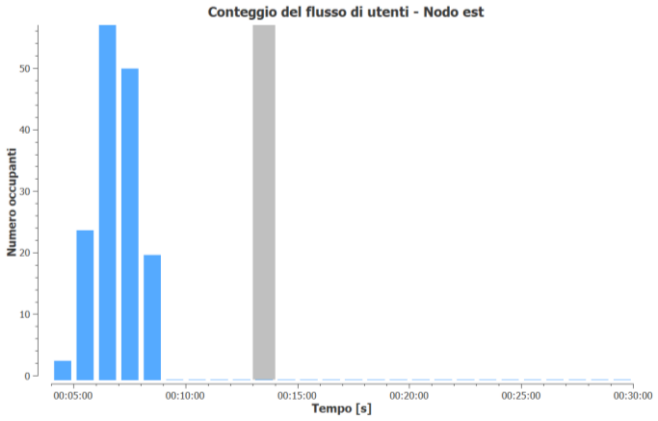


Figura 84: Analisi dei flussi nodo est – C. 3-A

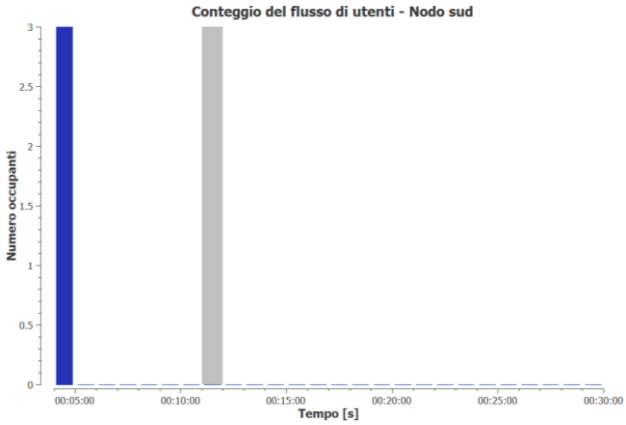


Figura 85: Analisi dei flussi nodo sud – C. 2

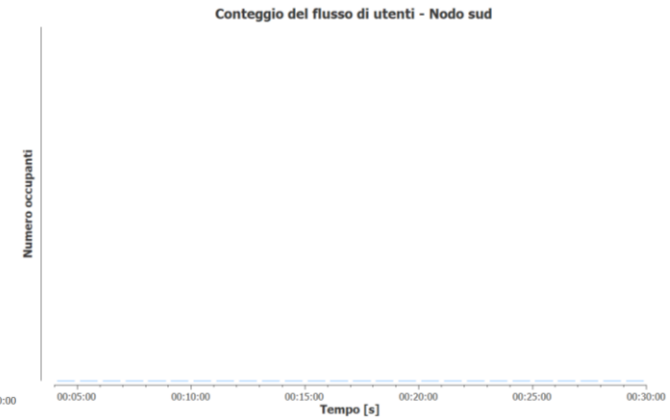


Figura 86: Analisi dei flussi nodo sud – C. 3-A

Dai grafici risulta evidente come, attraverso le misure gestionali adottate, sia possibile coordinare il processo di evacuazione distribuendo nel tempo l'afflusso di utenti che si dirigono verso i varchi d'uscita della Galleria, limitando così le interazione che si innescano tra di essi.
In particolare, dai grafici relativi alle uscite finali della Galleria della configurazione 3-A, si può vedere come già nei primi minuti ci sia una rilevante riduzione degli occupanti che attraversano il varco (rispettivamenti del 44% - 35% - 52%); dal sesto minuto si nota tuttavia una risalita del numero di utenti in corrispondenza delle uscite, data certamente dal deflusso delle unità prospicienti sull'area comune, quali: uffici, cinema e unità commerciali.
Dai grafici della configurazione 2 relativi ai flussi di utenti transitanti nelle tre aree del nodo centrale della Galleria si può constatare che non vi sono criticità in quanto sono caratterizzate da esigui affollamenti.
Dalla configurazione 3-A è possibile comunque constatare un miglioramento del deflusso delle persone; in particolare, in corrispondenza del nodo lato est si nota un maggior afflusso rispetto alle ulteriori aree, dipendente sicuramente dall'evacuazione dell'unità del cinema. Da quest'ultima configurazione citata si rileva una riduzione del 38% del passaggio degli occupanti durante i primi minuti d'esodo.

Di seguito si riportanto i grafici del rapporto di velocità delle due configurazioni analizzate (il rapporto di velocità di un agente equivale al rapporto tra la velocità effettiva e la velocità assegnata); i grafici sono stati realizzati a partire dalla fine del tempo di pre-movimento in quanto si vogliono analizzare i soli spostamenti degli utenti.
Dal grafico della configurazione 3-A è possibile constatare il notevole miglioramento dei parametri di velocità degli agenti rispetto a quelli relativi alla configurazione 2. In particolare, dal secondo grafico riportato si nota che sono state limitate le interazioni tra i flussi di utenti transitanti all'interno della Galleria e quelli provenienti dalle singole unità: una volta termitano l'esodo dell'attività coinvolta dall'emergenza e dell'area comune (prima parte di grafico) si vede come l'evacuazione delle attività non sia contrastata come nel caso della configurazione 2, ma piuttosto si rilevino basse restrizione dei movimenti e scarse limitazioni delle velocità degli utenti in uscita.

- *Configurazione 2:*

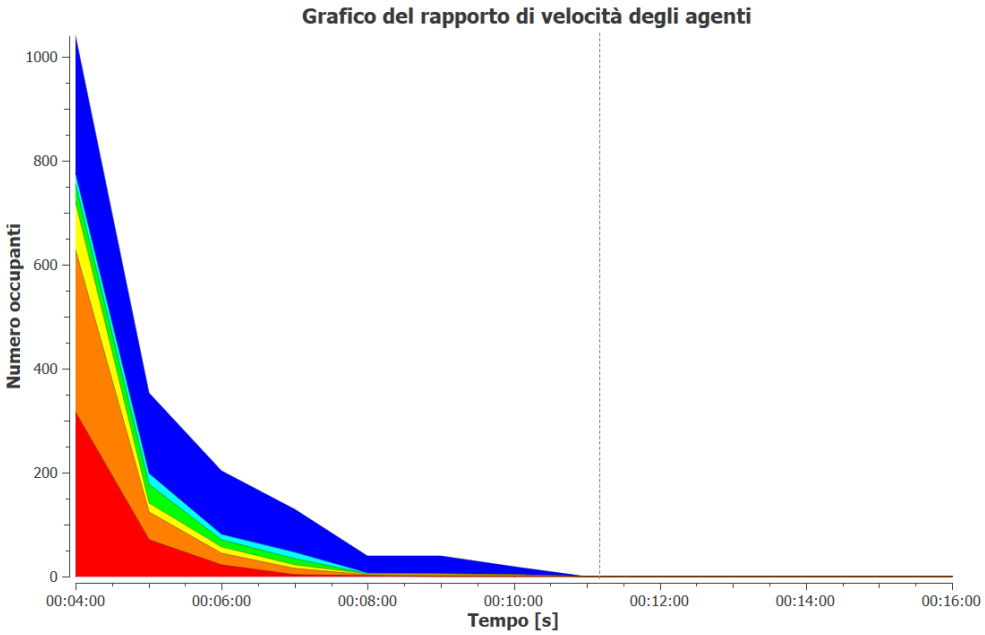
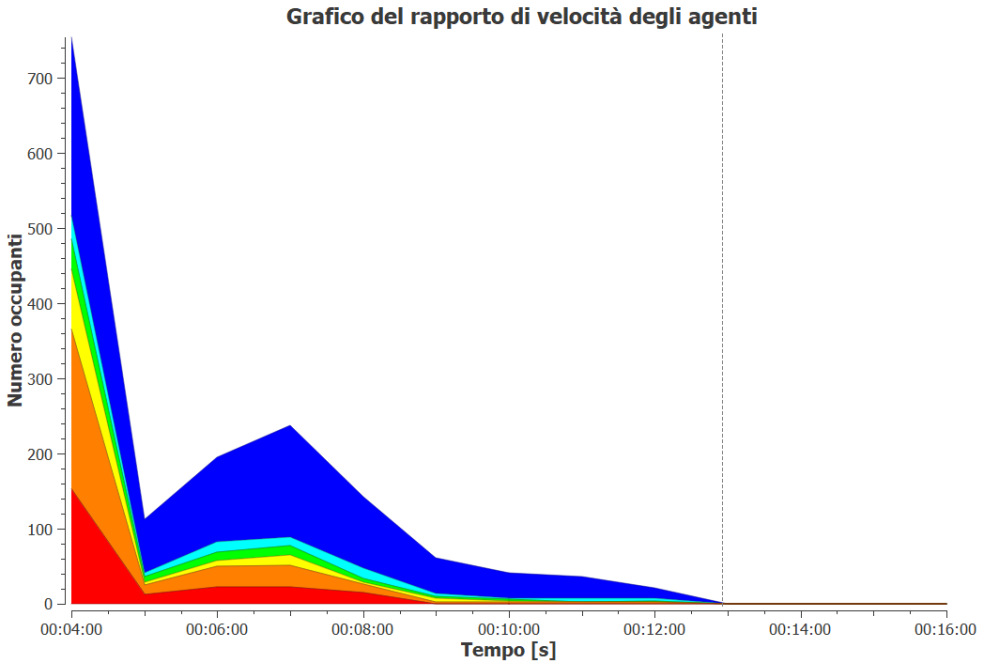


Figura 87: Grafico del rapporto di velocità C. 2

- *Configurazione 3-A:*



-

Figura 88: Grafico del rapporto di velocità C 3-A

Figura 89:QR code configurazione 3-A

5.3.5 Configurazione 3-B

Analogamente alla configurazione precedente, la presente prevede che tutte le attività siano aperte al pubblico e che l'area pedonale della Galleria sia caratterizzata da una densità di affollamento pari a 1,2 p/mq (affollamenti tabella 25).

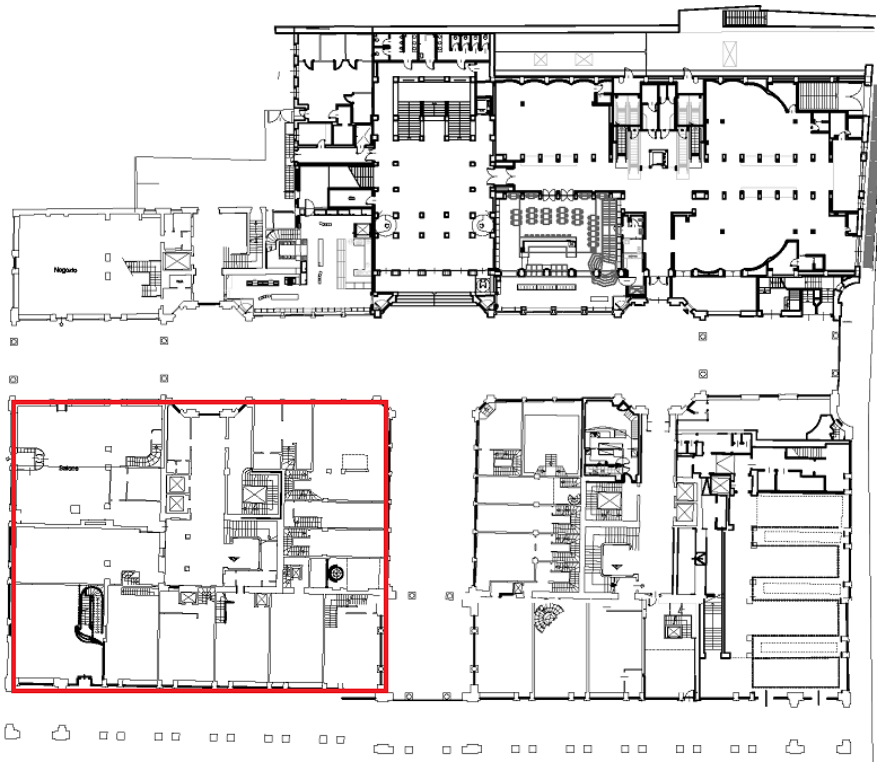


Figura 90: Area evento emergenziale

In questo caso è stato ipotizzato un evento emergenziale all'interno dell'attività ad uso terziario. L'esodo inizierà, dunque, dalla succitata attività e dall'area comune della Galleria, per poi procedere alle ulteriori attività.

Si ricorda che è stata prevista, inoltre, una precisa procedura di esodo per l'attività del cinema che vede la sola sala 1 evacuare dall'atrio principale, mentre le ulteriori due sale vengono guidate verso l'esterno tramite le vie di esodo indipendenti che si affacciano direttamente su via Bertola.

Agli agenti della Galleria e delle unità uffici è stato associato un tempo di pre-movimento che va rispettivamente da 1-4 minuti e 1-3 minuti.

Agli ulteriori utenti presenti nel complesso è stato attribuito un intervallo di tempo di pre-movimento maggiorato di 3 minuti al fine di consentire l'evacuazione delle sopracitate attività.

Al fine di simulare l'esodo del complesso sono stati utilizzati i comandi *Evacuate* e *Journey* come nelle precedenti simulazioni.

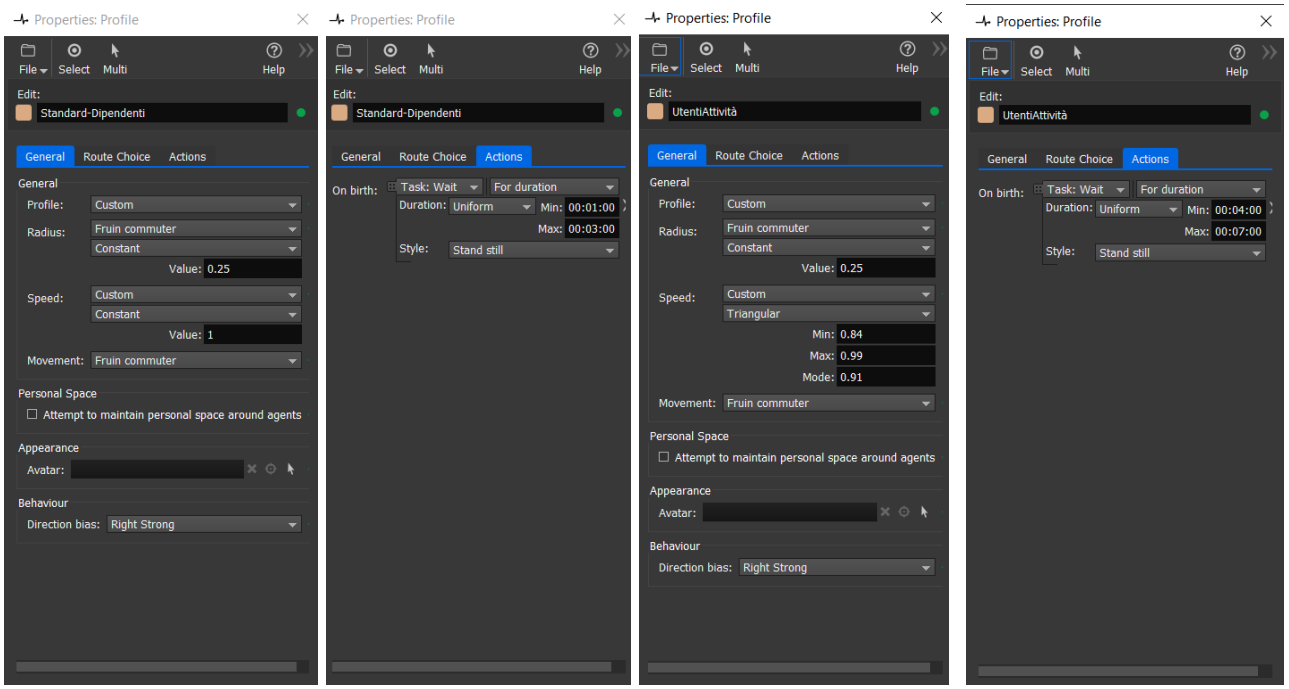


Figura 91: Realizzazione dei profili di utenti

5.3.5.1 Analisi dei risultati ottenuti e confronto con la configurazione 2

Di seguito si riporta il grafico relativo all'evacuazione dell'intero complesso complesso edilzio:

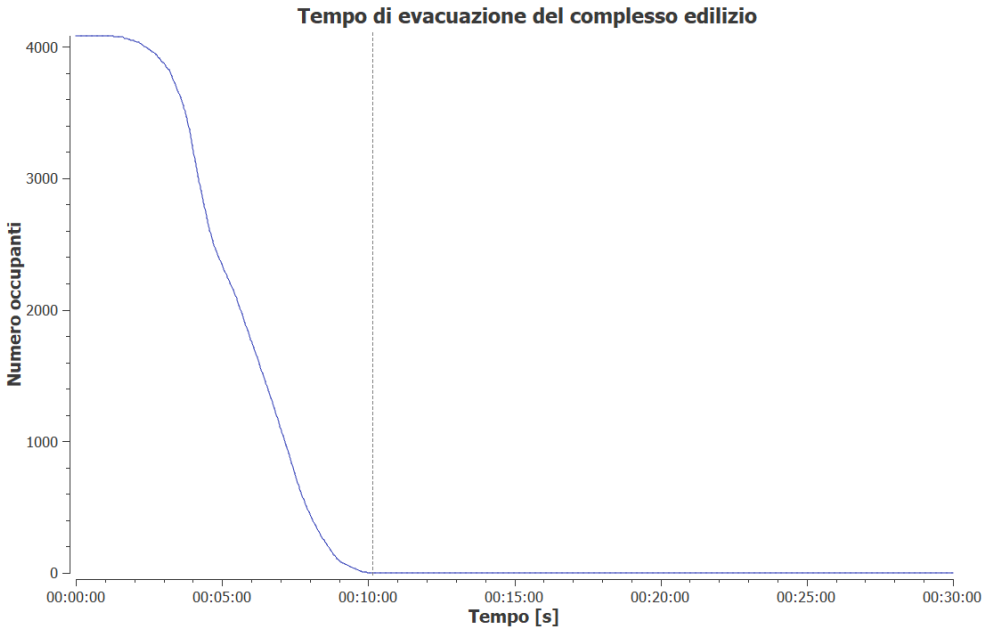


Figura 92: Grafico relativo all'esodo degli occupanti del complesso edilizio - Configurazione 3-B

Analogamente al caso precedente si è proceduto analizzando e comparando i flussi di utenti transitanti all'interno dell'area comune della Galleria della configurazione 2 (scenario progettato con l'attuale sistema di gestione dello stabile) con quelli della configurazione 3-B (caratterizzato da precise misure gestionali atte a mitigare le interazioni tra i flussi di utenti).

A tal proposito si vuole analizzare il numero di utenti che nell'unità di tempo attraversano i varchi d'uscita della Galleria e il nodo centrale.

I grafici sono stati realizzati a partire dalla fine del tempo di pre-movimento pari a 4 minuti in quanto si vogliono analizzare gli spostamenti dei suddetti utenti; inoltre, i grafici posizionati a destra (di colore blu) sono quelli corrispondenti alla configurazione 2, mentre quelli a sinistra (di colore ciano) corrispondo alla configurazione 3-B. La barra di colore grigio indica la fine dell'evacuazione del complesso edilizio.

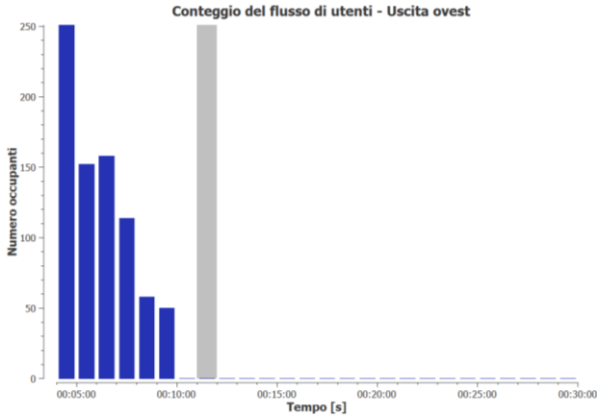


Figura 93: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 2

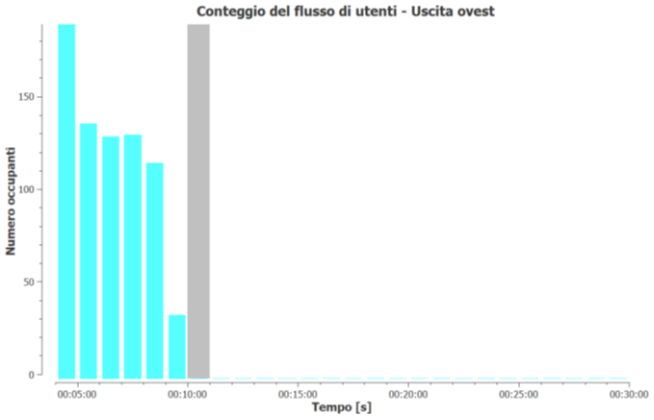


Figura 94: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 3-B

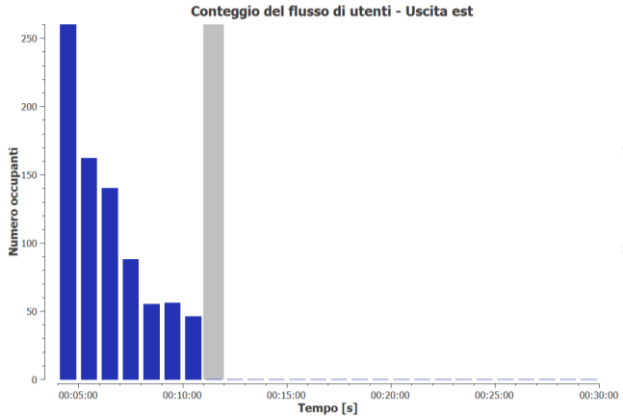


Figura 95: Analisi dei flussi uscita est – C. 2

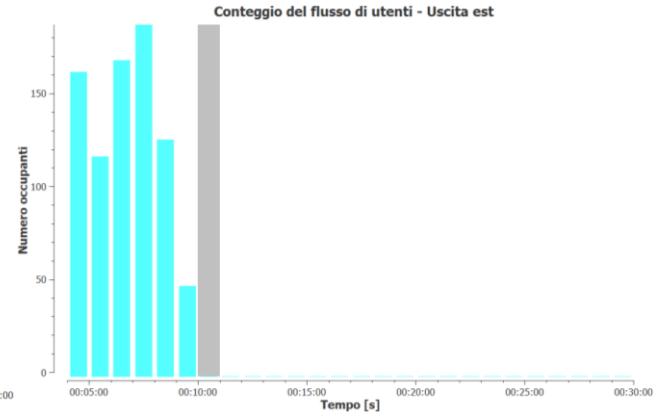


Figura 96: Analisi dei flussi uscita est – C. 3-B

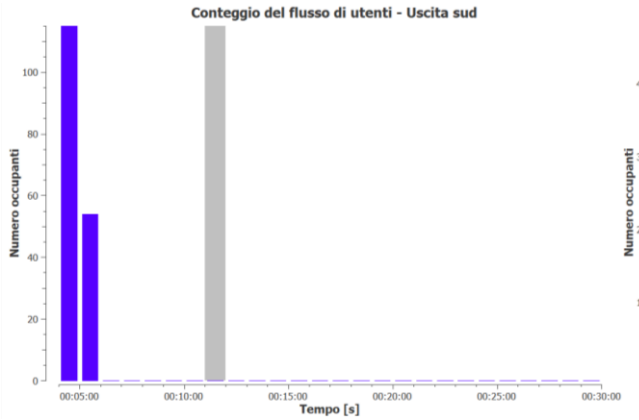


Figura 97: Analisi dei flussi uscita sud – C. 2

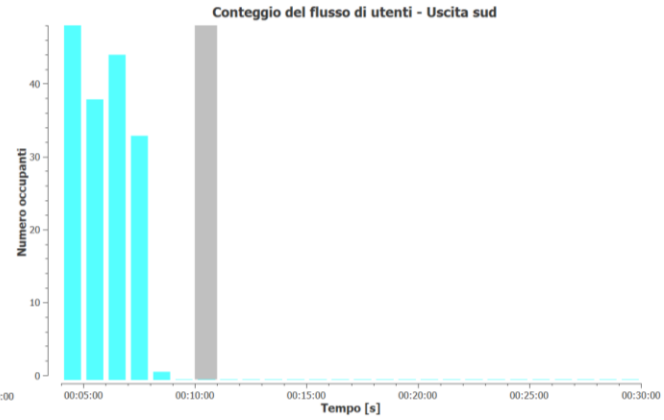


Figura 98: Analisi dei flussi uscita sud – C. 3-B

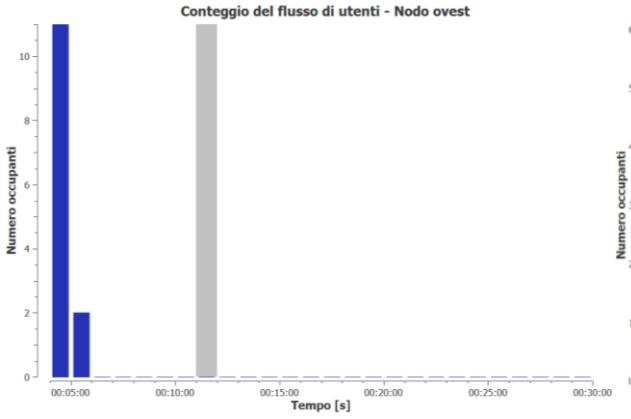


Figura 99: Analisi dei flussi nodo ovest – C. 2

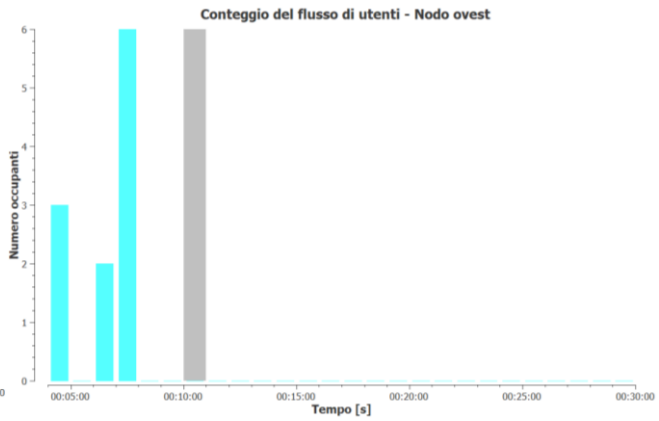


Figura 100: Analisi dei flussi nodo ovest – C. 3-B

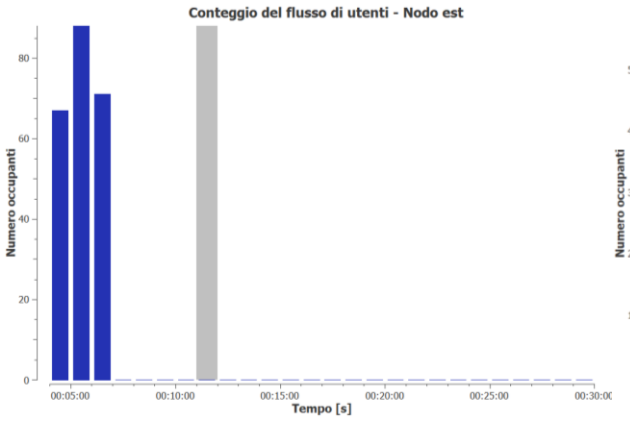


Figura 101: Analisi dei flussi nodo est – C. 2

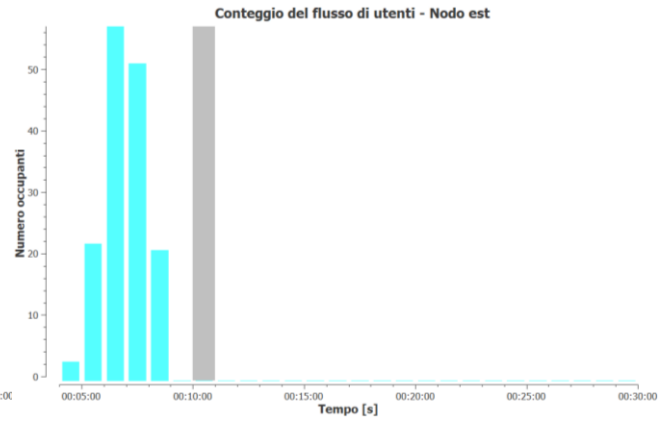


Figura 102: Analisi dei flussi nodo est – C. 3-B

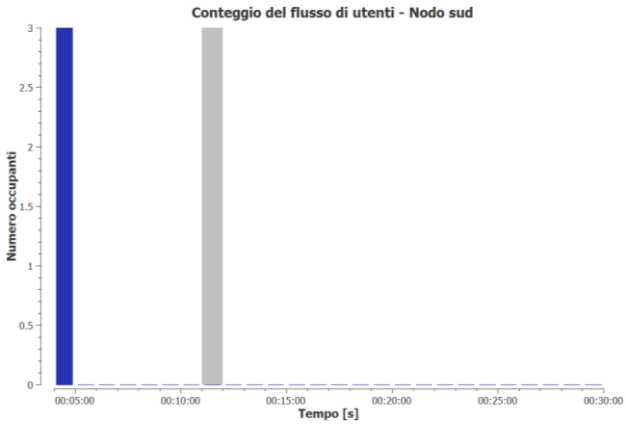


Figura 103: Analisi dei flussi nodo sud – C. 2

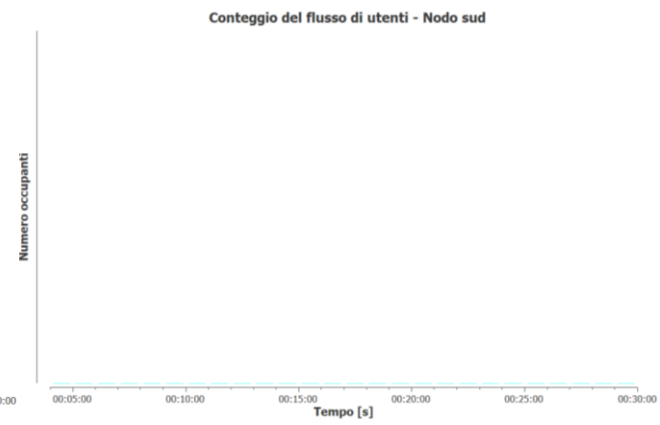


Figura 104: Analisi dei flussi nodo sud – C. 3-B

Le misure gestionali adottate risultano essere efficaci anche nella presente configurazione; pur avendo ipotizzato un'emergenza in corrispondenza dell'unità adibita ad uso uffici (attività che si sviluppa su quattro livelli e che presenta alti affollamenti) dai grafici della configurazione 3-B soprariportati si evince che il flusso di utenti in uscita dalla Galleria risulta esser, anche questa volta, controllato e distribuito nel tempo. In tal modo è possibile limitare le interazioni che si innescano tra gli utenti.

In particolare, dai grafici relativi alle uscite finali della Galleria della configurazione 3-B, si può constatare come già nei primi ci sia una rilevante riduzione degli occupanti che attraversano i varchi d'uscita (rispettivamenti del 24% - 39% - 58%); anche in questa configurazione si nota che dal sesto minuto si ha una risalita del numero di utenti in corrispondenza delle aree finali, data certamente dal deflusso delle unità che si affacciano sull'area comune (uffici, cinema e unità commerciali).

In corrispondenza delle aree del nodo centrale si può constatare un notevole miglioramento del deflusso delle persone; in corrispondenza del nodo lato est è possibile notare un maggior afflusso rispetto alle ulteriori aree, dipendente dall'evacuazione dell'unità del cinema, problematica mitigata nella configurazione 3-B nella quale è possibile constatare una riduzione del 58% del passaggio degli occupanti durante i primi minuti d'esodo.

Di seguito si riportanto i grafici del rapporto di velocità delle due configurazioni analizzate (il rapporto di velocità di un agente equivale al rapporto tra la velocità effettiva e la velocità assegnata); i grafici sono stati realizzati a partire dalla fine del tempo di pre-movimento in quanto si vogliono analizzare i soli spostamenti degli utenti.

Anche nella presente configurazione è possibile constatare il notevole miglioramento dei parametri di velocità degli agenti rispetto a quelli relativi alla configurazione 2.

Il grafico della configurazione 3-B mostra, come nel caso precedente, come l'evacuazione delle singole attività sia caratterizzata da basse restrizione dei movimenti e scarse limitazioni delle velocità degli utenti in uscita.

- *Configurazione 2:*

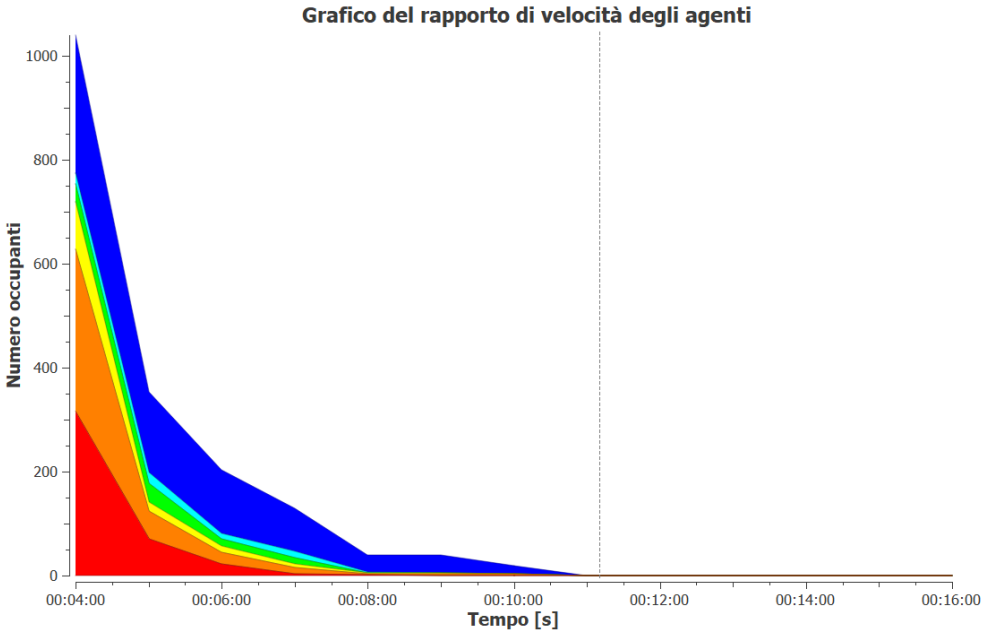


Figura 105:Grafico del rapporto di velocità C. 2

- *Configurazione 3-B:*

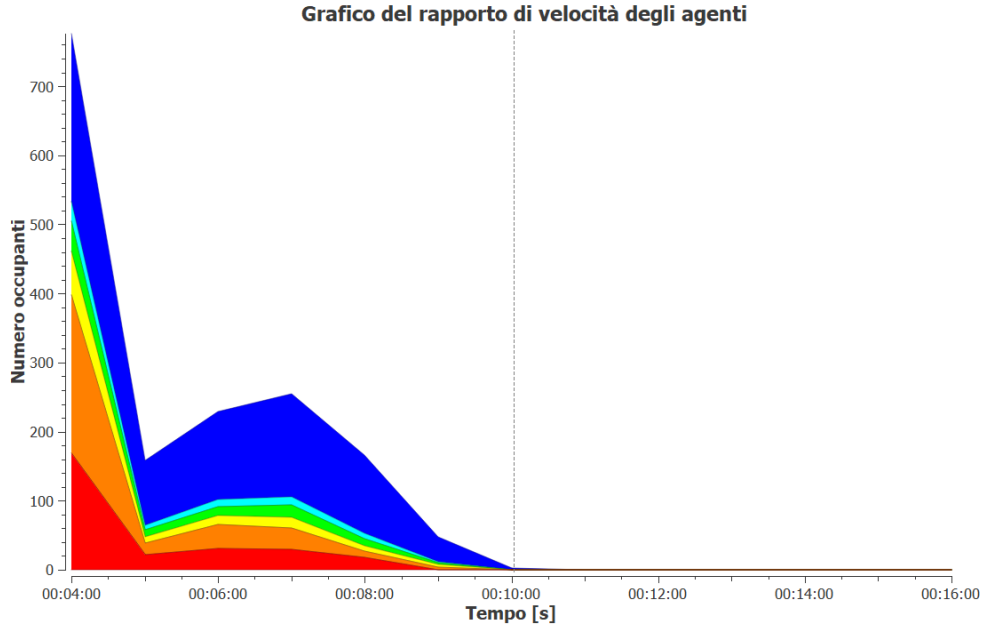


Figura 106:Grafico del rapporto di velocità C. 3-B

Figura 107:QR code configurazione 3-B

5.3.6 Configurazione 4-A

A seguito della constatazione dell'efficacia delle misure gestionali adottate (configurazioni 3-A e 3-B) le quali permettono di limitare le possibili interazioni dei flussi di utenti che si riversano all'interno della Galleria durante l'evacuazione del complesso edilizio, si è ritenuto interessante analizzare ulteriori configurazioni straordinarie caratterizzate nuovamente da un elevato affollamento, ma con un diverso utilizzo degli spazi.

La presente simulazione ha l'obiettivo di esaminare ed analizzare i movimenti della folla ed il relativo tempo di evacuazione del complesso edilizio, determinati da una configurazione eccezionale, ovvero dalla disposizione di banchi di vendita al dettaglio lungo l'area pedonale della Galleria.

Tale evento eccezionale è caratterizzato ancora una volta dal transito di 1452 occupanti all'interno degli spazi comuni della Galleria (densità di affollamento: 1,2 p/mq).

A tal proposito sono state posizionate tre barriere raffiguranti tre banchi di vendita al dettaglio all'interno dell'ambiente; inoltre, si è ritenuto rilevante rappresentare i reali percorsi degli utenti in prossimità dei suddetti banchi, al fine di simulare l'effettiva dinamicità dell'evento durante la fase di esercizio dell'attività.

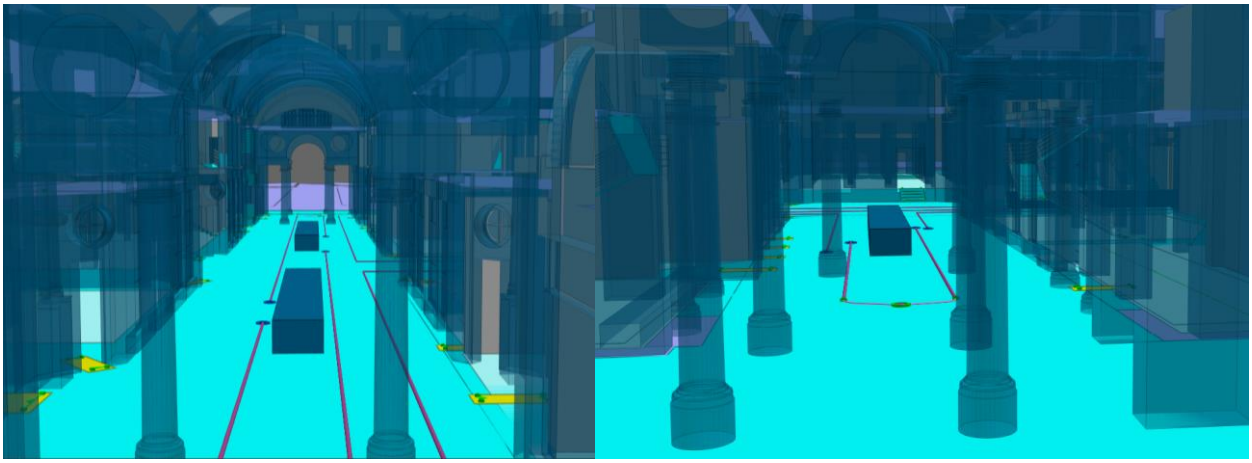


Figura 108: Disposizione dei banchi di vendita al dettaglio

La presente configurazione prevede che tutte le attività presenti nel complesso edilizio siano aperte e operanti, compresi gli uffici.

Di seguito si riportano gli affollamenti complessivi di ogni unità; a queste ultime è stato attribuito uno specifico colore corrispondente a quello utilizzato nelle simulazioni, che permette di distinguere l'utenza in funzione del piano e della destinazione d'uso in cui si trovano.

Livello	Attività	Affollamento
-2	Autorimessa	16
-1	Cinema	524
	Autorimessa	34
0	Galleria	1452
	Attività T01.N	32
	Attività T02.N	13
	Attività T03.N	16
	Attività T04.N	13
	Attività T05.N	65
	Attività T06.N	13
	Attività T07.N	15
	Attività T08.N	27
	Attività T09.N	18
	Attività T10.N	31
	Attività T11.N	143
	Attività T12.N	
	Attività T13.N	31
	Attività T14.N	20
	Attività T15.N	7
	Attività T16.N	7
	Attività T17.N	6
	Attività T18.N	10
	Attività T19.N	40
	Attività T20.N	25
	Attività T21.N	33
1	Attività T01.N	33
	Attività T02.N	26
	Attività T04.N	13
	Attività T05.N	64
	Attività T06.N	13
	Attività T07.N	22
	Attività T08.N	23

	Attività T09.N	19
	Attività T11.N	271
	Attività T12.N	
	Attività T14.N	29
	Attività T15.N	7
	Attività T16.N	7
	Attività T19.N	36
	Attività T21.N	8
	Attività T22.U	20
2	Attività T01.N	20
	Attività T12.N	63
	Attività T23.U	35
	Attività T24.U	197
3	Attività T25.U	77
	Attività T26.U	197
4	Attività T27.U	81
	Attività T28.U	127
5	Attività T29.U	27
	Attività T30.R	4
	Attività T31.R	2
	Attività T32.R	2
	Attività T33.R	1
	Attività T34.R	1
	Attività T35.R	2

Tabella 32: Affollamenti delle singole unità del complesso edilizio

Sono stati mantenuti i profili di agenti individuati nelle precedenti simulazioni, quali:

- Utenti standard;
- Utenti con bambini;
- Utenti con passeggino;
- Utenti anziani;
- Gruppi di utenti;
- Utenti su sedia a rotelle;
- Utenti con bastone/stampelle;
- Utenti con disabilità (sensoriali e cognitive);
- Utenti all'interno delle attività.

Ad essi sono stati associati dei tempi di pre-movimento maggiorati di 2 minuti, corrispondente all'intervallo di tempo iniziale necessario a rappresentare la fase antecedente l'evacuazione.
Successivamente si è preceduto con la realizzazione dei percorsi necessari agli *agents* per raggiungere i tre banchi di vendita. Sono stati realizzati quattro *Token* per ogni varco della Galleria: il primo *EntraPerComprare* è stato realizzato per distinguere gli utenti che transitano all'interno della Galleria per acquistare prodotti, rispetto a quelli che percorrono l'area senza comprare.
Gli ulteriori *Token* sono stati realizzati per indirizzare gli agenti verso il banco denominato 1, piuttosto che il banco 2 o 3:

- *b1-sud b2-sud b3-sud* identificano il flusso di utenti che entra nella Galleria dal varco posizionato in via Roma;
- *b1-est b2-est b3-est* identificano il flusso di utenti che entra nella Galleria dal varco posizionato in via Bertola;
- *b1-ovest b2- ovest b3- ovest* identificano il flusso di utenti che entra nella Galleria dal varco posizionato in via Santa Teresa.

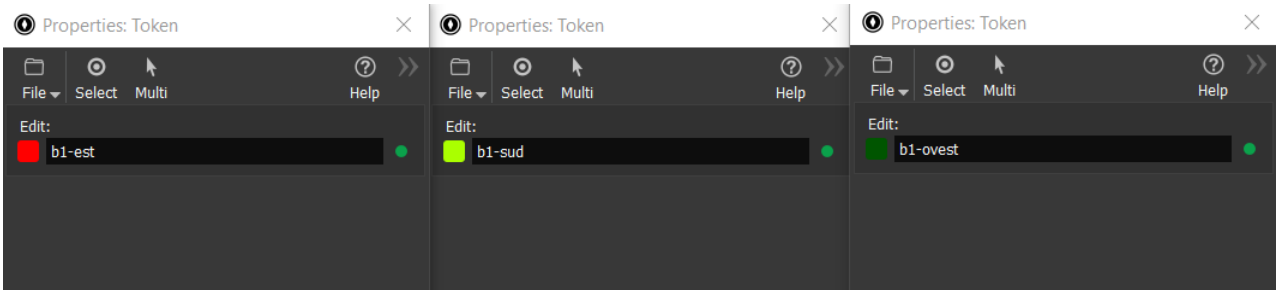


Figura 109: Realizzazione degli appositi Token

In seguito, sono stati realizzati gli appositi *Server*, ovvero i percorsi che portano ai tre punti vendita (anche in questo caso è stato necessario realizzare percorsi appositi per ogni varco di accesso).

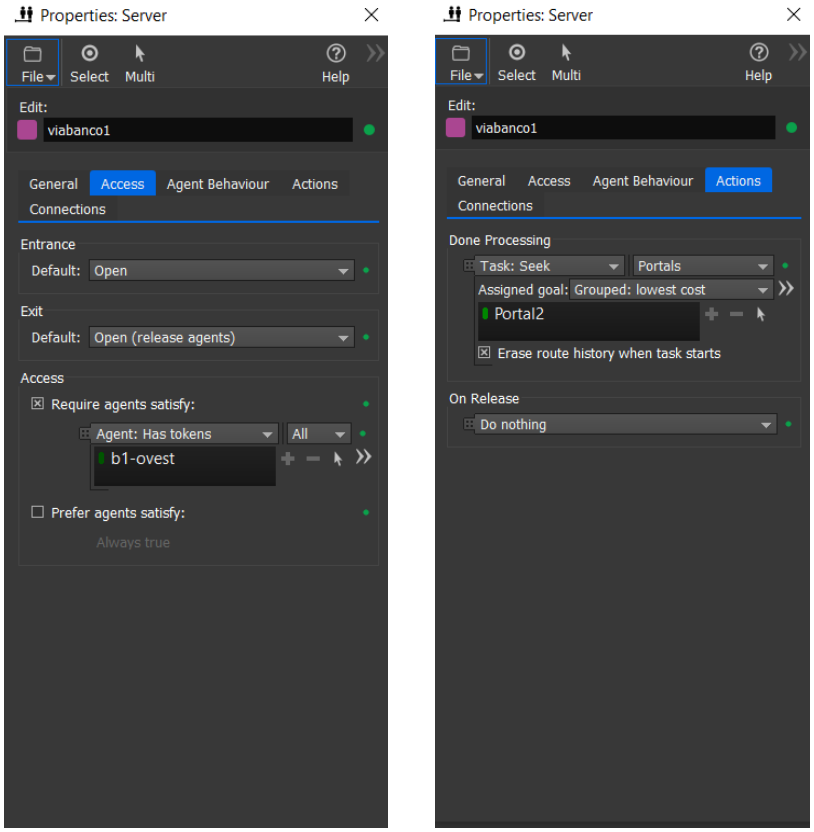


Figura 110: Realizzazione di appositi Serer necessari per assegnare i percorsi preferenziali agli utenti

Ogni accesso al percorso è stato impostato grazie all'assegnazione del rispettivo *Token*; è stato, inoltre, possibile attribuire agli agenti che vi transito, l'azione "cerca portale di uscita" , in questo modo una volta attraversato il *Server*, l'utente può indirizzarsi verso l'uscita dalla Galleria più vicina.

I *Server* sono stati collegati tra loro mediante appositi *Dispatch*, elementi che permettono la realizzazione di catene di processo e che distribuiscono gli agenti tra i vari percorsi.

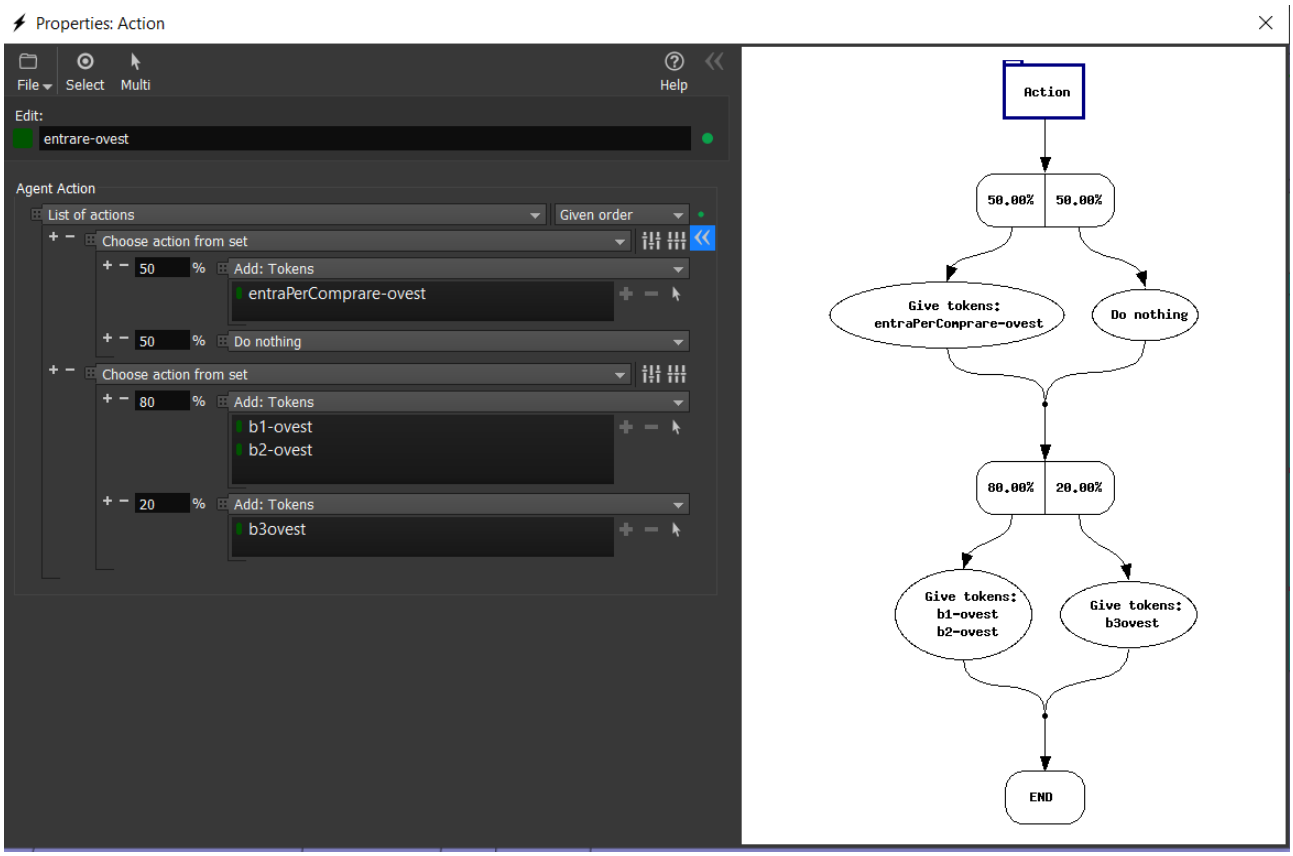


Figura 111: Realizzazione delle apposite Action da associare agli agenti

Successivamente si è proceduto con l'identificazione delle *Action*, anche in questo caso una per ogni varco d'accesso.

In particolare, si è scelto di far transitare il 50% degli occupanti lungo i percorsi che portano ai banchi di vendita, mentre la restante parte di utenti circola liberamente all'interno della Galleria. In aggiunta, sono state date delle percentuali di transito differenti ai veri *Server* (l'80% degli utenti in possesso di un *Token* attraversa il tratto che congiunge via Bertola a via Santa Teresa, mentre il restante 20% degli occupanti si muove in direzione di via Roma).

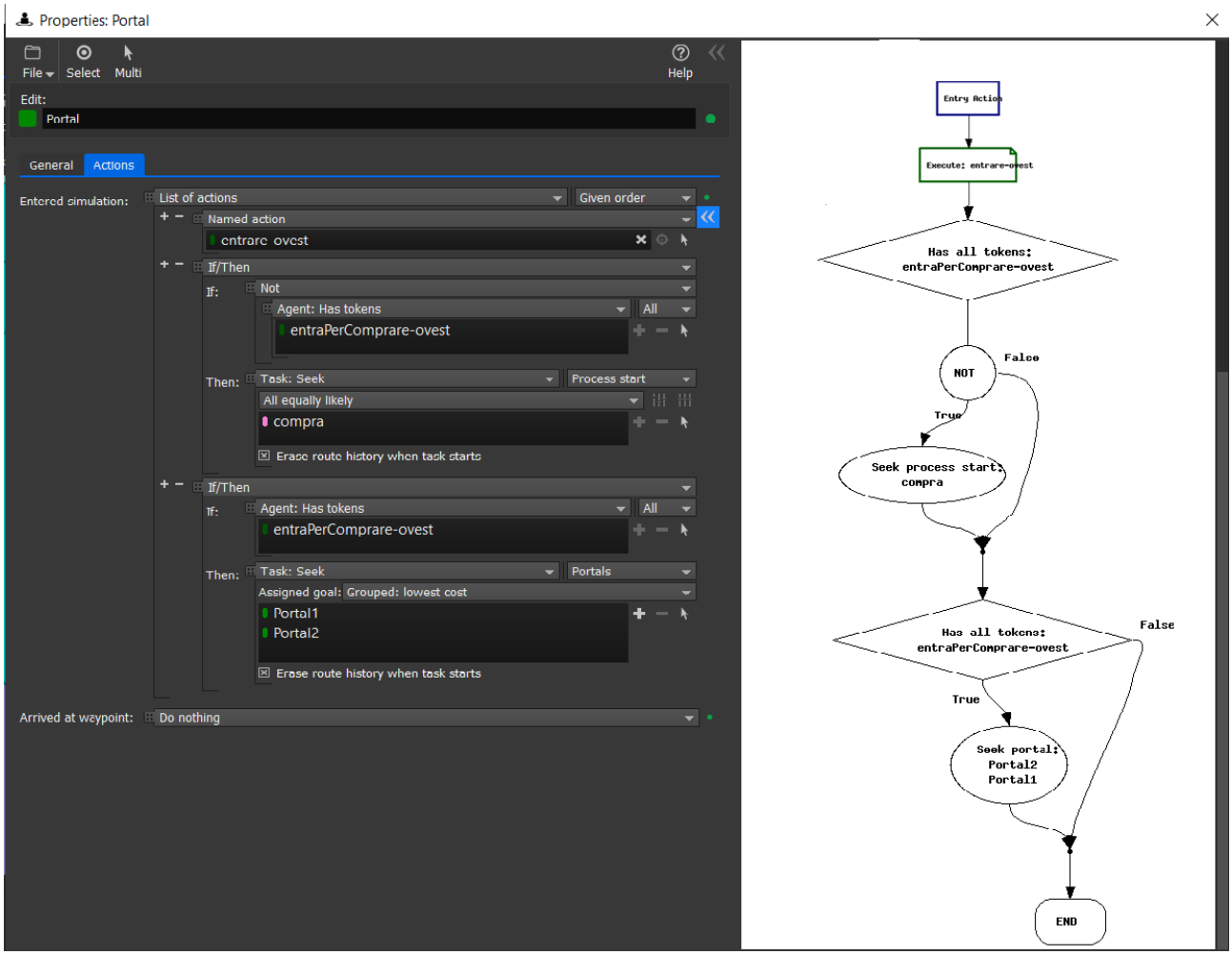


Figura 112: Realizzazione dei portali di entrata del modello 3D

Affinchè venga garantito il corretto funzionamento delle succitate catene di processo, è stato necessario attribuire delle *Action* anche ai portali: per ogni varco di accesso è stato posizionato il portale di entrata in prossimità dello stesso e due portali di uscita negli ulteriori due varchi.
In tutto sono stati realizzati nove portali di entrata/uscita:

- n.3 portali di colore verde individuano i flussi di utenti provenienti da via Santa Teresa (portale di entrata), i quali si diramano e defluiscono in via Bertola e via Roma (n.2 portali di uscita);
- n.3 portali di colore rosso individuano i flussi di utenti provenienti da via Bertola (portale di entrata), i quali si diramano e defluiscono in via Santa Teresa e via Roma (n.2 portali di uscita);
- n.3 portali di colore giallo individuano i flussi di utenti provenienti da via Roma (portale di entrata), i quali si diramano e defluiscono in via Bertola e via Santa Teresa (n.2 portali di uscita).

Ai portali di entrata alla Galleria è stato associato il diagramma di flusso mostrato in Figura 112, il quale permette agli agenti in possesso del token *EntraPerComprare* di rilevare il *Dispatch* che permette l'entrata alla catena di processo.

Inoltre, agli stessi portali sono stati associato i due portali di uscita dal percorso, raggiungibili con la minore distanza.

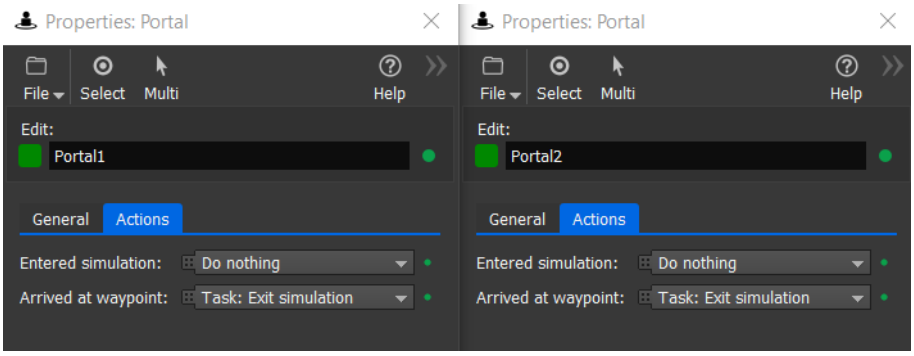


Figura 113: Realizzazione dei portali di uscita del modello 3D

Ai portali di uscita, invece, è stato necessario attribuire l'azione *Exit Simulation*, al fine di completare tale processo di programmazione.

Pertanto, per ogni entrata alla Galleria sono stati realizzati specifici percorsi con relativi portali di accesso e di uscita, funzionanti grazie all'identificazione di apposite *Actions.*

Tale operazione di separazione delle catene di processo per ogni varco di accesso alla Galleria, è stata necessaria in quanto, utilizzando le medesime azioni/token o condividendo i portali di accesso e destinazione, la lettura dei percorsi da parte degli agenti viene contrastata, compromettendo la simulazione di esodo.

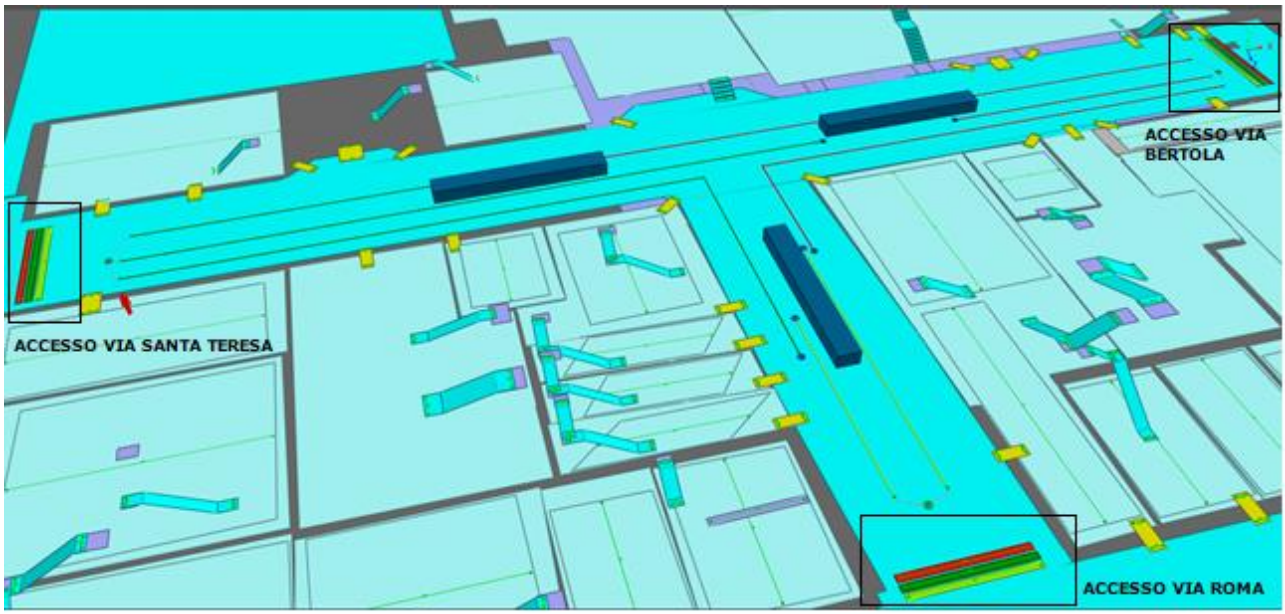


Figura 114: Individuazione dei varchi d'accesso all'edificio

5.3.6.1 Analisi dei risultati ottenuti e confronto con la configurazione 2

Di seguito si riporta il grafico relativo all'evacuazione dell'intero complesso complesso edilzio (il tempo di evacuazione di tale scenario è pari a 12.59 minuti in quanto i primi due minuti della simulazione configurano la fase di normale esercizio dell'attività).

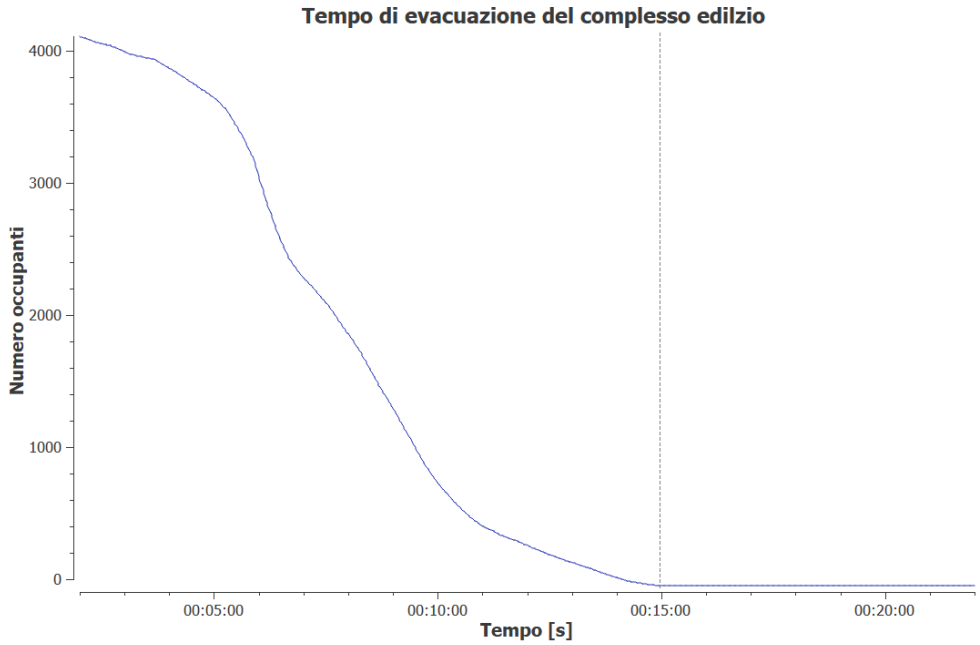


Figura 115: Grafico relativo all'esodo degli occupanti del complesso edilizio - Configurazione 4-A

Si è proceduto, dunque, analizzando i flussi di utenti transitanti nella Galleria in fase di evacuazione, constatando l'efficacia delle misure gestionali individuate nei precedenti capitoli anche in situazioni eccezionali, caratterizzate da conformazioni spaziali differenti.

Come per le configurazioni 3 è stato analizzato il numero di utenti che nell'unità di tempo attraversa i varchi di uscita della Galleria e il nodo centrale, confrontando i risultati ottenuti dalla presente simulazione con quelli estrapolati dallo scenario 2 (configurazione limite).

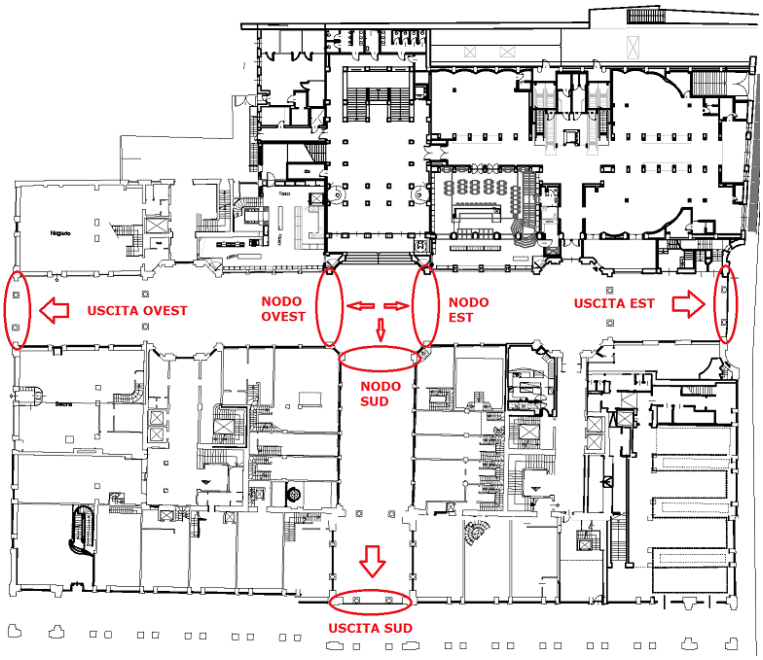


Figura 116: Area analizzate

I grafici sono stati realizzati a partire dalla fine del tempo di pre-movimento in quanto si vogliono analizzare gli spostamenti dei suddetti utenti (inoltre si ricorda che la configurazione 4-A è stata sviluppando prevedendo la fase di ordinario esercizio dell'attività durante i primi 2 minuti della simulazione; tale intervallo di tempo non è stato considerato nei successivi grafici in quanto non rappresenta il processo di evacuazione).

I grafici posizionati a destra (di colore blu) sono quelli corrispondenti alla configurazione 2, mentre quelli a sinistra (di colore magenta) corrispondo alla configurazione 4-A. La barra di colore grigio indica la fine dell'evacuazione del complesso edilizio.

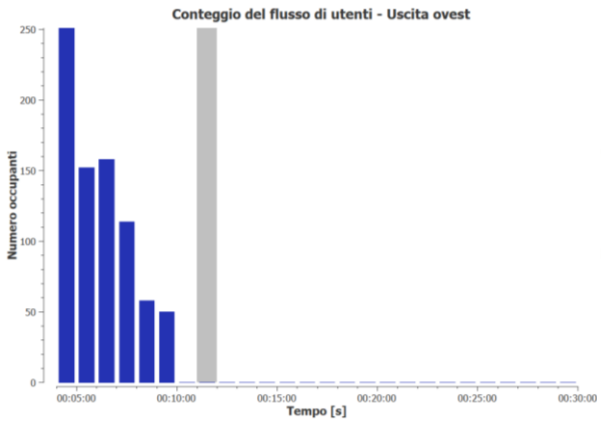


Figura 117: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 2

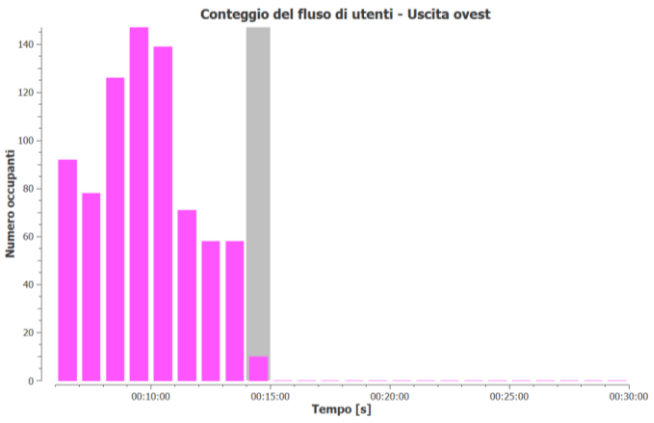


Figura 118: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 4-A

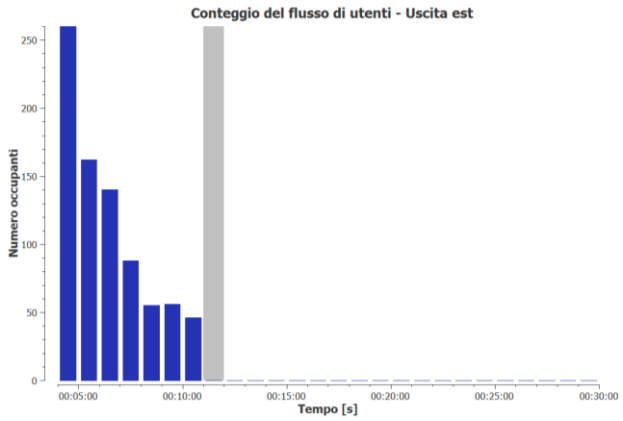


Figura 119: Analisi dei flussi uscita est – C. 2

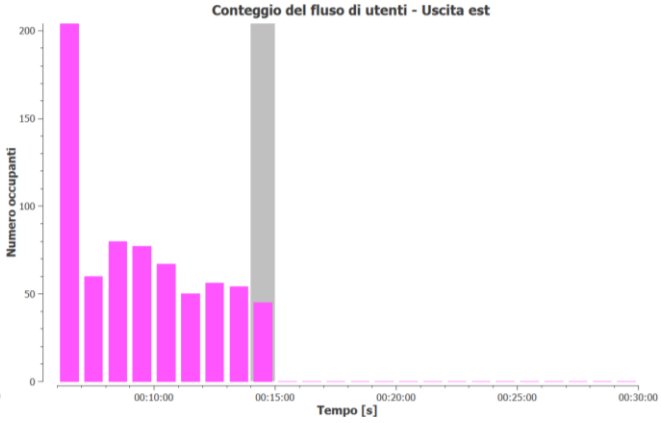


Figura 120: Analisi dei flussi uscita est – C. 4-A

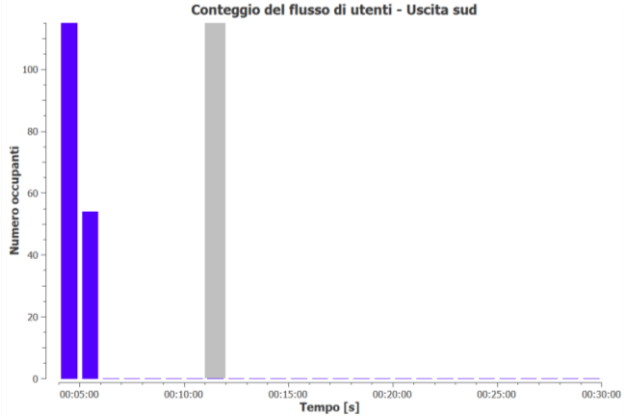


Figura 121: Analisi dei flussi uscita sud – C. 2

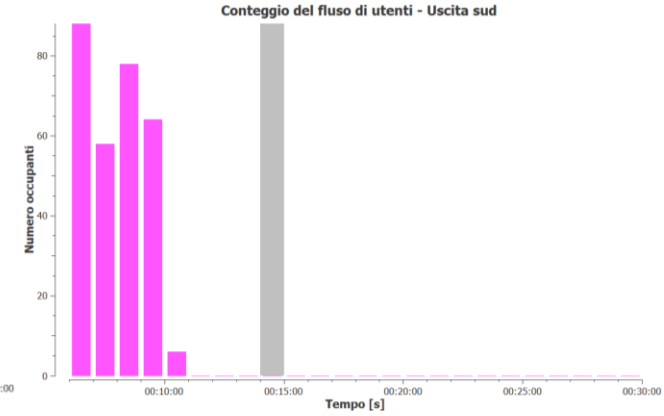


Figura 122: Analisi dei flussi uscita sud – C. 4-A

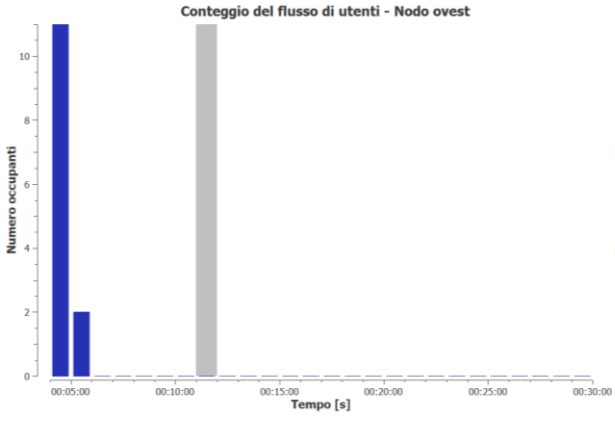


Figura 123: Analisi dei flussi nodo ovest – C. 2

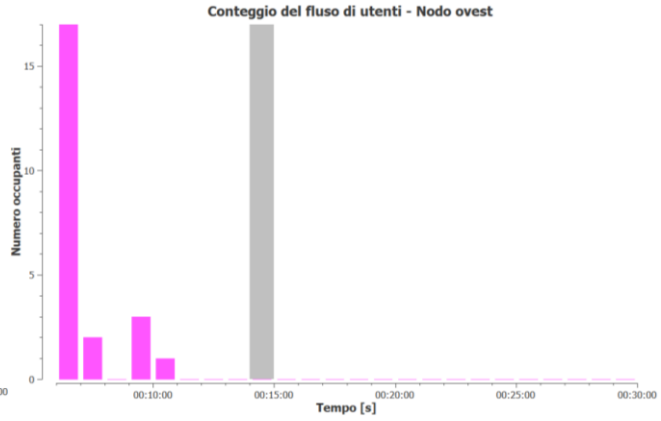


Figura 124: Analisi dei flussi nodo ovest – C. 4-A

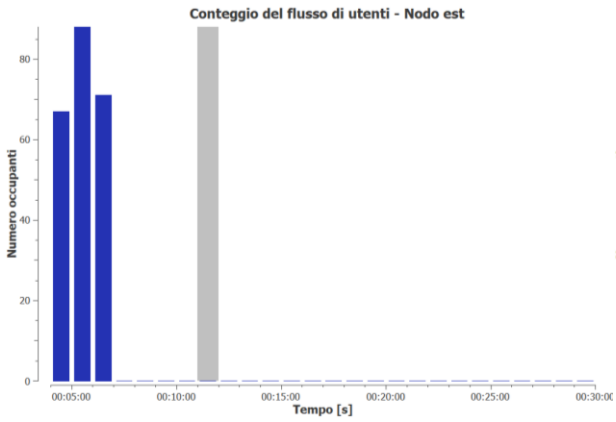


Figura 125: Analisi dei flussi nodo est – C. 2

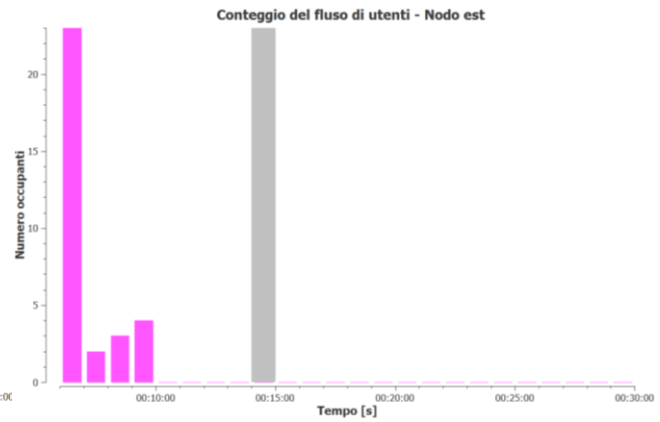


Figura 126: Analisi dei flussi nodo est – C. 4-A

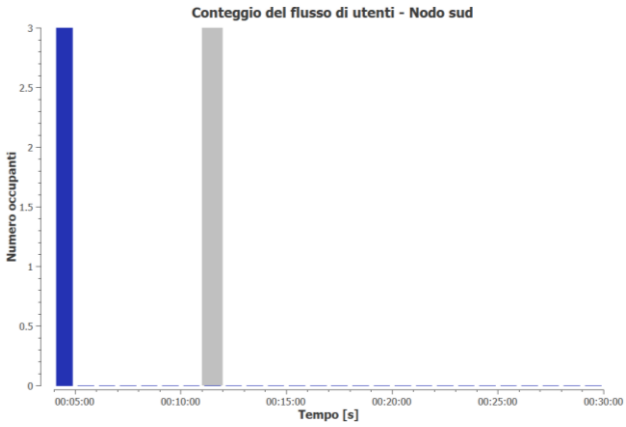


Figura 127: Analisi dei flussi nodo sud – C. 2

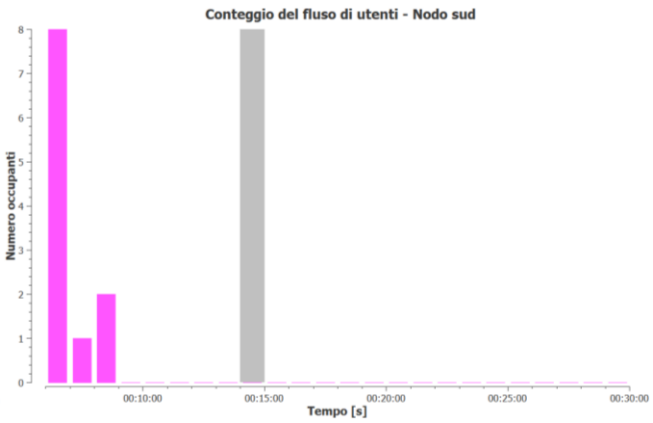


Figura 128: Analisi dei flussi nodo sud – C. 4-A

Lo scenario sviluppato presenta una spazialità differente rispetto alle configurazioni 3-A e 3-B precedentemente sviuppate, in quanto sono stati posizionati dei banchi di vendita al dettaglio all'interno dell'area comune della Galleria. Tale configurazione è stata analizzata in quanto si vogliono esaminare i movimenti e gli spostamenti della folla qualora vi sia la presenza di ostacoli all'interno della succitata area e considerando il massimo affollamento del complesso edilzio, in quanto l'attività adibita ad uso uffici risulta essere operante.

Anche in questo caso l'obiettivo è quello di verificare l'efficacia delle misure gestionali adottate: dai grafici della configurazione 4-A risulta evidente come sia possibile anche in questo caso coordinare il processo di evacuazione distribuendo nel tempo l'afflusso di utenti che si dirigono verso i varchi d'uscita della Galleria, limitando così le interazione che si innescano tra essi.

In particolare in quest'ultima configurazione si può constatare l'efficacia delle misure gestionali adottate pur essendoci degli ostacoli all'interno della Galleria; i movimenti degli utenti non risultano esser limitati dai banchi di vendita, infatti confrontando la configurazione 2 e lo scenario 4-A si può rilevare un notevole miglioramento del processo di evacuazione dato dalla riduzione

del 44% - 35% - 52% di affluenza in corrispondenza dei varchi finali di uscita durante i primi minuti dell'evacuazione; dall'ottavo minuto si nota tuttavia una risalita del numero di utenti in corrispondenza delle uscite, a causa dell'evacuazione delle unità prospicienti sull'area comune.
Dalla configurazione 4-A è possibile comunque constatare un miglioramento del deflusso delle persone anche in corrispondenza del nodo lato est (caratterizzato da un maggior afflusso) nel quale si rilevano soltanto 26 persone transitanti durante i primi minuti d'esodo.
È possibile affermare che tale configurazione non ha un impatto negativo sull'esodo del complesso edilizio; infatti, pur essendoci dei banchi di vendita al dettaglio all'interno dell'area comune è comunque possibile controllare e gestire la folla durante l'evacuazione.
Di seguito si riportanto i grafici del rapporto di velocità delle due configurazioni analizzate (il rapporto di velocità di un agente equivale al rapporto tra la velocità effettiva e la velocità assegnata); i grafici sono stati realizzati a partire dalla fine del tempo di pre-movimento in quanto si vogliono analizzare i soli spostamenti degli utenti.
Dal grafico della configurazione 4-A è possibile constatare che, pur essendoci degli ostacoli all'interno della Galleria, ci sia un notevole miglioramento dei parametri di velocità degli agenti rispetto a quelli relativi alla configurazione 2, grazie alle misure gestionali adottate.

- *Configurazione 2:*

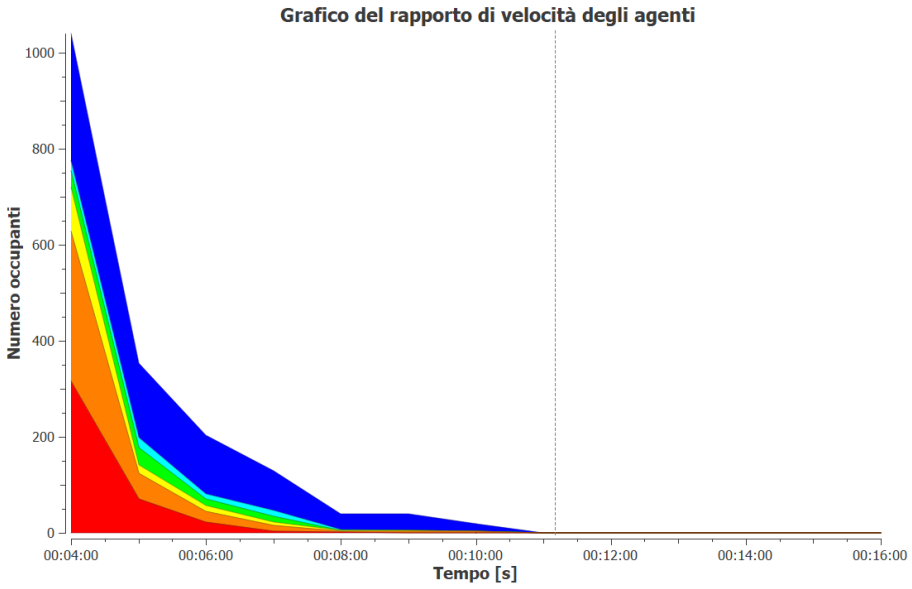


Figura 129: Grafico del rapporto di velocità C. 2

- *Configurazione 4-A:*

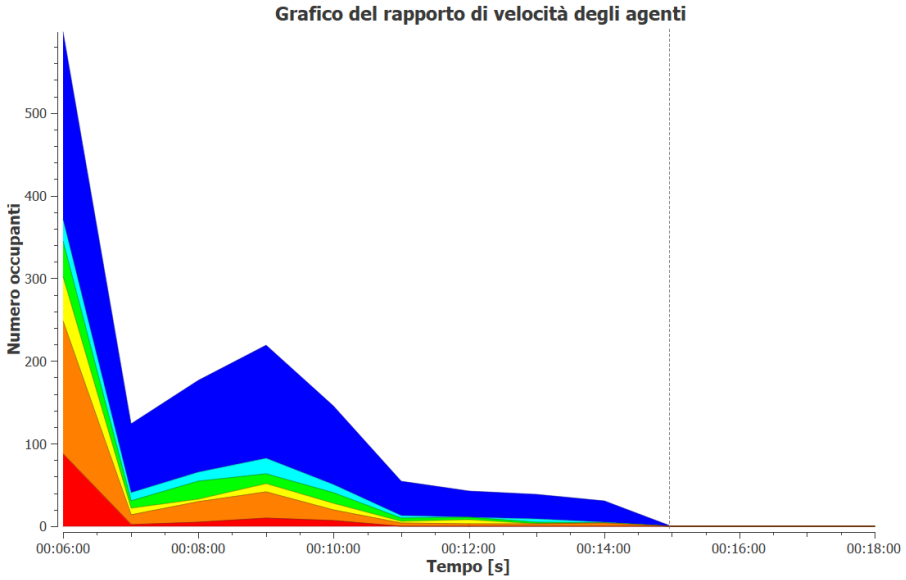


Figura 130:Grafico del rapporto di velocità C. 4-A

Figura 131:QR code configurazione 4-A

5.3.7 Configurazione 4-B

Lo scenario 4-B è contraddistinto dalle medesime ipotesi della precedente simulazione, ad eccezione degli affollamenti complessivi del fabbricato: le unità adibite ad uso uffici sono state considerate chiuse. Di seguito si riportano gli affollamenti complessivi di ogni unità; a queste ultime è stato attribuito uno specifico colore corrispondente a quello utilizzato nelle simulazioni, che permette di distinguere l'utenza in funzione del piano e della destinazione d'uso in cui si trovano.

Livello	Attività	Affollamento
-2	Autorimessa	16
-1	Cinema Autorimessa	524 34
	Galleria	1452

0	Attività T01.N	32
	Attività T02.N	13
	Attività T03.N	16
	Attività T04.N	13
	Attività T05.N	65
	Attività T06.N	13
	Attività T07.N	15
	Attività T08.N	27
	Attività T09.N	18
	Attività T10.N	31
	Attività T11.N	
	Attività T12.N	143
	Attività T13.N	31
	Attività T14.N	20
	Attività T15.N	7
	Attività T16.N	7
	Attività T17.N	6
	Attività T18.N	10
	Attività T19.N	40
	Attività T20.N	25
	Attività T21.N	33
1	Attività T01.N	33
	Attività T02.N	26
	Attività T04.N	13
	Attività T05.N	64
	Attività T06.N	13
	Attività T07.N	22
	Attività T08.N	23
	Attività T09.N	19
	Attività T11.N	271
	Attività T12.N	
	Attività T14.N	29
	Attività T15.N	7
	Attività T16.N	7
	Attività T19.N	36
	Attività T21.N	8
	Attività T22.U	20

2	Attività T01.N	20
	Attività T12.N	63
	Attività T23.U	35
	Attività T24.U	197
	Attività T30.R	4
	Attività T31.R	2
	Attività T32.R	2
	Attività T33.R	1
	Attività T34.R	1
	Attività T35.R	2

Tabella 33: Affollamenti delle singole unità del complesso edilizio

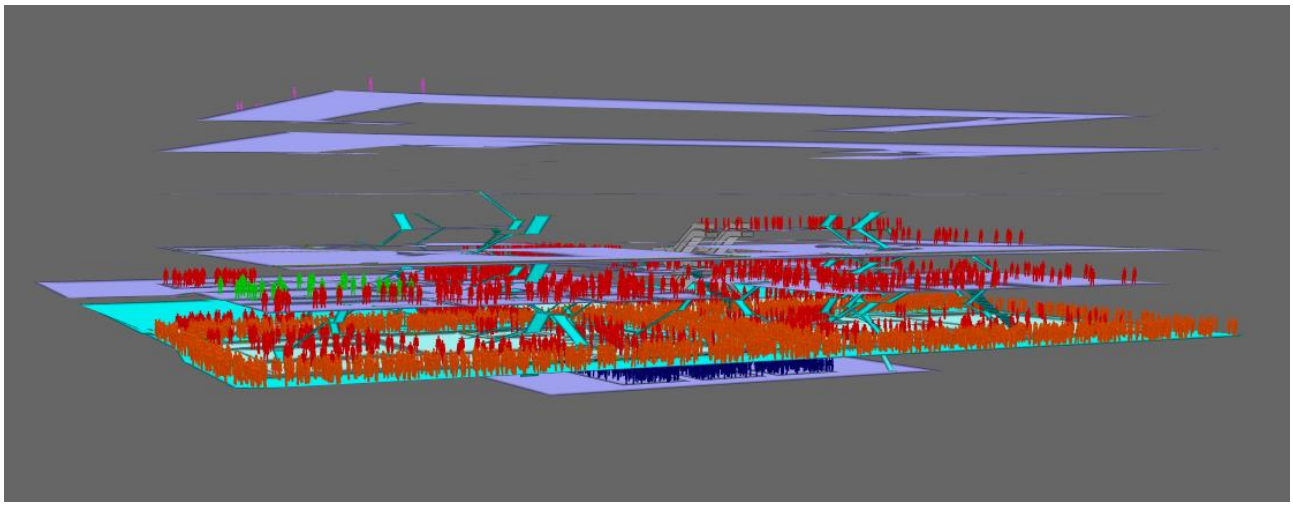


Figura 132: Modello 3D del complesso edilzio nel software MassMotion Oasy

5.3.7.1 Analisi dei risultati ottenuti e confronto con la configurazione 2

Di seguito si riporta il grafico relativo all'evacuazione dell'intero complesso complesso edilzio; i tempi di esodo dello scenario 4-B sono notevolmente ridotti rispetto alle precedenti simulazioni in quanto le attività adibite ad uso uffici non presentano occupanti (l'evacuazione dello stabile viene completata in un tempo pari a 9.04 minuti in quanto i primi due minuti della simulazione raffigurano la fase di normale esercizio dell'attività).

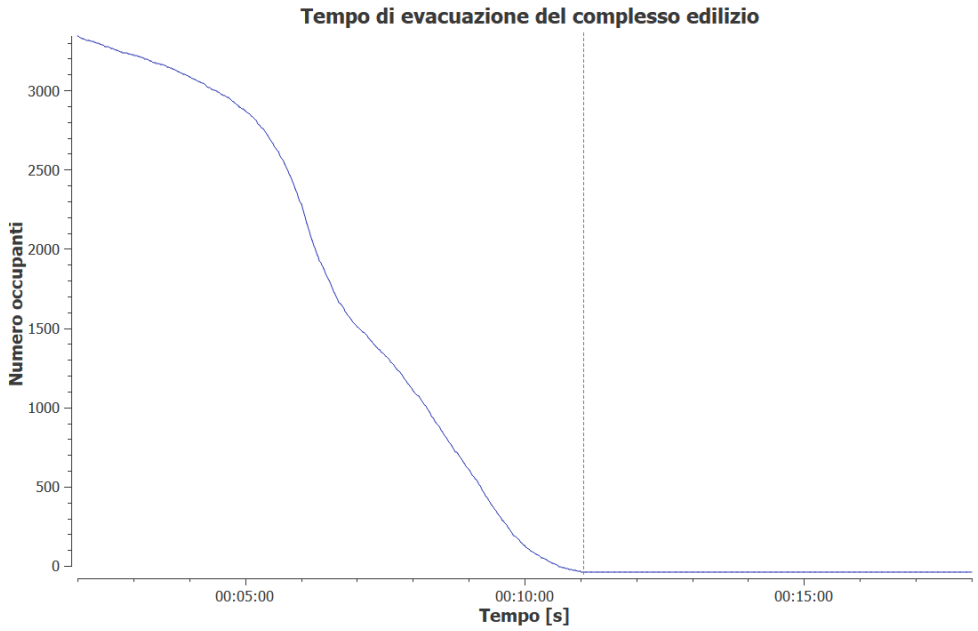


Figura 133: Grafico relativo all'esodo degli occupanti del complesso edilizio - Configurazione 4-B

Come per la precedente configurazione è stato analizzato il numero di utenti che nell'unità di tempo attraversa i varchi di uscita della Galleria e il nodo centrale, confrontando i risultati ottenuti dalla presente simulazione con quelli estrapolati dallo scenario 2 (configurazione limite). I grafici posizionati a destra (di colore blu) sono quelli corrispondenti alla configurazione 2, mentre quelli a sinistra (di colore viola) corrispondo alla configurazione 4-B. La barra di colore grigio indica la fine dell'evacuazione del complesso edilizio.

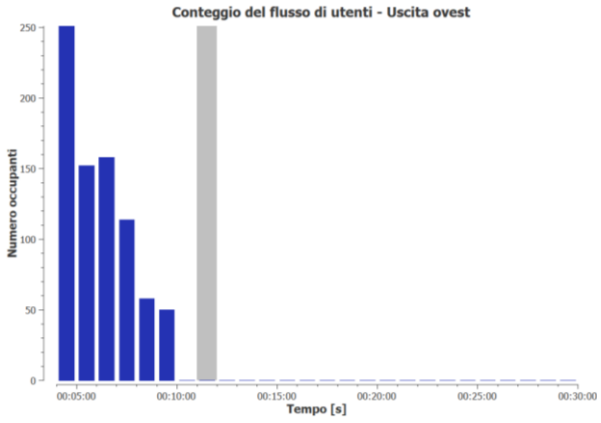


Figura 134: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 2

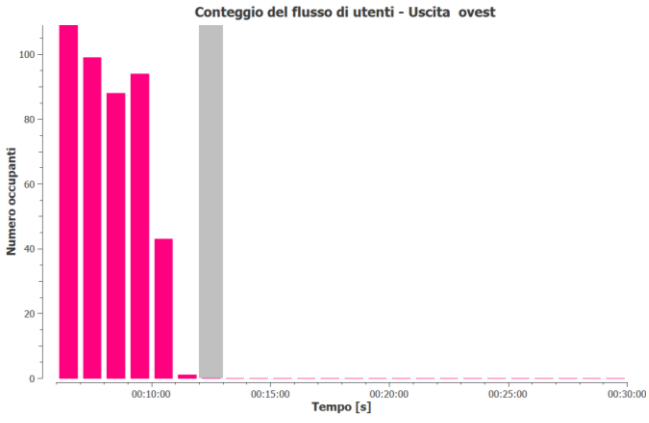


Figura 135: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 4-B

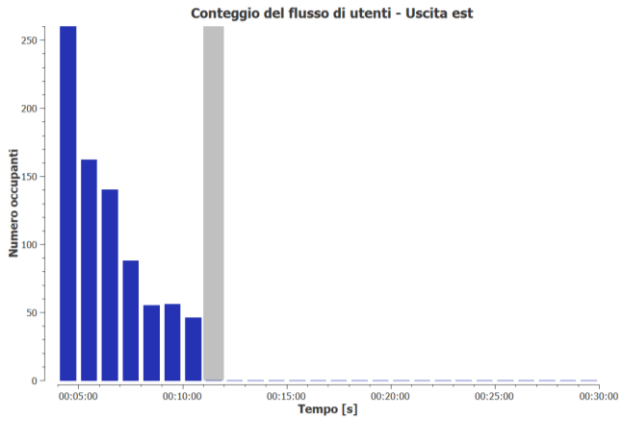


Figura 136: Analisi dei flussi uscita est – C. 2

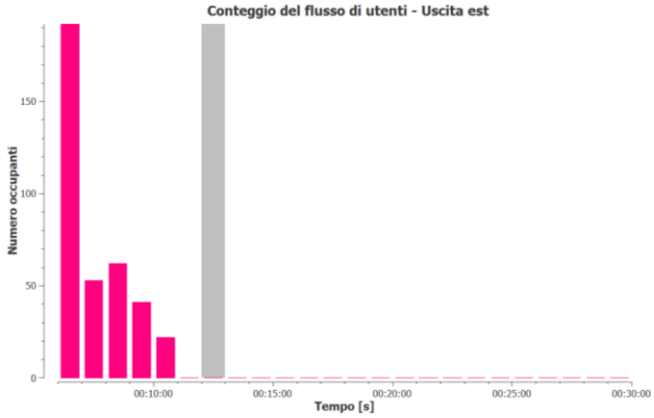


Figura 137: Analisi dei flussi uscita est – C. 4-B

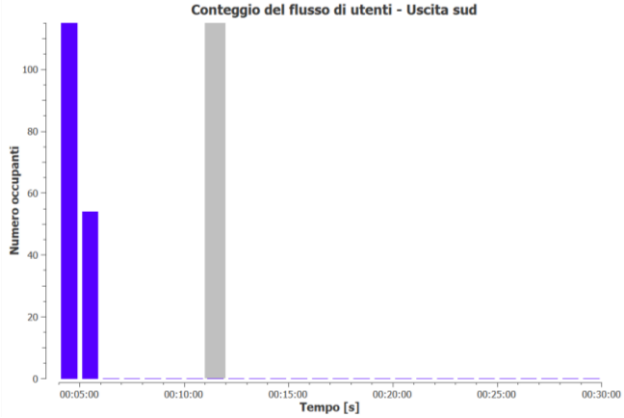


Figura 138: Analisi dei flussi uscita sud – C. 2

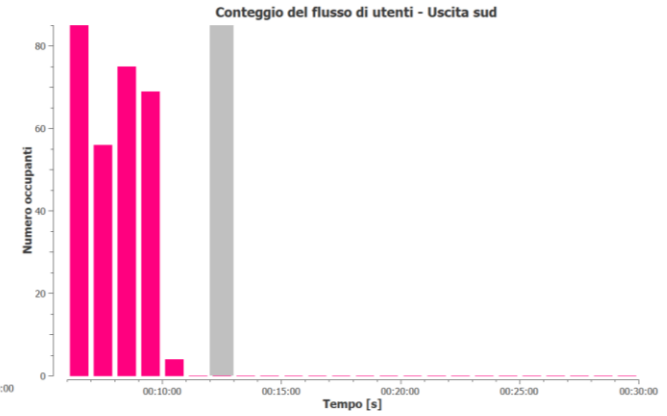


Figura 139: Analisi dei flussi uscita sud – C. 4-B

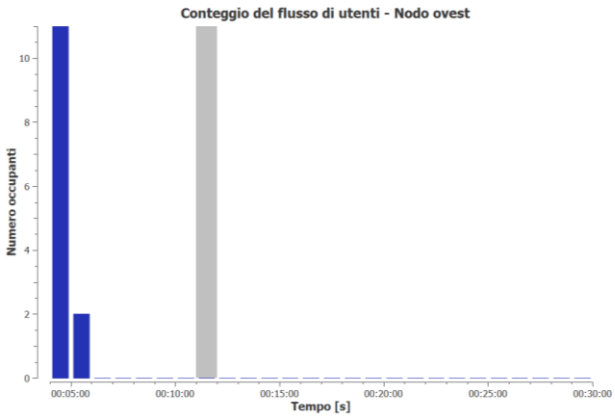


Figura 140: Analisi dei flussi nodo ovest – C. 2

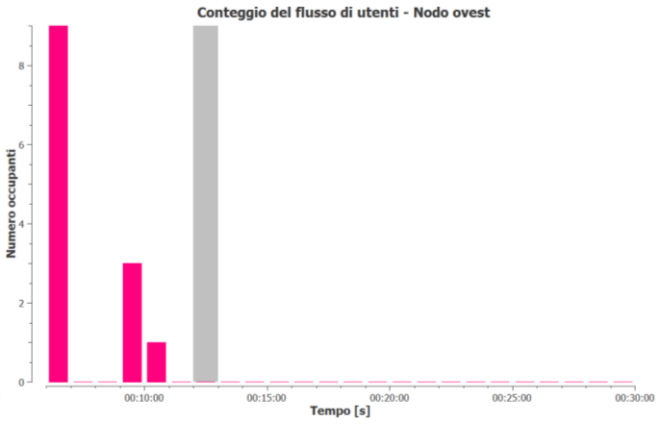


Figura 141: Analisi dei flussi nodo ovest – C. 4-B

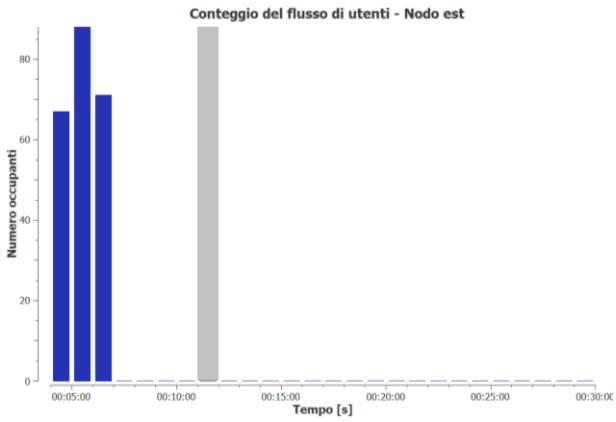


Figura 142: Analisi dei flussi nodo est – C. 2

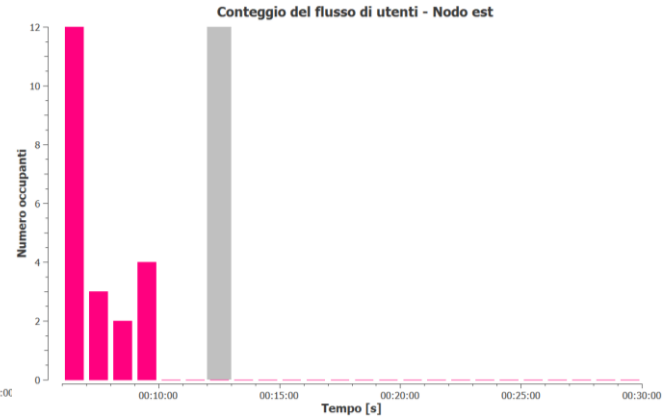


Figura 143: Analisi dei flussi nodo est – C. 4-B

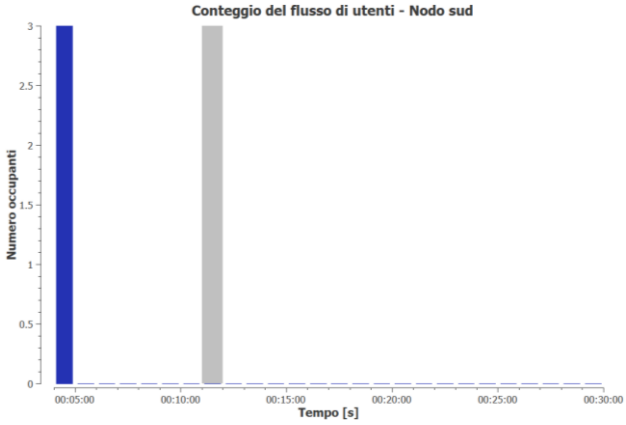


Figura 144: Analisi dei flussi nodo sud – C. 2

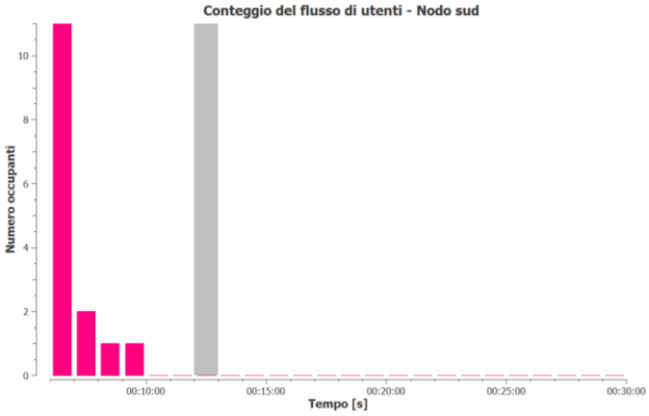


Figura 145: Analisi dei flussi nodo sud – C. 4-B

A differenza della precedente simulazione, la presente è caratterizzata da minori affollamenti in quanto l'attività adibita ad uso uffici è stata considerata chiusa, ipotizzando l'organizzazione dell'evento durante i giorni festivi della settimana; nonostante il riscontro positivo della configurazione 4-A, nella quale è stata dimostrata l'efficienza delle misure gestionali previste, risulta evidente che tale configurazione sia da preferire in quanto non vi è la presenza degli occupanti all'interno della suddetta attività.

Di seguito si riportanto i grafici del rapporto di velocità delle due configurazioni analizzate (il rapporto di velocità di un agente equivale al rapporto tra la velocità effettiva e la velocità assegnata); i grafici sono stati realizzati a partire dalla fine del tempo di pre-movimento in quanto si vogliono analizzare i soli spostamenti degli utenti.

Dal grafico della configurazione 4-B è possibile constatare il notevole miglioramento dei parametri di velocità degli agenti rispetto a quelli relativi alla configurazione 2.

- *Configurazione 2:*

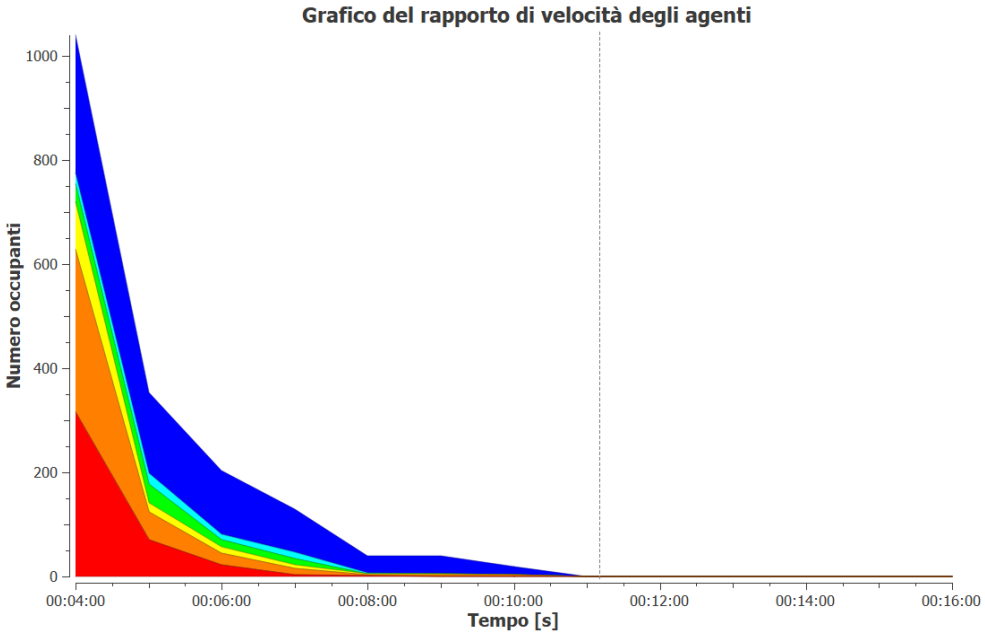


Figura 146:Grafico del rapporto di velocità C. 2

- *Configurazione 4-B:*

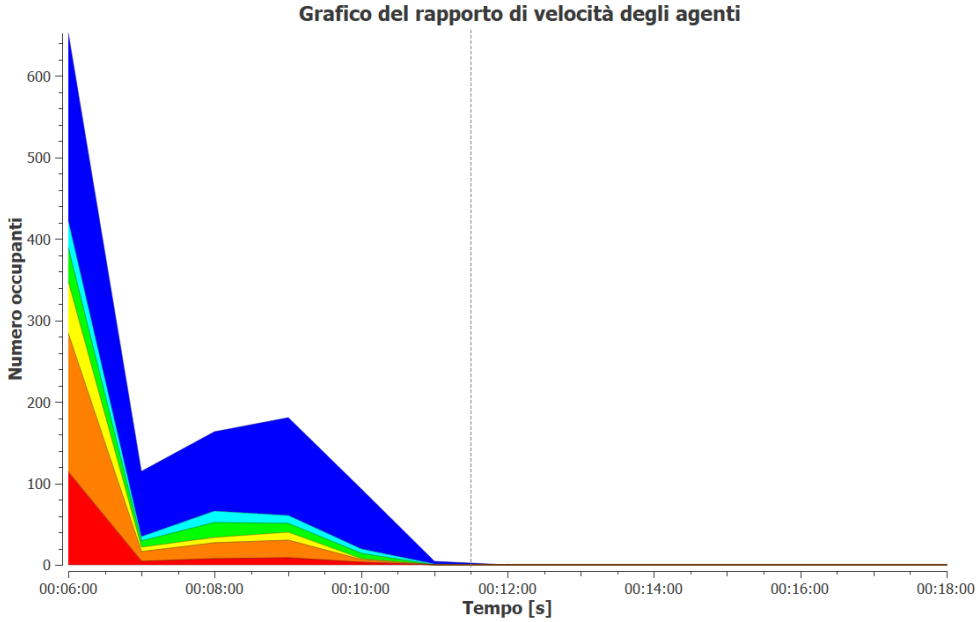


Figura 147: Grafico del rapporto di velocità C. 4-B

Figura 148:QR code configurazione 4-B

5.3.8 Configurazione 5-A

A seguito dell'analisi degli scenari 4 (in cui è previsto il transito degli occupanti all'interno degli spazi comuni del complesso edilizio,) a fini di completezza, sono stati individuati ulteriori due scenari di evacuazione caratterizzati da un evento che prevede lo stazionamento degli utenti in corrispondenza dell'area centrale della Galleria.

Il presente scenario rappresenta quindi una configurazione non ordinaria, costituita da 1452 occupanti all'interno dell'area pedonale della Galleria e dalle unità commerciali – uffici aperti al pubblico (per gli affollamenti delle unità si fa riferimento alla tabella 30).

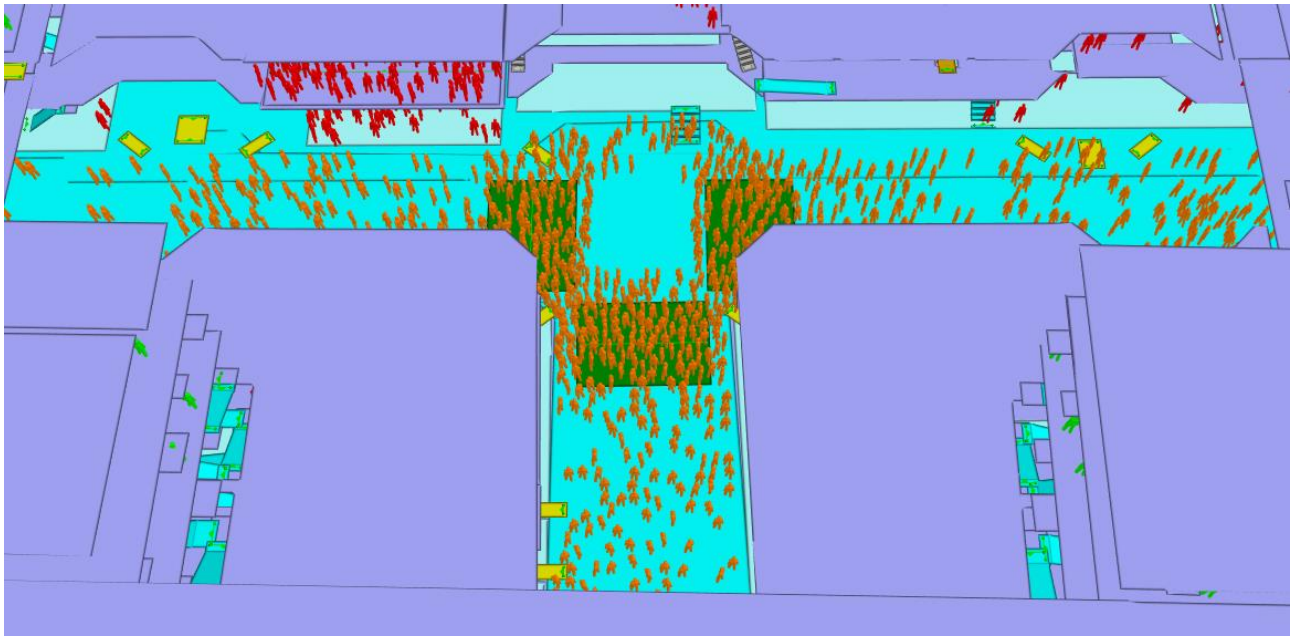


Figura 149: Stazionemento degli occupanti in prossimità del nodo centrale della Galleria

Sono stati mantenuti i profili di agenti individuati nelle precedenti simulazioni, quali:

- Utenti standard;
- Utenti con bambini;
- Utenti con passeggino;
- Utenti anziani;

- Gruppi di utenti;
- Utenti su sedia a rotelle;
- Utenti con bastone/stampelle;
- Utenti con disabilità (sensoriali e cognitive);
- Utenti all'interno delle attività.

Ai profili degli agenti sono stati attribuiti dei tempi di pre-movimento maggiorati di 1 minuti, corrispondente al tempo necessario affinché gli occupanti arrivino nell'area centrale della Galleria.

Come per le precedenti simulazioni, si è scelto di riprodurre sia la fase di ordinario esercizio dell'attività in cui gli utenti si muovono e raggiungono la suddetta area, che la successiva fase di evacuazione utilizzando il comando *Circulate*: esso permette il transito e la circolazione degli agenti nelle vicinanze di un portale.

Sono stati, dunque, creati tre portali al centro della Galleria, attribuendo alla suddetta *Activities* un tempo di stazionamento, prima della fase di evacuazione.

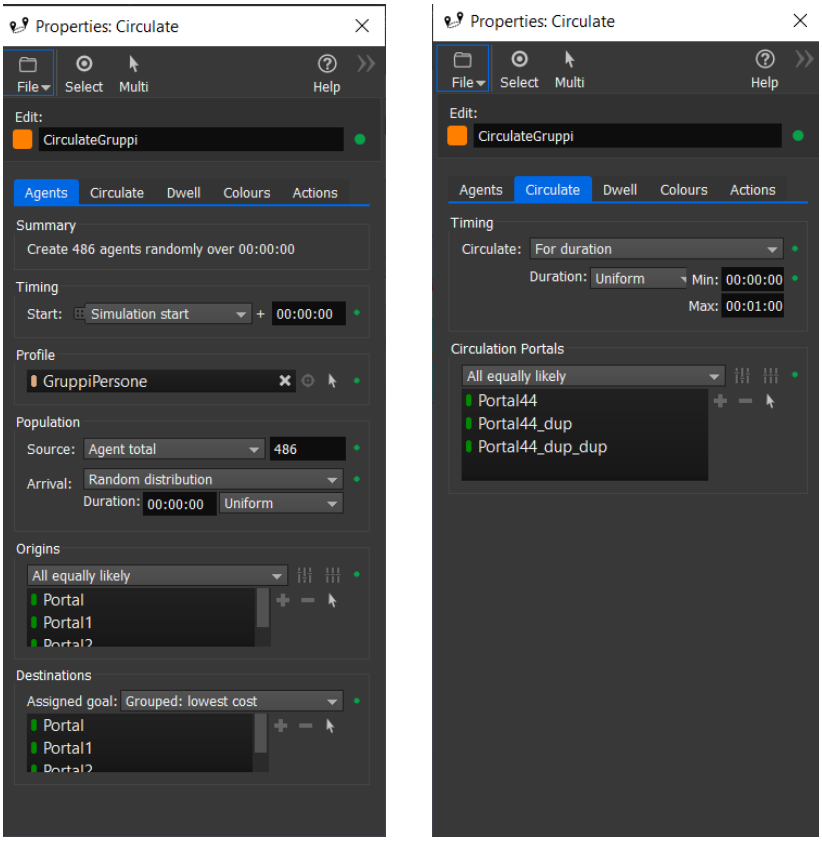


Figura 150: Realizzazione delle attività Circulate all'interno della Galleria – gruppi di utenti

Al fine di simulare l'evacuazione delle attività è stato utilizzato il comando *Evacuate* per ogni unità esistente:

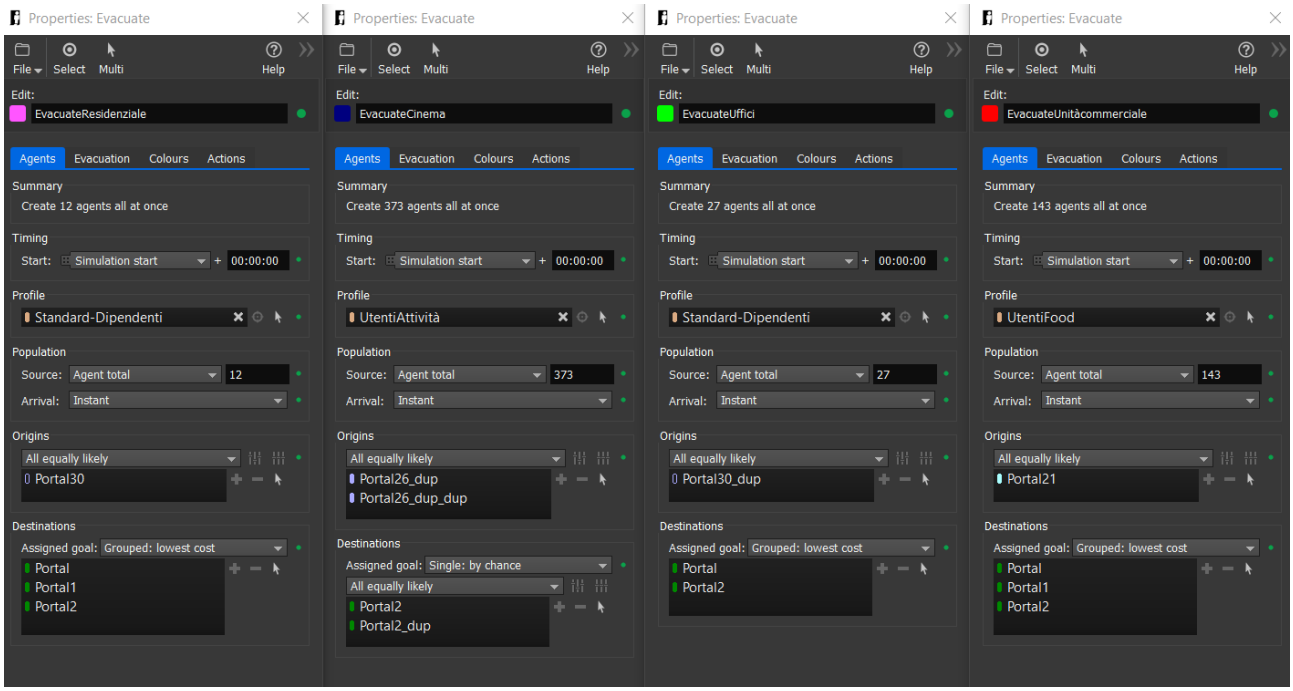


Figura 151: Realizzazione delle attività di Evacuation delle unità

5.3.8.1 Analisi dei risultati ottenuti e confronto con configurazione 4-A

Di seguito si riporta il grafico relativo all'evacuazione dell'intero complesso edilzio (il tempo di evacuazione di tale scenario è pari a 12.46 minuti in quanto il primo minuto della simulazione configurano la fase di normale esercizio dell'attività).

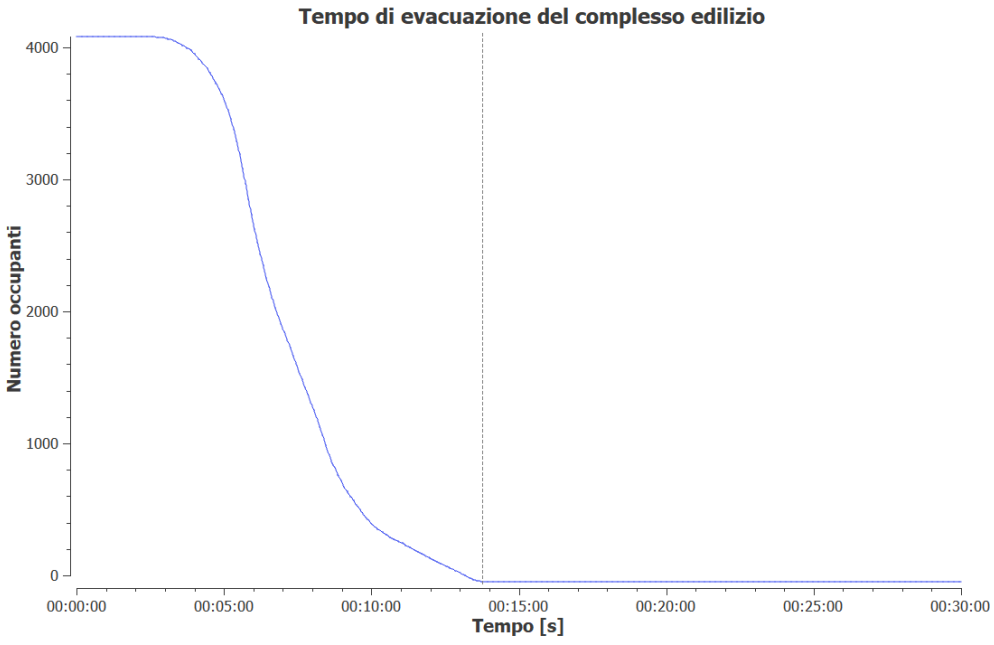


Figura 152: Grafico relativo all'esodo degli occupanti del complesso edilizio - Configurazione 5-A

L'analisi dei flussi è stata eseguita sui soli varchi di uscita della Galleria, in quanto la natura della conformazione del presente scenario è caratterizzata dallo stazionamento degli utenti in

prossimita del nodo centrale, pertanto lo studio dei flussi in quest'ultima area non risulta consona.

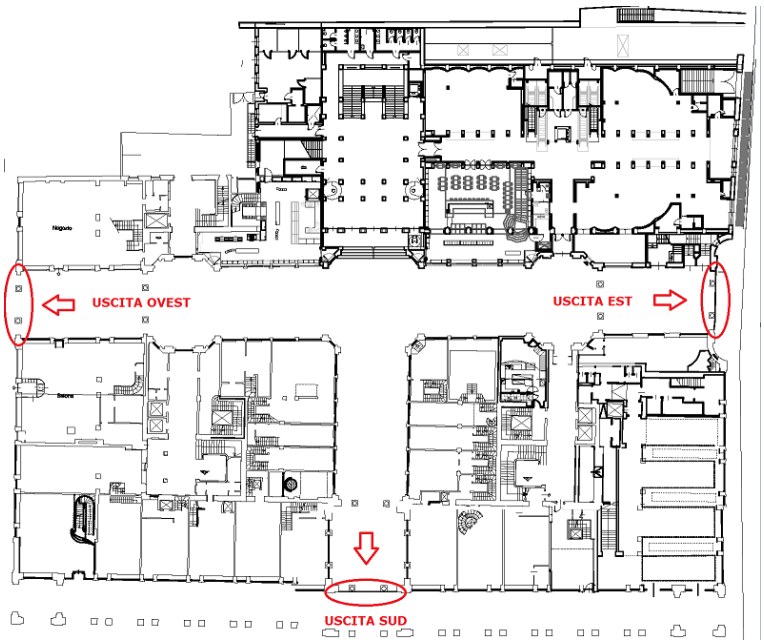


Figura 153: Aree analizzate

Inoltre, a causa dei diversi movimenti della folla all'interno della Galleria rispetto ai precedenti scenari, si è scelto di confrontare i risultati ottenuti dalla presente configurazione con quelli estrapolati dalla configurazione 4-A.

Tale confronto viene eseguito in quanto entrambi gli scenari rappresentano configurazioni eccezionali, caratterizzate dalla presenza di ostacoli all'interno dell'area pedonale che determinano però movimenti della folla differenti. L'obiettivo è dunque quello di appurare l'efficacia delle misure operative individuate nei capitoli precedenti e verificare di conseguenza l'esodo in sicurezza anche in quest'ultimo scenario.

I grafici sono stati realizzati a partire dalla fine del tempo di pre-movimento in quanto si vogliono analizzare gli spostamenti degli utenti in fase d'evacuazione. I grafici posizionati a destra (di colore magenta) sono quelli corrispondenti alla configurazione 4-A, mentre quelli a sinistra (di colore salmone) corrispondo alla configurazione 5-A. La barra di colore grigio indica la fine dell'evacuazione del complesso edilizio.

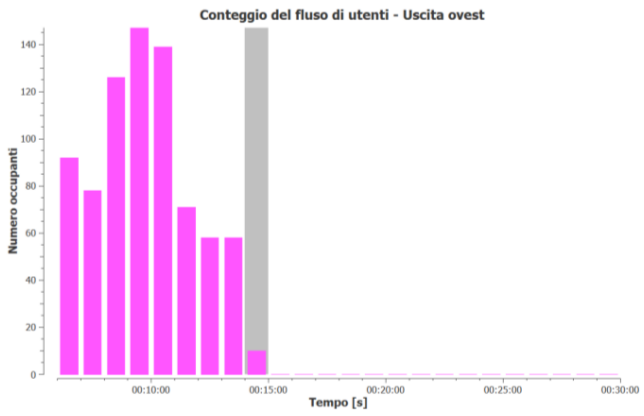


Figura 154: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 2

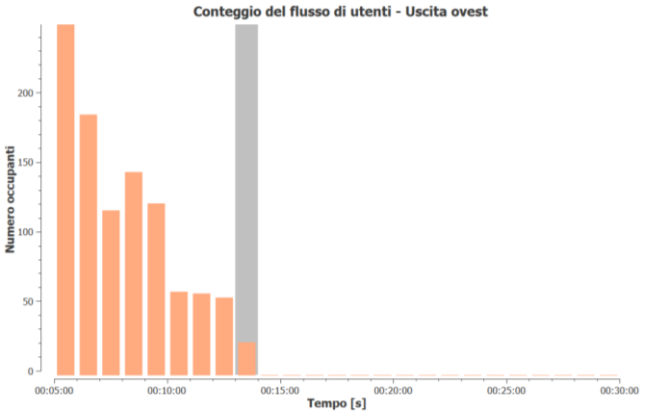


Figura 155: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 5-A

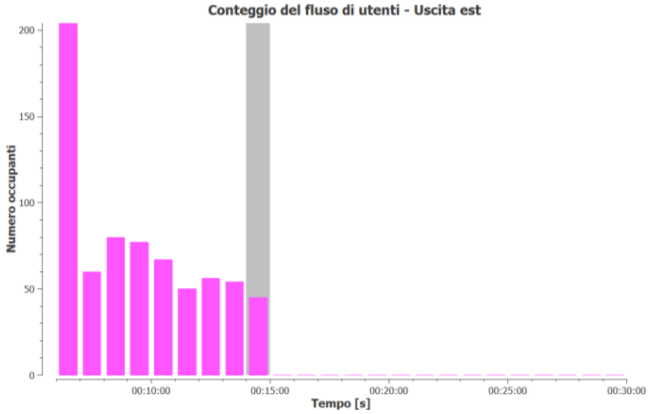


Figura 156: Analisi dei flussi uscita est – C. 2

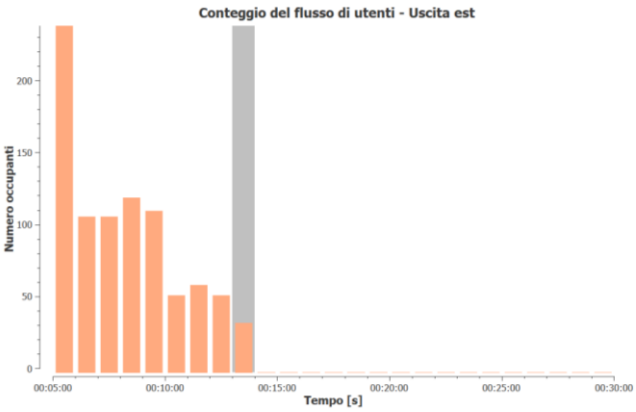


Figura 157: Analisi dei flussi uscita est – C. 5-A

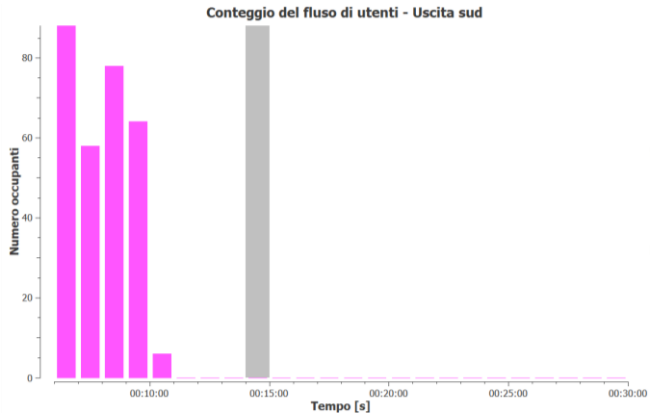


Figura 158: Analisi dei flussi uscita sud – C. 2

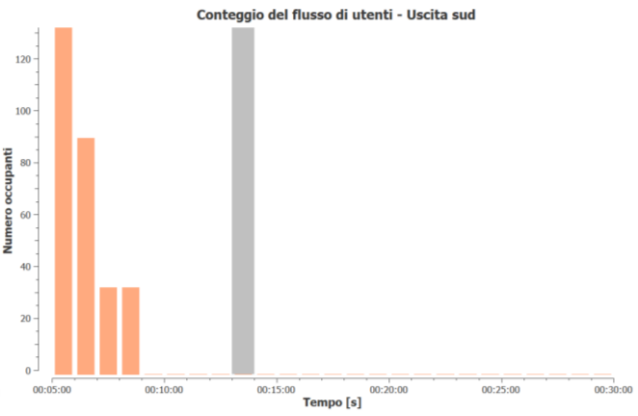


Figura 159: Analisi dei flussi uscita sud – C. 5-A

Dai risultati emergono delle criticità riguardo al flusso di utenti che nell'unità di tempo attraversa i varchi di uscita della Galleria; i grafici rivelano che il movimento della folla durante la prima fase d'evacuazione del comlesso risulta esser meno controllato rispetto alle precedenti configurazioni. I dati riguardanti i flussi che nell'unità di tempo attraversano le uscite della Galleria risultato, infatti, equiparabili a quelli ottenuti della configurazione 2.

L’esito di tale scenario è sicuramente legato sia al tipo di evento analizzato, il quale prevede lo stazionamento degli occupanti in prossimità dell’area centrale della Galleria, ma anche dalla spazialità di quest’ultima: infatti, osservando gli spostamenti degli utenti durante l’evacuazione, si nota una limitata capacità di movimento degli agenti che occupano l’area più interna della Galleria, in quanto risultano esser bloccati dalle ulteriori persone posizionate nelle loro immediate vicinanze. Tale condizione limitante non sussiste nelle ulteriori configurazioni in quanto avendo previsto il transito degli occupanti, questi ultimi sono caratterizzati da una maggiore mobilità.
Dall’analisi dei risultati ottenuti è possibile affermare che la presente configurazione risulta più gravosa rispetto alle precedenti e che, ai fini della sicurezza sia sconsigliabile prevedere questo tipo di evento durante i giorni feriali della settimana; per tale motivo si analizza di seguito il medesimo scenario considerando, però, l’unità adibita ad uso uffici chiusa.
Di seguito si riporta il grafico del rapporto di velocità della configurazione analizzata (il rapporto di velocità di un agente equivale al rapporto tra la velocità effettiva e la velocità assegnata) nel quale è possibile constatare la presenza delle forti interazioni citate precedentemente, innescate in fase di esodo tra gli utenti; il grafico è stato realizzato a partire dalla fine del tempo di pre-movimento in quanto si vogliono analizzare i soli spostamenti degli utenti.

- *Configurazione 5-A:*

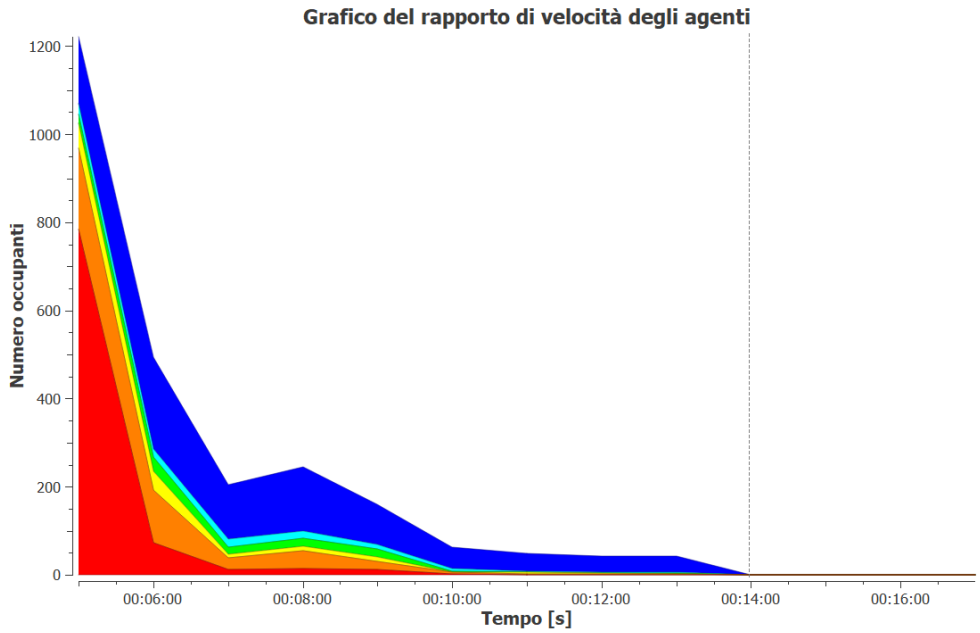


Figura 160:Grafico del rapporto di velocità C. 5-A

Figura 161:QR code configurazione 5-A

5.3.9 Configurazione 5-B

La presente configurazione risulta essere la medesima del caso precedente; vengono analizzati i movimenti della folla a seguito di un assembramento in corrispondenza del nodo centrale della Galleria. In questo caso però l'attività adibita ad uso uffici risulta essere chiusa (affollamenti tabella 31).

5.3.9.1 Analisi dei risultati ottenuti e confronto con configurazione 4-B

Di seguito si riporta il grafico relativo all'evacuazione dell'intero complesso edilzio (il tempo di evacuazione di tale scenario è pari a 10.05 minuti in quanto il primo minuto della simulazione configurano la fase di normale esercizio dell'attività).

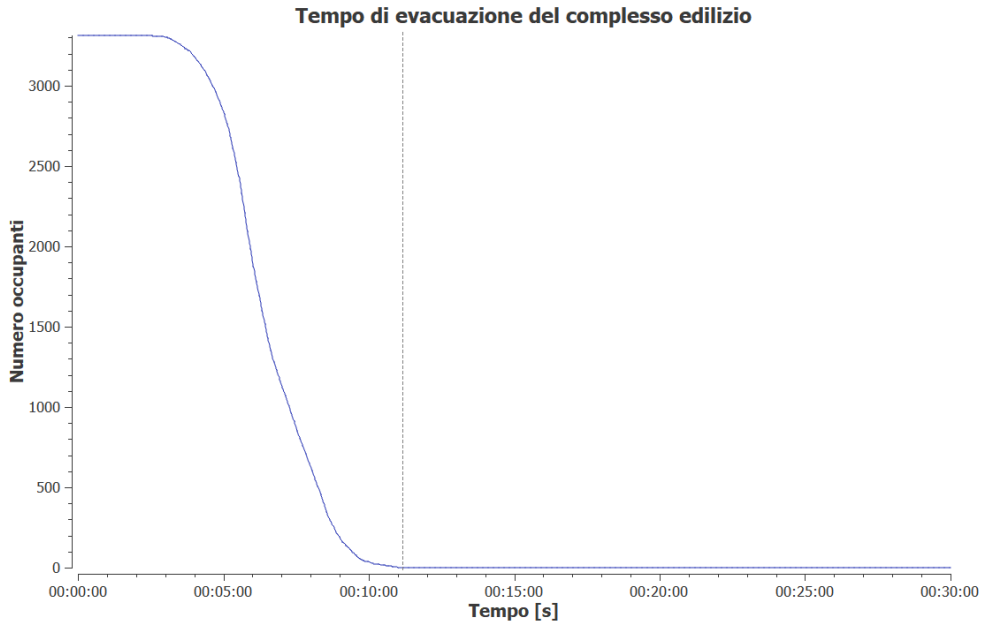


Figura 162: Grafico relativo all'esodo degli occupanti del complesso edilizio - Configurazione 5-B

Anche in questo caso i risultati ottenuti sono stati confrontati con quelli estrapolati dalla simulazione 4-B.

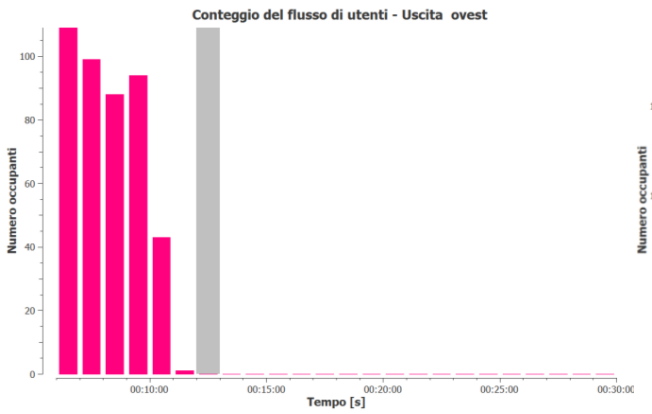


Figura 163: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 2

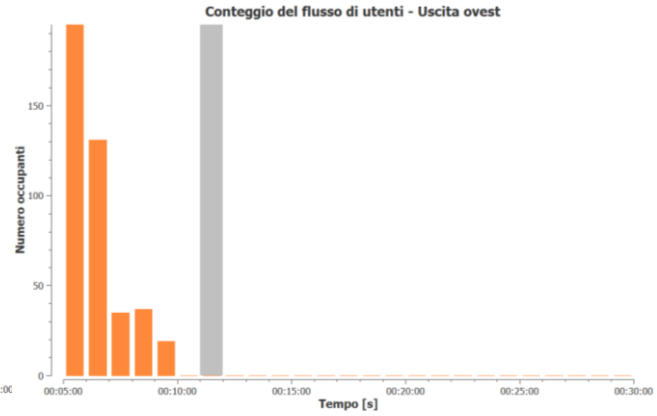


Figura 164: Analisi dei flussi uscita ovest – C. 5-B

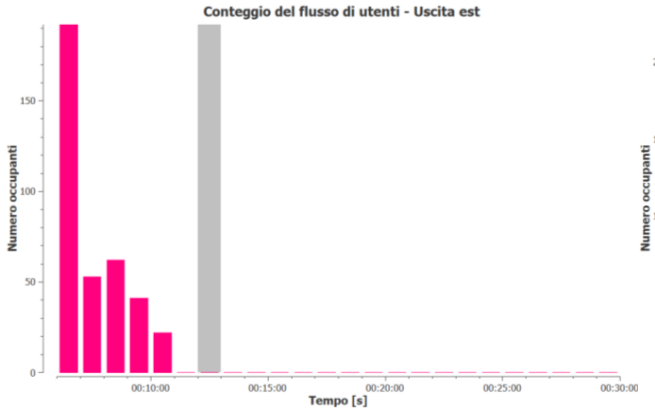


Figura 165: Analisi dei flussi uscita est – C. 2

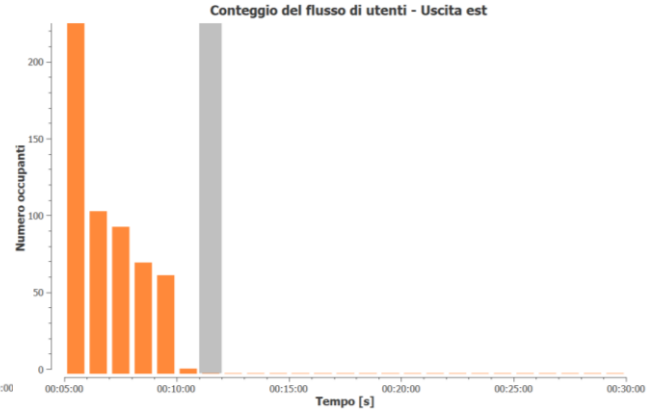


Figura 166: Analisi dei flussi uscita est – C. 5-B

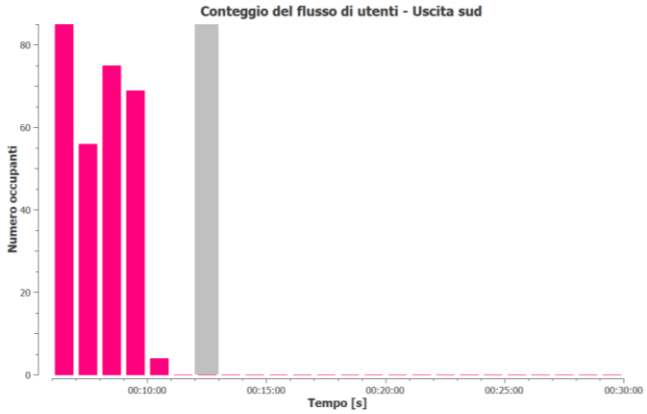


Figura 167: Analisi dei flussi uscita sud – C. 2

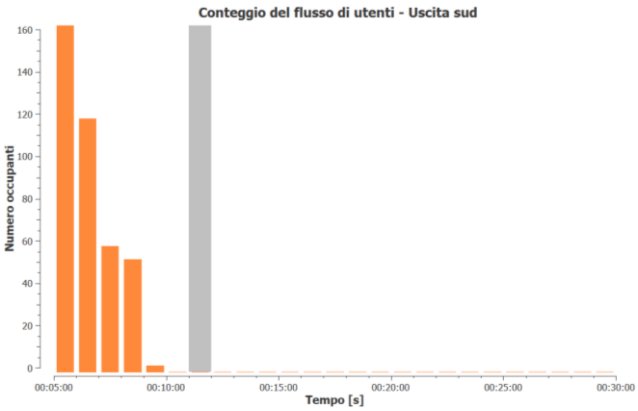


Figura 168: Analisi dei flussi uscita sud – C. 5-B

Da quest'ultima analisi eseguita emergono chiaramente dei miglioramenti rispetto allo scenario precedentemente analizzato in quanto non è previsto il flusso di utenti che evacua dall'unità adibita ad uso ufficio.
Dai grafici soprariportati è possibile notare che a parità di occupanti all'interno del complesso edilizio e utilizzando le medesime strategie di esodo, ci siano degli spostamenti della folla differenti; pur evidenziando le problematiche dovute alla tipologia di evento, il quale prevede lo stazionamento in prossimità dell'area centrale della Galleria, è possibile affermare che la presente configurazione possa esser prevista durante i giorni festivi della settimana poiché, grazie all'assenza degli occupanti all'interno degli uffici, è possibile avere un maggiore controllo sui flussi di utenti che attraversano la Galleria e quelli provenienti dalle singole unità.
Di seguito si riporta il grafico del rapporto di velocità della configurazione analizzata (il rapporto di velocità di un agente equivale al rapporto tra la velocità effettiva e la velocità assegnata) realizzato a partire dalla fine del tempo di pre-movimento in quanto si vogliono analizzare i soli spostamenti degli utenti.

- *Configurazione 5-B:*

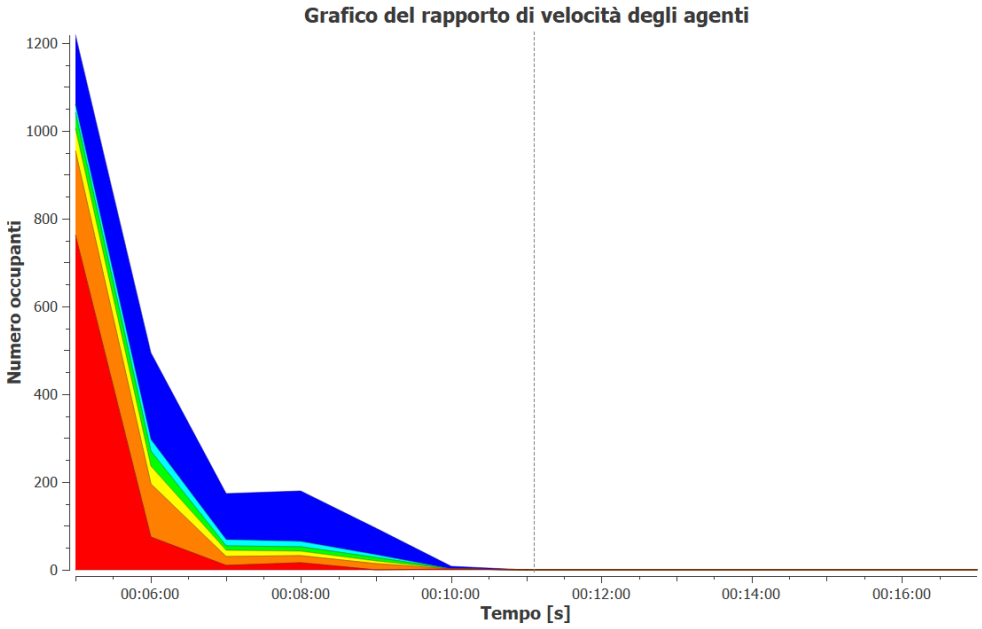


Figura 169:Grafico del rapporto di velocità C. 5-B

Figura 170:QR code configurazione 5-B

Parte 6 – Individuazione di specifiche misure gestionali atte a controllare i flussi di persone durante le fasi emergenziali

Il presente capitolo ha l'obiettivo di definire determinate misure gestionali atte a mantenere un prefissato livello di sicurezza qualora si verifichi un evento emergenziale nel complesso edilizio di Galleria San Federico.

In particolare, grazie all'analisi dei flussi transitanti all'interno dell'area comune del fabbricato, è stato possibile identificare le criticità esistenti in determinati periodi dell'anno, nei quali l'affluenza è notevolmente più elevata rispetto alla quotidianità (configurazione 2).

Grazie all'identificazione di specifiche misure gestionali è possibile organizzare e gestire i flussi di utenti che dalle attività si riversano all'interno dello spazio comune, il quale può presentare un considerevole numero di occupanti in particolari periodi dell'anno (configurazioni 3-4-5). Di seguito si riportano le misure operative adottate nelle succitate configurazioni:

1. La prima misura gestionale individuata riguarda la procedura di esodo del cinema multisala Lux: al fine di limitare l'affluenza da parte delle unità verso l'area comune della Galleria, in caso di emergenza la sola Sala 1 del cinema sarà fatta evacuare dall'atrio principale, mentre le ulteriori due sale saranno guidate verso l'esterno attraverso le vie di esodo indipendenti che arrivano direttamente su via Bertola;
2. La seconda misura adottata riguarda il presidio del fabbricato: è stato individuato un ulteriore addetto antincendio che presidierà il fabbricato, affiancando e collaborando con la figura esistente (Custode). Il centro di gestione delle emergenze ubicato in guardiania sarà quindi presidiato da n.2 addetti antincendio;
3. La terza misura adottata riguarda nuovamente il presidio del fabbricato: durante i periodi dell'anno in cui sono previsti alti affollamenti (feste, mostre, fiere) la Ditta esterna di sorveglianza invierà una squadra di addetti antincendio al fine di agevolare le procedure di evacuazione del complesso edilizio ed affiancare le due figure individuate precedentemente. La stessa provvederà alla sorveglianza notturna del fabbricato;
4. L'ultima misura gestionale adottata riguarda la procedura di esodo del complesso edilizio: qualora vi sia un elevato affollamento del complesso occorrerà organizzare l'esodo al fine di limitare le interazioni tra i flussi di utenti: tale coordinamento prevede che in un primo momento vengano fatti esodare gli utenti presenti nell'attività coinvolta dall'emergenza e contestualmente quelli presenti nella Galleria, successivamente verranno fatti evacuare gli utenti presenti nelle ulteriori attività. Tali procedure saranno attuate grazie alla presenza e al supporto della squadra antincendio esterna la quale affiancherà i due addetti antincendio del fabbricato.

Di seguito si riporta la nuova struttura organizzativa del complesso edilizio di Galleria San Federico ed i precisi compiti che le figure individuate devono rispettare sia in fase di esercizio che di emergenza:

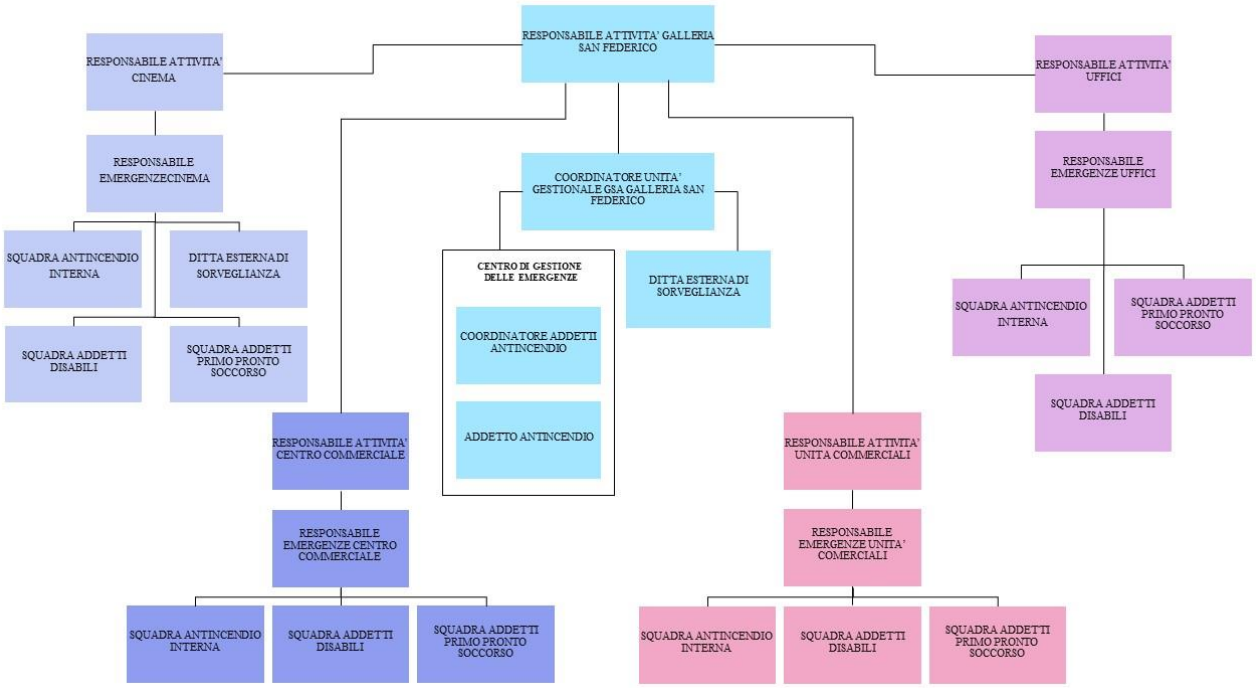


Figura 171: Nuova struttura organizzativa del complesso edilizio di Galleria San Federico

Responsabile dell'attività Galleria San Federico (Gestore)

In emergenza:

- organizza la GSA in emergenza per le parti comuni in accordo con i conduttori delle singole unità;
- predispone, attua e verifica periodicamente il piano d'emergenza, per le parti di propria competenza (sistemi di esodo comuni, impianti centralizzati, gestione della sicurezza antincendio, coordinamento e interferenze delle attività);
- nomina le figure della struttura organizzativa;
- istituisce l'unità gestionale GSA;
- provvede alla formazione ed informazione del personale sulle procedure per la gestione dell'emergenza e sulle attrezzature antincendio, in particolare riguardo:
  - le procedure da attuare in caso di guasto dei dispositivi;
  - le procedure da attuare in caso di allarme di uno o più dispositivi;
  - le procedure di attivazione del centro di gestione delle emergenze qualora sia necessario;
  - le procedure di comunicazione interna e verso gli enti di soccorso pubblico;
  - le procedure di primo intervento antincendio;

- le procedure per l'esodo degli occupanti e le azioni per facilitare l'esodo;
- le procedure per assistere gli occupanti che presentano disabilità;
- le procedure di primo pronto soccorso;
- le procedure di messa in sicurezza di apparecchiature ed impianti;
- le procedure di ripristino delle condizioni di sicurezza al termine dell'emergenza;

- data la promiscuità strutturale, impiantistica e dei sistemi delle vie di esodo del complesso, egli pianifica le procedure da attuare in caso di emergenza tenendo conto degli ulteriori piani di emergenza delle attività esercite da responsabili differenti, al fine di evitare eventuali interferenze;
- comunica con i responsabili delle ulteriori attività in caso di emergenza.

In esercizio:

- organizza la GSA in esercizio per le parti comuni in accordo con i conduttori delle singole unità;
- predispone le cadenze delle verifiche periodiche (controlli e manutenzione) che devono esser attuati al fine di mantenere il livello di sicurezza stabilito (per le parti di propria competenza: sistemi di esodo comuni, impianti centralizzati);
- provvede alla formazione ed informazione del personale sulle procedure per la gestione dell'esercizio dell'attività;
- predispone divieti e limitazioni in condizioni di esercizio dell'attività;
- programma le revisioni periodiche.

Coordinatore unità gestionale GSA Galleria San Federico

In emergenza:

- prende i provvedimenti, in caso di pericolo grave ed immediato, anche di interruzione delle attività, fino al ripristino delle condizioni di sicurezza;
- coordina il centro di gestione delle emergenze;
- se avvisate, collabora con le squadre di soccorso dei Vigili del Fuoco che si recano sul posto;
- coordina le procedure che devono attuare i coordinatori degli addetti al servizio antincendio e della squadra della ditta esterna di sorveglianza.

In esercizio:

- recepisce le direttive del responsabile dell'attività di Galleria San Federico;
- coordina il centro di gestione;
- programma la turnazione degli addetti del servizio antincendio;
- coordina le esercitazioni periodiche di evacuazione.

Coordinatore degli addetti del servizio antincendio e addetti al servizio antincendio (Custodi)

In emergenza:

- si interfaccia con il responsabile delle emergenze in caso di emergenza o guasto di un dispositivo;
- partecipa al coordinamento dell'evacuazione del complesso;
- in caso di emergenza, si reca sul posto al fine di appurare la gravità della situazione, informa il coordinatore delle emergenze, si interfaccia con le squadre incaricate al servizio SPP, attua le procedure di primo intervento antincendio, di messa in sicurezza di apparecchiature e impianti, fino al ripristino delle condizioni di sicurezza;
- collabora con le squadre di soccorso dei Vigili del Fuoco che si recano sul posto;
- In caso di segnalazione di pre-allarme o allarme, provvede a tacitare il sistema soltanto dopo aver ricevuto il consenso da parte del responsabile delle emergenze;
- In caso di reale pericolo ed in base alla gravità dell'evento, su indicazione del responsabile dell'emergenza, essi devono:
  - chiamare gli enti di soccorso esterno (Vigili del Fuoco);
  - eseguire gli eventuali ordini impartiti dal responsabile o dei Vigili del Fuoco;
  - coordinare l'evacuazione del complesso;
- All'arrivo dei Vigili del Fuoco essi cooperano nel modo più consono, fornendo tutte le informazioni in loro possesso; in particolare:
  - mettono a disposizione dei Vigili del Fuoco la planimetria dello stabile;
  - se necessario, li guidano rapidamente nel posto interessato dall'incendio.
  - li accompagnano agli attacchi delle autopompe più prossimi al sito dell'emergenza;
  - se richiesto, li coadiuvano nell'apertura degli idranti presenti nel complesso;
  - si precisa che all'arrivo dei VV.F. tutto il personale passerà sotto il loro comando e responsabilità;
- Qualora si verifichi un incendio controllabile gli addetti:
  - si equipaggiano con i dispositivi di protezione in dotazione;
  - si recano celermente sul posto ove affrontano l'incendio con i mezzi di estinzione disponibili nell'area, compatibilmente con l'addestramento ricevuto, salvaguardando la propria e l'altrui incolumità;
  - provvedono a circoscrivere l'incendio, allontanando il materiale infiammabile o combustibile presente nella zona coinvolta;
  - disattivano l'energia elettrica alla zona interessata dall'incendio;
  - intercettano i circuiti di alimentazione elettrica dei sistemi di ventilazione, aerazione per verificare che si siano arrestati;
  - verificano l'entrata in funzione dell'illuminazione sussidiaria;

- intercettano le tubazioni di gas metano chiudendo le apposite valvole.

In esercizio:

- si interfaccia con il coordinatore dell'unità gestionale GSA;
- garantiscono presenza continuativa durante l'orario di lavoro presso la guardiania del blocco A (control room);
- presidia gli impianti di allarme incendio del complesso attraverso il pannello di supervisione allarmi della control room;
- partecipa al coordinamento delle prove di evacuazione del complesso;
- segnala al coordinatore eventuali necessità di modifica delle procedure di emergenza;
- attua le verifiche e i controlli stabiliti dal coordinatore dell'unità gestionale GSA.

Ditta esterna di sorveglianza

In emergenza:

- in caso di segnale di pre-allarme o allarme durante l'orario notturno contatta uno delle n. 3 figure reperibili h24 in caso di emergenza (responsabile dell'attività, responsabile delle emergenze, preposto) al fine di recepire le direttive da attuare (nel caso in cui la stessa non riuscisse a mettersi in contatto con nessuna delle tre figure selezionate, dovrà rivolgersi ai Vigili del Fuoco);
- in caso di emergenza attua le procedure di primo intervento antincendio, di messa in sicurezza di apparecchiature e impianti, fino al ripristino delle condizioni di sicurezza.

In esercizio:

- garantisce la continuità operativa e di sorveglianza h24 del complesso edilizio;
- presidia gli impianti di allarme incendio del complesso attraverso la postazione remota collegata con la centrale master;
- sorveglia gli eventuali allestimenti all'interno della mall durante gli orari di chiusura e la notte;
- la ditta esterna di sorveglianza presidia il fabbricato durante i periodi dell'anno in cui è previsto un affollamento elevato all'interno dello stesso, affiancando così gli addetti al servizio antincendio (Custodi);

Responsabile attività della singola unità

In emergenza:

- Organizza la GSA in emergenza;
- Predispone, attua e verifica periodicamente il piano di emergenza;
- In caso di emergenza comunica con il responsabile dell'attività e con il responsabile delle emergenze di Galleria San Federico;

- Si interfaccia, nell'evenienza, con i soccorritori;
- Coordina il responsabile delle emergenze dell'unità;
- Recepisce le procedure gestionali ed operativi del GSA comune condiviso con l responsabile dell'attività Galleria San Federico.

In esercizio:

- Organizza la GSA in esercizio;
- Predispone verifiche e controlli periodici nell'unità di propria competenza;
- Coordina il responsabile delle emergenze dell'unità;
- Recepisce le procedure gestionali ed operativi del GSA comune condiviso con il responsabile dell'attività Galleria San Federico;
- informa il Gestore in caso di modifiche e partecipa all'aggiornamento della documentazione della GSA;
- provvede direttamente o attraverso le procedure predisposte al rilievo delle non conformità del sistema e della sicurezza antincendio, segnalandole al coordinatore;
- provvede al documento di valutazione del rischio della propria unità;
- attua le limitazioni e le modalità d'esercizio ammesse per l'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 qualora si sviluppi un incendio;
- provvede alla formazione di una squadra di addetti interni al servizio SPP sulle procedure da attuare in caso di emergenza e sulle attrezzature antincendio disponibili;
- provvede alla formazione ed informazione di tutto il personale sulle procedure da attuare in caso di emergenza ed evacuazione;
- provvedere alla dotazione di eventuali attrezzature da impiegare per l'assistenza dei lavoratori con disabilità motoria (es. sedie di evacuazione).

Responsabile dell'emergenza della singola unità

In emergenza:

- provvede al documento di valutazione del rischio della propria unità;
- attua le limitazioni in emergenza al fine di limitare la propagazione dell'incendio;
- provvede al coordinamento di tutto il personale sulle procedure da attuare in caso di emergenza ed evacuazione;
- in caso di emergenza, controlla la situazione all'interno della propria unità, informa il Custode e coordina le squadre incaricate al servizio SPP;
- In caso di reale pericolo ed in base alla gravità dell'evento devono:
  - chiamare gli enti di soccorso esterno (Vigili del Fuoco);

- coordinare l'evacuazione dell'unità compatibilmente con il piano di evacuazione dell'intero complesso;
- eseguire gli eventuali ordini impartiti dal responsabile o dei Vigili del Fuoco;

- All'arrivo dei Vigili del Fuoco essi cooperano nel modo più consono, fornendo tutte le informazioni in loro possesso; in particolare:
  - mettono a disposizione dei Vigili del Fuoco la planimetria dello stabile;
  - se necessario, li guidano rapidamente nel posto interessato dall'incendio.
  - li accompagnano agli attacchi delle autopompe più prossimi al sito dell'emergenza;
  - se richiesto, li coadiuvano nell'apertura degli idranti presenti nel complesso;
  - si precisa che all'arrivo dei VV.F. tutto il personale passerà sotto il loro comando e responsabilità;
- Qualora si verifichi un incendio controllabile:
  - si equipaggiano con i dispositivi di protezione in dotazione;
  - si recano celermente sul posto ove affrontano l'incendio con i mezzi di estinzione disponibili nell'area, compatibilmente con l'addestramento ricevuto, salvaguardando la propria e l'altrui incolumità;
  - provvedono a circoscrivere l'incendio, allontanando il materiale infiammabile o combustibile presente nella zona coinvolta;
  - disattivano l'energia elettrica alla zona interessata dall'incendio;
  - intercettano i circuiti di alimentazione elettrica dei sistemi di ventilazione, aerazione per verificare che si siano arrestati;
  - verificano l'entrata in funzione dell'illuminazione sussidiaria;
  - intercettano le tubazioni di gas metano chiudendo le apposite valvole.

In esercizio:

- recepisce le direttive del responsabile dell'attività;
- provvede al documento di valutazione del rischio della propria unità;
- attua le limitazioni in esercizio;
- provvede al coordinamento di tutto il personale.

Squadra di addetti antincendio interni della singola unità ufficio – unità commerciale – cinema

In emergenza:

- in caso di emergenza, controlla la situazione all'interno dell'unità, informa il responsabile dell'emergenza della propria unità e/o direttamente i Custodi, interviene attuando le procedure di primo intervento antincendio, di messa in sicurezza di apparecchiature e impianti;
- si assicurano che tutti gli occupanti abbiano recepito il segnale di evacuazione;

- in caso di evacuazione, provvede all'accompagnamento del pubblico fino in galleria;
- In caso di reale pericolo ed in base alla gravità dell'evento, su indicazione del responsabile dell'emergenza, essi devono:
  - chiamare gli enti di soccorso esterno (Vigili del Fuoco);
  - coordinare l'evacuazione;
  - eseguire gli eventuali ordini impartiti dal responsabile o dei Vigili del Fuoco;
- All'arrivo dei Vigili del Fuoco essi cooperano nel modo più consono, fornendo tutte le informazioni in loro possesso; in particolare:
  - mettono a disposizione dei Vigili del Fuoco la planimetria dello stabile;
  - se necessario, li guidano rapidamente nel posto interessato dall'incendio.
  - li accompagnano agli attacchi delle autopompe più prossimi al sito dell'emergenza;
  - se richiesto, li coadiuvano nell'apertura degli idranti presenti nel complesso;
  - si precisa che all'arrivo dei VV.F. tutto il personale passerà sotto il loro comando e responsabilità;
- Qualora si verifichi un incendio controllabile gli addetti:
  - si equipaggiano con i dispositivi di protezione in dotazione;
  - si recano celermente sul posto ove affrontano l'incendio con i mezzi di estinzione disponibili nell'area, compatibilmente con l'addestramento ricevuto, salvaguardando la propria e l'altrui incolumità;
  - provvedono a circoscrivere l'incendio, allontanando il materiale infiammabile o combustibile presente nella zona coinvolta;
  - disattivano l'energia elettrica alla zona interessata dall'incendio;
  - intercettano i circuiti di alimentazione elettrica dei sistemi di ventilazione, aerazione per verificare che si siano arrestati;
  - verificano l'entrata in funzione dell'illuminazione sussidiaria;
  - intercettano le tubazioni di gas metano chiudendo le apposite valvole;
  - chiudere le porte e le finestre che separano gli spazi comuni dall'unità (non a chiave).

Addetti assistenza disabili unità uffici- unità commerciale – cinema

In emergenza:

Una volta udito il segnale di evacuazione, gli addetti incaricati dell'assistenza del personale disabile dal Responsabile delle emergenze:

- si recheranno nell'ufficio ove questi operano;
- comunicheranno la necessità di evacuazione e si accertano di essere stati compresi;
- assisteranno, in base all'addestramento ricevuto, la persona che è stata loro assegnata, accompagnandola e supportandola nella fase di sfollamento, fino al raggiungimento del luogo di raccolta.

Lavoratori delle singole unità

In emergenza:

- mantenere la calma in caso di emergenza;
- non compiere operazioni che non siano di competenza e per le quali non si è ricevuto idoneo addestramento;
- riferire all'addetto alla sicurezza di situazioni poco sicure;
- svolgere le indicazioni impartite dal responsabile delle emergenze e/o dagli addetti antincendio interni all'unità;
- in caso di incendio procedere con l'abbandono dell'unità in modo ordinato, utilizzando i percorsi di esodo stabiliti e raggiungere il punto di raccolta prestabilito;
- assicurarsi che gli altri occupanti abbiano recepito il segnale di allarme;
- durante il raggiungimento del luogo sicuro non si deve ostacolare il percorso degli ulteriori occupanti o spingere;
- dovranno essere seguite le indicazioni della segnaletica di esodo.

In esercizio:

- non fumare all'interno dei locali;
- tenere in ordine le vie di transito;
- lasciare sgombri gli accessi agli estintori, ai sistemi antincendio e alle uscite di emergenza;
- non coprire la cartellonistica di emergenza;
- non interferire con le attrezzature elettriche;
- non ostruire le prese d'aria di raffreddamento degli apparecchi elettrici;
- non tenere carte vicino a prese di corrente;
- non cercare di riparare gli impianti di alcun genere;
- non compiere operazioni che non siano di competenza e per le quali non si è ricevuto idoneo addestramento;
- riferire all'addetto alla sicurezza di situazioni poco sicure.

6.1 Procedure operative da adottare di attivazione dei dispositivi di rivelazione incendi

Intervento di n. 1 rivelatore puntiforme all'interno delle parti comuni del complesso

Come già evidenziato in precedenza, tale segnale di pre-allarme sarà trasmesso alla centrale principale master ubicata in control room (locale portineria) e alla centralina presente nella sede operativa della ditta esterna predisposta alla ricezione delle emergenze h24.

Di seguito verranno elencate le procedure da attuare nel seguente caso di emergenza:

- uno dei due addetti incaricati si dirigerà verso l'area a cui il rivelatore fa riferimento; contestualmente l'ulteriore operatore provvederà a mettersi in contatto con il coordinatore dell'unità gestionale GSA e/o responsabile dell'attività di Galleria San Federico;
- in caso di falso allarme occorrerà comprendere la natura del problema, ripristinare le condizioni ordinarie e segnalare l'evento in apposito registro;
- in caso di incendio controllabile gli addetti interverranno qualora l'emergenza risulti gestibile, provvederanno poi al ripristino del sistema e a segnalare l'accaduto in apposito registro;
- si precisa che la tacitazione dell'allarme dovrà essere eseguita dai Custodi, sotto indicazione del coordinatore dell'unità gestionale GSA.

Intervento di n. 1 pulsante o di n. 2 rivelatori puntiformi all'interno delle parti comuni del complesso

Nel presente caso di emergenza il segnale di allarme sarà trasmesso alla centrale principale master ubicata in control room (locale portineria) e alla centralina presente nella sede operativa della ditta esterna predisposta alla ricezione delle emergenze h24.
Immediatamente ed automaticamente sarà azionata:

- la chiusura delle serrande tagliafuoco presenti nelle aree comuni;
- l'arresto degli impianti di climatizzazione.

Di seguito sono indicate le procedure che il personale specializzato dovrà seguire:

- uno degli addetti si dirigerà verso l'area a cui il pulsante o i rivelatori fanno riferimento, contestualmente l'ulteriore operatore provvederà a contattare il coordinatore dell'unità di gestione GSA e/o il responsabile dell'attività di Galleria San Federico;
- appurata la gravità della situazione (incendio controllabile), gli addetti interverranno se la situazione risulta gestibile, provvederanno poi al ripristino del sistema e a segnalare l'accaduto in apposito registro;
- nel caso di incendio incontrollabile il coordinatore dell'unità di gestione GSA, a seconda della gravità della situazione, potrà impartire l'ordine di contattare i Vigili del Fuoco e/o di evacuare l'intero edificio;
- nel caso di evacuazione dell'intero edificio, saranno attivati automaticamente:
  - la chiusura delle serrande tagliafuoco di tutte le unità;
  - l'arresto degli impianti di climatizzazione a servizio di tutte le unità;
- i Custodi e la squadra di addetti antincendio della Ditta esterna provvederanno a coordinare l'evacuazione dell'intero complesso edilizio facendo evacuare in un primo momento la sola Galleria e successivamente le unità prospicienti su di essa;

- i Custodi, inoltre, sotto indicazioni del coordinatore dell'unità di gestione GSA, potranno provvedere all'azionamento delle sirene ottico – acustiche e gli altoparlanti EVAC nelle vie di esodo comuni prima dello scadere del countdown previsto per l'attivazione automatica di tale impianto (programmato a 10 minuti);
- La tacitazione dell'allarme e il ripristino delle condizioni ordinarie dovranno essere eseguiti successivamente all'approvazione del coordinatore dell'unità di gestione GSA dai Custodi.

Intervento di n. 1 rivelatore puntiforme all'interno di una unità del complesso edilizio

Come già evidenziato in precedenza, tale segnale di pre-allarme sarà trasmesso dalla centrale periferica slave, alla centrale principale master ubicata in control room (locale portineria); inoltre, lo stesso sarà inviato alla centralina presente nella sede operativa della Ditta esterna predisposta alla ricezione delle emergenze h24.

Di seguito verranno elencate le procedure da attuare nel seguente caso di emergenza:

- Il responsabile delle emergenze dell'unità e gli addetti incaricati del SPP si dirigeranno verso il locale a cui il rivelatore fa riferimento, e provvederanno a mettersi in contatto con il coordinatore dell'unità gestionale GSA e con i Custodi/squadra di addetti antincendio della Ditta esterna, al fine di favorire una rapida evacuazione dell'unità o, in alternativa, la tacitazione del segnale;
- in caso di falso allarme occorrerà comprendere la natura del problema, ripristinare le condizioni ordinarie e segnalare l'evento in apposito registro;
- in caso di incendio controllabile gli addetti incaricati del SPP dell'unità di riferimento, interverranno qualora l'emergenza risulti gestibile, provvederanno poi al ripristino del sistema e a segnalare l'accaduto in apposito registro;
- si precisa che la tacitazione dell'allarme dovrà essere eseguita dal responsabile delle emergenze dell'unità da cui proviene l'allarme in accordo con il coordinatore dell'unità gestionale GSA o, in alternativa, anche tramite Custode o ditta esterna.

Intervento di n. 1 pulsante o di n. 2 rivelatori puntiformi all'interno di una unità del complesso edilizio

Nel presente caso di emergenza sarà trasmesso il messaggio di allarme generale dell'unità, dalla centrale slave a quella master (contestualmente il segnale sarà inviato alla ditta esterna di sorveglianza predisposta alla ricezione h24).

Immediatamente ed automaticamente sarà azionato il segnale di evacuazione locale dell'unità da cui è scaturito l'allarme, il quale attiverà:

- la chiusura delle serrande tagliafuoco dell'unità da cui proviene l'allarme;
- l'arresto degli impianti di climatizzazione a servizio dell'unità da cui proviene l'allarme.

Di seguito sono indicate le procedure che il personale specializzato dovrà seguire:

- il responsabile delle emergenze dell'unità e gli addetti incaricati del SPP si dirigeranno verso il locale a cui il pulsante o i rivelatori fanno riferimento, contestualmente provvederanno a contattare il coordinatore dell'unità gestionale GSA e i Custodi/squadra di addetti antincendio della Ditta esterna;
- appurata la gravità della situazione (incendio controllabile), gli addetti incaricati del SPP dell'unità interverranno se la situazione risulta gestibile, provvederanno poi al ripristino del sistema e a segnalare l'accaduto in apposito registro;
- nel caso di incendio incontrollabile il coordinatore dell'unità gestionale GSA, a seconda della gravità della situazione, potrà impartire l'ordine di contattare i Vigili del Fuoco e/o di evacuare l'intero edificio;
- il responsabile delle emergenze e la squadra antincendio saranno affiancati da uno dei due Custodi durante l'evacuazione dell'unità al fine di assicurarsi che tutti gli occupanti (lavoratori ed ospiti) abbandonino tale ambiente; si precisa che dovranno essere attuate determinate procedure riservate agli occupanti che riscontrano disabilità, da personale esperto;
- contestualmente la squadra di addetti antincendio della Ditta esterna e l'ulteriore Custode provvederanno a far evacuare gli occupanti presenti nella Galleria;
- una volta liberata l'area comune le suddette figure coordineranno l'evacuazione delle ulteriori attività;
- nel caso di evacuazione dell'intero edificio, saranno attivati automaticamente:
  - la chiusura delle serrande tagliafuoco di tutte le unità;
  - l'arresto degli impianti di climatizzazione a servizio di tutte le unità;
- i Custodi, inoltre, sotto indicazioni del coordinatore dell'unità gestionale GSA, potranno provvedere all'azionamento delle sirene ottico – acustiche e gli altoparlanti EVAC nelle vie di esodo comuni prima dello scadere del countdown previsto per l'attivazione automatica di tale impianto (programmato a 10 minuti);
- in caso di evacuazione ciascun responsabile dell'emergenza dovrà assicurarsi che gli occupanti della propria unità si siano recati al punto di raccolta predefinito effettuando l'appello e compilando l'apposito verbale (sono stati individuati n. 3 punti di raccolta nella limitrofa piazza San Carlo);
- La tacitazione dell'allarme e il ripristino delle condizioni ordinarie dovranno essere eseguiti successivamente all'approvazione del coordinatore dell'unità gestionale GSA, dai Custodi o dal responsabile delle emergenze.

Parte 7 – Conclusioni e sviluppi futuri

L'obiettivo del presente elaborato è stato quello di identificare una metodologia capace di ottimizzare la progettazione dei sistemi di gestione della sicurezza elaborando, così, un metodo condivisibile e applicabile a qualunque attività complessa esistente.

Più precisamente tale fine è stato perseguito analizzando i flussi dei possibili fruitori delle suddette attività, con l'obiettivo di individuare precise misure gestionali ed operative da adottare in situazioni ordinarie ed emergenziali; a tal proposito è stata proposta una metodologia basata sullo studio del comportamento umano, elaborata parametrizzando non solo le grandezze fisiche e geometriche degli occupanti, ma anche le caratteristiche comportamentali. Tale processo di parametrizzazione è supportato da accurate analisi svolte da ricercatori di tutto il mondo riguardanti le tipologie di risposte fisiche e comportamentali assunte dagli individui di fronte ad un determinato evento, con lo scopo di elaborare una metodologia capace di riflettere le reali condizioni scaturite in caso di pericolo.

Il suddetto approccio è stato sviluppato a partire dal caso studio del complesso edilizio di Galleria San Federico nel quale si è voluta verificare l'efficacia dell'esistente sistema di gestione della sicurezza durante situazioni straordinarie, caratterizzate da un elevato affollamento all'intero dell'edificio.

Grazie allo studio dei flussi di utenti transitanti all'interno del sopraccitato spazio comune è stato possibile individuare le criticità esistenti durante le fasi di esodo del fabbricato e, conseguentemente, definire precise strategie gestionali con lo scopo di mitigare tali problematiche ed ottimizzare la gestione della sicurezza del fabbricato sia in fase di emergenza che di esercizio. Nello specifico, oltre ad aver individuato ulteriori figure addette alla gestione del fabbricato, sono state determinate precise procedure di evacuazione grazie alle quali è possibile limitare le interazioni che si innescano tra i flussi di utenti che si riversano nella Galleria durante la fase di evacuazione del complesso; è stato dimostrato che, in presenza di alti affollamenti all'interno dello spazio comune del complesso edilizio, l'esodo simultaneo delle attività porterebbe a considerevoli conflitti tra gli utenti causati dalla limitata possibilità di movimento. Tali criticità sono state moderate grazie all'identificazione di specifiche misure di coordinamento dell'emergenza, le quali prevedono una prima fase di evacuazione dell'attività coinvolta dall'evento e dell'area comune della Galleria e il successivo deflusso degli utenti presenti nelle ulteriori unità prospicienti su quest'ultimo ambiente. Tuttavia, si è ritenuto indispensabile adottare specifiche misure operative anche per l'evacuazione del cinema multisala Lux, le quali prevedono l'esodo della sola sala 1 attraverso l'atrio principale dell'unità, a differenza invece delle ulteriori due sale che dovranno esser guidate verso l'esterno attraverso le vie di esodo indipendenti che si affacciano su via Bertola. Le strategie adottate hanno lo scopo di gestire i flussi di utenti in uscita ed attenuare le interazioni date sia dalle condizioni fisiche ambientali che psicologiche.

L'efficacia di tale approccio è stata dimostrata anche in occasione di configurazioni eccezionali date dall'organizzazione di eventi che prevedono il posizionamento di banchi di vendita al dettaglio all'interno dello spazio comune del complesso edilizio (assimilabili a degli ostacoli) appurando, anche in questo caso, la presenza di limitate interferenze tra gli utenti e l'ambiente circostante durante la fase di evacuazione.

Tali obiettivi sono stati raggiunti grazie all'utilizzo degli strumenti della FSE per mezzo dei quali è stato possibile modellare i flussi ordinari delle persone transitanti in tali ambienti e simulare l'evacuazione dell'intero complesso edilizio implementando i suddetti modelli con i parametri fisici e comportamentali degli occupanti.

Grazie al modello di esodo "Agent based" è stato dunque possibile capire, non solo come le persone interagiscono tra loro e con l'ambiente circostante, ma anche analizzare i loro spostamenti in funzione della tipologia di evento sviluppato, individuando di conseguenza le aree soggette ad elevati affollamenti; in tal modo è stato possibile prevedere precisi percorsi di esodo da adottare in caso di elevata affluenza degli ambienti o in caso di organizzazione di eventi.

Tale supporto risulta essere indispensabile in quanto permette di analizzare varie configurazioni e le eventuali criticità ad esse associate, valutazioni che non possono esser eseguite con i metodi tradizionali e che consentono di avere immediati riscontri riguardo l'adeguatezza delle misure operative adottate.

Sulla base di quanto detto risulta evidente l'importanza del ruolo assunto dalle misure gestionali progettate, poste allo stesso livello delle strategie di protezione tradizionali; per tale ragione le attività di formazione ed informazione - come ad esempio corsi, prove d'evacuazione e addestramento all'emergenza – rappresentano indubbiamente un mezzo essenziale per limitare i danni derivanti da situazioni emergenziali.

Un interessante sviluppo futuro del presente lavoro riguarda lo studio e l'analisi del comportamento delle persone con disabilità in quanto i dati sperimentali reperibili risultano essere obsoleti e incompleti; l'approfondimento di tale tematica risulterebbe assai rilevante poiché permetterebbe di implementare i modelli di esodo e di analisi dei flussi ordinari di persone con dati attendibili e rappresentanti il reale panorama sociale odierno.

Ringraziamenti

Al termine di questo lavoro di tesi vorrei ringraziare le persone che mi hanno guidata e che hanno contribuito non solo alla mia crescita professionale, ma anche a quella personale.

Un ringraziamento particolare va al prof. Roberto Vancetti per la disponibilità mostrata in questi mesi, la pazienza che ha avuto e per il sincero entusiasmo che mi ha trasmesso durante questo percorso di studi.

Grazie allo studio di Ingegneria Alvigini Mendolicchio, in particolar modo all'Ing. Antonio Alvigini, per avermi permesso di intraprendere un percorso formativo e di completare il presente lavoro di tesi. Grazie per l'ospitalità e per avermi fatto sentire sin da subito parte del vostro team.

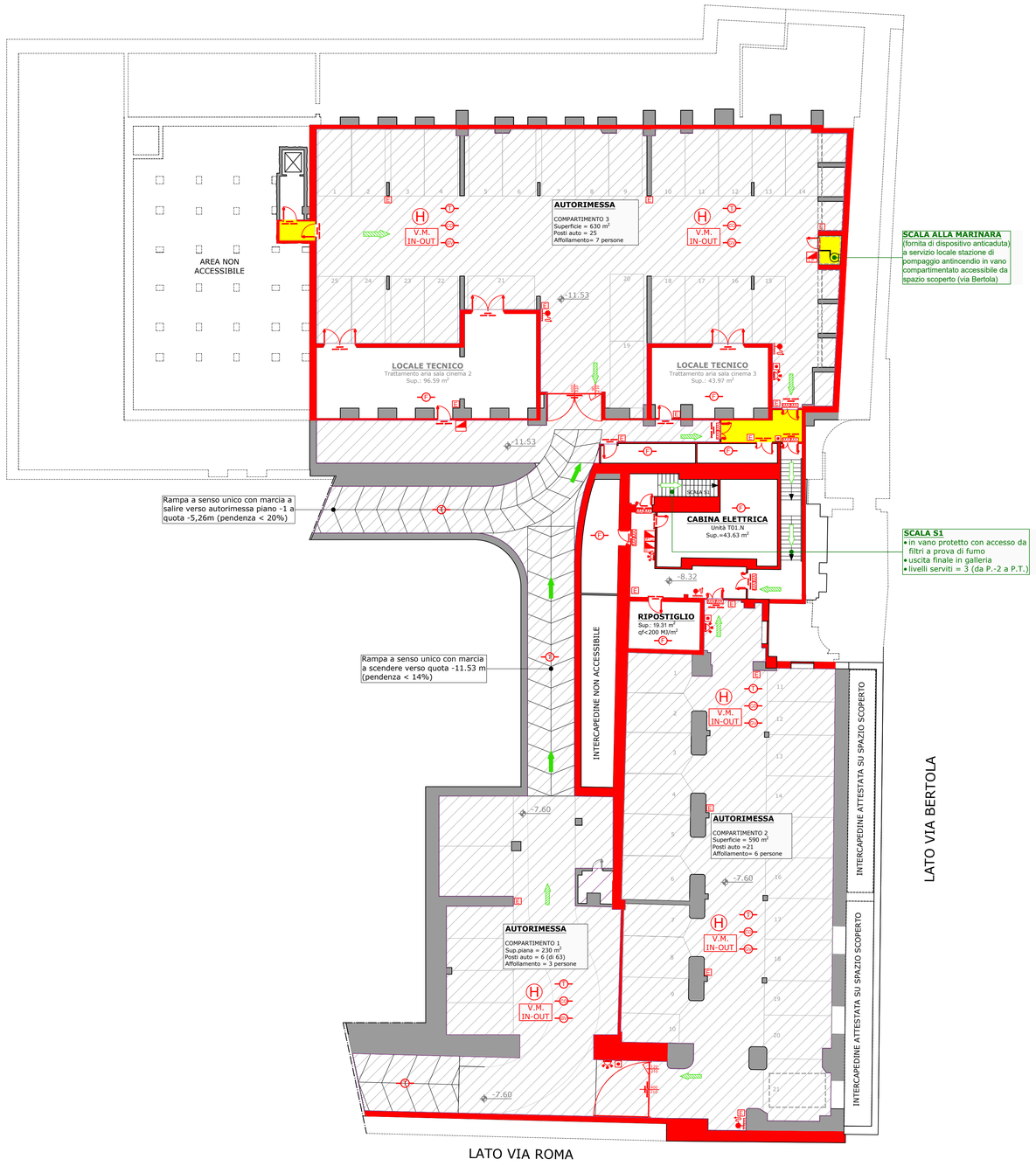
Un ringraziamento speciale va all''Ing. Emiliano Cereda per l'aiuto, la pazienza e il continuo sostegno che mi ha offerto durante tutto lo svolgimento della tesi, nonostante i numerosissimi impegni. Grazie per esserci stato e per la tua infinita umanità.

Riferimenti bibliografici

- Stefano Zanut, Valeria Tatano, Elisabetta Carattin – Analisi di sistemi di orientamento spaziale e wayfinding per il progetto di ambienti a elevata complessità ambientale;
- Luca Pierantoni, Gabriele Prati – Il comportamento umano negli incendi;
- Elisabetta Schiavone, Stefano Zanut – Persone reali e sicurezza inclusiva, il contributo della progettazione inclusiva alla sicurezza di tutti;
- Stefano Zanut – Così si elaborano i piani di emergenza inclusivi negli ambienti museali;
- Stefano Zanut – Beni culturali, accessibilità e sicurezza: la scommessa della progettazione inclusiva;
- Stefano Zanut – Per una sicurezza inclusiva help for all;
- Romano, Schiavone, Zanut – Aspetti connessi con la disabilità nella gestione di situazioni di emergenza;
- Marcella Battaglia – Come rendere intelligente l'esodo: soluzioni innovative per la gestione dei flussi e degli accessi;
- Ivan Montanari, Teresa Villani, Stefano Zanut – Il codice e l'evacuazione in caso di incendio: agevolare l'esodo in emergenza;
- Stefano Zanut – Simulare le situazioni critiche per imparare ad affrontare e difendersi dai rischi;
- Giorgio Sclip – Sicurezza accessibile: la sicurezza per tutti tra buone pratiche e opportunità;
- Stefano Zanut – La gestione dell'emergenza a supporto della progettazione;
- Linda Caira, Marcello Mangione, Franco Bontempi – Comportamento umano in caso di incendio: modelli di evacuazione;
- Roberto Vancetti, Emiliano Cereda – Stazioni metropolitane: la caratterizzazione degli occupanti per le verifiche di esodo ed inclusione con i metodi della FSE;
- Stefano Zanut, Teresa Villani – Tempi di evacuazione e modelli automatici di simulazione del movimento delle persone;
- Luca Pierantoni, Gabriele Prati – I comportamenti collettivi durante l'evacuazione nelle emergenze;
- Marco Buldrini, Giovanni Zappellini – Lo studio dell'evacuazione in condizioni di emergenza: modelli di simulazione ed aspetti applicativi critici;
- Luca Fiorentini – La progettazione dell'esodo sicuro in emergenza in caso di incendio;
- Pier Luigi Maffei, Nicola Marotta – l'evacuazione di emergenza negli edifici ad uso collettivo, ospedali scuole complessi ricettivi e per lo spettacolo;
- Stefano Marsella, Nicolò Sciarretta – Usi innovativi degli strumenti di simulazione dell'esodo;

- Valerie Ingham – Crisis communication and multimodal decision making on the fireground;
- Lilia Cinzia Pecile – Soccorso alle persone in caso di incendio in luoghi ad elevato affollamento;
- A.R. Larudottir, A.S. Dederichs – Evacuation dynamics of children – walking speeds, flows through doors in daycare centers – Pedestrian and evacuation dynamics;
- Stefano Zanut – Progettare la sicurezza inclusiva: le linee guida dei Vigili del Fuoco;
- Stefano Zanut – Percorsi d'esodo accessibili e spazi calmi antincendio: indicazioni progettuali ed esempi;
- Stefano Zanut – Procedure e gestione dell'emergenza;
- Stefano Zanut, Teresa Villani – Alto affollamento e disabili, una sfida per il progettista;
- Stefano Zanut – Inclusione e sicurezza: evoluzione e nuovi indirizzi della prevenzione incendi;
- Stefano Zanut – L'analisi del comportamento umano durante l'allarme antincendio;
- Stefano Zanut, Elisabetta Schiavone – Ergonomia, disabilità ed emergenza. Considerare la resilienza funzionale ad un evento straordinario;
- NFPA – Emergency evacuation planning guide for people with disabilities;
- ISO/TR 16738 – Fire-safety engineering, Technical information on methods for evaluating behaviour and movement of people;
- SFPE – Handbook of fire protection engineering;
- D.M. 3 agosto 2015 "Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139. Allegato 1;
- IMO - Guidelines for evacuation analysis for new and existing passenger ships;
- Bruna di Roberto – Prevenzione incendi in attività complesse: applicazioni e verifiche con i metodi della Fire Safety Engineerig;
- Emiliano Cereda – Strumenti di fire safety engineering nella progettazione antincendio: dai modelli di simulazione dell'esodo alla virtual reality;
- Antonio La Vista – Analisi comparativa di software di simulazione di flussi pedonali e applicazione per la stazione della metropolitana Investment park di Dubai;
- ISTAT – Aspetti di vita degli over 75;
- Hoepli – Cenni di antropometria ed ergonomia;
- Silvia Arias, Daniel Nilsson, Jonathan Wahlqvist – A virtual reality study of behavioral sequances in residential fires;
- Olivera Bukvic, Gunilla Carlsson, Enrico Ronchi - A review on the role of functional limitations on evacuation performance using the International Classification of Functioning, Disability and Health;

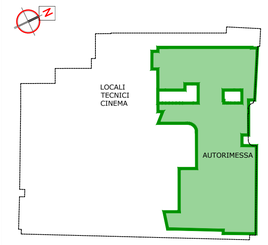
- Silvia Arias, Saverio La Mendola, Jonathan Wahlqvist, Oriol Rios, Daniel Nilsson, Enrico Ronchi - Visual reality evacuation experiments on the world's search systems for the future circular collider;
- Marcus Runefors, Nils Johansson, Patrick van Hees - how was it possible to prevent the victims of the fire? An analysis of 144 cases in the period 2011-2014 in Sweden: an analysis;
- https://www.puntosicuro.it/incendio-emergenza-primo-soccorso-C-79/gestione-emergenza-ed-evacuazione-C-84/emergenze-i-sistemi-di-segnalazione-il-soccorso-a-persone-disabili-AR-11600/;
- https://www.fse-italia.eu/velocita_agenti-2/;
- https://www.fse-italia.eu/evacuazione_scarlo-2/;
- https://www.istat.it/it/archivio/disabili.



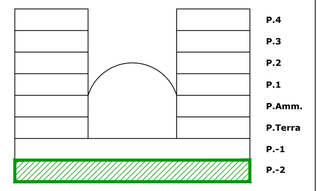
LEGENDA

	Elemento di compartimentazione REI / EI
	Porta tagliafuoco in classe EI
	Filtro a prova di fumo
E	Estintore portatile polivalente per classi ABC
	Idrante UNI 45 in cassetta a muro con manichetta da 20 m e lancia
H	Area protetta da impianto di spegnimento automatico a sprinkler ad acqua esistente in classe B2 conforme UNI 9489
F	Locale o ambiente protetto da impianto rivelazione incendi
T	Area di autorimessa protetta da rivelatori termovelocimetrici
CO	Area di autorimessa protetta da rivelatori di monossido di carbonio
SV	Area di autorimessa protetta da rivelatori di vapori di benzina
	Pulsante manuale di allarme incendi
	Sirena ottico-acustica di allarme autorimessa
	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Locale pompaggio antincendio
	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Cinema - Impianto UTA
	Pulsanti sgancio elettrico di emergenza Negozio Apple - Linea bassa tensione / Linea media tensione
V.M. IN-OUT	Impianto di ventilazione meccanica con portata d'aria di 3 ricambi orari per estrazione (in condizioni ordinarie) e/o immissione (in caso d'incendio)
	Direzione di esodo con percorso verso l'alto
	Direzione di esodo con percorso verso il basso
	Direzione di esodo con percorso orizzontale
MA	Maniglione antipanico

KEYPLAN



SEZIONE SCHEMATICA DEL COMPLESSO



Identificazione piano/area della presente tavola

TAV. 1 - PIANTA PIANO SECONDO INTERRATO - Scala 1:200

1859

Politecnico di Torino

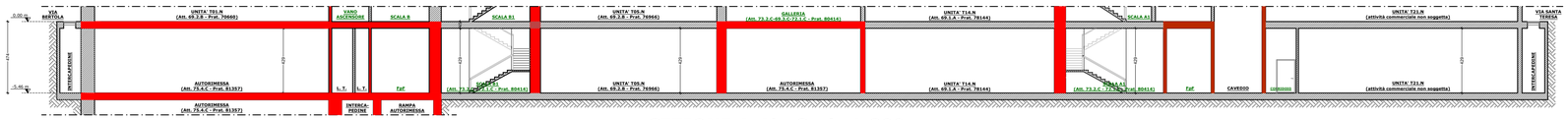
Corso di laurea Magistrale in Ingegneria Edile
Anno accademico 2020 / 2021
Sessione di Laurea luglio 2021

"UTILIZZO DEGLI STRUMENTI DELLA FSE PER L'ANALISI DEI FLUSSI DI PERSONE IN SITUAZIONI ORDINARIE ED EMERGENZIALI ALL'INTERNO DI ATTIVITÀ COMPLESSE"

Relatori: Prof. Roberto Vancetti
Ing. Emiliano Cereda
Ing. Antonio Maria Alvigini

Candidato: Chiara Politi

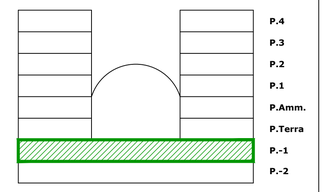
COMPLESSO EDILIZIO GALLERIA SAN FEDERICO	**PIANTA PIANO SECONDO INTERRATO**	N
TAV. 1	**Scala 1:200**	



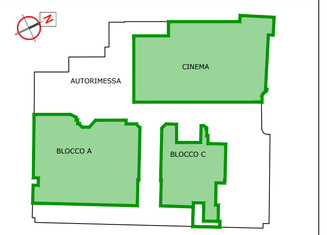
SEZIONE A-A' - Scala 1:200

TAV. 2 - PIANTA PIANO PRIMO INTERRATO - Scala 1:200

SEZIONE SCHEMATICA DEL COMPLESSO



KEYPLAN



LEGENDA

	Elemento di compartimentazione REI / E
	Porta tagliafuoco in classe EI
	Filtro a prova di fumo
E	Estintore portatile polivalente per classi ABC
	Idrante UNI 45 in cassetta a muro con manichetta da 20 m e lancia erogatrice
	Naspo DN 25 in cassetta a muro con tubazione flessibile da 20 m e lancia erogatrice
H	Area protetta da impianto di spegnimento automatico a sprinkler esistente in classe B2 conforme UNI 9489
F	Area protetta da impianto rivelazione incendi
G	Area protetta da impianto rivelazione gas
T	Area di autorimessa protetta da rivelatori termovelocimetrici
CO	Area di autorimessa protetta da rivelatori di monossido di carbonio
BV	Area di autorimessa protetta da rivelatori di vapori di benzina
	Pulsante manuale di allarme incendi
	Sirena ottico-acustica di allarme autorimessa
EVAC	Ambiente protetto da impianto ad altoparlanti EVAC
SGE	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Centrale Termica - generale
SGE	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Cinema - generale
SGE	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Cinema - UPS
SGE	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Locale pompaggio antincendio
SGE	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Unità T12.N (Fiorfood) - Cabina Elettrica
V.M. IN-OUT	Impianto di ventilazione meccanica per estrazione (in condizioni ordinarie) e immissione (in caso d'incendio)
	Tubazione di adduzione gas metano staffata a vista nell'intercapedine
	Vivola manuale di intercettazione gas metano
	Elettrovalvola di intercettazione gas metano comandata da impianto rivelazione gas
	Direzione di esodo con percorso verso l'alto
	Direzione di esodo con percorso orizzontale
MA	Maniglione antipanico

Politecnico di Torino

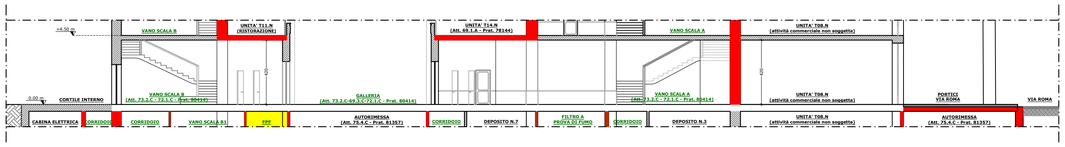
Corso di laurea Magistrale in Ingegneria Edile
Anno accademico 2020 / 2021
Sessione di Laurea luglio 2021

"UTILIZZO DEGLI STRUMENTI DELLA FSE PER L'ANALISI DEI FLUSSI DI PERSONE IN SITUAZIONI ORDINARIE ED EMERGENZIALI ALL'INTERNO DI ATTIVITÀ COMPLESSE"

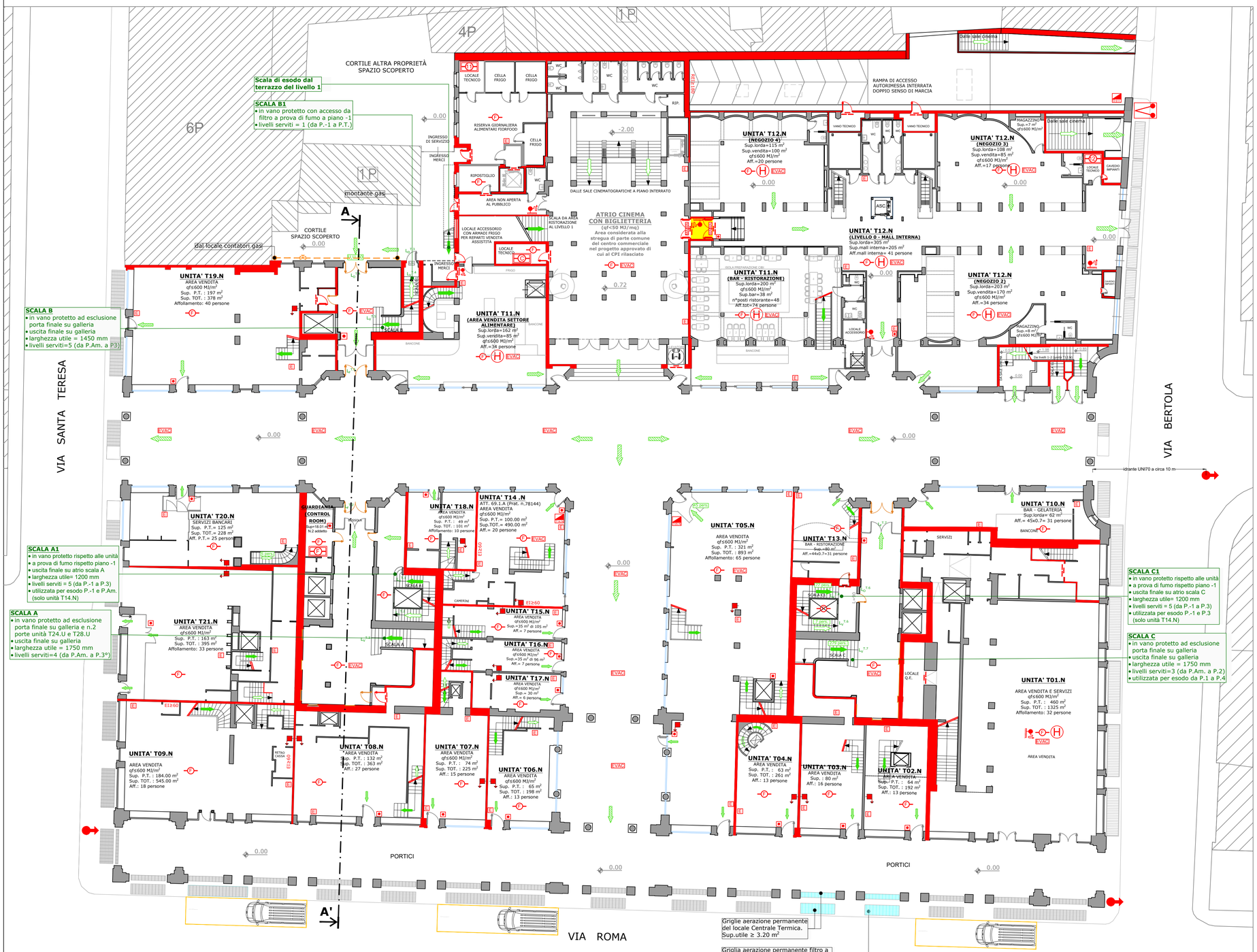
Relatori: Prof. Roberto Vancetti
Ing. Emiliano Cereda
Ing. Antonio Maria Alvigini

Candidato: Chiara Politi

COMPLESSO EDILIZIO GALLERIA SAN FEDERICO	**PIANTA PIANO PRIMO INTERRATO**	N
TAV. 2	**Scala 1:200**	



SEZIONE A-A' - Scala 1:200

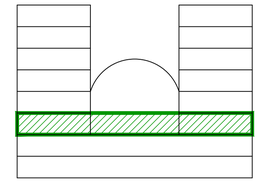


TAV. 3 - PIANTA PIANO TERRA - Scala 1:200

LEGENDA

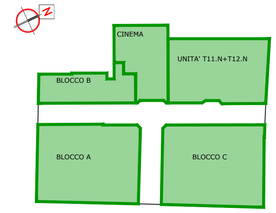
	Elemento di compartimentazione REI / EI
	Porta tagliafuoco in classe EI
	Filtro a prova di fumo
E	Estintore portatile polivalente per classi ABC
	Attacco motopompa VVF
idrante	Idrante UNI 45 in cassetta a muro con manichetta da 20 m e lancia erogatrice
	Naspo DN 25 in cassetta a muro con tubazione flessibile da 20 m e lancia erogatrice
H	Area protetta da impianto di spegnimento automatico a sprinkler esistente in classe B2 conforme UNI 9489
C	Centrale zona Cinema
1	Centrale zona Unità T11.N
2	Centrale zona Unità T12.N
F	Area protetta da impianto rivelazione incendi
	Pulsante manuale di allarme incendi
EVAC	Ambiente protetto da impianto ad altoparlanti EVAC
	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Galleria - generale parti comuni
	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Unità commerciale T05.N
	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Unità commerciale T14.N
	Griglia di ventilazione naturale autorimessa
	Tubazione di adduzione gas metano staffata a vista
	Vivola manuale di intercettazione gas metano
	Direzione di esodo con percorso verso l'alto
	Direzione di esodo con percorso verso il basso
	Direzione di esodo con percorso orizzontale
MA	Maniglione antipanico

SEZIONE SCHEMATICA DEL COMPLESSO



Identificazione piano/area della presente tavola

KEYPLAN



Politecnico di Torino

Corso di laurea Magistrale in Ingegneria Edile
Anno accademico 2020 / 2021
Sessione di Laurea luglio 2021

"UTILIZZO DEGLI STRUMENTI DELLA FSE PER L'ANALISI DEI FLUSSI DI PERSONE IN SITUAZIONI ORDINARIE ED EMERGENZIALI ALL'INTERNO DI ATTIVITÀ COMPLESSE"

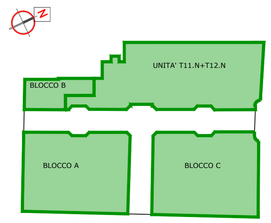
Relatori: Prof. Roberto Vancetti
Ing. Emiliano Cereda
Ing. Antonio Maria Alvigini

Candidato: Chiara Politi

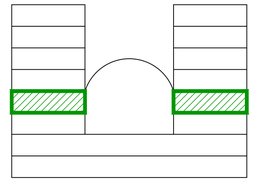
COMPLESSO EDILIZIO GALLERIA SAN FEDERICO	**PIANTA PIANO TERRA**	
TAV. 3	**Scala 1:200**	

SEZIONE A-A' - Scala 1:200

KEYPLAN



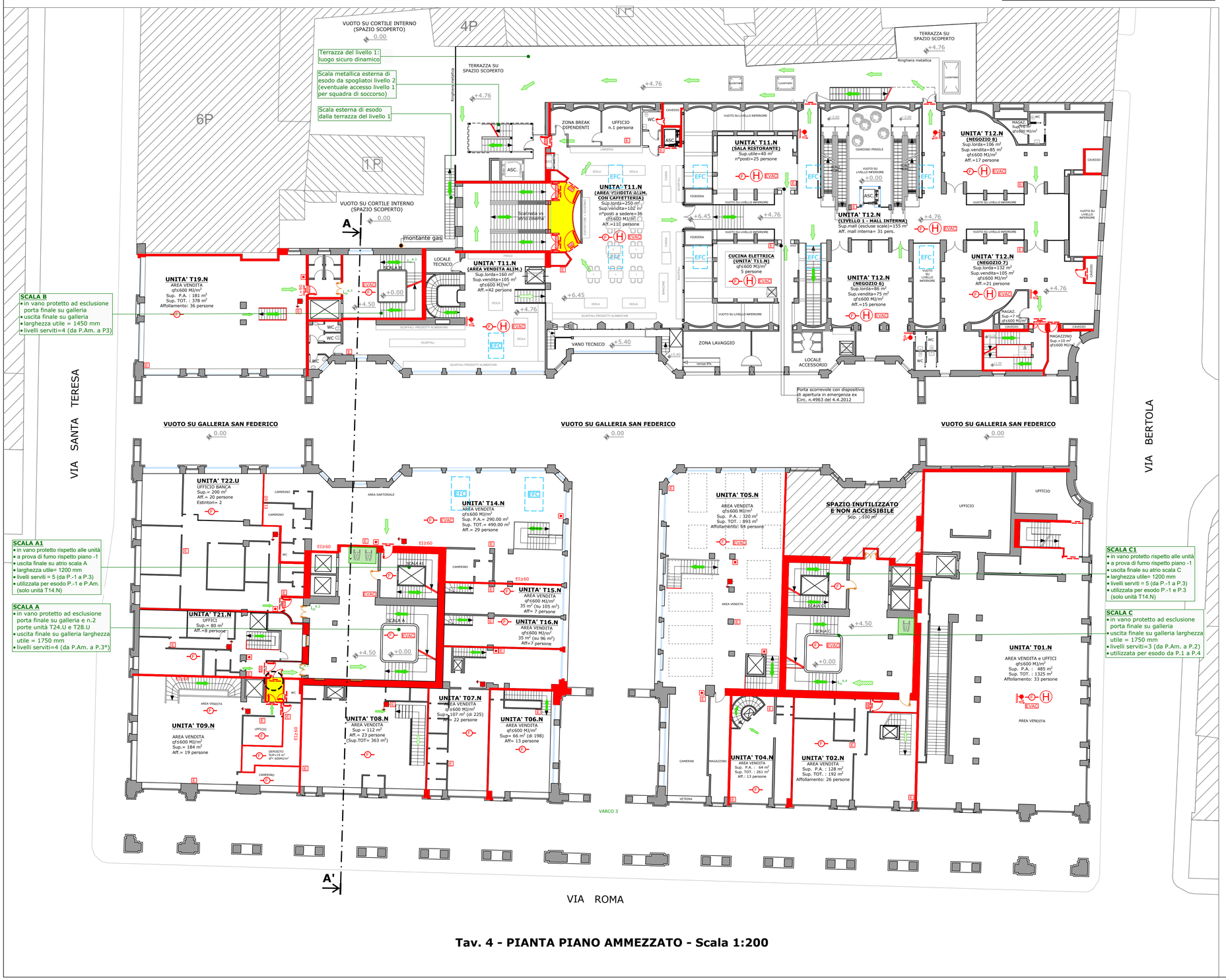
SEZIONE SCHEMATICA DEL COMPLESSO



Identificazione piano/area della presente tavola

LEGENDA

	Elemento di compartimentazione REI / EI
	Porta tagliafuoco in classe EI
	Filtro a prova di fumo
E	Estintore portatile polivalente per classi ABC
	Attacco motopompa VVF
UNI 45	Idrante UNI 45 in cassetta a muro con manichetta da 20 m e lancia erogatrice
	Naspo DN 25 in cassetta a muro con tubazione flessibile da 20 m e lancia erogatrice
H	Area protetta da impianto di spegnimento automatico a sprinkler esistente in classe B2 conforme UNI 9489
C	Centrale zona Cinema
U1	Centrale zona Unità T11.N
U2	Centrale zona Unità T12.N
F	Area protetta da impianto rivelazione incendi
	Pulsante manuale di allarme incendi
EVAC	Ambiente protetto da impianto ad altoparlanti EVAC
SSAS	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Galleria - generale parti comuni
SSAS	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Unità commerciale T05.N
SSAS	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Unità commerciale T14.N
	Griglia di ventilazione naturale autorimessa
	Tubazione di adduzione gas metano staffata a vista
	Vivola manuale di intercettazione gas metano
	Direzione di esodo con percorso verso l'alto
	Direzione di esodo con percorso verso il basso
	Direzione di esodo con percorso orizzontale
MA	Maniglione antipanico
EFC	Evacuatore di fumo e calore (EFC)



Tav. 4 - PIANTA PIANO AMMEZZATO - Scala 1:200

1859

Politecnico di Torino

Corso di laurea Magistrale in Ingegneria Edile
Anno accademico 2020 / 2021
Sessione di Laurea luglio 2021

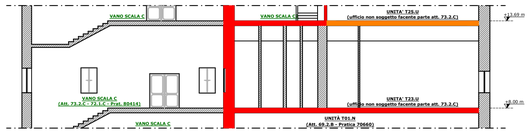
"UTILIZZO DEGLI STRUMENTI DELLA FSE PER L'ANALISI DEI FLUSSI DI PERSONE IN SITUAZIONI ORDINARIE ED EMERGENZIALI ALL'INTERNO DI ATTIVITÀ COMPLESSE"

Relatori: Prof. Roberto Vancetti
Ing. Emiliano Cereda
Ing. Antonio Maria Alvigini

Candidato: Chiara Politi

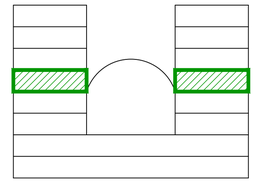
COMPLESSO EDILIZIO GALLERIA SAN FEDERICO	**PIANTA PIANO AMMEZZATO**
TAV. 4	**Scala 1:200**

SEZIONE A-A' - Scala 1:200



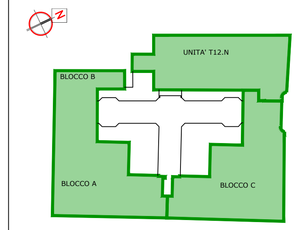
SEZIONE B-B' - Scala 1:200

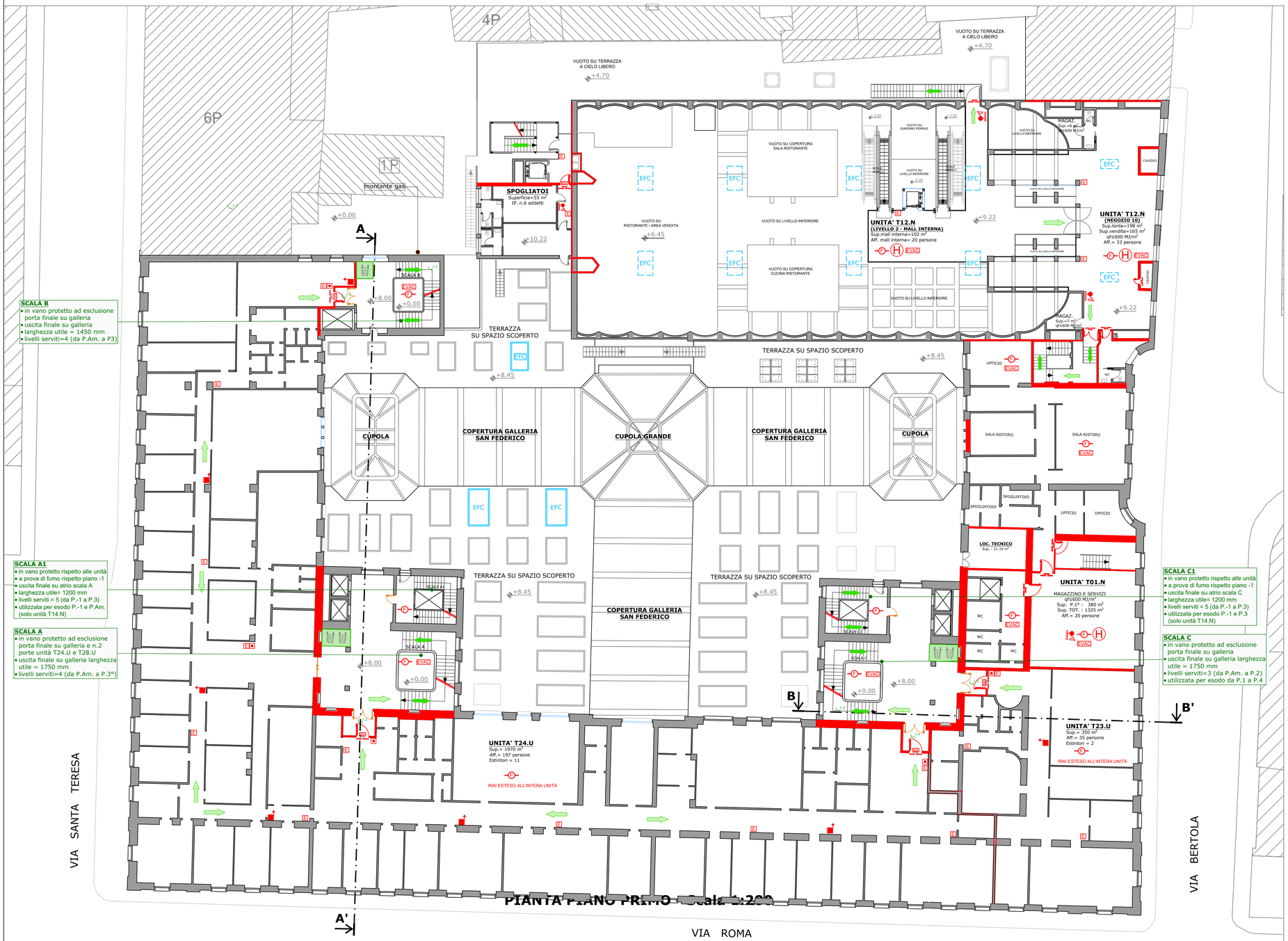
SEZIONE SCHEMATICA DEL COMPLESSO



Identificazione piano/area della presente tavola

KEYPLAN





SCALA B
- in vano protetto ad esclusione porta finale su galleria
- uscita finale su galleria
- larghezza utile = 1450 mm
- livelli serviti=4 (da P.Am. a P3)

SCALA A1
- in vano protetto rispetto alle unità
- a prova di fumo rispetto piano -1
- uscita finale su atrio scala A
- larghezza utile= 1200 mm
- livelli serviti = 5 (da P.-1 a P.3)
- utilizzata per esodo P.-1 e P.Am. (solo unità T14.N)

SCALA A
- in vano protetto ad esclusione porta finale su galleria e n.2 porte unità T24.U e T28.U
- uscita finale su galleria larghezza utile = 1750 mm
- livelli serviti=4 (da P.Am. a P.3°)

SCALA C1
- in vano protetto rispetto alle unità
- a prova di fumo rispetto piano -1
- uscita finale su atrio scala C
- larghezza utile= 1200 mm
- livelli serviti = 5 (da P.-1 a P.3)
- utilizzata per esodo P.-1 e P.3 (solo unità T14.N)

SCALA C
- in vano protetto ad esclusione porta finale su galleria
- uscita finale su galleria larghezza utile = 1750 mm
- livelli serviti=3 (da P.Am. a P.2)
- utilizzata per esodo da P.1 a P.4

PIANTA PIANO PRIMO - Scala 1:200

Tav. 5 - PIANTA PRIMO PIANO - Scala 1:200

LEGENDA

	Elemento di compartimentazione REI / EI		Pulsante manuale di allarme incendi
	Porta tagliafuoco in classe EI	EVAC	Ambiente protetto da impianto ad altoparlanti EVAC
	Filtro a prova di fumo		Pulsante sgancio elettrico di emergenza Galleria - generale parti comuni
E	Estintore portatile polivalente per classi ABC		Pulsante sgancio elettrico di emergenza Unità commerciale T05.N
	Attacco motopompa VVF		Pulsante sgancio elettrico di emergenza Unità commerciale T14.N
	Idrante UNI 45 in cassetta a muro con manichetta da 20 m e lancia erogatrice		Griglia di ventilazione naturale autorimessa
	Naspo DN 25 in cassetta a muro con tubazione flessibile da 20 m e lancia erogatrice		Tubazione di adduzione gas metano staffata a vista
H	Area protetta da impianto di spegnimento automatico a sprinkler esistente in classe B2 conforme UNI 9489		Vivola manuale di intercettazione gas metano
C	Centrale zona Cinema		Direzione di esodo con percorso verso l'alto
1	Centrale zona Unità T11.N		Direzione di esodo con percorso verso il basso
2	Centrale zona Unità T12.N		Direzione di esodo con percorso orizzontale
F	Area protetta da impianto rivelazione incendi	MA	Maniglione antipanico
	Pulsante manuale di allarme incendi	EFC	Evacuatore di fumo e calore (EFC)

Politecnico di Torino

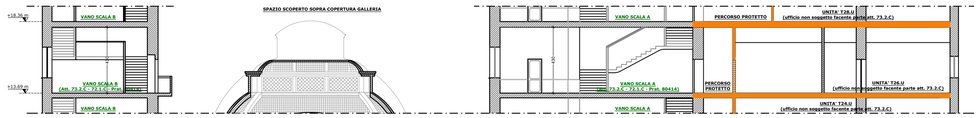
Corso di laurea Magistrale in Ingegneria Edile
Anno accademico 2020 / 2021
Sessione di Laurea luglio 2021

"UTILIZZO DEGLI STRUMENTI DELLA FSE PER L'ANALISI DEI FLUSSI DI PERSONE IN SITUAZIONI ORDINARIE ED EMERGENZIALI ALL'INTERNO DI ATTIVITÀ COMPLESSE"

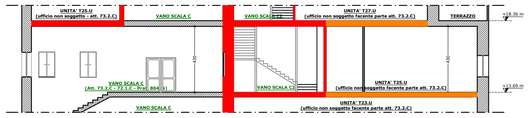
Relatori: Prof. Roberto Vancetti
Ing. Emiliano Cereda
Ing. Antonio Maria Alvigini

Candidato: Chiara Politi

COMPLESSO EDILIZIO GALLERIA SAN FEDERICO	**PIANTA PRIMO PIANO**	
TAV. 5	**Scala 1:200**	

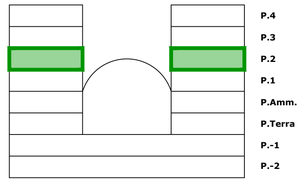


SEZIONE A-A' - Scala 1:200



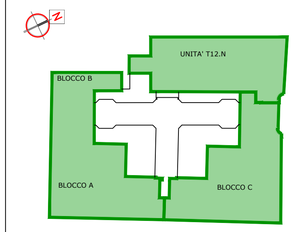
SEZIONE B-B' - Scala 1:200

SEZIONE SCHEMATICA DEL COMPLESSO



Identificazione piano/area della presente tavola

KEYPLAN



LEGENDA

	Elemento di compartimentazione REI / EI		Pulsante manuale di allarme incendi
	Porta tagliafuoco in classe EI	EVAC	Ambiente protetto da impianto ad altoparlanti EVAC
	Filtro a prova di fumo		Pulsante sgancio elettrico di emergenza Galleria - generale parti comuni
E	Estintore portatile polivalente per classi ABC		Pulsante sgancio elettrico di emergenza Unità commerciale T05.N
	Attacco motopompa VVF		Pulsante sgancio elettrico di emergenza Unità commerciale T14.N
	Idrante UNI 45 in cassetta a muro con manichetta da 20 m e lancia erogatrice		Griglia di ventilazione naturale autorimessa
	Naspo DN 25 in cassetta a muro con tubazione flessibile da 20 m e lancia erogatrice		Tubazione di adduzione gas metano staffata a vista
H	Area protetta da impianto di spegnimento automatico a sprinkler esistente in classe B2 conforme UNI 9489		Vlvola manuale di intercettazione gas metano
C	Centrale zona Cinema		Direzione di esodo con percorso verso l'alto
1	Centrale zona Unità T11.N		Direzione di esodo con percorso verso il basso
2	Centrale zona Unità T12.N		Direzione di esodo con percorso orizzontale
F	Area protetta da impianto rivelazione incendi	MA	Maniglione antipanico
	Pulsante manuale di allarme incendi	EFC	Evacuatore di fumo e calore (EFC)

TAV. 6 - PIANTA SECONDO PIANO - Scala 1:200

1859

Politecnico di Torino

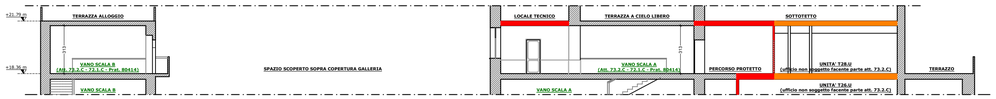
Corso di laurea Magistrale in Ingegneria Edile
Anno accademico 2020 / 2021
Sessione di Laurea luglio 2021

"UTILIZZO DEGLI STRUMENTI DELLA FSE PER L'ANALISI DEI FLUSSI DI PERSONE IN SITUAZIONI ORDINARIE ED EMERGENZIALI ALL'INTERNO DI ATTIVITÀ COMPLESSE"

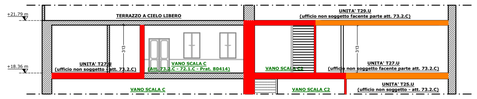
Relatori: Prof. Roberto Vancetti
Ing. Emiliano Cereda
Ing. Antonio Maria Alvigini

Candidato: Chiara Politi

COMPLESSO EDILIZIO GALLERIA SAN FEDERICO	**PIANTA SECONDO PIANO**	
TAV. 6	**Scala 1:200**	

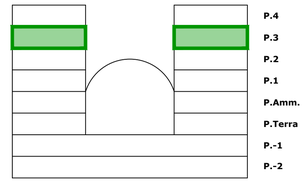


SEZIONE A-A' - Scala 1:200



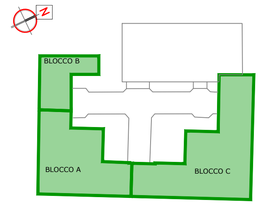
SEZIONE B-B' - Scala 1:200

SEZIONE SCHEMATICA DEL COMPLESSO



Identificazione piano/area della presente tavola

KEYPLAN



PIANTA PIANO TERZO - Scala 1:200

LEGENDA

	Elemento di compartimentazione REI / EI		Pulsante manuale di allarme incendi
	Porta tagliafuoco in classe EI	EVAC	Ambiente protetto da impianto ad altoparlanti EVAC
	Filtro a prova di fumo		Pulsante sgancio elettrico di emergenza Galleria - generale parti comuni
E	Estintore portatile polivalente per classi ABC		Pulsante sgancio elettrico di emergenza Unità commerciale T05.N
	Attacco motopompa VVF		Pulsante sgancio elettrico di emergenza Unità commerciale T14.N
	Idrante UNI 45 in cassetta a muro con manichetta da 20 m e lancia erogatrice		Griglia di ventilazione naturale autorimessa
	Naspo DN 25 in cassetta a muro con tubazione flessibile da 20 m e lancia erogatrice		Tubazione di adduzione gas metano staffata a vista
H	Area protetta da impianto di spegnimento automatico a sprinkler esistente in classe B2 conforme UNI 9489		Vlvola manuale di intercettazione gas metano
C	Centrale zona Cinema		Direzione di esodo con percorso verso l'alto
T1	Centrale zona Unità T11.N		Direzione di esodo con percorso verso il basso
T2	Centrale zona Unità T12.N		Direzione di esodo con percorso orizzontale
F	Area protetta da impianto rivelazione incendi	MA	Maniglione antipanico
	Pulsante manuale di allarme incendi	EFC	Evacuatore di fumo e calore (EFC)

Politecnico di Torino

Corso di laurea Magistrale in Ingegneria Edile
Anno accademico 2020 / 2021
Sessione di Laurea luglio 2021

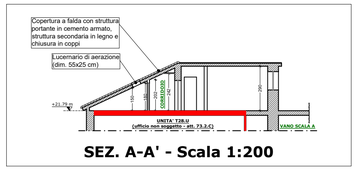
"UTILIZZO DEGLI STRUMENTI DELLA FSE PER L'ANALISI DEI FLUSSI DI PERSONE IN SITUAZIONI ORDINARIE ED EMERGENZIALI ALL'INTERNO DI ATTIVITÀ COMPLESSE"

Relatori: Prof. Roberto Vancetti
Ing. Emiliano Cereda
Ing. Antonio Maria Alvigini

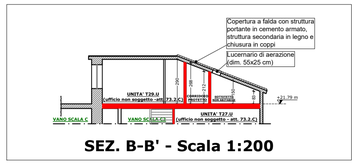
Candidato: Chiara Politi

COMPLESSO EDILIZIO GALLERIA SAN FEDERICO	**PIANTA TERZO PIANO**	
TAV. 7	**Scala 1:200**	

TAV. 7 - PIANTA TERZO PIANO - Scala 1:200

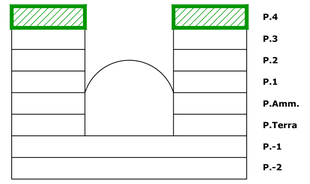


SEZ. A-A' - Scala 1:200



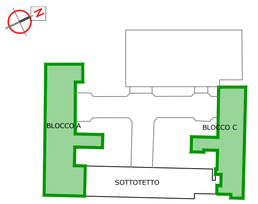
SEZ. B-B' - Scala 1:200

SEZIONE SCHEMATICA DEL COMPLESSO



Identificazione piano/area della presente tavola

KEYPLAN



TAV. 8 - PIANTA QUARTO PIANO - Scala 1:200

LEGENDA

	Elemento di compartimentazione REI / EI		Pulsante manuale di allarme incendi
	Porta tagliafuoco in classe EI	EVAC	Ambiente protetto da impianto ad altoparlanti EVAC
	Filtro a prova di fumo	GEM	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Galleria - generale parti comuni
E	Estintore portatile polivalente per classi ABC	GEM	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Unità commerciale T05.N
	Attacco motopompa VVF	GEM	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Unità commerciale T14.N
	Idrante UNI 45 in cassetta a muro con manichetta da 20 m e lancia erogatrice		Griglia di ventilazione naturale autorimessa
	Naspo DN 25 in cassetta a muro con tubazione flessibile da 20 m e lancia erogatrice		Tubazione di adduzione gas metano staffata a vista
H	Area protetta da impianto di spegnimento automatico a sprinkler esistente in classe B2 conforme UNI 9489		Vlvola manuale di intercettazione gas metano
C	Centrale zona Cinema		Direzione di esodo con percorso verso l'alto
1	Centrale zona Unità T11.N		Direzione di esodo con percorso verso il basso
2	Centrale zona Unità T12.N		Direzione di esodo con percorso orizzontale
F	Area protetta da impianto rivelazione incendi	MA	Maniglione antipanico
	Pulsante manuale di allarme incendi	EFC	Evacuatore di fumo e calore (EFC)

Politecnico di Torino

Corso di laurea Magistrale in Ingegneria Edile
Anno accademico 2020 / 2021
Sessione di Laurea luglio 2021

"UTILIZZO DEGLI STRUMENTI DELLA FSE PER L'ANALISI DEI FLUSSI DI PERSONE IN SITUAZIONI ORDINARIE ED EMERGENZIALI ALL'INTERNO DI ATTIVITÀ COMPLESSE"

Relatori: Prof. Roberto Vancetti
Ing. Emiliano Cereda
Ing. Antonio Maria Alvigini

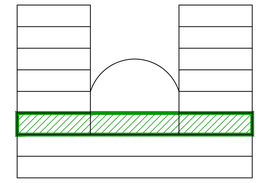
Candidato: Chiara Politi

COMPLESSO EDILIZIO GALLERIA SAN FEDERICO	**PIANTA QUARTO PIANO**	
TAV. 8	**Scala 1:200**	

LEGENDA

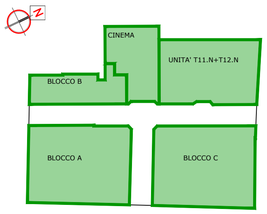
	Elemento di compartimentazione REI / EI
	Porta tagliafuoco in classe EI
	Filtro a prova di fumo
E	Estintore portatile polivalente per classi ABC
	Attacco motopompa VVF
idrante	Idrante UNI 45 in cassetta a muro con manichetta da 20 m e lancia erogatrice
	Naspo DN 25 in cassetta a muro con tubazione flessibile da 20 m e lancia erogatrice
H	Area protetta da impianto di spegnimento automatico a sprinkler esistente in classe B2 conforme UNI 9489
C	Centrale zona Cinema
(1)	Centrale zona Unità T11.N
(2)	Centrale zona Unità T12.N
F	Area protetta da impianto rivelazione incendi
	Pulsante manuale di allarme incendi
EVAC	Ambiente protetto da impianto ad altoparlanti EVAC
	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Galleria - generale parti comuni
	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Unità commerciale T05.N
	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Unità commerciale T14.N
	Griglia di ventilazione naturale autorimessa
	Tubazione di adduzione gas metano staffata a vista
	Vivola manuale di intercettazione gas metano
	Direzione di esodo con percorso verso l'alto
	Direzione di esodo con percorso verso il basso
	Direzione di esodo con percorso orizzontale
MA	Maniglione antipanico

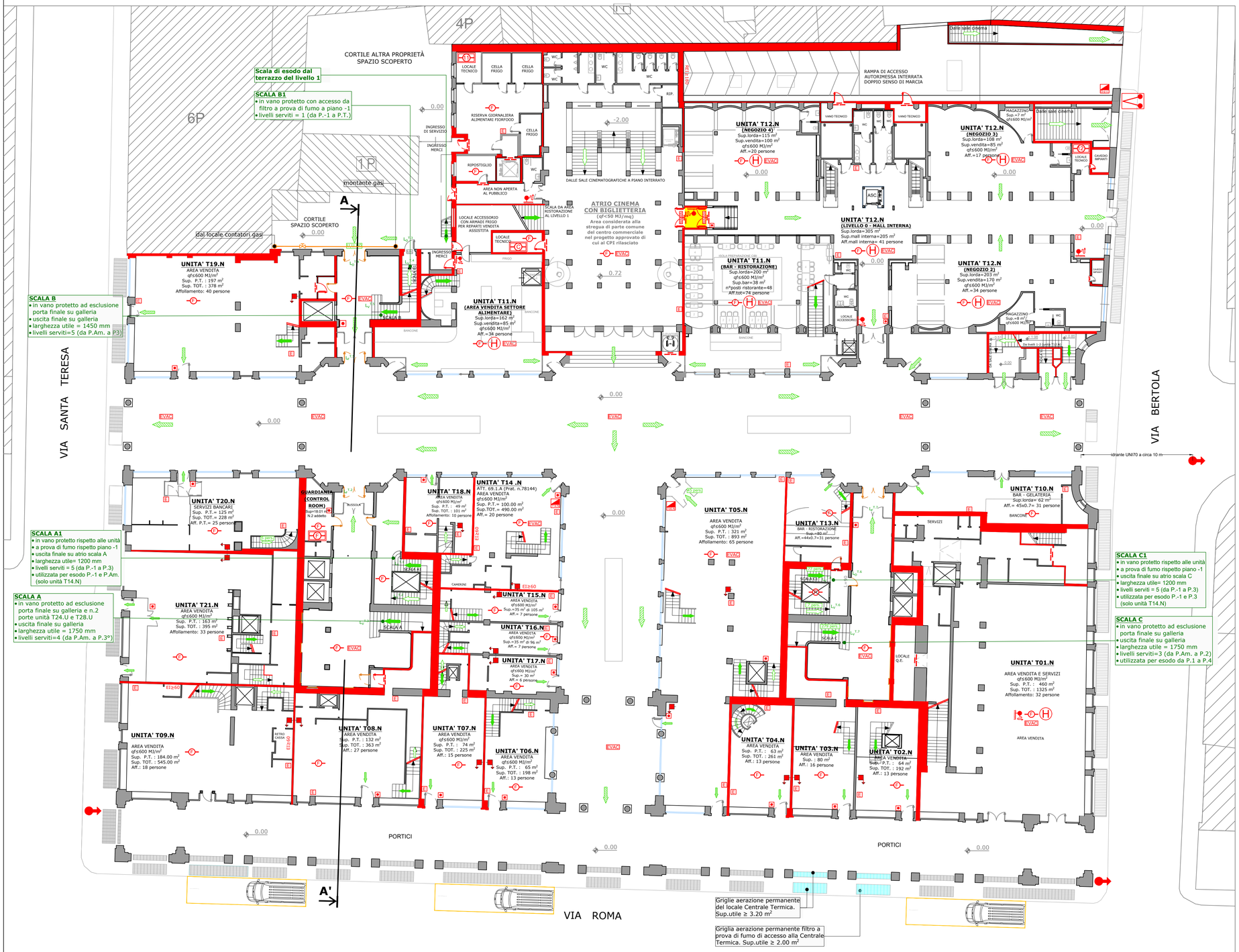
SEZIONE SCHEMATICA DEL COMPLESSO



Identificazione piano/area della presente tavola

KEYPLAN





TAV. 9 - PIANTA PIANO TERRA - Scala 1:200
Configurazione 4

Politecnico di Torino

Corso di laurea Magistrale in Ingegneria Edile
Anno accademico 2020 / 2021
Sessione di Laurea luglio 2021

"UTILIZZO DEGLI STRUMENTI DELLA FSE PER L'ANALISI DEI FLUSSI DI PERSONE IN SITUAZIONI ORDINARIE ED EMERGENZIALI ALL'INTERNO DI ATTIVITÀ COMPLESSE"

Relatori: Prof. Roberto Vancetti
Ing. Emiliano Cereda
Ing. Antonio Maria Alvigini

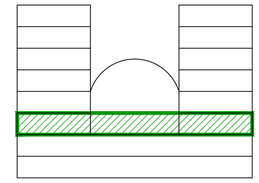
Candidato: Chiara Politi

COMPLESSO EDILIZIO GALLERIA SAN FEDERICO	**PIANTA PIANO TERRA**
TAV. 9	**Scala 1:200**

LEGENDA

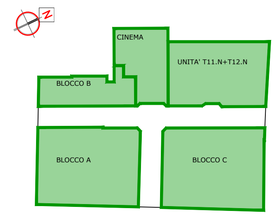
	Elemento di compartimentazione REI / EI
	Porta tagliafuoco in classe EI
	Filtro a prova di fumo
E	Estintore portatile polivalente per classi ABC
	Attacco motopompa VVF
45 m	Idrante UNI 45 in cassetta a muro con manichetta da 20 m e lancia erogatrice
25 m	Naspo DN 25 in cassetta a muro con tubazione flessibile da 20 m e lancia erogatrice
H	Area protetta da impianto di spegnimento automatico a sprinkler esistente in classe B2 conforme UNI 9489
C	Centrale zona Cinema
(1)	Centrale zona Unità T11.N
(2)	Centrale zona Unità T12.N
F	Area protetta da impianto rivelazione incendi
	Pulsante manuale di allarme incendi
EVAC	Ambiente protetto da impianto ad altoparlanti EVAC
SBLEI	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Galleria - generale parti comuni
SBLEI	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Unità commerciale T05.N
SBLEI	Pulsante sgancio elettrico di emergenza Unità commerciale T14.N
	Griglia di ventilazione naturale autorimessa
	Tubazione di adduzione gas metano staffata a vista
	Vivola manuale di intercettazione gas metano
	Direzione di esodo con percorso verso l'alto
	Direzione di esodo con percorso verso il basso
	Direzione di esodo con percorso orizzontale
MA	Maniglione antipanico

SEZIONE SCHEMATICA DEL COMPLESSO



Identificazione piano/area della presente tavola

KEYPLAN



TAV. 10 - PIANTA PIANO TERRA - Scala 1:200
Configurazione 5

Politecnico di Torino

Corso di laurea Magistrale in Ingegneria Edile
Anno accademico 2020 / 2021
Sessione di Laurea luglio 2021

"UTILIZZO DEGLI STRUMENTI DELLA FSE PER L'ANALISI DEI FLUSSI DI PERSONE IN SITUAZIONI ORDINARIE ED EMERGENZIALI ALL'INTERNO DI ATTIVITÀ COMPLESSE"

Relatori: Prof. Roberto Vancetti
Ing. Emiliano Cereda
Ing. Antonio Maria Alvigini

Candidato: Chiara Politi

COMPLESSO EDILIZIO GALLERIA SAN FEDERICO	**PIANTA PIANO TERRA**	
TAV.10	**Scala 1:200**	