

CORSO DI AGGIORNAMENTO

IL NUOVO CODICE DI PREVENZIONE INCENDI - *D.M. 3 agosto 2015*

Esempio applicativo per uno stabilimento produttivo con l'impiego di soluzioni conformi

M.1 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

M.2 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

M.3 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale



Comandante provinciale VVF Sondrio – Ing. Giuseppe Biffarella
Sondrio, 28/10/2016



IL NUOVO CODICE DI PREVENZIONE INCENDI

Esempio applicativo

Campo di applicazione del DM 3/08/2015

Le norme tecniche contenute in Allegato I al DM 3/08/2015 si possono applicare in alternativa alle specifiche disposizione di P.I. relative a:

1. Uffici (attività 71)

2. Attività ricettive turistico – alberghiere (attività 66)

nonché alla progettazione, alla realizzazione e all'esercizio di 34 attività dell'Allegato I del DPR 151/2011, così suddivise tipologicamente:

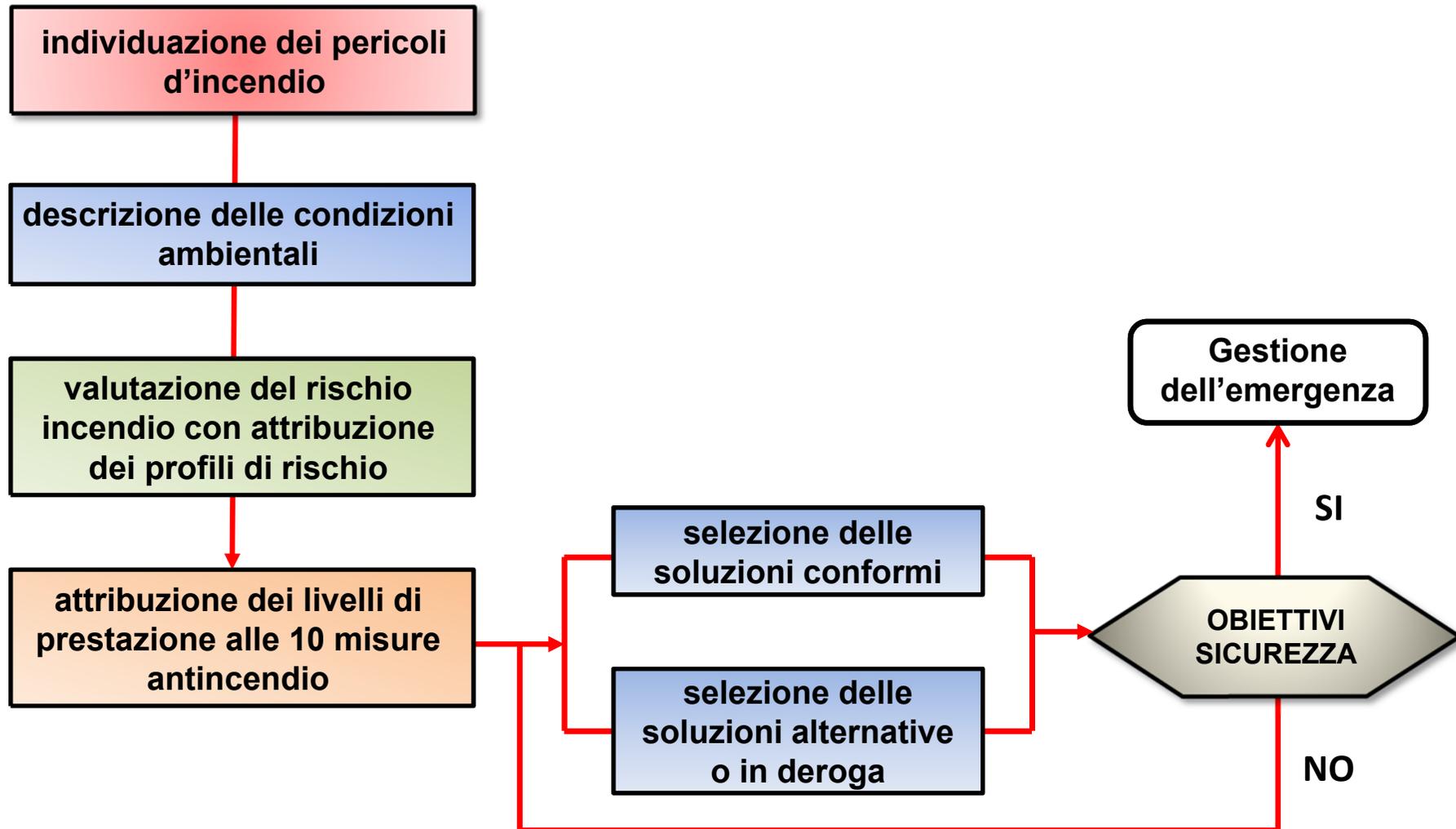
STABILIMENTI E IMPIANTI DI PRODUZIONE

(attività 27, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 45, 47, 50, 52, 56, 57, 63)

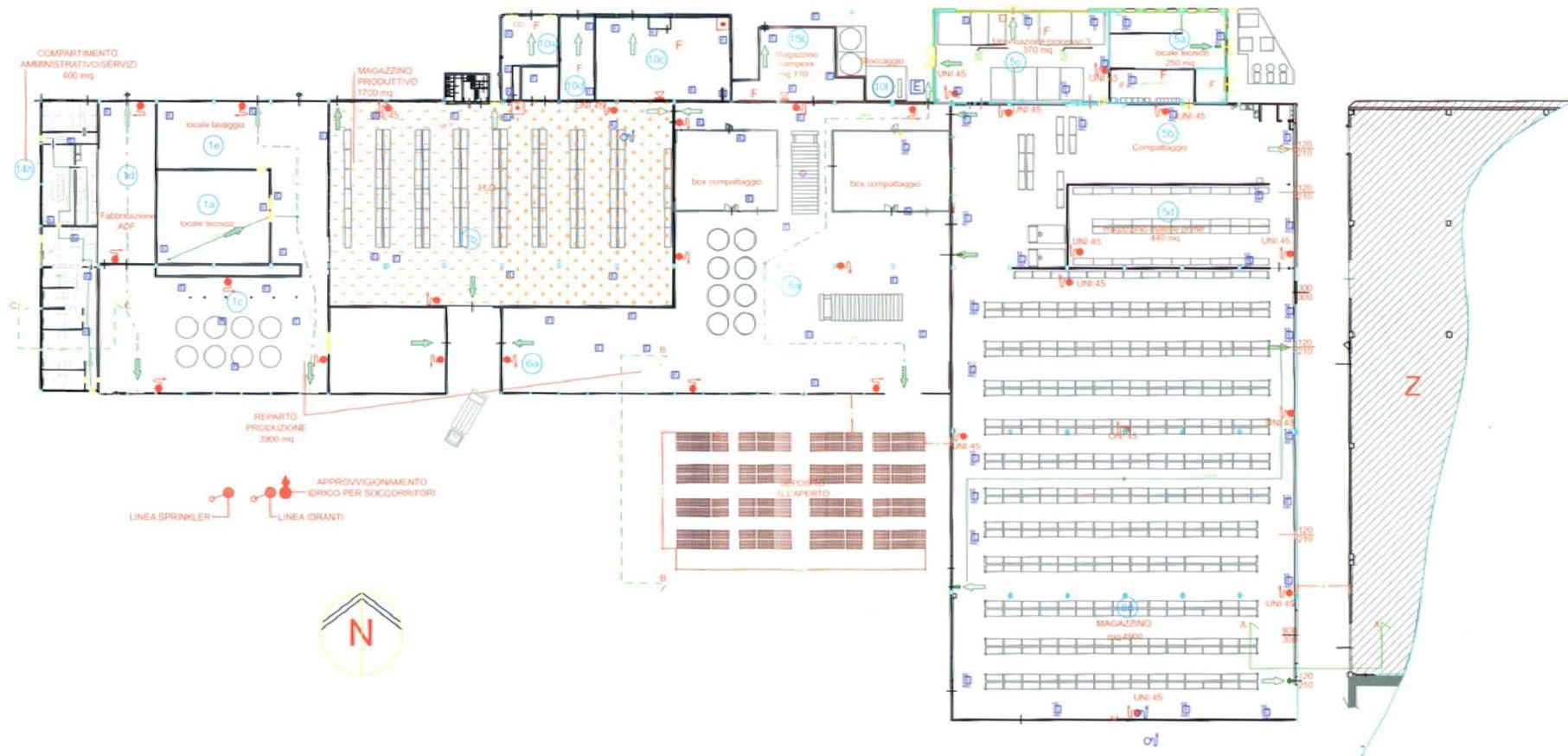
OFFICINE E LABORATORI (attività 9, 14, 37, 42, 51, 53, 54, 64, 76)

DEPOSITI (attività 27, 28, 32, 34, 35, 36, 38, 43, 44, 46, 47, 63, 70, 75)

Fasi della progettazione con il DM 3/08/2015



Attività produttiva punti 33 e 34 dell'Allegato I del DPR 151/2011



Attività produttiva punti 33 e 34 dell'Allegato I del DPR 151/2011

L'attività è costituita da un edificio isolato adibito a lavorazione e deposito di carta e cartoni e da un deposito all'aperto.

La struttura principale del capannone è **monopiano, priva di piani interrati.**

L'edificio è suddiviso in **tre aree** funzionali:

- un'area per la produzione di prodotti cartacei,
- locali adibiti a servizi e uffici pertinenti l'attività,
- due magazzini, di cui uno intensivo.

Nell'attività sono impiegate **48 persone**, di cui 12 addetti ai servizi amministrativi, 32 addetti alla produzione, 4 addetti ai magazzini.

Valutazione del rischio d'incendio

La valutazione del rischio incendio evidenzia per il **reparto "produzione"**, lo **svolgimento di lavorazioni a temperature non standard con impiego modesto di impregnanti e solventi**, pur in assenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative o di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione. Si considera pertanto una **velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio "rapida"** con δ_a **pari a 3**. Per gli altri compartimenti si adotta un δ_a **pari a 2**.

Il calcolo del carico d'incendio q_f evidenzia, per i due magazzini, **valori superiori a 600 MJ/m²**.

Attività produttiva punti 33 e 34 dell'Allegato I del DPR 151/2011



Denominazione compartimenti	Superficie (m ²)	q _f (MJ/m ²)
1 <i>Produzione</i>	3.900	550
2 <i>Uffici e servizi</i>	400	450
3 <i>Magazzino</i>	4.900	950
4 <i>Magazzino intensivo</i>	1.700	1.700

Valutazione del rischio d'incendio

Classificazione secondo DM 3/08/2015

Caratteristiche prevalenti degli occupanti δ_{occ}		Velocità caratteristica prevalente dell'incendio δ_a				
		1 lenta	2 media	3 rapida	4 ultra-rapida	
A	Gli occupanti sono in familiarità con l'edificio	COMPARTIMENTI 2,3,4		A2	A3	A4
B	Gli occupanti sono in stato di veglia e non hanno familiarità con l'edificio	B1	COMPARTIMENTO 1			
C	Gli occupanti possono essere addormentati	C1	C2	C3	Non ammesso	
C_i	in attività individuale di lunga durata	C_i1	C_i2	C_i3		
C_{ii}	in attività gestita di lunga durata	$C_{ii}1$	$C_{ii}2$	$C_{ii}3$		
C_{iii}	in attività gestita di breve durata	$C_{iii}1$	$C_{iii}2$	$C_{iii}3$		
D	Gli occupanti ricevono cure mediche	D1	D2	Non ammesso		
E	Occupanti in transito	E1	E2	E3		

Attività produttiva punti 33 e 34 dell'Allegato I del DPR 151/2011



Denominazione compartimenti	δ_{occ}	δ_a	R_{vita}	R_{beni}	$R_{ambiente}$
1 <i>Produzione</i>	A	3	A3	1	non significativo
2 <i>Uffici e servizi</i>	A	2	A2		
3 <i>Magazzino</i>	A	2	A2		
4 <i>Magazzino intensivo</i>	A	2	A2		

Misure di sicurezza antincendio

DM 3/08/2015 – *Nuovo Codice di P.I.*

Il progettista mitiga il rischi incendio applicando una **strategia antincendio** composta da categorie omogenee di misure **di prevenzione, protezione e gestionali**:

1. Reazione al fuoco
 2. Resistenza al fuoco
 3. Compartimentazione
 4. Esodo
 5. Gestione della sicurezza antincendio
 6. Controllo dell'incendio
 7. Rivelazione ed allarme
 8. Controllo di fumi e calore
 9. Operatività antincendio
 10. Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio
-

S1 – REAZIONE AL FUOCO Vie di esodo

Livello di prestazione	Descrizione	Criteri di attribuzione Vie d'esodo verticali, percorsi d'esodo (<i>corridoi, atri, filtri ...</i>) e spazi calmi
I	COMPARTIMENTI 1,2,3,4	Vie d'esodo non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
II	<i>I materiali contribuiscono in modo non trascurabile all'incendio</i>	Vie d'esodo dei compartimenti con profilo di rischio R_{vita} in B1.
III	<i>I materiali contribuiscono moderatamente all'incendio</i>	Vie d'esodo dei compartimenti con profilo di rischio R_{vita} in B2, B3, Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3, E1, E2, E3.
IV	<i>I materiali contribuiscono limitatamente all'incendio</i>	Vie d'esodo dei compartimenti con profilo di rischio R_{vita} in D1, D2.

S1 – REAZIONE AL FUOCO Locali

Livello di prestazione	Descrizione	Criteri di attribuzione Locali
I	COMPARTIMENTI 1,2,3,4	Locali non ricompresi negli altri criteri di attribuzione.
II	<i>I materiali contribuiscono in modo non trascurabile all'incendio</i>	Locali di compartimenti con profilo di rischio R_{vita} in B2, B3, Cii1, Cii2, Cii3, Ciii1, Ciii2, Ciii3, E1, E2, E3
III	<i>I materiali contribuiscono moderatamente all'incendio</i>	Locali di compartimenti con profilo di rischio R_{vita} in D1, D2.
IV	<i>I materiali contribuiscono limitatamente all'incendio</i>	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza.

S2 – RESISTENZA AL FUOCO

Livello di prestazione	Descrizione	Criteri di attribuzione
I	Assenza di conseguenze esterne per collasso strutturale	<p>Opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate tutte le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti e strutturalmente separate da esse e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni ad altre opere da costruzione; ▪ adibite ad attività afferenti ad un solo responsabile dell'attività e con i profili di rischio R_{beni} pari a 1 e $R_{ambiente}$ non significativo; ▪ non adibite ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto.
II	<p>COMPARTIMENTI 1,2,3,4</p>	<p>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 tutte le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti; ▪ strutturalmente separate da altre opere da costruzione e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni alle stesse, ovvero, in caso di assenza di separazione strutturale, tali che l'eventuale cedimento della porzione non arrechi danni al resto dell'opera da costruzione; ▪ adibite ad attività afferenti ad un solo responsabile dell'attività e con i profili di rischio R_{vita} compresi in A1, A2, A3, A4; R_{beni} pari a 1; $R_{ambiente}$ non significativo; ▪ densità di affollamento non superiore a 0,2 persone/m²; ▪ non prevalentemente destinate ad occupanti con disabilità; ▪ aventi piani situati a quota compresa tra -5 m e 12 m.
III	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la durata dell'incendio.	Opere da costruzione non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento della costruzione.	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza.
V	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa.	

S3 - COMPARTIMENTAZIONE

Livelli di prestazione	Descrizione	Criteri di attribuzione
I	<i>Nessun requisito</i>	Non ammesso nelle attività soggette
II	<p style="text-align: center;">COMPARTIMENTI 1,2,3,4</p>	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione
III	<p><i>È contrastata per un periodo congruo con la durata dell'incendio:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>la propagazione dell'incendio verso altre attività;</i> ▪ <i>la propagazione dell'incendio e dei fumi freddi all'interno della stessa attività.</i> 	<p>In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività <i>(es. attività con elevato affollamento, attività con geometria complessa o piani interrati, elevato carico di incendio specifico q_f, presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione, ...).</i></p> <p>In particolare compartimenti con profilo di rischio R_{vita} D1, D2, Cii2, Cii3, Ciii2, Ciii3</p>

S4 - ESODO

Livello di prestazione	Descrizione	Criteri di attribuzione
I	COMPARTIMENTI 1,2,3,4	Tutte le attività
II	<i>Protezione degli occupanti sul posto</i>	Compartimenti per i quali non sia possibile garantire il livello di prestazione I (<i>es. a causa della dimensione del compartimento, ubicazione, tipologia degli occupanti o dell'attività ...</i>)

S5 – GESTIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO

Livello di prestazione	Descrizione	Criteri di attribuzione
I	COMPARTIMENTI 2,3	<p>Attività ove siano verificate tutte le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ profili di rischio: R_{vita} compresi in A1, A2, Ci1, Ci2, Ci3; R_{beni} pari a 1; $R_{ambiente}$ non significativo; ▪ non prevalentemente destinata ad occupanti con disabilità; ▪ tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -10 m e 54 m; ▪ carico di incendio specifico q_f non superiore a 1200 MJ/m²; ▪ non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; ▪ non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione.
II	COMPARTIMENTI 1,4	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione
III	<i>Gestione della sicurezza antincendio di livello avanzato per attività complesse</i>	<p>Attività ove sia verificato almeno una delle seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ profilo di rischio R_{beni} compreso in 3, 4; ▪ elevato affollamento complessivo: <ul style="list-style-type: none"> se aperta al pubblico: affollamento complessivo > 300 persone; se non aperta al pubblico: affollamento complessivo > 1000 persone; ▪ numero complessivo di posti letto superiore a 100 e profili di rischio R_{vita} compresi in D1, D2, Ciii1, Ciii2, Ciii3; ▪ si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative e affollamento complessivo superiore a 25 persone; ▪ si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione e affollamento complessivo superiore a 25 persone.

S6 – CONTROLLO DELL'INCENDIO

Livello di prestazione	Descrizione	Criteri di attribuzione
I	<i>Nessun requisito</i>	Non ammesso nelle attività soggette
II	COMPARTIMENTO 2	<p>Attività dove siano verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> R_{vita} compresi in A1, A2, B1, B2, Ci1, Ci2, Cii1, Cii2, Ciii1, Ciii2; R_{beni} pari a 1, 2; $R_{ambiente}$ non significativo; ▪ densità di affollamento non superiore a 0,7 persone/m²; ▪ tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -5 m e 32 m; ▪ carico di incendio specifico q_f non superiore a 600 MJ/m²; ▪ superficie lorda di ciascun compartimento non superiore a 4.000 m²; ▪ non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; ▪ non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
III	COMPARTIMENTI 1,3	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV	COMPARTIMENTO 4	In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività (<i>es. attività con elevato affollamento, attività con geometria complessa o piani interrati, elevato carico di incendio specifico q_f, presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio, ...</i>).
V	<i>Protezione di base, protezione manuale e protezione automatica estesa a tutta l'attività</i>	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza, previsti da regola tecnica verticale.

S7 – RIVELAZIONE ED ALLARME

Livello di prestazione	Descrizione	Criteri di attribuzione
I	<p style="text-align: center;">COMPARTIMENTO 2</p>	<p>Attività dove siano verificate tutte le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ profili di rischio: R_{vita} compresi in A1, A2, Ci1, Ci2, Ci3; R_{beni} = 1; R_{ambiente} non significativo; ▪ attività non aperta al pubblico; ▪ densità di affollamento non superiore a 0,2 persone/m²; ▪ non prevalentemente destinata ad occupanti con disabilità; ▪ tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -5 m e 12 m; ▪ superficie lorda di ciascun compartimento non superiore a 4.000 m²; ▪ carico di incendio specifico q_f non superiore a 600 MJ/m²; ▪ non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; ▪ non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
II	<p><i>Segnalazione manuale e sistema d'allarme esteso a tutta l'attività</i></p>	<p>Attività dove siano verificate tutte le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ profili di rischio: R_{vita} compresi in A1, A2, B1, B2, Ci1, Ci2, Ci3; R_{beni} = 1; R_{ambiente} non significativo; ▪ densità di affollamento non superiore a 0,7 persone/m²; ▪ tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -10 m e 54 m; ▪ carico di incendio specifico q_f non superiore a 600 MJ/m²; ▪ non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; ▪ non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
III	<p style="text-align: center;">COMPARTIMENTI 1,3,4</p>	<p>Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.</p>
IV	<p><i>Rivelazione automatica estesa a tutta l'attività, sistema d'allarme, eventuale avvio automatico di sistemi di protezione attiva</i></p>	<p>In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività (<i>es. attività con elevato affollamento, attività con geometria complessa o piani interrati, elevato carico di incendio specifico q_f, presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio, ...</i>).</p>

S8 – CONTROLLO DI FUMI E CALORE

Livello di prestazione	Descrizione	Criteri di attribuzione
I	Nessun requisito	<p>Compartimenti dove siano verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ non adibiti ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto; ▪ superficie lorda di ciascun compartimento non superiore a 25 m²; ▪ carico di incendio specifico q_f non superiore a 600 MJ/m²; ▪ non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; ▪ non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
II	COMPARTIMENTI 1,2,3	Compartimento non ricompreso negli altri criteri di attribuzione.
III	COMPARTIMENTO 4	<p>In relazione alle risultanze della valutazione del rischio nell'ambito e in ambiti limitrofi della stessa attività (es. attività con elevato affollamento, attività con geometria complessa o piani interrati, elevato carico di incendio specifico q_f, presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio, ...).</p>

S9 – OPERATIVITÀ ANTINCENDIO

Livello di prestazione	Descrizione	Criteri di attribuzione
I	<i>Nessun requisito</i>	Non ammesso nelle attività soggette
II	COMPARTIMENTO 2	<p>Attività dove siano verificate tutte le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ profili di rischio: R_{vita} compresi in A1, A2, B1, B2, Ci1, Ci2; R_{beni} pari a 1; $R_{ambiente}$ non significativo; ▪ densità di affollamento non superiore a 0,2 persone/m²; ▪ tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -5 m e 12 m; ▪ superficie lorda di ciascun compartimento non superiore a 4.000 m²; ▪ carico di incendio specifico q_f non superiore a 600 MJ/m²; ▪ non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; ▪ non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione.
III	COMPARTIMENTI 1,3,4	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV	<p><i>Accessibilità per mezzi di soccorso antincendio</i></p> <p><i>Pronta disponibilità di agenti estinguenti</i></p> <p><i>Accessibilità protetta per Vigili del fuoco a tutti i locali dell'attività</i></p>	<p>Attività dove sia verificata almeno una delle seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ profilo di rischio R_{beni} compreso in 3, 4; ▪ elevato affollamento complessivo: <ul style="list-style-type: none"> se aperta al pubblico: affollamento complessivo > 300 persone; se non aperta al pubblico: affollamento complessivo > 1000 persone; ▪ numero totale di posti letto superiore a 100 e profili di rischio R_{vita} compresi in D1, D2, Ciii1, Ciii2, Ciii3; ▪ si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative e affollamento complessivo superiore a 25 persone; ▪ si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione e affollamento complessivo superiore a 25 persone.

S10 – SICUREZZA DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI E DI SERVIZIO

Livello di prestazione	Descrizione	Criteri di attribuzione
I	COMPARTIMENTI 1,2,3,4	Tutte le attività

LIVELLI DI PRESTAZIONE DELLE MISURE ANTINCENDIO PER I DIVERSI COMPARTIMENTI

Denominazione	R _{vita}	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Compartimento 1 <i>Produzione</i>	A3	I	II	II	I	II	III	III	II	III	I
Compartimento 2 <i>Uffici e servizi</i>	A2	I	II	II	I	I	II	I	II	II	I
Compartimento 3 <i>Magazzino</i>	A2	I	II	II	I	I	III	III	II	III	I
Compartimento 4 <i>Magazzino intensivo</i>	A2	I	II	II	I	II	IV	III	III	III	I

Reazione al fuoco
Resistenza al fuoco
Compartmentazione
Esodo
Gestione della sicurezza
Controllo dell'incendio
Rivelazione e allarme
Controllo di fumi e calore
Operatività antincendio
Sicurezza degli impianti

S1 – REAZIONE AL FUOCO Vie di esodo – Locali

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

Si considera soluzione conforme l'impiego di materiali compresi del gruppo GM4.

Il gruppo dei materiali GM4 è costituito da tutti i materiali non compresi nei gruppi GM0 (*classe 0 di reazione al fuoco*), e GM1, GM2, GM3 (*materiali di classe di reazione al fuoco italiana 1,2,3,4 in funzione della tipologia dei materiali stessi*).

S2 – RESISTENZA AL FUOCO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

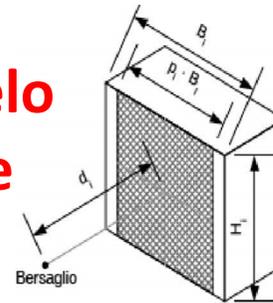
Si considera soluzione conforme:

1. Una **classe minima di resistenza al fuoco pari almeno a 30** (o inferiore, qualora consentita dal livello di prestazione III per il carico di incendio specifico di progetto $q_{f,d}$ del compartimento).
 2. La **verifica** delle prestazioni di resistenza al fuoco della costruzione in base agli incendi convenzionali di progetto.
 3. L'interposizione di una **distanza di separazione** su spazio a cielo libero verso le altre opere da costruzione, ricavata secondo le procedure descritte nel paragrafo 3 del Codice, e, comunque, non inferiore alla massima altezza della costruzione.
-

S2 – RESISTENZA AL FUOCO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

Distanza di separazione su spazio a cielo libero verso altre opere da costruzione



Metodo TABELLARE

Emettitore: fronte del Compartimento 3 – Magazzino

Bersaglio: altra attività esterna

Piastra radiante: B=60 m. x H=4,5 m.

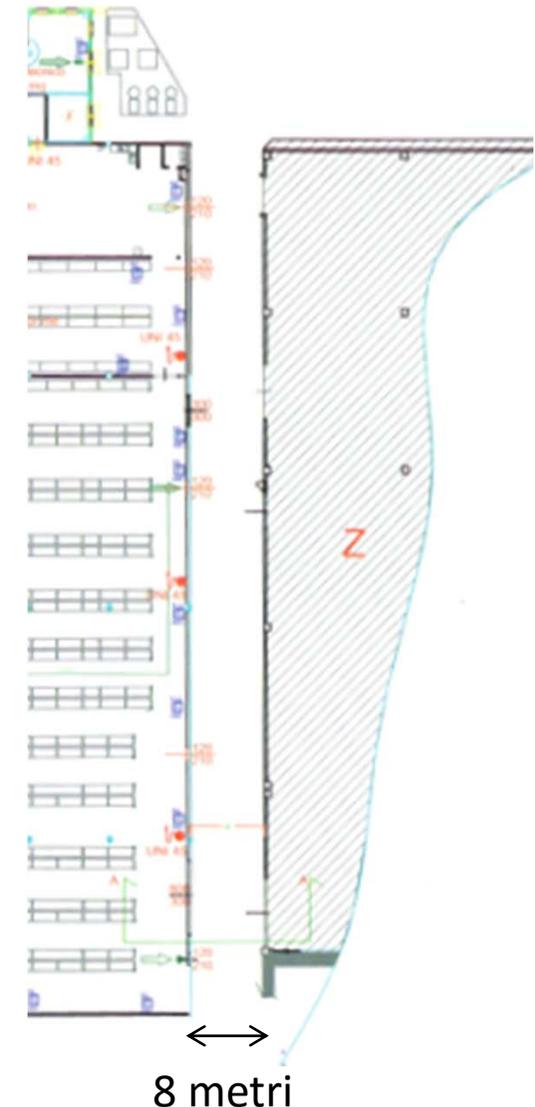
Elementi radianti: n. 5x2,1m.x1,2m + 6m. X 3m. + 8m. x 3m.

Percentuale di foratura: $54,6/270 = 0,202$

Dati tabellari: $\alpha = 1,9$ $\beta = 5,6$ per $q_f < 1.200 \text{ MJ/m}^2$

Distanza di separazione:

$d = \alpha \cdot p + \beta = 1,9 \cdot 0,202 + 5,6 = 5,98 < 8 \text{ metri}$



S3 – COMPARTIMENTAZIONE

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

Si considerano soluzioni conformi al fine di limitare la propagazione dell'incendio verso altre attività:

1. inserimento delle diverse attività in **compartimenti antincendio** distinti,

oppure:

2. interposizione di **distanze di separazione** su spazio a cielo libero tra le diverse attività contenute in opere da costruzione.

S3 – COMPARTIMENTAZIONE

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

Si considerano soluzioni conformi al fine di limitare la propagazione dell'incendio all'interno della stessa attività:

1. suddivisione della volumetria dell'opera da costruzione contenente l'attività, in **compartimenti antincendio**,
oppure:
2. interposizione di **distanze di separazione** su spazio a cielo libero tra opere da costruzione che contengono l'attività.

S3 – COMPARTIMENTAZIONE

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

Progettazione della compartimentazione

- inserimento di tutte le aree dell'attività con *diverso* profilo di rischio, in compartimenti distinti,
- rispetto dei valori massimi previsti per la superficie lorda di ogni compartimento.

Realizzazione della compartimentazione

- classe di resistenza al fuoco di ogni compartimento e delle chiusure dei varchi di comunicazione congruenti con la misura S.2,
 - compartimentazioni costituenti barriera continua contro la propagazione degli effetti dell'incendio *nelle giunzioni, attraversamenti, canalizzazioni e camini.*
-

S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

Si considera soluzione conforme un sistema d'esodo progettato nel rispetto dei paragrafi:

S4.5 - ***Caratteristiche generali***

S4.6 - ***Dati di ingresso per la progettazione***

S4.8 - ***Progettazione***

I paragrafi S4.7 e S4.9 non sono pertinenti per l'attività in studio.

Possono essere eventualmente previste ***misure antincendio aggiuntive*** di cui al paragrafo S4.10.

S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

S4.5 - *Caratteristiche generali del sistema d'esodo*

Luogo sicuro

- a. la pubblica via,
- b. ogni spazio scoperto esterno alla costruzione collegato alla pubblica via, che, in ogni condizione d'incendio:
 - ✓ non sia investito dai prodotti della combustione,
 - ✓ il massimo irraggiamento sia limitato a $2,5 \text{ kW/m}^2$,
 - ✓ non sia soggetto al pericolo di crolli.

Vie d'esodo

- altezza minima 2 m. (*altezze inferiori per brevi tratti segnalati in locali con presenza occasionale di personale addetto*),
- tutte le superfici di calpestio non sdruciolevoli,
- il fumo ed il calore smaltiti o evacuati dall'attività non interferenti con il sistema di esodo.

S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

S4.5 - *Caratteristiche generali del sistema d'esodo*

Uscite finali

- a. posizionate in modo da garantire l'evacuazione rapida degli occupanti verso luogo sicuro;
- b. sempre disponibili, anche durante un incendio in attività limitrofe;
- c. contrassegnate sul lato verso luogo sicuro con cartello UNI EN ISO 7010-M001, e messaggio *"Uscita di emergenza, lasciare libero il passaggio"*.

Illuminazione di sicurezza

Lungo tutto il sistema delle vie d'esodo fino a luogo sicuro (*qualora l'illuminazione presente risulti insufficiente per l'esodo degli occupanti in sicurezza*).

S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

S4.5 - *Caratteristiche generali del sistema d'esodo*

Segnaletica d'esodo ed orientamento

Presenza di *segnaletica di sicurezza*, eventualmente integrata da ulteriori *indicatori ambientali* (*accesso visivo e tattile alle informazioni, segnaletica a norma UNI EN ISO 7010 o equivalente ...*).

Adeguate alla complessità dell'attività per consentire l'orientamento degli occupanti (***wayfinding***), mediante:

- planimetrie semplificate e orientate, con la posizione del lettore (es. "*Voi siete qui*") ed il *layout* del sistema d'esodo (rif. norma ISO 23601).
 - indicazioni supplementari della norma ISO 16069.
-

S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

S4.6 - *Dati di ingresso per la progettazione del sistema d'esodo*

Ciascun componente del sistema d'esodo è dimensionato in funzione del profilo di rischio R_{vita} più gravoso, *ai fini dell'esodo*, tra tutti quelli caratterizzanti i compartimenti serviti dallo stesso componente.

Affollamento

Tipologia	Densità di affollamento o criteri
Uffici non aperti al pubblico	0,1 persone/m ²
Altre attività	Numero massimo presenti (dichiarato dal responsabile dell'attività)

S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

S4.6 - *Dati di ingresso per la progettazione del sistema d'esodo*

Affollamento specifico di progetto

Denominazione compartimenti	R_{vita}	Affollamento massimo dichiarato
1 <i>Produzione</i>	A3	32
2 <i>Uffici e servizi</i>	A2	12
3 <i>Magazzino</i>	A2	2
4 <i>Magazzino intensivo</i>	A2	2

S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

S4.8 - *Progettazione dell'esodo*

Si considerano indipendenti **coppie di vie d'esodo orizzontali** che conducono verso uscite distinte, per le quali sia verificata almeno una delle seguenti condizioni:

- a. l'angolo formato dai percorsi rettilinei sia superiore a 45° ;
- b. tra i percorsi esista separazione di adeguata resistenza al fuoco.

Numero minimo di vie di esodo indipendenti

R_{vita}	Affollamento	Numero minimo
qualsiasi	≤ 50 occupanti	1
A1, A2, Ci1, Ci2, Ci3	≤ 100 occupanti	

S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

S4.8 - *Progettazione dell'esodo*

Lunghezze d'esodo e dei corridoi ciechi

Almeno una delle *lunghezze d'esodo* determinate da qualsiasi punto dell'attività e la lunghezza di ciascun *corridoio cieco* dell'attività, non devono superare i seguenti valori massimi:

R_{vita}	Max lunghezza d'esodo L_{es} [m]	Max lunghezza corridoio cieco L_{cc} [m]
A2	60	25
A3	45	20

S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

S4.8 - *Progettazione dell'esodo*

Lunghezze d'esodo e dei corridoi ciechi

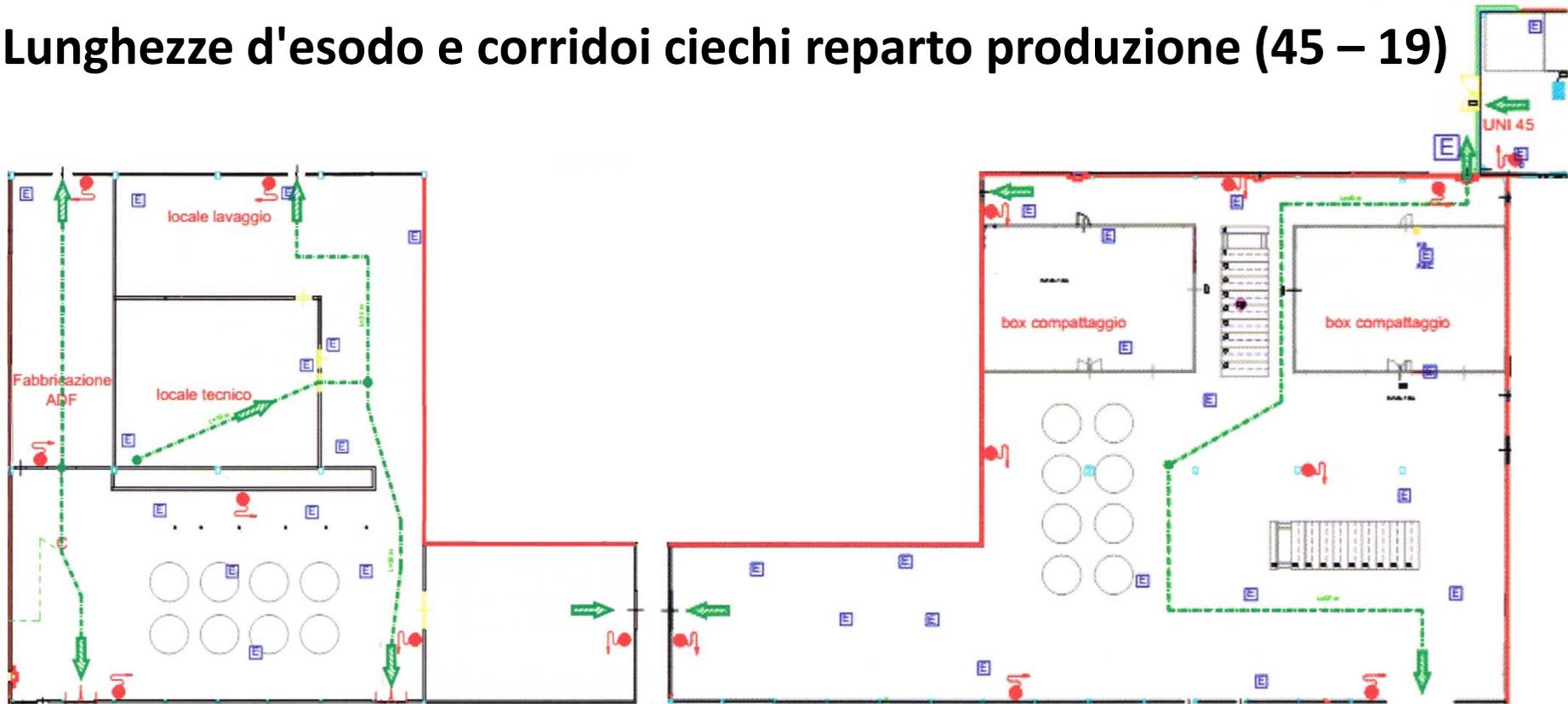
Denominazione compartimenti	L_{es} max [m]	L_{cc} max [m]
1 <i>Produzione</i>	45 < 45	19 < 20
2 <i>Uffici e servizi</i>	26 < 60	11 < 25
3 <i>Magazzino</i>	44 < 60	n.a.
4 <i>Magazzino intensivo</i>	26 < 60	n.a.

S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

S4.8 - *Progettazione dell'esodo*

Lunghezze d'esodo e corridoi ciechi reparto produzione (45 – 19)



S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

S4.8 - *Progettazione dell'esodo*

Lunghezze d'esodo e corridoi ciechi uffici e servizi (26 – 11)

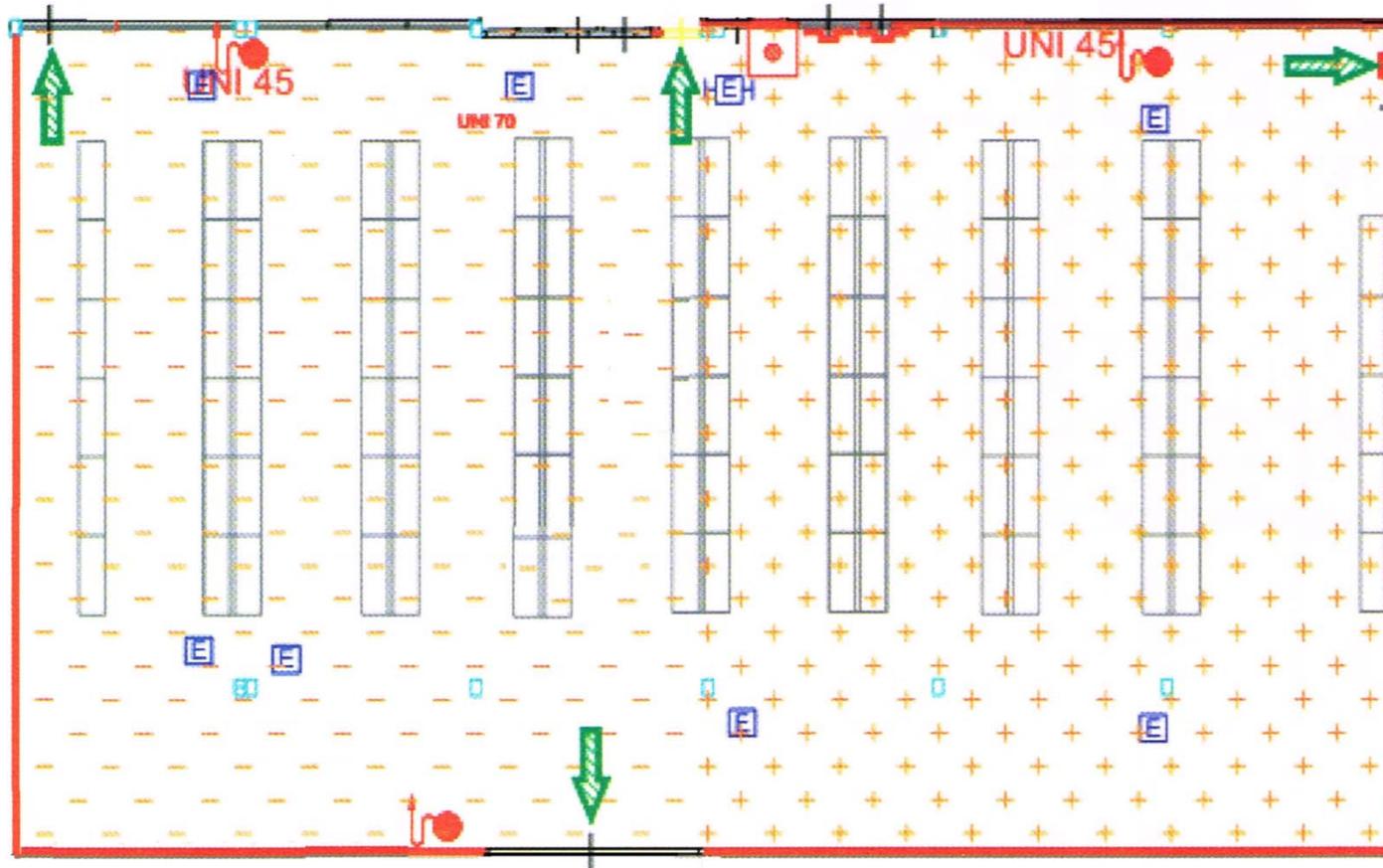


S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

S4.8 - *Progettazione dell'esodo*

Lunghezze d'esodo magazzino intensivo (26)

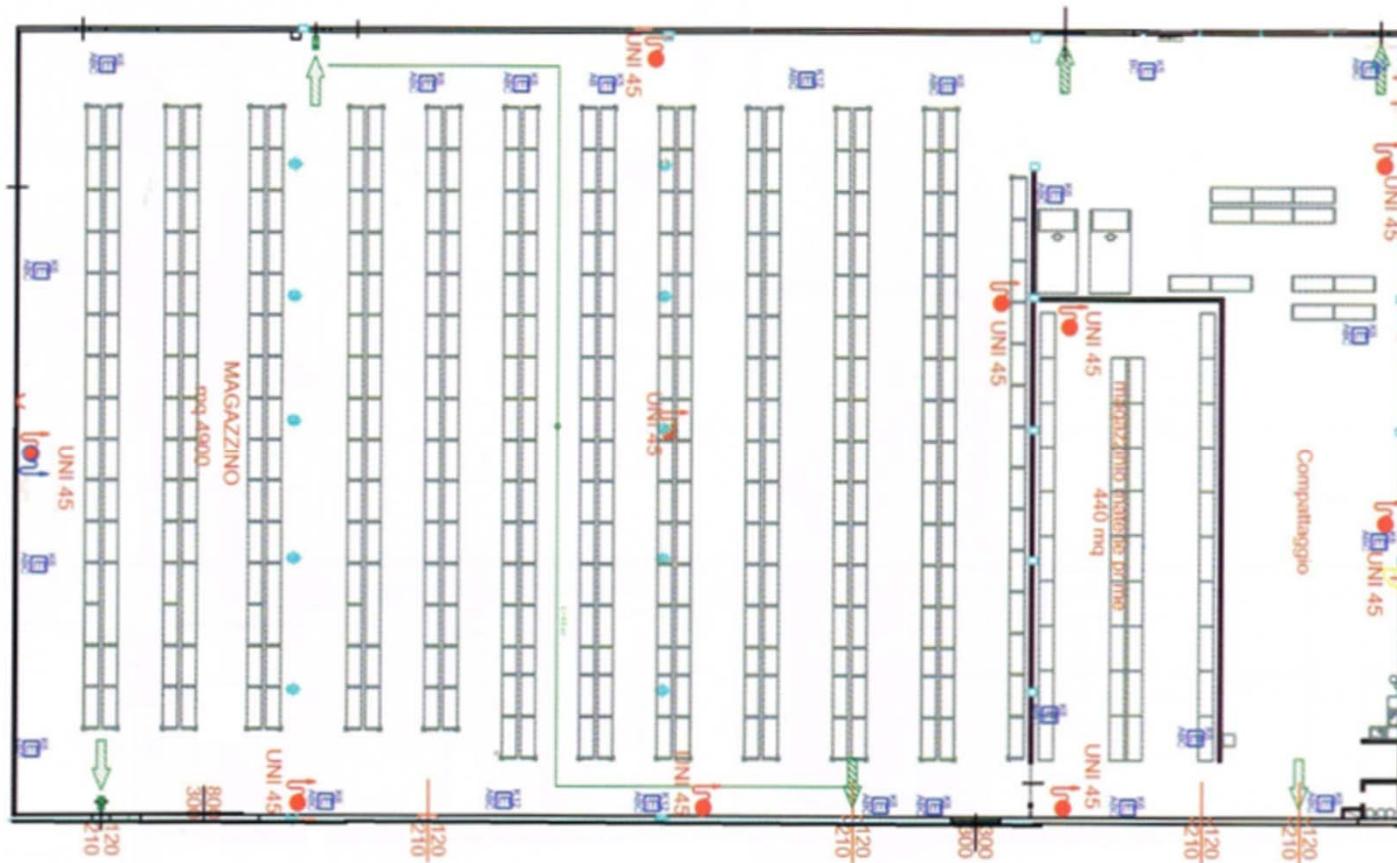


S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

S4.8 - *Progettazione dell'esodo*

Lunghezze d'esodo magazzino (44)



S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

S4.8 - *Progettazione dell'esodo*

Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali

Larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali L_0 (es. corridoi, porte, uscite, ...):

$$L_0 = L_U \cdot n_0$$

con:

L_0 larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali [mm]

n_0 numero totale degli occupanti che impiegano la via d'esodo orizzontale.

L_U larghezza unitaria per le vie d'esodo orizzontali:

R_{vita}	Larghezza unitaria [mm/persona]
A2	3,80
A3	4,60

S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

S4.8 - *Progettazione dell'esodo*

Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali

Criteri per le larghezze minime di ciascun percorso:

- a. larghezza (*di porte, uscite, corridoi, ...*) non inferiore a **900 mm**;
 - b. se un compartimento o un locale necessitano di più di due uscite, almeno una di larghezza non inferiore a **1200 mm**;
 - c. larghezza non inferiore a **800 mm** per le porte di locali con affollamento non superiore a 10 persone (*es. singoli uffici, servizi igienici*);
 - d. larghezza non inferiore a **600 mm** da locali ove vi sia presenza occasionale e di breve durata di personale addetto (*es. locali impianti, ...*).
-

S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

S4.8 - *Progettazione dell'esodo*

Verifica di ridondanza delle vie d'esodo orizzontali

- Ai fini della verifica di ridondanza, si deve rendere indisponibile una via d'esodo orizzontale alla volta e verificare che le restanti vie d'esodo indipendenti da questa, abbiano larghezza complessiva sufficiente a garantire l'esodo degli occupanti.
 - Nella verifica di ridondanza non è necessario procedere ad ulteriore verifica delle lunghezze d'esodo e dei corridoi ciechi.
-

S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

S4.8 - *Progettazione dell'esodo*

Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali

Denominazione compartimenti	Larghezza teorica complessiva [mm]	Larghezza di progetto e n° di vie di esodo minimo
1 <i>Produzione</i>	148	2·900 mm
2 <i>Uffici e servizi</i>	44	2·900 mm
3 <i>Magazzino</i>	8	2·900 mm
4 <i>Magazzino intensivo</i>	8	2·900 mm

S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

S4.8 - *Progettazione dell'esodo*

Calcolo della larghezza minima delle uscite finali

Larghezza minima dell'uscita finale L_F , che consente l'esodo degli occupanti che la impiegano, provenienti da vie d'esodo orizzontali:

$$L_F = \sum_i L_{O,i}$$

con:

L_F larghezza minima dell'uscita finale [mm]

$L_{O,i}$ larghezza della i -esima via d'esodo orizzontale che adduce all'uscita finale [mm]

S4 – ESODO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

S4.8 - *Progettazione dell'esodo*

Calcolo della larghezza minima delle uscite finali

La larghezza L_F può essere suddivisa in più varchi.

Criteri per le larghezze minime di ciascun varco:

- a. larghezza non inferiore a **900 mm**;
 - b. larghezza non inferiore a **800 mm** per le uscite finali impiegate da non più di 10 persone;
 - c. larghezza non inferiore a **600 mm** da locali ove vi sia esclusiva presenza occasionale e di breve durata di personale addetto (*es. locali impianti, ..*).
-

S5 – GESTIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

Struttura organizzativa minima	Compiti e funzioni
Responsabile dell'attività	<ul style="list-style-type: none">▪ organizza la GSA▪ adotta le misure di prevenzione incendi.▪ adotta procedure gestionali e di manutenzione dei sistemi e delle attrezzature di sicurezza;▪ Eventualmente, predisporre il centro di gestione dell'emergenza;▪ modifica il piano di emergenza a seguito di segnalazioni del Coordinatore degli addetti ant.
Coordinatore degli addetti del servizio antincendio	<ul style="list-style-type: none">▪ sovrintende i servizi relativi all'attuazione delle misure antincendio previste;▪ coordina gli interventi, in emergenza, degli addetti, la messa in sicurezza degli impianti;▪ si interfaccia con i responsabili delle squadre dei soccorritori.
Addetti al servizio antincendio	<p><i>In condizioni ordinarie, attuano le disposizioni della GSA, in particolare:</i></p> <ul style="list-style-type: none">▪ attuano le misure antincendio preventive;▪ garantiscono la fruibilità delle vie d'esodo;▪ verificano la funzionalità delle misure antincendio protettive. <p><i>In condizioni d'emergenza, attuano il piano d'emergenza, in particolare:</i></p> <ul style="list-style-type: none">▪ provvedono allo spegnimento di un principio di incendio;▪ guidano l'evacuazione degli occupanti secondo le procedure adottate;▪ eseguono le comunicazioni previste in emergenza;▪ offrono assistenza alle squadre di soccorso.
Adempimenti minimi	<ul style="list-style-type: none">▪ prevenzione degli incendi;▪ istruzioni e planimetrie di piano per gli occupanti;▪ registro dei controlli;▪ piano d'emergenza;▪ formazione ed informazione addetti al servizio antincendio.▪ piano di mantenimento del livello di sicurezza.

S5 – GESTIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

GSA in esercizio

Deve prevedere almeno:

- a. **la riduzione della probabilità di insorgenza di un incendio e la riduzione dei suoi effetti, mediante:**
 - *misure di prevenzione incendi,*
 - *buona pratica nell'esercizio,*
 - *informazioni per la salvaguardia degli occupanti;*
 - *formazione ed informazione del personale.*
- b. **il controllo e manutenzione di impianti e attrezzature antincendio, mediante:**
 - *Registro dei controlli,*
 - *Piano per il mantenimento del livello di sicurezza antincendio,*
- c. **la preparazione alla gestione dell'emergenza, tramite:**
 - *l'elaborazione della pianificazione d'emergenza,*
 - *esercitazioni antincendio e prove d'evacuazione periodiche.*

S5 – GESTIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

GSA in emergenza

Deve prevedere almeno:

- l'attivazione ed attuazione del *piano di emergenza*;
- l'attivazione del *centro di gestione delle emergenze*, qualora previsto.

Il *centro di gestione delle emergenze*, nelle attività con profili di rischio

A3 deve essere:

- costituito in apposito locale ad uso esclusivo, costituente compartimento antincendio, dotato di accesso dall'esterno, anche tramite percorso protetto, segnalato;
 - fornito di informazioni necessarie alla gestione dell'emergenza (*pianificazioni, planimetrie, schemi funzionali impianti, numeri telefonici ..*)
-

S6 – CONTROLLO DELL'INCENDIO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

COMPARTIMENTO 2 – Uffici e servizi

Si considera soluzione conforme l'impiego della protezione di base.

La *protezione di base* si attua attraverso l'impiego di **estintori** installati e gestiti in conformità alla vigente regolamentazione e alle norme adottate dall'ente di normazione nazionale.

La *tipologia* degli estintori installati deve essere selezionata in riferimento alle **classi di incendio** determinate secondo la valutazione del rischio dell'attività.

ESTINTORI DI CLASSE A

Numero, capacità estinguente e posizione

Superficie lorda di ciascun piano dell'attività S superiore a 200 m²

- il numero di estintori deve essere tale che la capacità estinguente totale C_A sia non inferiore alla capacità estinguente minima:

$$C_{A,\min} = 0,21 S$$

con S superficie lorda di ciascun piano dell'attività espressa in m².

- almeno il 50% della $C_{A,\min}$ deve essere fornita da estintori con capacità estinguente non inferiore a 34 A.
- da ogni punto dell'attività deve essere possibile raggiungere un estintore con un percorso effettivo di lunghezza non superiore a 20 m.

Superficie lorda di ciascun piano dell'attività S inferiore a 200 m²

- almeno 2 estintori di classe non inferiore a 21 A, in posizione contrapposta

ESTINTORI DI CLASSE B

Numero, capacità estinguente e posizione

Superficie lorda di ciascun compartimento S superiore a 200 m²

- il numero di estintori deve essere tale che la capacità estinguente totale C_B sia non inferiore alla capacità estinguente minima:

$$C_{B,\min} = 1,44 S$$

con S superficie lorda del compartimento espressa in m².

- almeno il 50% della $C_{B,\min}$ deve essere fornita da estintori con capacità estinguente non inferiore a 144 B.
- gli estintori devono essere posizionati a distanza non superiore a 15 m. dalle sorgenti di rischio.

Superficie lorda di ciascun compartimento S inferiore a 200 m²

- almeno 2 estintori di classe non inferiore a 144 B, in posizione contrapposta

ESTINTORI PER ALTRI RISCHI

Numero e posizione

Classe di incendio o altri rischi	Requisiti minimi
Classe C	Nessuno
Classe D	In prossimità della sorgente di rischio, idonei all'uso previsto.
Impianti ed apparecchiature elettriche sotto tensione	
Solventi polari	

S6 – CONTROLLO DELL'INCENDIO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

COMPARTIMENTI 1 e 3 - Produzione e Magazzino

Si considera soluzione conforme l'impiego della protezione di base e della protezione manuale.

Oltre alla *protezione di base*, la *protezione manuale* si attua mediante la **rete idranti**, progettata, installata e gestita in conformità alla vigente regolamentazione e alle norme e documenti tecnici adottati dall'ente di normazione nazionale.

Il progettista, sulla base della valutazione del rischio di incendio, stabilisce:

- i livelli di pericolosità,
 - le tipologie di protezione (interna o esterna),
 - le caratteristiche dell'alimentazione idrica della rete di idranti
-

S6 – CONTROLLO DELL'INCENDIO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione IV

COMPARTIMENTO 4 – Magazzino intensivo

Si considera soluzione conforme l'impiego della protezione di base, della protezione manuale e della protezione automatica estesa al compartimento.

Oltre alla *protezione di base e manuale*, il *sistema automatico* di controllo o estinzione degli incendi (*sprinkler*), deve essere progettato, installato e gestito in conformità alla vigente regolamentazione e alle norme e documenti tecnici adottati dall'ente di normazione nazionale.

S7 – RIVELAZIONE E ALLARME

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

COMPARTIMENTO 2 – Uffici e servizi

Si considera soluzione conforme l'impiego di un'idonea procedura finalizzata al rapido e sicuro allertamento degli occupanti, codificata nelle procedure di emergenza.

(es. a voce, suono di campana, accensione di segnali luminosi, ... comunque percepibili da parte degli occupanti).

S7 – RIVELAZIONE E ALLARME

Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

COMPARTIMENTI 1,3,4 – Produzione e magazzini

Si considera soluzione conforme l'impiego di un IRAI progettato, installato e gestito in conformità alla vigente regolamentazione e alle norme e documenti tecnici adottati dall'ente di normazione nazionale.

Funzioni principali

A	Rivelazione automatica dell'incendio
B	Funzione di controllo e segnalazione
D	Funzione di segnalazione manuale
L	Funzione di alimentazione
C	Funzione di allarme incendio

S7 – RIVELAZIONE E ALLARME

Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

COMPARTIMENTI 1,3,4 – Produzione e magazzini

Le **funzioni di evacuazione e allarme** sono realizzate con dispositivi di diffusione visuale e sonora o altri dispositivi adeguati alle capacità percettive degli occupanti ed alle condizioni ambientali (*es. segnalazione di allarme ottica, a vibrazione, ...*).

Le **funzioni di avvio degli impianti di protezione attiva e di arresto di altri impianti** sono demandate in alternativa:

- a procedure operative nella pianificazione d'emergenza,
 - in automatico, su comando della centrale o mediante centrali autonome di azionamento (*asservite alla centrale master*).
-

S8 – CONTROLLO DI FUMI E CALORE

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

COMPARTIMENTI 1,2,3 – Produzione, magazzino e uffici

Si considera soluzione conforme la possibilità di effettuare lo smaltimento di fumo e calore d'emergenza per ogni compartimento.

S8 – CONTROLLO DI FUMI E CALORE

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

Tipologia delle aperture di smaltimento di fumo e calore d'emergenza

<i>Tipo</i>	<i>Descrizione</i>
SEa	Permanentemente aperte
SEb	Dotate di sistema automatico di apertura con attivazione asservita ad IRAI
SEc	Provviste di elementi di chiusura non permanenti (<i>es. infissi, ...</i>) ad apertura comandata da posizione protetta e segnalata
SEd	Provviste di elementi di chiusura non permanenti (<i>es. infissi, ...</i>) ad apertura comandata da posizione non protetta
SEe	Provviste di elementi di chiusura permanenti (<i>es. pannelli bassofondenti, ...</i>)

S8 – CONTROLLO DI FUMI E CALORE

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

Dimensioni minime delle aperture di smaltimento

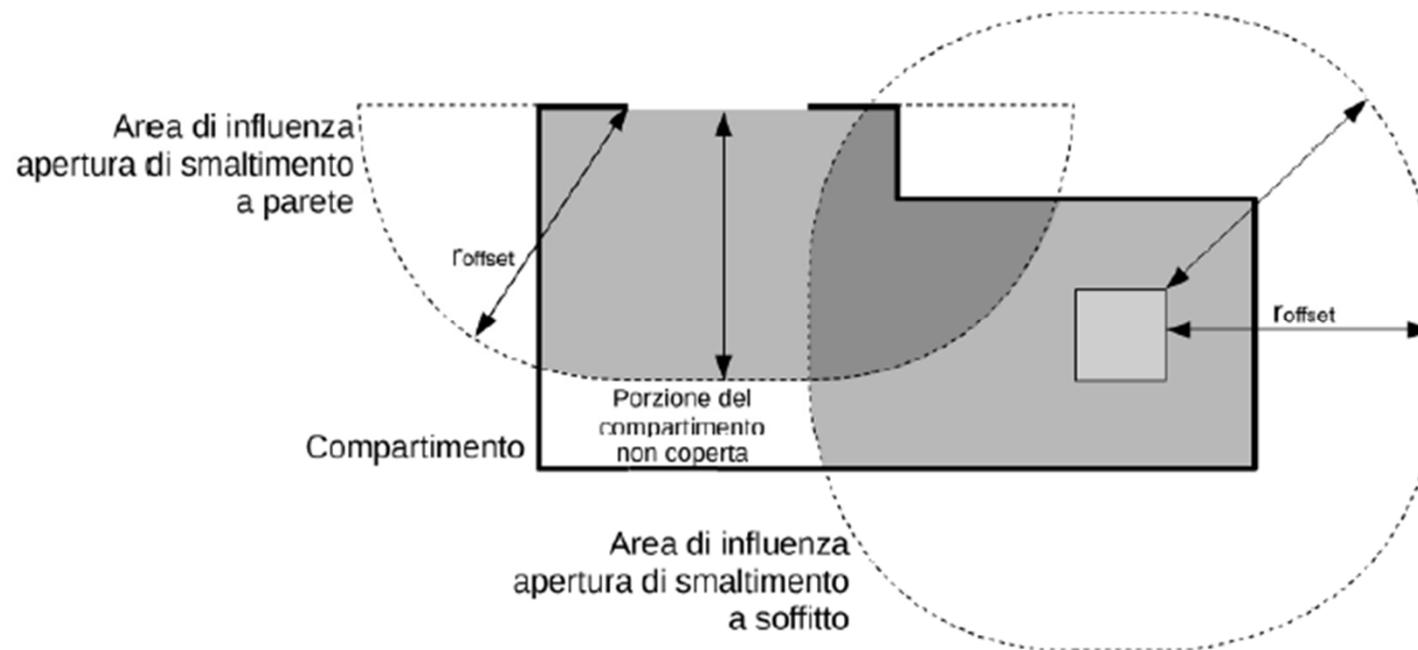
<i>Compartimento</i>	<i>Tipo</i>	<i>Carico di incendio specifico q_f</i>	<i>Superficie utile minima delle aperture di smaltimento S_{sm}</i>
1,2	SE1	$q_f \leq 600 \text{ MJ/m}^2$	A/40
3	SE2	$600 < q_f \leq 1.200 \text{ MJ/m}^2$	$[(A \cdot q_f) / 40.000 + A / 100]$

A superficie lorda delcompartimento [m²]
S_{sm} superficie utile delle aperture di smaltimento [m²]

S8 – CONTROLLO DI FUMI E CALORE

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

Distribuzione delle aperture di smaltimento



Raggio di influenza r_{offset} pari a 20 metri (o altrimenti determinato secondo le risultanze dell'analisi del rischio)

S8 – CONTROLLO DI FUMI E CALORE

Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

COMPARTIMENTO 4 – Magazzino intensivo

Si considera soluzione conforme l'installazione di un sistema di evacuazione di fumi e calore (SEFC), naturale (SENFEC) o forzato (SEFFEC), progettato, installato e gestito in conformità alla vigente regolamentazione e alle norme e documenti tecnici adottati dall'ente di normazione nazionale.

- deve essere garantita la compatibilità di funzionamento del SEFC con il sistema automatico di controllo o estinzione dell'incendio;
 - devono essere previste funzioni di comunicazione e controllo dello stato dell'impianto SEFC in presenza dell'IRAI.
-

S9 – OPERATIVITA' ANTINCENDIO

Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

COMPARTIMENTI 1,3,4 – Produzione e magazzini

Si considera soluzione conforme:

- possibilità di **avvicinamento dei mezzi di soccorso** antincendio agli accessi dei compartimenti dell'attività ($4,5\text{ m} < \text{distanza} < 50\text{ m}$);
 - disponibilità di almeno un **idrante**, collegato alla rete pubblica, in assenza di protezione esterna della rete idranti (*percorso massimo 500 metri dai confini - erogazione minima 300 litri/minuto*).
-

S10 – SICUREZZA DEGLI IMPIANTI

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

Si considera soluzione conforme:

l'utilizzo di *impianti tecnologici e di servizio* progettati, installati, verificati, eserciti e mantenuti a regola d'arte, in conformità alla regolamentazione vigente, secondo le norme di buona tecnica applicabili.

Gli impianti devono garantire gli obiettivi di sicurezza antincendio:

- a. limitare la probabilità di costituire causa di incendio o di esplosione;
 - b. limitare la propagazione di un incendio all'interno degli ambienti;
 - c. non rendere inefficaci le altre misure antincendio;
 - d. consentire agli occupanti di lasciare gli ambienti in condizione di sicurezza;
 - e. consentire alle squadre di soccorso di operare in condizioni di sicurezza;
 - f. essere disattivabili, o altrimenti gestibili, a seguito di incendio.
-

S10 – SICUREZZA DEGLI IMPIANTI

Soluzioni conformi per il livello di prestazione I

Necessarie prescrizioni aggiuntive di sicurezza antincendio per:

- Impianti per la produzione, trasformazione, trasporto, distribuzione e di utilizzazione dell'energia elettrica;
 - Impianti fotovoltaici;
 - Protezione contro le scariche atmosferiche;
 - Impianti di sollevamento e trasporto di cose e persone;
 - Impianti di distribuzione gas combustibili;
 - Deposito di combustibili;
 - Opere di evacuazione dei prodotti della combustione;
 - Impianti centralizzati di climatizzazione e condizionamento.
-

IL NUOVO CODICE DI PREVENZIONE INCENDI

M.1 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio

Metodi di progettazione e finalità

Il progettista utilizza i metodi ordinari di progettazione della sicurezza antincendio quali:

- **applicazione di norme o documenti tecnici,**
- **impiego di prodotti o tecnologie di tipo innovativo,**
- **utilizzo dei metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio**
(secondo procedure, ipotesi e limiti dei capitoli M.1, M.2 e M.3),

per:

1. la **verifica delle soluzioni alternative**, al fine di dimostrare il raggiungimento del collegato *livello di prestazione*,
2. la **verifica del livello di prestazione** attribuito alle misure antincendio, al fine di dimostrare il raggiungimento dei pertinenti *obiettivi di sicurezza antincendio*.

Metodi di progettazione e finalità

Il progettista utilizza i metodi avanzati di progettazione della sicurezza antincendio quali:

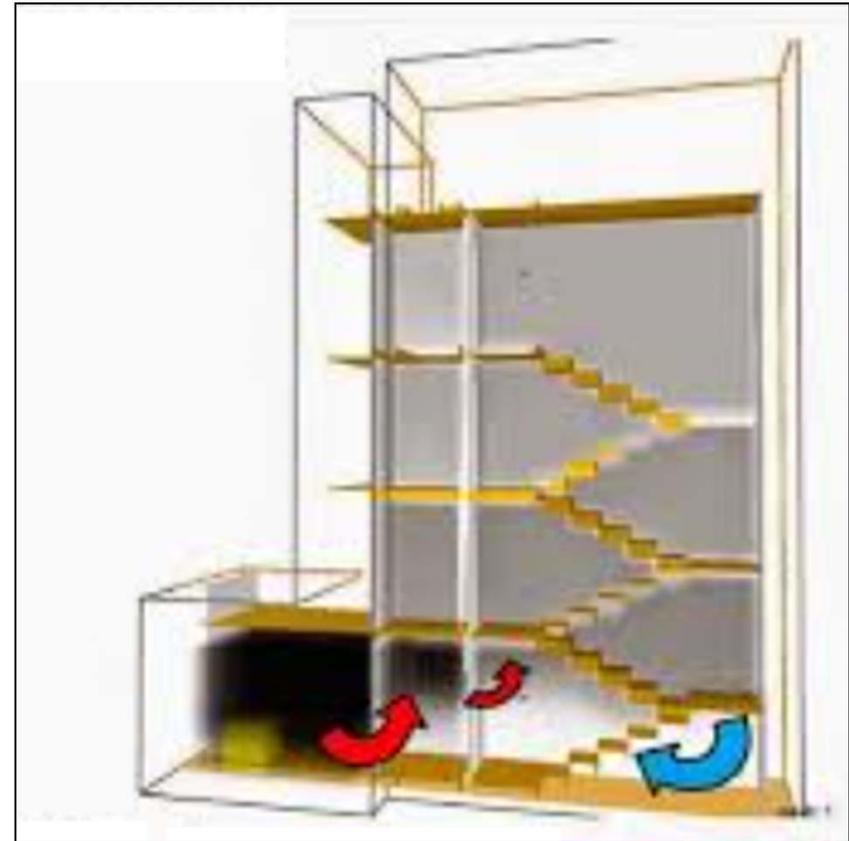
- **utilizzo dei metodi dell'ingegneria della sicurezza antincendio** (*secondo ipotesi e limiti previsti dalla regola dell'arte nazionale ed internazionale*),
- **esecuzione di prove sperimentali**,
- **analisi e progettazione secondo giudizio esperto** (*fondata sui principi generali di prevenzione incendi e sul bagaglio di conoscenze nel settore della sicurezza antincendio*),

per:

la **verifica di soluzioni in deroga** al fine di dimostrare il raggiungimento dei pertinenti obiettivi di prevenzione incendi (*sicurezza della vita umana, incolumità delle persone, tutela dei beni e dell'ambiente*).

Ingegneria della sicurezza antincendio

L'applicazione dei principi dell'ingegneria della sicurezza antincendio consente di definire soluzioni idonee al raggiungimento di obiettivi progettuali mediante **analisi di tipo quantitativo**.



Ingegneria della sicurezza antincendio

L'Ingegneria della sicurezza antincendio (FSE) consiste:

a) nell'applicazione di:

- **principi ingegneristici, regole e giudizi esperti,**

b) basati sulla valutazione scientifica del:

- **fenomeno della combustione,**
- **effetti dell'incendio,**
- **comportamento umano,**

c) finalizzati alla:

- **tutela della vita umana, protezione dei beni e dell'ambiente,**
 - **quantificazione dei rischi di incendio e dei relativi effetti,**
 - **valutazione analitica delle misure antincendio ottimali, necessarie a limitare entro livelli prestabiliti le conseguenze dell'incendio.**
-

Fasi della metodologia

1^a fase: analisi preliminare

Individua le:

- a. condizioni rappresentative del rischio* al quale l'attività è esposta,
- b. soglie di prestazione* in relazione agli obiettivi di sicurezza da perseguire.

2^a fase: analisi quantitativa

Consiste in:

- a. applicazione di modelli di calcolo* per l'analisi quali-quantitativa degli effetti dell'incendio in relazione agli obiettivi assunti,
 - b. confronto dei risultati* ottenuti con le soglie di prestazione individuate nella 1^a fase e definizione del progetto.
-

1ª fase: Analisi preliminare

Analisi del rischio

Il professionista antincendio identifica e documenta:

- **destinazione d'uso** dell'attività;
 - **finalità** della progettazione antincendio;
 - **vincoli progettuali** derivanti da previsioni normative o da esigenze peculiari dell'attività;
 - **pericoli di incendio** connessi con la destinazione d'uso prevista;
 - **condizioni al contorno** per l'individuazione dei dati necessari per la valutazione degli effetti che si potrebbero produrre;
 - **caratteristiche degli occupanti** in relazione alla tipologia di edificio ed alla destinazione d'uso prevista.
-

1^a fase: Analisi preliminare

Obiettivi di sicurezza e soglie di prestazione

Il professionista specifica gli **obiettivi di sicurezza** antincendio assunti:

- la salvaguardia dell'incolumità degli occupanti,
- il massimo danno tollerabile all'attività ed al suo contenuto,
- la continuità d'esercizio a seguito di un evento incidentale,
-

e le **soglie di prestazione** prescelte:

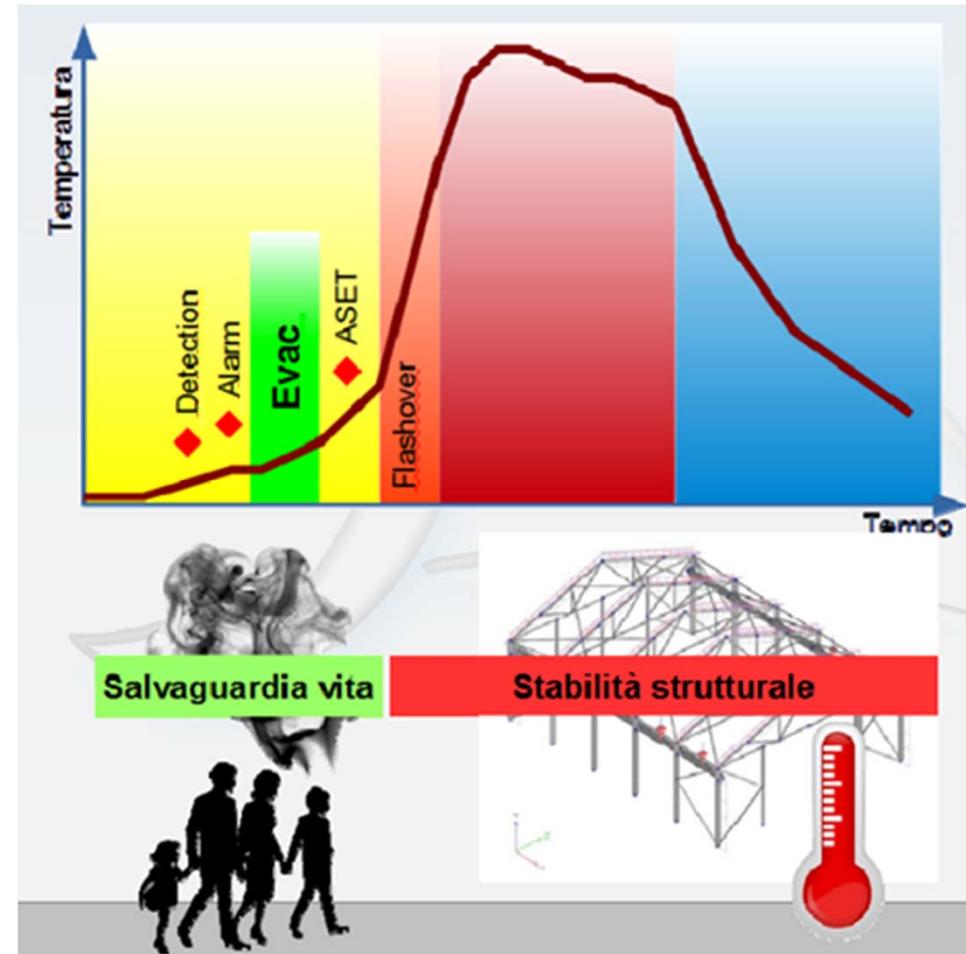
- soglie di prestazione per la vita* (incapacitazione degli occupanti per effetti termici, livello di tossicità e di visibilità):
 - temperatura massima di esposizione,
 - irraggiamento termico dalle sorgenti di esposizione,
 - visibilità minima da garantire,
 - *fractional effective dose* ...
- soglie di prestazione per il mantenimento della capacità portante* di tutta o parte di un'opera da costruzione (S.2).

1^a fase: Analisi preliminare

Obiettivi di sicurezza e soglie di prestazione

La definizione di **soglie di prestazione per la vita** è un problema **pre-flashover**, dipende dal movimento di fumi e calore nell'edificio ed è legato *all'HRR ed alla tipologia del focolare*.

La definizione di **soglie di prestazione per la stabilità strutturale** è un problema **post-flashover**, dipende dal cimento termico della struttura (*carico d'incendio*) ed è legato alle *condizioni di ventilazione*.



2^a fase: Analisi quantitativa

Soluzioni progettuali

Il professionista antincendio:

- a) **calcola** gli *effetti* degli scenari d'incendio di progetto, per ciascuna soluzione progettuale elaborata, mediante un **modello di calcolo analitico o numerico**, con risultati quantitativi che descrivano l'evoluzione dell'incendio e gli effetti sulle strutture, sugli occupanti o sull'ambiente;
- b) **seleziona** la **soluzione progettuale finale** tra quelle verificate positivamente rispetto alle soglie di prestazione adottate.

Le soluzioni progettuali che non rispettano tutte le soglie di prestazione devono essere scartate.

Documentazione di progetto

La **documentazione di progetto** deve comprendere:

per la prima fase (analisi preliminare):

- i. *sommario tecnico***, firmato dal professionista antincendio e dal responsabile dell'attività, con sintesi del processo seguito per individuare gli *scenari di incendio di progetto* e le *soglie di prestazione*;

per la seconda fase (analisi quantitativa):

- ii. *relazione tecnica*** con i risultati dell'*analisi* ed il *percorso progettuale* seguito;
 - iii. *programma per la gestione della sicurezza antincendio***, con le modalità d'attuazione delle misure di *gestione della sicurezza antincendio* (capitolo S.5).
-

Sommario tecnico

Il *sommario tecnico* firmato dal responsabile dell'attività e dai soggetti coinvolti nella progettazione, deve contenere le seguenti informazioni:

- a. responsabile dell'attività;**
 - b. responsabile della progettazione antincendio generale;**
 - c. professionisti antincendio** che utilizzano la FSE e che definiscono le misure di gestione della sicurezza antincendio, se diversi dal punto b.);
 - d. finalità** per le quali è applicato il metodo prestazionale (*es. analisi dei campi termici, della diffusione dei fumi e verifica delle vie di esodo, valutazione dei tempi di esodo, valutazione della capacità portante delle strutture, protezione di beni o ambiente in caso d'incendio, continuità di esercizio dell'attività*).
-

Modelli e Codici di calcolo

I modelli utilizzati possono essere:

- **ANALITICI**, per stime di effetti specifici dell'incendio (*es. il calcolo del tempo di flashover in un locale, ...*).
- **NUMERICI**, per analisi più complesse che coinvolgano più processi di tipo fisico e chimico, variabili nel tempo:
 - i. **modelli di simulazione dell'incendio a zone** per ambienti confinati (*CFAST, Ozone*).
 - ii. **modelli di simulazione dell'incendio di campo** (*CFX, FDS, Fluent*).
 - iii. **modelli di simulazione dell'esodo** (*FDS+EVAC*).
 - iv. **modelli di analisi termostrutturale** (*Abaqus, Adina, Ansys, Diana, Safir, Strauss ..*)

È ammesso l'utilizzo contemporaneo di più tipologie di modelli.

Relazione tecnica

Nella relazione tecnica devono essere indicate le **soluzioni progettuali**, attraverso ***tabelle, disegni, schemi grafici, immagini, tabulati di calcolo e dati di input***, oltre alle seguenti indicazioni:

- a. **modelli di calcolo** utilizzati;
 - b. **parametri e valori** associati, tratti da norme, letteratura tecnico-scientifica, prove sperimentali;
 - c. **origine e caratteristiche dei codici di calcolo**;
 - d. **confronto** fra risultati della modellazione e le soglie di prestazione.
-

Gestione della sicurezza antincendio

Per l'attuazione della gestione della sicurezza antincendio, devono essere esplicitati i provvedimenti presi relativamente a:

- a. **organizzazione del personale** (*responsabilità e risorse, pianificazione delle attività di formazione, addestramento e informazione*);
 - b. **identificazione e valutazione dei pericoli derivanti dall'attività** (*pericolosità di sostanze e processi lavorativi, scenari d'incendio e valutazione degli effetti, pianificazione di adeguamenti impiantistici e gestionali*);
 - c. **controllo operativo** (*definizione d'impianti e apparecchiature "critici", gestione della documentazione, procedure operative e istruzioni, approvvigionamento di beni e servizi*);
-

Gestione della sicurezza antincendio

- d. **gestione delle modifiche** (*tecnico-impiantistiche, procedurali, organizzative e aggiornamento della documentazione*);
 - e. **pianificazione di emergenza** (*strategia S5*);
 - f. **sicurezza delle squadre di soccorso** (*strategia S9*);
 - g. **controllo delle prestazioni** (*analisi di incidenti, quasi incidenti, anomalie e definizione d'indicatori di prestazione*);
 - h. **manutenzione dei sistemi di protezione** (*procedure di controllo e registri degli interventi effettuati e/o da effettuare*);
 - i. **controllo e revisione** (*verifiche ispettive, audit e riesame del SGSA*).
-

IL NUOVO CODICE DI PREVENZIONE INCENDI

M.2 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

Scenari d'incendio di progetto

Gli **scenari di incendio** rappresentano la schematizzazione degli eventi *realisticamente ipotizzabili* che possono verificarsi nell'attività in funzione delle caratteristiche del *focolare, dell'edificio e degli occupanti*, e che risultano più gravosi per:

- sviluppo e propagazione dell'incendio,
 - sollecitazione strutturale,
 - salvaguardia degli occupanti,
 - sicurezza delle squadre di soccorso.
-

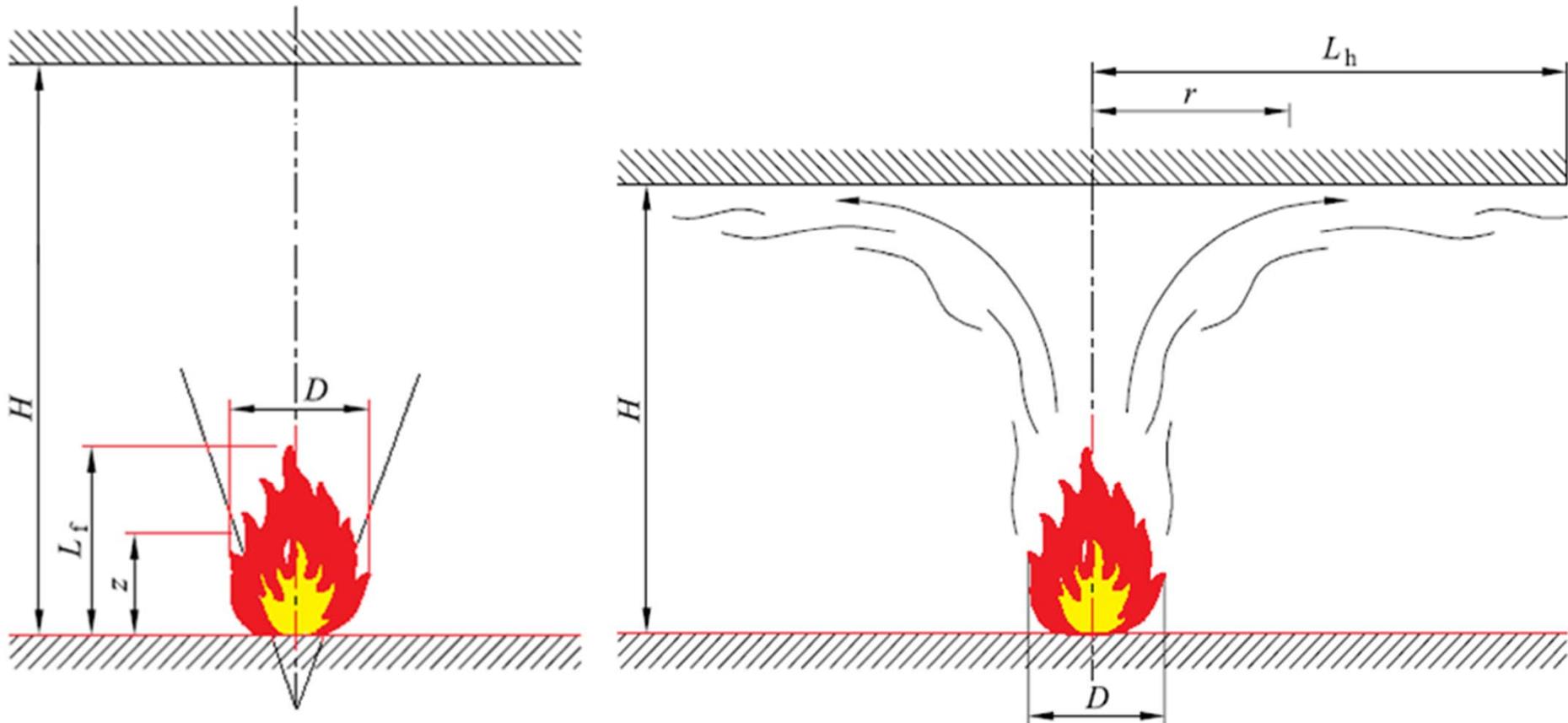
Scenari d'incendio di progetto

Per l'individuazione degli scenari è necessario considerare:

- stato, tipo e quantitativo del combustibile;
 - configurazione e posizione del combustibile;
 - tasso di crescita del fuoco e picco della potenza termica rilasciata HRR_{max} ;
 - tasso di sviluppo dei prodotti della combustione;
 - caratteristiche dell'edificio (*geometria del locale, condizioni di ventilazione interna ed esterna, stato delle porte e delle finestre, eventuale rottura di vetri, ecc.*);
 - condizioni delle persone presenti (*affollamento, stato psico-fisico, presenza di disabili, ecc.*).
-

Scenari d'incendio di progetto

Devono anche essere individuati scenari corrispondenti a **distribuzioni non uniformi** del carico di incendio, che determinano incendi localizzati:



Scenari d'incendio di progetto

La procedura di identificazione, selezione e quantificazione degli *scenari di incendio di progetto* prevede i seguenti passi:

- a) **identificazione** dei possibili scenari d'incendio;
 - b) **selezione** degli scenari d'incendio di progetto tra tutti i possibili scenari d'incendio identificati;
 - c) **descrizione quantitativa** degli scenari d'incendio di progetto selezionati.
-

Scenari d'incendio di progetto

a) identificazione dei possibili scenari d'incendio

Nella fase di identificazione degli scenari, il professionista antincendio, anche attraverso l'ausilio dell'*analisi storica*, deve descrivere:

- *evento iniziatore* (focolaio di incendio e condizioni dell'ambiente circostante);
 - *propagazione* dell'incendio e dei prodotti della combustione;
 - azione degli *impianti tecnologici e di protezione attiva* contro l'incendio;
 - azioni eseguite dai componenti della *squadra aziendale* presenti;
 - distribuzione e comportamento degli *occupanti*.
-

Scenari d'incendio di progetto

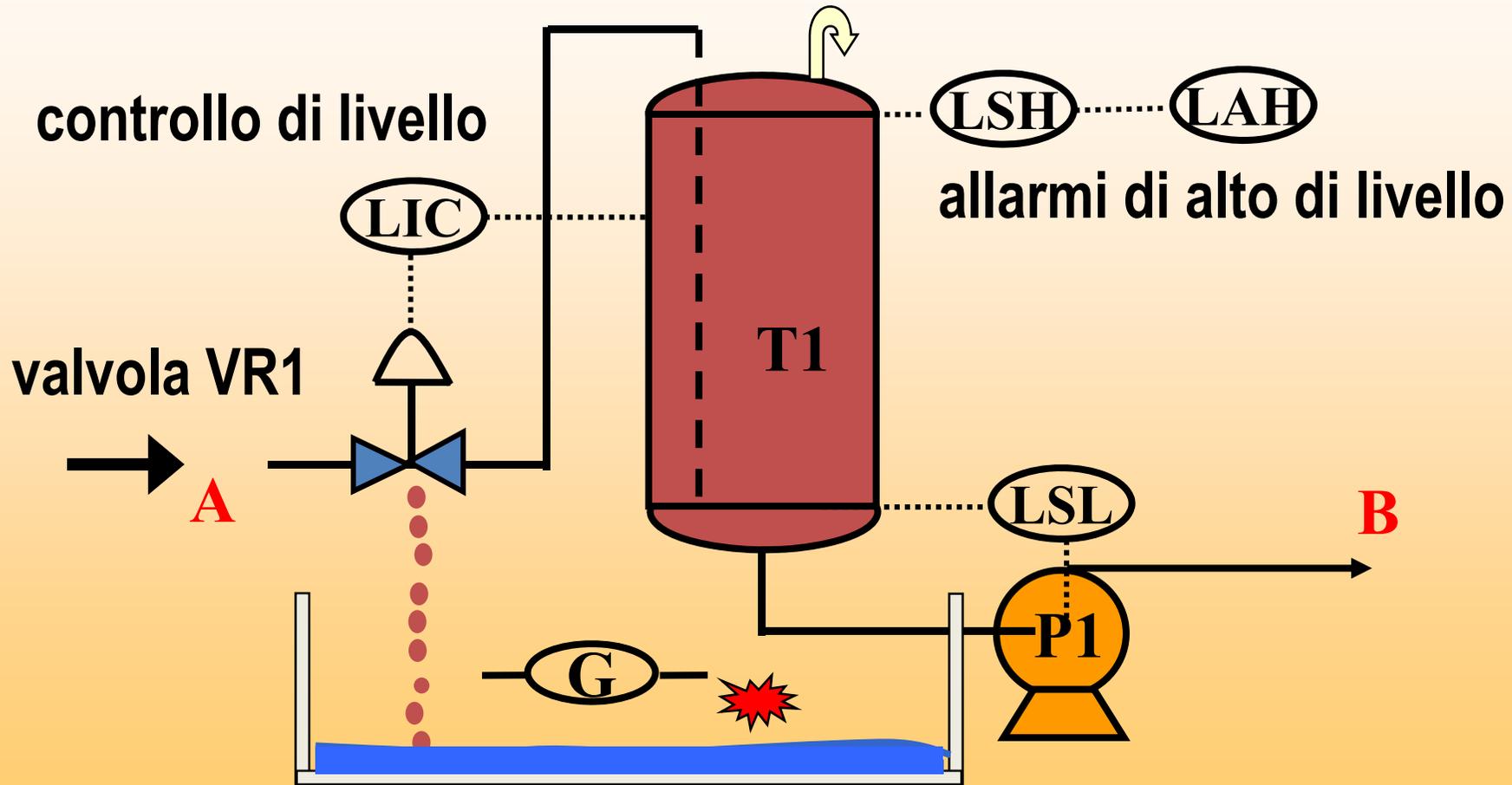
a) identificazione dei possibili scenari d'incendio

Per l'identificazione di tutti i possibili scenari d'incendio, devono essere considerate **tutte le condizioni di esercizio** ragionevolmente prevedibili (ad es. *allestimenti temporanei, diverse configurazioni spaziali dei materiali combustibili, modifica delle vie d'esodo e dell'affollamento, ...*).

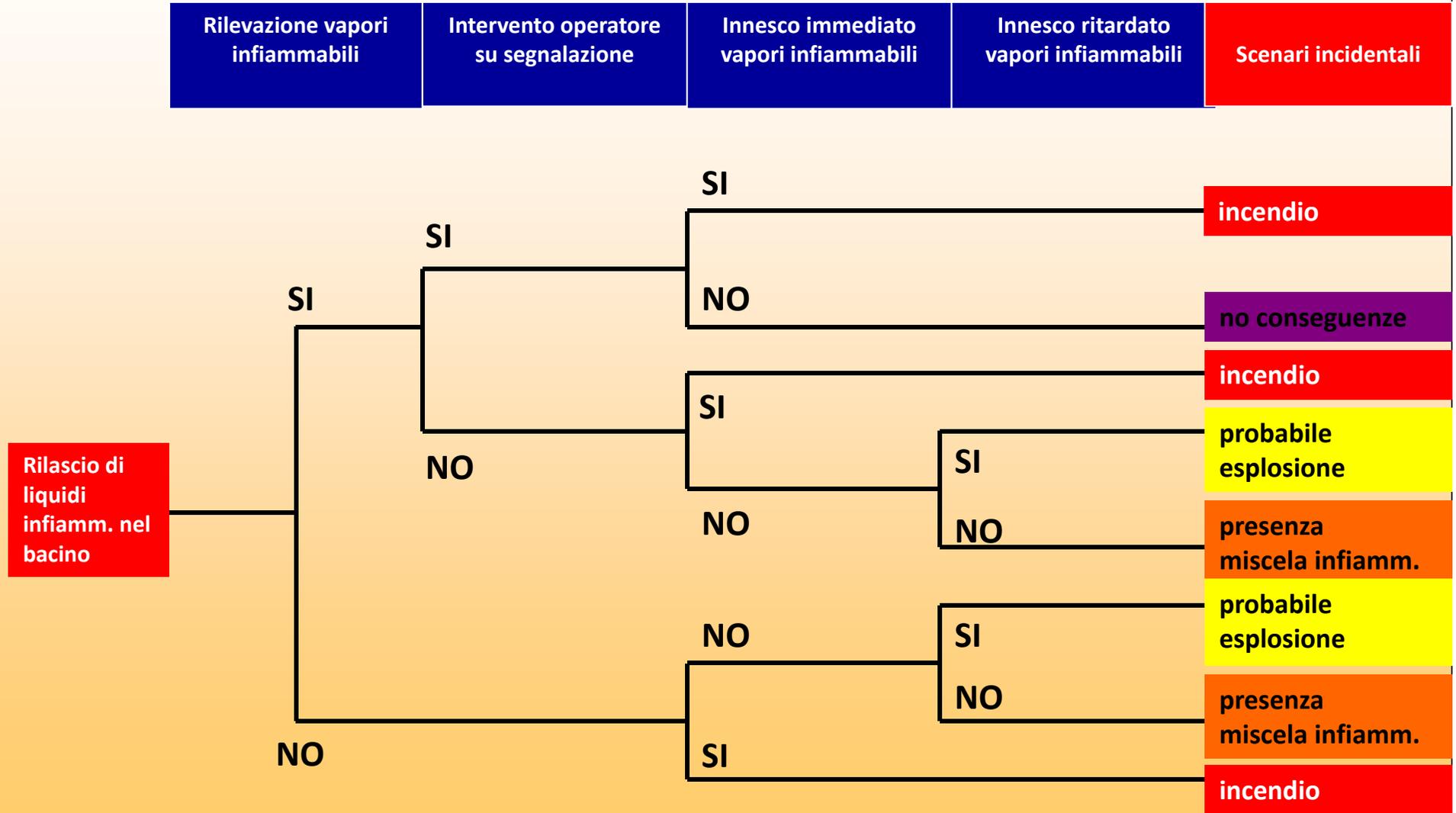
Per l'individuazione degli scenari, il professionista antincendio sviluppa l'**albero degli eventi** a partire da ogni evento iniziatore pertinente e credibile.

Il processo può essere svolto in maniera *qualitativa* o *quantitativa*, se sono disponibili dati statistici o informazioni tratte da fonti autorevoli e condivise.

ESEMPIO



ALBERO DEGLI EVENTI



Scenari d'incendio di progetto

a) identificazione dei possibili scenari d'incendio

Ulteriori fonti di informazione possono essere tratte da **internet**; sono disponibili analisi svolte su incendi realmente avvenuti o prove sperimentali d'incendio relativamente ad alcune attività particolari (quali ad esempio **autorimesse** o **depositi**).

Qualora si utilizzino dati tratti dal web, un aspetto essenziale è la **verifica** dell'attendibilità delle fonti e la disponibilità di informazioni alla base dei risultati pubblicati.

Scenari d'incendio di progetto

a) identificazione dei possibili scenari d'incendio

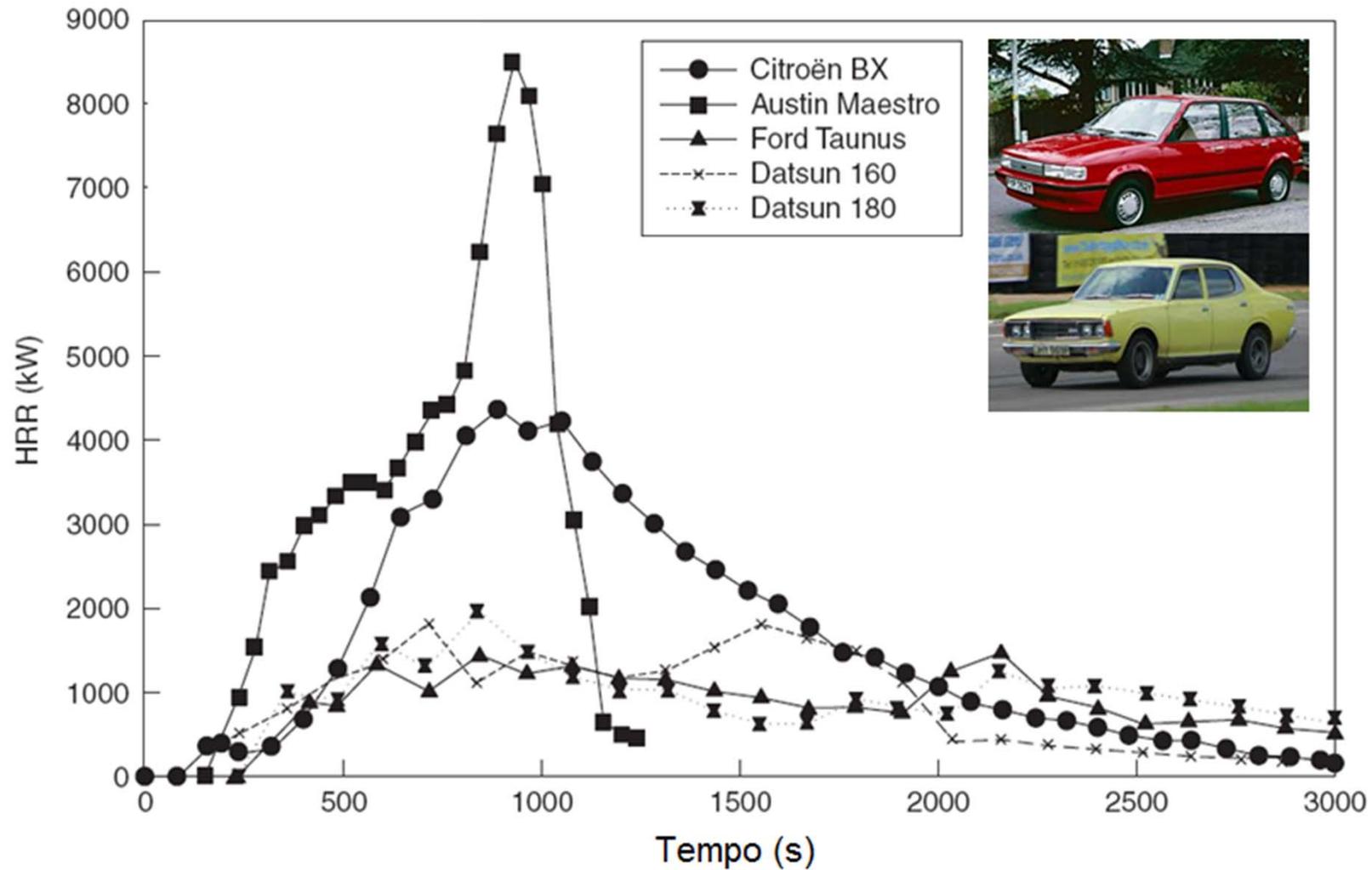
Risultati di prove effettuate con diverse fonti di incendio

(piccole auto, moto, contenitori di rifiuti, materiali combustibili in deposito)

<i>Tasso massimo di rilascio di calore</i>	da 0,4 a 2,3 MW
<i>Tasso medio di rilascio di calore</i>	da 0,3 a 2,0 MW
<i>Durata dell'incendio</i>	compresa tra 25 e 45 minuti
<i>Altezza massima di fiamma</i>	compresa tra 2,1 e 3,8 m.

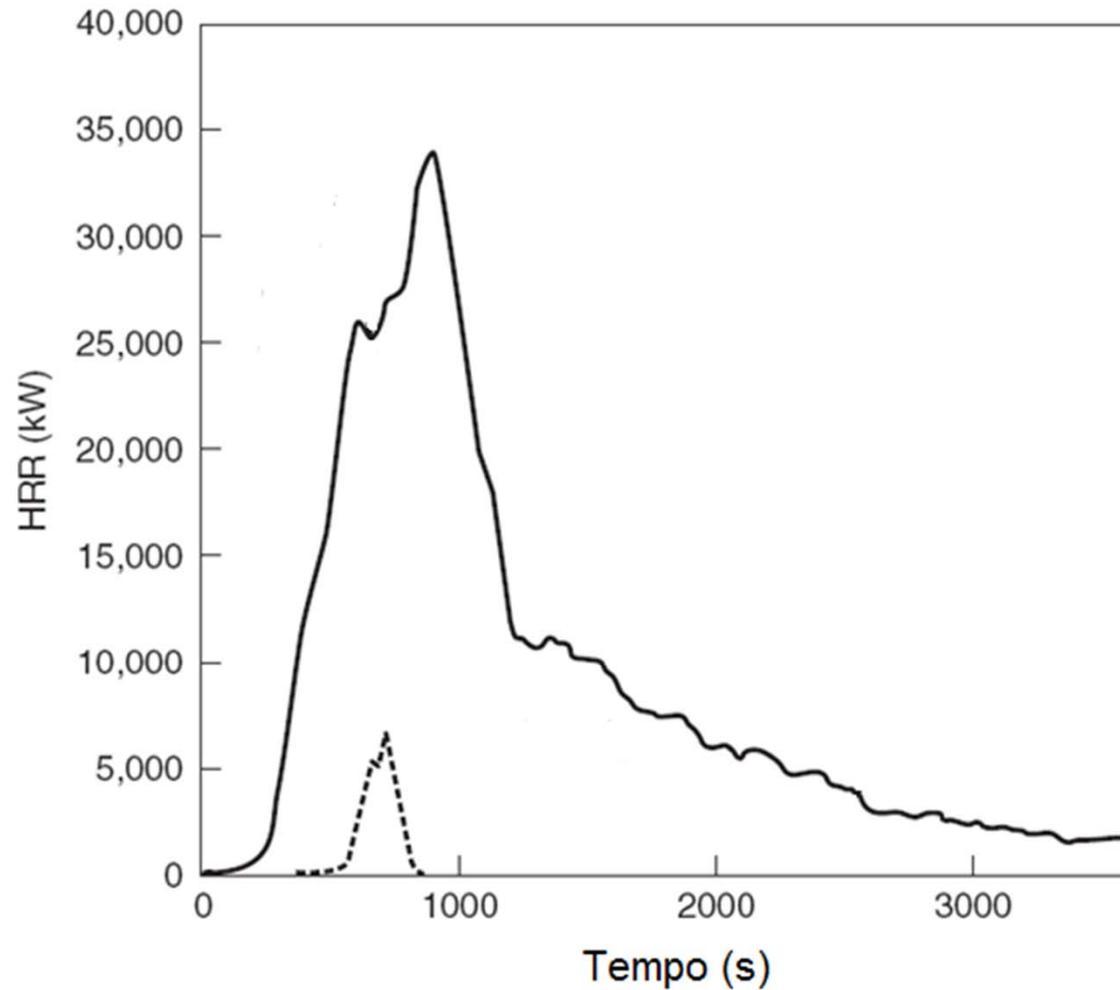
Scenari d'incendio di progetto

a) identificazione dei possibili scenari d'incendio



Scenari d'incendio di progetto

a) identificazione dei possibili scenari d'incendio



- Pulman scolastico
- - - - - Mezza carrozza di un tram

Scenari d'incendio di progetto

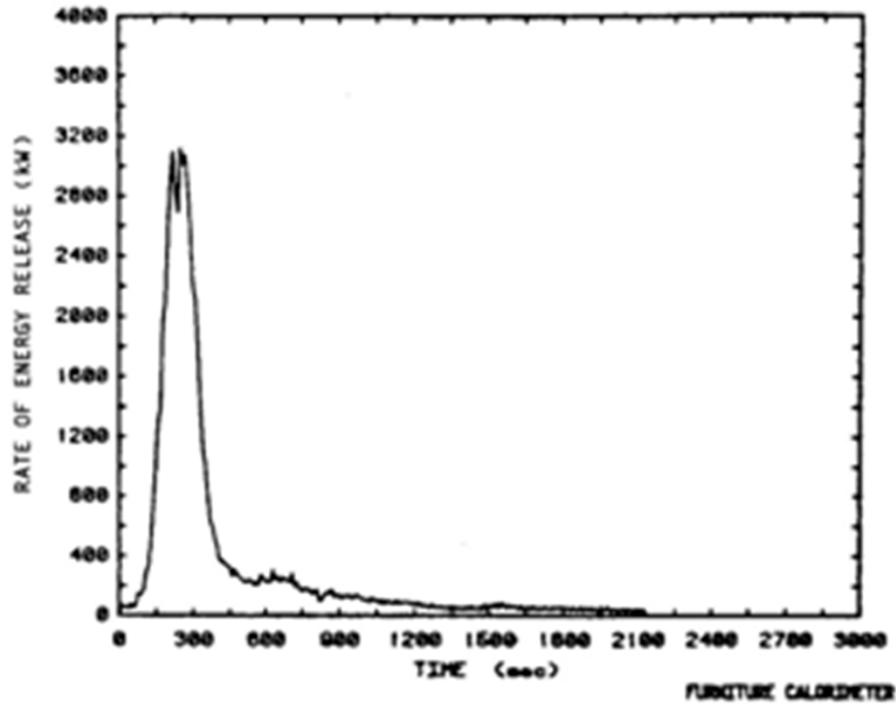
a) identificazione dei possibili scenari d'incendio



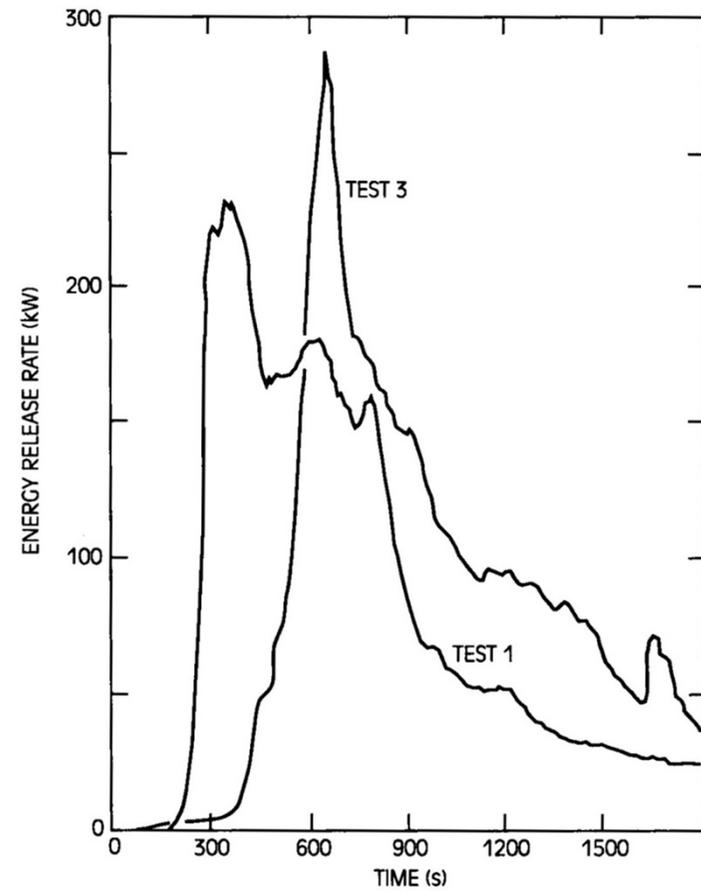
tipologia del cestino	massa del cestino (kg)	tipologia di rifiuto	massa del rifiuto (kg)	densità del rifiuto (kg/m ³)	HRR massima (kW)	Calore totale rilasciato (MJ)
continuo	0.63	carta	0.20	14	4	0.7
a rete	0.63	cartone	0.41	29	13	3.0
continuo	0.53	carta	0.20	14	18	7.3
a rete	0.53	cartone	0.41	29	15	5.8

Scenari d'incendio di progetto

a) identificazione dei possibili scenari d'incendio



divano 3 posti



televisione

Scenari d'incendio di progetto

b) selezione degli scenari d'incendio di progetto

Il professionista antincendio seleziona gli *scenari di incendio* ed estrae il **sottoinsieme** degli *scenari d'incendio di progetto*, **più gravosi** tra tutti gli scenari di incendio *credibili*.

Agli scenari d'incendio di progetto selezionati è associato un livello di rischio d'incendio non inferiore a quello descritto dall'insieme di tutti gli *scenari d'incendio*.

Scenari d'incendio di progetto

b) selezione degli scenari d'incendio di progetto

Scenari di incendio suggeriti dalla norma NFPA 101

Scenario 1: incendio caratteristico dell'attività, tenendo conto dell'attività svolta dalle persone presenti, numero e posizione delle persone, dimensioni dei locali, materiali contenuti, proprietà del combustibile e delle fonti di innesco, condizioni di ventilazione.

Scenario 2: incendio a sviluppo ultra rapido nella via di esodo principale con tutte le porte interne aperte all'inizio dell'incendio.

Scenario 3: incendio in un locale non frequentato da persone, ma che può costituire una minaccia per un gran numero di persone presenti in un altro locale dell'edificio.

Scenario 4: incendio in un contro soffitto o in un'intercapedine di un locale ad alto affollamento.

Scenario 5: incendio rallentato da sistemi di protezione antincendio, sito in prossimità di un locale con un gran numero di persone.

Scenario 6: incendio risultante dal maggior carico d'incendio possibile nelle normali operazioni svolte nell'edificio.

Scenario 7: esposizione del fabbricato ad un incendio esterno.

Scenario 8: incendio che si sviluppa da combustibili ordinari in un locale o in un'area ove i sistemi di protezione attiva o passiva siano messi uno alla volta fuori uso.

Scenari d'incendio di progetto

b) selezione degli scenari d'incendio di progetto

Valore	Livello (eventi/anno)	Definizioni / Criteri
5	Frequente > 10 ⁻¹	<ul style="list-style-type: none">il verificarsi dell'incendio conseguente al pericolo rilevato, non susciterebbe alcuno stupore
4	Probabile > 10 ⁻³	<ul style="list-style-type: none">esiste una correlazione diretta fra il pericolo rilevato e il verificarsi dell'incendiosi sono già verificati incendi per lo stesso pericolo rilevato in situazioni operative simili
3	Occasionale > 10 ⁻⁶	<ul style="list-style-type: none">Il pericolo rilevato può provocare un incendio, anche se non in modo automatico e direttoè noto qualche episodio in cui al pericolo rilevato ha fatto seguito un incendioil verificarsi dell'incendio susciterebbe sorpresa
2	Raro < 10 ⁻⁶	<ul style="list-style-type: none">Il pericolo rilevato può provocare un incendio, solo in circostanze sfortunate di eventisono noti solo pochissimi episodi già verificatisiil verificarsi dell'incendio ipotizzato susciterebbe grande sorpresa
1	Estremamente improbabile ~ 0	<ul style="list-style-type: none">Il pericolo rilevato può provocare un incendio, solo in circostanze sfortunate di eventi poco probabilinon sono noti episodi già verificatisiil verificarsi dell'incendio susciterebbe incredulità

Scenari d'incendio di progetto

b) selezione degli scenari d'incendio di progetto

Valore	Livello conseguenze	Definizioni / Criteri
4	Gravissime	<ul style="list-style-type: none">• infortunio con effetti letali o di invalidità totale• esposizione con effetti letali e/o totalmente invalidanti
3	Gravi	<ul style="list-style-type: none">• infortunio con effetti di invalidità parziale• esposizione con effetti irreversibili e/o parzialmente invalidanti
2	Medie	<ul style="list-style-type: none">• infortunio con inabilità reversibile• esposizione con effetti reversibili
1	Lievi	<ul style="list-style-type: none">• infortunio con inabilità rapidamente reversibile• esposizione con effetti rapidamente reversibili

Scenari d'incendio di progetto

b) selezione degli scenari d'incendio di progetto

SELEZIONE DEGLI SCENARI D'INCENDIO PIÙ GRAVOSI

5	Frequente > 10 ⁻¹	5	10	15	20
4	Probabile > 10 ⁻³	4	8	12	16
3	Occasionale > 10 ⁻⁶	3	6	9	12
2	Raro < 10 ⁻⁶	2	4	6	8
1	Estremamente improbabile ~ 0	1	2	3	4
		Lieve	Medio	Grave	Gravissimo
		1	2	3	4

Scenari d'incendio di progetto

b) selezione degli scenari d'incendio di progetto

La selezione degli scenari d'incendio può essere influenzata dall'obiettivo che il professionista antincendio intende raggiungere.

Se si intende perseguire la **salvaguardia degli occupanti** durante la *fase di esodo*, possono essere selezionati:

- **un incendio di breve durata e con crescita veloce**, accompagnato da elevata produzione di fumo e gas di combustione (*ad es. l'incendio di un mobile imbottito*);
 - **un incendio di limitate dimensioni in prossimità delle vie di esodo** di un locale ad alta densità di affollamento.
-

Scenari d'incendio di progetto

c) Descrizione quantitativa degli scenari d'incendio di progetto

CARATTERISTICHE DELL'ATTIVITÀ

a) Caratteristiche architettoniche e strutturali:

- i. localizzazione e geometria dell'attività, dimensioni e distribuzione degli ambienti interni;
- ii. descrizione strutturale, caratteristiche dei relativi elementi costruttivi portanti e separanti;
- iii. descrizione dei materiali non strutturali e di finitura;
- iv. sistema d'esodo: dimensioni, distribuzione e uscite di sicurezza;
- v. dimensione, localizzazione e stato di apertura/chiusura/rottura efficace delle aperture di ventilazione e potenziali, come porte, finestre, lucernari, superfici vetrate;
- vi. barriere che influenzano il movimento dei prodotti della combustione.

b) Impiantistica:

- i. impianti di protezione attiva contro l'incendio;
- ii. impianti di rivelazione, di segnalazione e di allarme incendio;
- iii. impianti tecnologici a servizio dell'attività.

c) Aspetti gestionali ed operativi:

- i. destinazione d'uso dell'attività e processo produttivo;
- ii. organizzazione dell'attività;
- iii. eventuali azioni attuate dai soccorritori, previste nel piano di emergenza, in grado di alterare la propagazione dei prodotti della combustione

d) Fattori ambientali che influenzano le prestazioni antincendio dell'attività.

Scenari d'incendio di progetto

c) Descrizione quantitativa degli scenari d'incendio di progetto

CARATTERISTICHE DELLA POPOLAZIONE PRESENTE

- a) **affollamento complessivo** e distribuzione degli occupanti negli ambienti dell'attività;
 - b) **tipologia degli occupanti** (*lavoratori, visitatori occasionali, anziani, bambini, degenti, ...*);
 - c) **familiarità degli occupanti** con l'attività e con il sistema di vie d'esodo;
 - d) **stato di veglia/sonno** degli occupanti.
-

Scenari d'incendio di progetto

c) Descrizione quantitativa degli scenari d'incendio di progetto

CARATTERISTICHE DEL FOCOLARE D'INCENDIO

- a) **localizzazione** del focolare;
 - b) **tipologia** del focolare, covante o con fiamma;
 - c) **quantità, qualità e distribuzione** spaziale del materiale combustibile;
 - d) **fonti d'innescio**;
 - e) **curva RHR** (*rate of heat release*);
 - f) **prodotti della combustione** presi in considerazione (*es. CO e particolato*).
-

Scenari d'incendio di progetto

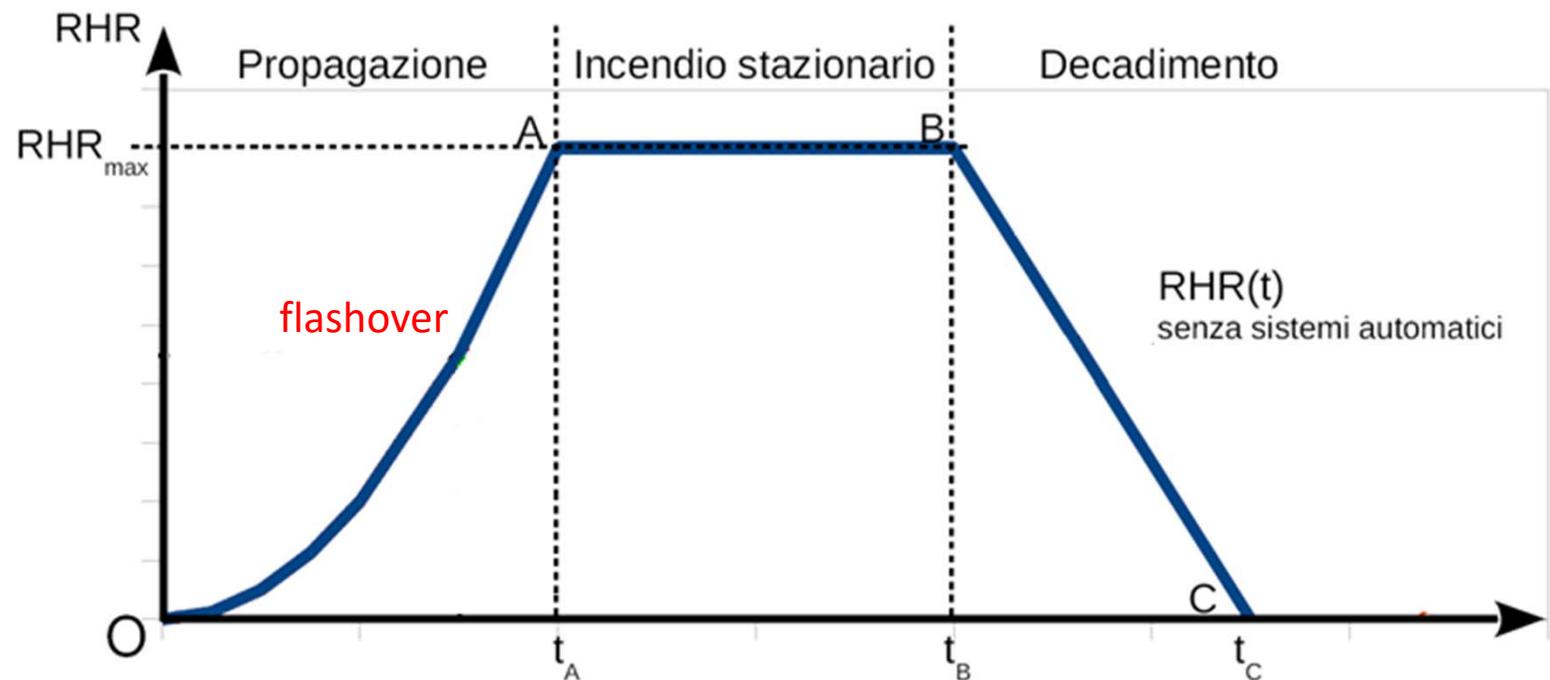
c) Descrizione quantitativa degli scenari d'incendio di progetto

Ai fini della caratterizzazione quantitativa del focolare il professionista antincendio può:

- impiegare **dati sperimentali** ottenuti da misura diretta in laboratorio secondo metodologia scientifica consolidata;
 - usare **dati pubblicati** da fonti autorevoli e condivise;
 - impiegare **metodologie di stima** (paragrafo M.2.6);
 - impiegare **focolari predefiniti** (paragrafo M.2.7) .
-

Metodologie di stima della curva RHR

La curva RHR è costituita da tre fasi (*crescita parabolica, intermedia stazionaria, finale lineare*); rappresenta una schematizzazione matematica dell'**incendio naturale** in un compartimento, governato dalla ventilazione:



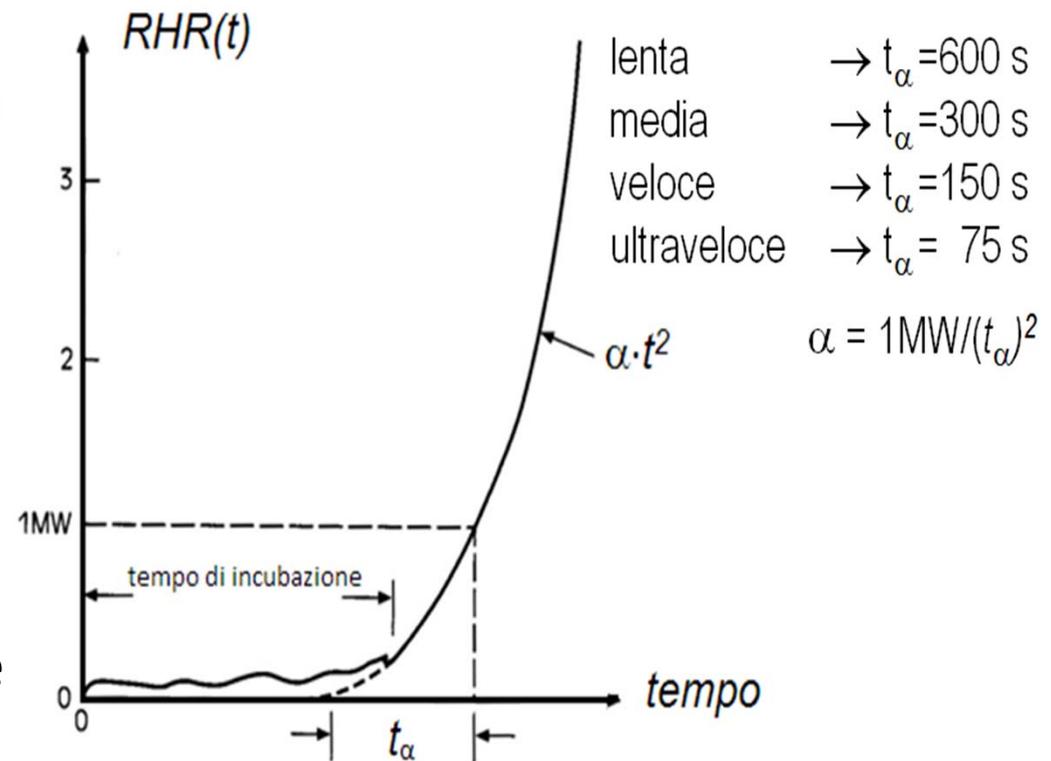
La corrispondenza fra curva RHR e il carico d'incendio, è rappresentata dall'area sottesa dalla curva (energia disponibile ad essere rilasciata).

Metodologie di stima della curva RHR

1 - Fase di propagazione

Si ha una 1^a fase di crescita di tipo quadratico, funzione della **velocità di combustione e del quantitativo di combustibile**.

La crescita assume una maggiore o minore pendenza (e quindi maggiore o minore velocità), in funzione delle **caratteristiche del materiale** e delle sue condizioni fisiche.



Metodologie di stima della curva RHR

1 - Fase di propagazione

La potenza termica rilasciata nel tempo t è:

$$\text{RHR}(t) = 1.000 \cdot (t/t_\alpha)^2 \quad \text{per } t < t_\alpha$$

con t_α tempo necessario affinché la potenza termica rilasciata raggiunga il valore di 1.000 kW [sec].

Tipologia	Rateo di crescita dell'incendio	t_α [s]
Abitazione	<i>medio</i>	300
Ospedale (locali)	<i>medio</i>	300
Hotel (stanze)	<i>medio</i>	300
Libreria	<i>veloce</i>	150
Ufficio	<i>medio</i>	300
Aula scolastica	<i>medio</i>	300
Centro commerciale	<i>veloce</i>	150
Teatro (cinema)	<i>veloce</i>	150
Trasporto (spazi pubblici)	<i>basso</i>	600

Metodologie di stima della curva RHR

1 - Fase di propagazione

<i>tipologia</i>	t_{α} [s]
Wood pallets, stacked 1 1/2 ft high	155–310
Wood pallets, stacked 5 ft high	92–187
Wood pallets, stacked 10 ft high	77–115
Wood pallets, stacked 16 ft high	72–115
Mail bags, filled, stored 5 ft high	187
Cartons, compartmented, stacked 15 ft high	58
Paper, vertical rolls, stacked 20 ft high	16–26
Cotton, polyester garments in 12 ft high rack	21–42
"Ordinary combustibles" rack storage, 15–30 ft high	39–262
Paper products, densely packed in cartons, rack storage, 20 ft high	461
PE letter trays, filled, stacked 5 ft high on cart	189
PE trash barrels in cartons, stacked 15 ft high	53
PE bottles packed in compartmented cartons, 15 ft high	82
PE bottles in cartons, stacked 15 ft high	72
PE pallets, stacked 3 ft high	145
PE pallets, stacked 6–8 ft high	31–55
PU mattress, single, horizontal	115
PU insulation board, rigid foam, stacked 15 ft high	7
PS jars packed in compartmented cartons, 15 ft high	53
PS tubs nested in cartons, stacked 15 ft high	115
PS insulation board, rigid foam, stacked 14 ft high	6
PUS bottles packed in compartmented cartons, 15 ft high	8
PP tubs packed in compartmented cartons, 15 ft high	9
PP and PE film in rolls, stacked 14 ft high	38
Distilled spirits in barrels, stacked 20 ft high	24–39

Metodologie di stima della curva RHR

1 - Fase di propagazione

Nota la potenza termica rilasciata al tempo t , è possibile valutare in maniera approssimata la variazione di temperatura media dei gas caldi nel compartimento, **nella fase pre-flashover**:

$$T_g(t) = T_a + 6,85 \cdot [RHR(t)^2 / ((\lambda \cdot \rho_w \cdot c_{pw}) / t)^{1/2} \cdot A_V \cdot (A_T - A_V) \cdot (h_{eq})^{1/2}]^{1/3} < 873 \text{ K}$$

con:

T_a temperatura ambiente 293 K

λ conduttività termica delle pareti del locale [kW/m·K]

ρ_w densità delle pareti del locale [kg/m³]

c_{pw} calore specifico delle pareti del locale [kJ/kg·K]

A_V $\sum_i A_{V,i}$ superficie complessiva delle aperture del locale [m²]

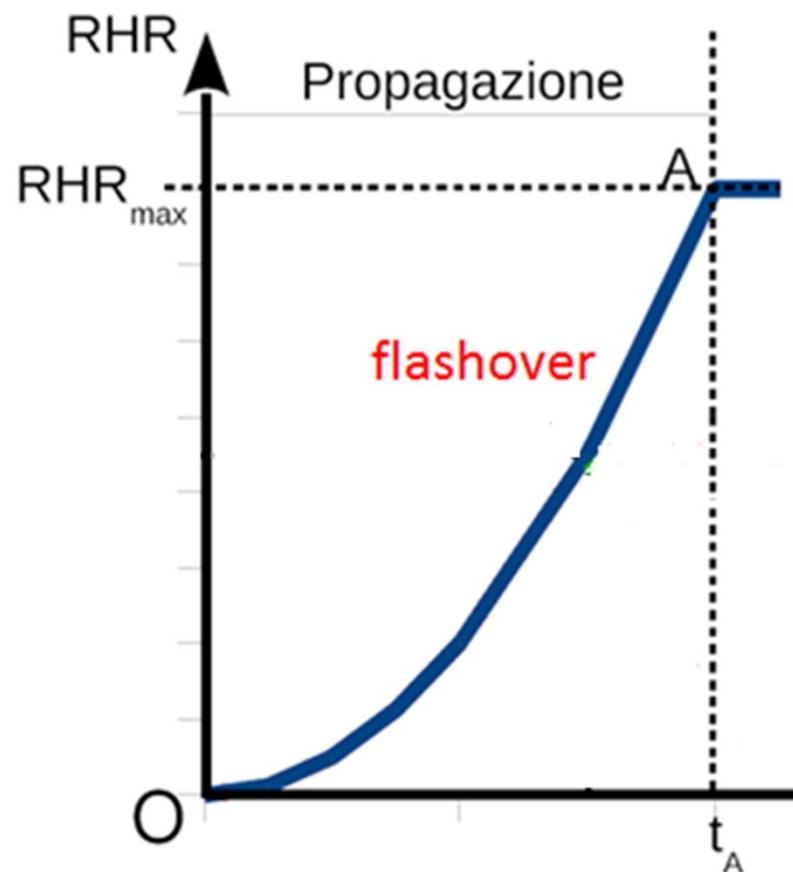
A_T superficie totale delle pareti del locale [m²]

h_{eq} $\sum_i A_{V,i} \cdot h_i / A_V$ media ponderata delle altezze delle aperture nelle pareti

Metodologie di stima della curva RHR

1 - Fase di fine propagazione

Se l'energia termica contenuta nel compartimento antincendio è sufficiente a produrre il *flashover*, si ipotizza che **anche dopo il flashover**, la curva cresca con andamento proporzionale a t^2 fino al tempo t_A , che corrisponde alla massima potenza RHR_{max} rilasciata nel compartimento.

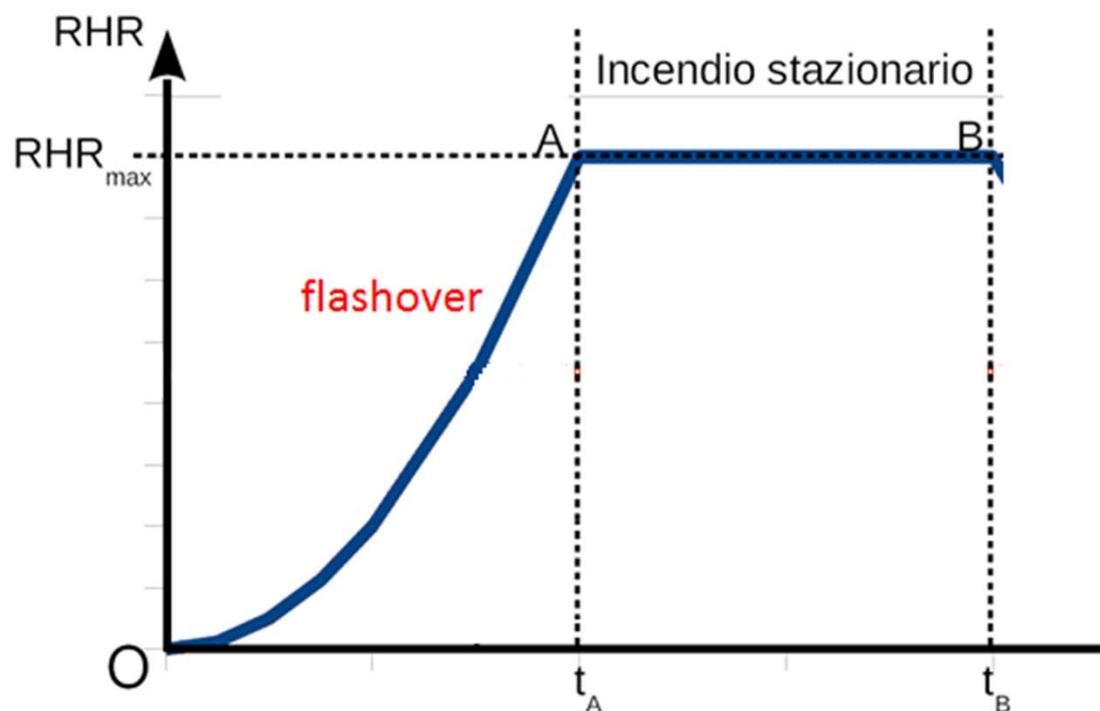


Metodologie di stima della curva RHR

2 - Fase di incendio stazionario

Nella fase d'incendio stazionario la potenza massima è costante nel tempo, ed è limitata dalla ventilazione presente.

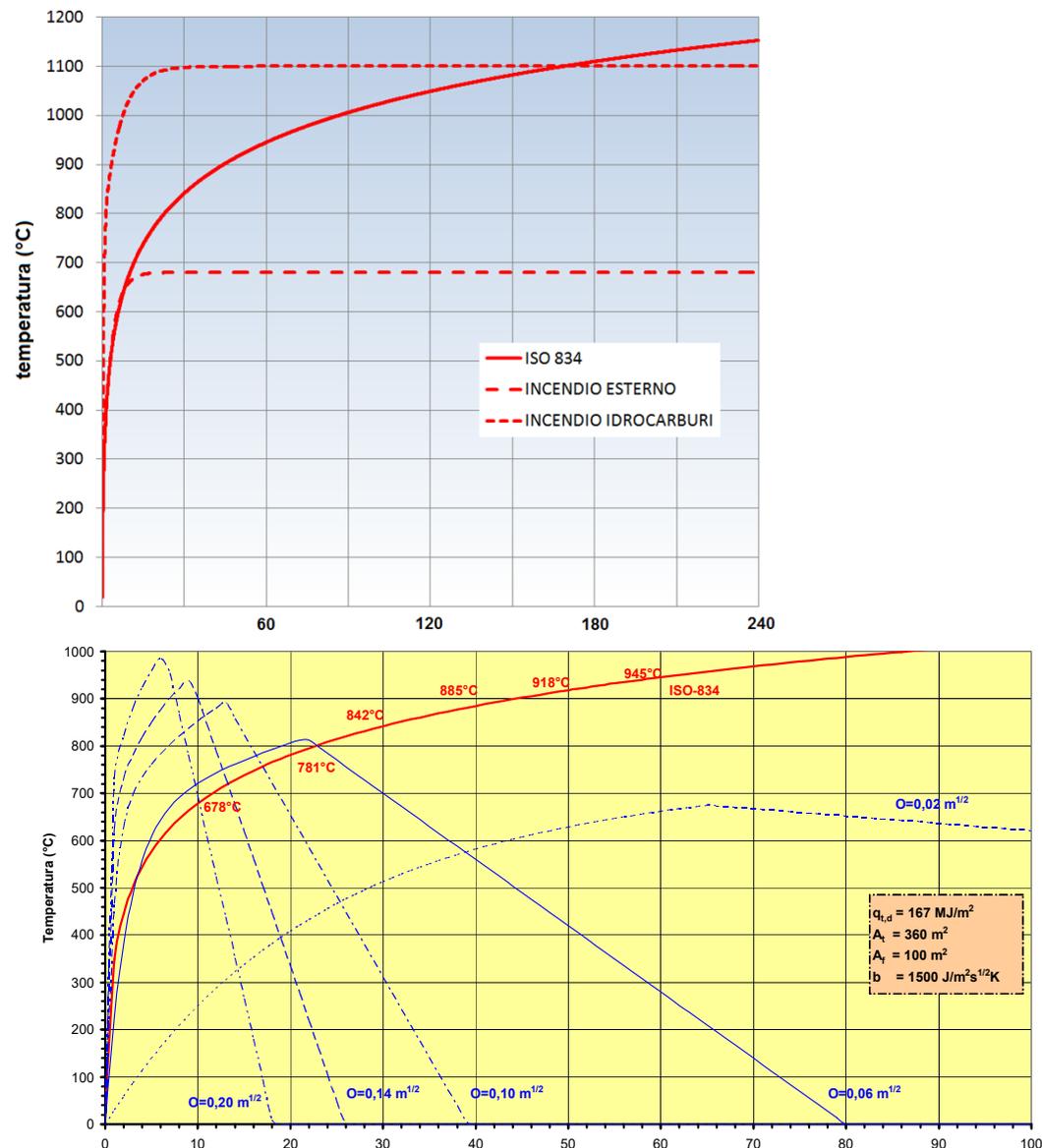
Dal tempo t_A fino al tempo t_B la potenza termica si stabilizza al **valore massimo** RHR_{max}



Metodologie di stima della curva RHR

2 - Fase di incendio stazionario

La variazione di temperatura media dei gas caldi nel compartimento, **nella fase post-flashover**, è fornita da una curva nominale o da una curva parametrica d'incendio:



Metodologie di stima della curva RHR

2 - Fase di incendio stazionario – Calcolo di RHR_{max}

Incendio controllato dal combustibile

All'*aperto* o in edifici al chiuso con *elevata superficie di ventilazione*:

$$RHR_{max} = RHR_f \cdot A_f \quad [kW]$$

con:

RHR_f valore della potenza termica massima rilasciata per unità di superficie lorda [kW/m²]

A_f

- superficie lorda del compartimento in caso di distribuzione uniforme del carico d'incendio,
- superficie lorda effettivamente occupata dal combustibile,
- area operativa di sistemi automatici di controllo dell'incendio

Metodologie di stima della curva RHR

2 - Fase di incendio stazionario – Calcolo di RHR_{max}

Massima intensità di calore rilasciato RHR_f		
Tipologia	Rateo di crescita dell'incendio	RHR_f [kW/m ²]
Abitazione	<i>medio</i>	250
Ospedale (locali)	<i>medio</i>	250
Hotel (stanze)	<i>medio</i>	250
Libreria	<i>veloce</i>	500
Ufficio	<i>medio</i>	250
Aula scolastica	<i>medio</i>	250
Centro commerciale	<i>veloce</i>	250
Teatro (cinema)	<i>veloce</i>	500
Trasporto (spazi pubblici)	<i>basso</i>	250

Metodologie di stima della curva RHR

2 - Fase di incendio stazionario – Calcolo di RHR_{max}

Incendio controllato dalle superfici di ventilazione

In edifici al chiuso con *superfici di ventilazione ordinaria*, RHR_{max} è ridotto dalla quantità di comburente disponibile. In presenza di sole aperture verticali nelle pareti:

$$RHR_{max} = 0,10 \cdot m \cdot H_u \cdot A_v \cdot (h_{eq})^{1/2} \quad [kW]$$

con:

m fattore di partecipazione alla combustione (0,8 – 1,0)

H_u potere calorifico inferiore del legno 17.500 kJ/kg)

A_v $\sum_i A_{v,i}$ area totale delle aperture verticali su tutte le pareti del compartimento [m²]

h_{eq} $(\sum_i A_{v,i} \cdot h_i) / \sum_i A_{v,i}$ altezza equivalente delle aperture verticali [m]

$A_{v,i}$ area dell'apertura verticale i-esima [m²]

h_i altezza dell'apertura verticale i-esima [m]

Metodologie di stima della curva RHR

2 - Fase di incendio stazionario

Se le pareti del compartimento presentano anche aperture orizzontali (ad es. SEFC), la riduzione di RHR_{\max} deve essere valutata con modelli più sofisticati (*modelli di campo considerando tutte le superfici di ventilazione aperte dall'innesco dell'incendio*).

Metodologie di stima della curva RHR

2 - Fase di incendio stazionario

Il tempo t_A di inizio della fase di incendio stazionario è:

$$t_A = (\text{RHR}_{\max} \cdot t_{\alpha}^2 / 1.000)^{1/2} \quad [\text{sec}]$$

La fase di incendio stazionario termina al tempo t_B in cui (per ipotesi) il *70% dell'energia termica inizialmente disponibile* ($q_f \cdot A_f$) è stata rilasciata nel compartimento antincendio, con q_f carico d'incendio specifico:

$$\int_0^{t_B} \text{RHR}(t) \cdot dt = 0,70 \cdot q_f \cdot A_f$$

$$\int_0^{t_A} \text{RHR}(t) \cdot dt + \int_{t_A}^{t_B} \text{RHR}(t) \cdot dt = 1.000 \cdot t_A^3 / 3 \cdot t_{\alpha}^2 + \text{RHR}_{\max} \cdot (t_B - t_A) = 0,70 \cdot q_f \cdot A_f$$

$$t_B = t_A + (0,7 \cdot q_f \cdot A_f - 1.000 \cdot t_A^3 / 3 \cdot t_{\alpha}^2) / \text{RHR}_{\max} \quad [\text{sec}]$$

Metodologie di stima della curva RHR

2 - Fase di incendio stazionario

Affinché l'incendio superi la fase di propagazione e raggiunga RHR_{max} , l'energia termica inizialmente disponibile deve essere:

$$0,7 \cdot q_f \cdot A_f > 1.000 \cdot t_A^3 / 3 \cdot t_\alpha^2$$

cioè il carico d'incendio specifico dev'essere:

$$q_f > (1.000 \cdot t_A^3 / 3 \cdot t_\alpha^2) / (0,7 \cdot A_f)$$

Se l'energia termica inizialmente disponibile non è *sufficiente* affinché l'incendio superi la fase di propagazione, la curva RHR raggiunge il valore massimo poi passa direttamente alla fase di decadimento.

Metodologie di stima della curva RHR

3 - Fase di decadimento

Il tempo t_C , dopo il quale la potenza termica rilasciata dall'incendio si annulla, si calcola considerando che nella fase di decadimento viene consumato il restante 30% dell'energia termica inizialmente disponibile:

$$1/2 \cdot RHR_{\max} \cdot (t_C - t_B) = 0,3 \cdot q_f \cdot A_f$$

$$t_C = t_B + (0,6 \cdot q_f \cdot A_f) / RHR_{\max} \quad [\text{sec}]$$

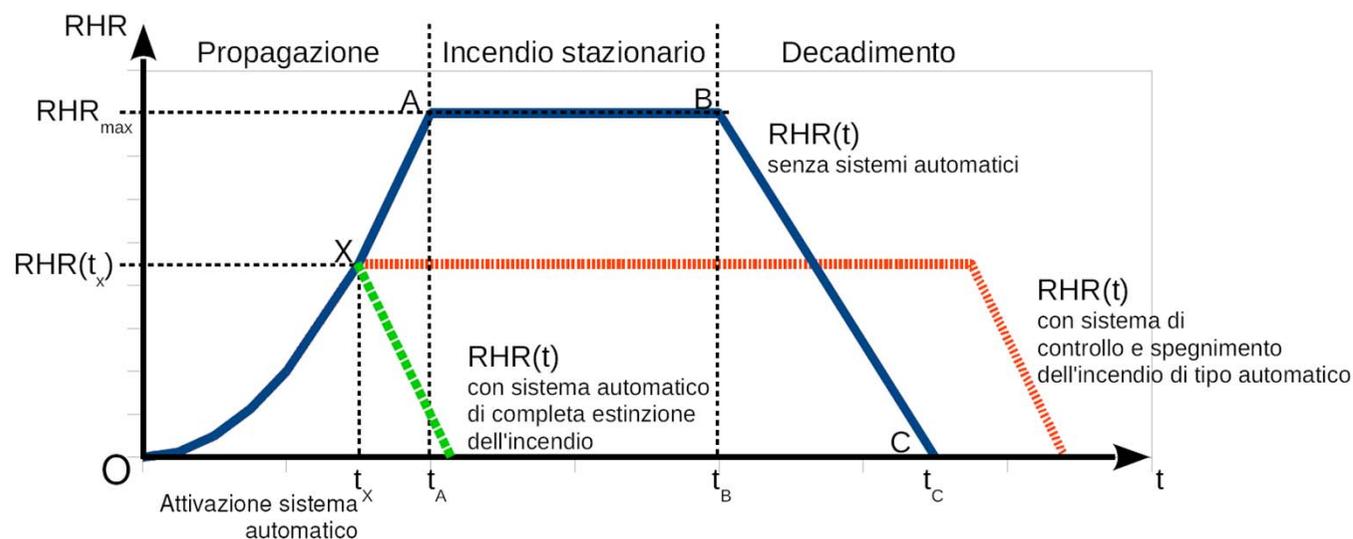
Durante la fase di decadimento, l'andamento della potenza rilasciata è lineare:

$$RHR(t) = RHR_{\max} \cdot (t_C - t) / (t_C - t_B) \quad \text{per } t_B \leq t \leq t_C$$

Metodologie di stima della curva RHR

Effetto dei sistemi automatici di controllo dell'incendio

Se nell'attività sono presenti **sistemi automatici di controllo e spegnimento dell'incendio** (es. impianto sprinkler), $RHR(t)$ non raggiunge il valore massimo RHR_{max} , ma è costante e pari al valore $RHR(t_x)$ raggiunto all'istante t_x in cui entra in funzione l'impianto automatico. Tale valore permane per un intervallo di tempo pari alla durata entro la quale si presume che l'incendio venga estinto con un intervento manuale.



Metodologie di stima della curva RHR

Effetto dei sistemi automatici di controllo dell'incendio

Se nell'attività sono previsti ***sistemi automatici di estinzione completa dell'incendio*** (es. *ESFR, water mist, ...*), il loro effetto deve essere valutato caso per caso, in relazione alla loro efficacia e affidabilità di funzionamento.

L'intervento manuale effettuato dalle *squadre antincendio* non può essere considerato in fase progettuale ai fini della modifica dell'andamento della curva $RHR(t)$.

Metodologie di stima della curva RHR

Presenza di più oggetti coinvolti nell'incendio

Se la curva $RHR(t)$ non è ritenuta rappresentativa della reale evoluzione dell'incendio a causa della disposizione e della natura del materiale combustibile, è necessario definire la curva con metodologie più raffinate:

- a. ipotizzando il materiale combustibile iniziatore dell'incendio;
 - b. ipotizzando, attraverso una valutazione del rischio, la sequenza con la quale i diversi elementi combustibili presenti vengono coinvolti dalla propagazione dell'incendio;
 - c. calcolando la curva $RHR(t)$ complessiva, **per somma dei contributi nel tempo dei singoli oggetti** (*le curve $RHR(t)$ di molte tipologie di oggetti possono essere facilmente reperite in letteratura*).
-

Metodologie di stima della curva RHR

Presenza di più oggetti coinvolti nell'incendio



1 innesco dopo 4 sec.



3 incendio dopo 2'15''



2 incendio dopo 1'45''



4 incendio dopo 2'45''

Impiego di focolari predefiniti

Qualora non si intenda descrivere quantitativamente il focolare, possono essere impiegati *focolari predefiniti*, se ritenuti più conservativi:

Parametro	Focolare predefinito	
	per attività civile	per altre attività
Velocità caratteristica di crescita dell'incendio t_{α}	150 s (<i>fast</i>)	75 s (<i>ultra-fast</i>)
RHR _{max} totale	5 MW	50 MW
RHR _{max} per m ² di superf. del focolare	250 - 500 kW/m ²	500 - 1000 kW/m ²
Resa in particolato Y_{soot}	Pre-flashover: 0,07 kg/kg Post-flashover: 0,14 kg/kg	Pre-flashover: 0,18 kg/kg Post-flashover: 0,36 kg/kg
Resa in monossido di carbonio Y_{CO}	Pre-flashover: 0,10 kg/kg Post-flashover: 0,40 kg/kg	
Calore di combustione effettivo ΔH_C	20 MJ/kg	
Resa in biossido di carbonio Y_{CO2}	1,5 kg/kg	
Resa in acqua Y_{H2O}	0,82 kg/kg	
Frazione di RHR(t) in irraggiamento	35%	

Durata degli scenari d'incendio di progetto

Il professionista antincendio descrive l'evoluzione dell'incendio, per un **intervallo di tempo** funzione degli obiettivi di sicurezza:

Obiettivo di sicurezza antincendio	Durata minima degli scenari di incendio di progetto
<i>Salvaguardia della vita</i>	Dall'evento iniziatore fino al momento in cui tutti gli occupanti dell'attività raggiungono o permangono in un luogo sicuro. Se il luogo sicuro è prossimo o interno all'opera da costruzione, devono essere valutate eventuali interazioni tra la capacità portante dell'opera da costruzione ed il luogo sicuro.
<i>Mantenimento della capacità portante</i>	Dall'evento iniziatore fino all'arresto dell'analisi strutturale, in fase di raffreddamento, al momento in cui gli effetti dell'incendio sono ritenuti non significativi in termini di variazione temporale delle caratteristiche della sollecitazione e degli spostamenti

IL NUOVO CODICE DI PREVENZIONE INCENDI

M.3 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

Progettazione prestazionale per la salvaguardia della vita

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'incendio;
- la dimostrazione della possibilità per i soccorritori di operare in sicurezza.

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

Progettazione prestazionale per la salvaguardia della vita

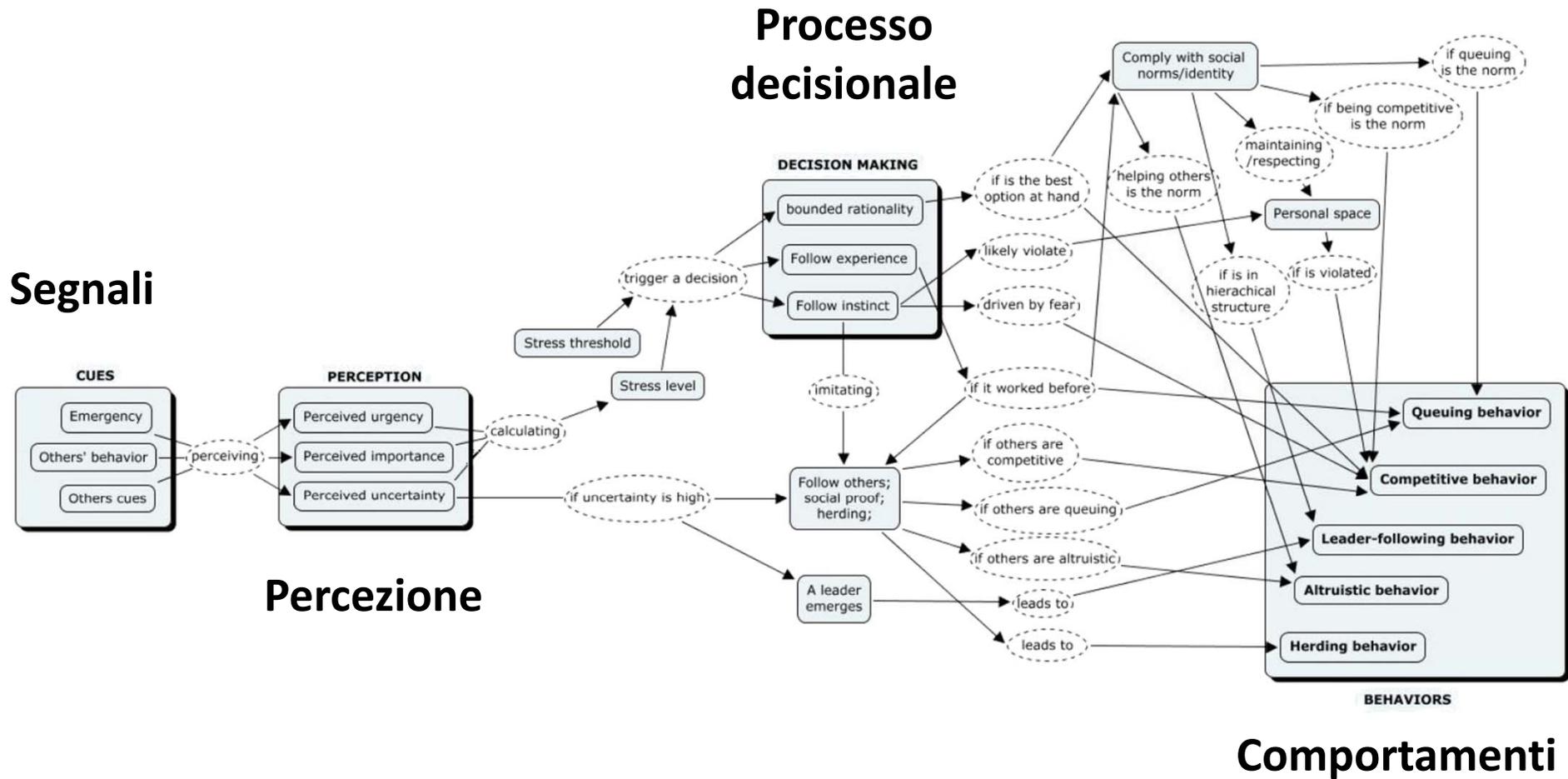
Il processo dell'esodo risulta complesso per definizione, essendo governato dall'**interazione dell'occupante con l'edificio e l'incendio**.

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

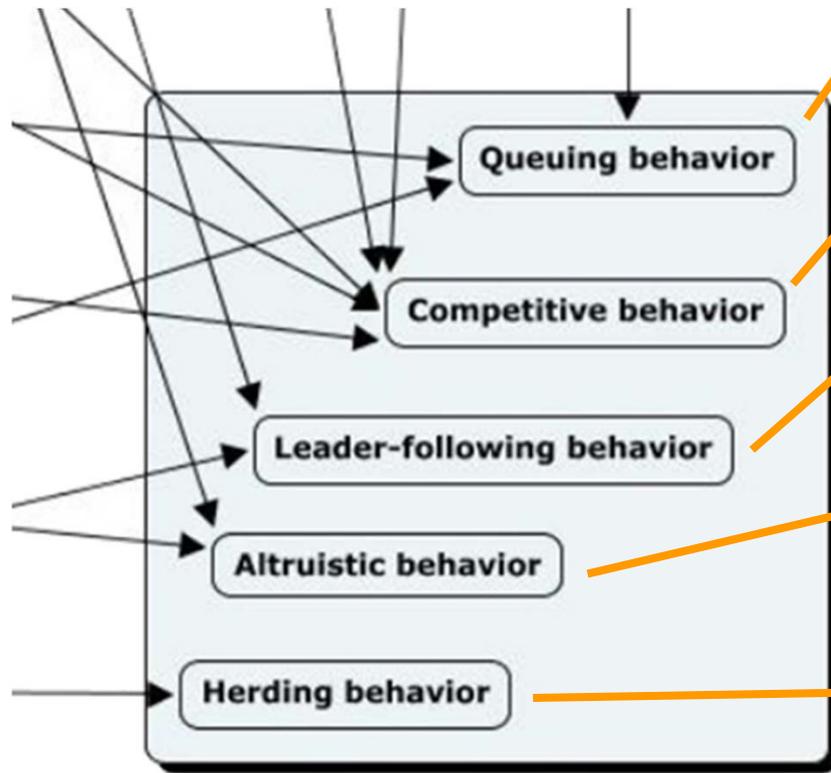
In realtà, la risposta individuale o collettiva, in caso d'incendio, dipende dalle modalità con cui le persone:

- prendono le decisioni,
 - percepiscono i rischi,
 - conoscono il proprio comportamento in emergenza.
-

Progettazione prestazionale per la salvaguardia della vita



Progettazione prestazionale per la salvaguardia della vita



Accodamento (la folla si accoda spontaneamente): **evacuazione efficace.**

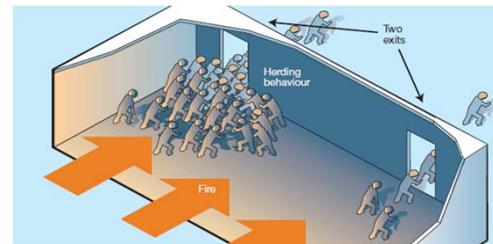
Competitivo (gli individui competono per guadagnare l'uscita): **evacuazione inefficace.**

Seguire un leader (strutture organizzate, gerarch., professionali): **evacuazione efficace.**

Altruistico (di origine culturale): **evacuazione efficace.**

Imitativo: **evacuazione inefficace.**

Comportamenti

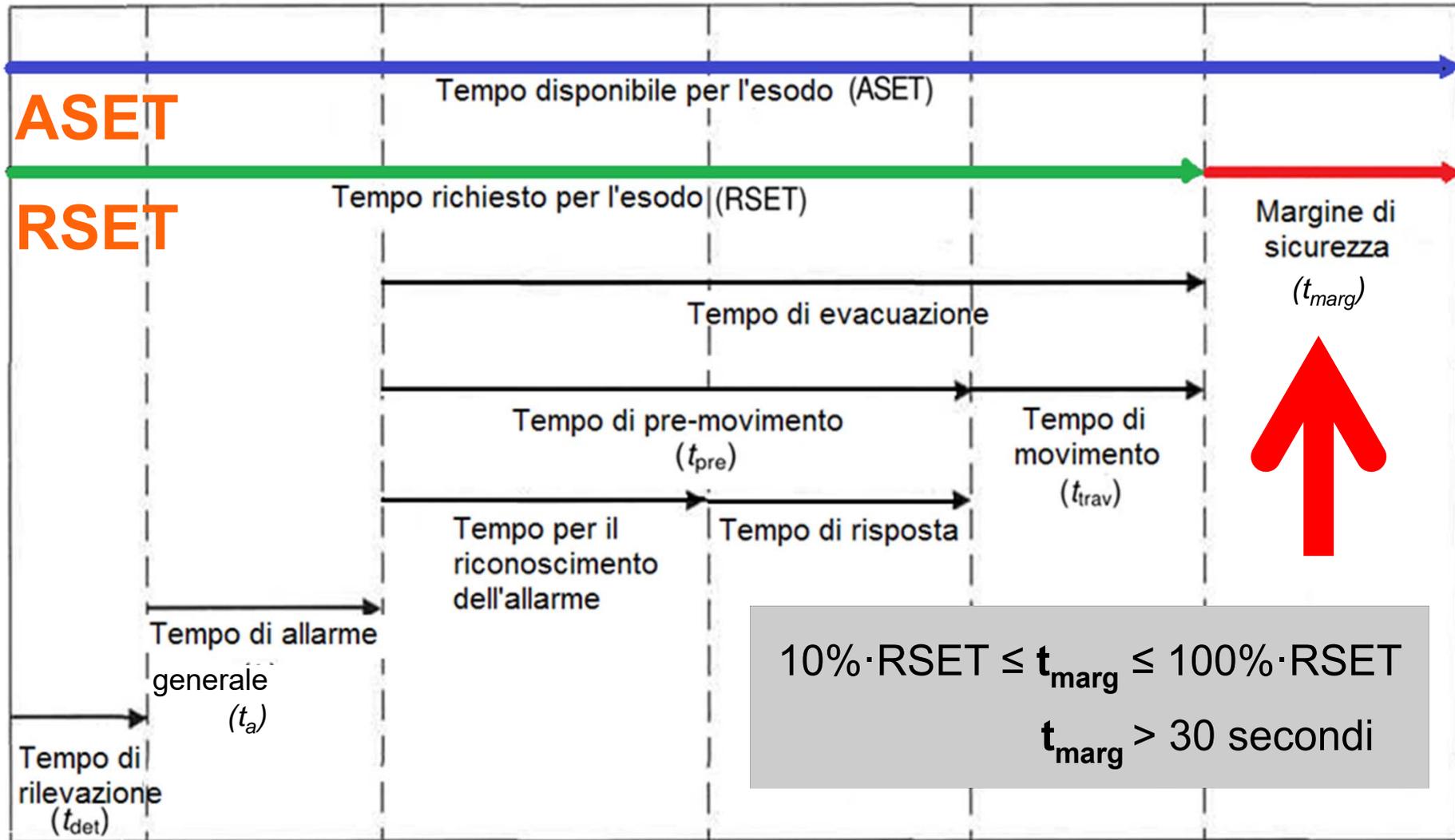


Progettazione prestazionale per la salvaguardia della vita

L'allegato M3 descrive un percorso di **progettazione prestazionale di un sistema di esodo**, con strumenti derivati da documenti riconosciuti di valenza internazionale, con rispetto dell'interazione delle componenti:

- **fisico-geometriche** (*layout dell'edificio, configurazione del sistema d'esodo, ...*),
 - **ambientali** (*presenza degli effetti avversi dell'incendio*),
 - **comportamentali.**
-

Criterio ASET > RSET



Calcolo di ASET

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, e la loro variazione nel tempo. Ciò può essere ottenuto attraverso l'applicazione di:

- **relazioni analitiche**
 - **Modelli a zone**
 - **Modelli di campo**
-

Calcolo di ASET

Il tempo ASET viene raggiunto quando nell'attività si superano le seguenti soglie di prestazione:

Modello	Prestazione	Soglia di prestazione
Oscuramento della visibilità da fumo	Visibilità minima di pannelli riflettenti, non retroilluminati, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 10m Occupanti in locali $S < 100 \text{ m}^2$: 5m
		Soccorritori: 5 m Soccorritori in locali $S < 100 \text{ m}^2$: 2,5m
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
		Soccorritori: nessuna valutazione
Calore	Temperatura massima di esposizione	Occupanti: 60°C
		Soccorritori: 80 °C
	Irraggiamento termico massimo da tutte le sorgenti di esposizione	Occupanti: 2,5 kW/m²
		Soccorritori: 3 kW/m²

Calcolo di ASET

Nella norma ISO 13571:2007, ASET è definito come il più piccolo tra gli ASET calcolati secondo quattro modelli:

- a. modello dei ***gas tossici***;
 - b. modello dei ***gas irritanti***;
 - c. modello del ***calore***;
 - d. modello dell'***oscuramento della visibilità da fumo***.
-

Calcolo di ASET - *Metodo di calcolo avanzato*

Modello dei gas tossici

È necessario valutare la **dose** (*exposure dose*) di un gas tossico presente nell'aria, e la **FED** (*fractional effective dose*), rapporto tra la dose e la dose del gas tossico che determina effetti incapacitanti sul soggetto medio esposto. Se **FED = 1** il soggetto medio si considera incapacitato.

La *fractional effective dose* è:

$$X_{FED} = \sum (\varphi_{CO}/35000) \cdot \Delta t + \sum (\exp(\varphi_{HCN}/43)/220) \cdot \Delta t$$

con:

φ_{CO} concentrazione media del monossido di carbonio nell'intervallo di tempo Δt

φ_{HCN} concentrazione media dell'acido cianidrico nell'intervallo di tempo Δt

Δt intervallo di tempo di esposizione ai gas tossici (t_2-t_1)

L'incertezza nell'uso della formula è del 35%.

Calcolo di ASET - *Metodo di calcolo avanzato*

Modello dei gas tossici

Ad esempio, la dose incapacitante per il CO è 35.000 ppm · min;
Il soggetto è incapacitato (FED = 1) se esposto a:

- 3.500 ppm di CO x 10 min
- 7.000 ppm di CO x 5 min

In entrambi i casi la sua FED è pari a 1 ed il suo ASET per il CO è pari rispettivamente a 5 o 10 minuti in funzione della concentrazione.

Calcolo di ASET - *Metodo di calcolo avanzato*

Modello dei gas irritanti

Per l'applicazione del modello dei gas irritanti è necessario valutare la **FEC** (*fractional effective concentration*), rapporto tra la concentrazione di un gas irritante per inalazione, e la concentrazione del gas che determina effetti incapacitanti sul soggetto medio esposto.

La *fractional effective concentration* è:

$$X_{FEC} = \varphi_{HCl}/F_{HCl} + \varphi_{HBr}/F_{HBr} + \varphi_{HF}/F_{HF} + \varphi_{SO2}/F_{SO2} + \varphi_{NO2}/F_{NO2} + \\ + \varphi_{acroleina}/F_{acroleina} + \varphi_{formaldeide}/F_{formaldeide} + \sum_i \varphi_{irritanti}/F_{Ci}$$

con:

φ concentrazione media del gas irritante considerato [$\mu\text{l/l}$]

F concentrazione incapacitante del gas irritante considerato [$\mu\text{l/l}$], nota

L'incertezza nell'uso della formula è del 50%.

Calcolo di ASET - *Metodo di calcolo avanzato*

Modello di esposizione al calore

Per l'applicazione del modello dell'esposizione al calore per irraggiamento e convezione, si considera la *dose di esposizione al calore*:

$$X_{\text{FED}} = \sum_{t_1}^{t_2} (1/t_{\text{Irad}} + 1/t_{\text{Iconv}}) \cdot \Delta t$$

con:

t_{Irad} = $(6,9 \cdot q^{-1,56})$ o $(4,2 \cdot q^{-1,90})$ tempo di raggiungimento della soglia di ustioni o dolore per esposizioni radianti rispettivamente inferiori o superiori a $2,5 \text{ kW/m}^2$

q flusso termico radiante in kW/m^2

t_{Iconv} = $(4,1 \cdot 10^8) \cdot T^{-3,61}$ o $(5 \cdot 10^7) \cdot T^{-3,4}$ tempo di incapacitazione per esposizione al calore convettivo dell'aria per soggetti normalmente vestiti o meno

T temperatura in gradi Celsius

Δt intervallo di tempo di esposizione al calore ($t_2 - t_1$)

Calcolo di ASET - *Metodo di calcolo avanzato*

Modello di oscuramento della visibilità da fumo

Il modello è basato sul concetto del minimo contrasto percettibile, cioè la minima differenza di luminosità visibile tra un oggetto e lo sfondo.

Il valore della visibilità è:

$$L = C / (\sigma \cdot \rho_{\text{smoke}}) \quad [\text{m}]$$

con:

C costante adimensionale pari a 3 per cartellonistica di esodo riflettente non illuminata, o pari a 8 per cartellonistica retroilluminata

σ coefficiente massico di estinzione della luce pari a 10 m²/g

ρ_{smoke} massa volumica dei fumi [g/m³], **fornita dai codici di calcolo fluidodinamico**

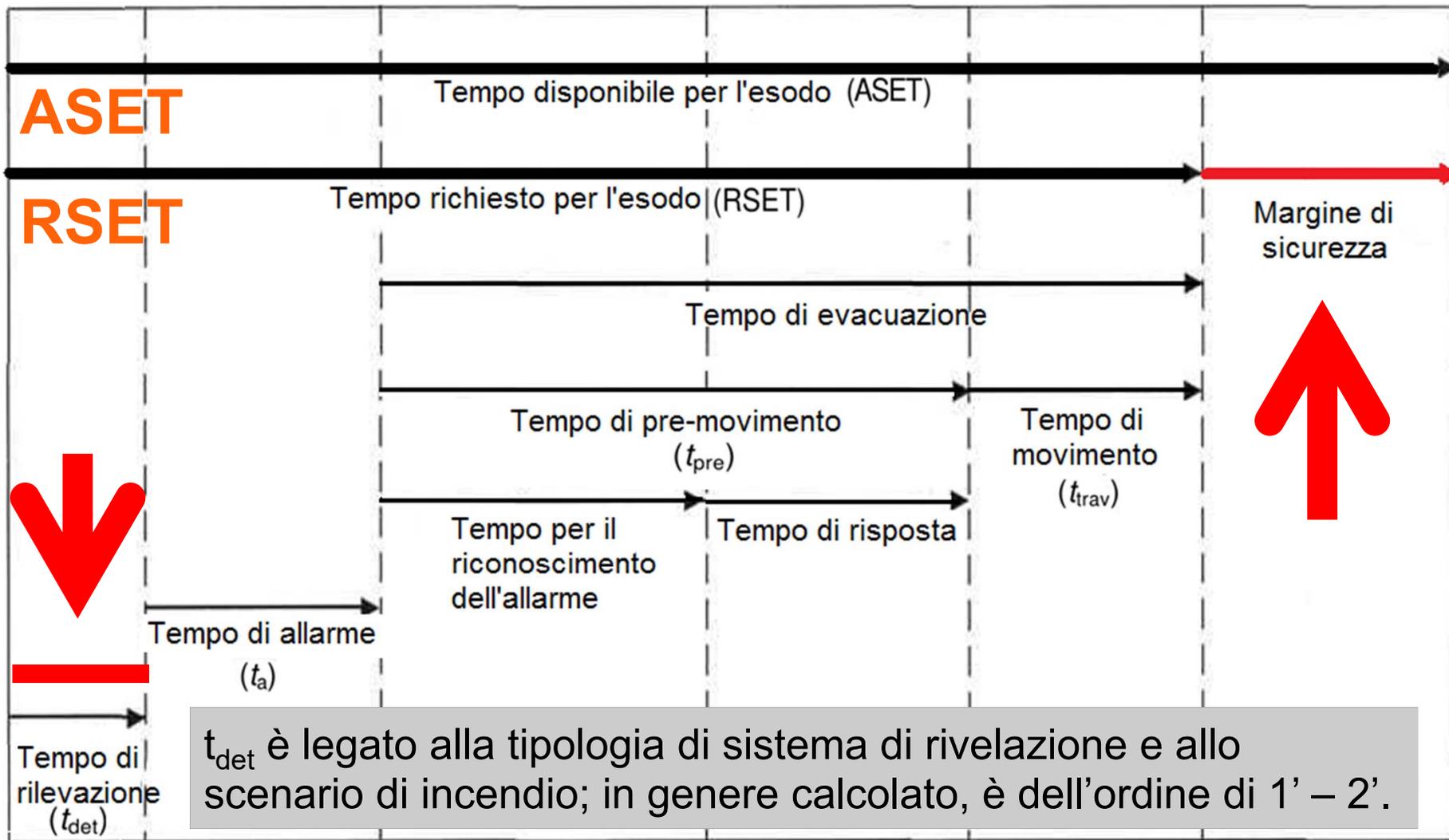
Calcolo di RSET

Il tempo RSET viene calcolato tra l'innescò dell'incendio ed il momento in cui gli occupanti dell'edificio raggiungono un luogo sicuro:

$$\text{RSET} = t_{\text{det}} + t_{\text{a}} + t_{\text{pre}} + t_{\text{tra}} \quad [\text{s}]$$

Ciascun occupante possiede un proprio valore di RSET.

Calcolo di RSET - *Tempo di rivelazione* t_{det}

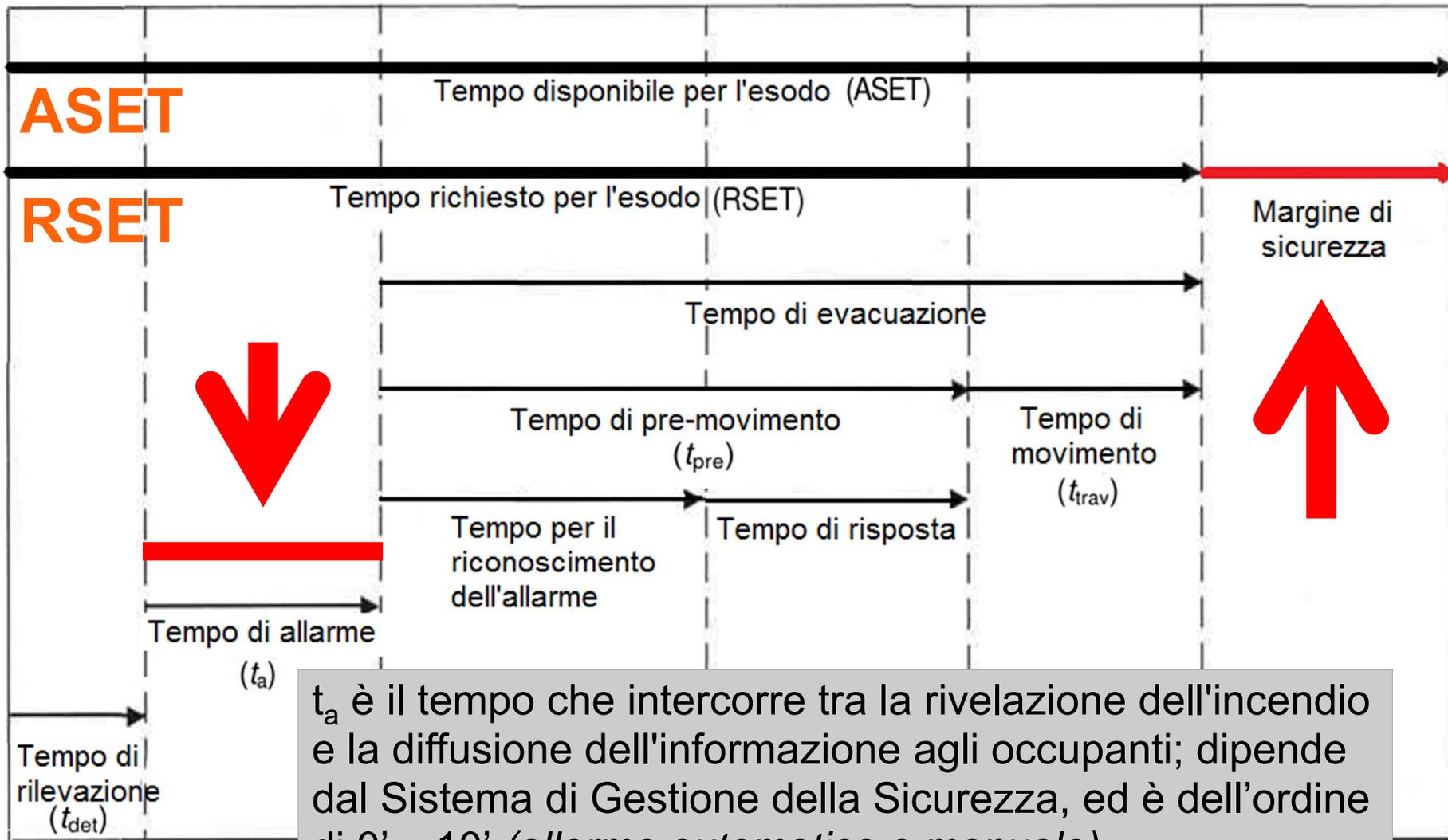


Calcolo di RSET - *Tempo di rivelazione t_{det}*

NORMA UNI EN 54-7

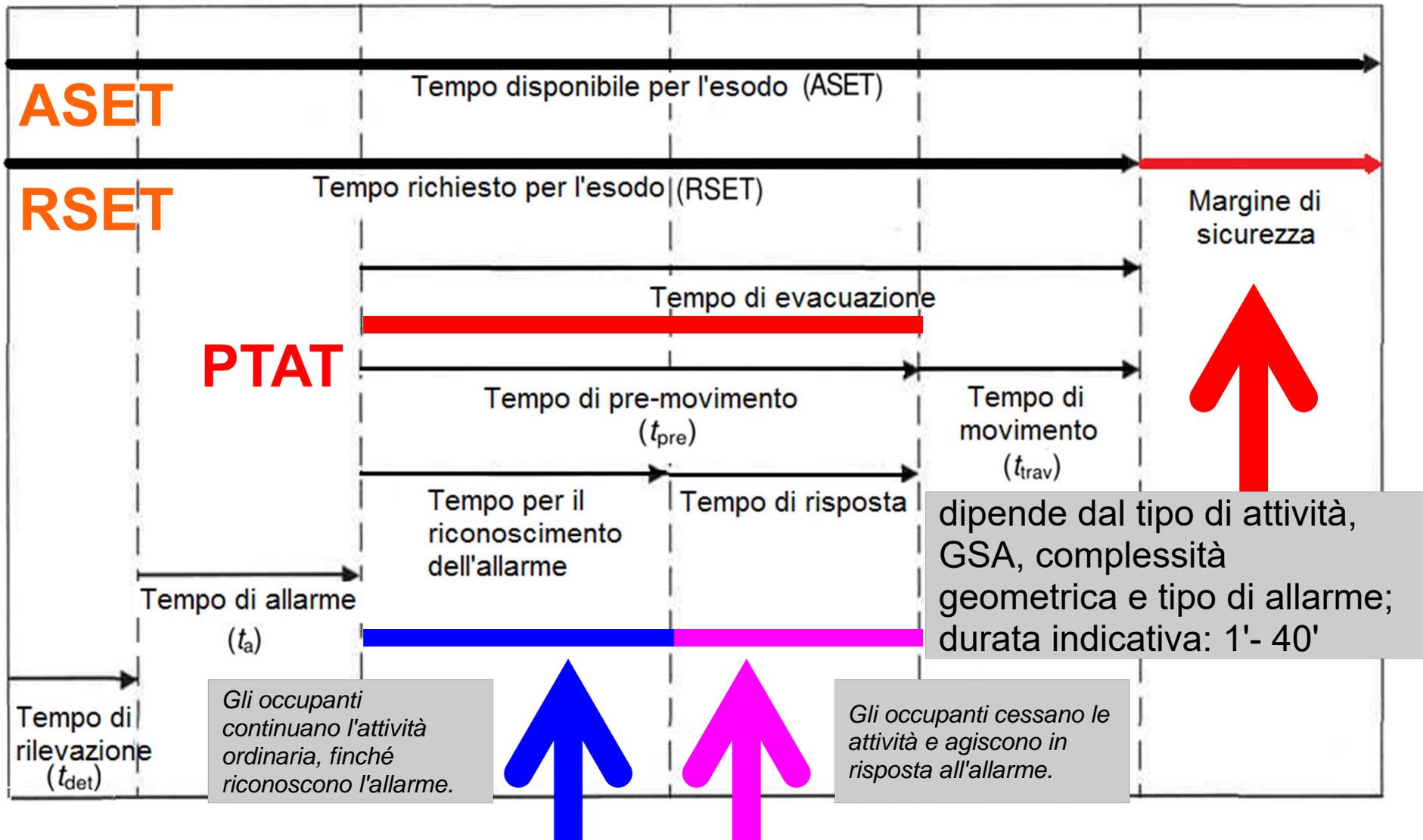
Focolare tipo	Tipo di fuoco	tempo di rilevazione rilevatori puntiformi di calore (sec)	tempo di rilevazione rilevatori puntiformi di fumo (sec)
TF 2	covante di legno	-	260
TF 3	covante di cotone	-	120
TF 4	materie plastiche	180	60
TF 5	combustibile liquido	80	15

Calcolo di RSET - *Tempo di allarme generale t_a*



t_a è il tempo che intercorre tra la rivelazione dell'incendio e la diffusione dell'informazione agli occupanti; dipende dal Sistema di Gestione della Sicurezza, ed è dell'ordine di 0' – 10' (*allarme automatico o manuale*)

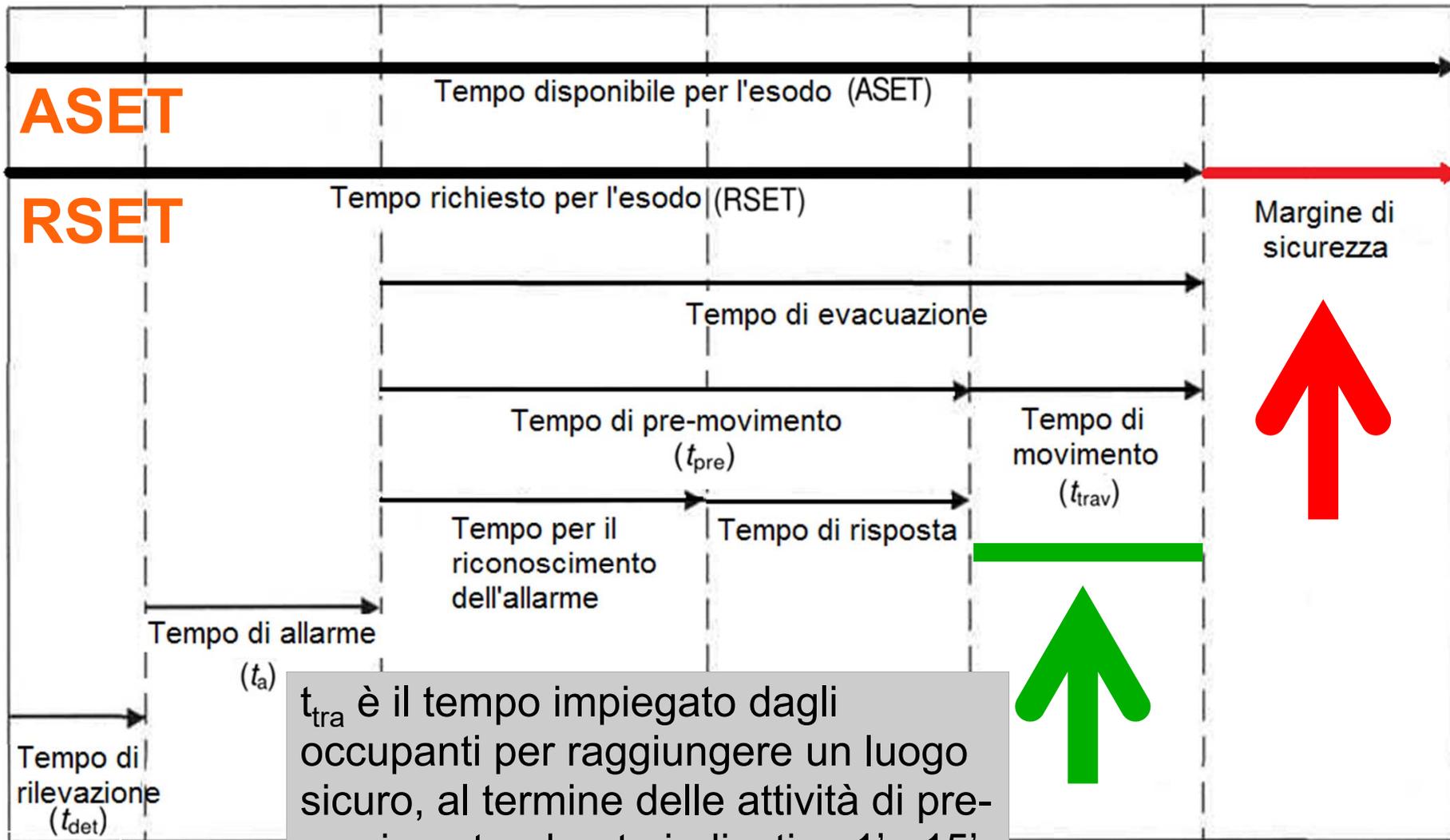
Calcolo di RSET - *Tempo di attività pre-movimento t_{pre}*



Calcolo di RSET - *Tempo di attività pre-movimento* t_{pre}

Parametri di descrizione dell'attività tratto da ISO TR 16738	Tempi di attività di pre-movimento ISO TR16738	
	Δt_{pre} (1°percentile) primi occupanti in fuga	Δt_{pre} (99°percentile) ultimi occupanti in fuga
<p>Esempio 1: albergo di media complessità occupanti: <i>Ciii, sleeping and unfamiliar</i>; sistema di allarme: <i>rivelazione automatica ed allarme generale mediato dall'intervento di verifica dei dipendenti</i>; complessità geometrica : <i>edificio multipiano e layout semplice</i>; gestione della sicurezza: <i>ordinaria</i>.</p>	20'	40'
<p>Esempio 2: grande attività produttiva occupanti: <i>A, awake and familiar</i>; sistema di allarme: <i>rivelazione automatica ed allarme generale mediato dall'intervento di verifica dei dipendenti</i>; complessità geometrica: <i>edificio multipiano e layout complesso</i>; gestione della sicurezza: <i>ordinaria</i>.</p>	1' 30"	3' 30"
<p>Esempio 3: residenza sanitaria assistenziale occupanti: <i>D, sleeping and unfamiliar</i>; sistema di allarme: <i>rivelazione automatica ed allarme generale mediato dall'intervento di verifica dei dipendenti</i>; complessità geometrica: <i>edificio multipiano e layout semplice</i>; gestione della sicurezza: <i>ordinaria</i>; presenza di addetti in quantità sufficiente a gestire l'evacuazione dei diversamente abili.</p>	5'	10'

Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}



t_{tra} è il tempo impiegato dagli occupanti per raggiungere un luogo sicuro, al termine delle attività di pre-movimento; durata indicativa 1' - 15'

Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Il tempo t_{tra} deve essere calcolato con riferimento a:

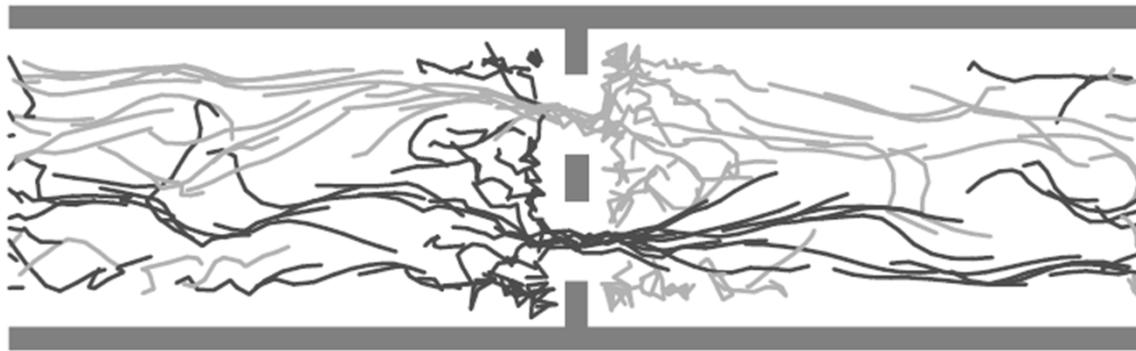
- a. **distanza** degli occupanti o gruppi di essi dalle vie d'esodo;
- b. **velocità d'esodo**, che dipendono dalla tipologia degli occupanti e dalle loro interazioni con l'ambiente e gli effetti dell'incendio;
- c. **portata** delle vie d'esodo (*geometria, dimensioni, dislivelli ed ostacoli...*).

$$\text{tempo} = \text{distanza} / \text{velocità}$$

Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Per il calcolo di t_{tra} si impiegano 2 famiglie di modelli:

- a. modelli idraulici**, che predicono alcuni aspetti del movimento degli occupanti (*es. flussi attraverso le uscite*), ma non includono fattori del comportamento umano (*familiarità con l'edificio, interazioni persona-persona, effetto del fumo sul movimento, ...*).
- b. modelli "agent based"**, che studiano i sistemi complessi partendo dallo studio delle interazioni tra le singole unità.



in realtà
l'esodo non è
un problema
idraulico!

Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Modello idraulico

Il **modello idraulico** (in analogia al comportamento idraulico di fluidi non newtoniani), è basato su:

- larghezza effettiva delle vie d'esodo, W_e ;
 - densità di affollamento, D ;
 - velocità di movimento v degli occupanti lungo il percorso;
 - flusso specifico F_s ;
 - flusso calcolato F_c ;
 - tempo di passaggio T_p
-

Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Modello idraulico - *Larghezza effettiva delle vie d'esodo, W_e*

W_e : Porzione della larghezza di una via di uscita effettivamente utilizzata dall'occupante.

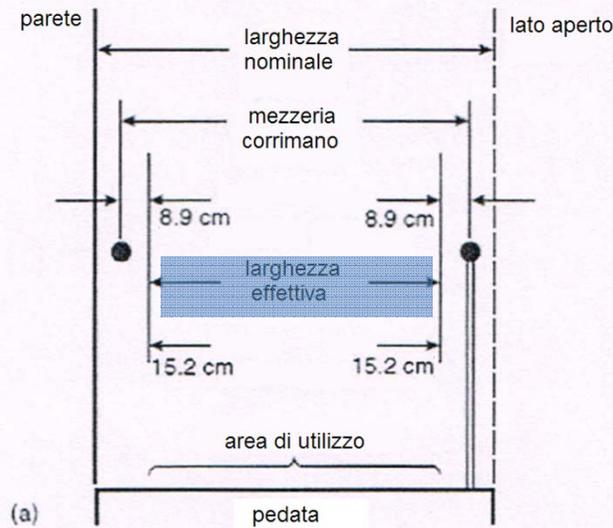
L'ampiezza della via di esodo deve essere corretta, misurandola al netto dello spazio inutilizzato:

Elemento della via di esodo	Larghezza inutilizzata (cm)
Scale-muro o lato della pedata	15
Mancorrenti, ringhiere, parapetti	9
Corridori, muri di rampe	20
Ostacoli	10
Larghi passaggi, ampie vie di esodo	46
Porte, volte	15

Calcolo di RSET - *Tempo di movimento t_{tra}*

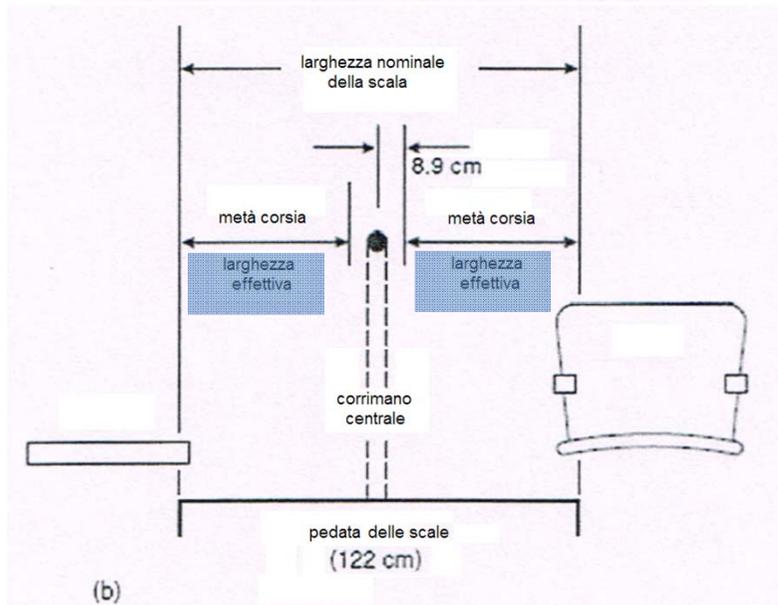
Modello idraulico - *Larghezza effettiva delle vie d'esodo, W_e*

SCALE

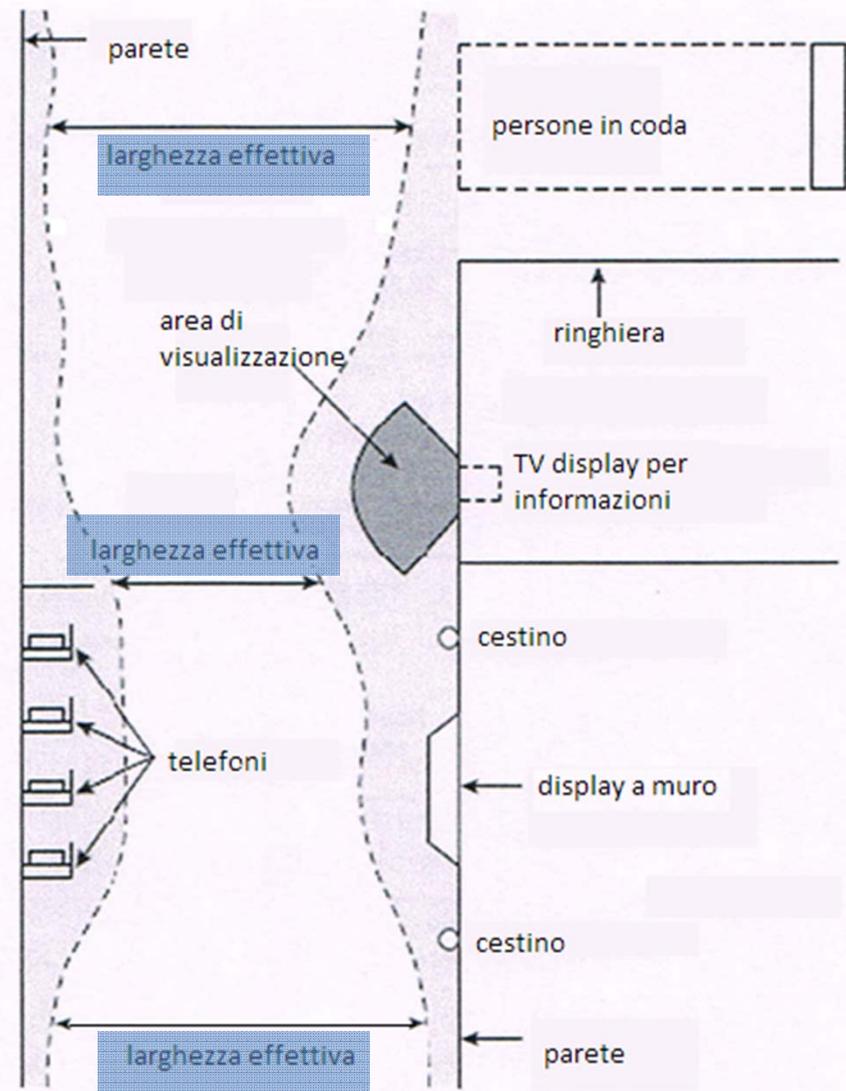


(a)

VIE DI
ESODO



(b)



Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Modello idraulico - *Densità di affollamento, D*

D: Massimo numero prevedibile di persone presenti per unità di superficie lungo le vie d'esodo [pers/m²].

Nel modello idraulico la grandezza è associata alla densità del fluido.

Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Modello idraulico - *Densità di affollamento, D*

Tipologia di attività	Densità di affollamento o criteri
Luoghi di pubblico spettacolo senza posti a sedere	1,2 persone/m ²
Aree per mostre, esposizioni, manifestazioni varie di intrattenimento temporaneo	
Aree adibite a ristorazione	0,7 persone/m ²
Aree adibite ad attività scolastica e laboratori (senza posti a sedere)	0,4 persone/m ²
Sale di lettura di biblioteche, archivi	0,2 persone/m ²
Aree con posti a sedere o posti letto (<i>es. sale riunioni, aule scolastiche, dormitori,..</i>)	Numero posti
Sale d'attesa	0,4 persone/m ²
Uffici aperti al pubblico	0,4 persone/m ²
Uffici non aperti al pubblico	0,1 persone/m ²
Aree di vendita di <i>piccole</i> attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	0,4 persone/m ²
Aree di vendita di <i>medie</i> e <i>grandi</i> attività commerciali al dettaglio con settore alimentare o misto	0,2 persone/m ²
Aree di vendita di attività commerciali <i>al dettaglio</i> senza settore alimentare	0,2 persone/m ²
Aree di vendita di attività commerciali <i>all'ingrosso</i>	
Aree di vendita di <i>piccole</i> attività commerciali al dettaglio con specifica gamma merceologica non alimentare	0,1 persone/m ²
Degenza	1 degente e 2 accompagnatori per posto letto
Ambulatori	0,10 persone/m ²
Civile abitazione	0,05 persone/m ²
Autorimesse	2 persone per veicolo parchato
Altre attività	Numero massimo presenti (addetti + pubblico)

Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Modello idraulico - Velocità di movimento lungo il percorso, v

v : funzione della densità di affollamento D :

$$v = k \cdot (1 - a \cdot D) \quad [\text{m/s}]$$

con:

$a = 0,266 \text{ m}^2/\text{pers}$,

e k :

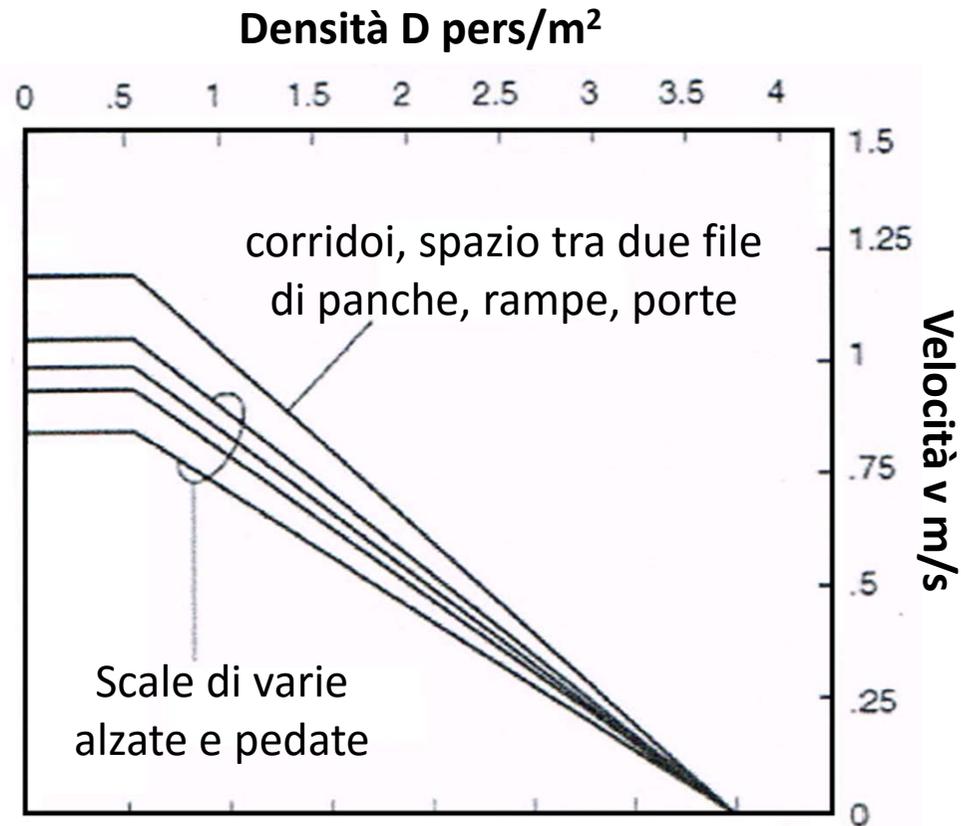
Elemento della via di esodo		k (m/s)
Corridoi, spazio tra due file di panche, rampe, porte		1,40
Scale		
<i>Alzata (cm)</i>	<i>Pedata (cm)</i>	
19.0	25.4	1,00
17.8	27.9	1,08
16.5	30.5	1,16
16.5	33.0	1,23

Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Modello idraulico - Velocità di movimento lungo il percorso, v

per densità $D < 0,54$ pers/m²
le persone sono in grado di muoversi indipendentemente

per densità $D > 3,80$ pers/m²
il moto si arresta ($v=0$);
il gruppo di persone non è più in grado di muoversi finché le prime file non sono uscite



Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

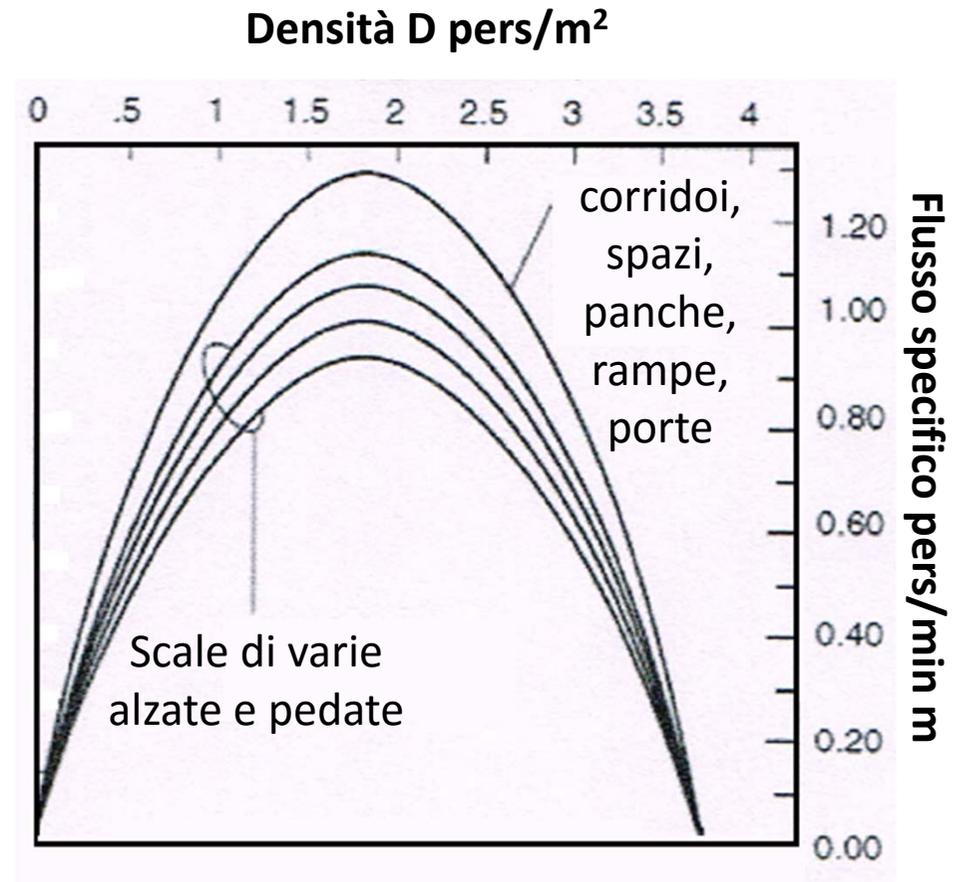
Modello idraulico – Flusso specifico F_s

Flusso specifico F_s : persone che attraversano l'unità di larghezza effettiva W_e di passaggio nell'unità di tempo:

$$F_s = v \cdot D = k \cdot (1 - a \cdot D) \cdot D$$

[pers/min·m]

Il flusso specifico è massimo per una densità di circa 1,9 pers/m²



Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Modello idraulico – *Flusso calcolato F_c e Tempo di passaggio T_p*

Flusso calcolato F_c : portata di persone simulata attraverso il punto del sistema di vie di esodo:

$$F_c = F_s \cdot W_e = k \cdot (1 - a \cdot D) \cdot D \cdot W_e \quad [\text{pers/min}]$$

Tempo di passaggio T_p

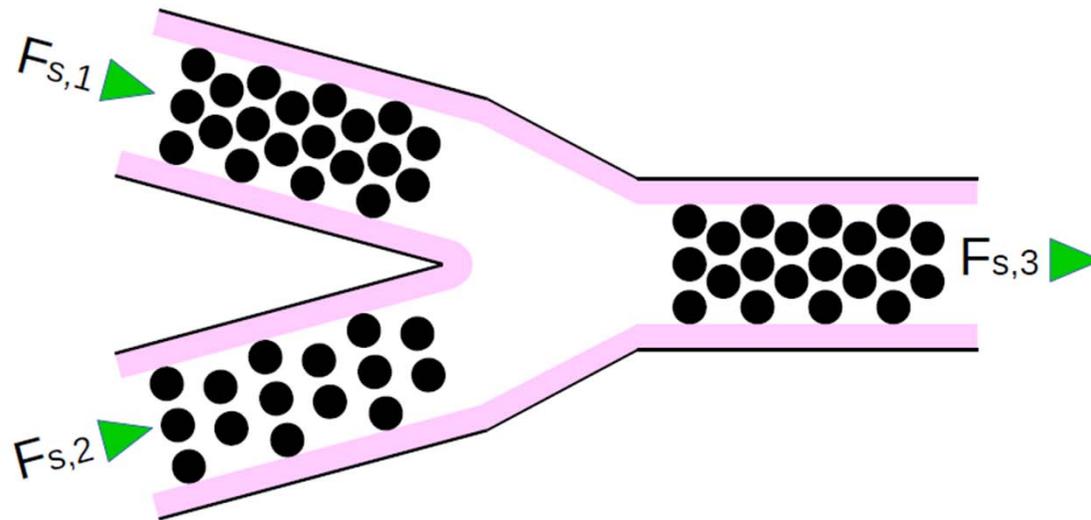
È il tempo necessario affinché un gruppo di persone passino attraverso una soglia del sistema di esodo, con P numero di persone:

$$T_p = P / F_c = P / [k \cdot (1 - a \cdot D) \cdot D \cdot W_e] \quad [\text{min}]$$

Calcolo di RSET - *Tempo di movimento* t_{tra}

Modello idraulico

In analogia al calcolo di una rete idraulica, il calcolo delle portate può essere effettuato ipotizzando la suddivisione della capienza lungo le vie d'esodo ed imponendo la continuità ai nodi.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

