Seminario Lo studio e la ricerca per la Sicurezza antincendio

ISA 15 e 16 Ottobre 2013

Sicurezza antincendio ed emergenze nelle costruzioni civili - ANALISI DEL SISTEMA DI VIE DI ESODO DA EDIFICI STORICI VINCOLATI ATTRAVERSO METODI NUMERICI SEMPLIFICATI DELL'INGEGNERIA ANTINCENDIO

Ing. Giovanni Vassallo – Comando VVF di Benevento giovanni.vassallo@vigilfuoco.it

Disposizioni di Prevenzione incendi per gli edifici storici

Gli edifici storici (vincolati ai sensi del D.L.vo 22 gennaio 2004 , n. 42) aperti al pubblico destinati a biblioteche , archivi , musei , gallerie , esposizioni e mostre <u>in relazione al loro livello di rischio</u> , nonché quelli destinati ad altre attività soggette a controlli di p.i. (scuole , alberghi , ospedali , ecc.) sono ricompresi al punto 72 dell'elenco del DPR 151/2011

Le norme tecniche di riferimento sono:

- 1) Regolamenti di prevenzione incendi
- **DM 569 del 20/05/1992** : " per gli edifici storici e artistici destinati a musei, gallerie, esposizioni "
- **DPR 418 del 30 giugno 1995** : " per gli edifici di interesse storico artistico destinati a biblioteche ed archivi"
- 2) <u>Codici prescrittivi e</u> <u>Regole tecniche di p. i. in vigore per le restanti attività classificate</u> a rischio di incendio svolte al loro interno

Adeguamenti antincendio negli edifici storici



Attraverso metodi prestazionali

(ingegneria antincendio)

DM 9 maggio 2007



Poco conosciuti e di difficile applicazione



Consentono di valutare le caratteristiche peculiari di edifici e vincoli esistenti



Attraverso Codici prescrittivi (Regolamenti e regole tecniche)



Forniscono soluzioni standard , facili da applicare ma poco adatte a risolvere situazioni architettoniche complesse (come negli gli edifici storici)



I singoli casi di inapplicabilità delle misure richieste dalle regole tecniche devono essere trattati con il ricorso alle deroghe

Principali caratteristiche delle vie di esodo in edifici storici



- ❖ Nell'ambito della strategia della sicurezza antincendio costituiscono una importante misura di protezione per la sicurezza delle persone
- i due regolamenti in vigore per gli edifici storici sono prioritariamente diretti alla salvaguardia dei beni contenuti al loro interno e delle parti strutturali da preservare
- * per la sicurezza dell'esodo vengono fissati alcuni parametri attraverso cui è possibile stabilire il massimo affollamento dell'edificio (da controllare con l'ausilio di idonei sistemi che rilevino il flusso dei visitatori in entrata ed uscita dall'edificio)
- ❖ Come per altri aspetti della sicurezza , anche per le vie di esodo sono indispensabili soluzioni progettuali in grado di bilanciare le esigenze di conservazione e tutela con quelle della sicurezza delle persone .
- ❖ In casi di inapplicabilità delle misure previste nelle regole tecniche , l'ingegneria antincendio costituisce uno strumento normativo per le richieste di deroghe , anche se allo stato non esiste una letteratura specifica di riferimento per i beni culturali .

ipitibe ilgen obose ib illebold

Costituiscono una rappresentazione schematica dei processi di esodo dagli edifici necessaria per lo studio del movimento delle persone all'interno degli edifici che altrimenti risulterebbe alquanto complesso a causa dell'imprevedibilità del loro comportamento in caso di emergenze.

I criteri di progetto sono basati proprio su tali modelli standard.

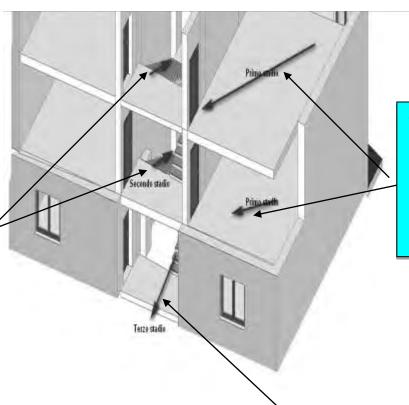
Quelli descritti nei manuali specialistici e anche adottati nell'attuale sistema normativo sono :

- modello di evacuazione totale
- * modello di evacuazione parziale
- modello capacitivo

Modello di evacuazione totale

L'esodo avviene contemporaneamente da ogni piano dell'edificio (non complesso e fino a tre piani f.t.) in tre successive fasi:

2° stadio: movimento dalle uscite del locale fino all"esterno (corridoi , androni , scale)



1° stadio: movimento di persone all'interno di un singolo locale (o compartimento) fino alle uscite su vai di esodo

3° stadio: allontanamento dall'edificio

Modelli di evacuazione parziale o "per fasi eviceesuuc

In essi è previsto in caso di emergenza il movimento di persone dal compartimento coinvolto nell'incendio verso :

- a) altro compartimento (opportunamente protetto);
- b) luogo sicuro statico, dinamico o anche spazio calmo all"interno dello stesso edificio

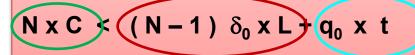
Un esempio di tale modello è previsto nelle strutture sanitarie per le quali la regola tecnica (DM 19 settembre 2002) introduce la definizione di esodo progressivo tra sub – compartimenti orizzontali in collegamento tra di loro attraverso filtri a prova di fumo, per lo spostamento dei degenti in caso di emergenza fino a che non diventi necessario procedere ad una successiva evacuazione verso luogo sicuro.

Comporta una diversa concezione sia in ordine alla resistenza al fuoco delle strutture degli edifici e sia per la loro distribuzione funzionale e architettonica .

Modello di esodo capacitivo

E"prevista la contemporanea evacuazione da tutti i piani del"edificio (senza limitazione di altezza) assicurando però il regolare e continuo deflusso di persone attraverso i percorsi del 2° stadio .

Con le dovute approssimazioni la condizione posta per il dimensionamento delle superfici di esodo è la seguente :



Numero totale di persone da evacuare (per un modulo di uscita)

C = capacità di deflusso (pers. / mod.

N = numero dei piani

Numero di persone che raggiunge il luogo sicuro

q₀ = capacità specifica di deflusso (pers. / mod. sec)

t = tempo di movimento lungo il II°stadio (s)

Numero di persone in movimento lungo le scale

 δ_0 = densità lineare di flusso (pers. / m);

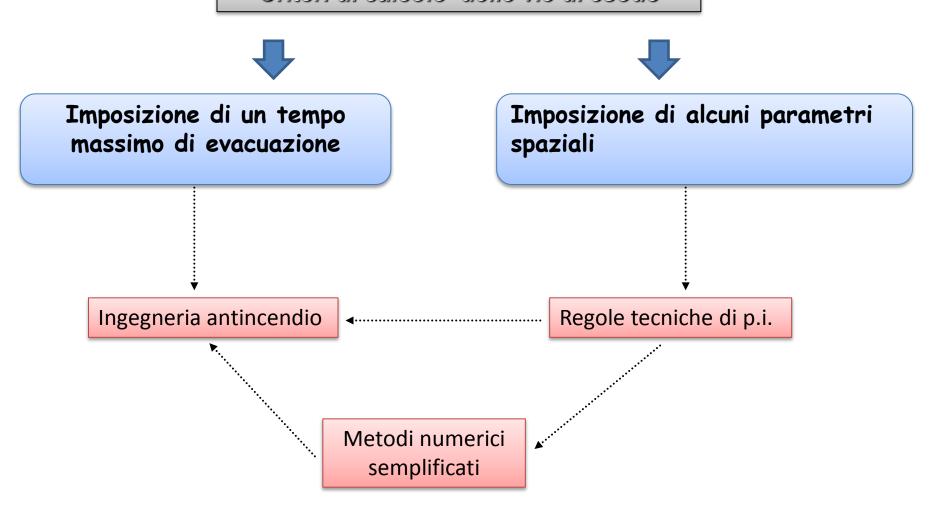
L = lunghezza in m della rampa di scale (in genere pari a 3 volte l'interpiano

Modelli di esodo capacitivo

Nei testi specialistici, attraverso una rappresentazione grafica dello stesso modello di evacuazione, viene dimostrato che per avere un flusso regolare lungo le scale di edifici fino a tre piani fuori terra, occorre ridurre la capacità di deflusso da 50 a 37,5 persone/modulo ed inoltre la larghezza delle scale deve essere raddoppiata rispetto alle uscite del singolo piano.

Per edifici a più di tre piani per le stesse condizioni di esodo la capacità deve essere ulteriormente ridotta a 33 persone / modulo .

Criteri di calcolo delle vie di esodo



Calcolo delle vie di esodo : secondo le regole tecniche

Nelle regole tecniche vengono fissati valori limiti di alcuni parametri caratteristici delle vie di esodo e che sono :

- Numero e distribuzione delle vie di esodo
- Lunghezza massima del percorso;
- Capacità di deflusso

Dai suddetti parametri si ricavano il numero di moduli delle uscite e la loro ubicazione .

Nmod = A / C

La capacità di deflusso (C) è legata ai fattori di mobilità delle persone e al tempo massimo di evacuazione attraverso la seguente relazione :

 $C = \rho I \times V \times t$ evac.

dove:

ρl = densità lineare di flusso (pers / m)

V = velocità di deflusso (m /sec)

Il criterio è estremamente semplificato ma ha svantaggio di non poter valutare l'effettiva situazione di rischio in casi specifici di diversa utilizzazione degli edifici

Calcolo delle vie di esodo : secondo il metodo ingegneristico

A differenza di quanto visto per le regole tecniche nell'ingegneria antincendio si prendono in esame direttamente i tempi di evacuazione .

In particolare viene posta la condizione che la durata dell"evacuazione completa di un edificio o di una parte di esso attraverso un sistema di vie di esodo deve essere inferiore al tempo massimo ammissibile corrispondente alla durata critica dell"incendio (ASET - Available Safe Escape Time) che si ricava dalla modellazione dell"incendio nel rispetto di limiti di sostenibilità ambientale per fumi, gas tossici e/o calore prodotti .

Nei metodi complessi viene imposta la condizione :

t evac < t evac max

Il tempo di evacuazione teorico (RSET - Required Safe Escape Time) rappresenta il tempo che impiegano le persone per allontanarsi in sicurezza fino al luogo sicuro

Calcolo delle vie di esodo : metodo ingegneristico

Il tempo di evacuazione viene considerato come la somma di due tempi parziali

$$t \text{ evac.} = t_r + t_p$$

dove:

 t_r = tempo di ritardo per l'inizio dell'evacuazione dal momento in cui viene dato l'allarme t_p = tempo di percorrenza delle vie di esodo necessario per raggiungere il luogo sicuro .

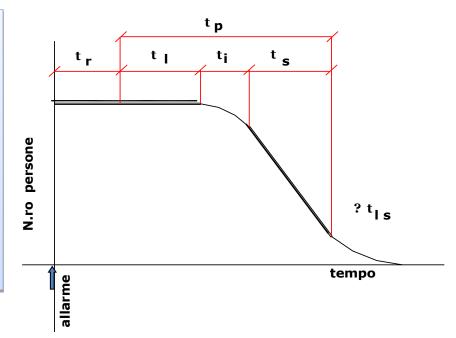
Il tempo di percorrenza è dato dalla somma di tempi parziali corrispondenti ai tre stadi dell'evacuazione :

t _I = per raggiungere una uscita dal singolo locale

t i = per attraversare l'uscita su via di esodo

t _s = per percorrere le scale (secondo stadio)

t_{Is} = di allontanamento verso l'esterno (terzo stadio) .



Calcolo delle vie di esodo : metodo ingegneristico

- ❖ Le valutazioni dei tempi caratteristici avviene attraverso vari codici di simulazione attualmente disponibili in letteratura, in grado di caratterizzare sia il comportamento delle persone e sia i tempi di ritardo e di allarme.
- ❖ Parte di essi possono anche ricevere come dati di input i risultati ottenuti da codici di modellazione dell'incendio (livelli di temperatura , .concentrazione di fumi , ecc.) .
- Gli stessi modelli di tipo probabilistico sono comunque caratterizzati da un certo margine di incertezza e inoltre non adattabili a qualsiasi problematica antincendio e nell'ambito di qualsiasi dominio di simulazione.
- ❖ La loro corretta applicazione potrà invece avvenire più opportunamente nell'ambito di un processo iterativo di analisi a grado di approfondimento crescente con ausilio di metodi di analisi semplificati

Obose ib eiv elleb oibuts ol req interespendicular delle vie di esodo

OBIETTIVI

- ❖L "ingegnerizzazione del processo di elaborazione di una strategia antincendio coerente con i codici prescrittivi, con approccio integrato tra i due attuali metodi di studio delle vie di esodo.
- ❖ Possibilità di eseguire valutazioni speditive in chiave prestazionale, più strutturate e valutabili in modo obiettivo dagli Enti preposti, in situazioni specifiche (edifici storici, layout particolari e complessi) per la riorganizzazione degli spazi interni e loro funzioni.
- ❖ Fornire al progettista antincendio utili strumenti di pre-progetto per eseguire una rapida individuazione delle possibili soluzioni di sicurezza nella fase preliminare, senza dover necessariamente ricorrere ai più complicati modelli di simulazione dell'incendio e/o dell'esodo.

Metodologie semplificate dell'ingegneria ant, per lo studio delle vie di esodo

APPLICAZIONE NELLA RIQUALIFICAZIONE DEGLI EDIFICI

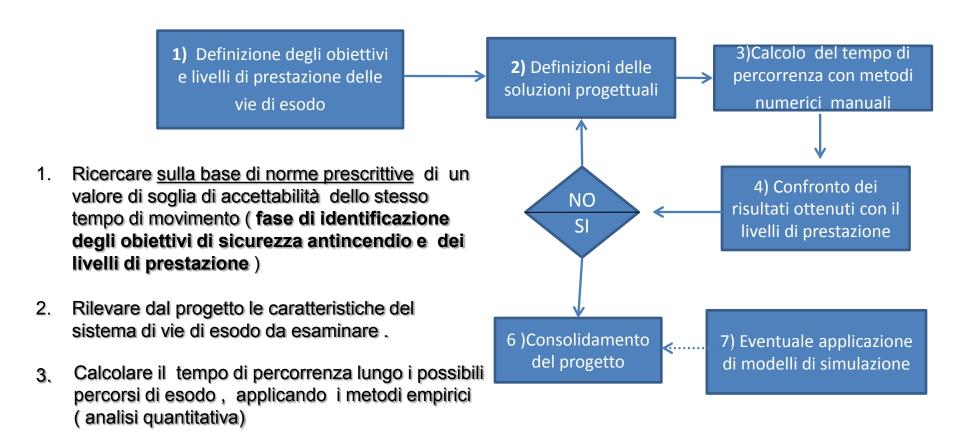
Per i progetti di riqualificazione di Edifici civili esistenti , a parità di restanti condizioni di rischio per le persone e di impianti di sicurezza richiesti dalle regole tecniche, possono fornire indicazioni di tipo prestazionale sulle capacità di risposta del sistema di vie di esodo , rispetto a più ipotesi di riorganizzazione degli spazi interni e/o di affollamento massimo.

Per tali applicazioni, potendo considerare con una certa approssimativamente invariati i tempi di allarme, del tempo di risposta e del tempo critico così come definiti nell'approccio ingegneristico, la stessa relazione di analisi può essere espressa solo in funzione del tempo di movimento:

t_p < t_p max (grandezza di riferimento per le valutazioni prestazionali)

Metodologie semplificate dell'ingegneria ant, per lo studio delle vie di esodo

Per l'analisi può essere adottato il seguente schema semplificato :



4. Verifica dell"accettabilità del sistema di esodo sulla base dei livelli di prestazione pre- impostati e nel caso non sia raggiunto il livello richiesto intervenire sulle scelte progettuali con procedura iterativa fino al raggiungimento degli obiettivi prefissati o passare alle analisi di livello superiore.

enoizziterq ib ollevil leb enoizzitend (1

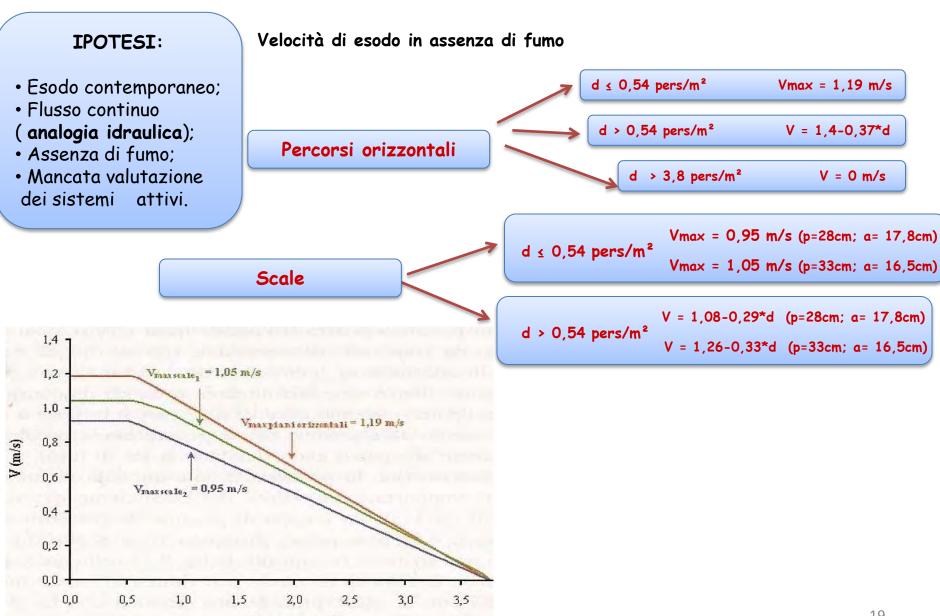
Il livello di prestazione esprime la condizione di accettabilità di una soluzione progettuale rispetto agli obiettivi prefissati e sicuramente può essere individuato sulla base di codici prescrittivi che continuano ad avere piena validità.

Tra i codici prescrittivi in vigore, solo il DM 10 marzo 1998 (Criteri generali di sicurezza antincendio per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro), stabilisce direttamente valori massimi dei tempi di evacuazione in funzione del livello di rischio ambientale e che sono:

- 5 minuti per rischio basso
- 3 minuti per rischio medio
- 1 minuto per rischio alto

Per le regole tecniche di p. i., invece, lo stesso valore dovrà essere stimato a partire dai restanti parametri i codificati con criteri diversi per ognuna di essee.

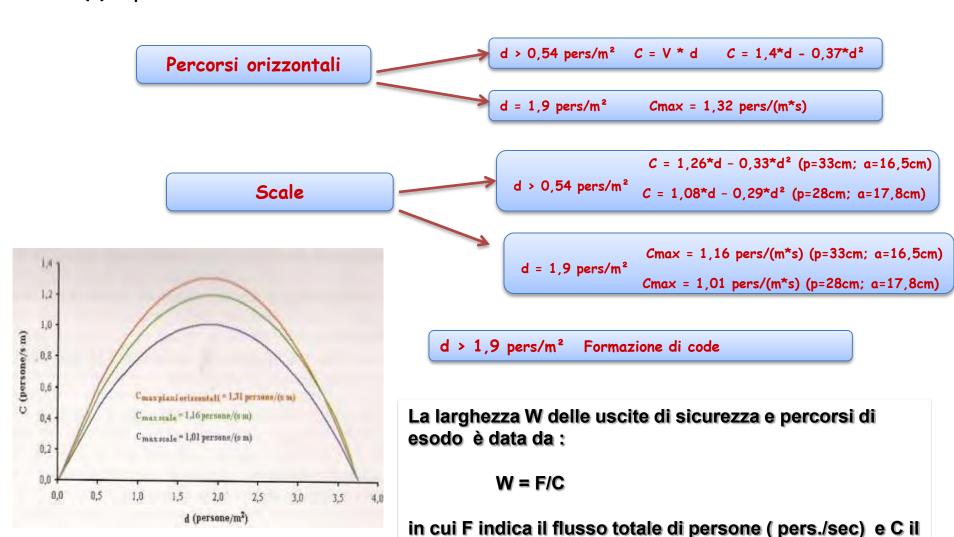
3) Calcolo del tempo di percorrenza secondo lo standard ISO 13571



d (persone/m²)

3) Calcolo del tempo di percorrenza secondo lo standard ISO 13571

(2) Capacità di deflusso in assenza di fumo



flusso specifico calcolato.

Esempio applicativo:

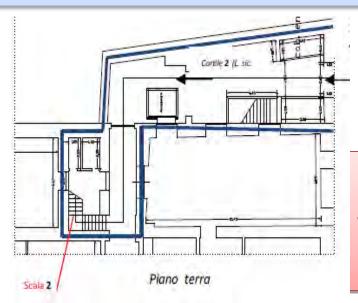
Edificio storico destinato in parte a Sede di Dipartimento universitario

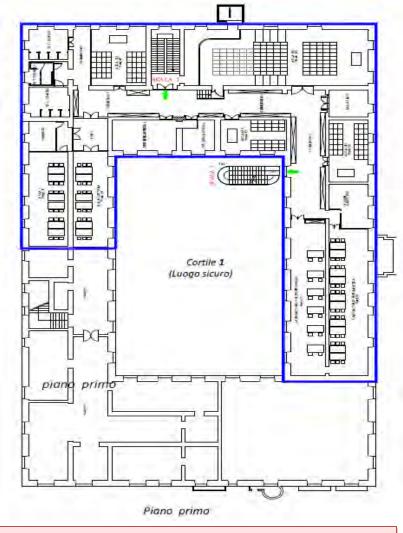
Ex-Convitto Nazionale "P. Giannone" - Piazza Roma (Benevento)

Edificio storico con tipologia edilizia a corte centrale aperta, e tre piani f.t.;

<u>Destinazione</u>: da alcuni anni parte dell'edificio è stato ceduto all'Università del studi del Sannio per sede di un Dipartimento (prevalenti attività didattiche).

Il progetto di riqualificazione ha richiesto il ricorso alla deroga alla regola tecnica per carenza di moduli di uscita secondo il metodo convenzionale (DPR37/98) con misure compensative (impianto di rilevazione e segnalazione incendi)





Nella Tesi di Laurea la stessa problematica è stata riesaminata secondo un criterio prestazionale in modo da valutare la risposta del sistema di esodo esistente rispetto agli affollamenti previsti nel progetto di riqualificazione a parità di livelli di rischio imposti dalla regola tecnica .

Prima fase: Definizione del livello di prestazione

La ricerca del valore di soglia per il tempo di evacuazione è avvenuto sulla base dei valori prescritti dalla regola tecnica (DM 26.8.1992) per la capacità di deflusso, lunghezza di percorsi e altre condizioni imposte per la sicurezza durante l'esodo:

- 1. capacità di deflusso da ogni piano pari a 60;
- 2. lunghezza massima dei percorsi fino a luogo sicuro inferiore a 60 m;
- 3. la somma di affollamenti di piani consecutivi è richiesta per edifici a più di tre piani fuori terra .

Per poter stimare il corrispondente tempo massimo di evacuazione , viene analizzato l'esodo (modello capacitivo) da un edificio scolastico "tipo" costituito da tre piani fuori terra e provvisto di un sistema di vie di uscita dimensionato ai valori massimi dei parametri geometrici prefissati .

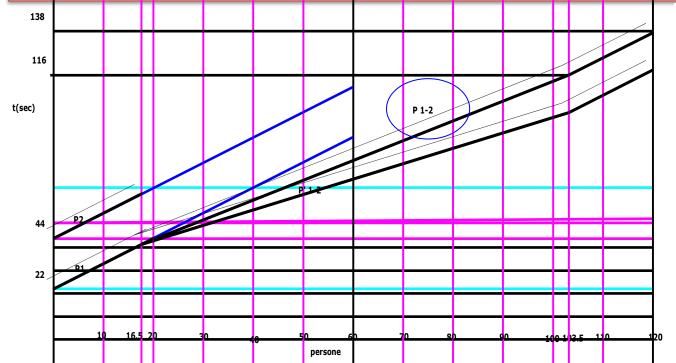
Il valore così calcolato rappresenta il livello di prestazione che la regola tecnica impone per il sistema di esodo in edifici scolatici non complessi (fino a tre piani)

23

Prima fase: Definizione del livello di prestazione

Per le valutazioni si ricorre alla stessa rappresentazione grafica tempo –deflusso di persone del modello di esodo capacitivo proposta in testi specialistici , assumendo , secondo la letteratura internazionale , valori attendibili di capacità specifica di deflusso lungo le scale (pari a 0,75 persone / s m) e per la velocità lungo le stesse (pari a di 0.45 m/s) .

Rispetto allo stesso modello base, occorre però valutare l'incidenza sui tempi di esodo sia del valore costante della capacità di dellusso e sia del mancato raddoppio delle rampe di scale



P1 = numero persone del primo piano che raggiungono l'esterno al tempo t

P2 = numero persone del secondo piano che raggiungono l'esterno al tempo t

P 1-2 = numero complessivo di persone che raggiungono l'esterno al tempo t

P' 1-2 = numero complessivo di persone che raggiungono l'esterno al tempo t nel modello capacitivo " standard "

Prima fase: Definizione del livello di prestazione

Per una certa fase dell'esodo le scale saranno impegnate contemporaneamente dai flussi di persone provenienti dai due piani con un flusso totale di 1,5 pers/ s m

Essendo, tale flusso teorico, superiore a quello massimo osservato sperimentalmente lungo le scale di 1,16 pers/s. m si avrà un rallentamento nell"esodo da ciascun piano (formazione di code) ed una conseguente riduzione del flusso specifico da ciascun piano che può essere assunto pari:

$$0.75 - (1.5 - 1.16) / 2 = 0.58 \text{ persone } / \text{s.m.}$$

Nel grafico la linea spezzata P"1-2 rappresenta l'andamento dell"esodo complessivo attraverso le scale (per ciascun modulo); l'esodo stesso si completa entro 138 secondi.

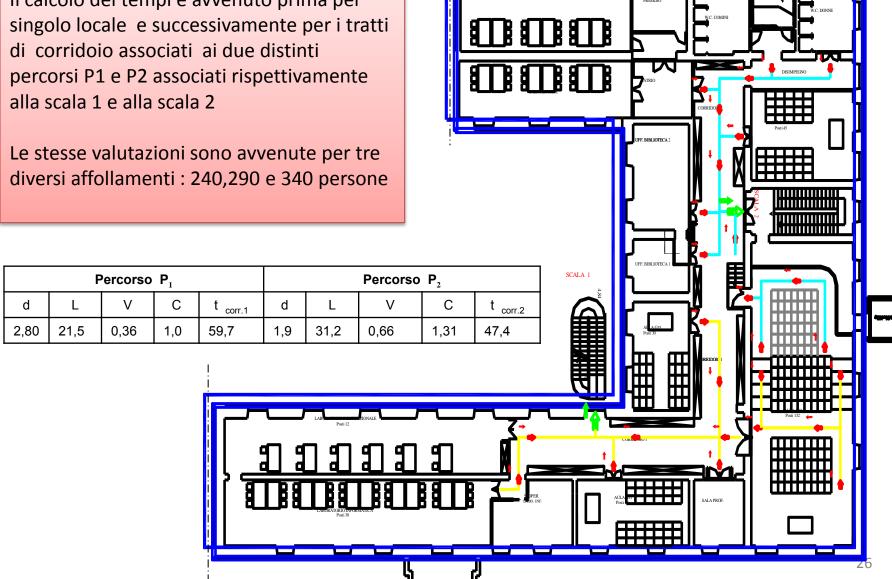
Il tempo di evacuazione totale si ottiene sommando al suddetto tempo , quello necessario per raggiungere le uscite di piano (lunghezza max percorsi 40 m) e pari a

$$40 / 0.75 = 53 s$$

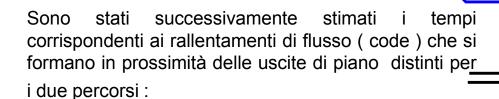
Il tempo di percorrenza totale ricercato è quindi di 191 s .

Calcolo dei tempi di percorrenza secondo ISO 13571

Il calcolo dei tempi è avvenuto prima per



Calcolo dei tempi di percorrenza secondo ISO 13571



Α	Percorso P ₁				Percorso P ₂			
	F	V	t _{smalt. cod.}	t _{p. scala}	F	V	t _{smalt. cod.}	t _{p. scala}
340	1,04	0,633	135,1	28,2	1,19	0,633	110	28,9
290	ı	1	110	28,2	1,19	0,633	92	28,9
240	ı	1	87	28,2	1,19	0,633	72,7	28,9

Sommando i vari tempi parziali si è ottenuto il tempo complessivo di percorrenza attraverso le due distinte vie di esodo per i tre valori di affollamento scelti:

Affoll.to	Tempo di percorrenza P ₁ (s)	Laboratorro politrazionale Pesi 12
340	213,5	209,4
290	169,6	LABORATORIO INFORMATICA 180,1
240	137.9	155.8

FASE di ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI

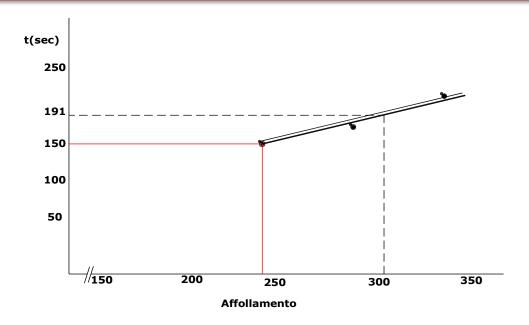
Nella seguente tabella si riportano per gli stessi tempi di percorrenza gli incrementi percentuali rispetto al valore ottenuto per l'affoliamento di 240 persone che corrisponde al limite imposto dalla regola tecnica .

Affollamento	Tempo	Differenza (s)	Differenza in %
340(+ 42%)	213,5	57,7	+ 37
290(+ 21%)	180,1	24,3	+15
240	155,8	-	-

Per l'affollamento di 290 presenze(+ 21%) si ha un corrispondente incremento del 15% del tempo di esodo. In caso invece di affollamento di 340 persone (completa occupazione di tutti i locali disponibili per la sede universitaria) lo stesso incremento del tempo è pari al 37 % (74 s) . In entrambi i casi l'aumento del tempo è percentualmente inferiore all'affollamento .

FASE di ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI

Ricorrendo infine ad una semplice rappresentazione grafica dei risultati ottenuti , è possibile risalire , in modo approssimato, all'affollamento massimo corrispondente al limite imposto per il tempo di percorrenza (livello di prestazione imposto) che è di poco superiore a 300 persone .



Sulla base del livello di prestazione richiesto dalla regola tecnica espresso dal tempo limite di percorrenza pari a 191 s e a parità di impianti di sicurezza l'affollamento massimo può essere incrementato di 60 persone rispetto a quello limite imposto dalla regola tecnica (+ 25%) .

GRAZIE per l'ATTENZIONE!