



**UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE**  
**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

*Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile*

**ANALISI DEL SISTEMA DI ESODO DEGLI OSPEDALI IN CASO  
D'INCENDIO**

**ANALYSIS OF THE HOSPITAL ESCAPE SYSTEM IN THE EVENT OF  
FIRE**

*Tesi di Laurea di:*

**Cecere Federica**

**Matricola 1101401**

*Relatore:*

**Prof.Ing. D'Orazio Marco**

*Correlatore:*

**Prof.Ing. Bernardini Gabriele**

*Anno Accademico 2022/2023*

## INDICE

INTRODUZIONE.....	4
CAPITOLO 1.....	5
1 STATO DELL'ARTE .....	5
1.1 IL NUOVO CODICE DI PREVENZIONE INCENDI.....	5
1.1.1 SICUREZZA ANTINCENDIO E GESTIONE DELL'EMERGENZA NEI LUOGHI DI LAVORO: D.M. 10/03/1998.....	6
1.2 METODOLOGIA SU CUI SI BASA APPROCCIO INGEGNERISTICO .....	7
1.2.1 METODOLOGIA SU CUI SI BASA APPROCCIO INGEGNERISTICO: MODELLI DI ESODO.....	10
1.2.2 PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE PER LA SALVAGUARDIA DELLA VITA .....	12
1.2.3 PROGETTAZIONE ANTINCENDIO NELLE STRUTTURE OSPEDALIERE .....	15
1.2.4 PROBLEMATICHE TIPICHE E PECULIARITÀ NELLE STRUTTURE OSPEDALIERE .....	16
1.3 COMPENSAZIONE DEL RISCHIO – MISURE DI PREVENZIONE .....	20
1.3.1 COMPENSAZIONE DEL RISCHIO- MISURE DI PROTEZIONE .....	23
1.4 COMPORTAMENTO UMANO IN CASO DI EMERGENZA e MODELLI PER LA SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO UMANO .....	30
1.5 ESODO DA UN REPARTO DI DEGENZA NEGLI OSPEDALI .....	31
CAPITOLO 2.....	32
2.1 FASI .....	32
2.2 MATERIALI .....	32
2.2.1 DESCRIZIONE SOFTWARE: PATHFINDER THUNDERHEAD .....	32
2.3 METODI.....	34
2.3.1 STRUTTURA DA ESAMINARE.....	34
2.3.2 INDIVIDUAZIONE PERICOLI D'INCENDIO .....	35
2.3.2.1 COMPARTIMENTI.....	35
2.3.2.2 ATTRIBUZIONE PROFILI DI RISCHIO (G3) .....	35
2.3.2.3 REAZIONE AL FUOCO (S1).....	39
2.3.2.4 RESISTENZA AL FUOCO (S.2) .....	41
2.3.2.5 ESODO.....	42
2.3.3 PIANTE OSPEDALE – CASO DI STUDIO .....	45
2.3.4 INDIVIDUAZIONE DEGLI SCENARI D'INCENDIO .....	47
2.3.5 MODELLAZIONE DEGLI SCENARI DI EVAQUAZIONE .....	51
2.3.5.1 CONDIZIONI ORGANIZZATIVE .....	51
2.3.5.2 CONDIZIONI AMBIENTALI .....	54
2.3.6 SCENARI DI SIMULAZIONE .....	55

CAPITOLO 3.....	57
3 ANALISI RISULTATI SOFTWARE PATHFINDER .....	57
3.1 SCENARIO BASE .....	57
3.2 RISULTATI SCENARIO (S1) .....	59
3.3 RISULTATI SCENARIO (S2) .....	65
3.4 CONFRONTO DEI GRAFICI CON DISCUSSIONE DEI RISULTATI OTTENUTI.....	71
CAPITOLO 4.....	78
4 CONCLUSIONI .....	78
APPENDICI .....	80
INDICI DELLE FIGURE .....	87
INDICI DELLE TABELLE.....	88
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	90

## INTRODUZIONE

L'obiettivo di tale tesi è quello di analizzare il processo di evacuazione quindi lo studio delle vie di esodo nel caso specifico di un ospedale, avente sia occupanti autonomi che degenti allettati e valutare le diverse soluzioni di tipo organizzativo del personale presente al suo interno utilizzando diversi sistemi di segnaletica e percorsi orientati.

La sicurezza relativa, in particolar modo, alla prevenzione e gestione di un incendio all'interno dei luoghi di lavoro, costituisce una tematica di notevole importanza.

Il progettista deve analizzare l'efficacia delle misure da adottare per aumentare la sicurezza degli occupanti, e nel caso di studio specifico si è concentrati su pazienti non autonomi sulla base di una valutazione specifica dei rischi che possono verificarsi.

A tal proposito in questo processo risulta utile per il progettista fare affidamento a strumenti informatici come software di simulazione che permettono un'analisi più dettagliata dei fattori concomitanti nell'emergenza, in tempi rapidi e tramite una rappresentazione grafica per gestire tramite via informatica le variabili fisiche e mentali che investono le persone durante una fuga verso un luogo più sicuro.

Bisogna quindi studiare le interazioni che si possono creare tra ambiente e uomo per migliorare lo spazio interno ed esterno con il fine della salvaguardia della vita umana.

Per raggiungere tale scopo si deve per forza come prima cosa far riferimento alla normativa tecnica vigente e al codice di prevenzione incendi, focalizzando l'attenzione sugli aspetti riguardanti l'impiego di personale sanitario all'interno degli ospedali.

La tesi si articola in n.4 capitoli.

Il primo capitolo in questione, analizza le norme di riferimento in materia prevenzione incendi degli ospedali quindi traccia lo stato dell'arte valutando le caratteristiche geometriche delle vie di esodo e degli occupanti.

In seguito si è passati alla modellazione definendo lo spazio da analizzare innescando i possibili scenari d'incendio e i processi di evacuazione per analizzare la strategia scelta ovvero il capitolo secondo.

Infine si analizzeranno i risultati ottenuti dai modelli di calcolo nel capitolo terzo per poi giungere alle conclusioni del lavoro svolto tracciando gli sviluppi futuri delle metodologie proposte nell'ultimo capitolo in questione ovvero il quarto.

# CAPITOLO 1

## 1 STATO DELL'ARTE

Il presente studio, come precedentemente accennato nell'introduzione, valuta l'evacuazione in caso di incendio all'interno di un ospedale.

In particolar modo si definisce lo stato dell'arte relativo al comportamento umano durante il processo di evacuazione con l'uso dei software per simulare l'esodo verso luoghi sicuri esterni definendo quindi gli ambiti e considerando gli obiettivi e i risultati ottenuti.

Si fa riferimento al codice di prevenzione incendi seguendo il capitolo delle strategie di esodo (S4).

### 1.1 IL NUOVO CODICE DI PREVENZIONE INCENDI

Il D.M. 3 Agosto 2015 [1] fornisce una soluzione alternativa a quelli che sono i vecchi approcci prescrittivi fino a quel momento adottati. Si tratta di una serie di linee guida, raccolte in un unico testo, con l'obiettivo di ridurre la probabilità di insorgenze di un incendio tramite particolari procedure e di limitare le conseguenze prevedendo opportune compartimentazioni, vie di esodo, soluzioni costruttive ecc.

I vantaggi consistono in una semplificazione delle direttive da rispettare e una maggiore flessibilità, introducendo l'opportunità di usufruire di diverse soluzioni. Fra le normative a cui fa principalmente riferimento vi sono i decreti sopra citati D.M. 9 Maggio 2007, D.P.R. 151/2011, nonché il testo unico sull'edilizia. Il testo è suddiviso innanzitutto in due parti: una prima parte dispositiva, che identifica il campo di applicazione e le modalità applicative delle norme tecniche di prevenzione incendi, e una seconda parte che consiste nell'allegato, meglio conosciuto anche come Codice di Prevenzione Incendi. Nel caso di studio in merito al D.M. 03/08/2015 si è preso in considerazione la sezione S4-L'esodo. Nella sezione S4 si dice che la finalità del sistema d'esodo è di assicurare che gli occupanti dell'attività possano raggiungere o permanere in un luogo sicuro, a prescindere dall'intervento dei Vigili del fuoco.

Più che in termini di sistema di progettazione, in questo studio ci si è avvalsi del nuovo codice prevenzioni incendi in merito a:

- Definire le possibili vie di esodo che si possono tenere in considerazione, come l'inutilizzo ai fini del calcolo delle vie di esodo gli ascensori e scale mobili non conformi alle indicazioni
- Definire un coefficiente di affollamento in termini di densità: l'affollamento di ciascun compartimento è determinato moltiplicando la densità di affollamento per la superficie lorda del compartimento. La densità di affollamento è reperita dalla Tabella S.4-6 presente in normativa
- Definire le tipologie di persone presenti nel caso di studio: persone che conoscono l'edificio e persone che non conoscono l'edificio Tabella G.3-1 nel D.M. 03/08/2015
- Definire processi di gestione dell'emergenza: l'emergenza viene gestita secondo l'esodo simultaneo. Per ogni una di esse definisce dei limiti geometrici e delle caratteristiche delle vie di esodo e delle porte di uscita. (D.M. 03/08/2015, G.1.9)

Viene inoltre considerato l'aspetto definito nel capitolo M che contiene la descrizione delle metodologie progettuali. È in questa sezione che viene introdotta l'ingegneria antincendio. Mediante gli strumenti della Fire Safety Engineering è possibile eseguire una valutazione quantitativa del livello di sicurezza antincendio.

Con l'introduzione dell'ultima sezione ovvero la sezione M relativa ai metodi, muta il carattere prescrittivo in una normativa "semi-prescrittiva", in quanto sono previste soluzioni multiple. Questo è un rinnovamento storico nello scenario della Prevenzione incendi, poiché la valutazione del rischio e le relative soluzioni progettuali non sono più a carico del normatore, ma è il progettista che servendosi degli strumenti della Fire Safety Engineering assume un ruolo determinante nella progettazione della sicurezza antincendio in cui si consente l'utilizzo di un approccio diverso, spesso utile in caso di eccessive restrizioni negli altri casi, introducendo il concetto di "ingegneria della sicurezza antincendio" o FSE.

Il caso di studio in questione è un ospedale pubblico suddiviso in n.4 piani lavorativi.

Al primo piano troveremo le attività ambulatoriale che comunicano direttamente con lo spazio esterno mentre nei piano sovrastanti vi sono i reparti con i pazienti degenti.

La comunicazione dei vari piani è affidata tramite scala interna ed ascensori come si può notare dalle planimetrie allegate.

Tali opere dal punto di vista antincendio configureranno un'attività individuata ai sensi del D.P.R. 151/2011 al punto:

**68.4.B** *“Strutture sanitarie che erogano prestazioni di assistenza specialistica in regime ambulatoriale, ivi comprese quelle riabilitative, di diagnostica strumentale e di laboratorio, di superficie complessiva superiore a 1000 mq”.*

Il lavoro che segue è incentrato sul rispetto delle prescrizioni antincendio descritte all'interno del D.M. 3 agosto 2015 “Codice di Prevenzione Incendi” come accennato sopra.

### **1.1.1 SICUREZZA ANTINCENDIO E GESTIONE DELL'EMERGENZA NEI LUOGHI DI LAVORO: D.M. 10/03/1998**

Questo decreto, D.M. 10/03/1998 [2], stabilisce i criteri per la valutazione dei rischi di incendio nei luoghi di lavoro ed indica le misure preventive e di protezione antincendio da adottare, al fine di ridurre l'insorgenza di un incendio e limitare le conseguenze qualora esso si verifichi. Viene applicato alle attività che si svolgono nei luoghi di lavoro stabiliti. Vengono classificati, sulla base della valutazione dei rischi, il livello di rischio di incendio dell'intero luogo e di ogni sua parte e può essere: basso, medio o elevato. Questa suddivisione viene fatta considerando che tipo di lavoro viene fatto all'interno dell'edificio e che sostanze e materiali si usano.

Nell'allegato III del presente decreto vengono definite le misure relative alle vie di uscita in caso di incendio e dice che: “le vie di uscita devono garantire che le persone possano, senza assistenza esterna, utilizzare in sicurezza un percorso senza ostacoli e chiaramente riconoscibile fino ad un luogo sicuro”. Rispetto al D.M. 03/08/2015 il presente decreto in merito ai criteri generali di sicurezza per le vie di uscita definisce dei limiti geometrici in relazione al tempo massimo di evacuazione. Nell'Allegato IV del presente decreto si descrivono le misure per la rivelazione e l'allarme in caso di incendio. L'allarme deve dare avvio alla procedura per l'evacuazione del luogo di lavoro nonché l'attivazione delle procedure di intervento. In merito al nostro caso di studio di questa parte è per noi di fondamentale importanza le procedure di allarme che vengono definite e che poi sono riprese ne D.M. 03/08/2015 con delle descrizioni aggiuntive per la progettazione. Nel

nostro caso di studio la progettazione delle vie di uscita in caso di incendio, la valutazione dei rischi incendio, misure per la rivelazione e l'allarme è stata effettuata in ottemperanza al decreto sopra citato.

## **1.2 METODOLOGIA SU CUI SI BASA APPROCCIO INGEGNERISTICO**

L'ingegneria della sicurezza antincendio è una disciplina complessa, che affronta con metodi scientifici il problema delle scelte delle misure di sicurezza più adeguate e finalizzate alla protezione delle persone, dei beni e dell'ambiente dagli effetti dell'incendio. In questa metodologia si possono distinguere due fasi:

1. *I FASE ANALISI PRELIMINARE;*  
Individuazione delle condizioni più rappresentative di rischio dell'attività e i livelli di prestazione cui riferirsi in relazione agli obiettivi di sicurezza da perseguire.
2. *II FASE ANALISI QUANTITATIVA;*  
Calcolo degli effetti dell'incendio in relazione agli obiettivi assunti, confrontando i risultati ottenuti con i livelli di prestazione individuati.

Si debbono fare considerazioni sull'incendio, sulle persone e sull'esodo:

- Velocità di crescita dell'incendio
- Entità dello sviluppo dei fumi, dei gas tossici..
- Dove può diffondersi l'incendio, il fumo..
- Tempo di attivazione dei rilevatori e che trascorrerà dopo l'allarme
- Tempo di arrivo dei soccorritori
- Tempo occorrente per uscire
- Tempo per raggiungere flash-over
- Tempo per eventuale collasso strutturale
- Disposizione degli arredi e layout
- Numero di occupanti, ubicazione e stato di veglia o sonno
- Persone in condizioni di disabilità, incapacitate a muoversi, colte da fenomeni di panico..

Inoltre gli obiettivi di progetto sono individuabili principalmente nei seguenti punti:

- Salvaguardia delle persone presenti all'interno dell'attività;
- Minimizzare la possibilità dell'insorgere di un incendio riducendone la magnitudine di impatto nel caso questo si verifichi;
- Garantire la stabilità delle strutture portanti al fine di assicurare l'esodo ed il soccorso degli occupanti;
- Limitare la propagazione di un incendio all'interno dell'attività;
- Limitare la propagazione di un incendio a porzioni dello stesso fabbricato o ad altri edifici;
- Assicurare l'abbandono dell'attività degli occupanti oppure il loro soccorso;
- Salvaguardia dei beni presenti all'interno dell'attività;
- Salvaguardia dei soccorritori in caso di intervento emergenziale.

Il fenomeno dell'incendio si verifica quando combustibile, comburente (ossigeno) ed innesco si incontrano tra di loro.



*Figura 1 - Triangolo incendio*



L'evoluzione dinamica di un incendio si può schematizzare nel seguente grafico che racchiude le quattro fasi principali di un incendio:

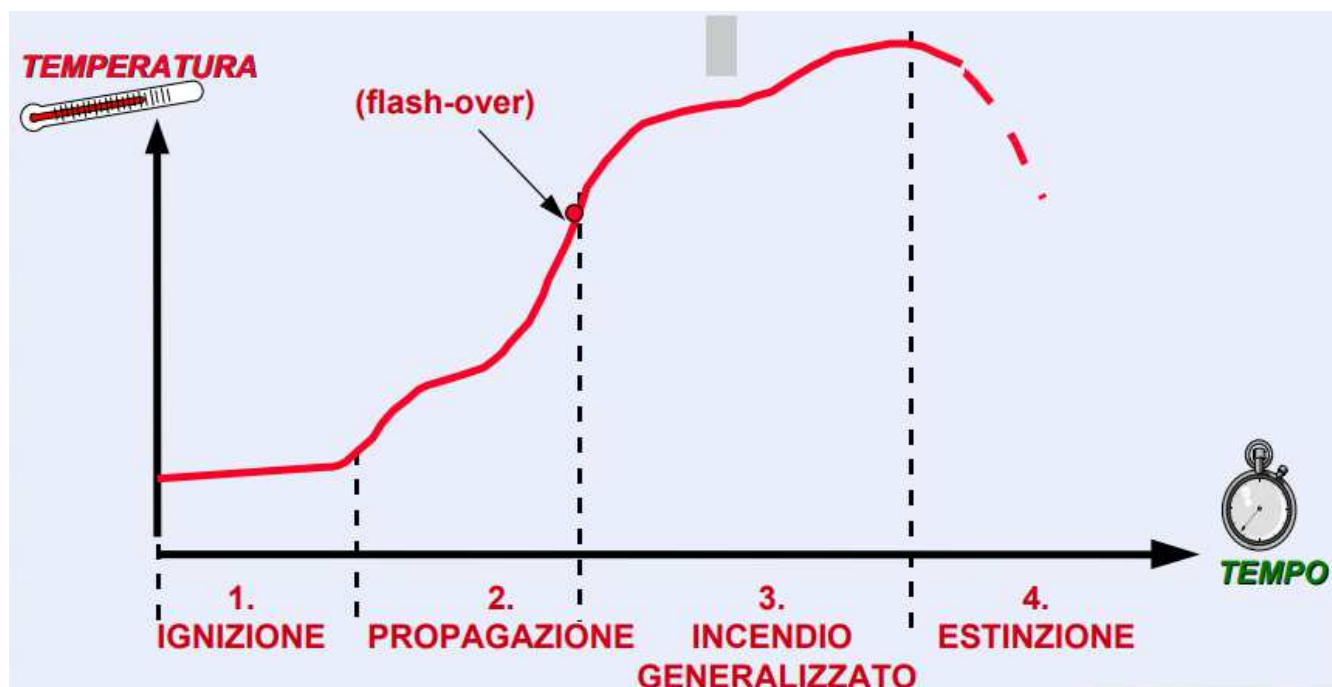


Figura 2 - evoluzione incendio

### **IGNIZIONE**

L'innesco di un incendio di combustibili solidi inizia con l'emanazione di gas da combustione, comparsa di fumo e poi fiamma. In questa prima fase incendio è controllato dal combustibile inizialmente coinvolto.

### **PROPAGAZIONE**

Si verifica un progressivo aumento della temperatura nei dintorni del focolaio. Tale fase di propagazione avviene per contatto e può essere regolata sia dal combustibile che dalla ventilazione e dalle caratteristiche del locale.

### **INCENDIO GENERALIZZATO**

Fase di flash-over quando la temperatura dei combustibili presenti diviene pari alla loro temperatura di accensione. E' una fase dove tutti i combustibili presenti sono coinvolti contemporaneamente.

### **ESTINZIONE**

Fase di raffreddamento ovvero quando le temperature iniziano a scendere. Il fenomeno termina quando si esaurisce il combustibile a disposizione oppure si raffredda al punto da non sostenere più la combustione.

L'incendio può essere estinto quando la temperatura dell'ambiente è scesa al di sotto dei 300°C.

### 1.2.1 METODOLOGIA SU CUI SI BASA APPROCCIO INGEGNERISTICO: MODELLI DI ESODO

Il processo dell'esodo risulta complesso per definizione, essendo governato dall'interazione dell'occupante con l'edificio e incendio.

Tradizionalmente, le regole tecniche di prevenzione incendi affrontano il problema in funzione di elementi fisico-geometrici (moduli di uscita, distanze, contrapposizione delle uscite..) trascurando le componenti comportamentali e l'iterazione tra le capacità fisico-cognitive degli occupanti e ambiente.

Il D.M. 03/08/2015 contiene due capitoli dedicati all'esodo ed alla salvaguardia della vita umana, in particolare:

- Capitolo S4 : Strategia antincendio – esodo
- Capitolo M3 : Metodi – salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

Tali capitoli risultano tra le parti che propongono maggiore evoluzione del metodo prescrittivo presente nelle Regole Tecniche precedenti i vigore, e nuovi metodi prestazionali basati su analisi e considerazioni evolute a cura del professionista.

Nell'analisi quantitativa prevista dalle metodologie prestazionali, per la salvaguardia della vita umana, si possono individuare tre distinte categorie di modelli:

1. Modelli parzialmente comportamentali
2. Modelli comportamentali
3. Modelli di movimento

*Modelli parzialmente comportamentali* calcolano in primo luogo lo spostamento delle persone, anche se prevedono l'influenza del comportamento in modo semplificato, simulando il tempo di pre-movimento distribuito tra le persone presenti, le difficoltà motorie, il sorpasso e l'effetto di fumo e calore.

La maggior parte di questi modelli ricorre alla legge che correla la velocità e la densità per calcolarne il movimento delle persone.

Rispetto ai modelli comportamenti quelli parzialmente comportamentali introducono le differenze tra le persone in termini fisici(dimensioni del corpo, ritardo nel movimento..) piuttosto che sotto il profilo cognitivo.

*Modelli comportamentali* prendono in considerazione le decisioni ed il comportamento delle singole persone, oltre al movimento verso l'uscita. Le regole di comportamento in base alle quali le persone si muovono (ad esempio se una persona nota del fumo nel vano scala non vi entrerà e cercherà un'altra uscita) sono definite in ciascun modello.

Quasi tutti i modelli comportamentali hanno la possibilità di assegnare probabilità all'attività svolta da ogni persona. Queste sono associate sia alla verosimiglianza di effettuazione che alla distribuzione dei tempi per ogni azione secondo la probabilità di accadimento.

*Modelli di movimento* si concentrano sullo spostamento delle persone da un punto ad un altro dell'edificio. La legge che governa il movimento nella maggior parte dei modelli è quella della correlazione tra velocità e densità.

In alcuni casi i modelli prevedono la possibilità di ottimizzare i risultati dell'esodo, e cioè considerano la possibilità che non tutte le persone si spostano lungo il percorso più breve

ma che si distribuiscono in modo da realizzare la densità che produce il tempo di esodo più breve. In assenza di questa tecnica, i modelli di movimento seguono il criterio di spostare le persone con la minima distanza possibile. La maggior parte dei modelli di movimento utilizza una griglia grossolana, costituita da nodi (i locali) ed archi (la distanza tra i punti mediani dei nodi).

La rappresentazione dell'esodo considera le persone come un gruppo omogeneo con le stesse capacità di movimento e che, quindi si spostano fino all'uscita nel modo più rapido. Quindi non si considerano le differenze dovute al comportamento delle persone.

Il modello di flusso la capacità di esodo dei comportamenti approssima una funzione lineare della larghezza effettiva della porta.

Il tempo di movimento è determinato dalla distanza da percorrere e dalla velocità secondo la relazione :

$$\text{TEMPO (s)} = \text{DISTANZA (m)} / \text{VELOCITA' (m/s)}$$

Sia la distanza che la velocità non sono determinanti a priori. Sulla prima infatti è determinante la scelta della persona, mentre la seconda è funzione della densità di persone e delle loro caratteristiche. Influenzano la velocità inoltre il fumo e la visibilità dei percorsi, la larghezza e la pendenza degli elementi, il tipo di superficie di muri e pavimenti.

Parametri sono:

- Caratterizzazione della popolazione di individui presenti (diverse abilità, velocità)
- Lunghezze e larghezze delle vie di esodo, percorsi e scale
- Tempi di evacuazione (rilevazione, allarme movimento e percorrenza)
- Tempo di rilevazione e segnalazione di allarme incendio
- Tempo di inizio evacuazione
- Tempo per raggiungere un luogo sicuro
- Impianto di rivelazione automatica di incendio (condizioni fisiche delle persone dove è inviata la segnalazione, tipo di rivelatori utilizzati e loro posizionamento, distanza e ubicazione dei dispositivi ottico-acustici di allarme incendio, criterio di riconoscimento di una simulazione di allarme, condizioni di manutenzione dell'impianto).

### 1.2.2 PROGETTAZIONE PRESTAZIONALE PER LA SALVAGUARDIA DELLA VITA

La progettazione prestazionale per la salvaguardia della vita è affrontata nel capitolo M3 del DM 03/08/2015 che descrive il percorso di progettazione prestazionale di un sistema di esodo, utilizzando gli strumenti progettuali richiamati in documenti riconosciuti di valenza internazionale, per la caratterizzazione e valutazione dell'esodo nella sua globalità rispetto all'interazione delle componenti:

- Fisico geometrica (layout edificio..)
- Ambientale ( presenza degli effetti avversi dell'incendio)
- Comportamentale.

Nell'applicazione del metodo prestazionale alla sicurezza antincendio per la salvaguardia della vita, gli obiettivi del professionista antincendio possono essere la dimostrazione della possibilità per tutti gli **occupanti** di raggiungere o permanere in un luogo sicuro senza che ciò sia impedito dall'esposizione ai prodotti dell'antincendio e la dimostrazione della possibilità per i **soccorritori** di operare in sicurezza.

È importante che la progettazione deve seguire una delle procedure riconosciute a livello internazionale per la valutare la posizione e la condizione degli occupanti durante l'evoluzione degli scenari d'incendio previsti per l'attività.

Il criterio ideale è che gli occupanti raggiungono il luogo sicuro senza accorgersi degli effetti dell'incendio.

CRITERIO  $ASET > RSET$  [ISO/TR 13387 - 8]

Imposizione di un tempo massimo per l'evacuazione.

- a) **ASET** tempo disponibile per l'esodo
- b) **RSET** tempo richiesto per l'esodo

Si considera efficace il sistema d'esodo se **ASET > RSET**, se cioè il tempo in cui permangono condizioni ambientali non incapacitanti per gli occupanti è superiore al tempo necessario perché essi possano raggiungere un luogo sicuro, non soggetto a tali condizioni ambientali sfavorevoli dovute all'incendio.

Il rispetto di un tempo massimo per l'evacuazione è stato introdotto dal DM 10/03/1998 in funzione del livello di rischio incendio:

	RISCHIO INCENDIO LIVELLO BASSO	RISCHIO INCENDIO LIVELLO MEDIO	RISCHIO INCENDIO LIVELLO ALTO
Tempo massimo di evacuazione	5 min	3 min	1 min
Lunghezza massima del percorso fino all'uscita di piano	45-60 m	30-45 m	15-30 m
Velocità di esodo	0,15 - 0,20 m/s	0,17 - 0,25 m/s	0,25 - 0,50 m/s

Figura 3 - Rischi d'incendio

La differenza tra ASET ed RSET rappresenta il margine di sicurezza della progettazione prestazionale per la salvaguardia della vita.

Nel confronto tra diverse soluzioni progettuali, il professionista antincendio rende massimo il margine di sicurezza *tmarg*, al fine di considerare l'incertezza nel calcolo dei tempi di ASET ed RSET.

### **CALCOLO DI ASET (Required Safefy Escape Time)**

ASET, il tempo a disposizione degli occupanti per mettersi in salvo, dipende strettamente dalle interazioni nel sistema **incendio-edificio-occupanti**.

L'**incendio** si innesca, si propaga e diffonde nell'edificio i suoi prodotti, fumi e calore.

L'**edificio** resiste all'incendio per mezzo delle misure protettive attive e passive: impianti antincendio, compartimentazioni, sistemi di controllo di fumo e calore.

Gli **occupanti** sono esposti agli effetti dell'incendio in relazione alla attività che svolgono, alla loro posizione iniziale, al loro percorso nell'edificio ed alla condizione fisica e psicologica.

Ciascun occupante possiede un proprio valore di ASET.

La complessità del calcolo di ASET viene risolta dal professionista antincendio attraverso:

- considerazioni statistiche,
- modelli di calcolo numerici,
- ipotesi semplificative.

Il calcolo di ASET richiede la stima delle concentrazioni di prodotti tossici, delle temperature e della densità del fumo negli ambienti a seguito dell'incendio.

### **CALCOLO DI RSET (Required Safefy Escape Time)**

RSET è calcolato tra l'innesco dell'incendio ed il momento in cui gli occupanti dell'edificio raggiungono un luogo sicuro.

RSET dipende dalle interazioni del sistema incendio-edificio occupanti:

la fuga degli occupanti è fortemente condizionata dalle geometrie dell'edificio ed è rallentata dagli effetti dell'incendio.

Il documento di riferimento per il calcolo di RSET è la ISO/TR 16738.

RSET è determinato da varie componenti:

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

$t_{det}$  tempo di rivelazione (detection)

$t_a$  tempo di allarme generale

$t_{pre}$  tempo di pre-movimento (pre-travel activity time, PTAT)

$t_{tra}$  tempo di movimento (travel)

Al fine del calcolo di RSET il professionista antincendio deve sviluppare lo scenario comportamentale di progetto più appropriato per il caso specifico, perché l'attività di pre-movimento e le velocità dell'esodo dipendono dalla tipologia di popolazione considerata e dalle modalità d'impiego dell'edificio.

Ad esempio, i parametri variano notevolmente se gli occupanti sono svegli ed hanno familiarità con l'edificio, come in un edificio scolastico, o dormono e non conoscono la struttura, come in una struttura ospedaliera.

Come per ASET, ciascun occupante possiede un proprio valore anche di RSET. Gli occupanti seguito di un segnale di allarme o più in generale di un indizio (allarmi forniti da sistemi di rivelazione e allarme, percezione diretta dei prodotti da combustione, comunicazione di altre persone, interruzione di servizi quali energia elettrica, ecc), impiegano una parte del tempo in attività non strettamente e immediatamente rivolte l'evacuazione.

Si attiva un processo di validazione continuo di ricezione, di riconoscimento, di interpretazione degli indizi e di decisione in risposta agli stessi indizi e questo può costituire una parte non trascurabile del tempo che si impiega per raggiungere un luogo sicuro.

Il modello comportamentale che ne deriva è complesso essendo condizionato dall'interazione continua tra le capacità fisiche e cognitive dell'individuo e l'ambiente.

In tale contesto di interazione possono avere influenza:

- l'incertezza dell'individuo che segue le decisioni altrui,
- il discomfort causato dalla densità della folla,
- le costrizioni ambientali che influenzano il comportamento della folla in ambienti chiusi e ristretti,
- la percezione emotiva per cui la gravità dell'emergenza è valutata in funzione della reazione degli altri.

Risulta fondamentale quindi ai fini del calcolo di RSET la comprensione più accurata possibile del comportamento degli individui in caso di emergenza.

Caratteristiche degli edifici:

- destinazione d'uso
- Numero e superficie dei piani,
- collocazione delle uscite e delle scale,
- Complessità spaziale/wayfinding,
- metodi di rilevazione e segnali di allarme (tipo, udibilità,collocazione),
- sistemi di comunicazione verbale,
- Sistemi di gestione della sicurezza,
- layout delle edificio,
- numero degli occupati e densità,
- mobilità: dipende da fattori quali l'età, il sesso, le limitazioni temporali delle condizioni di salute
- Capacità di allerta
- familiarità con l'edificio: ci si riferisce in particolare alla familiarità con l'edificio, con i sistemi di allarme e le procedure di evacuazione

- **affiliazione sociale:** tendenza degli occupanti ad essere presenti individualmente o a comporsi in gruppi di amici o gruppi di famiglia, ecc.
- **Ruolo e responsabilità:** il ruolo e la responsabilità di un occupante in condizioni ordinarie dell'attività influenzerà, in caso di emergenza, il suo comportamento e quello degli altri.
- **Es,** un rapporto alto di personale competente e ben addestrato, rispetto ad altri occupanti tenderà ad accorciare la fase di risposta del tempo di pre-movimento
- **Posizione:** posizione nell'edificio relativamente alle vie di esodo, ecc
- **impegno nel completare l'attività intrapresa prima dell'incendio.** È più probabile che l'impegno persista quando la situazione è ambigua e non è chiaro agli occupanti che si sta sviluppando un incendio
- **punto focale:** se lo scenario ha un punto focale, come un palco in un teatro, la popolazione dell'edificio normalmente guarda verso quel punto per ottenere un'istruzione nelle prime fasi di un allarme. Questo tipo di attenzione potrà essere utilizzato in condizioni di emergenza per fornire indicazioni sull'esodo.

Alcuni di questi fattori e la relativa influenza sull'esodo sono quantificabili, mentre altri sono valutabili solo qualitativamente.

### **1.2.3 PROGETTAZIONE ANTINCENDIO NELLE STRUTTURE OSPEDALIERE**

Nella gestione delle strutture ospedaliere ci si trova sempre più a dover agire su diversi fronti, perché:

- è indispensabile la messa in sicurezza, secondo i requisiti imposti da nuove normative e norme tecniche in materia di sicurezza;
- occorre dar corso all'ammodernamento logistico – funzionale – impiantistico allo scopo di rispondere ai criteri di qualità imposti dalle disposizioni di legge per l'assistenza sanitaria in funzione dell'accreditamento delle strutture stesse;
- occorre fornire un servizio di qualità, sicuro ed erogabile costantemente.

## 1.2.4 PROBLEMATICHE TIPICHE E PECULIARITÀ NELLE STRUTTURE OSPEDALIERE

### Configurazione architettonica degli edifici

Per quanto riguarda la configurazione architettonica degli ospedali è da considerare la complessità degli edifici:

- Edifici nuovi ed edifici storici.
- Area degenze diversificate in base al servizio erogato, costituiti essenzialmente da: corridoi, camere di degenza convenzionate o a pagamento, soggiorni, sale di medicazione, studi medici, aree diagnosi e terapia, depositi temporanei di reparto, servizi igienici, cucina.
- Area degenze day hospital o day surgery.
- Aree attività specialistiche: sala operatoria, pronto soccorso, unità diagnostiche (TAC, PET, radiologia, risonanza magnetica nucleare, ecc.)
- Aree ambulatori: sale di attesa, servizio cassa, corridoi, sale diagnosi, terapia o prelievi, studi medici; - Aree servizi sanitari: impianti termici (riscaldamento e raffreddamento), impianti distribuzione gas medicali, lavanderia, guardaroba, sterilizzazione, farmacia, obitorio, preparazione chemioterapici-antiblastici, laboratori di analisi, smaltimento rifiuti, palestre, piscina.
- Aree servizi non sanitari: bar, negozi, cucine, aree ristorante e/o mensa, chiesa, ostelli o servizi di ricovero parenti, aule di docenza, biblioteche,

Ad esempio le Aree di degenza possono essere a degenza singola o a degenza multipla. Sono dotate di armadi e comodini che possono essere fissi attraverso le partizioni interne oppure mobili di produzione industriale.

Le dotazioni però, variano in base alla tipologia di area come le aree di rianimazione e terapia intensiva, nelle quali si prevede una tipologia di letto diversa. L'articolazione dello spazio non segue gli standard progettuali prescritti dalla normativa vigente. Infatti, il personale medico e paramedico deve essere in condizione di poter seguire anche gli altri ricoverati mentre assiste uno in particolare. Le camere potranno essere organizzate anche con più di quattro letti.

In queste stanze si deve tener conto che il paziente è costretto a letto, continuamente monitorato e collegato ad apparecchiature di sostegno delle funzioni vitali, agganciate a un canale testa letto e al soffitto. La maggiore dotazione impiantistica richiede un aumento di superfici e altezze. Inoltre, alle stanze è vincolato dalle misure di asepsi e può prevedere anche zone filtro in cui vestirsi.

### Fattori di rischio di tipo tecnologia

#### *Impianti di distribuzione di gas medicali*

Gli impianti centralizzati di distribuzione dei gas medicali (in particolare ossigeno e protossido di azoto, ovvero gas comburenti) hanno il merito di annullare, o quanto meno ridurre al minimo indispensabile per le necessarie garanzie di sicurezza, la presenza di



bombole nei reparti (che, in prospettiva, sarebbero comunque da eliminare e, in attesa di ciò sono da utilizzare ed installare con la massima cautela possibile).



*Figura 4 - Bombola d'ossigeno*

Tuttavia, perdite non prontamente individuate dalle linee di distribuzione possono portare a situazioni di grande rischio. E' necessario verificare periodicamente la tenuta di linee, accessori, bocchette ecc. e procedere alla graduale sostituzione delle linee interrate o annegate nella muratura con linee totalmente esterne, dotate di un adeguato numero di valvole di sezionamento in modo da agevolare gli interventi di manutenzione.

Il DM 18/9/02 dedica nella fattispecie il tema degli impianti di distribuzione dei gas medicali, specificando le caratteristiche costruttive e gestionali che gli stessi devono possedere.

### [Apparecchiatura ad alta energia](#)

#### *Risonanza magnetica*

Il termine Risonanza Magnetica Nucleare viene introdotto negli anni '40 per descrivere un fenomeno chimico-fisico basato sulle proprietà di alcuni nuclei degli elementi chimici che, sottoposti ad un campo magnetico, sono in grado di assorbire e riflettere energia nello spettro delle radiofrequenze è, quindi, quella tecnica radiologica che, utilizzando proprietà di alcuni nuclei atomici di emettere radiazioni elettromagnetiche, fornisce immagini di

sezioni trasverse dell'organismo umano secondo una rappresentazione morfologica della distribuzione dell'acqua (atomi idrogenoidi).

Per quanto riguarda le norme di sicurezza, queste hanno lo scopo di proteggere gli individui dai possibili rischi biologici: può infatti accadere che un effetto, di solito indifferente, possa sfuggire al controllo dei meccanismi fisiologici di compensazione, specie nei casi di esposizioni ripetute e prolungate, dando luogo ad un danno: il danno non è certo, ma se ne può stabilire la probabilità in base, per esempio, all'intensità e alla durata dell'esposizione.

Per tutelare i pazienti e i lavoratori è stato predisposto un regolamento di sicurezza al cui rispetto sono tenuti tutti coloro che, per qualunque motivo, accedono alle aree di accesso controllato. Il rischio maggiore comunque è il rischio di infortunio legato alla accelerazione che il campo magnetico, di elevata intensità e sempre presente nei magneti a superconduttore, può imprimere agli oggetti di ferro o di metalli ferromagnetici, trasformandoli in proiettili micidiali.

Ecco infatti alcune norme di sicurezza a cui gli operatori devono sottoporsi:

1. Il personale addetto deve preventivamente sottoporsi alla visita ed alle indagini mediche volte ad escludere qualunque patologia o situazione clinica che controindichi l'esposizione a campi magnetici
2. Prima di entrare nella sala magnete il personale deve depositare tutti gli oggetti metallici ed in particolare quelli di materiale ferromagnetico (orologi, chiavi, spille, forcine ecc) ed ogni tipo di carte magnetiche
3. E' obbligo del personale sottoporsi agli accertamenti medici preventivi, periodici e straordinari
4. Il lavoratori addetti al reparto RM sono tenuti a comunicare tempestivamente al Medico Responsabile dell'attività dell'impianto ogni variazione delle condizioni fisiche che comporti la presenza nel proprio corpo di protesi e/o corpi metallici. Le lavoratrici sono tenute a comunicare tempestivamente al responsabile del reparto il proprio stato di gravidanza
5. I lavoratori non devono superare, durante la routine lavorativa, i limiti di esposizione.

### *La Tomografia Computerizzata (TC)*

Tale sistema permette di ottenere la ricostruzione della sezione di una zona anatomica di interesse tramite un fascio collimato emesso da un tubo a raggi X in rotazione attorno all'asse del paziente.

Durante le procedure speciali, la radioprotezione viene assicurata dalla presenza di idonee schermature nelle sale in cui sono collocate le apparecchiature. Le schermature vengono dimensionate in funzione dei materiali utilizzati e in relazione al numero di esami effettuati. Nel caso in cui il personale abbia la necessità di restare in prossimità della fonte radiogena, la sua protezione deve essere assicurata tramite l'utilizzo di schermi mobili, se possibile, e/o di dispositivi di protezione individuale: camici piombiferi, guanti. Dipendentemente dal tipo di attività svolta e dall'entità del rischio può o meno essere prescritto l'uso di dosimetri personali e possono inoltre essere prescritti dosimetri per la valutazione della dose assorbita dalle estremità e dal cristallino. Per proteggere i pazienti, invece, deve essere limitato il tempo di scopia allo stretto necessario, devono essere usati grembiolini protettivi in piombo per schermare in particolare gli organi riproduttivi quando il fascio primario è orientato in prossimità delle gonadi.

## La Pet

La tomografia ad emissione di positroni consente di misurare la concentrazione di traccianti radioattivi nell'organo in esame e di ricostruire immagini di sezioni dell'organo stesso in termini di distribuzioni di concentrazione del radio tracciante. La pet utilizza radionuclidi emittenti positroni (decadimento  $\beta^+$ ) e rileva le radiazioni  $\gamma$  da 511 keV emesse a  $180^\circ$  in seguito all'annichilazione del positrone con un elettrone. Un sistema di coppie di rivelatori opposti permettono la rivelazione dei  $\gamma$  emessi in coincidenza ed il segnale viene inviato ad un computer per il trattamento dei dati per la creazione di immagini tomografiche. Per quanto riguarda le norme di radioprotezione:

- se prescritti, assicurarsi di portare i dosimetri personali;
- in zona controllata è vietato mangiare, bere e fumare;
- all'uscita eseguire il controllo della contaminazione personale con l'apposito strumento di misura;
- durante l'esame non rimanere in prossimità del paziente;

## Sorgenti di radiazioni ionizzanti

Un rischio importante nel settore sanitario è quello d'esposizione a radiazioni ionizzanti, utilizzate per una prolungata e non protetta attività a scopo diagnostico, terapeutico o di disinfezione. Le radiazioni ionizzanti sono delle particelle e delle onde elettromagnetiche con energia sufficientemente elevata tale da far emettere ad un atomo uno o più elettroni alterando la loro neutralità elettrica (che consiste nell'aver un uguale numero di protoni e di elettroni). Gli atomi si caricano elettricamente e si ionizzano. L'esposizione a tali radiazioni può determinare gravi danni fino alla morte cellulare, ecc.

La radioprotezione in attività radiologica viene assicurata soprattutto dalla presenza di idonee schermature nelle sale in cui sono collocate le apparecchiature; le schermature vengono dimensionate in funzione dei materiali utilizzati (cemento, mattoni, piombo), in relazione al numero d'esami effettuati, alla destinazione d'uso dei locali confinanti e al loro grado di occupazione. La sala radiologica, normalmente classificata zona controllata, è indicata oltre che dall'apposita segnaletica, anche da un dispositivo luminoso che lampeggia durante l'emissione raggi. Le zone adiacenti alla zona controllata possono essere classificate zona sorvegliata o non essere classificate, in funzione dell'intensità dei campi di radiazione presenti in tali zone. È obbligatorio per gli operatori addetti l'uso dei dosimetri personali e degli eventuali dispositivi di protezione individuali assegnati (camici piombiferi, guanti attenuatori, collari e occhiali anti-X) in relazione alle mansioni svolte.

## 1.3 COMPENSAZIONE DEL RISCHIO – MISURE DI PREVENZIONE

Alcune tra le principali misure di prevenzione incendi, finalizzate alla riduzione della probabilità di accadimento di un incendio, possono essere individuate in:

- Realizzazione di impianti elettrici a regola d'arte. ( Norme CEI )
- Collegamento elettrico a terra di impianti, strutture, serbatoi etc.
- Installazione di impianti parafulmine.
- Ventilazione dei locali.
- Utilizzazione di materiali incombustibili.
- Segnaletica di Sicurezza, riferita in particolare ai rischi presenti nell'ambiente di lavoro.

### Realizzazione di impianti elettrici a regola d'arte

Gli incendi dovuti a cause elettriche ammontano a circa il 30% della totalità di tali sinistri. Pertanto appare evidente la grande importanza che deve essere data a questa misura di prevenzione che, mirando alla realizzazione di impianti elettrici a regola d'arte (D.M.37/2008, norme CEI ), consegue lo scopo di ridurre drasticamente le probabilità d'incendio, evitando che l'impianto elettrico costituisca causa d'innescò. Numerosa è la casistica di anomalie riguardante gli impianti elettrici, i quali possono causare principi d'incendio dovuti a: corti circuiti, conduttori flessibili danneggiati, contatti lenti, surriscaldamenti dei cavi o dei motori, guaine discontinue, mancanza di protezioni, sottodimensionamento degli impianti, apparecchiature di regolazione mal funzionanti ecc.

### Collegamento elettrico a terra

La messa a terra di impianti, serbatoi ed altre strutture impedisce che su tali apparecchiature possa verificarsi l'accumulo di cariche elettrostatiche prodottesi per motivi di svariata natura (strofinio, correnti vaganti ecc.). La mancata dissipazione di tali cariche potrebbe causare il verificarsi di scariche elettriche anche di notevole energia le quali potrebbero costituire innesco di eventuali incendi specie in quegli ambienti in cui esiste la possibilità di formazione di miscele di gas o vapori infiammabili.

### Installazione di impianti parafulmine

Le scariche atmosferiche costituiscono anch'esse una delle principali cause d'incendio. Per tale motivo risulta necessario provvedere a realizzare impianti di protezione da tale fenomeno, impianti che in definitiva consistono nel classico parafulmine o nella "gabbia di Faraday". Entrambi questi tipi di impianto creano una via preferenziale per la scarica del fulmine a terra evitando che esso possa colpire gli edifici o le strutture che si vogliono proteggere. La vigente normativa prevede l'obbligo d'installazione degli impianti di protezione dalle scariche atmosferiche solo per alcuni attività (scuole, industrie ad alto rischio d'incendio).

## Ventilazione dei locali

Vista sotto l'aspetto preventivo, la ventilazione naturale o artificiale di un ambiente dove possono accumularsi gas o vapori infiammabili evita che in tale ambiente possano verificarsi concentrazioni al di sopra del limite inferiore del campo d'infiammabilità. Naturalmente nel dimensionare e posizionare le aperture o gli impianti di ventilazione è necessario tenere conto sia della quantità che della densità dei gas o vapori infiammabili che possono essere presenti.

## Utilizzazione di materiali incombustibili

Quanto più né ridotta la quantità di strutture o materiali combustibili presente in un ambiente tanto minori sono le probabilità che possa verificarsi un incendio. Pertanto, potendo scegliere tra l'uso di diversi materiali dovrà sicuramente essere data la preferenza a quelli che, pur garantendo analoghi risultati dal punto di vista della funzionalità e del processo produttivo, presentino caratteristiche di incombustibilità.

### Misure comportamentali per prevenire gli incendi

L'obiettivo principale dell'adozione di misure precauzionali di esercizio è quello di permettere, attraverso una corretta gestione, di non aumentare il livello di rischio reso a sua volta accettabile attraverso misure di prevenzione e di protezione.

Le misure precauzionali di esercizio si realizzano attraverso:

- Analisi delle cause di incendio più comuni
- Informazione e Formazione antincendi
- Controlli degli ambienti di lavoro e delle attrezzature
- Manutenzione ordinaria e straordinaria

Molti incendi possono essere prevenuti richiamando l'attenzione del personale sulle cause e sui pericoli di incendio più comuni.

In particolare, è bene porre l'attenzione sui seguenti punti:

- deposito ed utilizzo di materiali infiammabili e facilmente combustibili;
- utilizzo di fonti di calore;
- impianti ed apparecchi elettrici;
- fumo;
- rifiuti e scarti combustibili;
- aree non frequentate;
- rischi legati a incendi dolosi;

Deposito ed utilizzo di materiali infiammabili e facilmente combustibili

Dove è possibile occorre che il quantitativo di materiali infiammabili o facilmente combustibili esposti, depositati o utilizzati, sia limitato a quello strettamente necessario per la normale conduzione dell'attività e tenuto lontano dalle vie di esodo. I quantitativi in eccedenza devono essere depositati in appositi locali od aree destinate unicamente a tale scopo. Le sostanze infiammabili, quando possibile, dovrebbero essere sostituite con altre meno pericolose (per esempio adesivi a base minerale dovrebbero essere sostituiti con altri a base acquosa). Il personale che manipola sostanze infiammabili o chimiche pericolose deve essere adeguatamente addestrato sulle circostanze che possono incrementare il rischio di incendio.

## Segnaletica di sicurezza, riferita in particolare ai rischi presenti nell'ambiente di lavoro

### *Utilizzo di fonti di calore*

Le cause più comuni di incendio al riguardo includono:

- a) impiego e detenzione delle bombole di gas utilizzate negli apparecchi di riscaldamento (anche quelle vuote);
- b) depositare materiali combustibili sopra o in vicinanza degli apparecchi di riscaldamento;
- c) utilizzo di apparecchi in ambienti non idonei (presenza di infiammabili, alto carico di incendio etc.)
- d) utilizzo di apparecchi in mancanza di adeguata ventilazione degli ambienti (norme UNI-CIG)

I condotti di aspirazione di cucine, forni, seghe, molatrici, devono essere tenuti puliti con frequenza adeguata per evitare l'accumulo di grassi o polveri.

Gli ambienti in cui sono previste lavorazioni con fiamme libere o con elementi ad incandescenza a vista dovranno essere accuratamente controllati. I luoghi dove si effettuano lavori di saldatura o di taglio alla fiamma, devono essere tenuti liberi da materiali combustibili; è necessario tenere presente il rischio legato alle eventuali scintille.

Il personale deve essere istruito sul corretto uso delle attrezzature e degli impianti elettrici e in modo da essere in grado di riconoscere difetti.

Le prese multiple non devono essere sovraccaricate per evitare surriscaldamenti degli impianti. Nel caso debba provvedersi ad una alimentazione provvisoria di una apparecchiatura elettrica, il cavo elettrico deve avere la lunghezza strettamente necessaria e posizionato in modo da evitare possibili danneggiamenti. Le riparazioni elettriche devono essere effettuate da personale competente e qualificato. Tutti gli apparecchi di illuminazione producono calore e possono essere causa di incendio.

### *Il fumo e l'utilizzo di portacenere*

Occorre identificare le aree dove il fumo delle sigarette può costituire pericolo di incendio e disporre il divieto, in quanto la mancanza di disposizioni a riguardo è una delle principali cause di incendi. Nelle aree ove sarà consentito fumare, occorre mettere a disposizione idonei portacenere che dovranno essere svuotati regolarmente. I portacenere non debbono essere svuotati in recipienti costituiti da materiali facilmente combustibili, né il loro contenuto deve essere accumulato con altri rifiuti. Non deve essere permesso di fumare nei depositi e nelle aree contenenti materiali facilmente combustibili od infiammabili.

### *Rifiuti e scarti di lavorazione combustibili*

I rifiuti non debbono essere depositati, neanche in via temporanea, lungo le vie di esodo (corridoi, scale, disimpegni) o dove possono entrare in contatto con sorgenti di ignizione. L'accumulo di scarti di lavorazione deve essere evitato ed ogni scarto o rifiuto deve essere rimosso giornalmente e depositato in un'area idonea fuori dell'edificio.

### *Aree non frequentate*

Le aree del luogo di lavoro che normalmente non sono frequentate da personale (cantinati, locali deposito) ed ogni area dove un incendio potrebbe svilupparsi senza preavviso, devono essere tenute libere da materiali combustibili non essenziali. Precauzioni devono essere adottate per proteggere tali aree contro l'accesso di persone non autorizzate.

### *Misure contro gli incendi dolosi*

Scarse misure di sicurezza e mancanza di controlli possono consentire accessi non autorizzati nel luogo di lavoro, comprese le aree esterne, e ciò può costituire causa di incendi dolosi. Occorre pertanto prevedere adeguate misure di controllo sugli accessi ed assicurarsi che i materiali combustibili depositati all'esterno non metta a rischio il luogo di lavoro. E' quindi evidente come molti incendi possono essere prevenuti richiamando l'attenzione del personale sulle cause e sui pericoli di incendio più comuni; questo può essere realizzato SOLO attraverso una idonea informazione e formazione antincendi.

## **1.3.1 COMPENSAZIONE DEL RISCHIO- MISURE DI PROTEZIONE**

La protezione antincendio consiste nell'insieme delle misure finalizzate alla riduzione dei danni conseguenti al verificarsi di un incendio, agendo quindi come già illustrato sulla Magnitudo dell'evento incendio.

Gli interventi si suddividono in misure di protezione attiva o passiva in relazione alla necessità o meno dell'intervento di un operatore o dell'azionamento di un impianto.

### **Misure di protezione passiva**

L'insieme delle misure di protezione che non richiedono l'azione di un uomo o l'azionamento di un impianto sono quelle che hanno come obiettivo la limitazione degli effetti dell'incendio nello spazio e nel tempo (- garantire l'incolumità dei lavoratori – limitare gli effetti nocivi dei prodotti della combustione – contenere i danni a strutture , macchinari , beni ).

Questi fini possono essere perseguiti con :

- barriere antincendio: isolamento dell'edificio; distanze di sicurezza esterne ed interne; muri tagliafuoco, schermi etc.
- strutture aventi caratteristiche di resistenza al fuoco
- materiali classificati per la reazione al fuoco
- sistemi di ventilazione
- sistema di vie d'uscita commisurate al massimo affollamento ipotizzabile dell'ambiente di lavoro e alla pericolosità delle lavorazioni

## Distanze di sicurezza

Le distanze di sicurezza si distinguono in distanze di sicurezza interne e distanze di sicurezza esterne a seconda che siano finalizzate a proteggere elementi appartenenti ad uno stesso complesso o esterni al complesso stesso.

Un altro tipo di distanza di sicurezza è da considerarsi la “distanza di protezione” che è definita la distanza misurata orizzontalmente tra il perimetro in pianta di ciascun elemento pericoloso di una attività e la recinzione (ove prescritta) ovvero il confine dell’area su cui sorge l’attività stessa.

La determinazione delle distanze di sicurezza in via teorica è basata sulle determinazioni dell’energia termica irraggiata dalle fiamme di un incendio. Esistono vari modelli di calcolo che forniscono dati molto orientativi.

Nelle norme antincendio ufficiali vengono introdotti invece valori ricavati empiricamente da dati ottenuti dalle misurazioni dell’energia raggiante effettuata in occasione di incendi reali e in incendi sperimentali.

Appare evidente che compartimentare una struttura ricorrendo alla sola adozione di distanze di sicurezza comporta l’utilizzo di grandi spazi che dovranno essere lasciati vuoti e costituire di per se una misura poco conveniente di realizzazione di una barriera antincendio da un punto di vista economico, anche nel caso di edifici industriali dove si dispone di solito di grandi spazi, poiché così facendo si aumenterebbero i tempi di lavorazione e i costi relativi all’incremento dei servizi di trasporto dei prodotti all’interno del ciclo produttivo.

Pertanto la protezione passiva si realizza anche mediante la realizzazione di elementi di separazione strutturale del tipo “tagliafuoco”.

## Resistenza al fuoco e compartimentazione

La resistenza al fuoco delle strutture rappresenta il comportamento al fuoco degli elementi che hanno funzioni strutturali nelle costruzioni degli edifici, siano esse funzioni portanti o funzioni separanti.

In termini numerici la resistenza al fuoco rappresenta l’intervallo di tempo, espresso in minuti primi, di esposizione dell’elemento strutturale ad un incendio, durante il quale l’elemento costruttivo considerato conserva i requisiti progettuali di stabilità meccanica, tenuta ai prodotti della combustione, nel caso più generale, di coibenza termica.

La determinazione della resistenza al fuoco delle strutture si effettua generalmente mediante un metodo di calcolo globale (Circolare del Ministero dell’Interno n.91 del 1961) che si basa su una relazione tra la durata presumibile dell’incendio e il carico d’incendio che caratterizza il compartimento in esame, facendo inoltre riferimento ad un incendio con una curva standard temperatura-tempo di regola piuttosto severa rispetto alle possibili condizioni reali.

Più specificatamente la resistenza al fuoco può definirsi come l’attitudine di un elemento da costruzione (componente o struttura) a conservare:

### **R – stabilità**

l’attitudine di un elemento da costruzione a conservare la resistenza meccanica sotto l’azione del fuoco;

### **E – tenuta**

attitudine di un elemento da costruzione a non lasciar passare né produrre –se sottoposto all’azione del fuoco su un lato- fiamme, vapori o gas caldi sul lato non esposto al fuoco;



## I – isolamento termico

Attitudine di un elemento da costruzione a ridurre, entro un dato limite, la trasmissione del calore

### Vie di esodo (sistemi di vie d'uscita)

Nonostante il massimo impegno per prevenire l'insorgere di un incendio e la massima attenzione nell'adozione dei più moderni mezzi di rivelazione, segnalazione e spegnimento di un incendio, non si può escludere con certezza la possibilità che l'incendio stesso si estenda con produzione di calore e fumi tale da mettere a repentaglio la vita umana.

In considerazione di tutto ciò, il problema dell'esodo delle persone minacciate da un incendio è universalmente riconosciuto di capitale importanza, a tal punto da comportare soluzioni tecniche irrinunciabili.

Le soluzioni tecniche finalizzate all'esodo delle persone dai locali a rischio d'incendio nelle migliori condizioni di sicurezza possibile in caso d'incendio o di qualsiasi altra situazione di pericolo reale o presunto.

Gli elementi fondamentali nella progettazione del sistema di vie d'uscita si possono fissare in:

- dimensionamento e geometria delle vie d'uscita;
- sistemi di protezione attiva e passiva delle vie d'uscita;
- sistemi di identificazione continua delle vie d'uscita (segnaletica, illuminazione ordinaria e di sicurezza)

In particolare il dimensionamento delle vie d'uscita dovrà tenere conto del massimo affollamento ipotizzabile nell'edificio (prodotto tra densità di affollamento –persone/mq- e superficie degli ambienti soggetti ad affollamento di persone –mq-) nonché della capacità d'esodo dell'edificio.

### La reazione al fuoco dei materiali

La reazione al fuoco di un materiale rappresenta il comportamento al fuoco del medesimo materiale che per effetto della sua decomposizione alimenta un fuoco al quale è esposto, partecipando così all'incendio.

La reazione al fuoco assume particolare rilevanza nelle costruzioni, per la caratterizzazione dei materiali di rifinitura e rivestimento, delle pannellature, dei controsoffitti, delle decorazioni e simili, e si estende anche agli articoli di arredamento, ai tendaggi e ai tessuti in genere.

Per la determinazione della reazione al fuoco di un materiale non sono proponibili metodi di calcolo e modelli matematici, essa viene effettuata su basi sperimentali, mediante prove su campioni in laboratorio.

In relazione a tali prove i materiali sono assegnati alle classi:

**0 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5** con l'aumentare della loro partecipazione alla combustione, a partire da quelli di classe 0 che risultano non combustibili.

Specifiche norme di prevenzione incendi prescrivono per alcuni ambienti in funzione della loro destinazione d'uso e del livello del rischio d'incendio l'uso di materiali aventi una determinata classe di reazione al fuoco.

Il Centro Studi ed Esperienze del Ministero dell'Interno ed altri laboratori privati legalmente riconosciuti dal Ministero stesso, rilasciano a seguito di prove sperimentali un certificato di

prova, nel quale si certifica la classe di reazione al fuoco del campione di materiale sottoposto ad esame.

La reazione al fuoco di un materiale può essere migliorata mediante specifico trattamento di ignifugazione, da realizzarsi con apposite vernici o altri rivestimenti, che ne ritarda le condizioni favorevoli all'innesco dell'incendio, riducendo inoltre la velocità di propagazione della fiamma e i fenomeni di post-combustione.

### Misure di protezione attiva

L'insieme delle misure di protezione che richiedono l'azione di un uomo o l'azionamento di un impianto sono quelle finalizzate alla precoce rilevazione dell'incendio, alla segnalazione e all'azione di spegnimento dello stesso.

- Estintori
- Rete idrica antincendi
- Impianti di rivelazione automatica d'incendio
- Impianti di spegnimento automatici
- Dispositivi di segnalazione e d'allarme
- Evacuatori di fumo e calore

### **Estintori**

Gli estintori sono in molti casi i mezzi di primo intervento più impiegati per spegnere i principi di incendio.

Vengono suddivisi in:

- Estintori portatili
- Estintori carrellati

#### *Gli estintori portatili*

Sono concepiti per essere utilizzati a mano ed hanno un peso che può superare 20 Kg. Essi vengono classificati in base alla loro capacità estinguente. Infatti sono sperimentati su fuochi di diversa natura classificati in base al tipo di combustibile.

Classi di incendio

**Classe "A"** – fuochi di solidi con formazione di brace

**Classe "B"** – fuochi di liquidi infiammabili

**Classe "C"** – fuochi di gas infiammabile

**Classe "D"** – fuochi di metalli

La scelta dell'estintore va fatta in base al tipo di incendio ipotizzabile nel locale da proteggere.

Su ciascun estintore sono indicate le classi dei fuochi ed i focolai convenzionali che è in grado di estinguere (esempio: 21° 89BC). Per norma devono essere di colore rosso e riportate una etichetta con le istruzioni e le condizioni di utilizzo.

La posizione deve essere scelta privilegiando la facilità di accesso, la visibilità e la possibilità di raggiungere uno percorrendo al massimo 20 m.

### *Gli estintori carrellati*

Hanno le medesime caratteristiche funzionali degli estintori portatili ma, a causa delle maggiori dimensioni e peso, presentano una minore praticità d'uso e maneggevolezza connessa allo spostamento del carrello di supporto.

La loro scelta può essere dettata dalla necessità di disporre di una maggiore capacità estinguente e sono comunque da considerarsi integrativi di quelli portatili.

Vengono di seguito citate le varie tipologie di estintori:

- ad acqua, ormai in disuso,
- a schiuma, adatto per liquidi infiammabili,
- ad idrocarburi alogenati, adatto per motori di macchinari,
- a polvere, adatto per liquidi infiammabili ed apparecchi elettrici,
- ad anidride carbonica, idoneo per apparecchi elettrici;

Per queste ultime due tipologie di estintori, di uso più diffuso, vengono fornite ulteriori informazioni:

### *Estintori a polvere*

Per il lancio delle polveri antincendio si adoperano estintori costituiti da un involucro metallico, contenente la miscela di bicarbonato di sodio e polvere inerte; collegato ad una bombola di gas compresso o liquefatto (CO<sub>2</sub>).

Il gas propellente della polvere può essere CO<sub>2</sub>, per estintori di capacità sino a 30 Kg.; per gli estintori di maggiore capacità il gas è aria, o meglio azoto in pressione

Il CO<sub>2</sub> contenuto nella bomboletta, interna od esterna all'estintore, è circa, in peso, 1/10 della polvere da espellere.

### *Estintore ad anidride carbonica*

Gli estintori a CO<sub>2</sub> sono costituiti da una bombola collaudata e revisionata ogni 5 anni dall'ISPESL (ex ANCC) – per una pressione di carica, a 15°C. a 250 ate; da una valvola di erogazione a volantino o a leva e da una manichetta snodata – rigida o flessibile – con all'estremità un diffusore in materiale isolante.

Al momento dell'apertura della bombola, a mezzo delle valvole, il liquido spinto dalla pressione interna, sale attraverso un tubo pescante, passa attraverso la manichetta raggiungendo il diffusore dove, uscendo all'aperto, una parte evapora istantaneamente provocando un brusco abbassamento di temperatura (- 79° C.) tale da solidificare l'altra parte in una massa gelida e leggera detta "neve carbonica" o "ghiaccio secco".

La neve carbonica si adagia sui corpi che bruciano, si trasforma rapidamente in gas sottraendo loro una certa quantità di calore; il gas poi, essendo più pesante dell'aria, circonda i corpi infiammabili e, provocando un abbassamento della concentrazione di ossigeno, li spegne per soffocamento.

Gli estintori potranno essere poggiati a terra od attaccati alle pareti, mediante idonei attacchi che ne consentano il facile sganciamento; se l'estintore non può essere posto in posizione ben visibile da ogni punto della zona interessata, dovranno porsi dei cartelli di segnalazione, se necessario a bandiera) del tipo conforme alle norme della segnaletica di sicurezza.

### **Rete idrica Antincendio**

A protezione delle attività civili caratterizzate da un rilevante rischio viene di norma installata una rete idrica antincendio collegata direttamente, o a mazzo di vasca di disgiunzione, all'acquedotto cittadino.

La presenza della vasca di disgiunzione è necessaria ogni qualvolta l'acquedotto non garantisca continuità di erogazione e sufficiente pressione. In tal caso le caratteristiche idrauliche richieste agli erogatori (idranti UNI 45 oppure UNI 70) vengono assicurate in termini di portata e pressione dalla capacità della riserva idrica e dal gruppo di pompaggio. La rete idrica antincendi deve, a garanzia di affidabilità e funzionalità, rispettare i seguenti criteri progettuali:

- Indipendenza della rete da altre utilizzazioni.
- Dotazione di valvole di sezionamento.
- Disponibilità di riserva idrica e di costanza di pressione.
- Ridondanza del gruppo pompe.
- Disposizione della rete ad anello.
- Protezione della rete dall'azione del gelo e della corrosione.
- Caratteristiche idrauliche pressione
- portata (50 % degli idranti UNI 45 in fase di erogazione con portata di 120 lt/min e pressione residua di 2 bar al bocchello).
- Idranti (a muro, a colonna, sottosuolo o naspi) collegati con tubazioni flessibili a lance erogatrici che consentono, per numero ed ubicazione, la copertura protettiva dell'intera attività.

### **Impianti di spegnimento automatici**

Tali impianti possono classificarsi in base alle sostanze utilizzate per l'azione estinguente:

- Impianti ad acqua SPRINKLER (ad umido, a secco, alternativi, a preallarme, a diluvio etc.);
- Impianti a schiuma;
- Impianti ad anidride carbonica;
- Impianti ad halon;
- Impianti a polvere.

### **Impianti di rivelazione automatica d'incendio**

Tali impianti rientrano a pieno titolo tra i provvedimenti di protezione attiva e sono finalizzati alla rivelazione tempestiva del processo di combustione prima cioè che questo degeneri nella fase di incendio generalizzato.

Si deduce che è fondamentale riuscire ad avere un tempo d'inter-vento possibilmente inferiore al tempo di prima propagazione, ossia intervenire prima che si sia verificato il "flash over"; infatti si è ancora nel campo delle temperature relativamente basse, l'incendio non si è ancora esteso a tutto il sistema e quindi ne è più facile lo spegnimento ed i danni sono ancora contenuti. Dal diagramma qualitativo riportato di seguito si può vedere che l'entità dei danni, se non si interviene prima, ha un incremento notevole non appena si è verificato il "flash over". Pertanto un impianto di rivelazione automatica trova il suo utile impiego nel ridurre il "tempo reale" e consente:

- di avviare un tempestivo sfollamento delle persone, sgombero dei beni etc;
- di attivare un piano di intervento;

- di attivare i sistemi di protezione contro l'incendio (manuali e/o automatici di spegnimento)

I rivelatori di incendio possono essere classificati in base al fenomeno chimico-fisico rilevato in:

Rilevatori

- di calore
- di fumo (a ionizzazione o ottici)
- di gas
- di fiamme

### **Illuminazione di sicurezza**

L' impianto di illuminazione di Sicurezza deve fornire, in caso di mancata erogazione della fornitura principale della energia elettrica e quindi di luce artificiale, una illuminazione sufficiente a permettere di evacuare in sicurezza i locali (intensità minima di illuminazione 5 lux).

Dovranno pertanto essere illuminate le indicazioni delle porte e delle uscite di sicurezza, i segnali indicanti le vie di esodo, i corridoi e tutte quelle parti che è necessario percorrere per raggiungere un'uscita verso luogo sicuro.

E' opportuno, per quanto possibile, che le lampade ed i segnali luminosi dell'impianto luci di sicurezza non siano posizionati in alto (la presenza di fumo ne potrebbe ridurre la visibilità in maniera drastica sin dai primi momenti).

L'Impianto deve essere alimentato da una adeguata fonte di energia quali batterie in tampone o batterie di accumulatori con dispositivo per la ricarica automatica (con autonomia variabile da 30 minuti a 3 ore, a seconda del tipo di attività e delle circostanze) oppure da apposito ed idoneo gruppo elettrogeno; l'intervento dovrà comunque avvenire in automatico, in caso di mancanza della fornitura principale dell'energia elettrica, entro 5 secondi circa (se si tratta di gruppi elettrogeni il tempo può raggiungere i 15 secondi).

### **Evacuatori di fumo e di calore**

Tali sistemi di protezione attiva dall'incendio sono di frequente utilizzati in combinazione con impianti di rivelazione e sono basati sullo sfruttamento del movimento verso l'alto delle masse di gas caldi generate dall'incendio che, a mezzo di aperture sulla copertura, vengono evacuate all'esterno.

Gli evacuatori di fumo e calore (EFC) consentono pertanto di:

- Agevolare lo sfollamento delle persone presenti e l'azione dei soccorritori grazie alla maggiore probabilità che i locali restino liberi da fumo almeno fino ad un'altezza da terra tale da non compromettere la possibilità di movimento.
- Agevolare l'intervento dei soccorritori rendendone più rapida ed efficace l'opera.
- Proteggere le strutture e le merci contro l'azione del fumo e dei gas caldi, riducendo in particolare il rischio e di collasso delle strutture portanti.
- Ritardare o evitare l'incendio a pieno sviluppo – "flash over".
- Ridurre i danni provocati dai gas di combustione o da eventuali sostanze tossiche e corrosive originate dall'incendio.

Gli EFC devono essere installati, per quanto possibile, in modo omogeneo nei singoli compartimenti, a soffitto in ragione, ad esempio, di uno ogni 200 m<sup>2</sup> (su coperture piane o con pendenza minore del 20 %) come previsto dalla regola tecnica di progettazione costituita dalla norma UNI – VVF 9494.

La ventilazione dei locali può essere ottenuta con vari sistemi:

- Lucernari a soffitto
- Ventilatori statici continui
- Sfoghi di fumo e di calore
- Aperture a shed
- Superfici vetrate normali

## **1.4 COMPORTAMENTO UMANO IN CASO DI EMERGENZA e MODELLI PER LA SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO UMANO**

L'esodo da un edificio interessato da un'emergenza inizia quando le persone diventano consapevoli dell'esistenza di una situazione di pericolo e mettono in atto una serie di processi mentali ed azioni per giungere verso luoghi sicuri.

Gli indizi possono essere legati alla percezione diretta dell'emergenza o indiretta mediante attivazione di segnali d'allarme o di comunicazione da parte di altre persone. Una volta ricevuti questi indizi la persona inizierà un processo di validazione che proseguirà anche durante la fuga. Prima dell'inizio dell'esodo la persona dovrà prendere delle decisioni su cosa fare, se raccogliere oggetti, se chiamare altre persone o aiutandole a portarsi in salvo.

Lo studio del comportamento umano nel caso d'incendio come nel caso di una generale situazione di emergenza, presenta delle difficoltà difficili da superare in quanto molte delle situazioni di cui sarebbe importante conoscere i dati sono difficili da simulare in laboratorio. Inoltre può essere considerata relativa l'attendibilità dei dati raccolti durante le esercitazioni nelle quali manca effetto a sorpresa o ansia, o stress o panico che invece possono presentarsi in situazioni reali.

E' importante quindi riuscire a definire le tempistiche dell'esodo, la valutazione delle caratteristiche dell'edificio che possono essere ad esempio la geometria o utilizzo dello stesso, la complessità architettonica, segnaletica, illuminazione e tutte le protezioni attive.

In generale si può avere una risposta diversa all'emergenza in relazione ai fattori sopra citati ad esempio sarà condizionata dall'utenza giovani od anziani o dal tipo di sistemi che indirizzino le persone lungo le vie di uscita. Tra i fattori che influenzano la risposta all'emergenza è l'informazione. Le persone che sono in possesso di informazioni ambigue saranno soggette a informazioni sbagliate degli indizi che incontreranno, il che può implicare azioni contrarie a quelle che si danno per scontate durante la pianificazione dell'emergenza. Una informazione completa, al contrario, potrà dare luogo ad una fase di riconoscimento del pericolo e di scelta delle azioni molto più rapida e più vicina alla effettiva necessità.

Anche le caratteristiche delle persone presenti possono essere divise tra fisiche e cognitive, le cui interazioni possono riguardare le capacità fisiche, sociali o entrambe.

Vengono usati inoltre modelli per la simulazione del comportamento umano per comprendere meglio le dinamiche e le caratteristiche degli attuali modelli di evacuazione ed i principi ad essi annessi.

Occorre per prima cosa analizzare il processo evolutivo che questi hanno subito con l'avanzamento degli studi sul comportamento umano durante le simulazioni di emergenza.

I primi approcci in materia di esodo erano fondati sul calcolo per mezzo di semplici equazioni in cui il comportamento umano non era ancora considerato ed il movimento degli occupanti era paragonato a quello di un fluido, oggi invece si sta attraversando una fase di abbandono degli strumenti che si basavano solamente su equazioni e calcoli manuali e si stanno concentrando invece tutte le energie verso lo studio di modelli basati

sugli agenti. Questi ultimi permettono di imporre al progettista determinate leggi comportamentali per regolare le relazioni tra occupanti e tra occupanti ed ambiente circostante. Molti comportamenti non sono stati ancora inclusi nei modelli in quanto molti aspetti sono del tutto probabilistici e irrazionali perciò sono difficili da prevedere.

## **1.5 ESODO DA UN REPARTO DI DEGENZA NEGLI OSPEDALI**

Le problematiche correlate ad un incendio che si sviluppa all'interno di un ospedale sono molteplici e non si riscontrano durante gli altri incendi che si possono verificare in altri edifici aperti al pubblico.

In primo luogo le persone; i principali fruitori del servizio sono i pazienti che possono essere non autonomi, allettati o collegati a macchine salvavita come nei reparti di terapia intensiva. In questo caso per i pazienti è necessario interrompere i trattamenti in corso e spostarli con i loro stessi letti o tramite l'ausilio di barelle o carrozzine. Per altri pazienti invece l'evacuazione risulta ancora più complicata perché in corso di procedure chirurgiche che non possono essere prontamente interrotte, è il caso ad esempio di un intervento a cuore aperto. Inoltre in caso di incendio occorre impedire che ulteriori pazienti abbiano accesso all'ospedale o per visite programmate o per accessi di emergenza al pronto soccorso.

Vi è poi la struttura; l'evacuazione attraverso l'edificio può risultare complessa perché l'ospedale è suddiviso in vari compartimenti con porte tagliafuoco che si chiudono in caso di incendio ed inoltre ci possono essere aree dove non è facile accedere prontamente senza esporsi ad ulteriori rischi.

Per ultimo ma non meno importante il fattore tempo; la presenza dei pazienti con le caratteristiche sopra descritte, la presenza di ulteriori persone (visitatori) che non hanno familiarità con i percorsi di esodo e la conformazione strutturale dell'edificio fanno sì che il tempo impiegato per effettuare l'evacuazione di un determinata area possa risultare elevato.

Tutto ciò fa sì che per gli ospedali l'evacuazione non sia così immediata e semplice come nel caso di un qualsiasi altro edificio ed è pertanto elemento chiave su cui si focalizzerà questo lavoro di tesi.

## **CAPITOLO 2**

### **FASI, MATERIALI E METODI**

Obiettivo principale del seguente lavoro di tesi è quello di analizzare l'evacuazione in caso di incendio negli ospedali e di valutare le alternative di tipo organizzativo per poi trarre delle conclusioni. Questo lavoro è stato svolto studiando i tempi e le velocità d'esodo attraverso la modellazione di due probabili scenari di incendio, tenendo conto delle caratteristiche psico-fisiche degli ospiti e personale e della interazione che hanno con la segnaletica di emergenza.

Nel paragrafo successivo sarà pertanto descritto il software utilizzato per la modellazione, gli scenari di incendio e di evacuazione che verranno esaminati.

#### **2.1 FASI**

Le fasi che si articolano in questo capitolo sono:

1. Individuazione della struttura da esaminare;
2. Definizione degli scenari di incendio e di evacuazione da analizzare;
3. Applicabilità del modello nel caso di studio;
4. Definizione dei dati di input da inserire nel modellatore;
5. Analisi dei dati restituiti dal modellatore.

Per quanto riguarda la prima fase sono state analizzate le caratteristiche degli ospiti dell'ospedale preso in oggetto come caso di studio.

A questo punto, nella fase successiva si sono definiti gli scenari di incendio di evacuazione che consentono il raggiungimento di risultati significativi, dopo di che tramite il software di modellazione Pathfinder, sono stati estratti e tradotti i dati di output e organizzati per consentire il confronto tra i tempi e le velocità di deflusso dei risultanti dagli scenari studiati.

#### **2.2 MATERIALI**

##### **2.2.1 DESCRIZIONE SOFTWARE: PATHFINDER THUNDERHEAD**

Modello di esodo Pathfinder.

Pathfinder è un simulatore delle vie di esodo che utilizza comportamenti guida per modellare il movimento degli occupanti.

E' costituito da tre moduli; un'interfaccia utente grafica, il simulatore ed un visualizzatore di risultati 3D.

Pathfinder combina un potente motore di simulazione con un controllo flessibile su popolazione e comportamento per fornire risultati migliori, consente così di valutare i modelli di evacuazione più rapidamente e di produrre una grafica più realistica rispetto ad altri simulatori.

Pathfinder fornisce supporto per l'importazione di file DXF e DWG in formato AutoCAD: attraverso lo strumento di estrazione del pavimento, consente di utilizzare la geometria



importata per definire lo spazio di spostamento degli occupanti, per il modello di evacuazione.

Il software utilizza un modello geometrico 3D, all'interno del quale la geometria del modello importato viene trasformata automaticamente in una mesh di navigazione (navigation mesh), cioè una superficie triangolare 2D, unilaterale e rappresentata per l'appunto da triangoli adiacenti.

Le ostruzioni (cioè qualsiasi ostacolo situato entro 1,8 metri dal pavimento) vengono rappresentate come spazi vuoti nella mesh di navigazione. La triangolazione facilita inoltre il movimento continuo delle persone in tutto il modello, che avviene proprio sulla mesh di navigazione, rispetto ad altri simulatori che suddividono lo spazio in celle che possono risultare artificialmente limitanti per il movimento degli occupanti. Dato che gli occupanti possono muoversi soltanto sulla mesh di navigazione, non sono presenti oggetti solidi che possano sovraccaricare od influenzare il software.

## **Procedura**

### **Importazione del modello 3D**

Il file dwg viene importato inserendo l'unità di misura del disegno.

### **Estrazione dei pavimenti**

In questa sezione, si creano le mesh di navigazione sul pavimento importato, in modo da poter creare stanze, porte e occupanti.

Sulla barra degli strumenti Disegna, fare clic su [Estrai piano da Geometria importata](#) . Nella vista 3D, fai clic su un punto qualsiasi sulla superficie del primo piano.

Sulla barra degli strumenti Vista, deselezionare [Mostra geometria importata](#) .

### **Creazione delle porte e degli occupanti**

Si creano le porte sopra la geometria importata in modo che le stanze e i compartimenti siano collegate e gli occupanti possano prendere decisioni su dove andare.

Sulla barra degli strumenti di Disegno, fare doppio clic su [Aggiungi una nuova porta](#) . Nel pannello delle proprietà invece è possibile stabilire la larghezza e la profondità. Per quanto riguarda gli occupanti con il pulsante destro del mouse si seleziona il locale e [Aggiungi occupanti](#).

### **Definizione dei profili e dei comportamenti**

Ogni persona nel modello agisce con un proprio profilo (es. dimensione e velocità di camminata) ed un proprio comportamento (es. uscite, porte di attesa..) assegnati nell'interfaccia utente.

### **Risultati**

sulla barra degli strumenti principale su può fare clic su [Esegui simulazione](#) e si apre la finestra con l'esodo impostato.

## 2.3 METODI

### 2.3.1 STRUTTURA DA ESAMINARE

Per quanto riguarda la prima fase sono state analizzate le caratteristiche degli ospiti di un ospedale, che per motivi di privacy sono stati offuscati i dati specifici della struttura e della relazione tecnica antincendio.

L'attività sanitaria in questione come preannunciato nel capitolo precedente è stata individuata nel DPR n.151/2011 al punto 64.4.B.

L'edificio ha un'altezza antincendio di 8.20 metri, ad uso esclusivo e conta un totale di tre piani fuori terra quindi non sono presenti piani interrati.

Al piano terra troviamo le attività ambulatoriali e gli uffici mentre ai due piani superiori troviamo i vari reparti di degenza. I piani sono collegati tra di loro come si potrà in seguito evincere dalle piante sottostanti allegate, da scale interne compartimentate con l'obiettivo di limitare la propagazione dell'incendio fornendo al tempo stesso una via di esodo sicura dai piani superiori ad un luogo esterno sicuro.

Gli utenti dell'attività sono suddivisi in tre tipologie distinte:

1. Operatori sanitari ed amministrativi;
2. Pazienti degenti e non;
3. Utenti esterni ai servizi.

Fattore di rischio dovuto alle persone presenti ed anche alle condizioni psico-fisiche delle stesse che in caso di emergenza costituisce un fattore determinante ai fini del deflusso di emergenza, potendo comportare una situazione di tipo ordinato o una situazione critica incontrollata ( si pensi al comportamento della folla in caso di panico), ove la perdita di lucidità, di mobilità e del senso di orientamento giocano un ruolo importante.

Le problematiche conseguenti agli aspetti psico-fisici possono tuttavia essere minimizzate attraverso un'adeguata formazione e informazione. Tutte le altre figure all'interno dell'ospedale presenteranno o una diversa cognizione del rischio e comportamenti diversi dalla percezione del pericolo.

All'interno inoltre è stato ipotizzato un affollamento possibile di un numero di circa **400 persone** presenti contemporaneamente all'interno della struttura da evacuare in caso di emergenza, di tutte le età di cui 50% uomini e 50% donne e la percentuale di disabili può variare da 0% al 60%.

Inoltre è bene specificare che ogni piano sarà compartimentato questo per ridurre al minimo il rischio d' incendio che, come sappiamo non potrà mai essere ridotto a zero ma, tramite misure antincendio di prevenzione, di protezione e di gestione previste che vengono selezionate al fine di minimizzare il rischio d'incendio in termini di probabilità e di conseguenze entro i limiti considerati a dei livelli accettabili.

Analizzare l'evacuazione all'interno dell'edificio richiederebbe risorse e tempi non possibili nell'ambito di una tesi. Per cui si è scelto di analizzare i tre piani suddivisi in tre compartimenti conformi alla normativa tecnica che prevede esodo orizzontale progressivo.

## 2.3.2 INDIVIDUAZIONE PERICOLI D'INCENDIO

Ai fini della valutazione del progetto antincendio riguardante l'ospedale preso in oggetto come caso di studio si è stipulata una relazione tecnica.

I dati di questa per motivi legati alla privacy come detto nei paragrafi superiori sono stati offuscati, bensì sono stati inserite alcune tabelle riassuntive nel seguente lavoro di tesi per sintetizzare i vari punti presenti all'interno del codice di prevenzione DM 3 Agosto 2015.

### 2.3.2.1 COMPARTIMENTI

Compartimento antincendio A – PIANO TERRA					
Superficie	Affollamento max	Carico d'incendio di progetto	Destinazione	Occupanti	Tipologia
870,00 mq	180	350 MJ/mq	Uffici ed ambulatori	Aperto al pubblico	Monopiano

Tabella 1 - Compartimento A

Compartimento antincendio B – PRIMO PIANO					
Superficie	Affollamento	Carico d'incendio di progetto	Destinazione	Occupanti	Tipologia
870,00 mq	110	350 MJ/mq	Reparti di degenza	Aperto al pubblico	Monopiano

Tabella 2 - Compartimento B

Compartimento antincendio A – SECONDO PIANO					
Superficie	Affollamento	Carico d'incendio di progetto	Destinazione	Occupanti	Tipologia
870,00 mq	110	350 MJ/mq	Reparti di degenza	Aperto al pubblico	Monopiano

Tabella 3 - Compartimento C

### 2.3.2.2 ATTRIBUZIONE PROFILI DI RISCHIO (G3)

Al fine di identificare e descrivere il rischio di incendio dell'attività si definiscono le seguenti tipologie di profilo di rischio:

- *Rbeni*: profilo di rischio relativo alla salvaguardia dei beni economici (tabelle G.3-6);
- *Rambiente*: profilo di rischio relativo alla tutela dell'ambiente;
- *Rvita*: profilo di rischio relativo alla salvaguardia della vita umana (tabelle G.3-1, G.3-2).

Il profilo di rischio *Rvita* è attribuito per ciascun compartimento dell'attività.  
I profili di rischio *Rbeni* e *Rambiente* sono attribuiti per l'intera attività.

#### **Rvita**

Il profilo di rischio *Rvita* è attribuito per ciascun compartimento dell'attività, secondo i seguenti fattori:

- $\delta_{occ}$ : caratteristiche prevalenti degli occupanti che si trovano nel compartimento antincendio;
- $\delta_a$ : velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio riferita al tempo  $t_a$  in secondi impiegato dalla potenza termica per raggiungere il valore di 1000 kW.

Le tabelle seguenti riportano i riferimenti per la scelta dei parametri  $\delta_{occ}$  e  $\delta_a$ .

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

[1] Per raggiungere un valore ammesso,  $\delta_a$  può essere ridotto di un livello come specificato nel comma 4.  
[2] Quando nel testo si usa uno dei valori C1, C2, C3 la relativa indicazione è valida rispettivamente per Ci1, Ci2, Ci3 o Cii1, Cii2, Cii3 o Ciii1, Ciii2, Ciii3

Figura 5 - Tabella codice prevenzione incendi

$\delta_a$	$t_c$ [1]	Criteri
1	600 s lenta	Ambiti di attività con carico di incendio specifico $q \leq 200 \text{ MJ/m}^2$ , oppure ove siano presenti prevalentemente materiali o altri combustibili che contribuiscono in modo trascurabile all'incendio.
2	300 s media	Ambiti di attività ove siano presenti prevalentemente materiali o altri combustibili che contribuiscono in modo moderato all'incendio.
3	150 s rapida	Ambiti con presenza di significative quantità di materiali plastici impiati, prodotti tessili sintetici, apparecchiature elettriche e elettroniche, materiali combustibili non classificati per reazione al fuoco (capitolo S.1). Ambiti ove avvenga impilamento verticale di significative quantità di materiali combustibili con $3,0 \text{ m} < h \leq 5,0 \text{ m}$ [2]. Stoccaggi classificati HHS3 oppure attività classificate HHP1, secondo la norma UNI EN 12845. Ambiti con impianti tecnologici o di processo che impiegano significative quantità di materiali combustibili. Ambiti con contemporanea presenza di materiali combustibili e lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
4	75 s ultra- rapida	Ambiti ove avvenga impilamento verticale di significative quantità di materiali combustibili con $h > 5,0 \text{ m}$ [2]. Stoccaggi classificati HHS4 oppure attività classificate HHP2, HHP3 o HHP4, secondo la norma UNI EN 12845. Ambiti ove siano presenti o in lavorazione significative quantità di sostanze o miscele pericolose ai fini dell'incendio, oppure materiali plastici cellulari/espansi o schiume combustibili non classificati per la reazione al fuoco.

A meno di valutazioni più approfondite da parte del progettista (es. dati di letteratura, misure dirette, ...), si ritengono *non significative* ai fini della presente classificazione almeno le quantità di materiali nei compartimenti con carico di incendio specifico  $q \leq 200 \text{ MJ/m}^2$ .

[1] Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio.  
[2] Con h altezza d'impilamento.

**Tab.G.3-2:** velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio

*Figura 6 - Tabella codice prevenzione incendi*

Il valore di  $R_{vita}$  è determinato come combinazione di  $\delta_{occ}$  e  $\delta_a$ ; la tabella G.3-4 riporta un'indicazione sui profili  $R_{vita}$ , nel caso di progetto "studi medici ed ambulatori"

Tipologie di destinazione d'uso	$R_{vita}$	Tipologie di destinazione d'uso	$R_{vita}$
Palestra scolastica	A1	Ufficio aperto al pubblico, centro sportivo, sala conferenze aperta al pubblico, discoteca, museo, teatro, cinema, locale di trattenimento, area lettura di biblioteca, attività commerciale al dettaglio, attività espositiva, autosalone	B2-B3
Autorimessa privata	A2		
Ufficio non aperto al pubblico, sala mensa, aula scolastica, sala riunioni aziendale, archivio, deposito librario, attività commerciale all'ingrosso	A2-A3		
Laboratorio scolastico, sala server	A3	Civile abitazione	Ci2-Ci3
Attività produttive, attività artigianali, impianti di processo, laboratorio di ricerca, magazzino, officina meccanica	A1-A4	Dormitorio, residence, studentato, residenza per persone autosufficienti	Cii2-Cii3
Depositi sostanze o miscele pericolose	A4	Rifugio alpino	Ciii1-Ciii2
Galleria d'arte, sala d'attesa, ristorante, studio medico, ambulatorio medico	B1-B2	Camera d'albergo	Ciii2-Ciii3
Autorimessa pubblica	B2	Degenza ospedaliera, terapia intensiva, sala operatoria, residenza per persone non autosufficienti e con assistenza sanitaria	D2
		Stazione ferroviaria, aeroporto, stazione metropolitana	E2

*Figura 7 - Tabella codice prevenzione incendi*

Di seguito si determinano i relativi valori di Rvita per ogni compartimento presente nell'attività in oggetto, distinti per piano, destinazione e superficie.

#### COMPARTIMENTO A – PIANO TERRA

N.	PIANO	DESCRIZIONE	$\delta_{occ}$	$\delta_{\alpha}$	Rvita
1	TERRA	Guardia medica	D	2	D2
1	TERRA	Operatori ambulanza	D	2	D2
13	TERRA	Ambulatorio	D	2	D2
3	TERRA	Sala d'attesa	D	2	D2
2	TERRA	Vano scala	D	2	D2
2	TERRA	Bagni/spogliatoi	D	2	D2
1	TERRA	Impianti	D	2	D2
1	TERRA	Deposito	D	2	D2
7	TERRA	Uffici	D	2	D2
1	TERRA	Corridoio	D	2	D2

Tabella 4 - Rischio vita Compartimento A

#### COMPARTIMENTO B – PRIMO PIANO

N.	PIANO	DESCRIZIONE	$\delta_{occ}$	$\delta_{\alpha}$	Rvita
1	PRIMO	Guardia medica	D	2	D2
1	PRIMO	Impianti	D	2	D2
21	PRIMO	Camera	D	2	D2
3	PRIMO	Sala d'attesa	D	2	D2
2	PRIMO	Vano scala	D	2	D2
2	PRIMO	Bagni/spogliatoi	D	2	D2

Tabella 5 - Rischio vita Compartimento B

#### COMPARTIMENTO C – SECONDO PIANO

N.	PIANO	DESCRIZIONE	$\delta_{occ}$	$\delta_{\alpha}$	Rvita
1	SECONDO	Guardia medica	D	2	D2
1	SECONDO	Impianti	D	2	D2
21	SECONDO	Camera	D	2	D2
3	SECONDO	Sala d'attesa	D	2	D2
2	SECONDO	Vano scala	D	2	D2
2	SECONDO	Bagni/spogliatoi	D	2	D2

Tabella 6 - Rischio vita Compartimento C

#### Rbeni

L'attribuzione del profilo di rischio Rbeni viene effettuata per l'intera attività in funzione del carattere strategico dell'opera da costruzione e dell'eventuale valore storico.

In base ai valori della tabella G.3-5 del D.M. 3/8/2015 otteniamo: Rbeni = 1



## **RAmbiente**

Il rischio ambientale si ritiene mitigato dall'applicazione delle misure antincendio connesse ai profili di rischio Rvita e Rbeni che consentono in genere, di considerare *non significativo* questo rischio vista la destinazione dell'attività.

### **2.3.2.3 REAZIONE AL FUOCO (S1)**

La reazione al fuoco è una misura antincendio di protezione passiva che esplica i suoi principali effetti nella fase di prima propagazione dell'incendio, con l'obiettivo di limitare l'innesco dei materiali e la propagazione stessa dell'incendio.

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

#### Livelli di prestazione

I livelli di prestazione per la reazione al fuoco dei materiali impiegati nell'attività sono riportati nella tabella S.1-1.

Questi requisiti sono applicati agli ambiti dell'attività dove si intende limitare la partecipazione dei materiali alla combustione e ridurre la propagazione dell'incendio.

<b>Livello di prestazione</b>	<b>Descrizione</b>
I	Il contributo all'incendio dei materiali non è valutato
II	I materiali contribuiscono in modo significativo all'incendio
III	I materiali contribuiscono in modo moderato all'incendio
IV	I materiali contribuiscono in modo quasi trascurabile all'incendio

Per *contributo all'incendio* si intende l'energia rilasciata dai materiali che influenza la crescita e lo sviluppo dell'incendio in condizioni pre e post incendio generalizzato (flashover) secondo EN 13501-1.

**Tab.S.1-1:** Livelli di prestazione per la reazione al fuoco

*Figura 8 - Tabella codice prevenzione incendi*

Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione al fuoco (S.1-3)

Nelle tabelle S.1-2 ed S.1 -3 sono riportati i criteri generalmente accettati per l'attribuzione agli ambiti dell'attività dei livelli di prestazione per la reazione al fuoco dei materiali.

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

Tabella S.1-2: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione alle vie d'esodo dell'attività

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

Tabella S.1-3: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione ad altri locali dell'attività

Figura 9 - Tabella codice prevenzione incendi

Per quanto sopra, considerati i valori di  $R_{beni} = 1$  ed  $R_{vita} = D2$ , si attribuiscono, per la reazione al fuoco dei materiali, i seguenti livelli di prestazione:

*locali dell'attività livello di prestazione III (terzo)*

*vie di esodo livello di prestazione IV (quarto)*



### 2.3.2.4 RESISTENZA AL FUOCO (S.2)

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

I livelli di attribuzione sono i seguenti:

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

Tab.S.2-1: Livelli di prestazione

Figura 10 - Tabella codice prevenzione incendi

In base ai livelli di Rvita, Rbeni, densità di affollamento e conformazione della costruzione viene attribuito all'attività un livello di prestazione pari a III.

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

Tab.S.2-2: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione

Figura 11 - Tabella codice prevenzione incendi



### 2.3.2.5 ESODO

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

#### PROGETTAZIONE DEL SISTEMA DI ESODO

Nel presente paragrafo si definisce il sistema d'esodo dell'attività, ovvero l'insieme delle misure antincendio di salvaguardia della vita che consentono agli occupanti di abbandonare il compartimento di primo innesco dell'incendio e raggiungere un luogo sicuro, prima che l'incendio determini condizioni incapacitanti nei locali dell'attività occupati.

Per l'attività in oggetto è considerato luogo sicuro: spazio esterno ubicato al piano terra come si evince dalla pianta piano terra.

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

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

*Figura 12 - Tabella codice prevenzione incendi*

Il responsabile dell'attività si impegna a rispettare la massima densità d'affollamento dichiarata per ogni ambito dell'attività ed in ogni condizione d'esercizio.

### Numero minimo di vie indipendenti

Le vie di esodo o uscite sono ritenute indipendenti quando sia minimizzata la probabilità che possano essere contemporaneamente rese indisponibili dagli effetti dell'incendio.

Si considerano indipendenti coppie di vie di esodo orizzontali che conducono verso uscite distinte, per le quali sia verificata, come nel caso di progetto, la seguente condizione:

- l'angolo formato da percorsi rettilinei sia  $>$  di  $45^\circ$

### Numero minimo di uscite indipendenti

Al fine di limitare sovraffollamento localizzato alle uscite in caso di emergenza, il numero di uscite indipendenti verrà scelto in base ai profili di Rvita e affollamento degli ambiti serviti.

Nel caso di progetto, i compartimenti principali che compongono l'attività possiedono il numero di uscite di emergenza riportate in tabella:

Compartimento	Piano	Affollamento	R vita	Numero minimo di uscite indipendenti	Numero di uscite presenti
A	Terra	180	D2	2	3
B	Primo	110	D2	2	2
C	Secondo	110	D2	2	2

Tabella 7 - Vie d'uscita

### Corridoi ciechi

Nella struttura in oggetto non vi è la presenza di corridoi ciechi.

### Lunghezze d'esodo

Le lunghezze delle vie di esodo, calcolate a partire un qualsiasi punto dell'attività fino ad un'uscita di sicurezza, sono inferiori a 50 m dato il profilo di rischio vita fissato in D2.

### Altezze e larghezze delle vie di esodo orizzontali

Le altezze delle vie di esodo sono tutte superiori a 2,00 m.

### Larghezze delle vie di esodo verticali (S.4-8.8)

Non sono previste vie di uscita verticale all'interno dell'attività in quanto ogni piano è dotato di un numero congruo di uscite di emergenza che conducono direttamente all'esterno del fabbricato.

### Eliminazioni o superamento delle barriere architettoniche

Dato che all'interno dell'attività potrebbe esservi presenza non occasionale di occupanti che non abbiano sufficienti abilità per raggiungere autonomamente le uscite di sicurezza che conducono all'esterno, per il compartimento B e C del piano primo e secondo si adotteranno misure ulteriori per la protezione di tali soggetti.

Il piano primo possiede invece n. 3 uscite di sicurezza che accompagnano direttamente all'esterno gli occupanti in caso di emergenza.

Il luogo sicuro è lo spazio esterno che si trova davanti ingresso della struttura ed è anche considerato spazio calmo inteso come luogo sicuro temporaneo dove le persone portatrici di disabilità possano attendere e ricevere assistenza

Secondo il **DM 18 OTTOBRE 2019** “Nuovo Codice di Prevenzione Incendi” le procedure ammesse per esodo sono:

- Esodo simultaneo
- Sistema di esodo per fasi
- Esodo orizzontale progressivo
- Protezione sul posto

### **ESODO SIMULTANEO**

L'esodo simultaneo è la modalità di esodo che prevede lo spostamento contemporaneo degli occupanti fino a luogo sicuro.

L'attivazione della procedura di esodo segue immediatamente la rilevazione dell'incendio oppure è differita dopo verifica da parte degli occupanti dell'effettivo innesco dell'incendio.

### **ESODO PER FASI**

Con l'esodo per fasi si individua la modalità di esodo di una struttura organizzata con più compartimenti, in cui evacuazione degli occupanti fino a luogo sicuro avviene in successione dopo l'evacuazione del compartimento di primo innesco. Si attua con ausilio di misure antincendio di protezione attiva, passiva e gestionale.

L'esodo per fasi si attua ad esempio; edifici di grande altezza, ospedali, multisale..

### **ESODO ORIZZONTALE PROGRESSIVO**

Modalità di esodo che prevede lo spostamento degli occupanti dal compartimento di primo innesco in un compartimento adiacente capace di contenerli e proteggerli fino a quando l'incendio non sia estinto o fino a che non si proceda ad una successiva evacuazione verso un luogo sicuro.

L'esodo orizzontale si attua ad esempio nelle strutture ospedaliere.

### **PROTEZIONE SUL POSTO**

Tale modalità di esodo prevede la protezione degli occupanti nel compartimento in cui si trovano.

La protezione sul posto viene applicata ad esempio per centri commerciali, aeroporti..

### 2.3.3 PIANTE OSPEDALE – CASO DI STUDIO

## PIANTA PIANO TERRA



Figura 13 - Pianta piano terra

# PIANTA PIANO PRIMO



Figura 14 - Pianta piano primo

# PIANTA PIANO SECONDO



Figura 15 - Pianta piano secondo

Per la modellazione dello spazio interno della struttura si è ricorsi all'utilizzo del software Autocad in grado di gestire la progettazione 3D.

Questo ai fini di ottenere una pianta studiata in maniera da avere sotto controllo il sistema delle vie di esodo, per poi inserirle all'interno del software Pathfinder per poterne poi calcolare i tempi di esodo nello scenario scelto.

### 2.3.4 INDIVIDUAZIONE DEGLI SCENARI D'INCENDIO

Per definire gli scenari d'incendio è stata fatta un'analisi interna al compartimento al fine di valutare la presenza di materiale infiammabile nei pressi delle principali vie di fuga.

Tutti i piani considerati presentano una scarsa presenza di materiale combustibile.

Per cui sono stati designati gli scenari d'incendio che creerebbero maggiori criticità all'interno del compartimento.

**OBIETTIVO: ESAMINARE PROCESSO DI EVACUAZIONE E VALUTARE LA SICUREZZA DEGLI OCCUPANTI CHE IMPEGNANO IL CORRIDOIO ALL'INTERNO DEI REPARTI DURANTE UN INCENDIO, PER RAGGIUNGERE UN LUOGO SICURO ESTERNO.**

#### **SCENARIO S1 - REPARTO DIALISI PRIMO PIANO**

Il reparto si trova al primo piano, lo scenario riguarda innesco partito all'interno della camera numero 16 posta ad est del corridoio come si evince dalla pianta sottostante.



Figura 16 - Pianta scenario S1

#### **Occupanti**

Affollamento piano 110 persone in totale massime stimate.

Lo scenario di incendio ipotizzato è giustificato dalle condizioni critiche e non autosufficienti in cui si trovano i pazienti ricoverati.



### *Caratteristiche del locale*

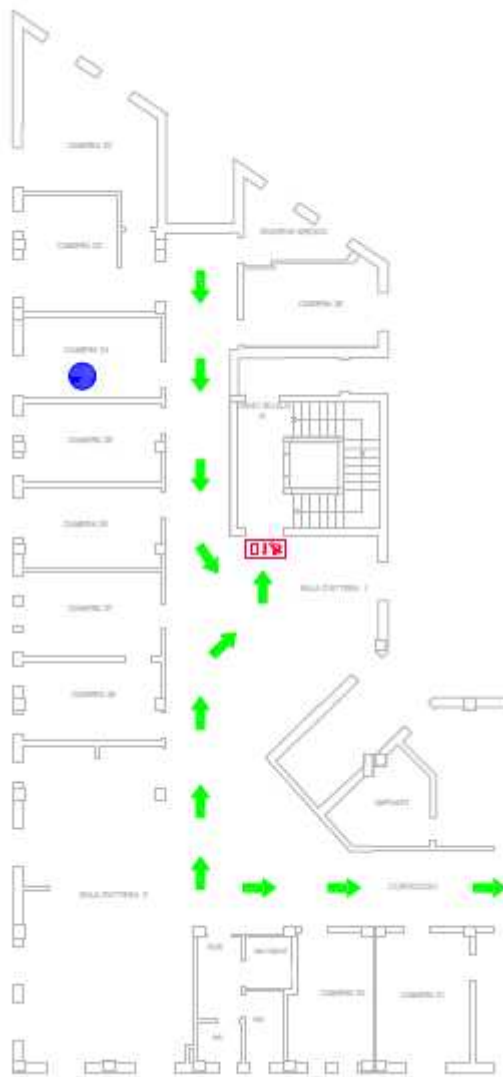
Per considerare la condizione più sfavorevole si ipotizza che la camera numero 16 come tutte le altre, non è dotata di porta tagliafuoco quindi nel caso d'incendio sarà inevitabile la propagazione di fumo e calore, inoltre la stanza affaccia direttamente sul corridoio principale.

Sempre per indurci alla situazione più sfavorevole si è considerato ogni singolo piano come unico compartimento.

Si studia inoltre la rottura dei vetri quindi la fuori uscita di fumo una volta raggiunta una temperatura di 300°C.

### **SCENARIO S2 - REPARTO CHIRURGICO SECONDO PIANO**

Il reparto si trova al secondo piano, lo scenario riguarda innesco partito all'interno della camera numero 24 posta ad nord del corridoio come si evince dalla pianta sottostante.



*Figura 17 - Pianta scenario S2*



### Occupanti

Affollamento piano 110 persone in totale massime stimate.

Lo scenario di incendio ipotizzato è giustificato dalle condizioni critiche e non autosufficienti in cui si trovano i pazienti ricoverati.

### Caratteristiche del locale

Per considerare la condizione più sfavorevole si ipotizza che la camera numero 24, come la numero 16 del piano inferiore come tutte le altre, non è dotata di porta tagliafuoco quindi nel caso d'incendio sarà inevitabile la propagazione di fumo e calore, inoltre la stanza affaccia direttamente sul corridoio principale.

Sempre per indurci alla situazione più sfavorevole si è considerato ogni singolo piano come unico compartimento.

Si studia inoltre la rottura dei vetri quindi la fuori uscita di fumo una volta raggiunta una temperatura di 300°C.

**TUTTI GLI OCCUPANTI DEVONO POTER ABBANDONARE IL COMPARTIMENTO DI PRIMO INNESCO ED ENTRARE NEL LUOGO SICURO TEMPORANEO ENTRO IL TEMPO RSET**

### Calcolo RSET e ASET

Come quanto accennato nel capitolo precedente, nella Progettazione prestazionale per la salvaguardia della vita si deve verificare :

Criterio di **ASET > RSET**

La progettazione prestazionale del sistema di vie d'esodo consiste sostanzialmente nel calcolo e nel confronto tra due intervalli di tempo così definiti:

- a. ASET, tempo disponibile per l'esodo (available safe escape time);
- b. RSET, tempo richiesto per l'esodo (required safe escape time).

### CALCOLO RSET

Tempo tra l'innesco dell'incendio ed il momento in cui gli occupanti dell'edificio raggiungono un luogo sicuro.

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

**Tempo di rivelazione ( $t_{det}$ )** - Il tempo di rivelazione  $t_{det}$  è determinato dalla tipologia di sistema di rivelazione e dallo scenario di incendio. E' il tempo necessario al sistema di rivelazione automatico per accorgersi dell'incendio.

Essendoci la presenza di un impianto di rilevazione incendi si pone  **$t_{det}=0$**

**Tempo di allarme generale ( $t_a$ )** - Il tempo di allarme generale  $t_a$  è il tempo che intercorre tra la rivelazione dell'incendio e la diffusione dell'informazione agli occupanti, dell'allarme generale.

Presenza di un sistema semi automatico di allarme si pone **ta=5'** pari al ritardo dell'allarme.

**Tempo di attività pre-movimento (t<sub>pre</sub>)** - Il tempo di attività pre-movimento t<sub>pre</sub> è l'oggetto della valutazione più complessa, perché si tratta del tempo necessario agli occupanti per svolgere una serie di attività che precedono il movimento vero e proprio verso il luogo sicuro.

Il tempo di pre-movimento t<sub>pre</sub> è stato valutato con riferimento agli studi condotti per la compilazione delle normative British Standard, seguendo le indicazioni della tab. C.1. Annex C della BS 7974- 6:2004; esso viene assunto pari a **t<sub>pre</sub> = 120 s.**

**Tempo di movimento (t<sub>tra</sub>)** - Calcolato con pathfinder.

### **CALCOLO ASET**

L'ASET è l'intervallo di tempo calcolato tra l'insacco dell'incendio ed il momento in cui le condizioni ambientali nell'attività diventano tali da rendere gli occupanti incapaci di porsi in salvo autonomamente raggiungendo o permanendo in un luogo sicuro.

Per il calcolo del tempo a disposizione per l'esodo (ASET), può essere utilizzato il metodo di calcolo avanzato (par. M.3.3.1) che richiede la stima delle concentrazioni di prodotti tossici, delle temperature e delle densità del fumo negli ambienti a seguito dell'incendio e la loro variazione nel tempo. Utilizzando tale metodo di calcolo il professionista antincendio impiega le soglie di prestazione conservative, nei confronti degli occupanti, riportate nella tab. M.3-2 sottostante:

Modello	Prestazione	Soglia di prestazione	Riferimento
Oscuramento della visibilità da fumo	Visibilità minima di pannelli riflettenti, non retroilluminati, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 10 m Occupanti in locali di superficie lorda < 100m <sup>2</sup> : 5 m	ISO 13571-2012.
		Soccorritori: 5 m Soccorritori in locali di superficie lorda < 100m <sup>2</sup> : 2,5 m	[1]
Gas tossici	FED, <i>fractional effective dose</i> e FEC, <i>fractional effective concentration</i> per esposizione a gas tossici e gas irritanti, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 0,1	ISO 13571-2012, limitando a 1,1% gli occupanti incapaci al raggiungimento della soglia
		Soccorritori: nessuna valutazione	--
Calore	Temperatura massima di esposizione	Occupanti: 60°C	ISO 13571-2012
		Soccorritori: 80°C	[1]
Calore	Irraggiamento termico massimo da tutte le sorgenti (incendio, effluenti dell'incendio, struttura) di esposizione degli occupanti	Occupanti: 2,5 kW/m <sup>2</sup>	ISO 13571-2012, per esposizioni maggiori di 30 minuti, senza modifica significativa dei tempi di esodo (2,5 kW/m <sup>2</sup> ).
		Soccorritori: 3 kW/m <sup>2</sup>	[1]
[1] Ai fini di questa tabella, per <i>soccorritori</i> si intendono i componenti delle squadre aziendali opportunamente protetti ed addestrati alla lotta antincendio, all'uso dei dispositivi di protezione delle vie aeree, ad operare in condizioni di scarsa visibilità. Ulteriori indicazioni possono essere desunte ad esempio da documenti dell'Australian Fire Authorities Council (AFAC) per <i>hazardous conditions</i> .			

Tabella M.3-2: Esempio di soglie di prestazione impiegabili con il metodo di calcolo avanzato

Figura 18 - Tabella codice prevenzione incendi

### 2.3.5 MODELLAZIONE DEGLI SCENARI DI EVAQUAZIONE

Per quanto riguarda gli scenari di evacuazione è stata condotta un'analisi delle condizioni al contorno che hanno maggiore influenza sulle scelte degli agenti, sono state individuate due categorie: condizioni organizzative e condizioni ambientali.

#### 2.3.5.1 CONDIZIONI ORGANIZZATIVE

Tale categoria tiene conto di due aspetti: la quantità di disabili presenti e il rapporto numerico tra assistenti/ospiti.

Come accennato all'inizio di questo capitolo la percentuale di disabili può essere molto varia per cui sono stati scelti 3 casi: 0%, 30%, 60%.

Quindi si individuano 3 categorie di agenti: adulti, anziani e disabili accompagnati su sedia a rotelle, ognuna con caratteristiche diverse tra loro.

Dunque diventa necessario dare una definizione per ognuna di essi.

Nel modello di esodo dello scenario, sono stati considerati tramite il software Pathfinder i seguenti profili degli occupanti:

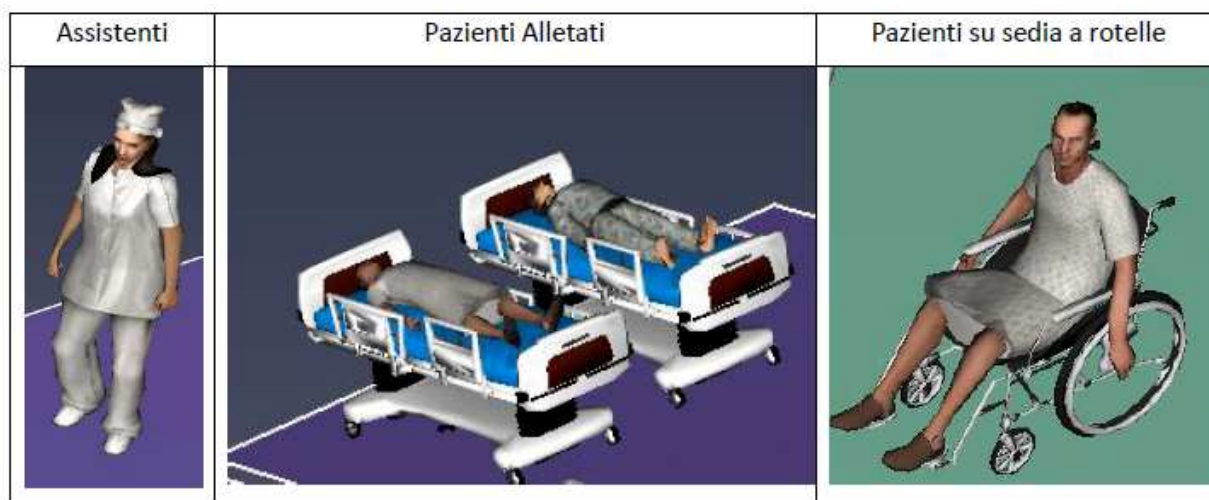


Figura 19 -Occupanti pathfinder

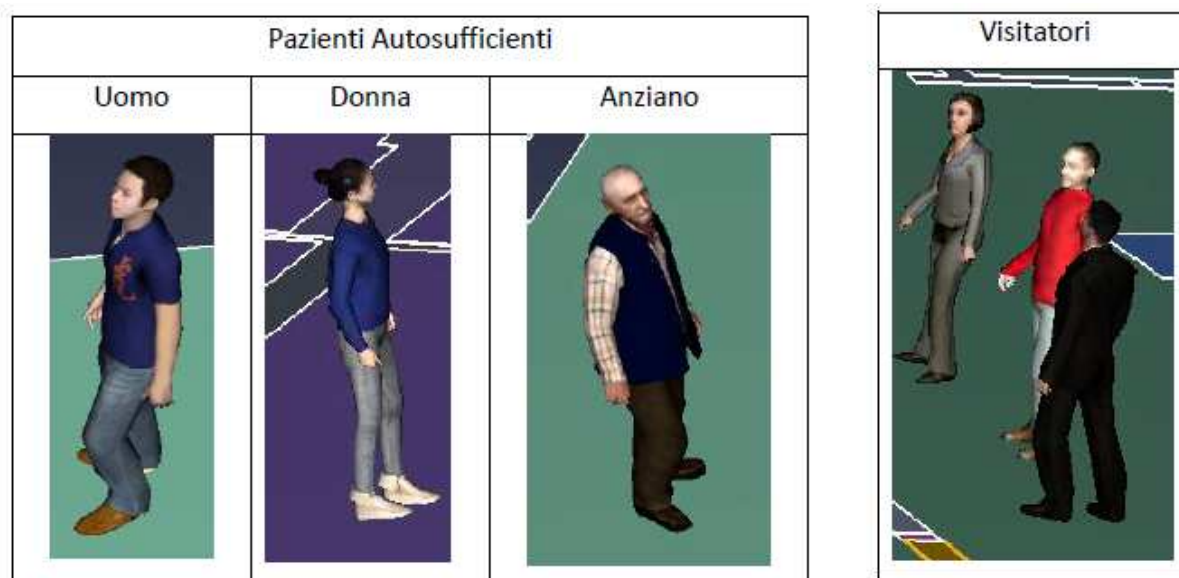


Figura 20 - Occupanti pathfinder

	Assistenti	Occupanti	Paziente autosufficiente Donna	Paziente autosufficiente Uomo	Paziente autosufficiente Anziano
<b>Velocità</b>	1,19 m/s	0,6-1,8 m/s	0,75-0,95 m/s	0,9-1,1 m/s	0,45-0,6m/s

Tabella 8 -Velocità occupanti

I pazienti non autosufficienti avranno la stessa velocità dei suoi soccorritori quindi pari a 1,19 m/s.

La velocità di ciascun occupante è stata individuata tramite il software pahfinder che attribuisce in automatico creando queste tipologie differenti di velocità degli occupanti.

### **I comportamenti:**

Per ogni occupante o gruppo di occupanti, si possono impostare dei comportamenti, cioè una sequenza di azioni che vengono compiute durante la simulazione.

Possono essere aggiunte azioni che possono far attendere gli occupanti, o farli viaggiare verso una destinazione, per esempio una stanza, un punto od un'uscita.

Innanzitutto, bisogna specificare un ritardo iniziale che fa attendere il degente nella posizione iniziale prima di passare all'azione successiva in quanto questo non è autonomo.

	<b>Tempo di preparazione per l'evacuazione dei pazienti</b>
Pazienti allettati non autonomi preparati per l'esodo verticale con la tecnica del materasso	10-20s

*Tabella 9 - Tempo di preparazione per evacuazione dei pazienti*

Il ritardo stimato in questo caso è dovuto alle procedure di preparazione del paziente all'evacuazione che non è indipendente.

Tale procedura viene realizzata con la tecnica del materasso per poter abbattere le barriere architettoniche, particolarmente adatta presenza di scale o nel caso il paziente non sia trasportabile in diverso modo.

Dopo aver posizionato il copriletto per terra, vi si adagiano sopra il materasso ed il paziente; si trascina via il tutto facendo scivolare il copriletto. Giunti presso le scale, se il trasporto è effettuato da un soccorritore, questo si deve portare dalla parte dei piedi e cominciare là discesa controllando che il paziente non scivoli dal materasso. Se il trasporto è effettuato da due soccorritori sarà invece possibile controllare entrambe le estremità del materasso.

Dopo di che si definisce la posizione iniziale e l'obiettivo da raggiungere.

In merito alla quantità di personale sanitario è stato analizzato il caso reale, per cui viene adottata la stessa organizzazione dei turni di tale struttura.

Per il turno mattutino sono previste 10 unità assistenziali, per il pomeriggio e per la notte 6 unità assistenziali.

### 2.3.5.2 CONDIZIONI AMBIENTALI

Per quanto riguarda questa categoria sono stati individuati gli aspetti che maggiormente influenzano l'agente durante il cammino verso un obiettivo, ossia l'illuminamento e la presenza di segnaletica.

Per quanto riguarda la segnaletica si prevedono due diversi casi:

- Segnaletica d'emergenza di **tipo standard (SSTD)**;



Figura 21 - Segnaletica di tipo standard

- Segnaletica d'emergenza di **tipo fotoluminescente (SPLM)**.



Figura 22 - Segnaletica di tipo fotoluminescente



Il discorso inerente l'illuminamento fa riferimento a:

- ore giornaliere (150 lux);
- ore notturne (1 lux),

valori riferiti a 1m dal piano di calpestio.

### 2.3.6 SCENARI DI SIMULAZIONE

Per la definizione degli scenari di simulazione si è proceduto assegnando ad ogni scenario d'incendio tutti gli scenari di evacuazione come riportato nella tabella sottostante.

Per entrambi gli scenari è stato considerato esodo progressivo verticale tra i vari livelli inoltre, come si evince dalle piante allegate, il sistema di evacuazione delle vie di esodo segnalato con le frecce verdi, è lo stesso per entrambi i sistemi di segnaletica.

Va specificato che, in caso di incendio, per entrambi gli scenari, verranno evacuati tutti i piani contemporaneamente, cambieranno le velocità assegnate alle varie figure presenti all'interno dei singoli compartimenti e divise in base alla segnaletica presente (se SSTD oppure SPLM).

#### SCENARIO S1

SCENARIO PRINCIPALE	SCENARIO SECONDARIO (% disabili)	SISTEMI DI SEGNALETICA	ILLUMINAMENTO	NUMERO SIMULAZIONI
SCENARIO S1 Innesco partito dalla camera n.16 del primo piano	0%	SSTD	1 lux	5
			150 lux	5
		SPLM	1 lux	5
			150 lux	5
	30%	SSTD	1 lux	5
			150 lux	5
		SPLM	1 lux	5
			150 lux	5
	60%	SSTD	1 lux	5
			150 lux	5
		SPLM	1 lux	5
			150 lux	5

Tabella 10 - Scenario S1

Per un totale di simulazioni effettuate di 60.

## SCENARIO S2

SCENARIO PRINCIPALE	SCENARIO SECONDARIO (% disabili)	SISTEMI DI SEGNALETICA	ILLUMINAMENTO	NUMERO SIMULAZIONI
SCENARIO S2 Innesco partito dalla camera n.24 del secondo piano	0%	SSTD	1 lux	5
			150 lux	5
		SPLM	1 lux	5
			150 lux	5
	30%	SSTD	1 lux	5
			150 lux	5
		SPLM	1 lux	5
			150 lux	5
	60%	SSTD	1 lux	5
			150 lux	5
		SPLM	1 lux	5
			150 lux	5

Tabella 11 - Scenario S2

Per un totale di simulazioni effettuate di 60.



## CAPITOLO 3

### 3 ANALISI RISULTATI SOFTWARE PATHFINDER

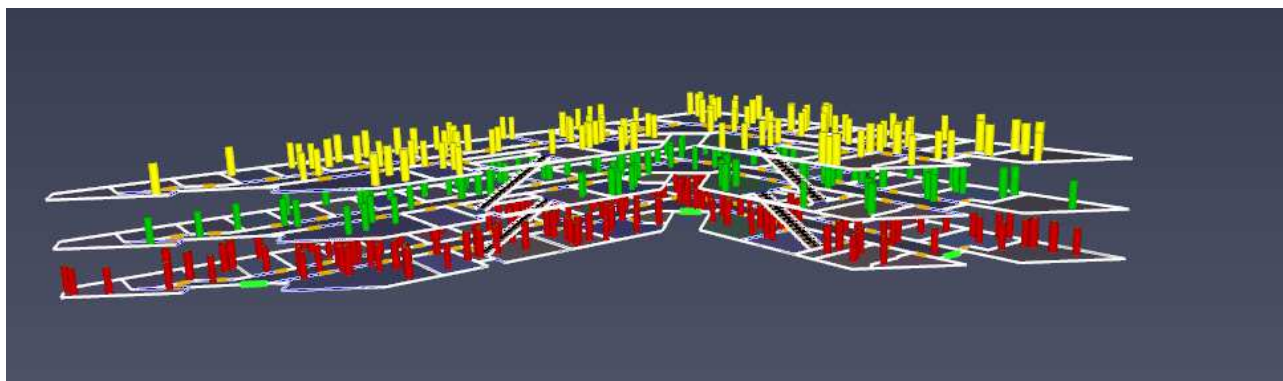
Nel seguente capitolo viene condotta una analisi quantitativa dei risultati dei dati di output restituiti dal software pathfinder che ci consente di verificare che ci sia corrispondenza con i dati di input e di valutare graficamente il deflusso degli occupanti.

L'analisi quantitativa dei risultati derivanti dalle simulazioni di prova, in termini di tempi di evacuazione, individuando gli andamenti di deflusso negli scenari prescelti i quali prevedono tre diverse percentuali di disabili presenti.

Successivamente i risultati vengono analizzati e discussi al fine di determinare l'efficienza dei due sistemi di segnaletica e del personale impiegato a fronte degli scenari d'incendio oggetto di studio.

Si riportano i risultati delle simulazioni effettuate, per cui verranno messi a confronto lo scenario base, ossia quello caratterizzato dalle condizioni ordinarie della struttura, sia per quanto riguarda le ore giornaliere che notturne, con gli scenari ipotizzati dove vengono impiegati una percentuale diversa di disabili presenti all'interno della struttura con una segnaletica diversa sia nelle ore diurne che notturne.

#### 3.1 SCENARIO BASE



*Figura 23 -Occupanti scenario base grafica pathfinder*

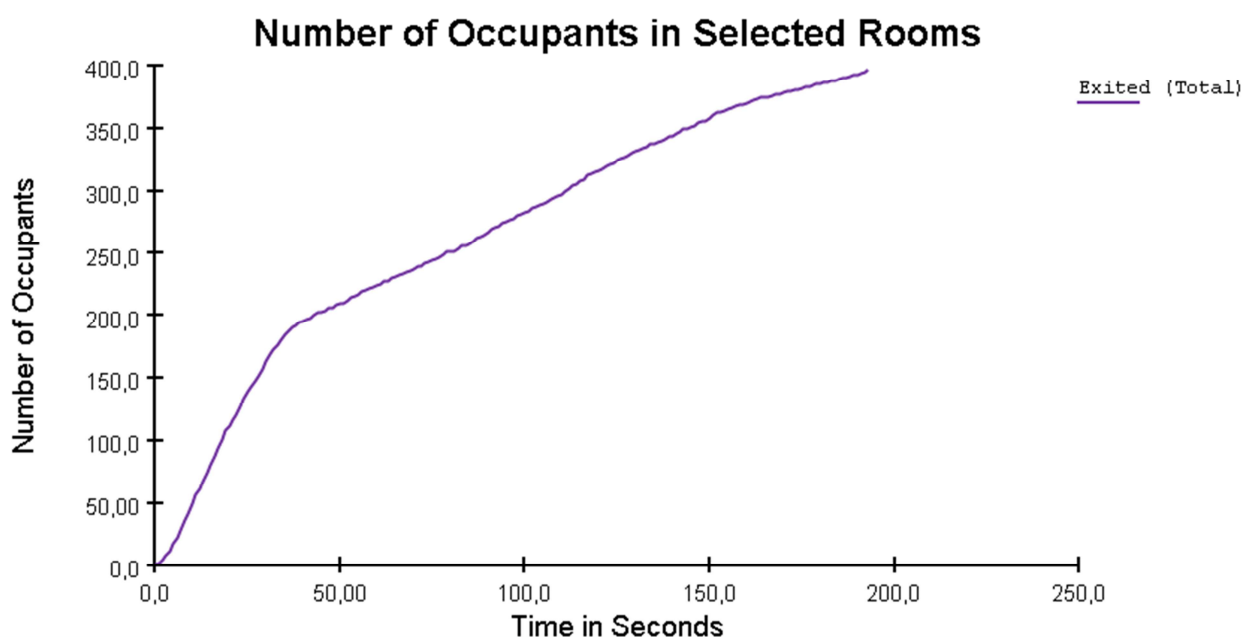
La figura n. 22 rappresenta il modello di riferimento tramite il software pathfinder, dove vediamo raffigurati i tre piani presi in considerazione dell'ospedale e per ogni piano è stato attribuito un colore diverso agli occupanti che hanno tutti uguale velocità, per distinguerli solo come segue:

PIANO	COLORE OCCUPANTI
Piano terra	Rosso
Piano primo	Verde
Piano secondo	Giallo

*Tabella 12 - Occupanti scenario base*

Lo scenario base non è caratterizzato da un evento fuoco, pertanto gli agenti non interagiscono con i prodotti tipici di un incendio quali temperature, fiamme e fumi quindi non vi sono alterazioni fisiche ne psichiche.

Si è tentato quindi di simulare una sorta di prova di evacuazione per capire come gli agenti si sarebbero mossi in assenza di emergenza, dove il tempo di allarme è stato fissato a 0s per tutti gli occupanti (400 persone) ed il tempo di fine simulazione a 200s come riportato dal grafico sottostante per compararlo poi con i grafici risultanti degli scenari d'incendio ipotizzati.



*Figura 24 - Diagramma scenario base*

Dal grafico che mette in relazione il numero degli occupanti con il tempo si può evincere che, allo scenario base che simula una prova di evacuazione, la tempistica di esodo è di 220 secondi circa 3 minuti e mezzo, più nel dettaglio, per evacuare l'intero edificio con un totale di 400 persone aventi tutta stessa velocità di movimento in quanto non state divise per categoria o genere, e senza tener conto delle alterazioni psico-fisiche delle stesse e con un'unica segnalazione di emergenza considerata, queste impiegheranno circa 3 minuti e mezzo per raggiungere luogo sicuro esterno ed abbandonare la struttura.

### 3.2 RISULTATI SCENARIO (S1)

Lo scenario S1 è caratterizzato da un evento fuoco con produzione di fumi e calore provenienti dalla stanza n. 16 del primo piano i quali diminuiscono la visibilità nel corridoio e quindi nelle vie di esodo del primo piano, per propagarsi poi anche al piano sovrastante. Dai risultati ottenuti in merito all'andamento di deflusso, che vedremo nelle figure sottostanti si può notare come andamento della curva cambia significativamente rispetto allo scenario base , così come il tempo di esodo in base alle categorie di occupanti e alla segnaletica presente differente.

#### SCENARIO S1- segnaletica di *tipo standard (SSTD)*

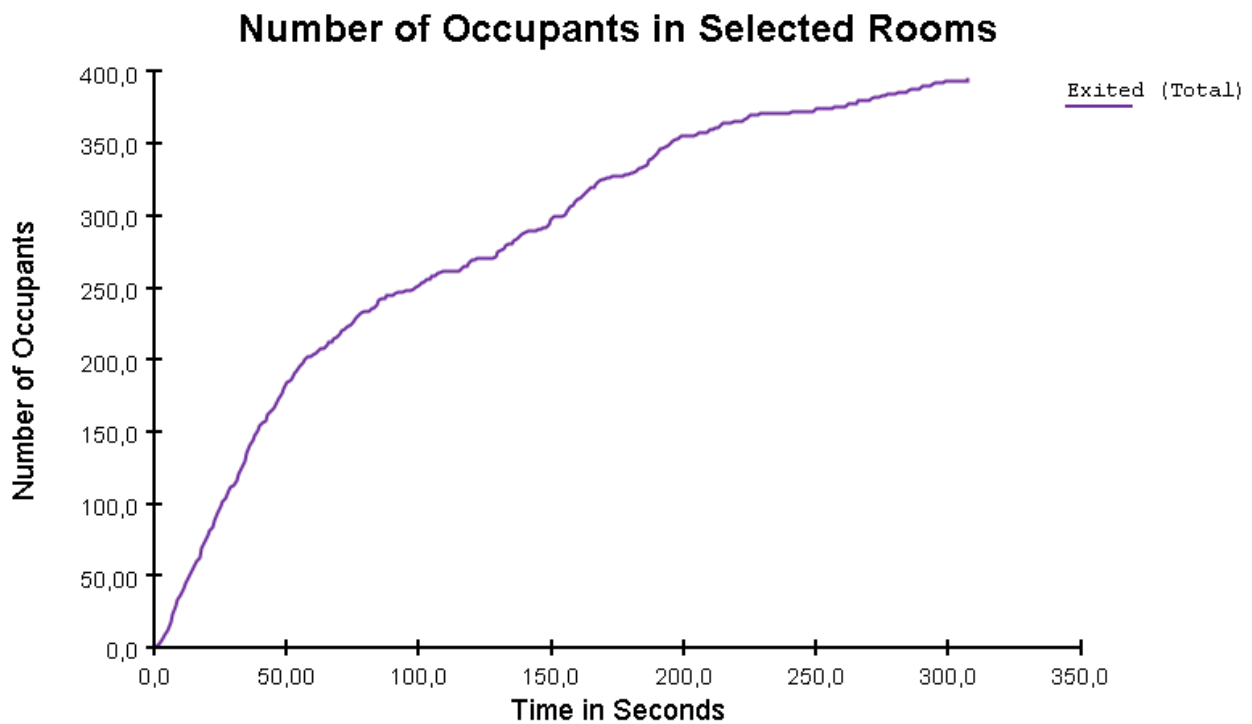


Figura 25 - Diagramma scenario S1 con 0% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo standard

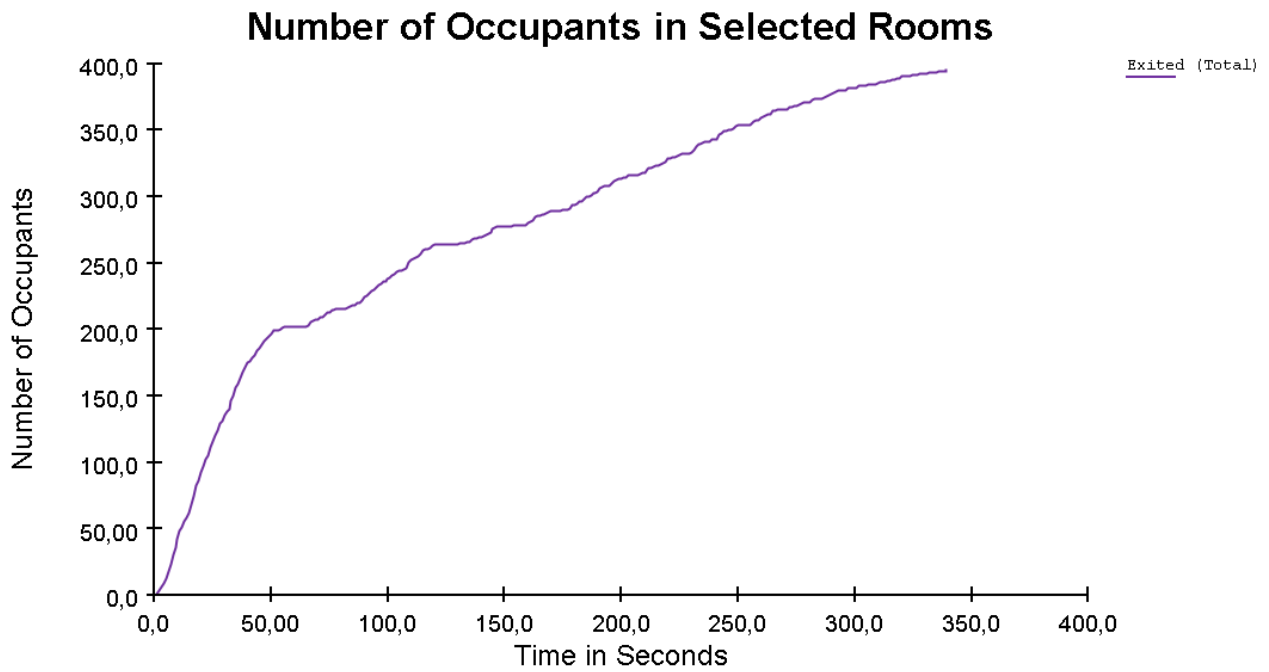


Figura 26 - Diagramma scenario S1 con 30% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo standard

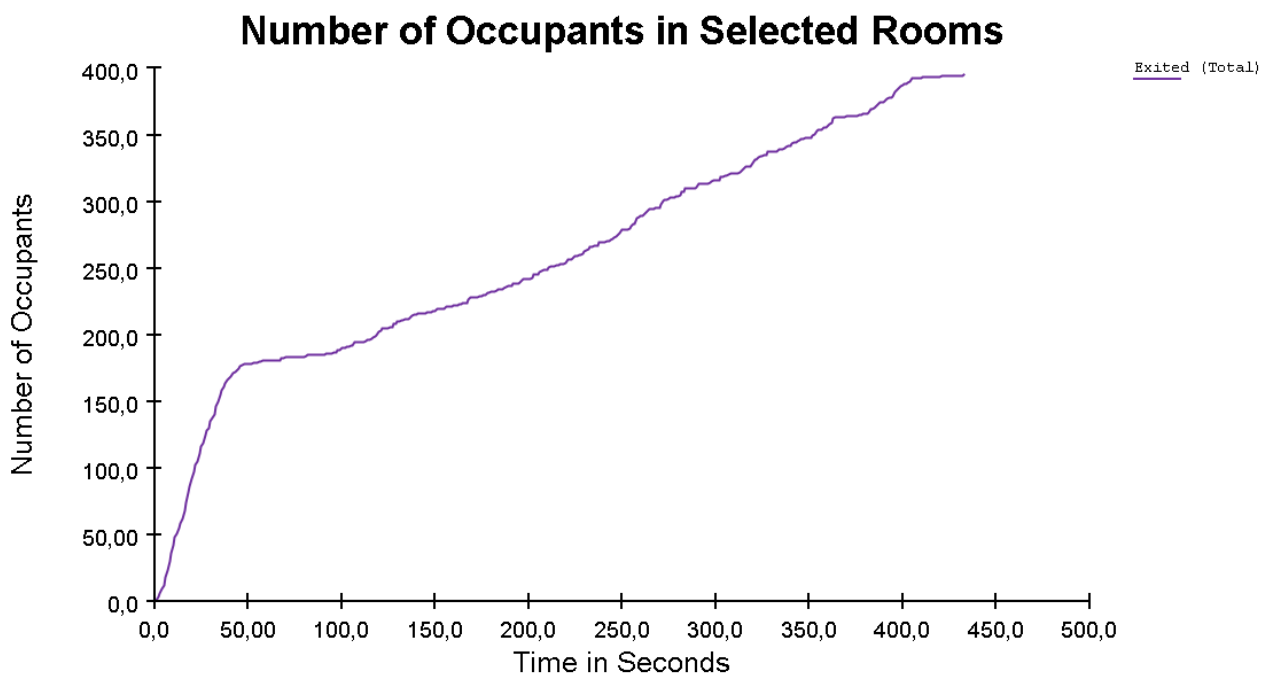


Figura 27 -Diagramma scenario S1 con 60% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo standard

SCENARIO S1- segnaletica di tipo fotoluminescente (SPLM)

Number of Occupants in Selected Rooms

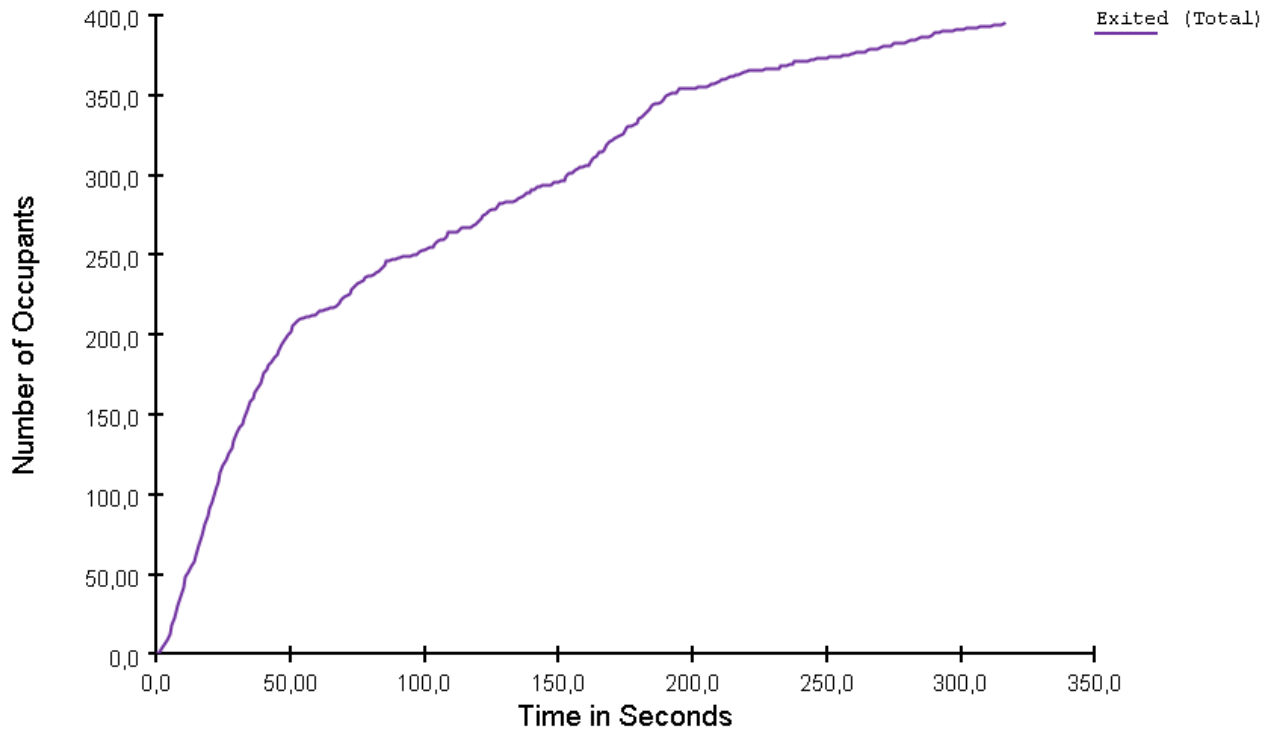


Figura 28 -Diagramma scenario S1 con 0% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo fotoluminescente

Number of Occupants in Selected Rooms

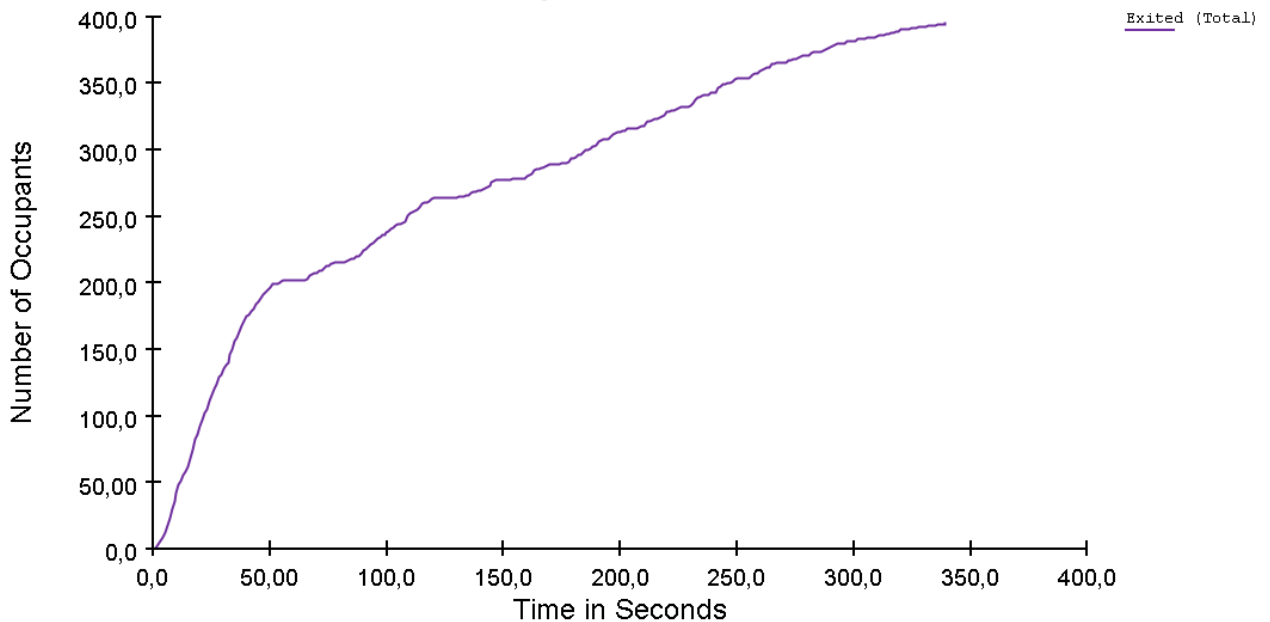
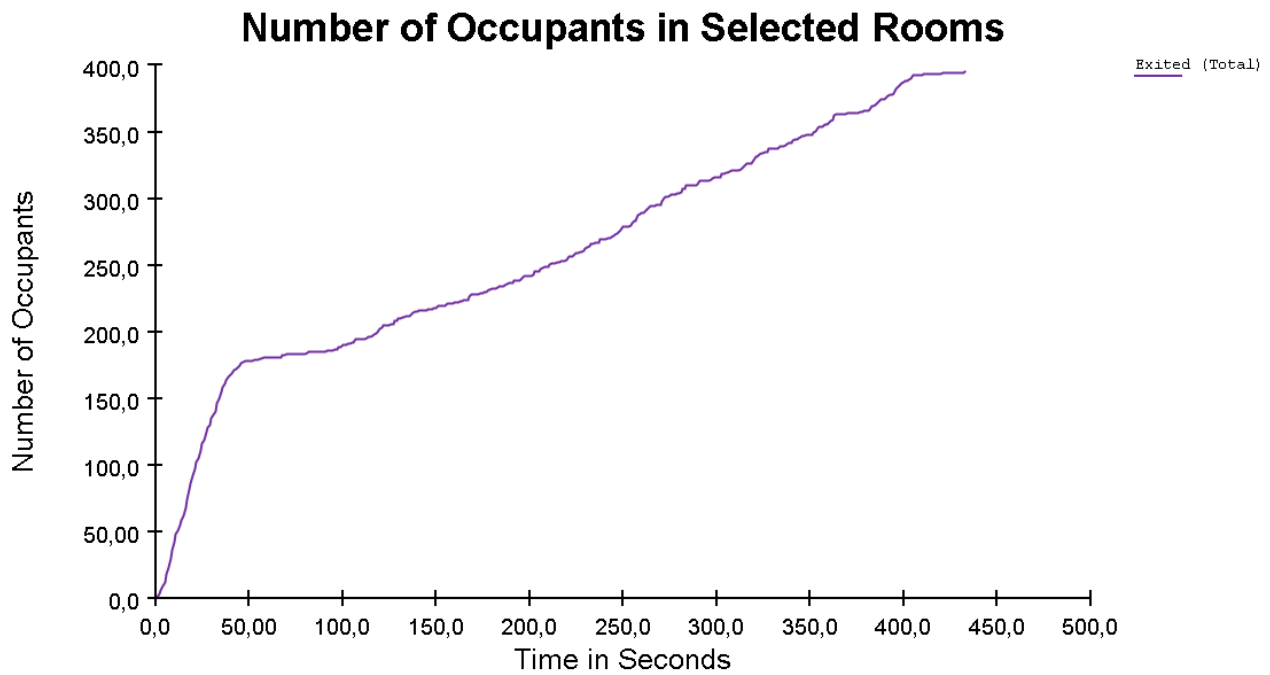


Figura 29 - Diagramma scenario S1 con 30% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo fotoluminescente



*Figura 30 - Diagramma scenario S1 con 60% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo fotoluminescente*

I grafici sopra raffigurati tramite il programma pathfinder, raffigurano una curva che mette in relazione il numero di persone che defluisce verso un luogo esterno sicuro in base al tempo espresso in secondi, che varia in base al tipo di segnaletica e alla percentuale di utenti vulnerabili non autonomi.

Per comprendere più nel dettaglio l'andamento delle varie curve, nella tabella sottostante sono riassunte il numero delle persone (con riferimento al 60% di pazienti non autonomi per considerare la situazione più gravosa) che defluiscono a 100s, 200s, 300s ed 400 secondi così da avere un quadro più chiaro sull'andamento della curva in forma numerica inoltre è stato valutato anche il flusso delle persone nelle tempistiche stabilite come si può evincere dall'ultima colonna con il rapporto calcolato tra il numero di persone uscenti nel tempo.

SCENARIO S1	SISTEMI DI SEGNALETICA	TEMPO (secondi)	NUMERO DEGLI OCCUPANTI	FLUSSO DELLE PERSONE (persone/s)
	SSTD	100 s	178 persone	$178/100=1.75$
		200 s	211 persone	$211/200=1.05$
		300 s	294 persone	$294/300=0.98$
		400 s	362 persone	$362/400=0.90$
	SPLM	100 s	198 persone	$198/100=1.98$
		200 s	226 persone	$226/200=1.13$
		300 s	298 persone	$298/300=0.99$
		400 s	371 persone	$371/400=0.92$

Tabella 13 - Tabella riassuntiva risultati scenario S1

La tabella sottostante, riassume i risultati ottenuti dai grafici delle simulazioni effettuate ovvero il tempo di esodo totale che varia, come si può notare, dalla quantità di utenti vulnerabili presenti e dal tipo di segnaletica presente.

SCENARIO S1	% DI DISABILI	SISTEMI DI SEGNALETICA	NUMERO SIMULAZIONI	TEMPO DI ESODO TOTALE (secondi)	TEMPO DI ESODO TOTALE (minuti)
	0%	SSTD	5	340 s	5,66 min
		SPLM	5	319 s	5,35 min
	30%	SSTD	5	375 s	6,25 min
		SPLM	5	352 s	5,86 min
	60%	SSTD	5	489 s	8,15 min
		SPLM	5	460 s	7,66 min

Tabella 14 - Tabella riassuntiva risultati scenario S1

I risultati ottenuti dalle 30 simulazioni totali effettuate per lo scenario d'incendio S1 mostrano un miglioramento anche se minimo per l'installazione di segnaletica fotoluminescente soprattutto nelle ore notturne che riduce il tempo totale di evacuazione aumentando quindi la velocità di deflusso.

Invece, si può notare come la percentuale di pazienti allettati o pazienti sulla sedia a rotelle, vulnerabili, quindi non autonomi che hanno bisogno di assistenza che sono presenti all'interno della struttura, implicano un ritardo sulla velocità di deflusso aumentando il tempo totale di esodo, quindi si può dimostrare come questo parametro influenzi negativamente i risultati ottenuti.

A questo punto si vuole dare una *spiegazione pratica dei risultati ottenuti* ai fini di ottenere un miglioramento del processo evacuativo.

Trovandoci all'interno di un ospedale, non è possibile ipotizzare delle percentuali di pazienti non autonomi inferiori a quelle prese in considerazione (ovvero meno del 60%) in quanto non corrisponderebbero a valori reali, per cui si può pensare come assumere più personale e formandolo alla prevenzione e sicurezza in caso d'incendio possa invece migliorare la velocità di esodo riducendo le tempistiche dell'evacuazione, inserendo quindi almeno 1 operatore sanitario ogni 5 pazienti non autonomi.

Inoltre sarà fondamentale elaborare linee guida per avere un ospedale sicuro ovvero progettare dei piani di emergenza che definiscono i criteri e le modalità a livello organizzativo e procedurale di strutturazione del piano di emergenza interno e del piano di evacuazione in caso d'incendio.

La stesura di tali documenti avverrà tramite vari soggetti che, a vario titolo partecipano alla gestione dell'emergenza nei presidi ospedalieri quindi vediamo figure come servizi tecnici, servizi di risk management, direzioni sanitarie, vigili de fuoco.. permettendo così l'elaborazione di procedure coordinate rispetto alle priorità di intervento ed alle competenze con obiettivo quello di tutelare incolumità degli utenti, dei visitatori e personale, e la tutela della struttura stessa.

Il punto cardine come accennato pocanzi sarà la formazione del personale mediante corsi in cui verranno formati e informati sui rischi presenti nella struttura in cui operano. Nel corso verranno fornite quindi conoscenze base sulla sicurezza antincendio, protezione ed autoprotezione, estinzione e sui piani di emergenza vigenti per quella struttura il tutto verificato tramite test e prove finali.

Il piano di emergenza sarà quindi un documento aziendale fondamentale che definirà quali saranno i rischi relativi alla sicurezza in caso d'incendio definendo le varie procedure operative su come farvi fronte. Il piano avrà dei contenuti generali (del tipo descrittivi) e dei contenuti specifici (procedure specifiche per ogni evento considerato).



### 3.3 RISULTATI SCENARIO (S2)

Lo scenario S2 è caratterizzato da un evento fuoco con produzione di fumi e calore provenienti dalla stanza n. 24 del secondo piano i quali diminuiscono la visibilità nel corridoio e quindi nelle vie di esodo del secondo piano.

Dai risultati ottenuti in merito all'andamento di deflusso, che vedremo nelle figure sottostanti si può notare come andamento della curva cambia rispetto allo scenario base, così come il tempo di esodo in base alla categoria di occupanti e alla segnaletica presente.

#### SCENARIO S2- segnaletica di *tipo standard (SSTD)*

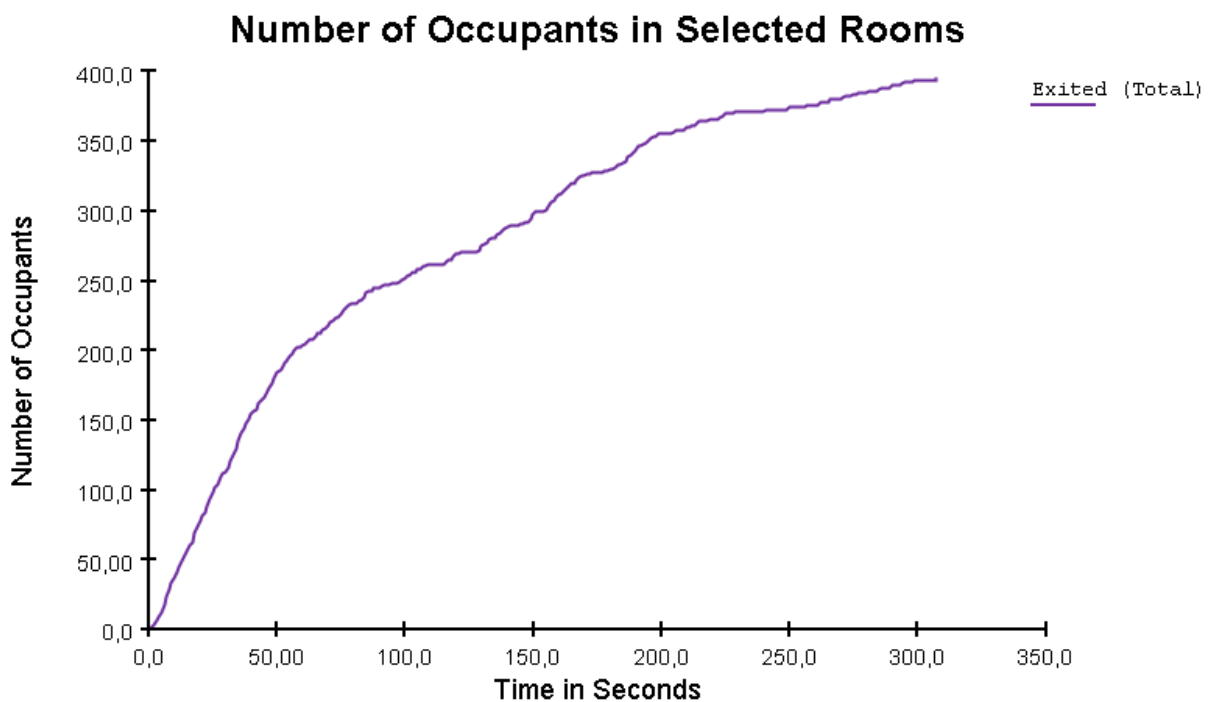
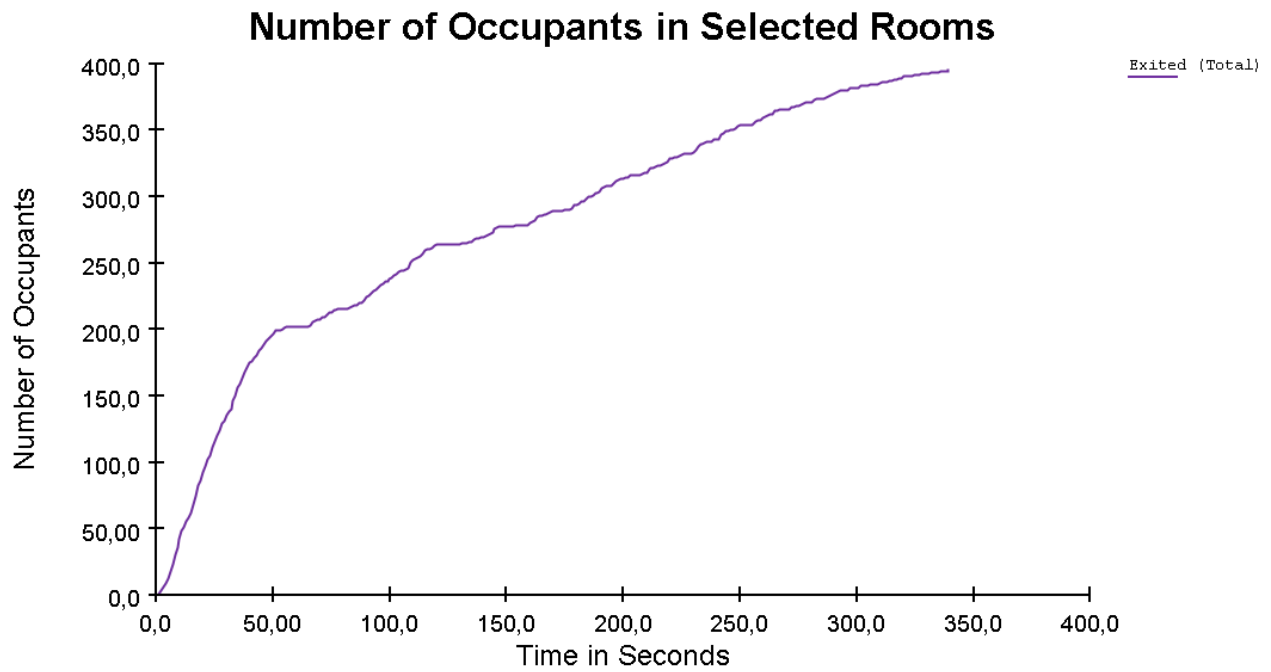
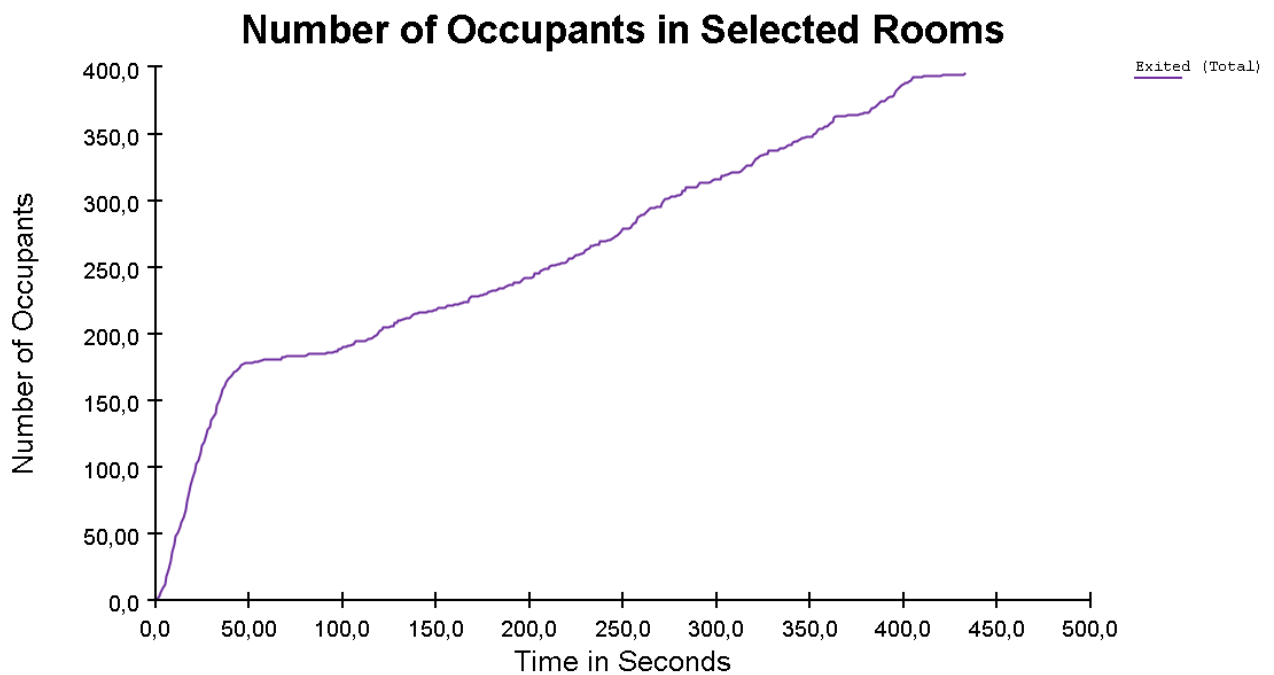


Figura 31 - Diagramma scenario S2 con 0% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo standard



*Figura 32 -Diagramma scenario S2 con 30% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo standard*



*Figura 33 - Diagramma scenario S2 con 60% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo standard*

SCENARIO S2- segnaletica di tipo fotoluminescente (SPLM)

**Number of Occupants in Selected Rooms**

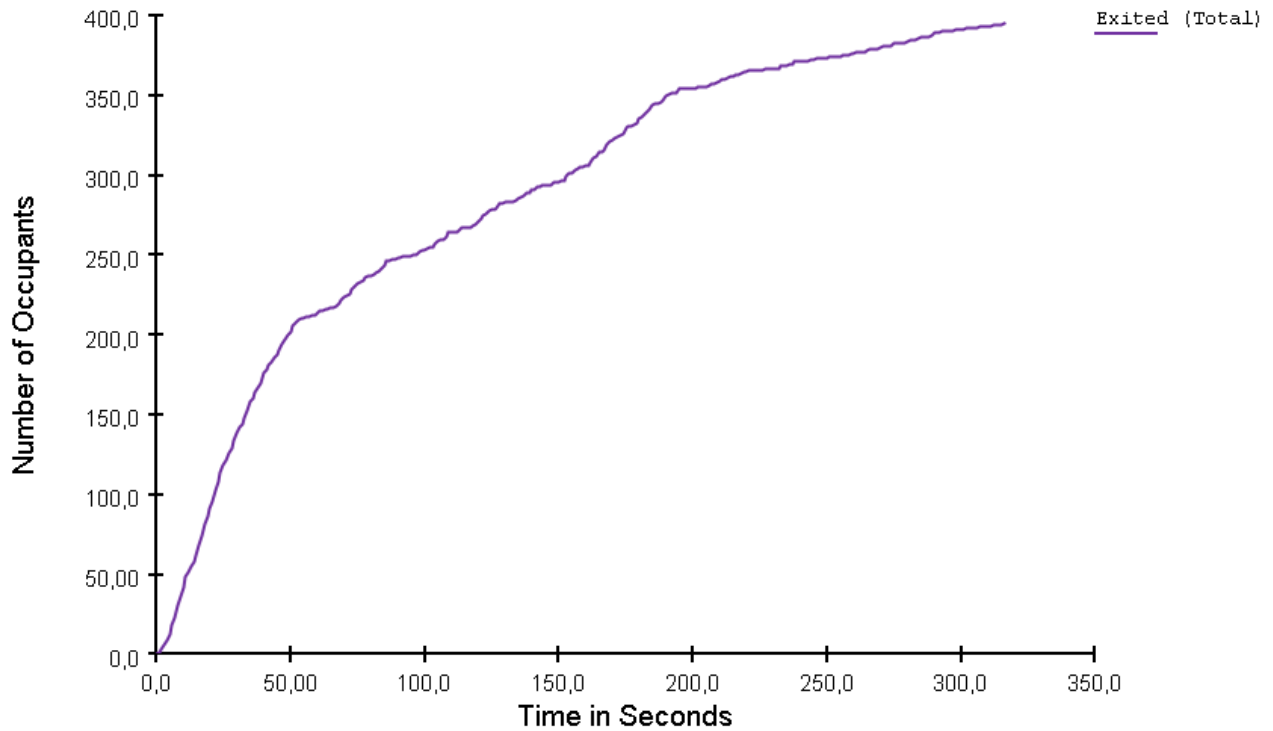


Figura 34 -Diagramma scenario S2 con 0% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo fotoluminescente

**Number of Occupants in Selected Rooms**

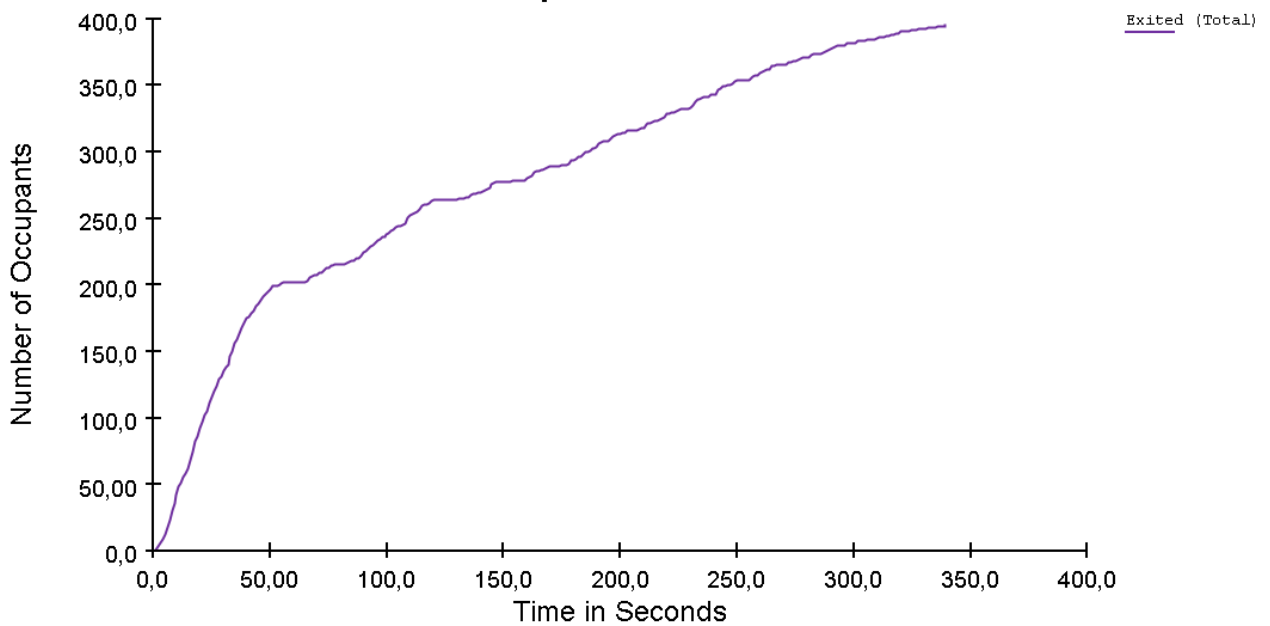
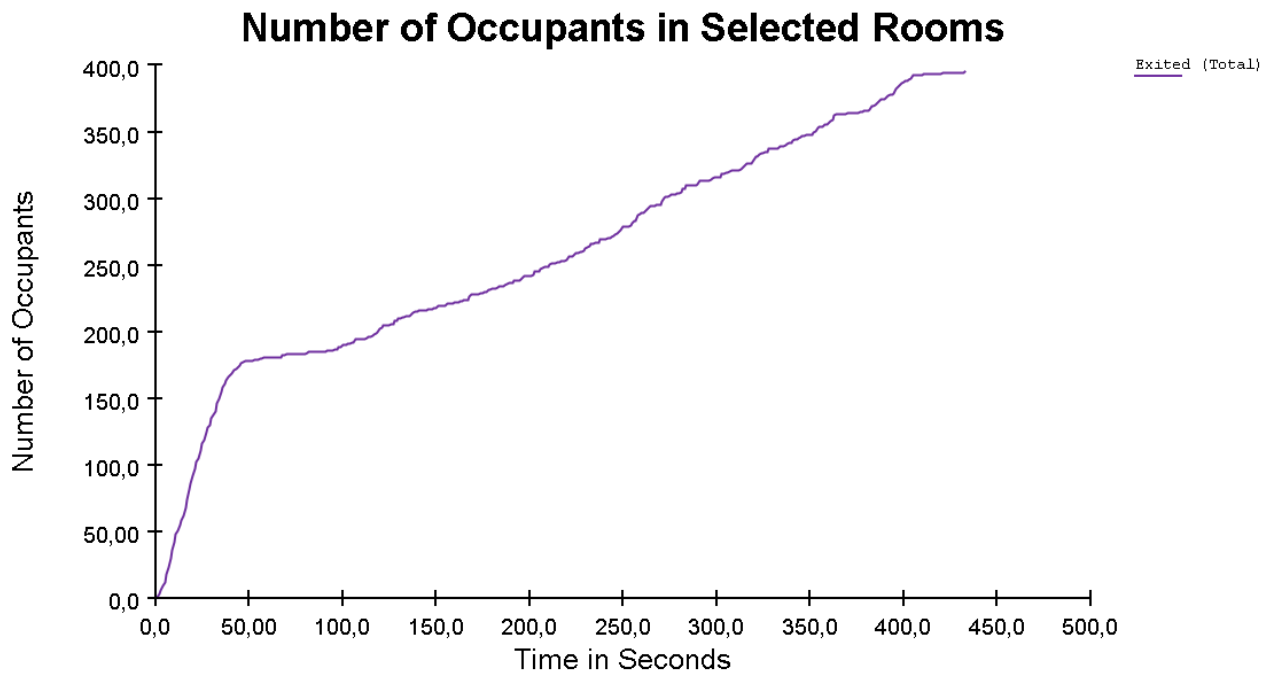


Figura 35 -Diagramma scenario S2 con 30% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo fotoluminescente



*Figura 36 -Diagramma scenario S2 con 60% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo fotoluminescente*

Come per lo scenario S1, anche per lo scenario S2 sono stati analizzati i grafici sopra raffigurati tramite il programma pathfinder, che raffigurano una curva che mette in relazione il numero di persone che defluisce verso un luogo esterno sicuro in base al tempo espresso in secondi, che varia in base al tipo di segnaletica e alla percentuale di utenti vulnerabili non autonomi.

Per comprendere più nel dettaglio l'andamento delle varie curve, nella tabella sottostante sono riassunte il numero delle persone (con riferimento al 60% di pazienti non autonomi per considerare la situazione più gravosa) che defluiscono a 100s, 200s, 300s ed 400 secondi così da avere un quadro più chiaro sull'andamento della curva in forma numerica inoltre è stato valutato anche il flusso delle persone nelle tempistiche stabilite come si può evincere dall'ultima colonna con il rapporto calcolato tra il numero di persone uscenti nel tempo.

SCENARIO S2	SISTEMI DI SEGNALETICA	TEMPO (secondi)	NUMERO DEGLI OCCUPANTI	FLUSSO DELLE PERSONE (persone/s)
	SSTD	100 s	175 persone	175/100= 1.75
		200 s	209 persone	209/200=1.04
		300 s	292 persone	292/300=0.97
		400 s	360 persone	360/400=0.9
	SPLM	100 s	196 persone	196/100=1.96
		200 s	221 persone	221/200=1.10
		300 s	296 persone	296/300=0.98
		400 s	369 persone	369/400=0.92

Tabella 15 - Tabella riassuntiva risultati scenario S2

La tabella sottostante, riassume i risultati ottenuti dai grafici delle simulazioni effettuate ovvero il tempo di esodo totale che varia, come si può notare, dalla quantità di utenti vulnerabili presenti e dal tipo di segnaletica presente.

SCENARIO S2	% DI DISABILI	SISTEMI DI SEGNALETICA	NUMERO SIMULAZIONI	TEMPO DI ESODO TOTALE (secondi)	TEMPO DI ESODO TOTALE (minuti)
	0%	SSTD	5	345 s	5,63 min
		SPLM	5	321 s	5,31 min
	30%	SSTD	5	382 s	6,36 min
		SPLM	5	358 s	5,96 min
	60%	SSTD	5	495 s	8,25 min
		SPLM	5	472 s	7,86 min

Tabella 16 - Tabella riassuntiva risultati scenario S2

I risultati ottenuti dalle 30 simulazioni totali effettuate per lo scenario d'incendio S2 mostrano un lieve ritardo del tempo totale di evacuazione per una media di circa 10 minuti in più rispetto allo scenario d'incendio S1 e sicuramente più del doppio rapportato allo scenario base.

Questo perché, il percorso di esodo verticale considerato come si nota nelle piante allegate è lo stesso in quanto non esistono soluzioni alternative avendo due scale compartimentate che collegano i piani soprastanti a quello terra.

Quindi la scelta dello scenario di riferimento non modifica in maniera significativa i risultati totali delle tempistiche di esodo.

### 3.4 CONFRONTO DEI GRAFICI CON DISCUSSIONE DEI RISULTATI OTTENUTI

- CONFRONTO DEI RISULTATI OTTENUTI DELLO SCENARIO S1

SCENARIO S1	% DI DISABILI	SISTEMI DI SEGNALETICA	TEMPO DI ESODO TOTALE (secondi)
	0%	SSTD	340 s
		SPLM	319 s
	30%	SSTD	375 s
		SPLM	352 s
	60%	SSTD	489 s
		SPLM	460 s

Tabella 17 - Tabella dei risultati dei tempi di esodo dello scenario S1

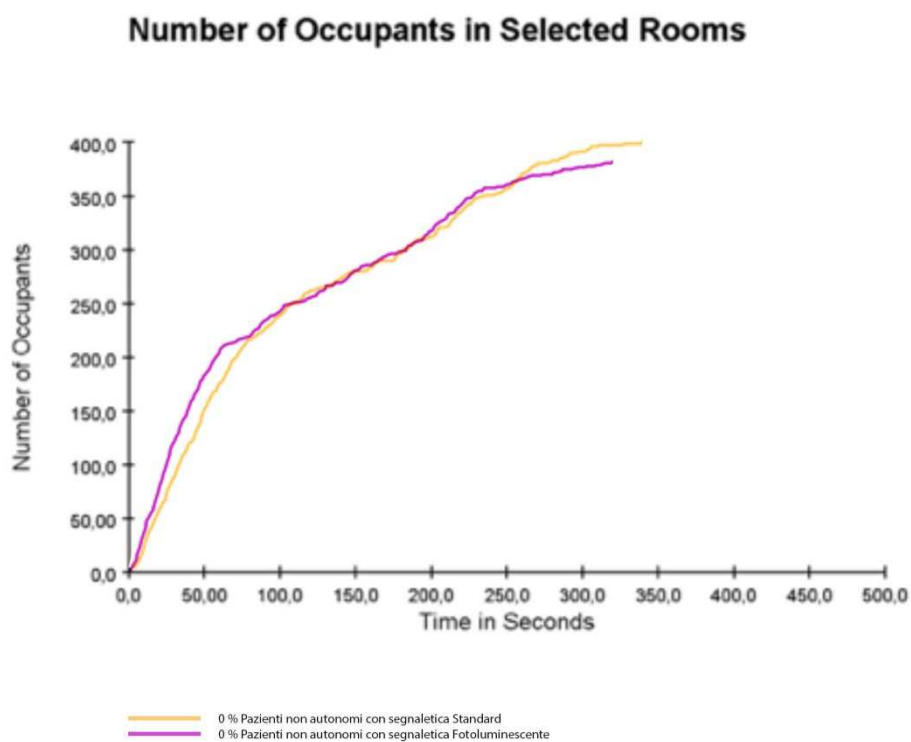


Figura 37 - Confronto segnaletica SSTD e SPLM con 0% pazienti non autonomi

### Number of Occupants in Selected Rooms

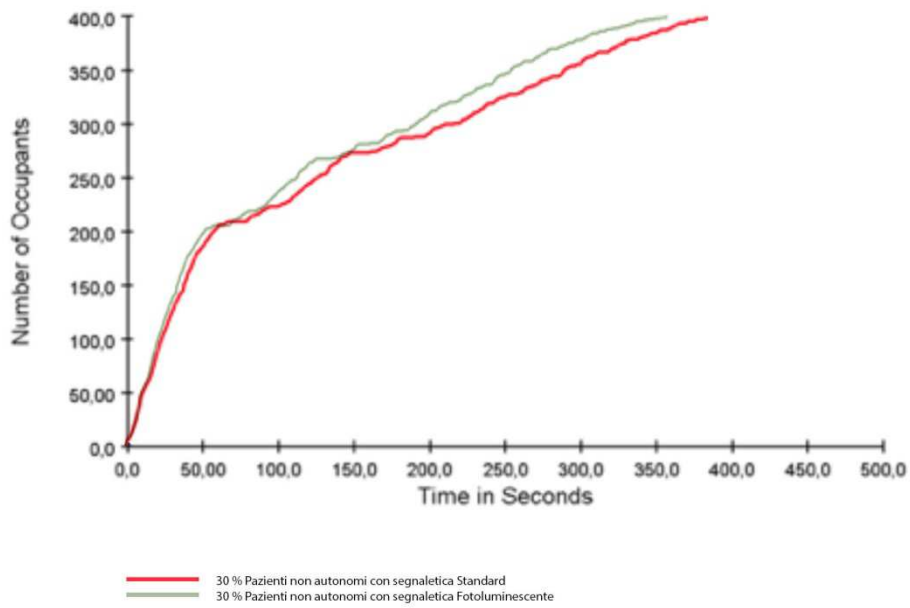


Figura 38 - Confronto segnaletica SSTD e SPLM con 30% pazienti non autonomi

### Number of Occupants in Selected Rooms

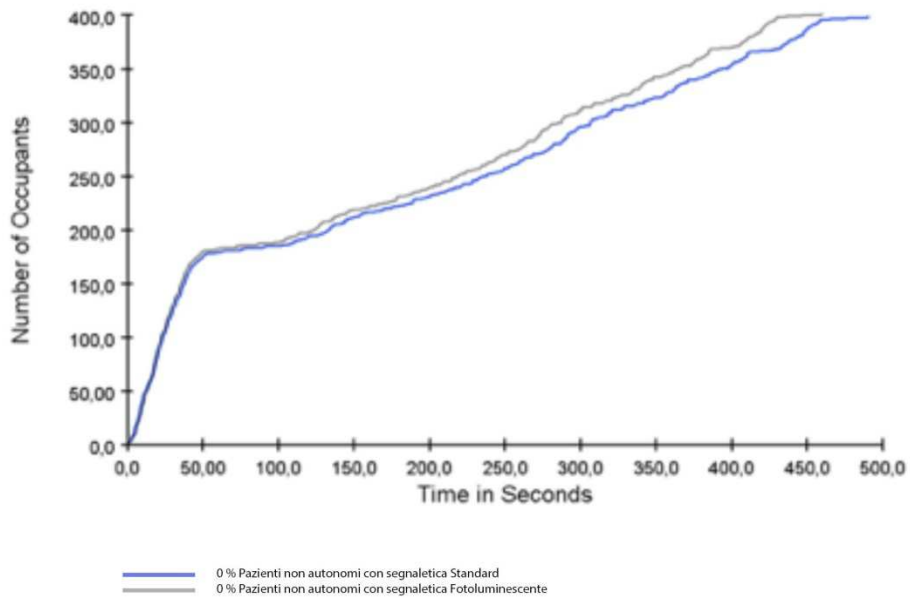


Figura 39 - Confronto segnaletica SSTD e SPLM con 60% pazienti non autonomi



### Number of Occupants in Selected Rooms

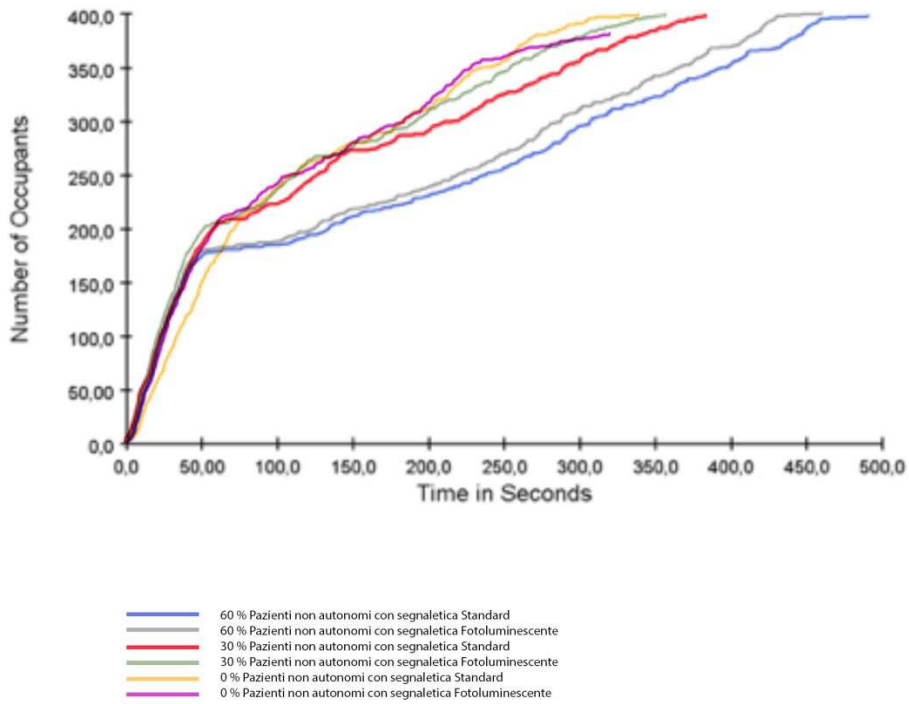


Figura 40 - Confronto risultati scenario S1

- CONFRONTO DEI RISULTATI OTTENUTI DELLO SCENARIO S2**

SCENARIO S2	% DI DISABILI	SISTEMI DI SEGNALETICA	TEMPO DI ESODO TOTALE (secondi)
	0%	SSTD	345 s
		SPLM	321 s
	30%	SSTD	382 s
		SPLM	358 s
	60%	SSTD	495 s
		SPLM	472 s

Tabella 18 - Tabella dei risultati dei tempi di esodo dello scenario S2

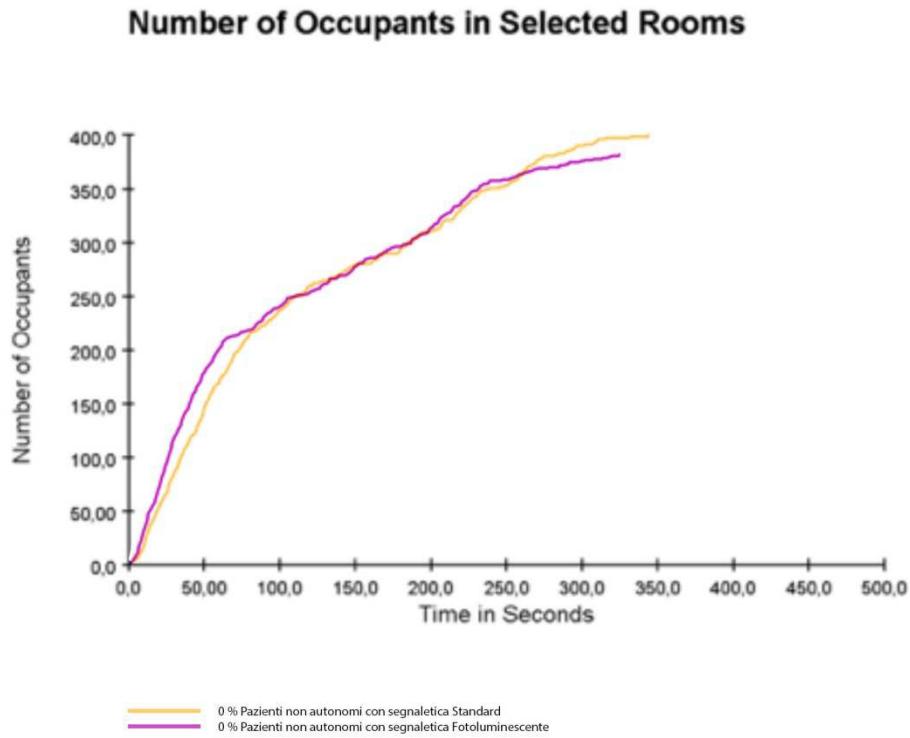


Figura 41 - Confronto segnaletica SSTD e SPLM con 0% pazienti non autonomi

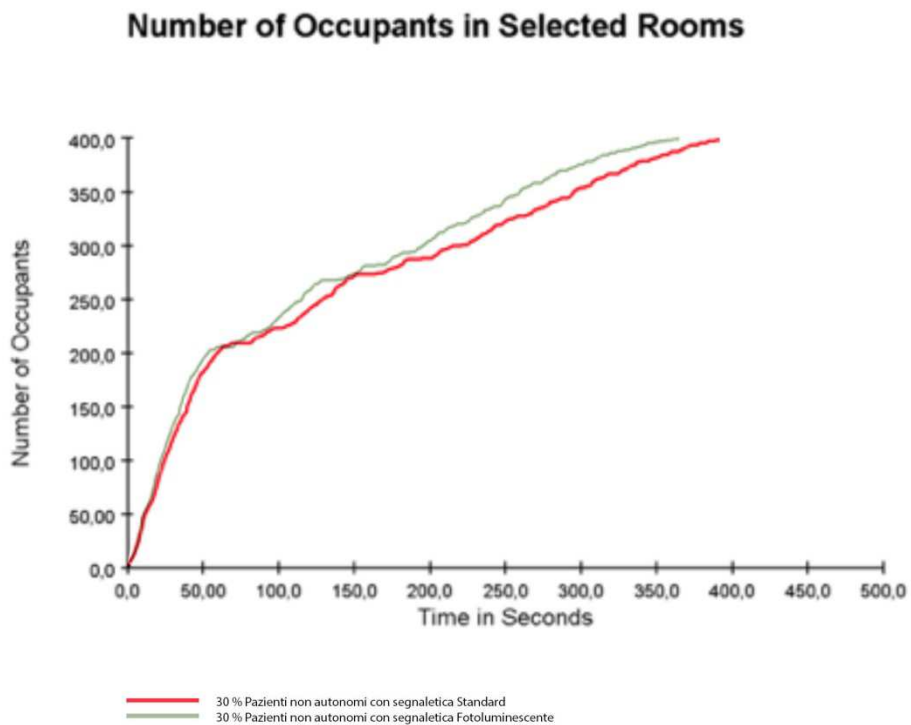


Figura 42 - Confronto segnaletica SSTD e SPLM con 30% pazienti non autonomi

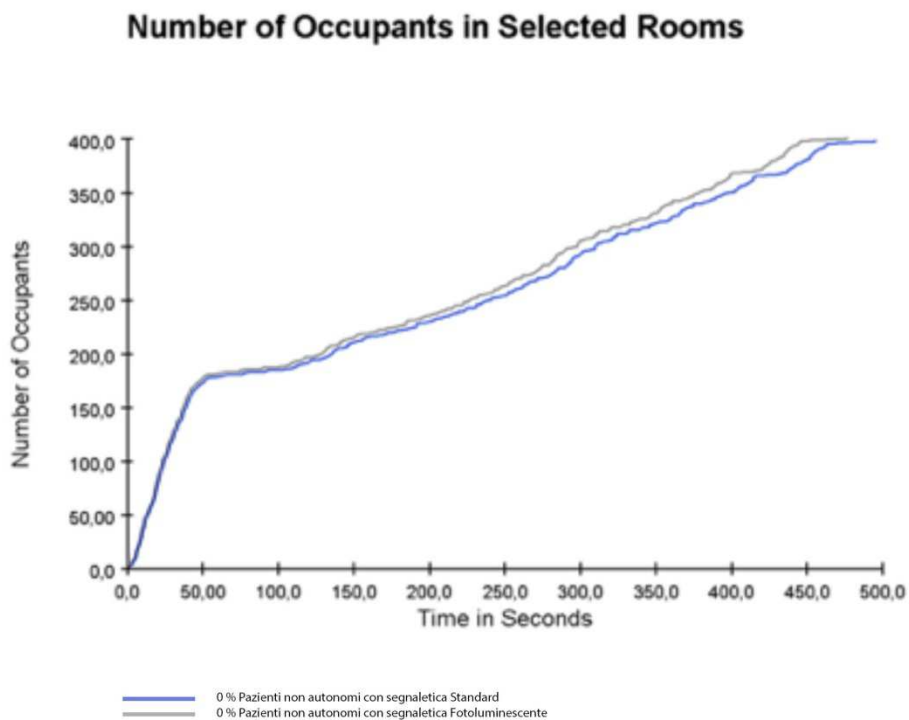


Figura 43 - Confronto segnaletica SSTD e SPLM con 60% pazienti non autonomi

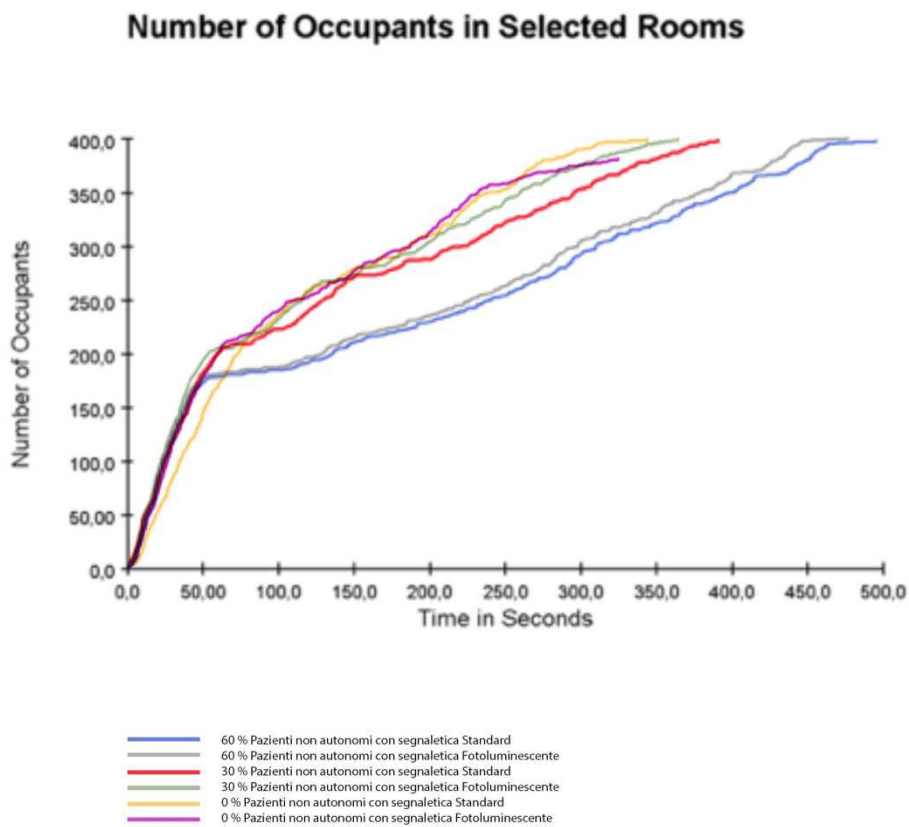


Figura 44 - Confronto risultati scenario S2

Come si evincere dai grafici soprastanti le curve di ambe due gli scenari sono influenzate soprattutto alla quantità di utenti non autonomi presenti all'interno della struttura, invece la segnaletica incide di qualche valore il risultato finale.

Considerando che, lo SCENARIO BASE non è caratterizzato da uno scenario fuoco come quanto riportato precedentemente ed essendo una prova di evacuazione con finalità quella di capire come gli agenti si sarebbero mossi in caso di emergenza ed inoltre, tenendo in considerazione, che durante lo svolgimento della prova tutte le persone coinvolte sono autonome il tempo di esodo totale è di 220 secondi.

Di seguito si calcoleranno le differenze percentuali tra gli scenari facendo quindi un confronto tra lo scenario S1 e Scenario S2 ipotizzati che hanno invece risultati completamente diversi rispetto a quello base, in quanto i risultati dei tempi di esodo sono influenzati dalla diversa segnaletica e dalla quantità di utenti vulnerabili presenti.

## SCENARIO S1

- **SEGNALETICA STANDARD (SSTD)**

- $(\text{SSTD al } 30\% \text{ in S1}) - (\text{SSTD al } 0\% \text{ in S1}) / (\text{SSTD al } 0\% \text{ in S1}) = (375) - (340) / 340 = 0.10 * 100 = 10\%$
- $(\text{SSTD al } 60\% \text{ in S1}) - (\text{SSTD al } 0\% \text{ in S1}) / (\text{SSTD al } 0\% \text{ in S1}) = (489) - (340) / 340 = 0.43 * 100 = 43\%$

- **SEGNALETICA FOTOLUMINESCENTE (SPLM)**

- $(\text{SPLM al } 30\% \text{ in S1}) - (\text{SPLM al } 0\% \text{ in S1}) / (\text{SPLM al } 0\% \text{ in S1}) = (352) - (321) / 321 = 0.09 * 100 = 9\%$
- $(\text{SPLM al } 60\% \text{ in S1}) - (\text{SPLM al } 0\% \text{ in S1}) / (\text{SPLM al } 0\% \text{ in S1}) = (460) - (321) / 321 = 0.44 * 100 = 44\%$

## SCENARIO S2

- **SEGNALETICA STANDARD (SSTD)**

- $(\text{SSTD al } 30\% \text{ in S2}) - (\text{SSTD al } 0\% \text{ in S2}) / (\text{SSTD al } 0\% \text{ in S2}) = (382) - (338) / 338 = 0.13 * 100 = 13\%$
- $(\text{SSTD al } 60\% \text{ in S2}) - (\text{SSTD al } 0\% \text{ in S2}) / (\text{SSTD al } 0\% \text{ in S2}) = (495) - (338) / 338 = 0.46 * 100 = 46\%$

- **SEGNALETICA FOTOLUMINESCENTE (SPLM)**

- $(\text{SPLM al } 30\% \text{ in S2}) - (\text{SPLM al } 0\% \text{ in S2}) / (\text{SPLM al } 0\% \text{ in S2}) = (358) - (319) / 319 = 0.12 * 100 = 12\%$
- $(\text{SPLM al } 60\% \text{ in S2}) - (\text{SPLM al } 0\% \text{ in S2}) / (\text{SPLM al } 0\% \text{ in S2}) = (472) - (319) / 319 = 0.47 * 100 = 47\%$

Nella tabella sottostante verranno sintetizzati i risultati ottenuti calcolati in precedenza in percentuale confrontando i due scenari prese come riferimento.

	<b>SCENARIO S1</b>		<b>SCENARIO S2</b>	
	<b>SSTD</b>	<b>SPLM</b>	<b>SSTD</b>	<b>SPLM</b>
<b>0% 30%</b>	10%	9%	13%	12%
<b>0% 60 %</b>	43%	44%	46%	47%

*Tabella 19 - Tabella riassuntiva risultati in percentuale*

I risultati restituiti in percentuali dimostrano che, le differenze percentuali tra gli scenari rispetto al base dove non sono coinvolte persone disabili e non autonome siano significative, in quanto il tempo di esodo totale per uscire dell'edificio e raggiungere il luogo esterno sicuro aumenta di circa quattro volte in più rispetto a quando non vi sono persone autonome.

Questo ribadisce quanto già dimostrato e trattato nei risultati dei nei grafici soprastanti riguardanti i due tipi differenti di scenari presi in considerazione.

Invece la differenza dei risultati ottenuti confrontando le due segnaletiche di emergenza risulta a essere minima quindi accettabile.

## CAPITOLO 4

### 4 CONCLUSIONI

Il seguente lavoro di tesi è stato condotto con lo scopo di salvaguardare la sicurezza delle persone in caso d'incendio, si è quindi analizzato il sistema di evacuazione di un ospedale, in particolar modo sono state valutate le soluzioni di tipo gestionale ed architettonico in grado di favorire un miglior risultato in condizioni di emergenza.

Sono stati considerati due scenari d'incendio, su due piani della struttura differenti, con obiettivo quello di analizzare la variazione del processo di esodo in presenza di diverse quantità di utenti vulnerabili per diversi sistemi di segnaletica implementati con esattezza due.

Il risultato conseguito può definirsi soddisfacente sotto molteplici aspetti; da un lato gli esiti delle simulazioni potrebbero essere applicate al caso generico per tutte le strutture ospedaliere che presentano disabilità sia fisiche che psichiche, dall'altro interpretazione dei risultati consente di avere poi diverse soluzioni da proporre.

Pertanto analizzando i vari scenari possibili, sarà possibile trarre i seguenti benefici:

- ✓ Modellare accuratamente il processo di evacuazione di persone che necessitano di essere deambulate
- ✓ Realizzare previsioni di deflusso in ambito ospedaliero
- ✓ Realizzare previsioni sulla correttezza del piano organizzativo, controllando i flussi di esodo nelle zone maggiormente critiche e valutando le possibili migliorie da apportare alla gestione degli edifici.

Ovviamente lo studio della medesima tesi richiede un affinamento sotto vari aspetti, sia teorici che pratici, va infatti ricordato che per quanto si stia lavorando allo sviluppo di questi modelli, la completa comprensione del comportamento umano rimane tutt'oggi imprevedibile e fonte di incertezza.

Ai fini strettamente pratici i risultati ottenuti presentano quindi dei limiti:

- ✓ Analisi per essere estesa al caso più generale ha bisogno di essere estesa almeno ad altri ospedali quindi aumentando i campioni da analizzare e valutare
- ✓ La collezione di dati ottenuti non può definirsi esaustiva per definire equazione che regola il rapporto ottimale tra operatori sanitari ed ospiti tale da consentire un deflusso sicuro.

Queste carenze si potranno colmare eseguendo studi su intere strutture analizzando un campione più vasto ed ampio in più scenari di evacuazione con più modalità di esodo. Inoltre tale studio è un ottima base per sviluppare un piano organizzativo in grado di gestire la disposizione degli ospiti non più in modo casuale, bensì legato alle esigenze di evacuazione in caso di emergenza.

## APPENDICI

[version] 16  
[param]  
show\_vis 0  
dt\_init 0.025  
max\_time 3600.0  
dt\_csv\_data 1.0  
dt\_vis 0.25  
dt\_wall\_meta 0.5  
dt\_snapshot 120.0  
reactive\_steering 1  
inertia 1  
handle\_collisions 1  
vel\_from\_density 0  
density\_max 1.88

path\_cleanup IF\_NECESSARY  
specific\_flowrate\_max Infinity  
attr\_default\_idle\_time 900.0  
occtarget\_conflict\_resolve\_time 5.0  
dynamictarget\_search\_dt 0.25  
door\_flow\_from\_density 1  
door\_flow\_density\_min 1.9  
door\_flow\_density\_max 3.0  
boundary\_layer 0.15  
low\_speed\_threshold 0.25  
low\_speed\_averaging\_time 10.0  
max\_trim\_error 0.0254  
min\_flowrate\_factor 0.1  
occ\_csv\_file\_as\_one 1  
write\_occ\_params\_file 1  
enable\_json\_output 0  
measurement\_region\_seekspeed 1  
force\_separation 0  
social\_distance\_csv\_output 0  
social\_distance\_value 2.0  
out\_occ\_time\_history "ospedale.pfd"  
out\_geom\_time\_history "ospedale.pfg"  
out\_room\_usage "ospedale\_rooms.csv"  
out\_door\_usage "ospedale\_doors.csv"  
out\_summary "ospedale\_summary.txt"  
out\_performance "ospedale\_performance.txt"  
out\_snapshot\_base "ospedale"  
out\_results "ospedale.pfr"  
imported\_geom "ospedale.geom"



views "ospedale\_views.json"

[nodedisp]

0: 0.9 0.7 0.0 1.0 -1  
1: 0.19607843 1.0 0.19607843 1.0 -1  
2: 0.5807996 0.51136386 0.6284088 1.0 -1  
3: 0.4728289 0.5392822 0.7018322 1.0 -1  
4: 0.5789572 0.5763373 0.641 1.0 -1  
5: 0.4382981 0.4256928 0.7489326 1.0 -1  
6: 0.4223722 0.42915255 0.62653 1.0 -1  
7: 0.59618115 0.5969368 0.5307558 1.0 -1  
8: 0.4115337 0.43388546 0.7500161 1.0 -1  
9: 0.4090777 0.41012833 0.5537491 1.0 -1  
10: 0.47686785 0.5581283 0.7084077 1.0 -1  
11: 0.45511836 0.5694611 0.5622207 1.0 -1  
12: 0.47580525 0.5497318 0.73061097 1.0 -1  
13: 0.56884485 0.48460972 0.694504 1.0 -1  
14: 0.41048563 0.55785847 0.6438813 1.0 -1  
15: 0.49088553 0.48290578 0.7884212 1.0 -1  
16: 0.49354467 0.50054413 0.6421969 1.0 -1  
17: 0.58215916 0.524371 0.7142695 1.0 -1  
18: 0.5201131 0.4815451 0.66719794 1.0 -1  
19: 0.5022286 0.48559904 0.6173221 1.0 -1  
20: 0.5474603 0.4143964 0.69585913 1.0 -1  
21: 0.58370316 0.4761637 0.7126044 1.0 -1  
22: 0.55623734 0.57463396 0.66482174 1.0 -1  
23: 0.5497189 0.45986918 0.5824798 1.0 -1  
24: 0.44480392 0.5295261 0.67725927 1.0 -1  
25: 0.42499578 0.58025926 0.5330872 1.0 -1  
26: 0.5399811 0.53142446 0.60801655 1.0 -1  
27: 0.5829028 0.5169031 0.5657755 1.0 -1  
28: 0.5371075 0.43591517 0.58608454 1.0 -1  
29: 0.56428015 0.5646338 0.74297965 1.0 -1  
30: 0.5965889 0.50448877 0.61650985 1.0 -1  
31: 0.57299155 0.56989 0.7040091 1.0 -1  
32: 0.47124645 0.5501041 0.7995831 1.0 -1  
33: 0.50285864 0.47780114 0.5461835 1.0 -1  
34: 0.50988734 0.4840458 0.7851131 1.0 -1  
35: 0.58208567 0.51826257 0.56771463 1.0 -1  
36: 0.9 0.7 0.6 1.0 -1  
37: 0.5691629 0.43201795 0.7337447 1.0 -1  
38: 0.5544493 0.59429324 0.5738807 1.0 -1  
39: 0.53345466 0.4693675 0.7465401 1.0 -1  
40: 0.42372748 0.42924508 0.65528804 1.0 -1  
41: 0.577535 0.55298746 0.6438843 1.0 -1  
42: 0.503492 0.45224854 0.7076738 1.0 -1

43: 0.43118268 0.544297 0.5397571 1.0 -1  
44: 0.44559425 0.5715426 0.61417806 1.0 -1

[nodes]

0: "Door00" 0, -1, -728357279618208040, "piano terra->Door00"  
1: "Door01" 0, -1, -2797114988455192720, "piano terra->Door01"  
2: "Door02" 0, -1, -9196325595626100791, "piano terra->Door02"  
3: "Door03" 0, -1, -8003367232521376232, "piano terra->Door03"  
4: "Door04" 0, -1, -5213307211589621876, "piano terra->Door04"  
5: "Door05" 0, -1, 1855731517187068343, "piano terra->Door05"  
6: "Door06" 0, -1, -6959303523669777070, "piano terra->Door06"  
7: "Door07" 0, -1, 8715222724496448353, "piano terra->Door07"  
8: "Door08" 0, -1, 434622325714840967, "piano terra->Door08"  
9: "Door09" 0, -1, 1533149022936263805, "piano terra->Door09"  
10: "Door10" 0, -1, 6785865830451336222, "piano terra->Door10"  
11: "Door11" 0, -1, 8914329250249278706, "piano terra->Door11"  
12: "Door12" 0, -1, 8077655399851237128, "piano terra->Door12"  
13: "Door13" 0, -1, -3363416471144801068, "piano terra->Door13"  
14: "Door14" 0, -1, 8452340332607059388, "piano terra->Door14"  
15: "Door15" 0, -1, -3556669005369633136, "piano terra->Door15"  
16: "Door16" 0, -1, 1400873261575229006, "piano terra->Door16"  
17: "Door17" 0, -1, 7262117445700410798, "piano terra->Door17"  
18: "Door18" 0, -1, -6205608125615262646, "piano terra->Door18"  
19: "Door19" 0, -1, -7565052739958261092, "piano terra->Door19"  
20: "Door20" 0, -1, 6786009119292140107, "piano terra->Door20"  
21: "Door21" 0, -1, -2009489228931440945, "piano terra->Door21"  
22: "Door22" 0, -1, -4651137474838119881, "piano terra->Door22"  
23: "Door23" 0, -1, 6047036884325790880, "piano terra->Door23"  
24: "Door24" 0, -1, 5406624544307356594, "piano terra->Door24"  
25: "Door25" 0, -1, -4983921525426760073, "piano terra->Door25"  
26: "Door26" 1, -1, -146258234493409528, "piano terra->Door26"  
27: "Door27" 0, -1, 9150026758337414379, "piano terra->Door27"  
28: "Door28" 0, -1, -3882859736166655738, "piano terra->Door28"  
29: "Door29" 0, -1, 6802260045786725455, "piano terra->Door29"  
30: "Door30" 0, -1, -5325575817522157913, "piano terra->Door30"  
31: "Door31" 0, -1, -4281623092967138363, "piano terra->Door31"  
32: "Door32" 0, -1, -1363538652536399183, "piano terra->Door32"  
33: "Room26" 2, -1, -2052487623109476004, "piano terra->Room26"  
34: "Room17" 3, -1, 7408326122074916718, "piano terra->Room17"  
35: "Room15" 4, -1, -3340472228763782314, "piano terra->Room15"  
36: "Room14" 5, -1, -4033151342151273421, "piano terra->Room14"  
37: "Room22" 6, -1, -2962897120844561279, "piano terra->Room22"  
38: "Room28" 7, -1, 5663237324317689704, "piano terra->Room28"  
39: "Room27" 8, -1, 474592921650039422, "piano terra->Room27"  
40: "Room35" 9, -1, -1623101187125961013, "piano terra->Room35"  
41: "Room11" 10, -1, 8322526034892286601, "piano terra->Room11"

42: "Room10" 11, -1, -3557218802645428256, "piano terra->Room10"  
43: "Room12" 12, -1, 4388939024340515697, "piano terra->Room12"  
44: "Room13" 13, -1, 3925081450848833961, "piano terra->Room13"  
45: "Room24" 14, -1, -8737275363207340569, "piano terra->Room24"  
46: "Room23" 15, -1, 7357287898723839014, "piano terra->Room23"  
47: "Room16" 16, -1, 452064745364220262, "piano terra->Room16"  
48: "Room20" 17, -1, -6018019943566363209, "piano terra->Room20"  
49: "Room19" 18, -1, 6999686269257474356, "piano terra->Room19"  
50: "Room18" 19, -1, 6916533682897044728, "piano terra->Room18"  
51: "Room04" 20, -1, 2236935792918702031, "piano terra->Room04"  
52: "Room03" 21, -1, 8107018178878935457, "piano terra->Room03"  
53: "Room09" 22, -1, 5607585062014867651, "piano terra->Room09"  
54: "Room08" 23, -1, 4047617913190380779, "piano terra->Room08"  
55: "Room07" 24, -1, 3767483757502078876, "piano terra->Room07"  
56: "Room30" 25, -1, -330221626744676463, "piano terra->Room30"  
57: "Room32" 26, -1, -4783417274813065376, "piano terra->Room32"  
58: "Room33" 27, -1, 8647002669686175307, "piano terra->Room33"  
59: "Room06" 28, -1, -4670563832710681957, "piano terra->Room06"  
60: "Room05" 29, -1, -2296249008251213429, "piano terra->Room05"  
61: "Room34" 30, -1, 8945966546758158281, "piano terra->Room34"  
62: "Room02" 31, -1, -152309925253551966, "piano terra->Room02"  
63: "Room01" 32, -1, 2253558226545282607, "piano terra->Room01"  
64: "Room00" 33, -1, 4772047963934861723, "piano terra->Room00"  
65: "Room31" 34, -1, -5178581486931893857, "piano terra->Room31"  
66: "Room25" 35, -1, 8356518227268338910, "piano terra->Room25"  
67: "Door34" 1, -1, 715178461496977559, "piano terra->Door34"  
68: "Door36" 0, -1, -273653047655606930, "piano terra->Door36"  
69: "Door37" 0, -1, 3183846620953185032, "piano terra->Door37"  
70: "Door38" 0, -1, -657534648320755409, "piano terra->Door38"  
71: "Door39" 0, -1, -4347355212058686767, "piano terra->Door39"  
72: "Door40" 0, -1, 9071725550272761275, "piano terra->Door40"  
73: "Door41" 0, -1, 1665643516951004258, "piano terra->Door41"  
74: "Stair19" 36, -1, 6212175036699267648, "piano terra->Stair19"  
75: "Stair19 door 1" -1, -1, -2518428773756037630, "Stair19 door 1"  
76: "Stair19 door 2" -1, -1, 607890101782980434, "Stair19 door 2"  
77: "Stair28" 36, -1, -2341978094774497017, "piano terra->Stair28"  
78: "Stair28 door 1" -1, -1, -5984813976506530325, "Stair28 door 1"  
79: "Stair28 door 2" -1, -1, -472311547875207073, "Stair28 door 2"  
80: "Door54" 1, -1, -5967861615799225432, "piano terra->Door54"  
81: "Door10" 0, -1, 5344903963418453705, "piano primo->Door10"  
82: "Door00" 0, -1, -7337169336743814266, "piano primo->Door00"  
83: "Door23" 0, -1, 8705809660768559124, "piano primo->Door23"  
84: "Door24" 0, -1, -8671254645036724525, "piano primo->Door24"  
85: "Door25" 0, -1, -6311644327622825109, "piano primo->Door25"  
86: "Door22" 0, -1, 7287698780241402224, "piano primo->Door22"  
87: "Door21" 0, -1, -7976045934408029678, "piano primo->Door21"

88: "Door19" 0, -1, 3311011557971522281, "piano primo->Door19"  
89: "Door20" 0, -1, 7979933645389257869, "piano primo->Door20"  
90: "Door16" 0, -1, 657146511141585079, "piano primo->Door16"  
91: "Door30" 0, -1, -1836188108048385677, "piano primo->Door30"  
92: "Door17" 0, -1, 6544793302101265923, "piano primo->Door17"  
93: "Door18" 0, -1, -6119847240789150938, "piano primo->Door18"  
94: "Door28" 0, -1, -7553712202265922500, "piano primo->Door28"  
95: "Door29" 0, -1, 2246554976285040351, "piano primo->Door29"  
96: "Door15" 0, -1, 7386667841478124418, "piano primo->Door15"  
97: "Door31" 0, -1, 1112969728330799297, "piano primo->Door31"  
98: "Door27" 0, -1, -1833028174574678329, "piano primo->Door27"  
99: "Door32" 0, -1, -6150845387069530562, "piano primo->Door32"  
100: "Door01" 0, -1, -2024203098716221519, "piano primo->Door01"  
101: "Door02" 0, -1, 3254794880714838139, "piano primo->Door02"  
102: "Door03" 0, -1, 8928473419463617499, "piano primo->Door03"  
103: "Door04" 0, -1, 52911356202690402, "piano primo->Door04"  
104: "Door05" 0, -1, -5593670188204778467, "piano primo->Door05"  
105: "Door06" 0, -1, -953571464944409202, "piano primo->Door06"  
106: "Door07" 0, -1, 7010279992780798355, "piano primo->Door07"  
107: "Door08" 0, -1, -3648371244264743012, "piano primo->Door08"  
108: "Door09" 0, -1, -2248197927049463427, "piano primo->Door09"  
109: "Door11" 0, -1, 2754886283063615582, "piano primo->Door11"  
110: "Door12" 0, -1, 7577795448930957458, "piano primo->Door12"  
111: "Door13" 0, -1, -2567857344169241853, "piano primo->Door13"  
112: "Door14" 0, -1, 2884979161065432387, "piano primo->Door14"  
113: "Room00" 33, -1, -3843865851844873213, "piano primo->Room00"  
114: "Room01" 32, -1, 2162509076891086481, "piano primo->Room01"  
115: "Room02" 31, -1, 1921306571821482238, "piano primo->Room02"  
116: "Room03" 21, -1, 4931079639492098780, "piano primo->Room03"  
117: "Room04" 20, -1, -8494473099671235144, "piano primo->Room04"  
118: "Room05" 29, -1, 605386295189469093, "piano primo->Room05"  
119: "Room06" 28, -1, 6327420061719355658, "piano primo->Room06"  
120: "Room34" 30, -1, -5107556940733541935, "piano primo->Room34"  
121: "Room07" 24, -1, -2773896253295986239, "piano primo->Room07"  
122: "Room18" 19, -1, -5119431423864181541, "piano primo->Room18"  
123: "Room19" 18, -1, 5399146005810330142, "piano primo->Room19"  
124: "Room20" 17, -1, 1011627323609328774, "piano primo->Room20"  
125: "Room17" 3, -1, -6204520309017955316, "piano primo->Room17"  
126: "Room16" 16, -1, -3088695174940396179, "piano primo->Room16"  
127: "Room14" 5, -1, -6173160460869273577, "piano primo->Room14"  
128: "Room15" 4, -1, 9113379198185514782, "piano primo->Room15"  
129: "Room12" 12, -1, 4475513576325346345, "piano primo->Room12"  
130: "Room13" 13, -1, -8881059633332914214, "piano primo->Room13"  
131: "Room26" 2, -1, -527638180356142913, "piano primo->Room26"  
132: "Room23" 15, -1, 1720824935358861677, "piano primo->Room23"  
133: "Room24" 14, -1, -2885471097818507652, "piano primo->Room24"

134: "Room11" 10, -1, 4255606848849627740, "piano primo->Room11"  
135: "Room22" 6, -1, 6678685512559518051, "piano primo->Room22"  
136: "Room28" 7, -1, 8149527576742822531, "piano primo->Room28"  
137: "Room27" 8, -1, 8816783011297195758, "piano primo->Room27"  
138: "Room33" 27, -1, 7688404641614936984, "piano primo->Room33"  
139: "Room32" 26, -1, 6866319256558852291, "piano primo->Room32"  
140: "Room30" 25, -1, 22700470311313084, "piano primo->Room30"  
141: "Room35" 9, -1, -3002203832173065854, "piano primo->Room35"  
142: "Room08" 23, -1, -2288083424917749786, "piano primo->Room08"  
143: "Room09" 22, -1, 5922260039908585587, "piano primo->Room09"  
144: "Room10" 11, -1, -2775391975088150669, "piano primo->Room10"  
145: "Room49" 37, -1, -8013557749218574048, "piano primo->Room49"  
146: "Room52" 38, -1, -7415127304445496443, "piano primo->Room52"  
147: "Room53" 39, -1, 249394588549552139, "piano primo->Room53"  
148: "Room57" 40, -1, 3922202926686780211, "piano primo->Room57"  
149: "Door42" 0, -1, 3921141664059837470, "piano primo->Door42"  
150: "Door43" 0, -1, -7740598960661675755, "piano primo->Door43"  
151: "Door44" 0, -1, -5610505030732177895, "piano primo->Door44"  
152: "Door45" 0, -1, -7918567790604818234, "piano primo->Door45"  
153: "Door46" 0, -1, -3058010287688755008, "piano primo->Door46"  
154: "Door47" 0, -1, 5490115978373532620, "piano primo->Door47"  
155: "Stair20" 36, -1, -8852691748112918542, "piano primo->Stair20"  
156: "Stair20 door 1" -1, -1, -6186120854775301343, "Stair20 door 1"  
157: "Stair20 door 2" -1, -1, 8986031533143861793, "Stair20 door 2"  
158: "Stair27" 36, -1, 2144044338903557459, "piano primo->Stair27"  
159: "Stair27 door 1" -1, -1, -2573744171068782875, "Stair27 door 1"  
160: "Stair27 door 2" -1, -1, 868612369473854380, "Stair27 door 2"  
161: "Door10" 0, -1, 4129246845343334920, "piano secondo ->Door10"  
162: "Door00" 0, -1, -4174959176055274340, "piano secondo ->Door00"  
163: "Door23" 0, -1, 2709251625229314374, "piano secondo ->Door23"  
164: "Door24" 0, -1, -1870381351859154641, "piano secondo ->Door24"  
165: "Door25" 0, -1, -8230419101533544250, "piano secondo ->Door25"  
166: "Door22" 0, -1, 4012718036175056782, "piano secondo ->Door22"  
167: "Door21" 0, -1, 4105929891402435731, "piano secondo ->Door21"  
168: "Door19" 0, -1, 2909809811508397739, "piano secondo ->Door19"  
169: "Door20" 0, -1, 1567424344621897841, "piano secondo ->Door20"  
170: "Door16" 0, -1, 8224504993473601456, "piano secondo ->Door16"  
171: "Door30" 0, -1, 7591865307909343435, "piano secondo ->Door30"  
172: "Door17" 0, -1, -7203091878910610793, "piano secondo ->Door17"  
173: "Door18" 0, -1, 2049882254914319820, "piano secondo ->Door18"  
174: "Door28" 0, -1, 9057365689337703235, "piano secondo ->Door28"  
175: "Door29" 0, -1, 7230531537810552474, "piano secondo ->Door29"  
176: "Door15" 0, -1, 6780142125168818740, "piano secondo ->Door15"  
177: "Door31" 0, -1, -2494015413719650344, "piano secondo ->Door31"  
178: "Door27" 0, -1, 8501696204193146343, "piano secondo ->Door27"  
179: "Door32" 0, -1, 6186806623183832770, "piano secondo ->Door32"

180: "Door01" 0, -1, -7451812144645774949, "piano secondo ->Door01"  
181: "Door02" 0, -1, 1278740952876117724, "piano secondo ->Door02"  
182: "Door03" 0, -1, -7161277968250481336, "piano secondo ->Door03"  
183: "Door04" 0, -1, 2967445084598584278, "piano secondo ->Door04"  
184: "Door05" 0, -1, 3763659873195612524, "piano secondo ->Door05"  
185: "Door06" 0, -1, 3420581575672336862, "piano secondo ->Door06"  
186: "Door07" 0, -1, 2439689751181803533, "piano secondo ->Door07"  
187: "Door08" 0, -1, -6354550685387431669, "piano secondo ->Door08"  
188: "Door09" 0, -1, -1904479305290487362, "piano secondo ->Door09"  
189: "Door11" 0, -1, 5756530811384410025, "piano secondo ->Door11"  
190: "Door12" 0, -1, 6153672352421865262, "piano secondo ->Door12"  
191: "Door13" 0, -1, 2360227088851155694, "piano secondo ->Door13"  
192: "Door14" 0, -1, -7276778947546931786, "piano secondo ->Door14"  
193: "Room00" 33, -1, -3444574744800666813, "piano secondo ->Room00"  
194: "Room01" 32, -1, -2844954848387228778, "piano secondo ->Room01"  
195: "Room02" 31, -1, 7122942876298928227, "piano secondo ->Room02"  
196: "Room03" 21, -1, -2234080504484074646, "piano secondo ->Room03"  
197: "Room04" 20, -1, 7253804992862394981, "piano secondo ->Room04"  
198: "Room05" 29, -1, -5550007403247815323, "piano secondo ->Room05"  
199: "Room06" 28, -1, 7958524571506413099, "piano secondo ->Room06"  
200: "Room34" 30, -1, 4453897039013397121, "piano secondo ->Room34"  
201: "Room07" 24, -1, -4349547531300856175, "piano secondo ->Room07"  
202: "Room18" 19, -1, 8150883779254396673, "piano secondo ->Room18"  
203: "Room19" 18, -1, -4071209001900575895, "piano secondo ->Room19"  
204: "Room20" 17, -1, -7675258741743647194, "piano secondo ->Room20"  
205: "Room17" 3, -1, -5053607502769911623, "piano secondo ->Room17"  
206: "Room16" 16, -1, -6578154240058549066, "piano secondo ->Room16"  
207: "Room14" 5, -1, -9092996744108006724, "piano secondo ->Room14"  
208: "Room15" 4, -1, 1794769253381876756, "piano secondo ->Room15"  
209: "Room12" 12, -1, -106828646112020052, "piano secondo ->Room12"  
210: "Room13" 13, -1, -4030334402896357752, "piano secondo ->Room13"  
211: "Room26" 2, -1, -7979955833131336794, "piano secondo ->Room26"  
212: "Room23" 15, -1, -6935856271798292422, "piano secondo ->Room23"  
213: "Room24" 14, -1, -36519995303110587, "piano secondo ->Room24"  
214: "Room11" 10, -1, -8851856356205549955, "piano secondo ->Room11"  
215: "Room22" 6, -1, 5440248753303189478, "piano secondo ->Room22"  
216: "Room28" 7, -1, 1819139438083358021, "piano secondo ->Room28"  
217: "Room27" 8, -1, -6893576566299214701, "piano secondo ->Room27"  
218: "Room33" 27, -1, -6548437711832275381, "piano secondo ->Room33"  
219: "Room32" 26, -1, -686598105879153040, "piano secondo ->Room32"  
220: "Room30" 25, -1, -7660101146727510301, "piano secondo ->Room30"  
221: "Room35" 9, -1, 8937191091650190099, "piano secondo ->Room35"  
222: "Room08" 23, -1, 816479008162230606, "piano secondo ->Room08"  
223: "Room09" 22, -1, 4089907375958878346, "piano secondo ->Room09"  
224: "Room10" 11, -1, 8648007290000732220, "piano secondo ->Room10"  
225: "Door48" 0, -1, -9105360325366339388, "piano secondo ->Door48"

226: "Door49" 0, -1, -8335516712675538703, "piano secondo ->Door49"  
 227: "Door50" 0, -1, -5540201086548965574, "piano secondo ->Door50"  
 228: "Door51" 0, -1, -8974443977602777624, "piano secondo ->Door51"  
 229: "Door52" 0, -1, -8792102542543731818, "piano secondo ->Door52"  
 230: "Door53" 0, -1, -4336579621871623175, "piano secondo ->Door53"  
 231: "Room58" 41, -1, -3179692636510181087, "piano secondo ->Room58"  
 232: "Room60" 42, -1, 3831387807792882819, "piano secondo ->Room60"  
 233: "Room61" 43, -1, 1407800848700535076, "piano secondo ->Room61"  
 234: "Room63" 44, -1, 7156908978272257482, "piano secondo ->Room63"

[floors]

0: "piano terra" 0.0

1: "piano primo" 3.048

2: "piano secondo " 6.096

## INDICI DELLE FIGURE

<i>Figura 1 - Triangolo incendio</i> .....	8
<i>Figura 2 - evoluzione incendio</i> .....	9
<i>Figura 3 - Rischi d'incendio</i> .....	12
<i>Figura 4 - Bombola d'ossigeno</i> .....	17
<i>Figura 5 - Tabella codice prevenzione incendi</i> .....	36
<i>Figura 6 - Tabella codice prevenzione incendi</i> .....	37
<i>Figura 7 - Tabella codice prevenzione incendi</i> .....	37
<i>Figura 8 - Tabella codice prevenzione incendi</i> .....	39
<i>Figura 9 - Tabella codice prevenzione incendi</i> .....	40
<i>Figura 10 - Tabella codice prevenzione incendi</i> .....	41
<i>Figura 11 - Tabella codice prevenzione incendi</i> .....	41
<i>Figura 12 - Tabella codice prevenzione incendi</i> .....	42
<i>Figura 13 - Pianta piano terra</i> .....	45
<i>Figura 14 - Pianta piano primo</i> .....	46
<i>Figura 15 - Pianta piano secondo</i> .....	46
<i>Figura 16 - Pianta scenario S1</i> .....	47
<i>Figura 17 - Pianta scenario S2</i> .....	48
<i>Figura 18 - Tabella codice prevenzione incendi</i> .....	51
<i>Figura 19 - Occupanti pathfinder</i> .....	52
<i>Figura 20 - Occupanti pathfinder</i> .....	52
<i>Figura 21 - Segnaletica di tipo standard</i> .....	54
<i>Figura 22 - Segnaletica di tipo fotoluminescente</i> .....	54
<i>Figura 23 - Occupanti scenario base grafica pathfinder</i> .....	57
<i>Figura 24 - Diagramma scenario base</i> .....	58
<i>Figura 25 - Diagramma scenario S1 con 0% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo standard</i> .....	59
<i>Figura 26 - Diagramma scenario S1 con 30% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo standard</i> .....	60

<i>Figura 27 -Diagramma scenario S1 con 60% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo standard</i>	60
<i>Figura 28 -Diagramma scenario S1 con 0% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo fotoluminescente</i>	61
<i>Figura 29 - Diagramma scenario S1 con 30% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo fotoluminescente</i>	61
<i>Figura 30 - Diagramma scenario S1 con 60% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo fotoluminescente</i>	62
<i>Figura 31 - Diagramma scenario S2 con 0% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo standard</i>	65
<i>Figura 32 -Diagramma scenario S2 con 30% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo standard</i>	66
<i>Figura 33 - Diagramma scenario S2 con 60% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo standard</i>	66
<i>Figura 34 -Diagramma scenario S2 con 0% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo fotoluminescente</i>	67
<i>Figura 35 -Diagramma scenario S2 con 30% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo fotoluminescente</i>	67
<i>Figura 36 -Diagramma scenario S2 con 60% pazienti non autonomi e segnaletica di tipo fotoluminescente</i>	68
<i>Figura 37 - Confronto segnaletica SSTD e SPLM con 0% pazienti non autonomi</i>	71
<i>Figura 38 - Confronto segnaletica SSTD e SPLM con 30% pazienti non autonomi</i>	72
<i>Figura 39 - Confronto segnaletica SSTD e SPLM con 60% pazienti non autonomi</i>	72
<i>Figura 40 - Confronto risultati scenario S1</i>	73
<i>Figura 41 - Confronto segnaletica SSTD e SPLM con 0% pazienti non autonomi</i>	74
<i>Figura 42 - Confronto segnaletica SSTD e SPLM con 30% pazienti non autonomi</i>	74
<i>Figura 43 - Confronto segnaletica SSTD e SPLM con 60% pazienti non autonomi</i>	75
<i>Figura 44 - Confronto risultati scenario S2</i>	75

## **INDICI DELLE TABELLE**

<i>Tabella 1 - Compartimento A</i>	35
<i>Tabella 2 - Compartimento B</i>	35
<i>Tabella 3 - Compartimento C</i>	35
<i>Tabella 4 - Rischio vita Compartimento A</i>	38
<i>Tabella 5 - Rischio vita Compartimento B</i>	38
<i>Tabella 6 - Rischio vita Compartimento C</i>	38
<i>Tabella 7 - Vie d'uscita</i>	43
<i>Tabella 8 -Velocità occupanti</i>	52
<i>Tabella 9 - Tempo di preparazione per evacuazione dei pazienti</i>	53
<i>Tabella 10 - Scenario S1</i>	55
<i>Tabella 11 - Scenario S2</i>	56
<i>Tabella 12 - Occupanti scenario base</i>	57
<i>Tabella 13 - Tabella riassuntiva risultati scenario S1</i>	63
<i>Tabella 14 - Tabella riassuntiva risultati scenario S1</i>	63
<i>Tabella 15 - Tabella riassuntiva risultati scenario S2</i>	69



<i>Tabella 16 - Tabella riassuntiva risultati scenario S2.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabella 17 - Tabella dei risultati dei tempi di esodo dello scenario S1 .....</i>	<i>71</i>
<i>Tabella 18 - Tabella dei risultati dei tempi di esodo dello scenario S2 .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabella 20 - Tabella riassuntiva risultati in percentuale.....</i>	<i>77</i>

## BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- Stefano Capolongo “Edilizia ospedaliera. Approcci metodologici e progettuali”
- Dante Ugo Tripaldi “La formazione dei lavoratori nelle strutture ospedaliere” - anno 2015
- Leonardo Corbo, “Guida essenziale alla prevenzione incendi”
- Di Elisabetta Carattin, Valeria Tatano “La progettazione antincendio inclusiva”
- La Malfa A., La Malfa, S., “Approccio Ingegneristico alla Sicurezza Antincendio”, Legislazione Tecnica, 2014.
- Ing. Mauro Malizia, slides “Ingegneria della sicurezza antincendio”
- Pathfinder User Manual - Thunderhead Engineering
- Slides corso di prevenzione incendi Ordine Degli Architetti della Provincia di Benevento
- M.Cerioni, “Implementazione e verifica sperimentale di un modellatore del comportamento umano in caso di incendio\_: Introduzione della legge di attrazione rispetto alla segnaletica nell ’ EVAC,” 2014.
- Gazzetta Ufficiale, “Norme di prevenzione incendi generali e semplificate,” 2014.