

Nuovo Codice di Prevenzione Incendi

CASO STUDIO: Applicazione del nuovo codice ad un'attività industriale

Centro Logistico inserito all'interno di un ex
stabilimento industriale

Ing. Alberto MAIOLO

Gorizia, 2 dicembre 2015

Direzione regionale Vigili del fuoco del FVG



Centro Logistico (VI)

Inquadramento del problema

Attività classificata al punto 70/C dell'allegato I del D.P.R. 1 agosto 2011 n. 151: *“Locali adibiti a depositi di superficie lorda superiore a 1.000 mq con quantitativi di merci e materiali combustibili superiori complessivamente a 5.000 kg”* che si va ad inserire all'interno di uno stabilimento esistente, precedentemente destinato alla produzione di filati tessili.

strutture portanti → carpenteria metallica

Intervento di protezione poco sostenibile economicamente, sia rispetto agli obiettivi di sicurezza antincendio che al valore dell'immobile

non posseggono il requisito della **resistenza al fuoco di 30 minuti**, richiesto per un livello II di prestazione dal **DM 9 marzo 2007**

Livello II.

Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione



3.2 Livello II di prestazione

1. Il livello II di prestazione può ritenersi adeguato per costruzioni fino a due piani fuori terra ed un piano interrato, isolate - eventualmente adiacenti ad altre purché strutturalmente e funzionalmente separate - destinate ad un'unica attività non aperta al pubblico e ai relativi impianti tecnologici di servizio e depositi, ove si verificano tutte le seguenti ulteriori condizioni:

- a) le dimensioni della costruzione siano tali da garantire l'esodo in sicurezza degli occupanti;
- b) gli eventuali crolli totali o parziali della costruzione non arrechino danni ad altre costruzioni;
- c) gli eventuali crolli totali o parziali della costruzione non compromettano l'efficacia degli elementi di compartimentazione e di impianti di protezione attiva che proteggono altre costruzioni;
- d) il massimo affollamento complessivo della costruzione non superi 100 persone e la densità di affollamento media non sia superiore a 0,2 pers/m²;
- e) la costruzione non sia adibita ad attività che prevedono posti letto;
- f) la costruzione non sia adibita ad attività specificamente destinate a malati, anziani, bambini o a persone con ridotte o impedito capacità motorie, sensoriali o cognitive.

2. Le classi di resistenza al fuoco necessarie per garantire il livello II di prestazione sono le seguenti, indipendentemente dal valore assunto dal carico di incendio specifico di progetto:

30	per costruzioni ad un piano fuori terra, senza interrati
60	per costruzioni fino a due piani fuori terra e un piano interrato

3. Sono consentite classi inferiori a quelle precedentemente indicate se compatibili con il livello III di prestazione.



Obiettivo progettazione

Consentire agli occupanti dell'edificio di portarsi in luogo sicuro (*avendo però il tempo a disposizione per poterlo fare in sicurezza*).



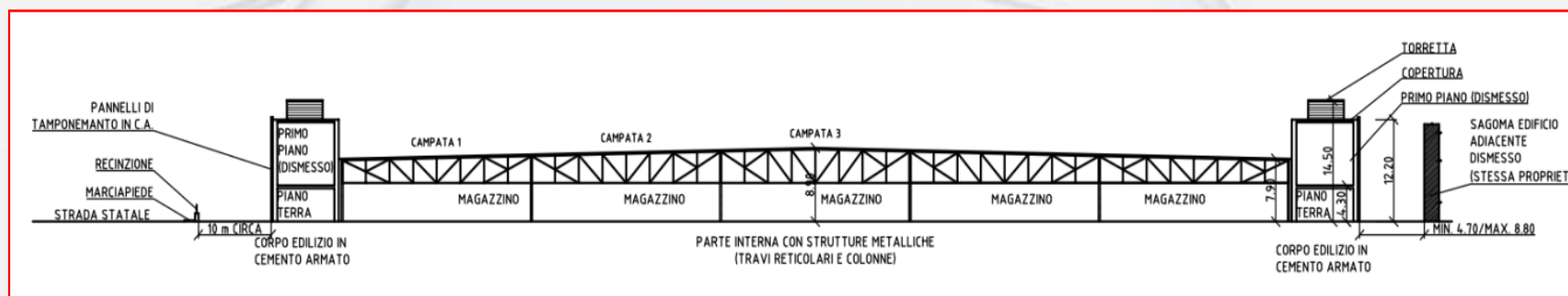
Intento del progettista: poter **controllare e contenere** le **dimensioni dell'incendio**, tramite la realizzazione di un impianto sprinkler, sapendo che in caso di un incendio generalizzato le strutture risulterebbero comunque irrimediabilmente danneggiate.



Descrizione dell'attività

Edificio a **pianta rettangolare** costituito da 3 parti:

- **centrale** (superficie di circa 36.000 m²): con strutture in *carpenteria metallica* (oggetto della deroga) destinata ai **magazzini**;
- **perimetrali** (superficie di circa 2.500 m² ciascuna): con strutture in *cemento armato*, disposte lungo i 2 lati maggiori del rettangolo, destinate ad ospitare gli **uffici ed i locali accessori** all'attività.



Approccio con il nuovo Codice di prevenzione incendi

Il **profilo di rischio R_{vita}** (Rischio vita), secondo il Capitolo G.3 porta ad una **classificazione A3** in quanto:

- ✓ **A**: Gli occupanti sono in stato di *veglia* ed hanno *familiarità* con l'edificio;
- ✓ **3**: Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio *rapida*.

In considerazione della copertura integrale dei magazzini con un **impianto sprinkler** e della copertura dell'intera attività con un **impianto di rilevazione ed allarme incendio**, la velocità di crescita dell'incendio può essere ridotta ed il **R_{vita}** considerato **A2**, cioè la *velocità di crescita dell'incendio può essere considerata di tipo "media"*.



Caratteristiche prevalenti degli occupanti δ_{occ}		Esempi
A	Gli occupanti sono in stato di veglia ed hanno familiarità con l'edificio	Ufficio senza accesso pubblico, scuola, autorimessa privata, attività produttive in genere, depositi capannoni industriali
B	Gli occupanti sono in stato di veglia e non hanno familiarità con l'edificio	Attività commerciale, autorimessa pubblica, attività espositiva e di pubblico spettacolo, centro congressi, ufficio aperto al pubblico, bar, ristorante, studio medico, ambulatorio medico, centro sportivo
C [1]	Gli occupanti possono essere addormentati:	
Ci	• in attività individuale di lunga durata	Civile abitazione
Cii	• in attività gestita di lunga durata	Dormitorio, residence, studentato
Ciii	• in attività gestita di breve durata	Albergo, rifugio alpino
D	Gli occupanti ricevono cure mediche	Degenza ospedaliera, terapia intensiva, sala operatoria
E	Occupanti in transito	Stazione ferroviaria, aeroporto, stazione metropolitana
[1] Quando nel presente documento si usa C la relativa indicazione è valida per Ci, Cii, Ciii		

δ_{α}	Velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio t_{α} [s]	Esempi
1	600 Lenta	Materiali poco combustibili distribuiti in modo discontinuo o inseriti in contenitori non combustibili
2	300 Media	Scatole di cartone impilate, pallets di legno, libri ordinati su scaffale, mobilio in legno, automobili, materiali classificati per reazione al fuoco (capitolo S.1)
3	150 Rapida	Materiali plastici impilati, prodotti tessili sintetici , apparecchiature elettroniche, materiali combustibili non classificati per reazione al fuoco
4	75 Ultra-rapida	Liquidi infiammabili, materiali plastici cellulari o espansi, schiume combustibili



Approccio con il nuovo Codice di prevenzione incendi

Il profilo di rischio R_{beni} (Rischio beni) dell'intera attività:

- ✓ 1 (Tabella G.3-6): *non essendo l'opera vincolata per arte o storia, ne contenendo beni vincolati di tale tipo e non essendo neppure una costruzione strategica*, è pari a Il rischio beni è però importante dal punto di vista economico per la quantità di merce contenuta.

		Opera da costruzione vincolata	
		No	Sì
Opera da costruzione strategica	No	$R_{beni} = 1$	$R_{beni} = 2$
	Sì	$R_{beni} = 3$	$R_{beni} = 4$



Approccio con il nuovo Codice di prevenzione incendi

Il **profilo di rischio** R_{ambiente} (Rischio ambiente) si può invece *considerare trascurabile* vista **l'assenza di sostanze chimiche o di miscele pericolose** in quantità significativa.



STRATEGIA ANTINCENDI

Resistenza al fuoco

Livelli di prestazione - RTO

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



STRATEGIA ANTINCENDI

Resistenza al fuoco

RTO

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	<p>Costruzioni, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • compartimentate rispetto ad altre costruzioni eventualmente adiacenti e strutturalmente separate da esse e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni ad altre costruzioni; • adibite ad un'unica attività con i seguenti profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> ◦ R_{beni} pari a 1; ◦ $R_{ambiente}$ non significativo; • destinate ad un'unica attività non aperta al pubblico; • non adibite ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto.
II	<p>Costruzioni, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • compartimentate rispetto ad altre costruzioni eventualmente adiacenti; • strutturalmente separate da altre costruzioni o comunque tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni alle medesime; • adibite ad un'unica attività con i seguenti profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> ◦ 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; • tutti i piani dell'attività situati a quota compresa tra -5 m e 12 m.
III	Opere da costruzione non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV, V	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza.



STRATEGIA ANTINCENDI

Resistenza al fuoco

RTO

S.2.4.2

Soluzioni conformi per il livello di prestazione II

1. Deve essere interposta una distanza di separazione su spazio a cielo libero verso le altre opere da costruzione come previsto per il livello di prestazione I.
2. Devono essere verificate le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli incendi convenzionali di progetto come previsto al paragrafo S.2.5.
3. La classe minima di resistenza al fuoco deve essere 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 in esame.

$q_f > \text{di } 1.200 \text{ MJ/mq}$

S.2.4.3

Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

1. Devono essere verificate le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni in base agli incendi convenzionali di progetto come previsto al paragrafo S.2.5.
2. La *classe minima di resistenza al fuoco* è ricavata per compartimento in relazione al carico di incendio specifico di progetto $q_{f,d}$ come indicato in tabella S.2-3.

Carico di incendio specifico di progetto	Classe minima di resistenza al fuoco
$q_{f,d} \leq 200 \text{ MJ/m}^2$	Nessun requisito
$q_{f,d} \leq 300 \text{ MJ/m}^2$	15
$q_{f,d} \leq 450 \text{ MJ/m}^2$	30



Resistenza al fuoco - soluzione alternativa al livello II di prestazione

Le altre condizioni richieste dall'art.3.2 del DM 09/03/2007 (eccetto R/REI 30) sono interamente rispettate, infatti:

- ✓ la *costruzione è ad un unico piano fuori terra*, è priva di piani interrati ed è destinata ad un'unica attività non aperta al pubblico;
- ✓ le dimensioni della costruzione sono tali da *garantire l'esodo in sicurezza degli occupanti* (sistema di compartimentazione, di esodo, di gestione della sicurezza antincendio, di controllo dell'incendio, di rivelazione e allarme e di controllo di fumi e calore);



Resistenza al fuoco - soluzione alternativa al livello II di prestazione

- ✓ gli eventuali *crolli totali o parziali* della costruzione **non possono** arrecare **danni ad altre costruzioni** in quanto l'edificio oggetto di deroga è *isolato rispetto a quelli adiacenti, con spazi a cielo libero lungo tutto il perimetro, a meno di alcuni limitati collegamenti coperti con gli edifici adiacenti, che sono disposti lungo i prospetti nord-est e nord-ovest. Sono stati valutati appositamente sia gli effetti di eventuali crolli indotti dovuti all'altezza ed alla distanza delle strutture adiacenti, sia gli effetti termici dell'incendio sull'ammorsamento metallico dei pannelli prefabbricati in cemento armato e di tamponamento laterale dell'edificio (temperatura dei fumi che può interessare le pareti dell'ordine dei 265°C);*



Resistenza al fuoco - soluzione alternativa al livello II di prestazione

- ✓ gli eventuali **crolli totali o parziali** della costruzione **non possono** compromettere l'efficacia degli **elementi di compartimentazione e di impianti di protezione attiva** che proteggono altre costruzioni in quanto si tratta di un'unica attività;
- ✓ l'affollamento massimo previsto è inferiore alle 100 persone e l'affollamento non supera le 0,2 persone/mq;
- ✓ la costruzione **non è adibita** ad attività che prevede **posti letto**;
- ✓ la costruzione **non è adibita** ad attività specificamente destinate a **malati, anziani, bambini** o a persone con ridotte o impedito capacità motorie, sensoriali o cognitive.



Resistenza al fuoco - soluzione alternativa al livello II di prestazione

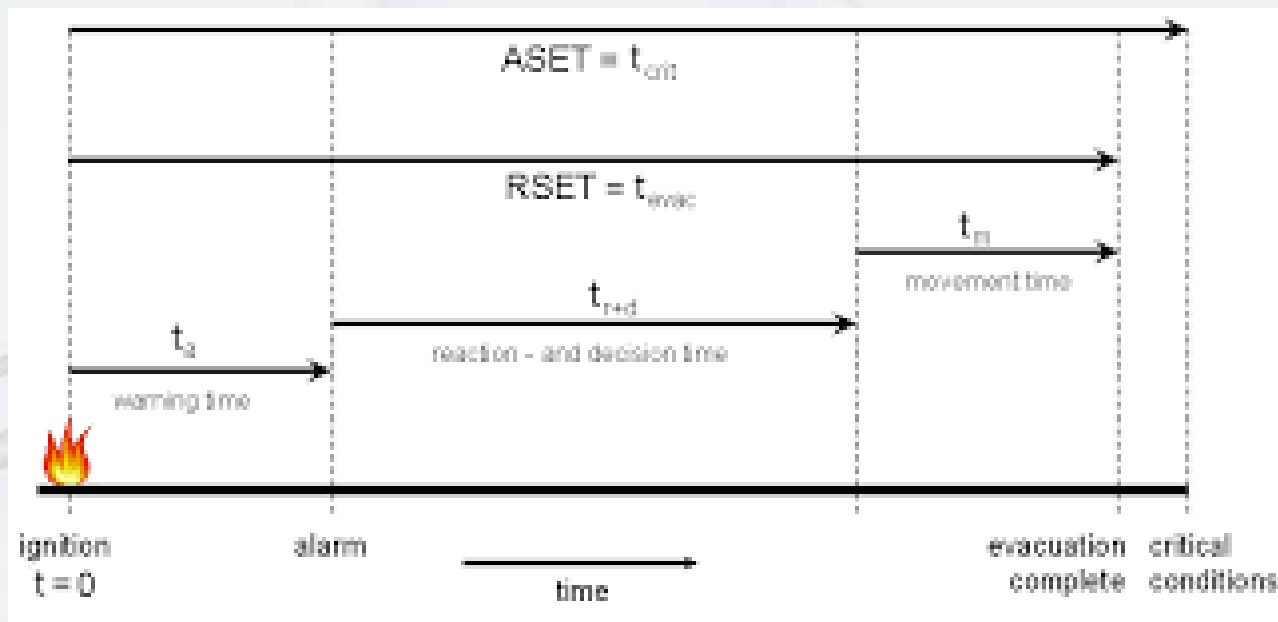
Il Codice ammette **soluzioni alternative** (Capitolo S.2.4.7) che considerano i seguenti aspetti:

- ✓ **Compartimentazione** rispetto ad altre costruzioni;
- ✓ **Assenza di danneggiamento ad altre costruzioni** per effetto di collasso strutturale;
- ✓ **Mantenimento della capacità portante** in condizioni di incendio per un **periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno** della costruzione.



Verifica $ASET > RSET$

Deve essere dimostrata la possibilità di esodo all'esterno dell'edificio da parte di tutti gli occupanti, disponendo di un tempo di esodo (ASET) maggiore di quello necessario per la sua effettuazione (RSET).



Sviluppo FSE - Definizione degli scenari di incendio

Al fine di:

- ✓ **Stabilire** l'andamento nel tempo della potenza termica rilasciata dall'incendio (HRR) ed il suo valore massimo;
- ✓ **Individuare** una configurazione dei luoghi ed una posizione dell'incendio da sottoporre ad analisi quantitativa che sia rappresentativa delle infinite configurazioni possibili per l'edificio in esame.



Definizione degli scenari di incendio

Il pericolo d'incendio è molto basso e:

- ✓ dovuto essenzialmente ai **mezzi di movimentazione** (guasti o scintille dovute ai motori elettrici, ad urti o sfregamenti)
- ✓ eventuali **lavori di manutenzione** o modifica di interni

In *considerazione* degli obiettivi di salvaguardia degli occupanti è stato considerato un **incendio di breve durata e con crescita veloce**, accompagnato da una elevata produzione di fumo e calore in tempi molto ristretti.



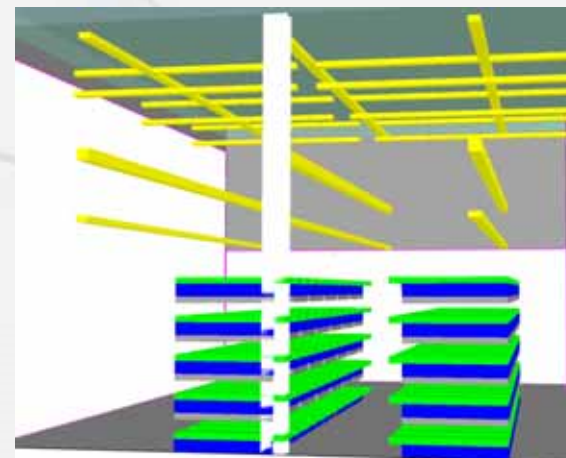
Definizione degli scenari di incendio

La **verifica della resistenza al fuoco delle strutture** è stata invece operata considerando un **incendio collocato a ridosso di una parete e di una colonna**, in un *ambiente chiuso nella parte alta* (per trattenere i gas caldi a soffitto) e *aperto nella parte bassa* (per favorire la formazione di un plume regolare), con l'intento di *simulare condizioni sfavorevoli* ai fini del surriscaldamento degli elementi metallici delle strutture di copertura.

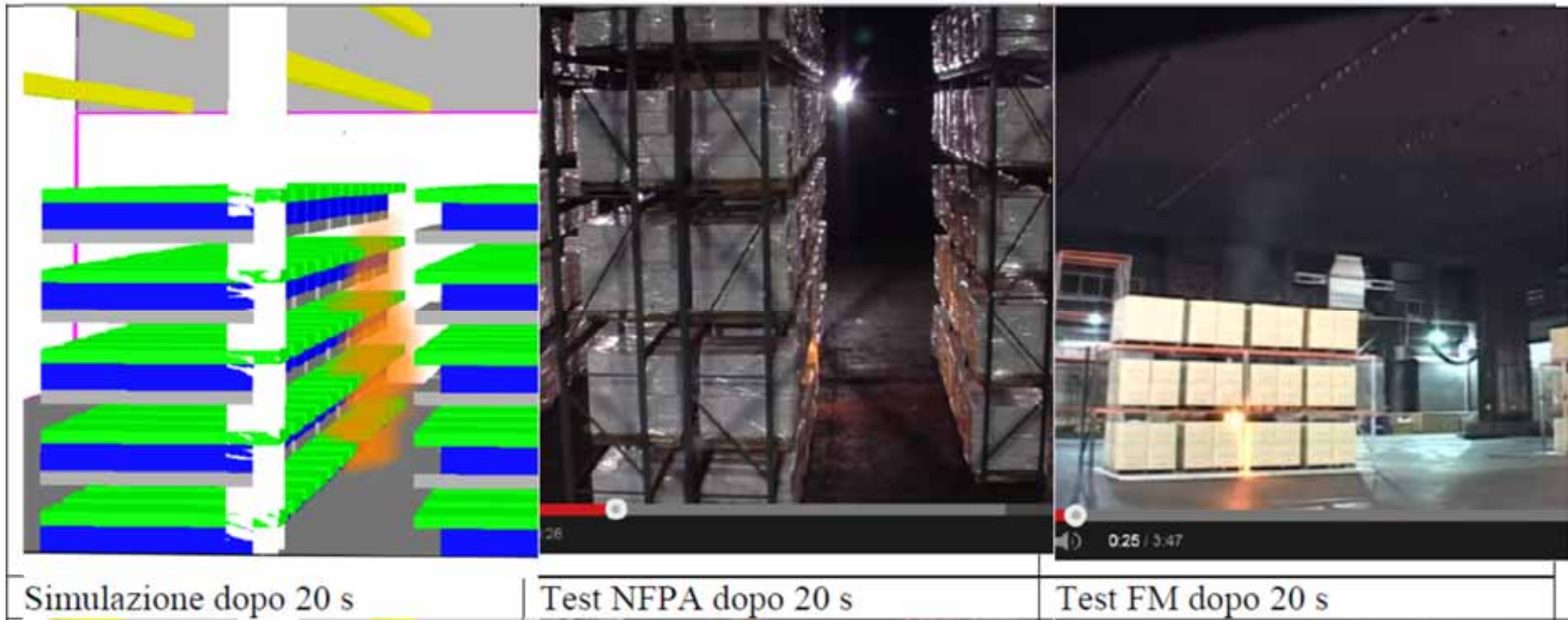


Definizione degli scenari di incendio

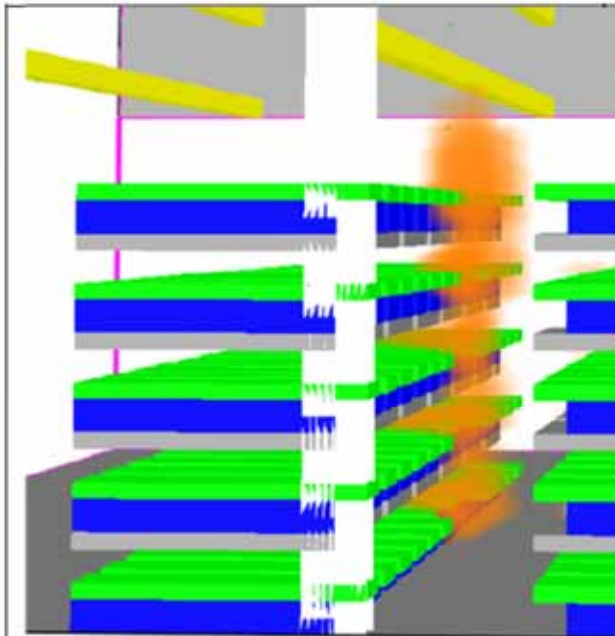
Dal punto di vista della **diffusione dell'incendio**, è stata adottata, come *condizione più sfavorevole*, l'incendio di uno **scaffale con merce impilata** per un'altezza massima prevista di 3.2 m, in presenza di un impianto sprinkler posizionato solo sotto la copertura e con ripiani degli scaffali forati almeno per il 50% della superficie.



Risultati simulazione e confronto con risultati di Test reali



Risultati simulazione e confronto con risultati di Test reali



Simulazione dopo 60 s



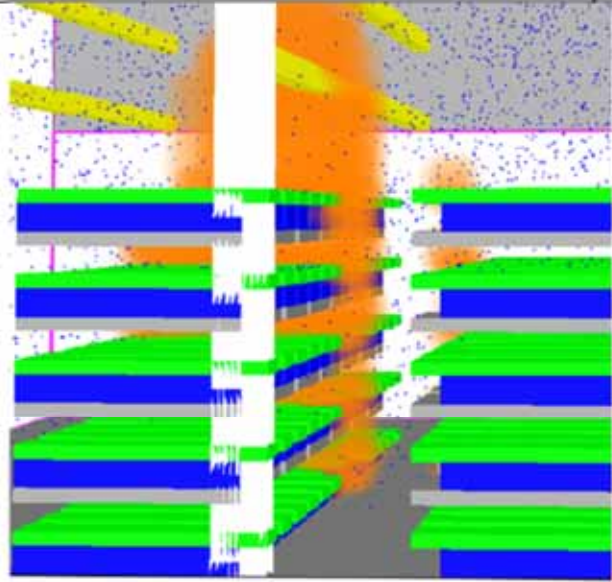


Test NFPA dopo 60 s; si attiva lo sprinkler



Test FM dopo 45 s; si attiva lo sprinkler (presente solo sopra lo scaffale di destra)

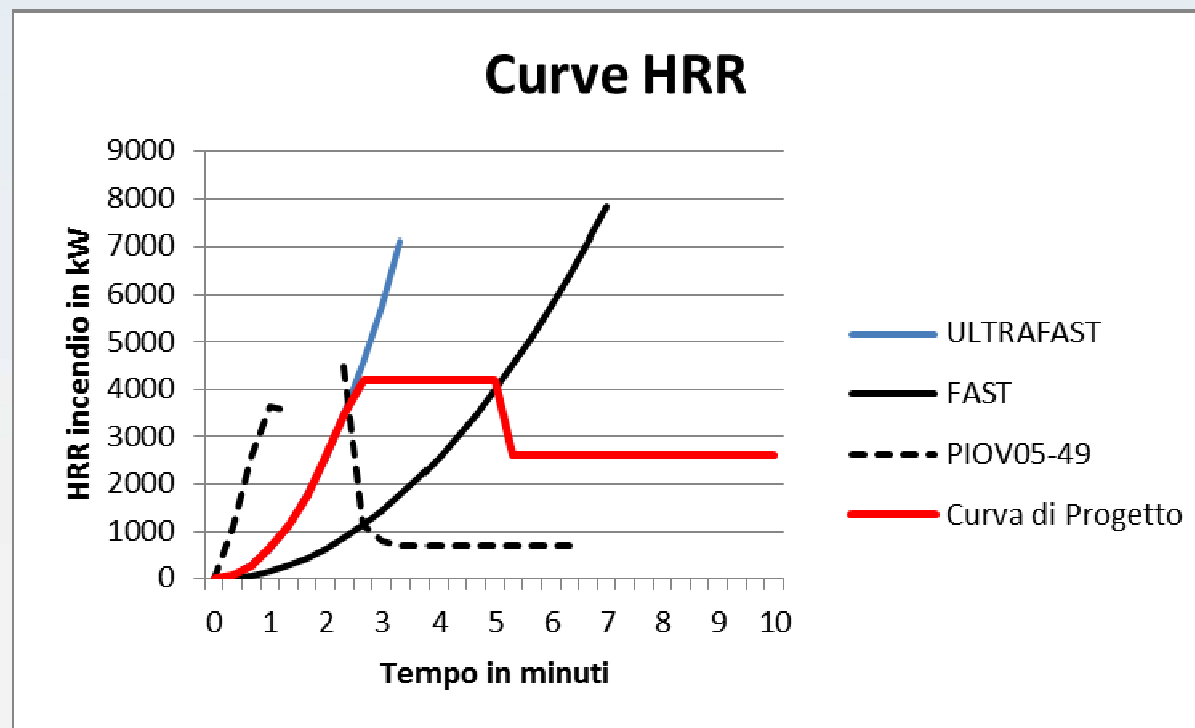


Risultati simulazione e confronto con risultati di Test reali

		
Simulazione dopo 100 s; si attiva lo sprinkler. Si sono incendiate anche le merci dello scaffale di fronte	Test NFPA dopo 80 s; incendio in fase di spegnimento, visibilità ridotta per l'abbassamento dei fumi indotto dallo sprinkler	Test FM dopo 100 s; incendio quasi spento (scaffale di destra), visibilità in fase di riduzione



Adozione della Curva di progetto



La **Curva di progetto** è ottenuta da una **HRR** del tipo **ULTRAFAST** interrotta dopo 150 s (2 minuti incrementati di un fattore del 25% per tenere conto dei margini di errore del software FDS, utilizzato nella modellizzazione), che porta l'incendio a raggiungere un **valore massimo di HRR pari a 4.0 MW**, considerato costante fino a la quinto minuto, dopo di che tale valore viene ridotto a circa 2,6 MW (valore di HRR raggiunto dalla curva ULTRAFAST dopo 120 secondi, cioè al netto del margine di sicurezza), nell'ipotesi conservativa di solo *controllo dell'incendio da parte dello sprinkler e non di spegnimento*.



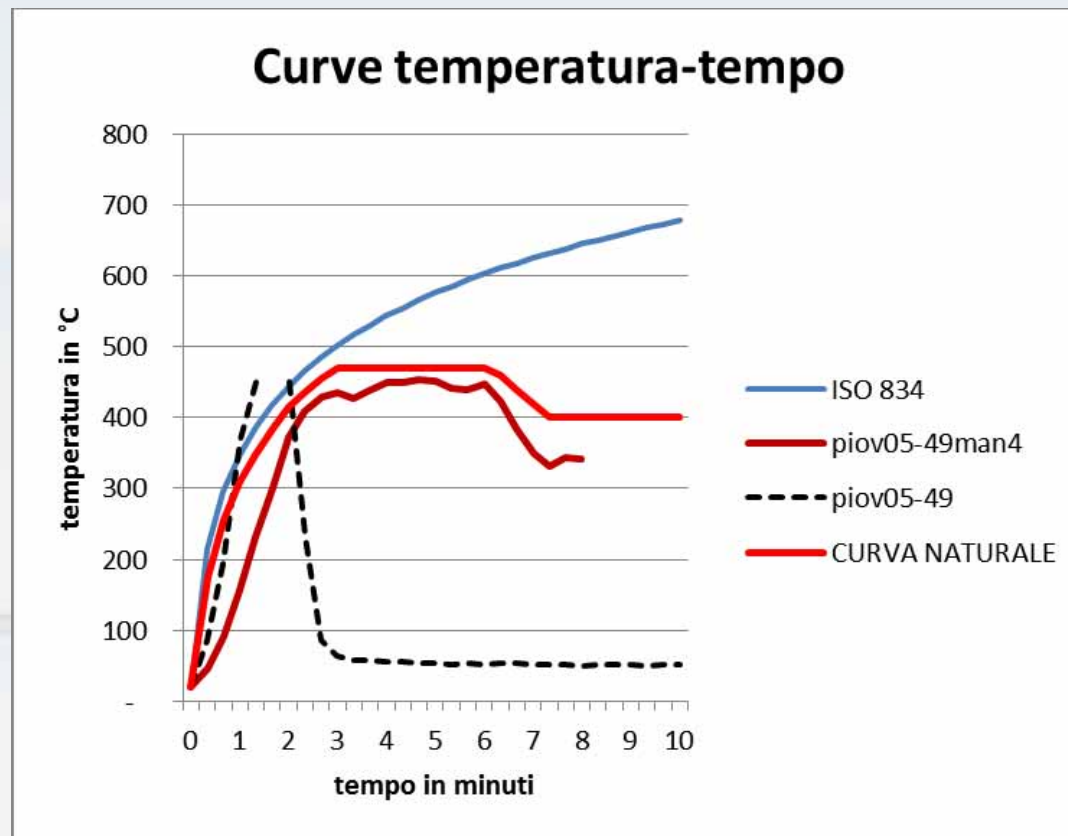
Con la Curva di progetto

- ✓ **Verifica** dei tempi di intervento dello sprinkler (15 testine su 20 si aprono entro 100 secondi dall'inizio dell'incendio)
- ✓ **Stima** delle temperature raggiunte dalle strutture metalliche, considerate poste esattamente sopra la sede dell'incendio. *Questo valutando l'incremento di temperatura delle strutture portanti della copertura sia per gli **effetti convettivi che per l'irraggiamento.***

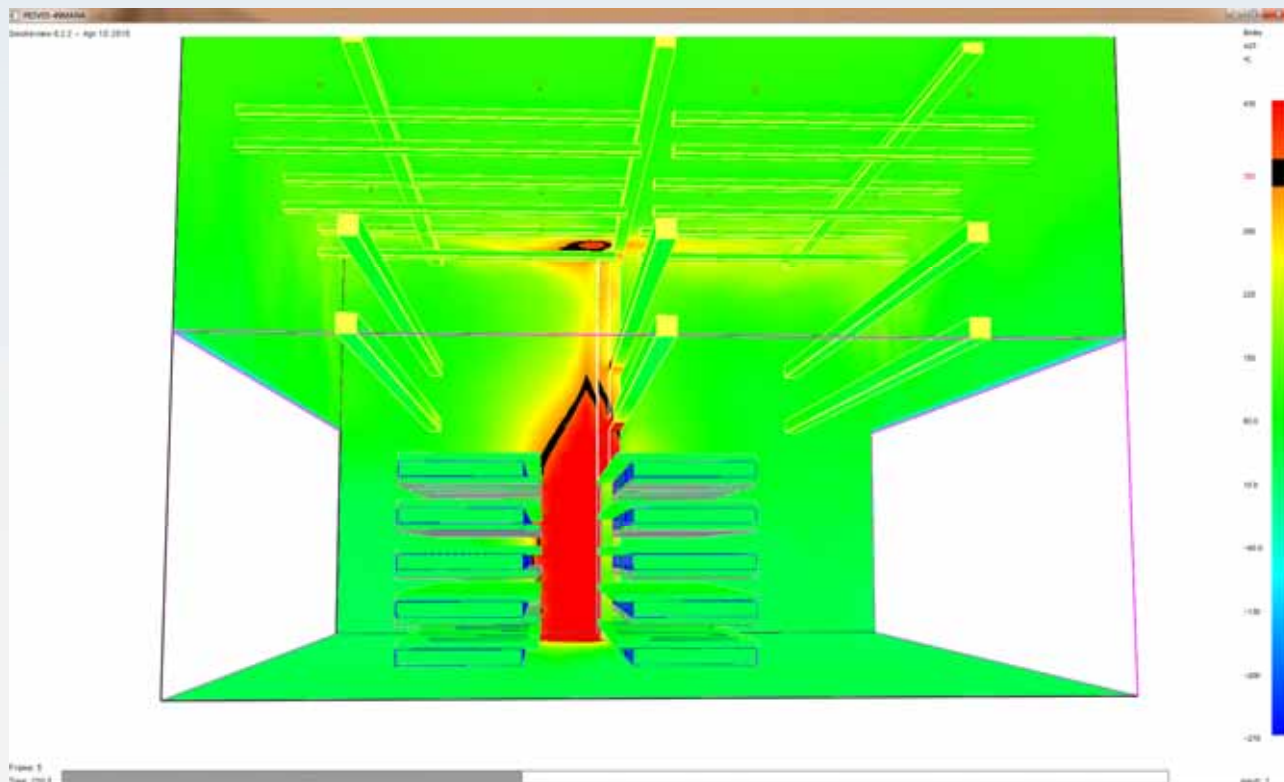


Stima della Resistenza al fuoco delle strutture

Da un confronto tra le curve ricavate dalle simulazioni e la curva standard ISO 834 è possibile definire la **curva naturale temperatura-tempo** (considerata riprendente l'andamento della ISO 834 con un ulteriore margine di sicurezza e **raccordata alla temperatura massima derivante dalla modellazione che considera l'intervento dello sprinkler**).



Stima della Resistenza al fuoco delle strutture



La colonna (posta a ridosso dell'incendio) supera la temperatura di 350°C (da qui la scelta/necessità di proteggere le colonne), mentre solo una limitata porzione degli elementi delle travi reticolari e del manto di copertura superano tale temperatura. In particolare, è utile riscontrare che le travi reticolari adiacenti a quella interessata dall'incendio rimangono a temperatura sufficientemente bassa.



Compartimentazione

Gli **obiettivi per questa misura di sicurezza** riguardano:

- a) la **propagazione dell'incendio all'interno della stessa attività**:
- il Codice prevede una **superficie massima** del singolo compartimento di 32.000 m² per il profilo di rischio A3 e nessun limite per il profilo di rischio A2 - La BS 9999 (tabella 30) non pone nessun limite di superficie per entrambi i profili di rischio (A2 e A3) per edifici ad un solo piano

Nel caso in esame (profilo di rischio A2) risulterebbe possibile considerare l'edificio come unico compartimento della superficie di circa 40.000 m², ma il D.M. 10 marzo 1998 classifica come attività a **rischio di incendio elevato** (punto 9.2) i “depositi al chiuso di materiali combustibili aventi superficie superiore a 20.000 m²”. **L'edificio è stato quindi suddiviso in 2 compartimenti (divisi da parete EI60) da circa 18.000 m² ciascuno.**



Compartimentazione

Gli obiettivi per questa misura di sicurezza riguardano:

b) la **propagazione dell'incendio verso altre attività**;

Nel caso in esame si applica la **procedura tabellare della distanza minima di separazione** prevista dal Codice (S.3.11.2), che permette di verificare che **l'irraggiamento termico dell'edificio sia inferiore a 12.6 kW/m²**:

$$d_i = \alpha_i p_i + \beta_i$$

$q_f > d_i$ 1.200 MJ/mq

$d_i = 6,5$ m

$B_i = 60$ m; $H_i = 3$ m (aperture solo nella parte bassa della parete alta 12 m);
 $\alpha_i = 1.8$; $p_i = 0.2$; $\beta_i = 6.1$;

B _i [m]	H _i [m]																			
	3		6		9		12		15		18		21		24		27		30	
	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β
3	2,5	1,0	4,0	0,9	5,0	0,7	5,7	0,6	6,2	0,5	6,5	0,4	6,8	0,4	7,0	0,3	7,1	0,3	7,2	0,3
6	3,2	1,6	5,2	1,8	6,8	1,7	8,1	1,5	9,2	1,4	10,1	1,2	10,9	1,1	11,5	1,0	12,0	0,9	12,5	0,8
9	3,5	2,1	6,0	2,5	8,0	2,6	9,6	2,5	11,0	2,4	12,3	2,2	13,4	2,1	14,4	1,9	15,3	1,7	16,0	1,6
12	3,7	2,6	6,6	3,1	8,8	3,3	10,7	3,3	12,4	3,3	13,9	3,2	15,2	3,0	16,5	2,9	17,6	2,7	18,6	2,6
15	3,7	2,9	7,0	3,6	9,5	3,9	11,6	4,1	13,4	4,1	15,1	4,1	16,6	4,0	18,1	3,9	19,4	3,7	20,6	3,6
18	3,7	3,3	7,3	4,1	10,0	4,5	12,3	4,8	14,3	4,9	16,1	4,9	17,8	4,9	19,4	4,8	20,9	4,7	22,3	4,5
21	3,6	3,6	7,5	4,5	10,4	5,0	12,9	5,4	15,1	5,6	17,0	5,7	18,9	5,7	20,6	5,7	22,2	5,6	23,7	5,5
24	3,5	3,9	7,6	4,9	10,7	5,5	13,4	6,0	15,7	6,2	17,8	6,4	19,8	6,5	21,6	6,5	23,3	6,5	24,9	6,4
27	3,3	4,1	7,6	5,2	11,0	6,0	13,9	6,5	16,2	6,6	18,5	7,0	20,6	7,2	22,5	7,3	24,3	7,3	26,0	7,2
30	3,2	4,1	7,6	5,2	11,0	6,0	13,9	6,5	16,2	6,6	18,5	7,0	20,6	7,2	22,5	7,3	24,3	7,3	26,0	7,2
33	3,1	4,1	7,6	5,2	11,0	6,0	13,9	6,5	16,2	6,6	18,5	7,0	20,6	7,2	22,5	7,3	24,3	7,3	26,0	7,2
36	3,0	4,1	7,6	5,2	11,0	6,0	13,9	6,5	16,2	6,6	18,5	7,0	20,6	7,2	22,5	7,3	24,3	7,3	26,0	7,2
39	2,9	4,1	7,6	5,2	11,0	6,0	13,9	6,5	16,2	6,6	18,5	7,0	20,6	7,2	22,5	7,3	24,3	7,3	26,0	7,2
42	2,8	4,1	7,6	5,2	11,0	6,0	13,9	6,5	16,2	6,6	18,5	7,0	20,6	7,2	22,5	7,3	24,3	7,3	26,0	7,2
45	2,7	4,1	7,6	5,2	11,0	6,0	13,9	6,5	16,2	6,6	18,5	7,0	20,6	7,2	22,5	7,3	24,3	7,3	26,0	7,2
48	2,6	4,1	7,6	5,2	11,0	6,0	13,9	6,5	16,2	6,6	18,5	7,0	20,6	7,2	22,5	7,3	24,3	7,3	26,0	7,2
51	2,5	4,1	7,6	5,2	11,0	6,0	13,9	6,5	16,2	6,6	18,5	7,0	20,6	7,2	22,5	7,3	24,3	7,3	26,0	7,2
54	2,4	4,1	7,6	5,2	11,0	6,0	13,9	6,5	16,2	6,6	18,5	7,0	20,6	7,2	22,5	7,3	24,3	7,3	26,0	7,2
57	2,3	4,1	7,6	5,2	11,0	6,0	13,9	6,5	16,2	6,6	18,5	7,0	20,6	7,2	22,5	7,3	24,3	7,3	26,0	7,2
60	1,8	6,1	6,5	8,5	11,3	10,0	15,5	11,1	19,3	12,0	22,6	12,7	25,7	13,3	28,6	13,8	31,2	14,2	33,8	14,6

Per valori di B_i e H_i intermedi a quelli riportati in tabella si approssima al valore immediatamente successivo. In alternativa può essere impiegata iterativamente la procedura analitica di cui al paragrafo S.3.11.3.



Compartimentazione

Gli **obiettivi per questa misura di sicurezza** riguardano:

b) la **propagazione dell'incendio verso altre attività**;

Nel caso in esame **l'edificio è dotato di misure di controllo dell'incendio di livello di prestazione IV** (Protezione di base, protezione manuale e protezione automatica estesa a porzioni dell'attività), la distanza **d1** può **essere dimezzata** e diventa pari a **3.3 m**:



inferiore alle distanze esistenti



Esodo

Livello di prestazione I: *esodo della totalità degli occupanti verso un luogo sicuro*

L'edificio si sviluppa infatti solo al *piano terra* ed è privo di scale, *l'affollamento è trascurabile* in rapporto alle dimensioni e sarà presente un *numero sovrabbondante di uscite di sicurezza* (almeno 3 per ogni locale ad uso magazzino, di cui almeno una diretta all'esterno); **per l'obiettivo di sicurezza rimane quindi da considerare solo il tempo di esodo**, verificando che sia sufficientemente breve in rapporto alle prestazioni dell'edificio; tempo di esodo che è strettamente correlato alla distanza da un luogo sicuro.



Esodo

Secondo il Codice, per un profilo di rischio **A2**, la lunghezza del percorso di esodo è di 60 m e quella del corridoio cieco di 25 m, incrementabili del 36% per la presenza dell'impianto di rivelazione ed allarme con livello di prestazione IV (+15%) e per l'altezza interna superiore a 7 m (+21%); si ottiene quindi una **lunghezza massima del percorso di esodo pari a circa 81 m** e 34 m per il corridoio cieco.

Misura antincendio aggiuntiva	δ_{adj}	
Rivelazione ed allarme (Capitolo S.7) con livello di prestazione IV.	15%	
Controllo di fumi e calore (Capitolo S.8) con livello di prestazione III.	20%	
Altezza media del locale servito dalla via d'esodo, h_m , in metri [1]	≤ 3 m	0%
	> 3 m, ≤ 4 m	5%
	> 4 m, ≤ 5 m	10%
	> 5 m, ≤ 6 m	15%
	> 6 m, ≤ 7 m	18%
	> 7 m, ≤ 8 m	21%
	> 8 m, ≤ 9 m	24%
	> 9 m, ≤ 10 m	27%
> 10 m	30%	

[1] Qualora la via d'esodo serva più locali, si assume la minore tra le altezze medie

Tabella S.4-15: Parametri per la definizione dei fattori δ_{adj}

R_{vis}	Max lunghezza d'esodo L_{ex} [m]	Max lunghezza corrid. cieco L_{cc} [m]	R_{vis}	Max lunghezza d'esodo L_{ex} [m]	Max lunghezza corrid. cieco L_{cc} [m]
A1	70	30	B1, E1	60	25
A2	60	25	B2, E2	50	20
A3	45	20	B3, E3	40	15
A4	30	15	C1	40	20
D1	30	15	C2	30	15
D2	20	10	C3	20	10

I valori delle massime lunghezze d'esodo e dei corridoi ciechi di riferimento possono essere incrementati in relazione a misure antincendio aggiuntive secondo la metodologia di cui al paragrafo S.4.10.

Tabella S.4-10: Massime lunghezze d'esodo e di corridoio cieco di riferimento



Esodo

Secondo la BS9999 la lunghezza massima del percorso di esodo sarebbe di **75 m per il profilo di rischio A2**, mentre secondo lo standard **NFPA 101 “Life Safety Code”** (per il quale la pericolosità delle merci stoccate può essere classificata come ordinaria “), la lunghezza massima di percorsi di esodo è di **61 m in assenza di impianto sprinkler**, e di **122 m in sua presenza**.



Esodo nel caso specifico della deroga

- ✓ in **meno di 60 m**, da qualsiasi punto di ogni locale ad uso magazzino del piano terra dell'edificio, è possibile *raggiungere almeno un luogo sicuro temporaneo* (magazzino adiacente o l'esterno);
- ✓ in **meno di 122 m**, da qualsiasi punto di ogni locale ad uso magazzino del piano terra dell'edificio, con un percorso cieco non superiore a 30 m, è disponibile almeno una **uscita verso l'esterno dell'edificio** (spazio scoperto);
- ✓ **almeno una uscita di sicurezza diretta all'esterno** è sempre prevista per ogni locale ad uso magazzino del piano terra.



Esodo nel caso specifico della deroga

Il tempo necessario per l'esodo dell'edificio (RSET) è:

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

RSET = 4,5 min

- t_{det} è il tempo di rivelazione: per valutare questo parametro sono state effettuate specifiche simulazioni che hanno indicato un tempo di rivelazione di circa 60 secondi;
- t_a tempo di allarme generale: 0 secondi (per la presenza del sistema di rivelazione incendi ed allarme automatico esteso a tutti i locali ad uso magazzino dell'attività, con sirene udibili in tutti i punti dell'edificio);
- t_{pre} tempo di attività pre-movimento (somma dei tempi di riconoscimento (ricognizione) e di risposta ai segnali ricevuti): 90 secondi (con riferimento allo standard ISO/TR 16738:2009 tabella E.2);
- t_{tra} tempo di movimento: 122 m alla velocità di 1.0 m/s = 122 secondi (velocità riferita allo standard ISO/TR 16738:2009 tabella G. 4);

Ai valori sopra indicati si aggiunge un **marginale temporale di sicurezza** di circa il **50%** (2 minuti e mezzo). **Il tempo massimo necessario per l'esodo dell'edificio RSET è considerabile di 6-7 min.**



Stima della visibilità e delle temperature

Dalle simulazioni

In realtà sono necessari **4-6 minuti per l'abbandono del locale** (nelle simulazioni condotte nelle condizioni più sfavorevoli i minuti utili sono risultati in realtà 7): la **visibilità** all'interno del locale rimane comunque *superiore ai 10 m ad esclusione di alcune limitate zone in corrispondenza dell'incendio* e dei punti più lontani dallo stesso.

Le **temperature** sono relativamente **basse e compatibili con la possibilità di esodo**.



Controllo dell'incendio

In relazione all'elevato carico di incendio il **livello di prestazione** considerato è il **IV** del nuovo Codice di prevenzione incendi, in particolare è stata **prevista la copertura dei locali magazzino con un impianto sprinkler** progettato ed installato in conformità alla norma *UNI di 12845*.

Questo naturalmente oltre all'installazione di *estintori e di idranti*.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Nessun requisito
II	Protezione di base
III	Protezione di base e protezione manuale
IV	Protezione di base, protezione manuale e protezione automatica estesa a porzioni dell'attività
V	Protezione di base, protezione manuale e protezione automatica estesa a tutta l'attività

Tabella S.6-1: Livelli di prestazione per il controllo o l'estinzione dell'incendio





Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Non ammesso nelle attività soggette
II 	Attività dove siano verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni: <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; • <u>carico di incendio specifico q_f non superiore a 600 MJ/m²;</u> • superficie lorda di ciascun compartimento non superiore a 4000 m²; • non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
III	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV 	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, <u>elevato carico di incendio specifico q_f</u> , presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio, ...).
V	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.

Tabella S.6-2: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione



Rivelazione ed allarme

E' prevista l'installazione di un **impianto di rivelazione ed allarme** realizzato in conformità alla norma UNI 9795 (con riferimento al **livello di prestazione IV** del Codice)

Livello di prestazione	Descrizione
I	La rivelazione e allarme incendio è demandata agli occupanti
II	Segnalazione manuale e sistema d'allarme esteso a tutta l'attività
III	Rivelazione automatica estesa a porzioni dell'attività, sistema d'allarme, eventuale avvio automatico di sistemi di protezione attiva
IV	Rivelazione automatica estesa a tutta l'attività, sistema d'allarme, eventuale avvio automatico di sistemi di protezione attiva

Tabella S.7-1: Livelli di prestazione per rivelazione ed allarme incendio






Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
<p style="text-align: center;">I</p> 	<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, Ci1, Ci2, Ci3; ◦ R_{beni} pari a 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 4000 m²; • carico di incendio specifico q_f non superiore a 600 MJ/m²; [1] • non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
<p style="text-align: center;">II</p> 	<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, Ci3; ◦ R_{beni} pari a 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; • <u>carico di incendio specifico q_f non superiore a 600 MJ/m²; [1]</u> • non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
<p style="text-align: center;">III</p>	<p>Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.</p>
<p style="text-align: center;">IV</p> 	<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, <u>elevato carico di incendio specifico q_f</u>, presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio, ...).</p>
<p>[1] Per attività di civile abitazione: carico di incendio specifico q_f non superiore a 900 MJ/m²</p>	

Tabella S.7-2: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione



Operatività antincendio

Non essendo previsto l'accesso all'interno dell'edificio in caso di emergenza, il **livello di prestazione** considerato è il **III**: **accessibilità per i mezzi di soccorso antincendio e pronta disponibilità di agenti estinguenti**. L'area già soddisfa tali requisiti ed è previsto un Centro di Gestione delle emergenze (portineria). Apposite procedure ed accorgimenti garantiranno l'accessibilità ai vari lati dell'edificio.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Nessun requisito
II	Accessibilità per mezzi di soccorso antincendio
III	Accessibilità per mezzi di soccorso antincendio Pronta disponibilità di agenti estinguenti
IV	Accessibilità per mezzi di soccorso antincendio Pronta disponibilità di agenti estinguenti Accessibilità <i>protetta</i> per Vigili del fuoco a tutti i locali dell'attività

Tabella S.9-1: Livelli di prestazione per l'operatività antincendio





Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Non ammesso nelle attività soggette
II 	Attività dove siano verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni: <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; ◦ 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 4000 m²; • <u>carico di incendio specifico q_i non superiore a 600 MJ/m²;</u> • 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 	Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV	Attività dove sia verificata <i>almeno una</i> delle seguenti condizioni: <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 superiore a 300 persone; ◦ se non aperta al pubblico: affollamento complessivo superiore a 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.

Tabella S.9-2: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione



Gestione della sicurezza antincendio

E' stato prevista l'adozione di un sistema di gestione della sicurezza antincendio di livello avanzato (**livello di prestazione II**), progettato rispettando le indicazioni fornite dal capitolo S.5.5 del Codice ed in grado di assolvere le richieste dei capitoli S.5.6 ed S.5.7 per la **gestione della sicurezza in esercizio e in emergenza**.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Gestione della sicurezza antincendio di livello base
II	Gestione della sicurezza antincendio di livello avanzato
III	Gestione della sicurezza antincendio di livello avanzato per attività complesse

Tabella S.5-1: Livelli di prestazione per la gestione della sicurezza antincendio



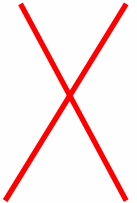
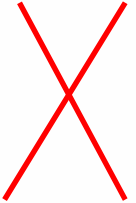
Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
<p style="text-align: center;">I</p> 	<p>Attività ove siano verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • profili di rischio: <ul style="list-style-type: none"> ◦ R_{vita} compresi in A1, A2, Ci1, Ci2, Ci3; ◦ R_{beni} 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; • <u>carico di incendio specifico q_f non superiore a 1200 MJ/m²;</u> • non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio o dell'esplosione.
<p style="text-align: center;">II</p>	<p>Attività non ricomprese negli altri criteri di attribuzione</p>
<p style="text-align: center;">III</p> 	<p>Attività ove sia verificato <i>almeno una</i> delle seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>profilo di rischio R_{beni} compreso in 3, 4;</u> • <u>elevato affollamento complessivo:</u> <ul style="list-style-type: none"> ◦ se aperta al pubblico: affollamento complessivo superiore a 300 persone; ◦ se non aperta al pubblico: affollamento complessivo superiore a 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.

Tabella S.5-2: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione



Controllo di fumi e calore

L'impianto di controllo di fumi e calore è previsto con riferimento agli impianti di “**smaltimento di fumo e calore d'emergenza**” descritti nel Codice (S.8.1.). Essendo la norma **UNI 9494** pensata per un **regime stazionario**, quindi fuori degli obiettivi del progetto, è stata pensata **solo come riferimento** per la *scelta e l'installazione dei componenti degli impianti*. Il *predimensionamento è stato pensato secondo le indicazioni fornite da altre normative europee* (in particolare il codice del lavoro francese e al BRE 368 inglese “Design methodologies for smoke and heat exhaust ventilation”) e altri standard NFPA.



Livello di prestazione	Descrizione
I	Nessun requisito
II	Deve essere possibile smaltire fumi e calore dell'incendio da piani e locali del compartimento durante le operazioni di estinzione condotte dalle squadre di soccorso
III	Deve essere mantenuto nel compartimento uno strato libero dai fumi che permetta: <ul style="list-style-type: none"> • la salvaguardia degli occupanti e delle squadre di soccorso, • la protezione dei beni, se richiesta. Fumi e calore generati nel compartimento non devono propagarsi ai compartimenti limitrofi.

Tabella S.8-1: Livelli di prestazione per controllo di fumo e calore

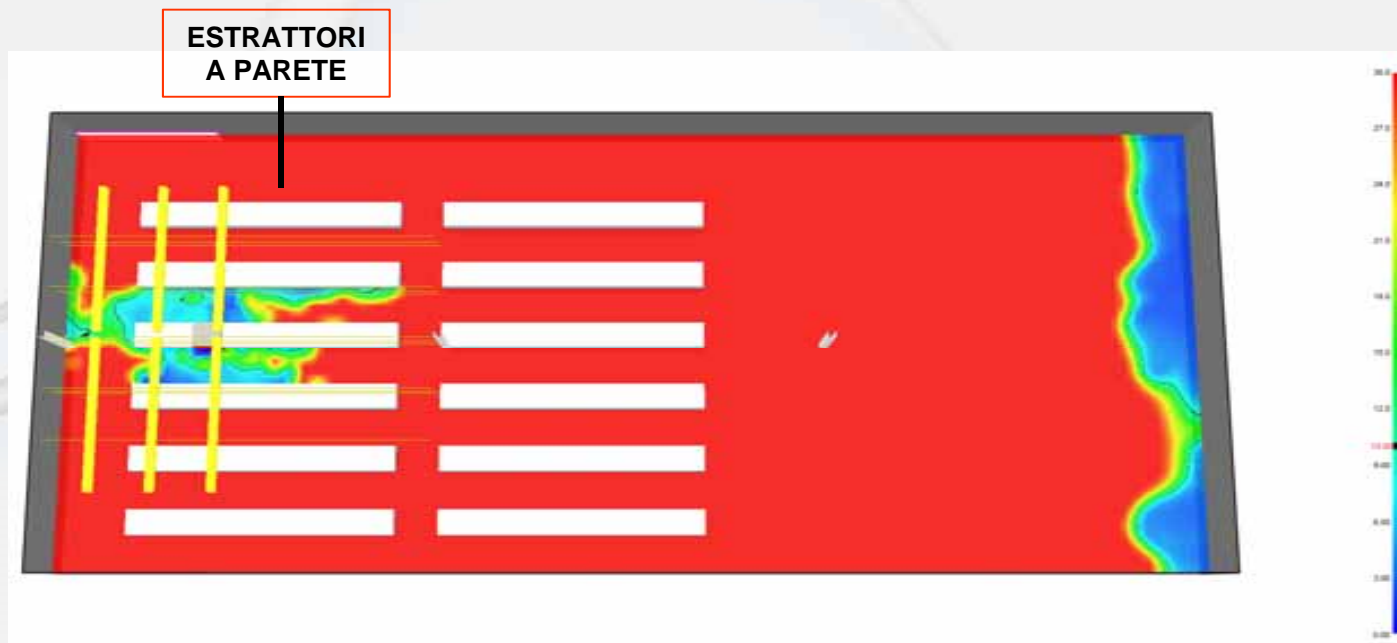
Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Compartimenti dove siano verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> • non adibiti ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto; • superficie lorda di ciascun compartimento non superiore a 25 m²; • <u>carico di incendio specifico q_i non superiore a 600 MJ/m²;</u> • non si detengono o trattano sostanze o miscele pericolose in quantità significative; • non si effettuano lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio.
II	Compartimento non ricompreso negli altri criteri di attribuzione.
III	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, <u>elevato carico di incendio specifico q_i</u> , presenza di sostanze o miscele pericolose in quantità significative, presenza di lavorazioni pericolose ai fini dell'incendio, ...).

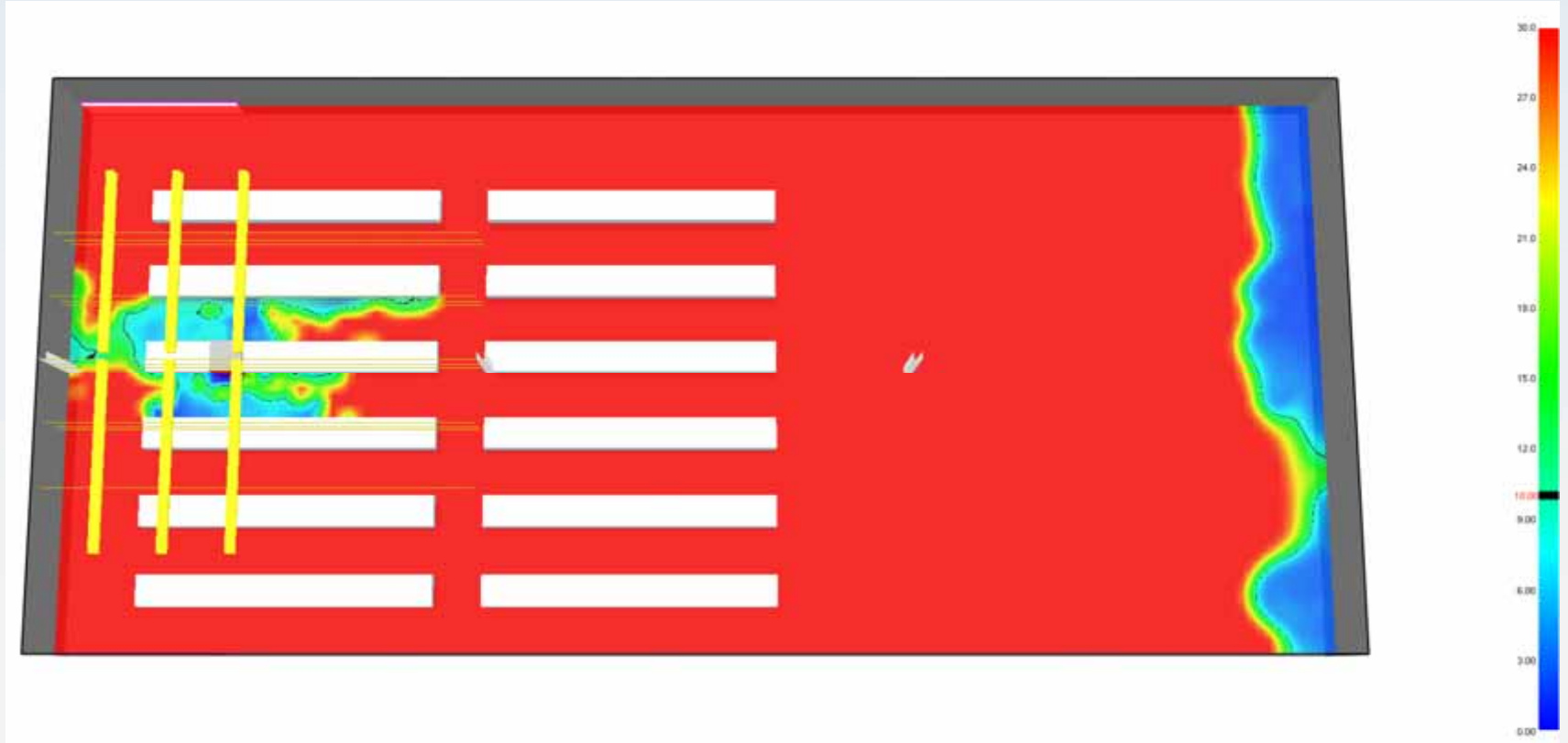
Tabella S.8-2: Criteri di attribuzione dei livelli di prestazione



Controllo di fumi e calore

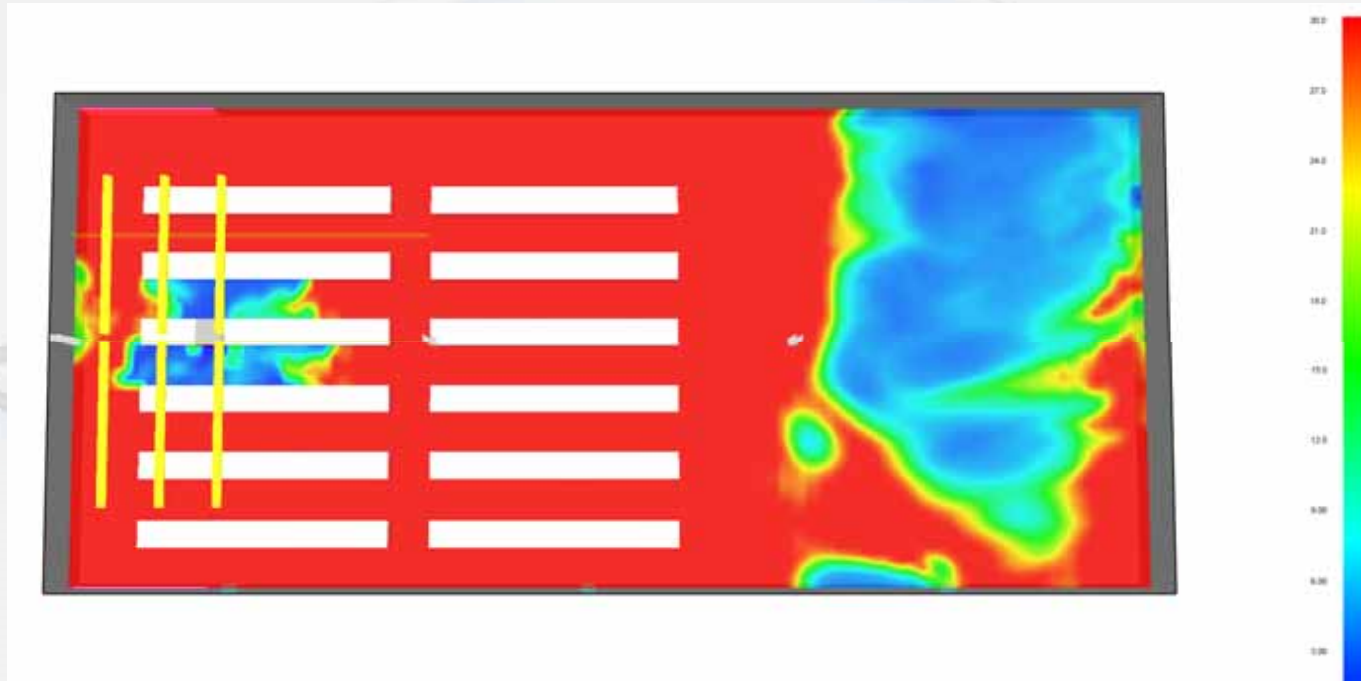
Con le **simulazioni** vengono verificate le *portate del sistema* per garantire le condizioni di sicurezza dell'esodo (tempo/visibilità) per evacuare il locale. E' stato così dimostrato che *fino al tempo di 180 secondi* (3 minuti), *nella fascia tra 2 e 2.5 m di altezza dal pavimento la visibilità rimane superiore a 10 m.*





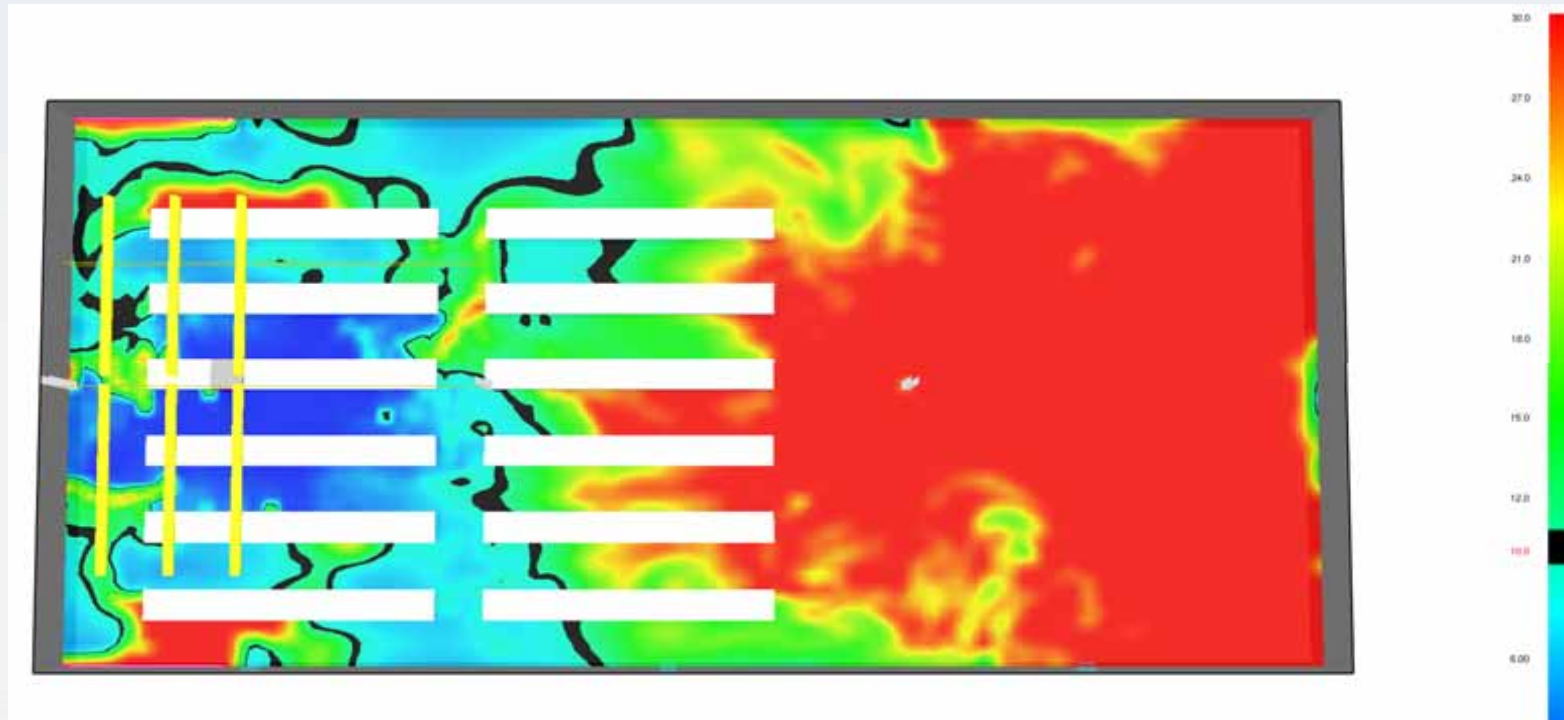
Controllo di fumi e calore

A **circa 240 secondi** si ha un **temporaneo abbassamento della visibilità al di sotto dei 10 m** per il ritorno dei fumi che hanno rimbalzato sulla parete più lontana dall'incendio; *una situazione ancora paragonabile a quella che si avrebbe in assenza di impianto di estrazione dei fumi.*



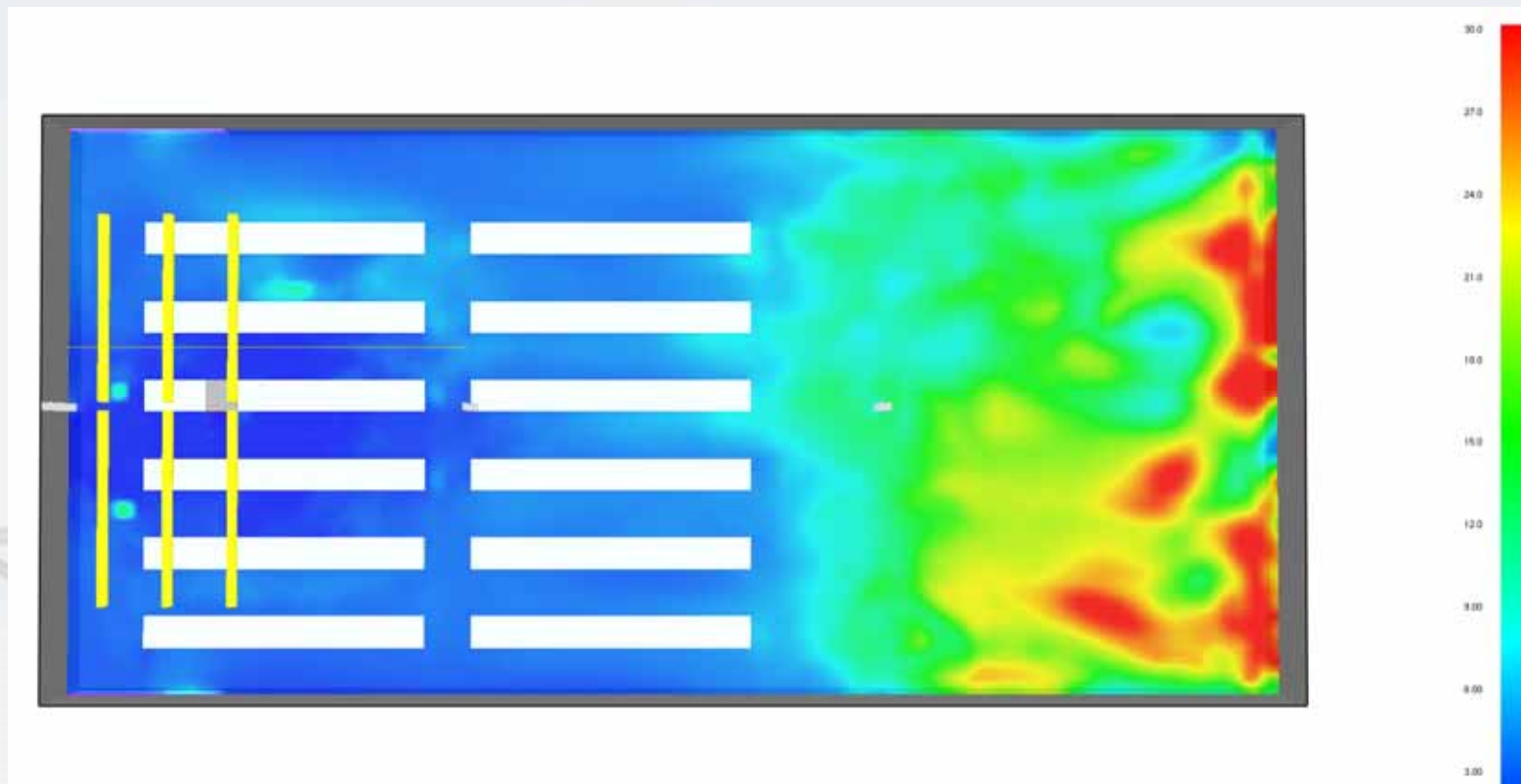
Controllo di fumi e calore

Dopo **7 minuti** (per l'esodo ne basterebbero 3-5) la visibilità, con sistema di estrazione fumi in funzione, risulta:



Controllo di fumi e calore

Mentre **senza sistema di estrazione fumi in funzione** (sempre dopo 7 minuti) si avrebbe:



Grazie per la vostra attenzione



Ministero dell'Interno
Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile
Direzione Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica

