

Sicurezza Antincendio negli edifici storici

Problematiche legate all'evacuazione del Palazzo Baronale di Giurdignano (Le)

- R. LALA – Vigili del Fuoco Lecce
- M. GATTO – Università del Salento
- M. A. AIELLO – Università del Salento



CONVENZIONE QUADRO

Il presente lavoro nasce nell'ambito della **convenzione quadro** sottoscritta in data **25/01/2012** tra Università del Salento e Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso pubblico e della Difesa civile per la promozione di attività di formazione e di ricerca.



In particolare, con questa convenzione l'Università e il Dipartimento si impegnano alla **promozione di attività di formazione** nell'ambito di corsi di laurea, master e corsi di specializzazione in **materie interdisciplinari** inerenti la sicurezza antincendio, la sicurezza e l'igiene nei luoghi di lavoro e la sicurezza "in seguito a eventi disastrosi o incidenti".

CONVENZIONE QUADRO

Nell'ambito della convenzione, l'Università e il Dipartimento concordano le modalità d'uso di laboratori, attrezzature e servizi per la realizzazione di attività didattiche complementari e sperimentazioni utili alla ricerca scientifica e tecnologica sul comportamento dei materiali (anche innovativi) e degli elementi strutturali e non strutturali sotto l'azione del fuoco, sulla valutazione del rischio e degli interventi in caso di calamità naturali o incidenti.

Le attività di ricerca congiunte potranno essere svolte anche nell'ambito di programmi di finanziamento regionali, nazionali e internazionali.



CONVENZIONE QUADRO

Un **Comitato di coordinamento** appositamente costituito, e composto da tre membri designati dal Dipartimento (su proposta del Dirigente generale capo del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco) e tre dall'Università, si occupa – tra l'altro – di individuare linee di attività che possono riguardare:



- sviluppo di tesi di laurea e di dottorato su temi relativi all'analisi delle prestazioni di materiali e tecniche innovative in presenza dell'azione del fuoco e alla sicurezza di costruzioni civili e impianti industriali in seguito a calamità naturali o incidenti;
- corsi di specializzazione post-laurea, corsi di laurea triennale e altre attività didattiche sui temi relativi all'“Ingegneria della sicurezza”;
- convegni e giornate di studio;
- stage formativi di studenti presso il Dipartimento e, previa verifica della disponibilità, presso altre strutture in rapporto con il Dipartimento, anche all'estero;
- progetti e attività di ricerca congiunte.

CONVENZIONE QUADRO

Sarà possibile, infine, nell'ambito di specifiche attività formative:

- accogliere studenti dell'ultimo biennio presso impianti e/o laboratori del Ministero dell'Interno, per visite, esercitazioni e stage di formazione;
- accogliere laureandi e dottorandi presso le strutture del Ministero dell'Interno, per lo svolgimento di tesi;
- effettuare stage, visite tecniche ed esercitazioni presso tutte le strutture del Corpo nazionale dei Vigili del Fuoco, compreso il Centro studi ed esperienze di Roma.



Il caso in analisi: il Palazzo Baronale di Giurdignano

- Inizi del XVI secolo;
- Due piani fuori terra più interrato;
- Primo piano adibito a mediateca;
- Rispondente al DM 20 Maggio 1992, n.569.

Caratteristiche:

- Ambienti di grande volume
- Distribuzione non simmetrica
- Max Affollamento: 60 persone
- Altezza interna: 5,00 ÷ 7,00 m





Obiettivi

- Verifica del **SISTEMA DI ESODO**

- Analisi comparativa tra approccio **prescrittivo** ed
approccio **prestazionale**

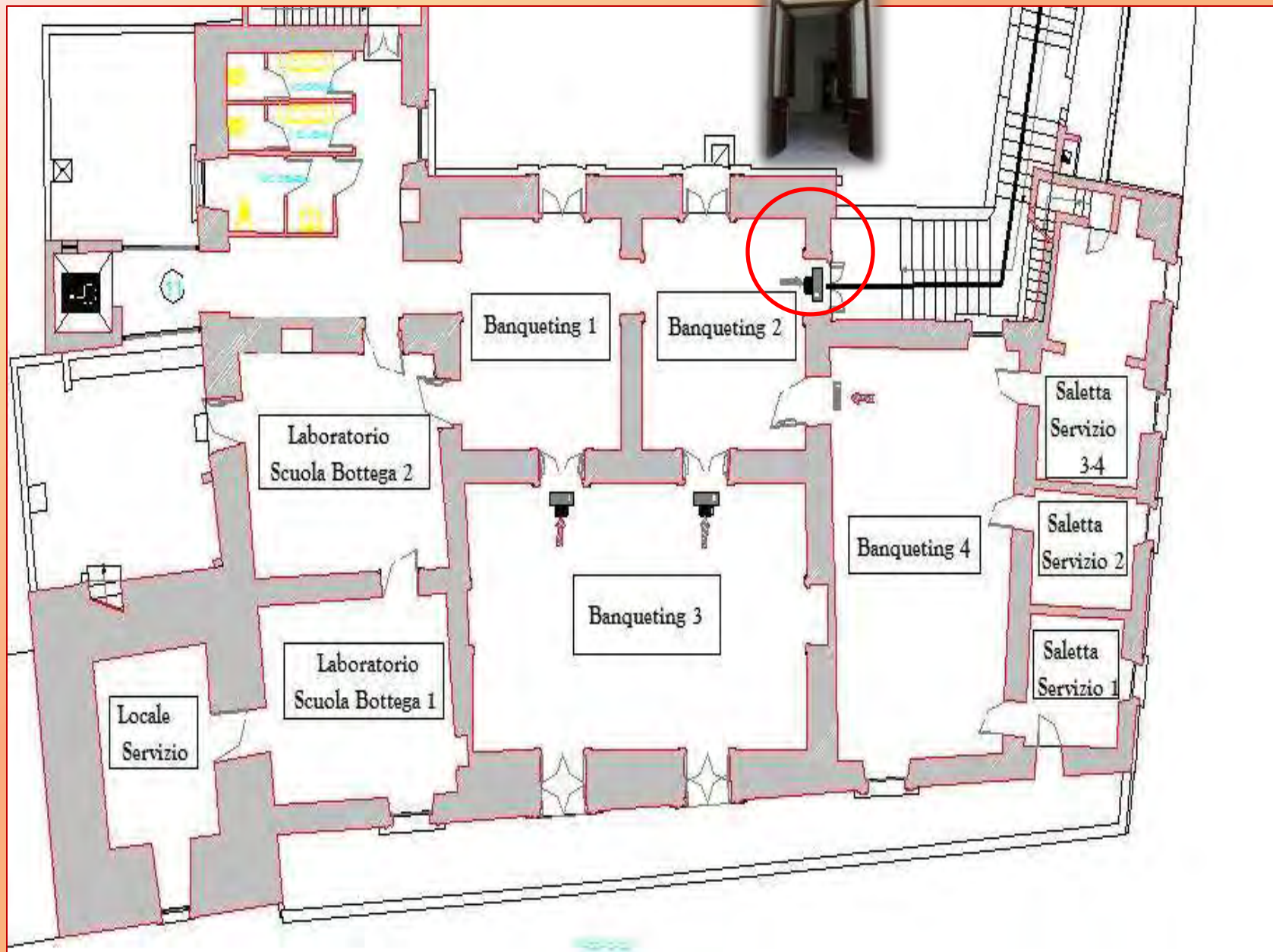
Problematiche di evacuazione al PIANO PRIMO

Via di ESODO :
scalinata che porta al **cortile**
interno.



Uscita di sicurezza
UNICA .





In caso di incendio, è possibile garantire l'esodo in sicurezza all'interno di un edificio con tali caratteristiche e problematiche?



Limiti dell'approccio prescrittivo



- Assenza di **principi ingegneristici**;
- **Limitata discrezionalità** dei Tecnici Incaricati;
- Requisiti richiesti spesso complessi e disomogenei;
- Difficile applicazione in ambienti storici o innovativi .

Fire Safety Engineering

Caratteristiche

- Nasce da un progetto dell'**ISO**;
- Moderno **strumento** per la valutazione della sicurezza di un edificio;
- Introduce il concetto di Ricerca della Prestazione di una struttura;
- L'**Unione Europea** ne ha previsto il suo utilizzo Doc. Interp. n.2 della Direttiva "Prodotti da Costruzione".

Vantaggi

- Progettare con **maggiore libertà**;
- Evitare sprechi di materiale;
- Verificare la **validità** di progetti di P.I. proposti per risolvere situazioni difficili;
- **Valutare** i piani di emergenza seguendo l'andamento dell'incendio;
- **Investigare** sulle cause d'incendio mediante la ricostruzione dell'incendio.

In caso di edifici storici

LIMITI all'approccio ingegneristico:

Si tratta di un edificio “pregevole per storia ed arte”
pertanto si evitano interventi **strutturali** e di
impiantistica eccessivamente invasivi.



Valori prestazionali minimi:

Parametro	Dominio di accettabilità
Altezza fumi dal pavimento	$\geq 1,80 \text{ m}$
Temperatura dello strato basso di fumi	$\leq 60 \text{ °C}$
Flusso termico al pavimento	$\leq 2,50 \text{ Kw/m}^2$

Riferimento Normativo:

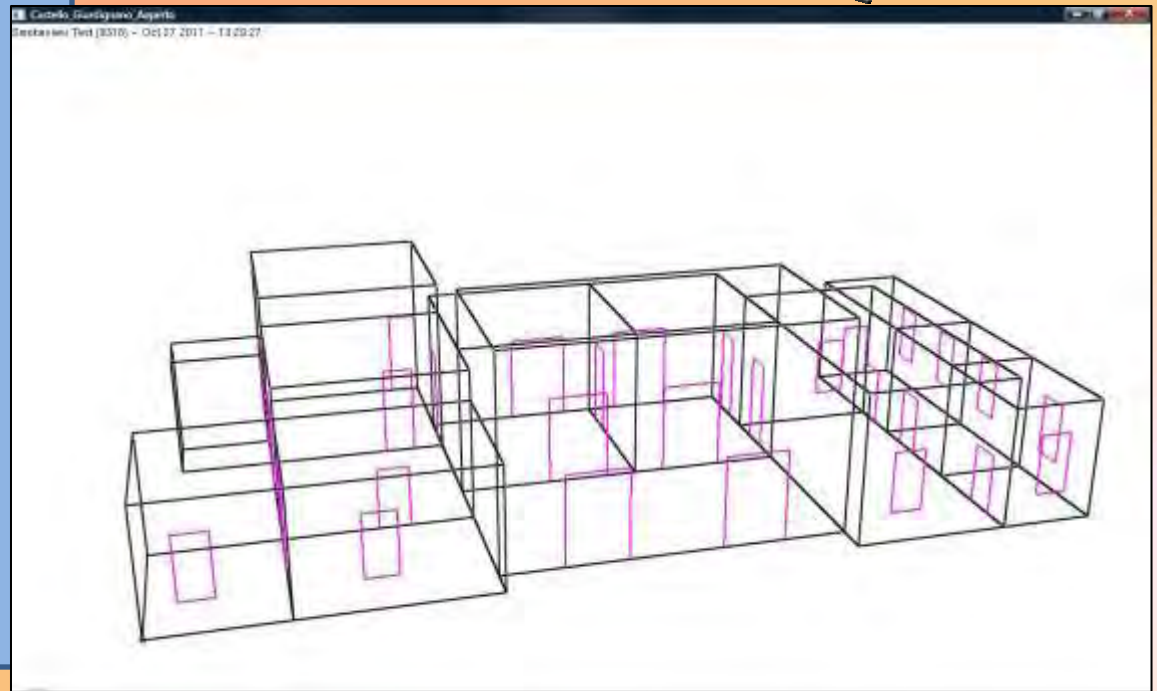
PUNTO 3.3 LETTERA CIRCOLARE MINISTERO INTERNO
PROT. DCPST/427 DEL 31 marzo 2008

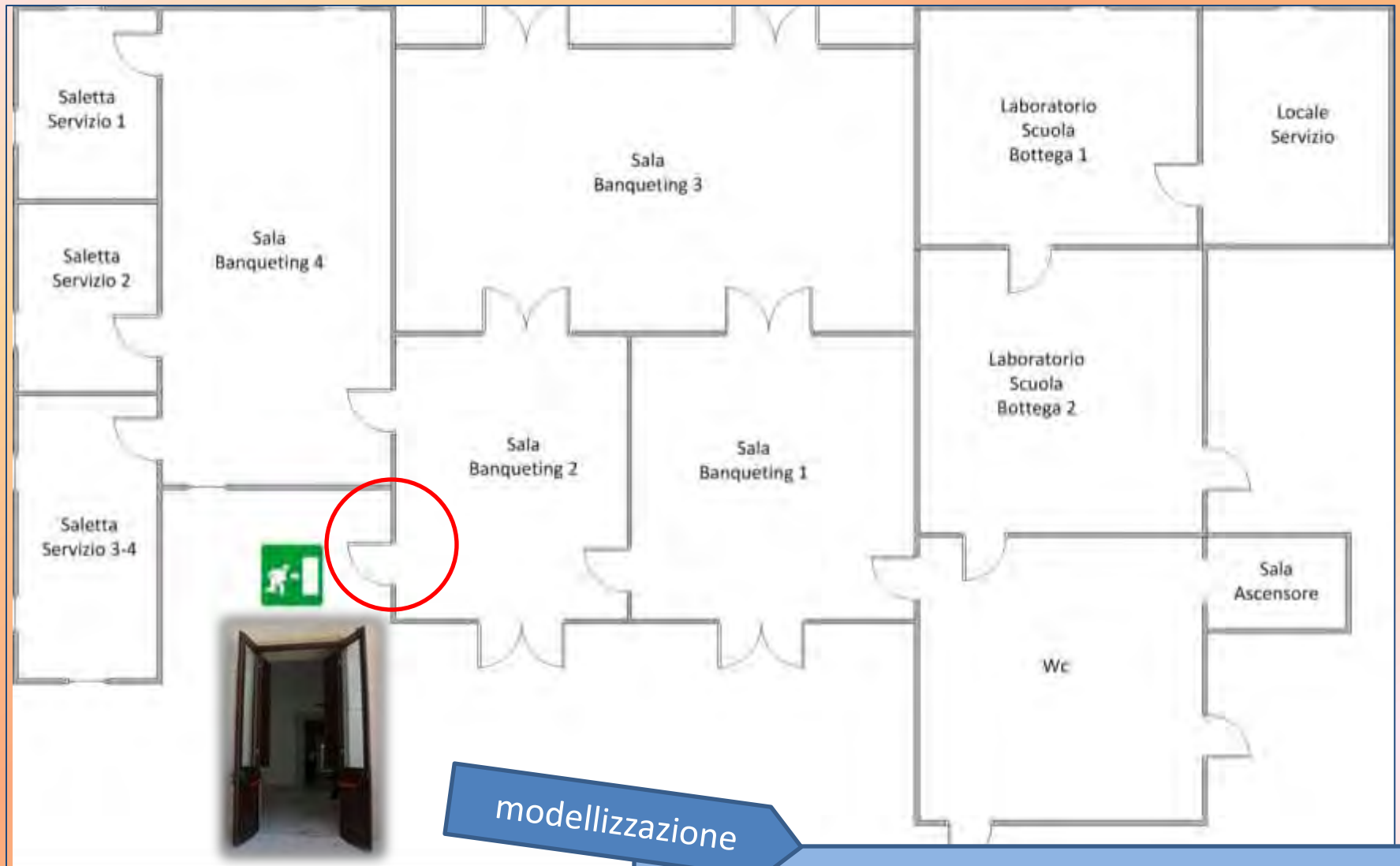


Il software CFAST



- La **volumetria** e la **configurazione** dell'edificio permettono di essere approssimati in maniera adeguata dal modello di CFAST.
- Dati in output di **facile divulgazione**.





modellizzazione

Ambienti simmetrici con volumi equivalenti

Curva d'incendio

La curva di incendio utilizzata è quella della norma

NFPA 914 -Code for Fire Protection of historic structures -2001 edition.

La scelta di detta curva risulta cautelativa, essendo quella più gravosa per un edificio storico.

Fire 1 (of 1)

Compartment: Banqueting 4

Type: Constrained Position, X: 1 m Position Y: 1 m Position Z: 0 m Ignition Criterion: Time

Normal, X: 0 Normal, Y: 1 Normal, Z: 1 Plume: Heskestad Ignition Value: 0 s

Fire Object

Fire Object: **NFPA 914** Edit

Material: Wood, Hardwoods (oak, maple) (3/4 in)
 Length: 1 m
 Width: 1 m
 Thickness: 1 m
 Molar Mass: 0.016 kg/mol
 Total Mass: 600 kg
 Heat of Combustion: 17500 kJ/kg
 Heat of Gasification: 0 kJ/kg
 Volatilization Temperature: 20 °C
 Radiative Fraction: 0.3

NFPA 914 HRR

10000
8000
6000
4000
2000
0

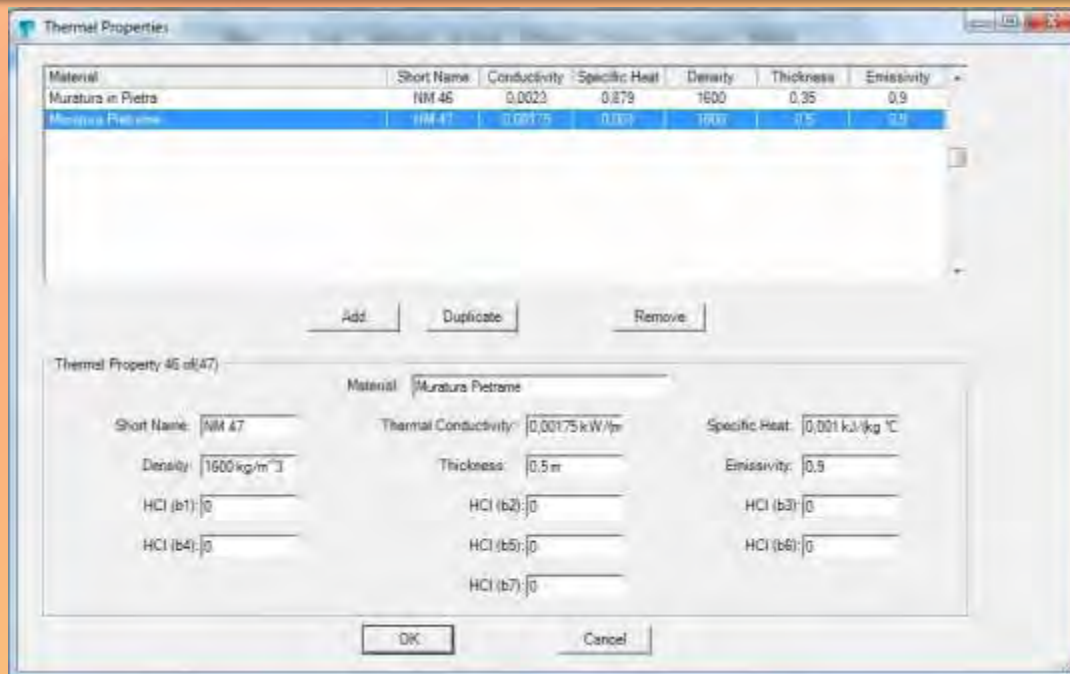
0 500 1000 1500 2000

Open Save Geometry Run View

Il materiale

Il castello di Giurdignano è interamente realizzato in *calcare compatto*, tipica roccia della zona ad est del Salento

Conducibilità	0.00175 KW / (m °C)
Calore Specifico	0,001 KJ / (Kg °C)
Densità	1600 Kg/m ³



Progettazione secondo Fse

Tempi di esodo

Si calcolano e confrontano **due tempi**:

- **Aset** : Tempo disponibile per evacuare in sicurezza
- **Rset**: Tempo necessario per evacuare in sicurezza

Cfast

Calcolato

Aset > Rset

$$t_{margin} = t_{Aset} - t_{Rset}$$

Margine di Sicurezza

Progettazione secondo Fse

Tempi di esodo

Secondo l'Annesso E della Norma ISO/DTR 16378/2007

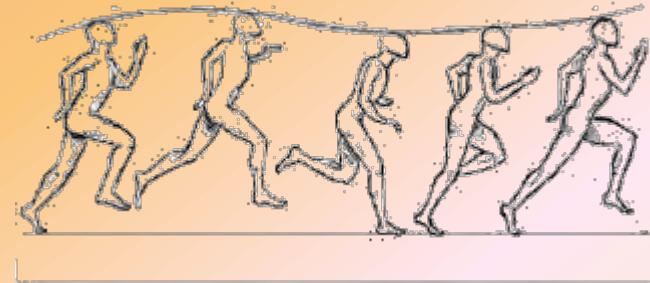
3 affollamenti:

- 20 persone
- 40 persone
- 60 persone



5 velocità di esodo:

- 0,15 m/s
- 0,35 m/s
- 0,65 m/s
- 1 m/s
- 1,25 m/s



Calcolo del tempo necessario per evacuare in sicurezza - **Rset**



SCENARIO DI INCENDIO A: Esodo da "Lab.Scuola Bottega 1"			
Incendio in "Banqueting 4"			
Sup. Lab.Sc.Bott (mq):	30	Affoll. (pers)	Densita Affollamento 60 (pers/mq): 2,60
TEMPI COMUNI			
Tempo di Rivelazione: Δt_{det} [s]			60
Tempo di Allarme: Δt_{al} [s]			0
Tempo di Pre-movimento: Δt_{pre} [s]			150
VELOCITA' DI ESODO posta pari mediamente a [m/s]: =			1,25
FLUSSO SPECIFICO [pers/s * m]: $F_s = v * D =$			3,25
LUNGHEZZA PERCORSO ESODO (m)			26,00
TEMPI ATTRAV. INFISSI:			
INFISSI LARGHI metri	0,95	NUMERO	0
INFISSI LARGHI metri	1,00	NUMERO	0
INFISSI LARGHI metri	1,10	NUMERO	2
INFISSI LARGHI metri	1,20	NUMERO	0
INFISSI LARGHI metri	1,25	NUMERO	0
INFISSI LARGHI metri	1,30	NUMERO	1
INFISSI LARGHI metri	1,40	NUMERO	1
INFISSI LARGHI metri	1,50	NUMERO	1
INFISSI LARGHI metri	1,70	NUMERO	0
TEMPO ATTRAVERSAMENTO INFISSI (s)			71
TEMPO PERCORSO			21
TEMPO TOTALE			302

Definizione scenari d'incendio

“Rappresentano la schematizzazione degli eventi che possono ragionevolmente verificarsi...”

ISO PTDS 16733

Gravosi per sviluppo e propagazione.



Scenari d'incendio

Scenario A

Incendio lontano dalla via di esodo

- Incendio: *Sala Banq. 4*
- Esodo da: *Lab Sc. Bott. 1*



Scenario B

Incendio lungo la via di esodo

- Incendio: *Sala Banq. 1*
- Esodo da: *Lab Sc. Bott. 1*

Provvedimenti in caso di non soddisfacimento delle prescrizioni

OFF



ON



Il sistema di sicurezza meno invasivo è costituito dall'apertura automatica degli infissi.

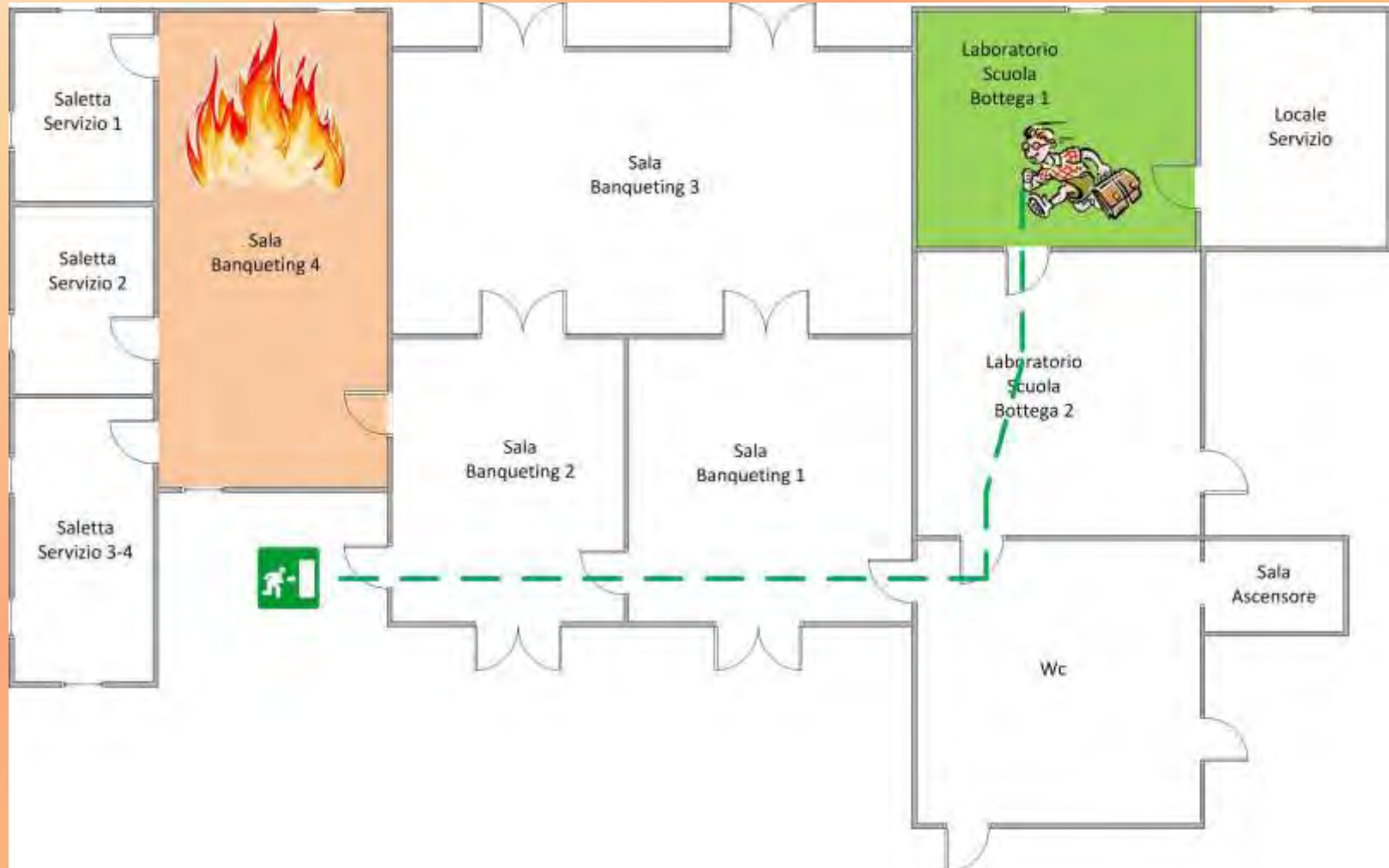


SCENARIO A

Incendio distante dalla via di esodo.

Incendio: Sala Banqueting 4

Esodo da: Laboratorio Scuola Bottega 1



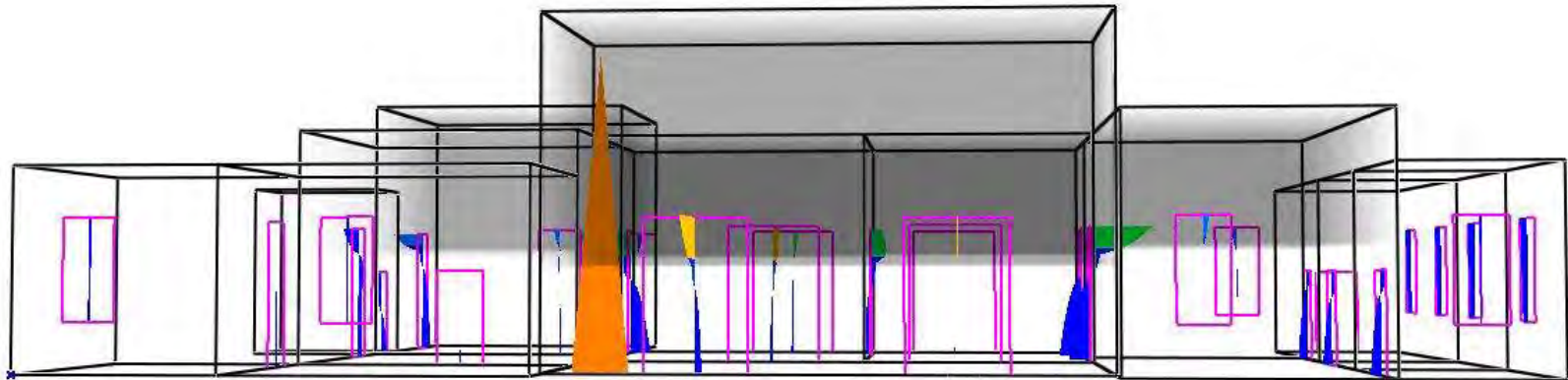
Required Safe Escape Time

RSET [s]		SCENARIO A				
		Velocità di esodo [m/s]				
		0,15	0,35	0,65	1	1,25
Affoll. [per/mq]	20 pers.	584	367	294	263	253
	40 pers.	788	455	341	293	278
	60 pers.	990	542	389	324	302

Valutazione dell'Available Safe Egress Time

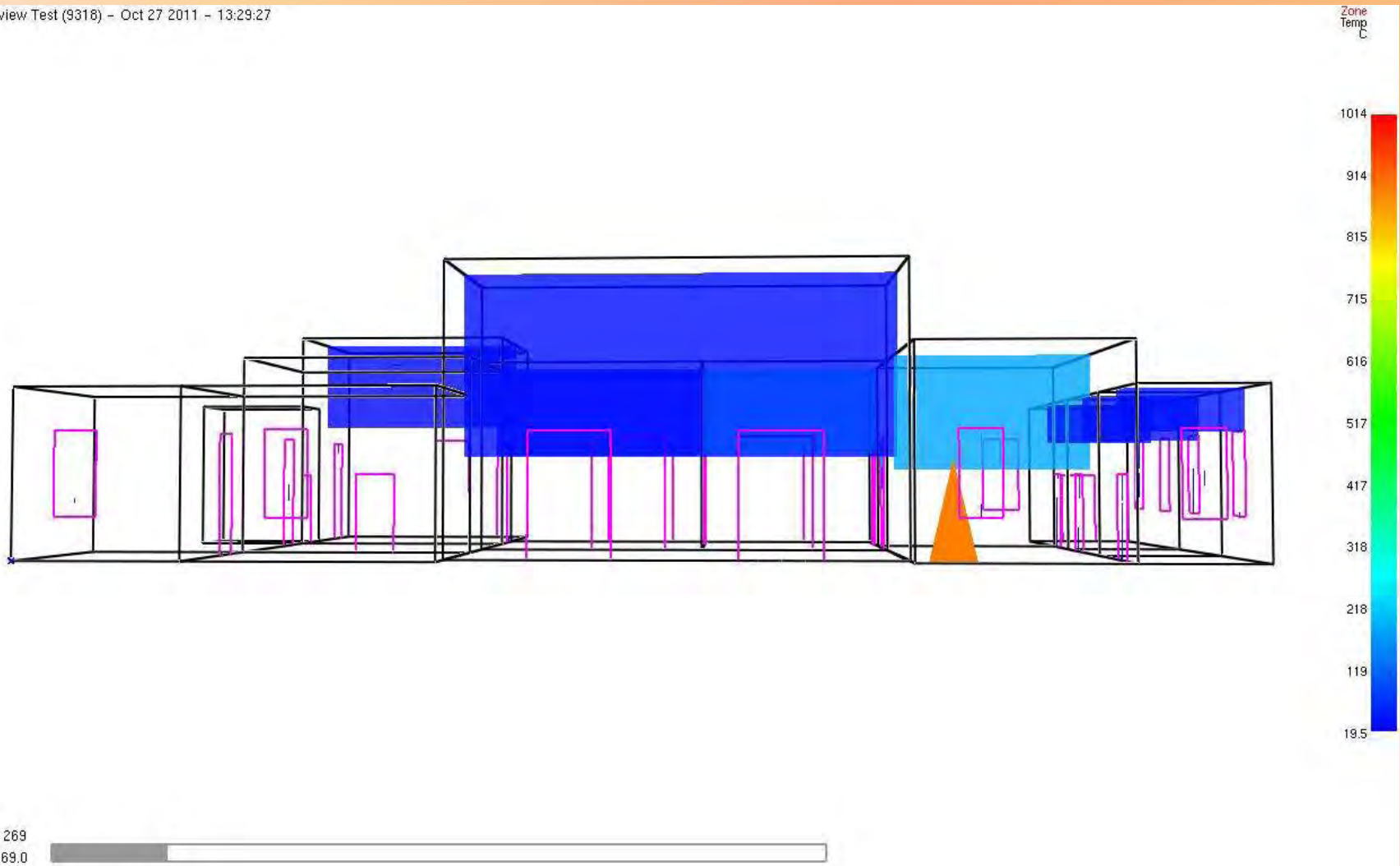
Mediante simulazioni con CFAST sono stati calcolati i valori nell'ambiente di esodo in termini di:

- *Altezza fumi;*
- *Flusso termico al pavimento;*
- *Temperatura del volume inferiore del fumo.*

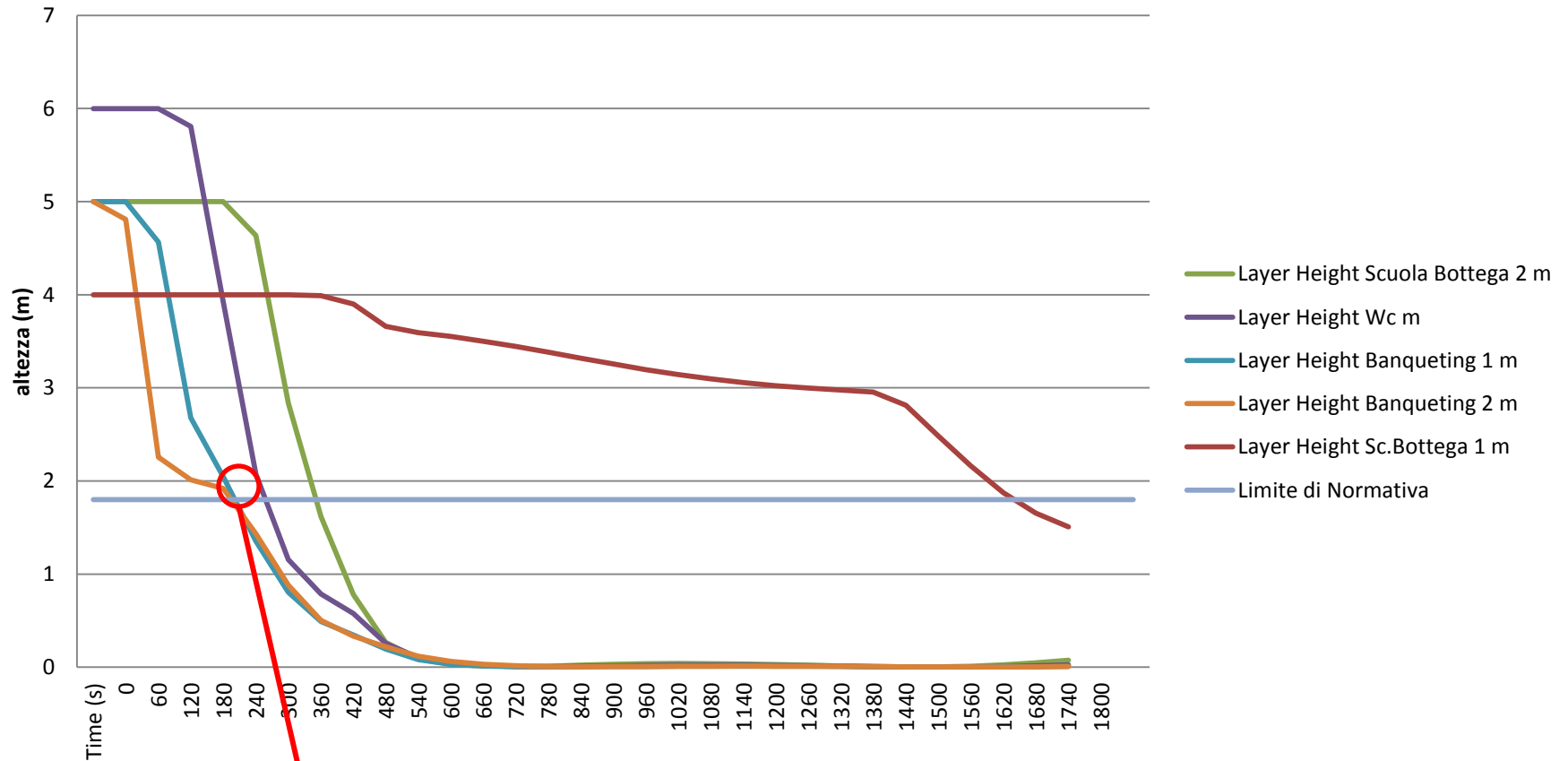


Scenario A-Off

Smokeview Test (9318) - Oct 27 2011 - 13:29:27

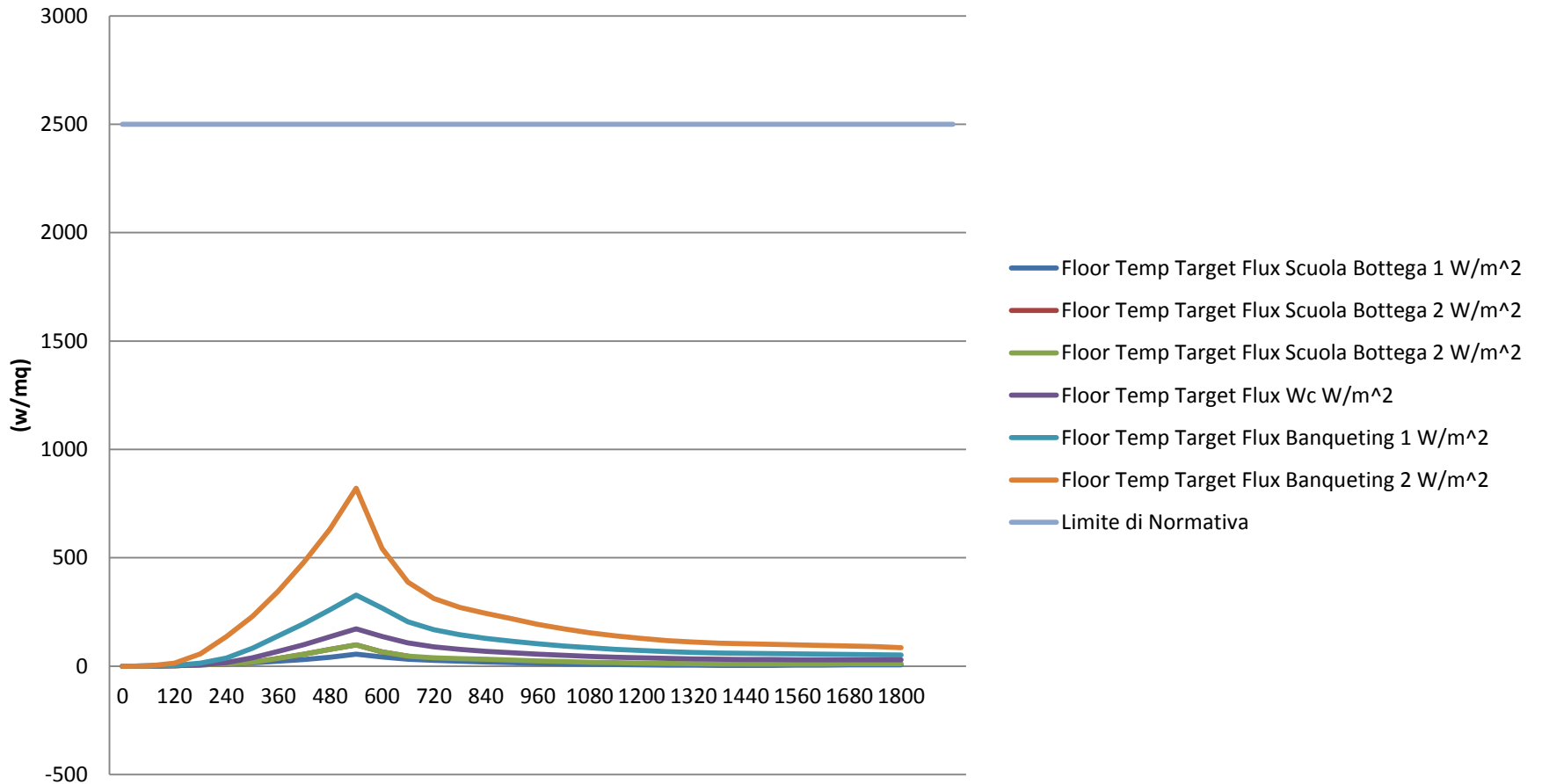


Altezze Fumi Scenario A off



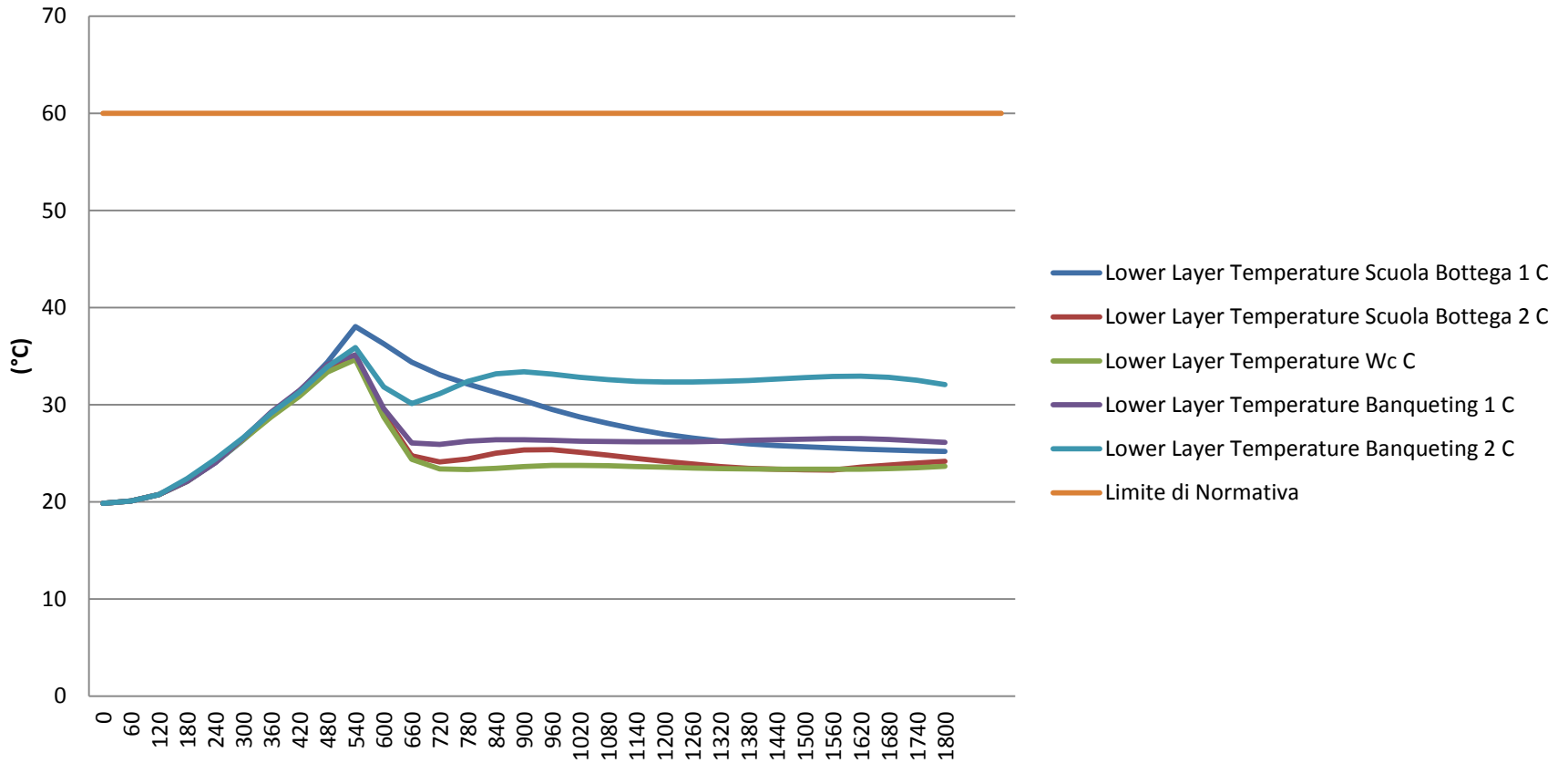
Nella Sala Banqueting 2 è stato superato il limite di normativa dopo **270** secondi

Flusso termico al pavimento - Aoff



Il limite di normativa non viene mai superato.

Temperatura fumi strato inferiore



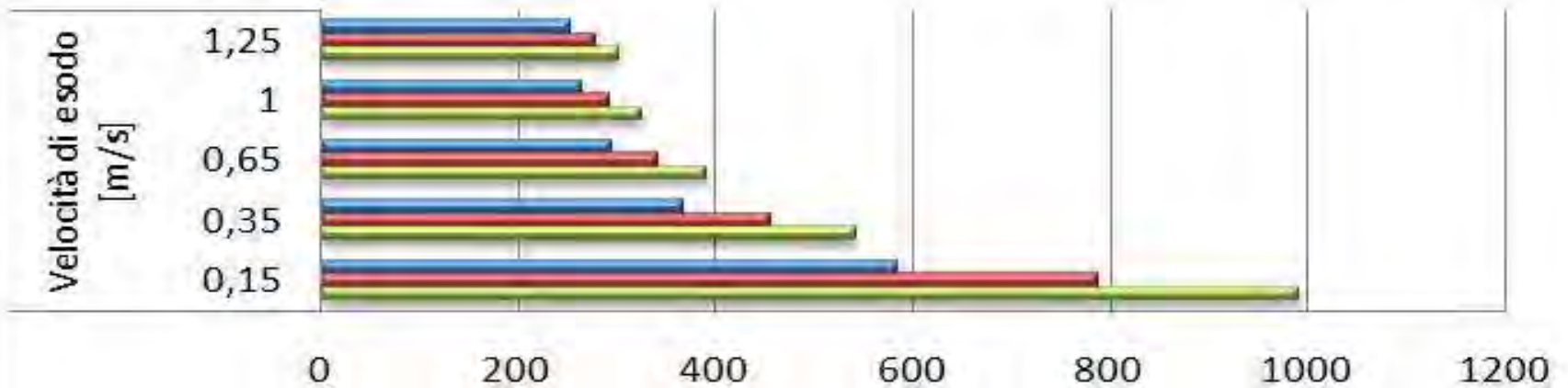
Il limite di normativa non viene mai superato.

Analizzati i dati si deduce che per lo scenario A-off:

Parametro	Tempo di superamento limite (s)
Altezza fumi	270
Flusso Termico al Pavimento	Mai
Temperatura strato inferiore fumi	Mai

Aset= 270 sec

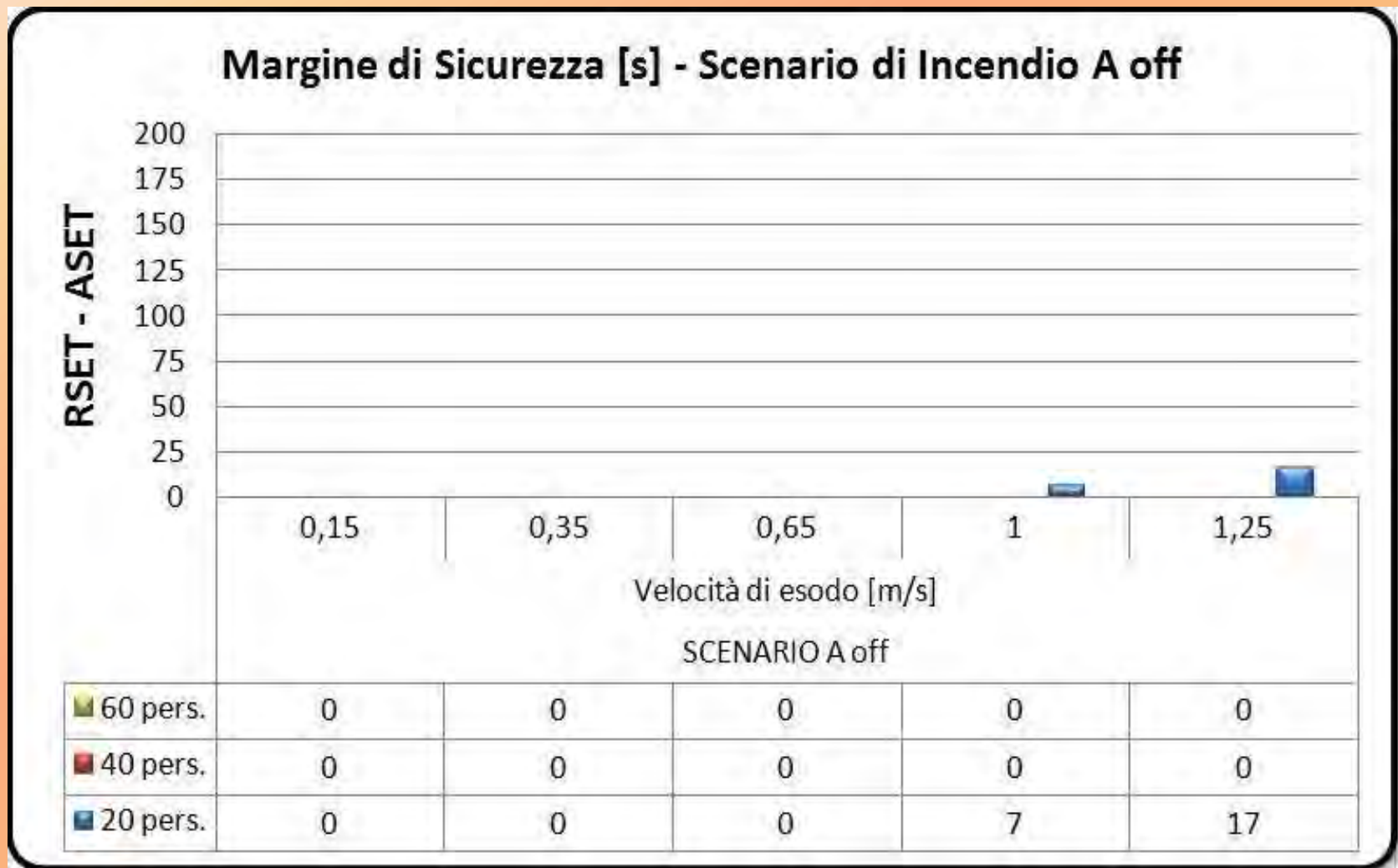
RSET - Scenario Incendio A



	Velocità di esodo [m/s]				
	0,15	0,35	0,65	1	1,25
20 pers.	584	367	294	263	253
40 pers.	788	455	341	293	278
60 pers.	990	542	389	324	302

Confrontiamo il valore di Rset con quello di Aset.

TEMPO DI MARGINE (Time Margin)



TEMPO DI MARGINE (Time Margin)

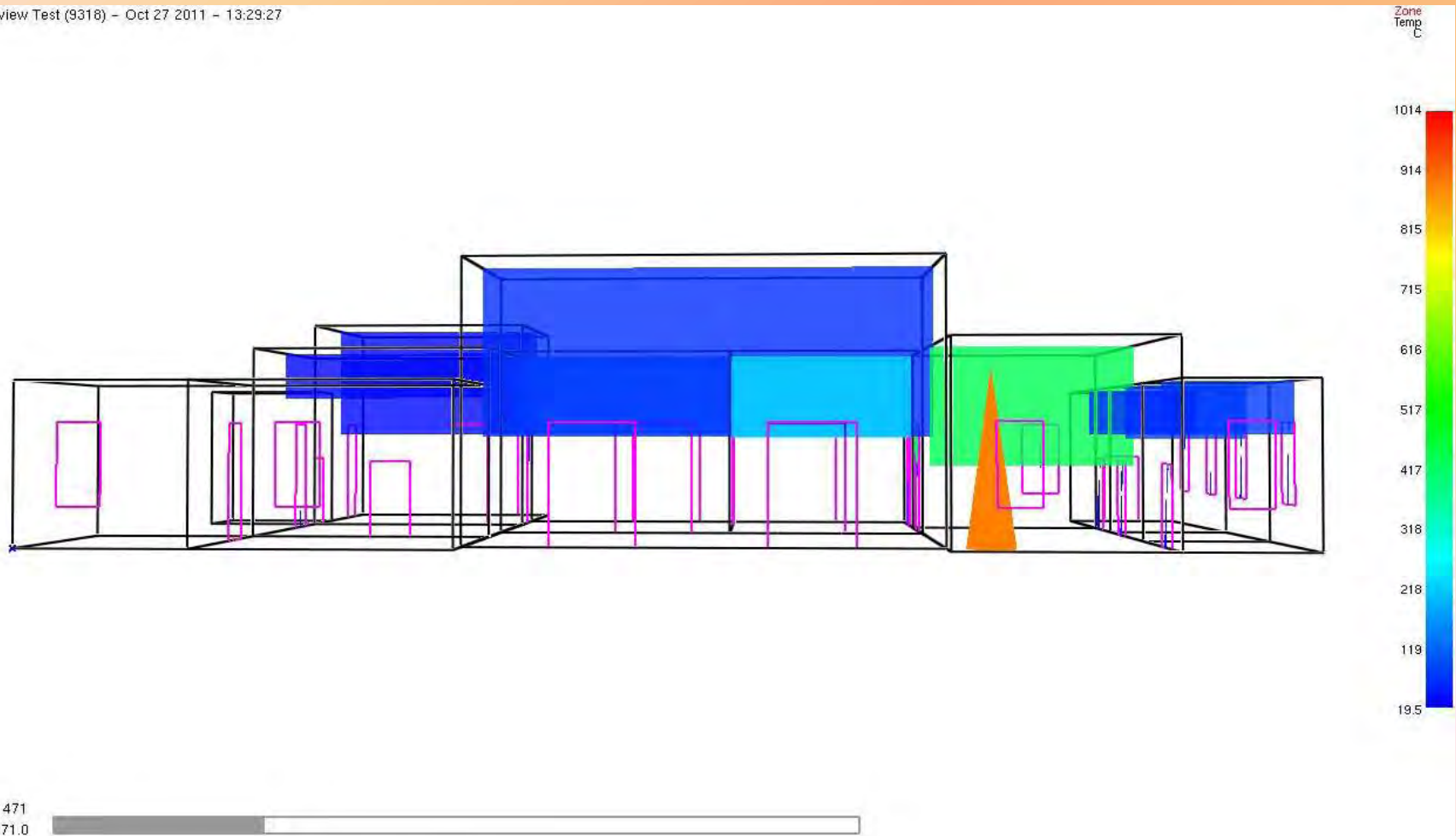
RSET [s]		SCENARIO A-off				
		Velocità di esodo [m/s]				
		0,15	0,35	0,65	1	1,25
Affoll. [per/mq]	20 pers.	584	367	294	263	253
	40 pers.	788	455	341	293	278
	60 pers.	990	542	389	324	302

Interveniamo inserendo
i sistemi automatici di
apertura degli infissi.



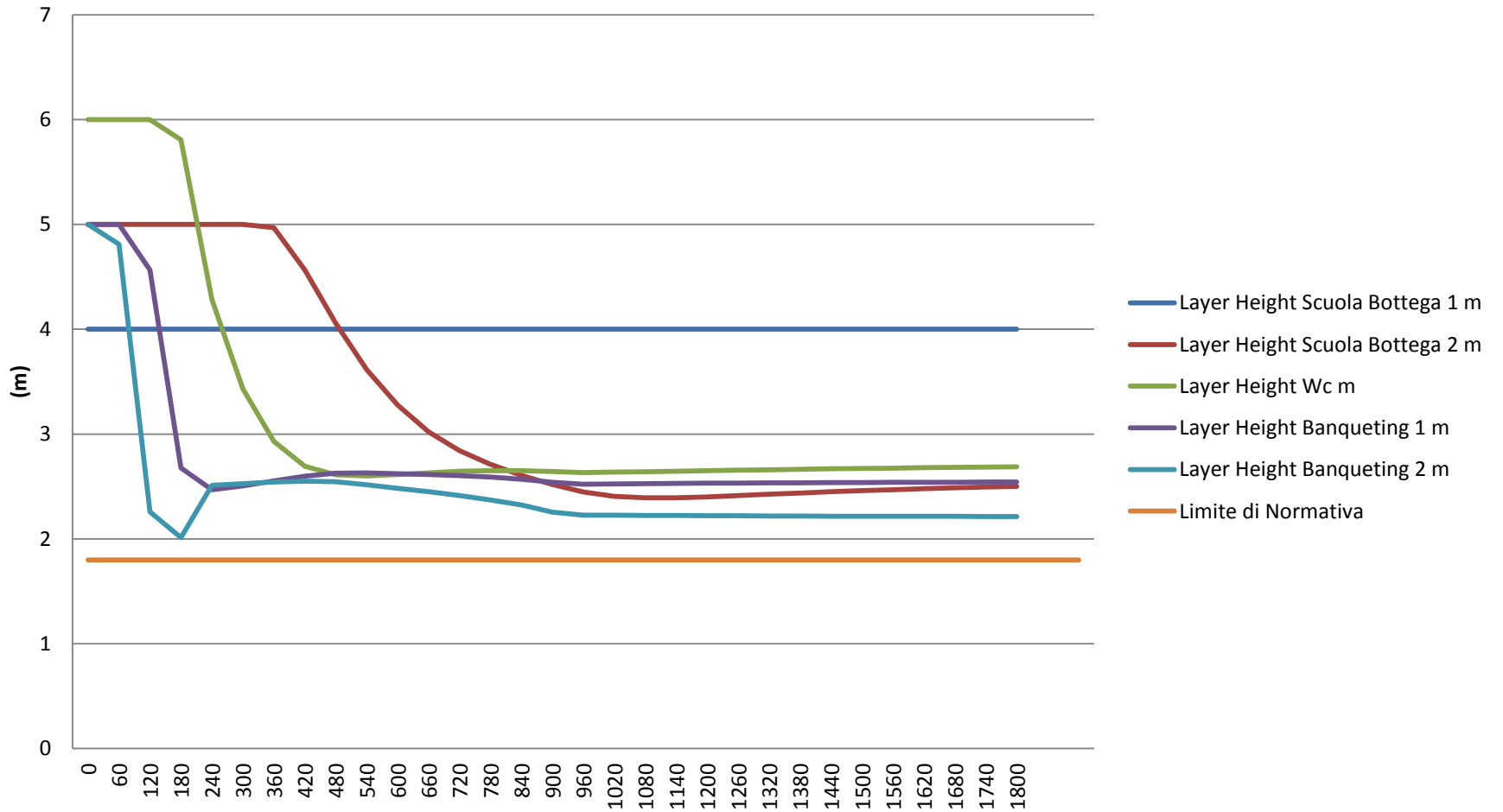
Scenario A-On

Smokeview Test (9318) - Oct 27 2011 - 13:29:27



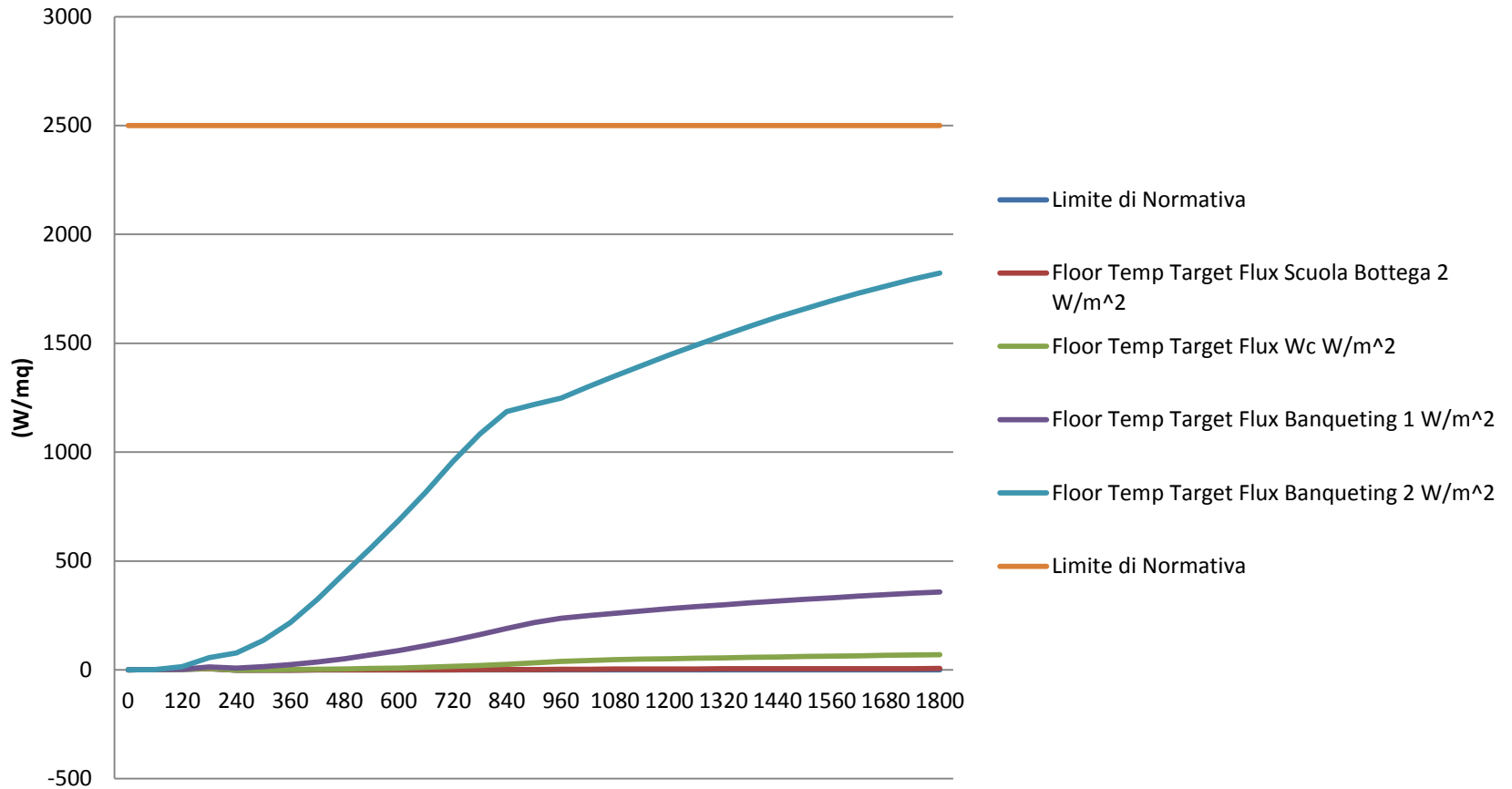
Dopo 200 sec dall'inizio dell'incendio si apriranno automaticamente gli infissi.

Altezza fumi



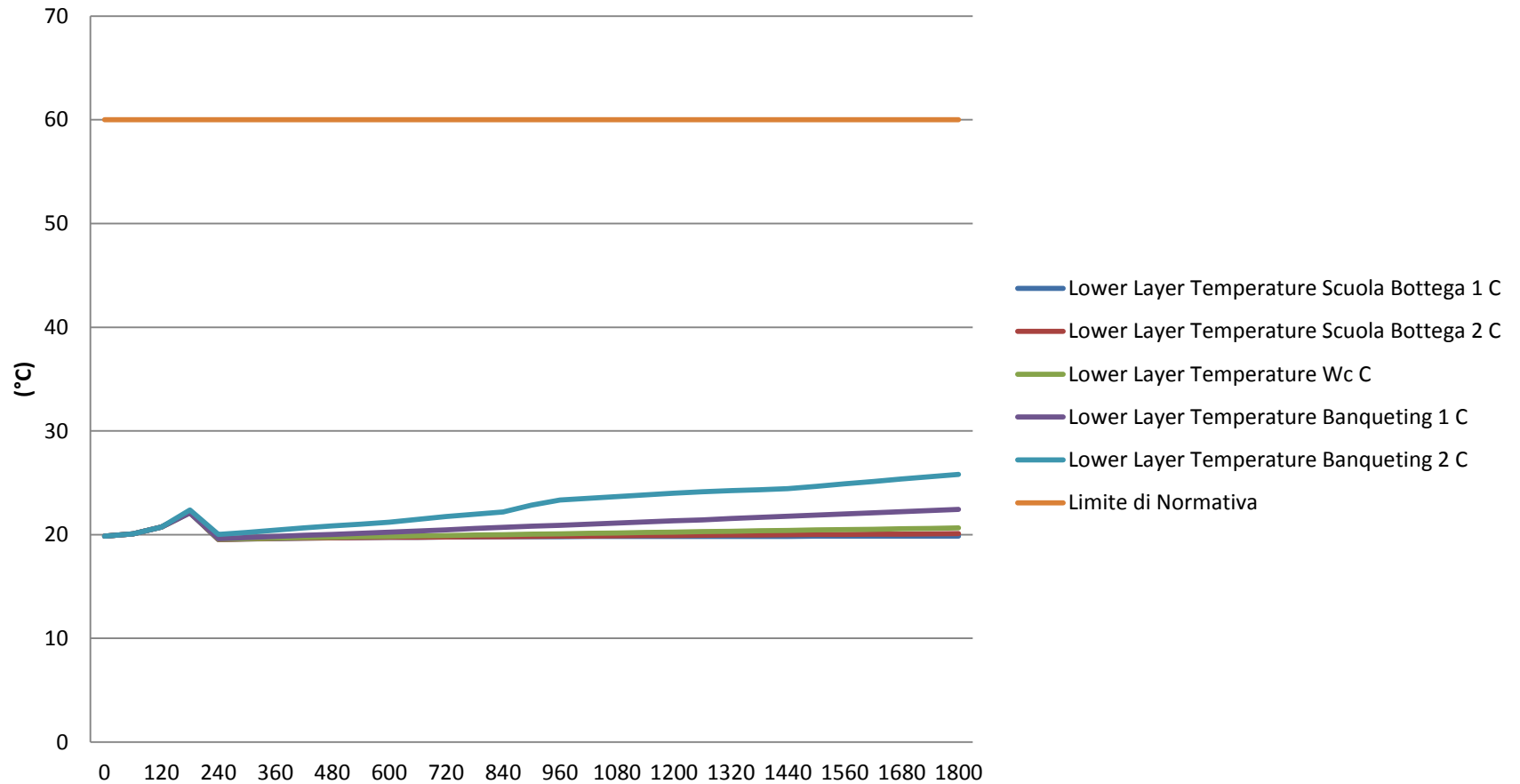
Il limite di normativa non viene mai superato.

Flusso Termico al pavimento



Il limite di normativa non viene mai superato.

Temperatura fumi strato inferiore



Il limite di normativa non viene mai superato.

Analizzati i dati si deduce che per lo scenario A-on:

Parametro	Tempo di superamento limite (s)
Altezza fumi	Mai
Flusso Termico al Pavimento	Mai
Temperatura strato inferiore fumi	Mai

Aset = ∞

In questo caso lungo la via di esodo la normativa è sempre rispettata: tutti possono mettersi in salvo senza incontrare ostacoli.



Concludiamo che per scenari che prevedono l'incendio **lontano** dalla via di esodo, è sufficiente l'inserimento dell'**apertura automatica degli infissi** per far evacuare in sicurezza gli occupanti.



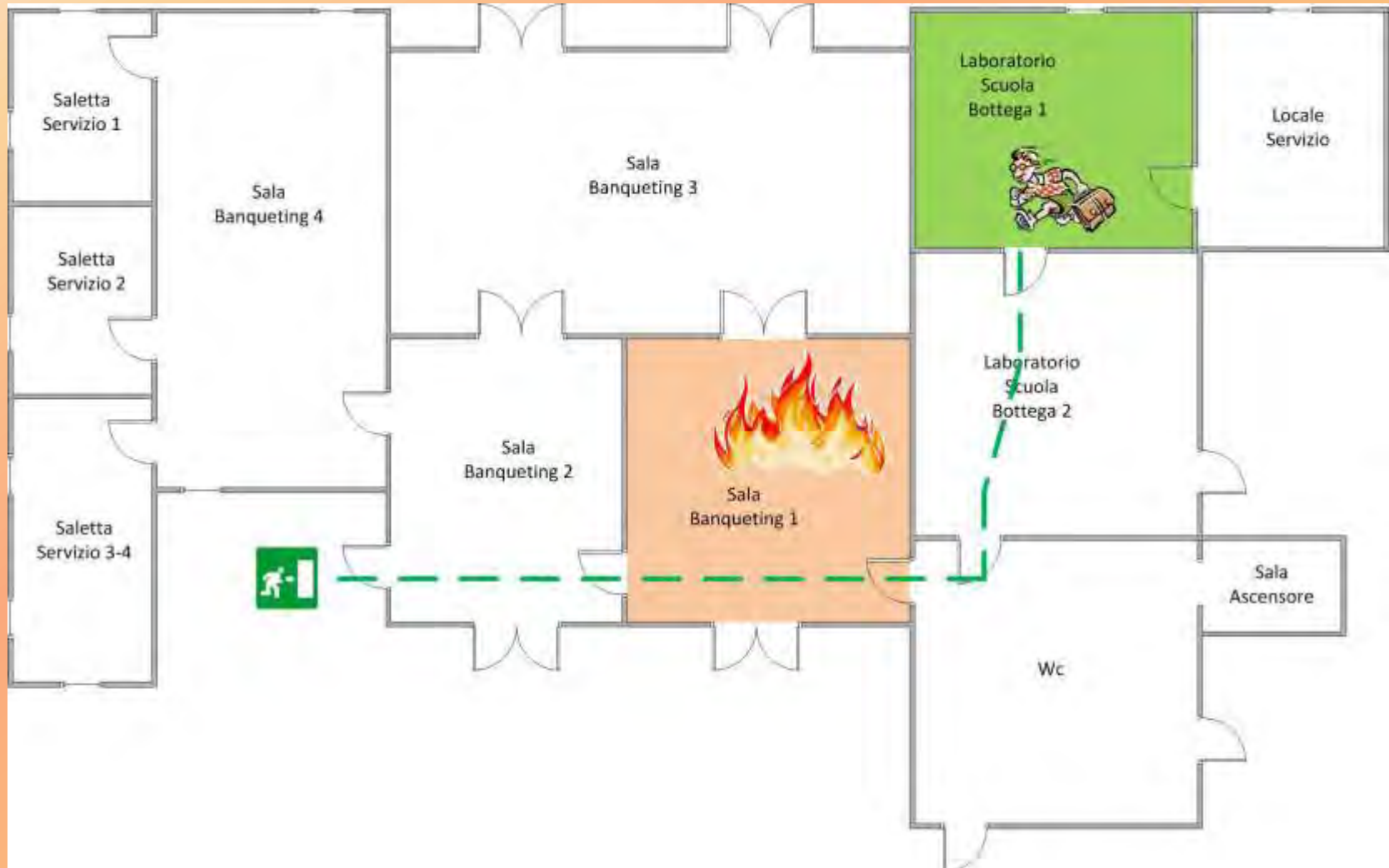


SCENARIO B

Supporremo un incendio lungo la via di esodo.

Incendio: Sala Banqueting 1

Esodo da: Laboratorio Scuola Bottega 1



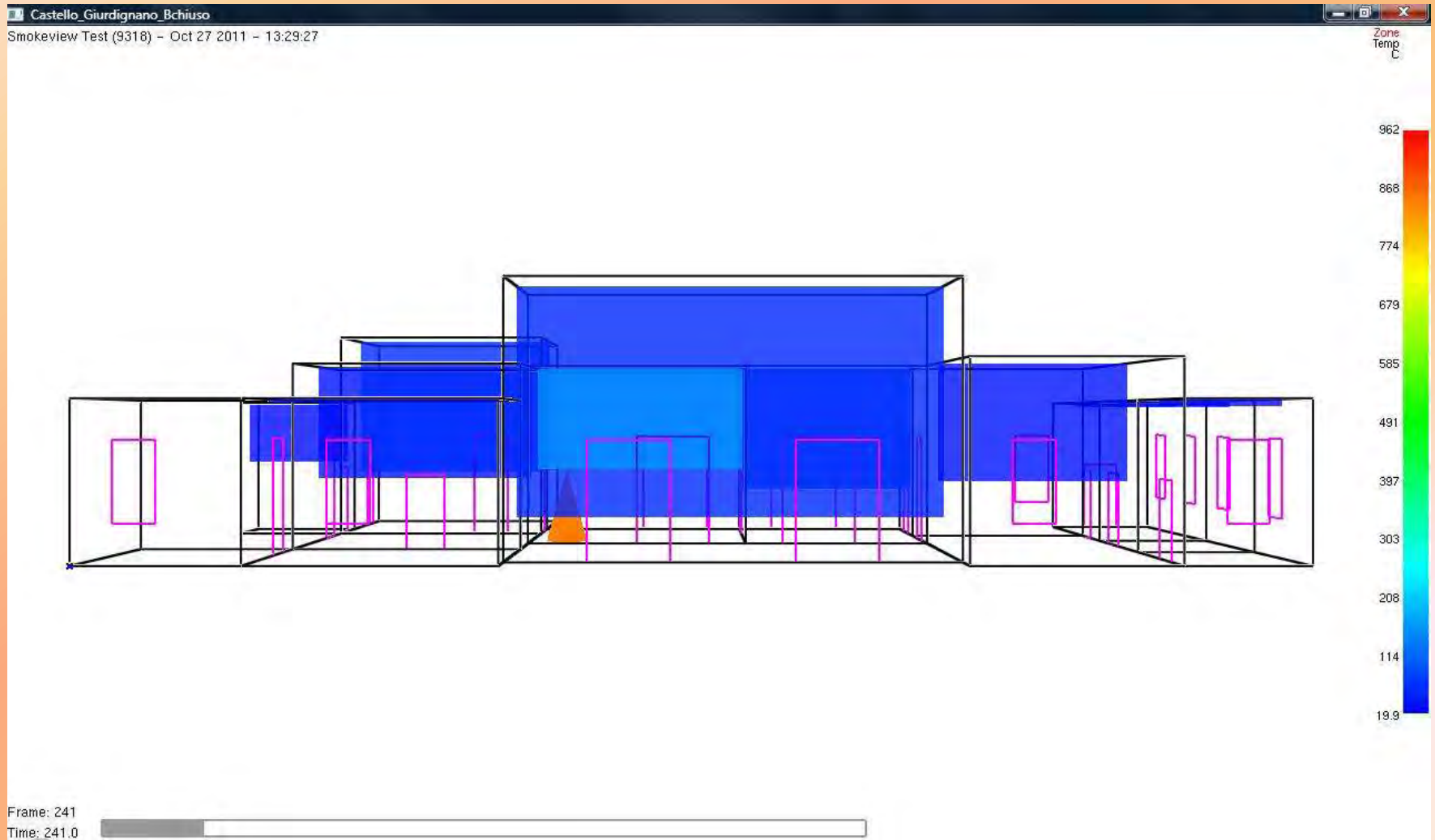
Required Safe Escape Time

RSET [s]		SCENARIO B				
		Velocità di esodo [m/s]				
		0,15	0,35	0,65	1	1,25
Affoll. [per/mq]	20 pers.	906	506	367	313	292
	40 pers.	1173	620	429	353	324
	60 pers.	1437	735	490	393	355

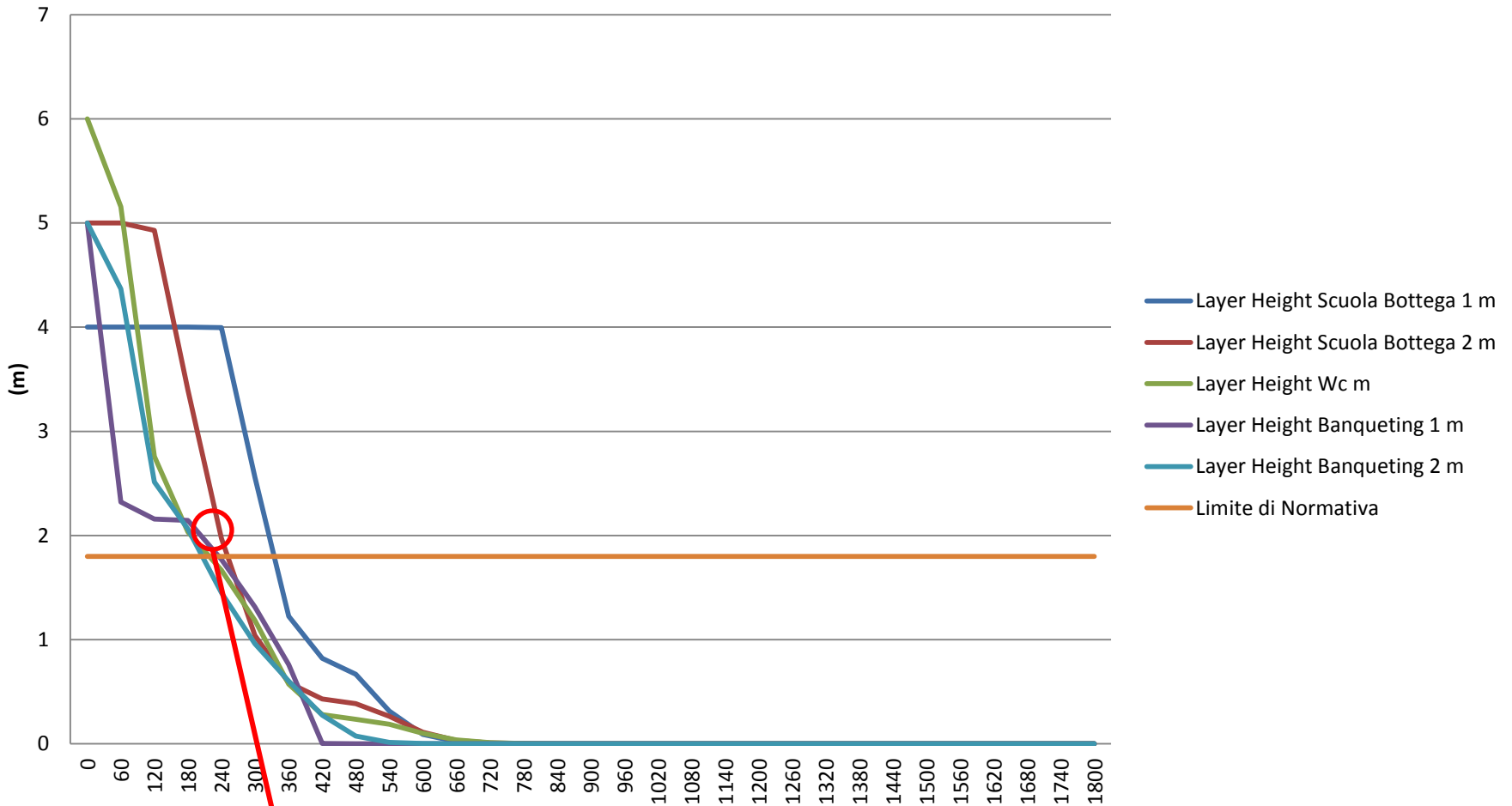


In misura cautelativa, sono stati allungati i tempi di esodo del 15% per simulare la difficoltà ad attraversare un ambiente incendiato

Scenario B-Off

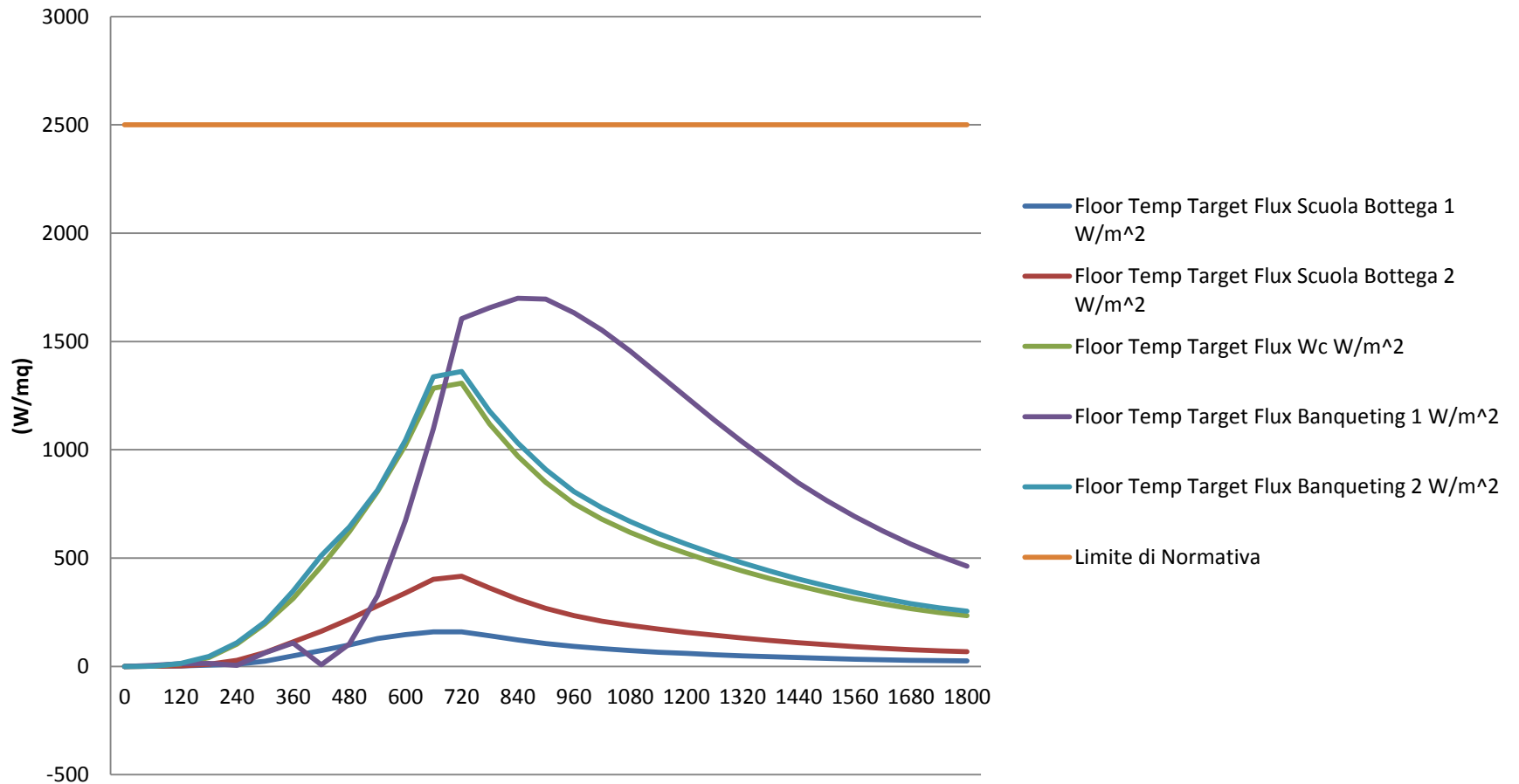


Altezza fumi



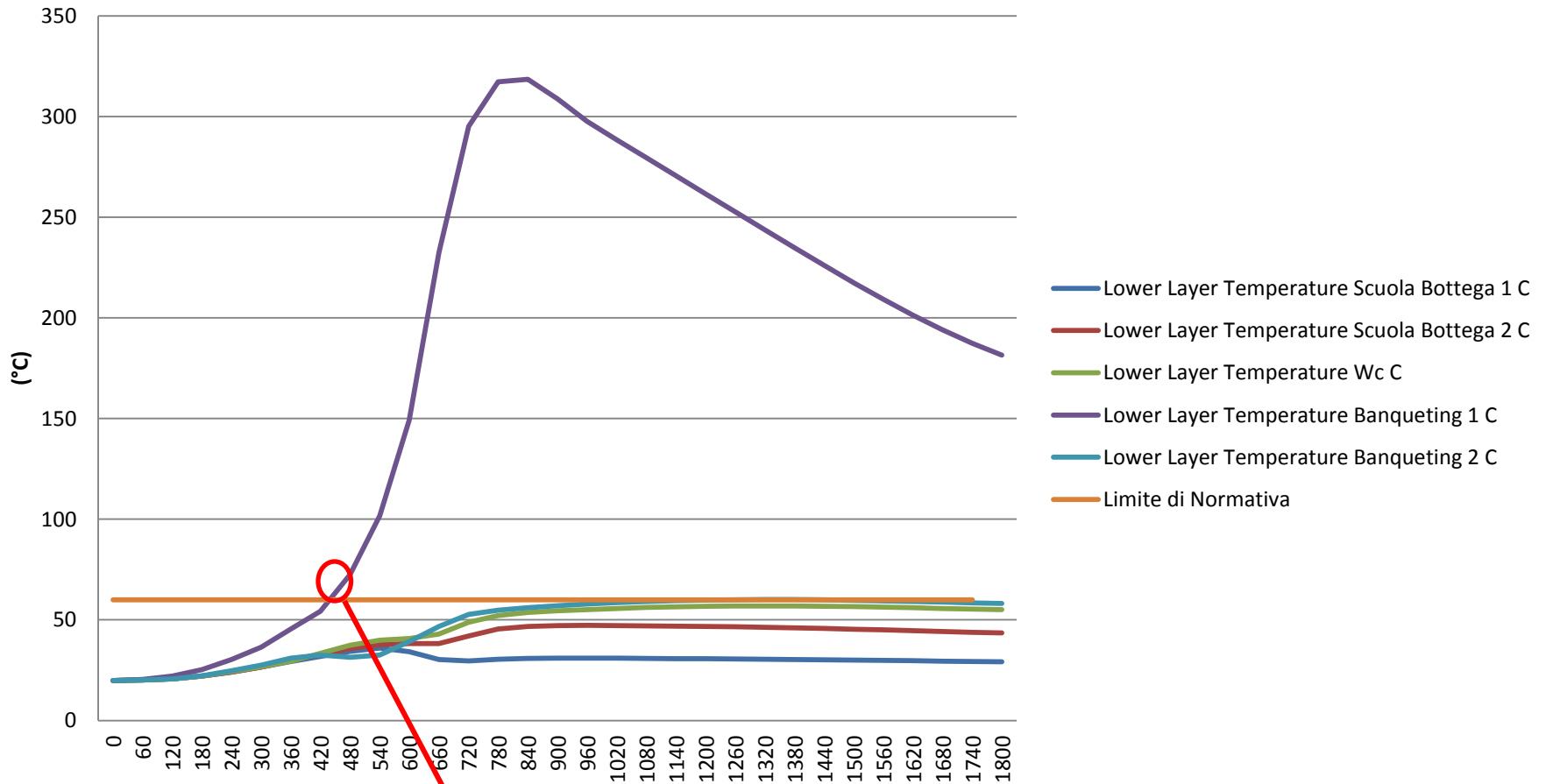
Dopo **240** s avviene il superamento del limite di normativa in riferimento all'altezza fumi.

Flusso Termico al pavimento



Il limite di normativa non viene mai superato.

Temperatura fumi strato inferiore



Il limite di normativa viene superato Banqueting 1 dopo **480** secondi.



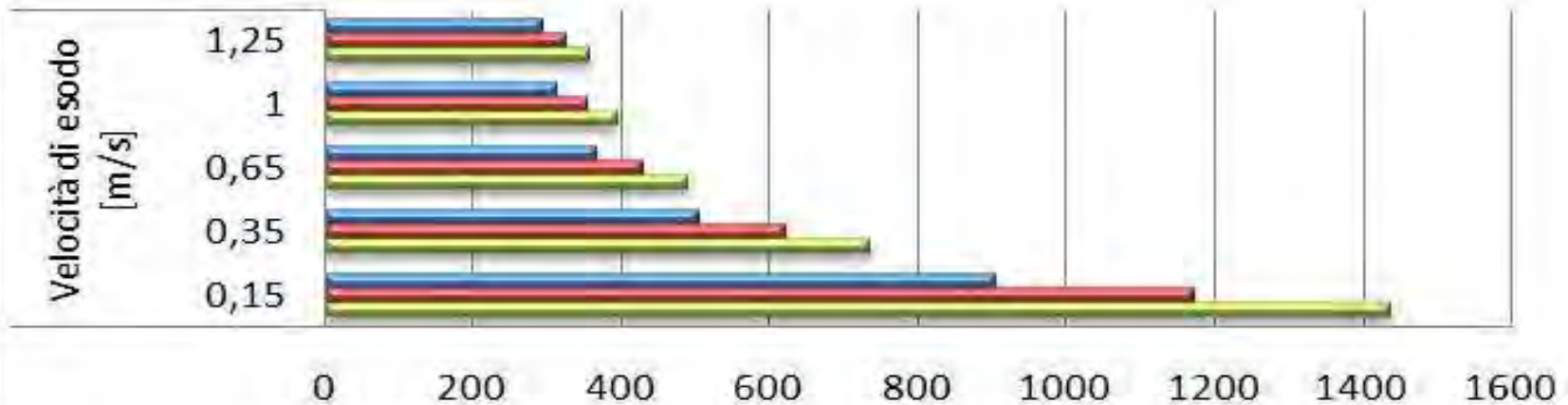
Analizzati i dati si deduce che per lo scenario B-off:

Parametro	Tempo di superamento limite (s)
Altezza fumi	240
Flusso Termico al Pavimento	Mai
Temperatura strato inferiore fumi	480

Aset= 240 sec

Si nota che sono stati “persi” almeno 30 secondi rispetto allo scenario A-off

RSET - Scenario Incendio B



Velocità di esodo [m/s]

	0,15	0,35	0,65	1	1,25
■ 20 pers.	906	506	367	313	292
■ 40 pers.	1173	620	429	353	324
■ 60 pers.	1437	735	490	393	355

Dati i valori di Rset confrontiamoli con il valore di Aset

Margine di Salvezza:

$$t_{margin} = 0$$

RSET [s]		SCENARIO B - off				
		Velocità di esodo [m/s]				
		0,15	0,35	0,65	1	1,25
Affoll. [per/mq]	20 pers.	906	506	367	313	292
	40 pers.	1173	620	429	353	324
	60 pers.	1437	735	490	393	355



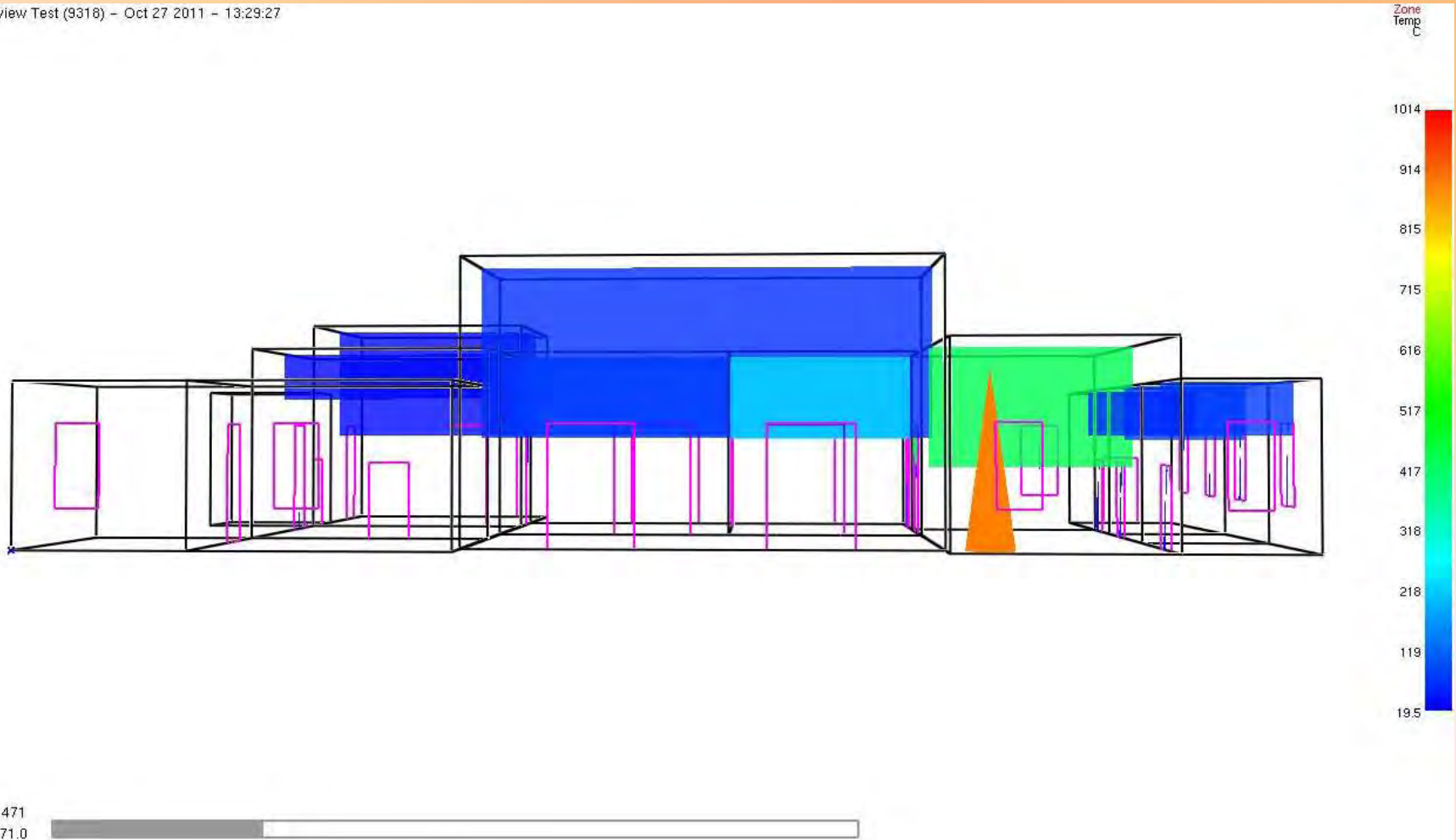
Come osserviamo nella configurazione B-Off nessun occupante può mettersi in salvo.

Interveniamo inserendo
i sistemi automatici di
apertura degli infissi.

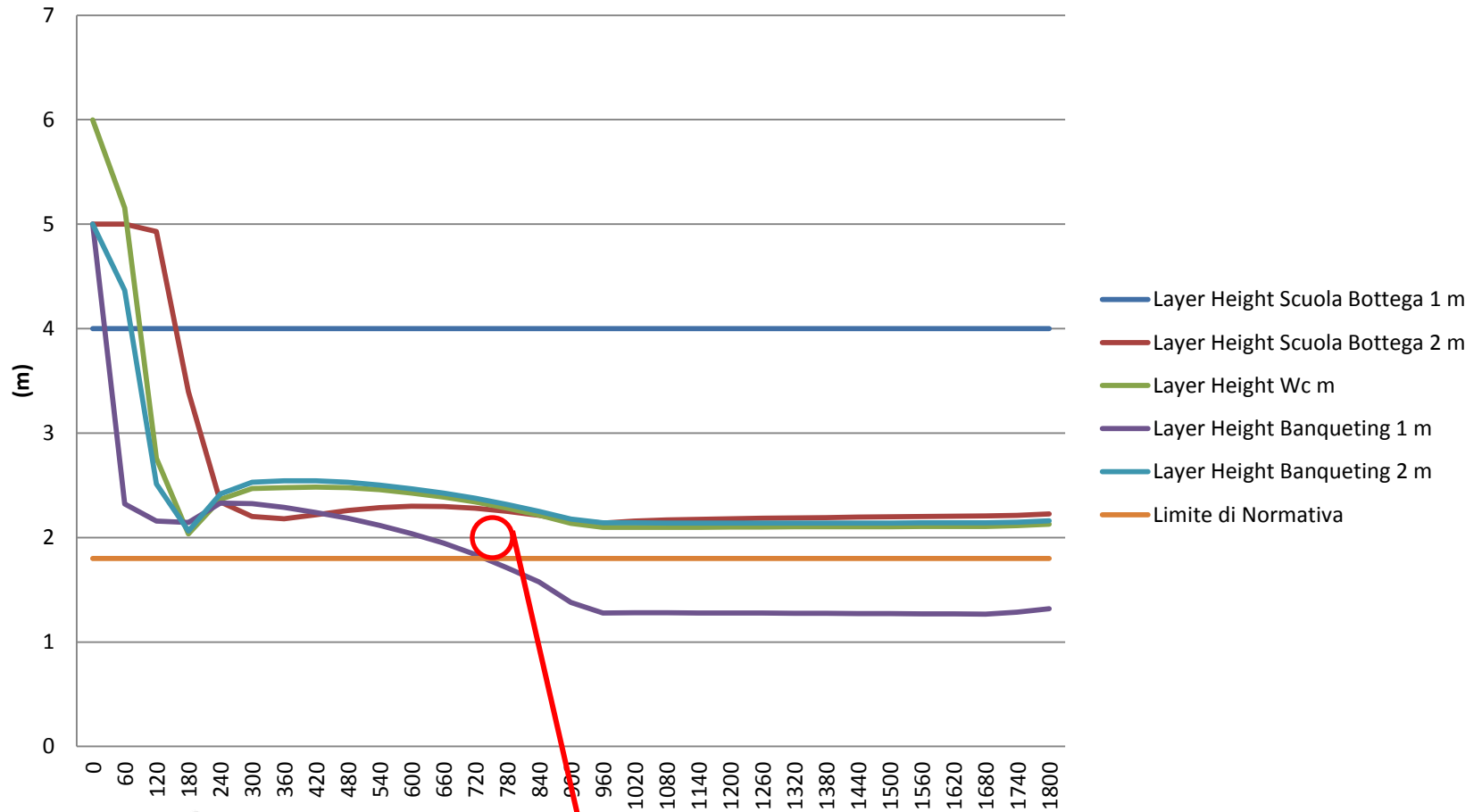


Scenario B-On

Smokeview Test (9318) - Oct 27 2011 - 13:29:27

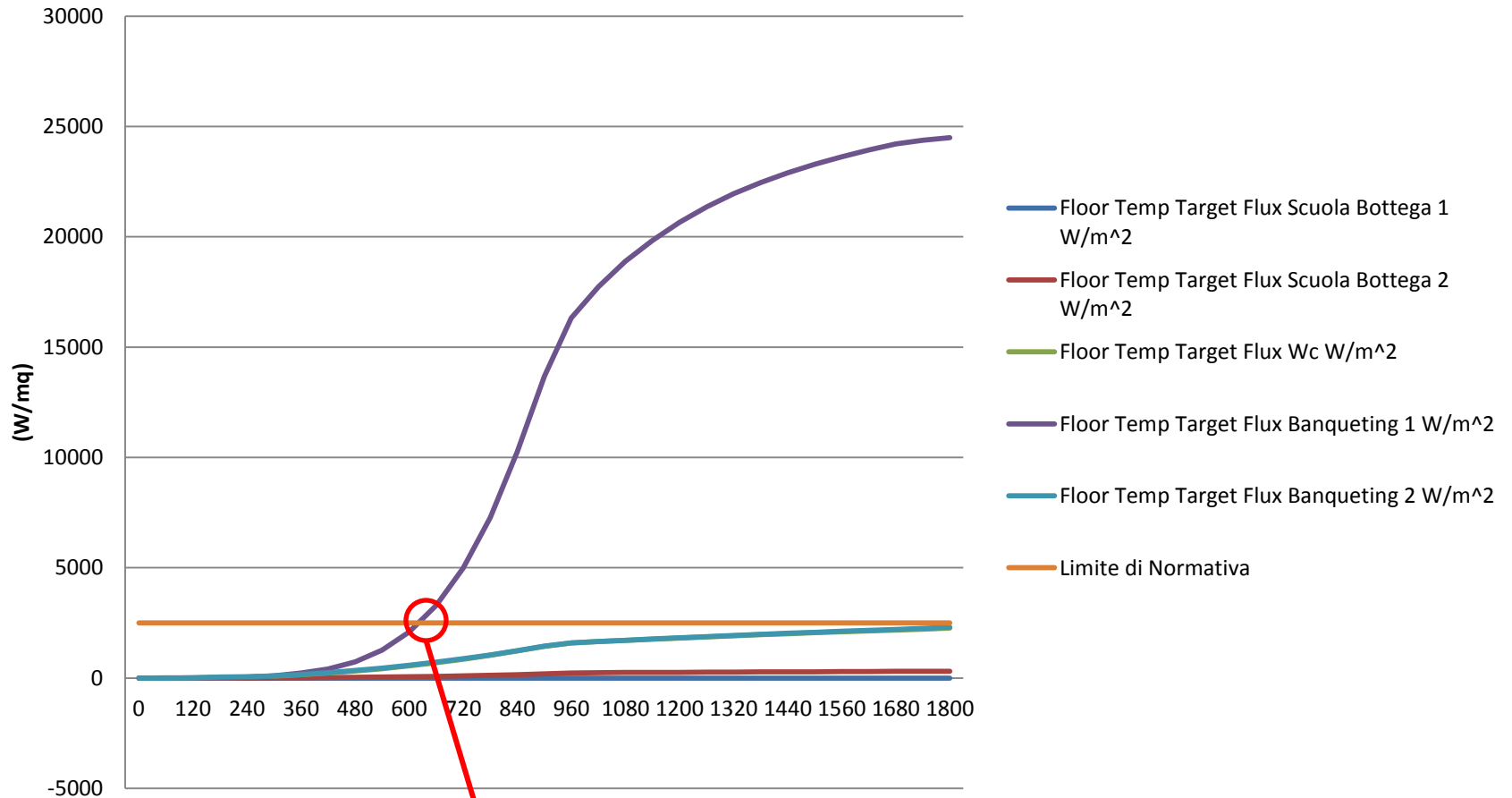


Altezza fumi



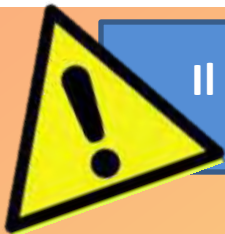
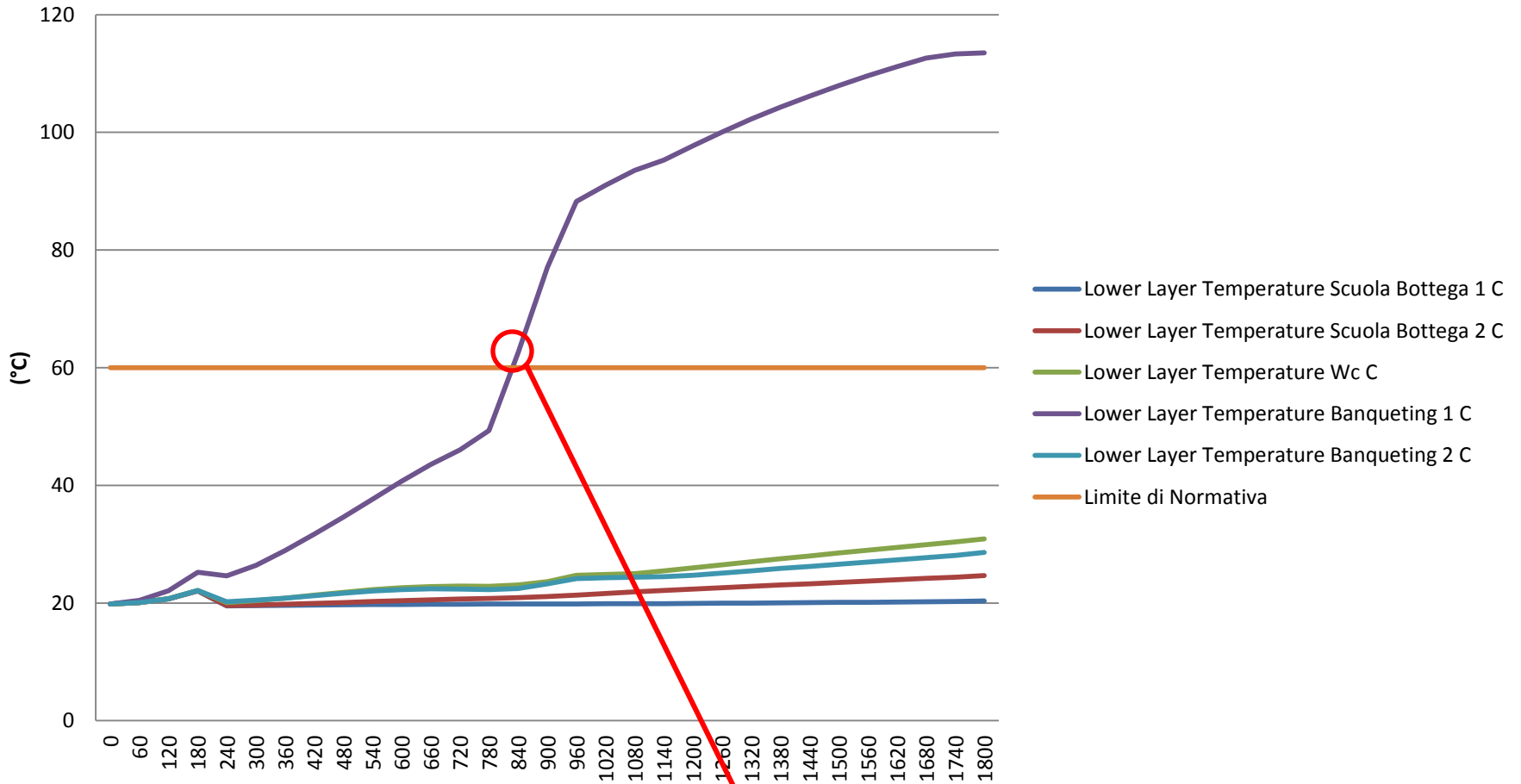
Il limite di normativa viene superato dopo **780** secondi.

Flusso Termico al pavimento



Il limite di normativa viene superato dopo **600** secondi.

Temperatura fumi strato inferiore



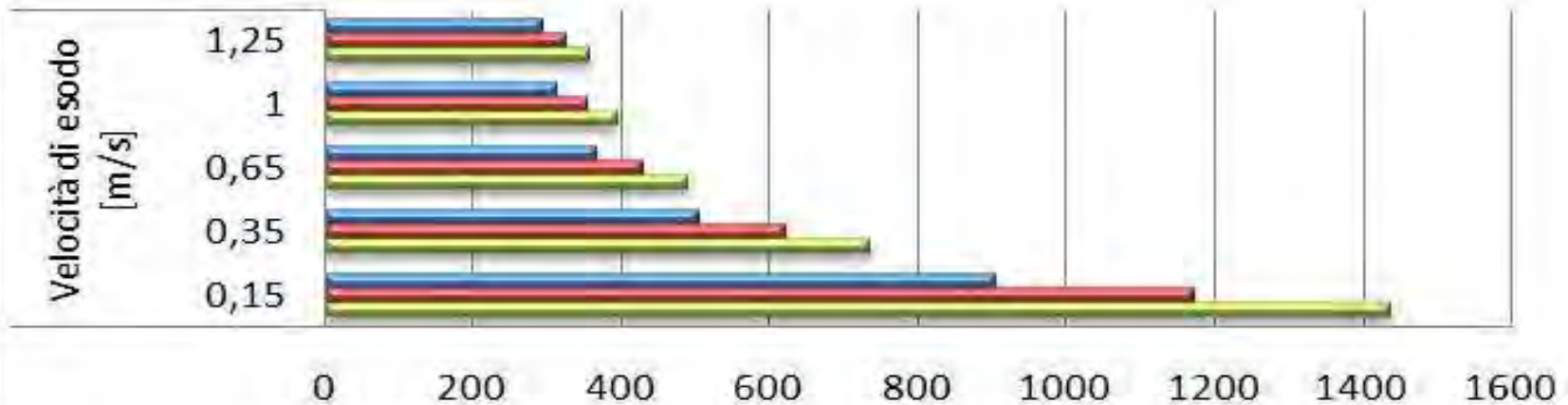
Il limite di normativa viene superato dopo **840** secondi.

Analizzati i dati si deduce che per lo scenario B-off:

Parametro	Tempo di superamento limite (s)
Altezza fumi	780
Flusso Termico al Pavimento	600
Temperatura strato inferiore fumi	840

Aset= 600 sec

RSET - Scenario Incendio B



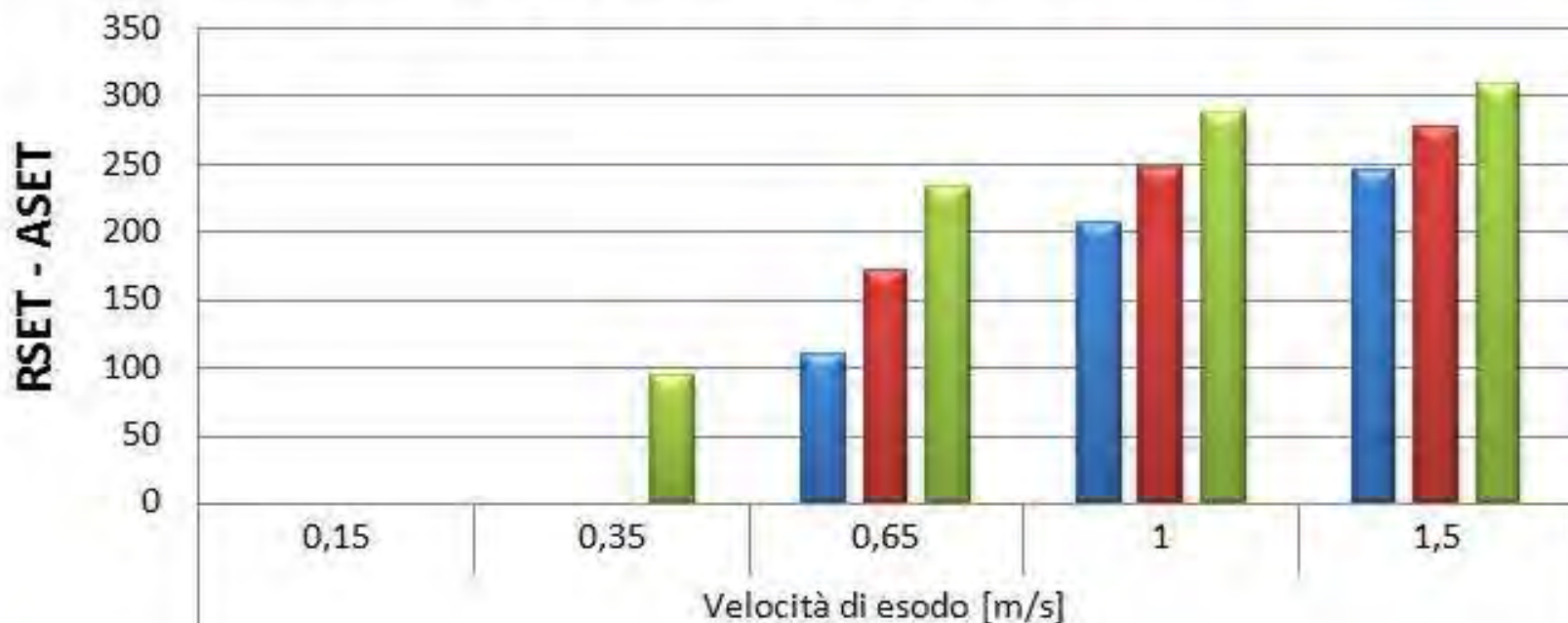
Velocità di esodo [m/s]

	0,15	0,35	0,65	1	1,25
■ 20 pers.	906	506	367	313	292
■ 40 pers.	1173	620	429	353	324
■ 60 pers.	1437	735	490	393	355

Dati i valori di Rset confrontiamoli con il valore di Aset

Margine di Sicurezza

Margine di Sicurezza [s] - Scenario B-on



SCENARIO B - on

	0,15	0,35	0,65	1	1,5
60 pers.	0	0	110	207	245
40 pers.	0	0	171	247	276
20 pers.	0	94	233	287	308

Margine di Salvezza

RSET [s]		SCENARIO B - on				
		Velocità di esodo [m/s]				
		0,15	0,35	0,65	1	1,25
Affoll. [per/mq]	20 pers.	906	506	367	313	292
	40 pers.	1173	620	429	353	324
	60 pers.	1437	735	490	393	355



Come osserviamo nella configurazione B-On la situazione è molto migliorata, eppure non garantisce un esodo in sicurezza a tutte le categorie.

Proposta progettuale:
trasformare la finestra presente nel
«Laboratorio Scuola Bottega 1» in
un'uscita, in modo da consentire il
deflusso agli occupanti dal balcone.



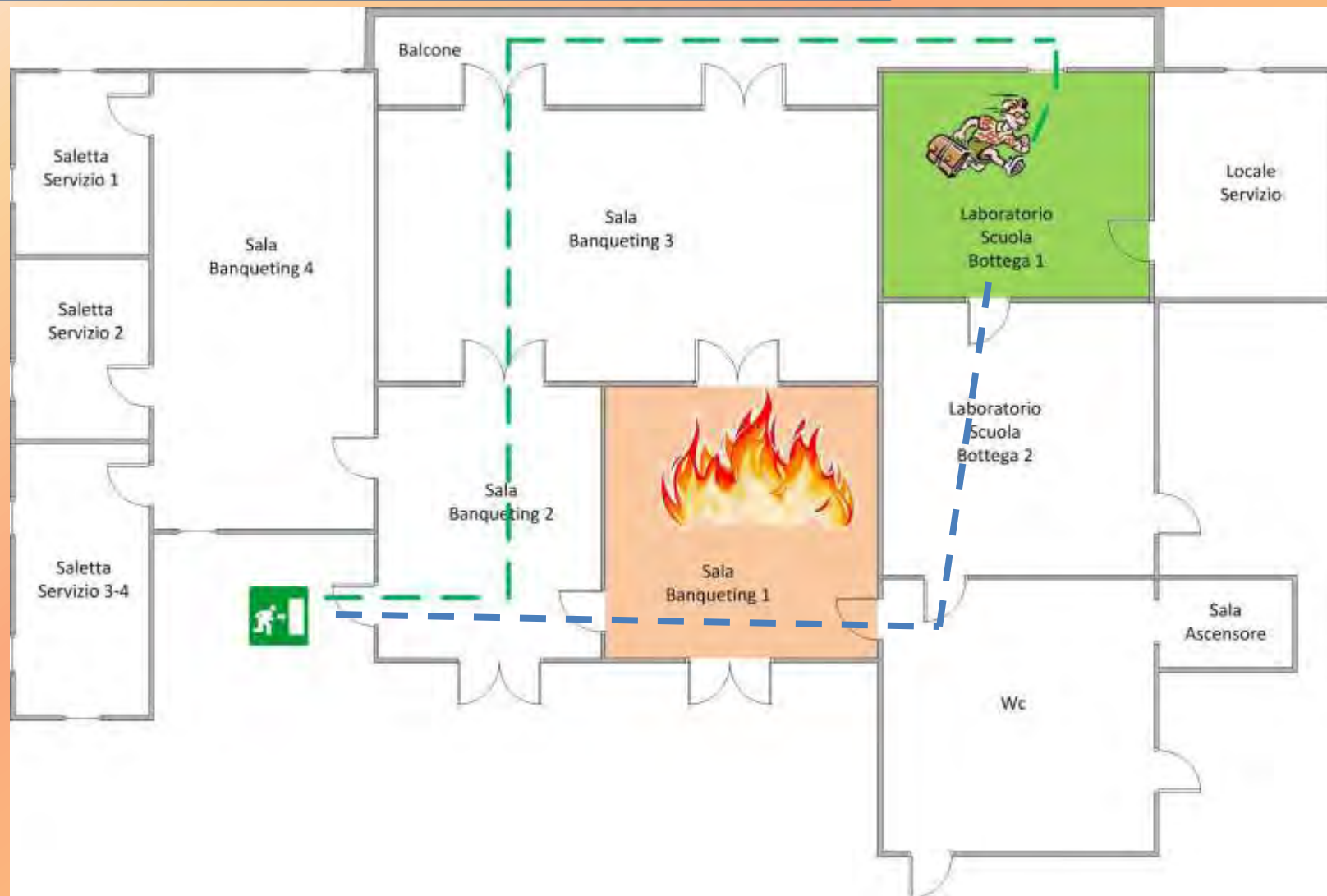
SCENARIO C

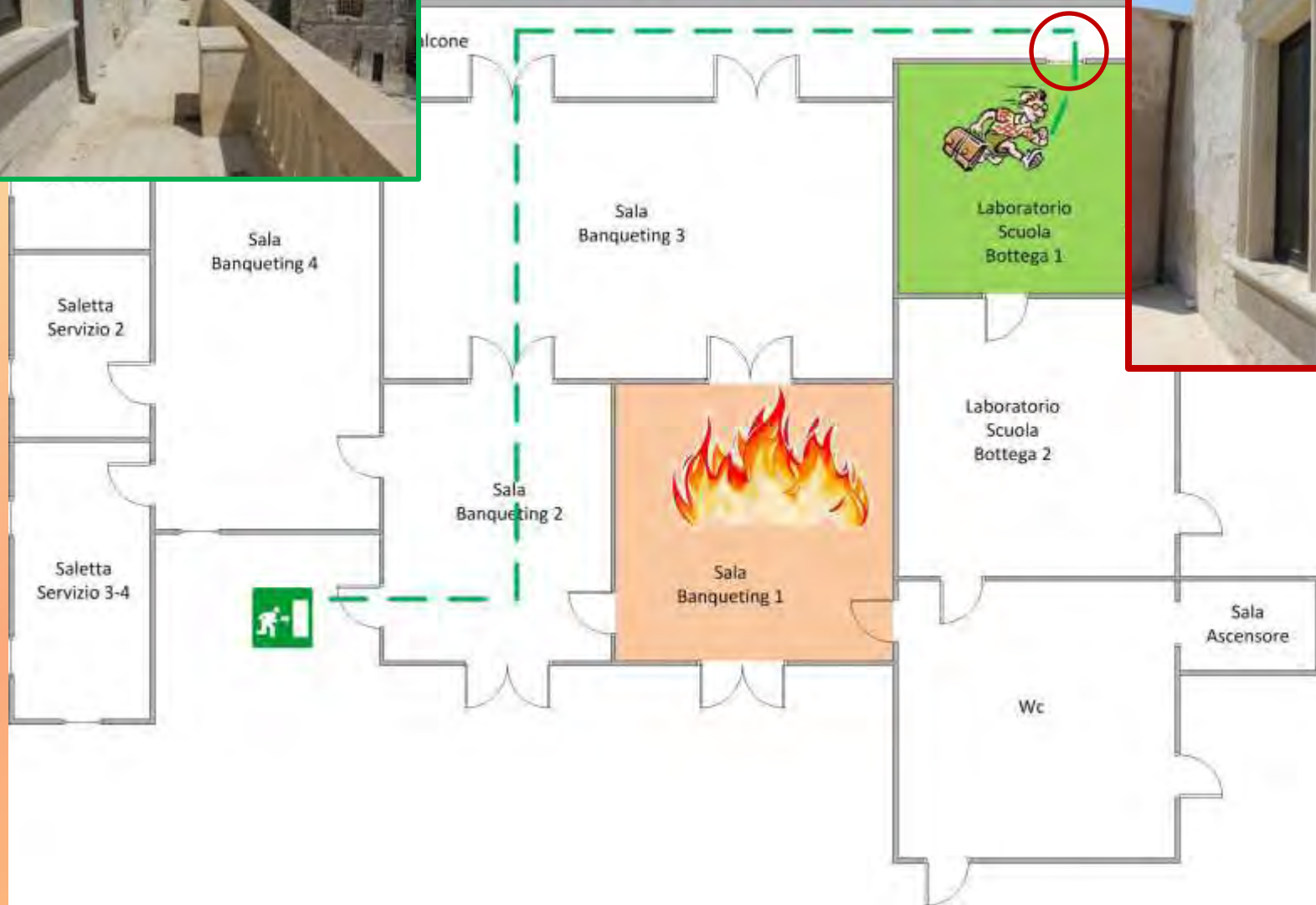


Supposto un incendio lungo la via di esodo, questa passa alternativamente per il balcone.
E' presente il sistema di apertura automatica degli infissi.

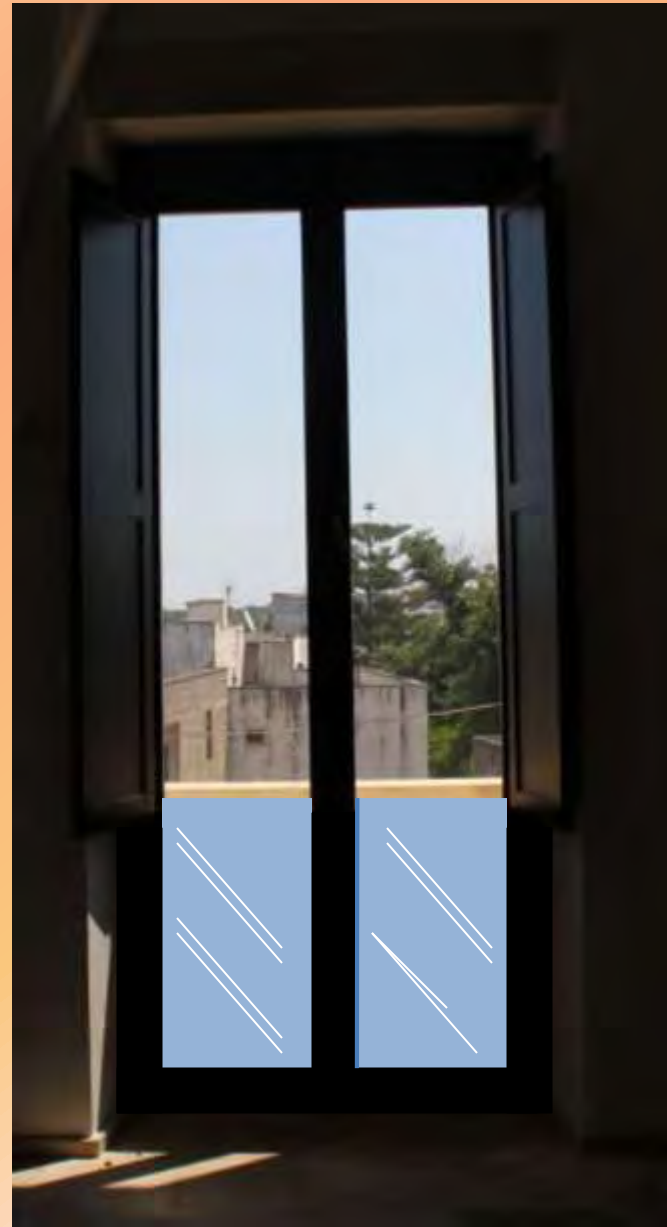
Incendio: Sala Banqueting 1

Esodo da: Laboratorio Scuola Bottega 1





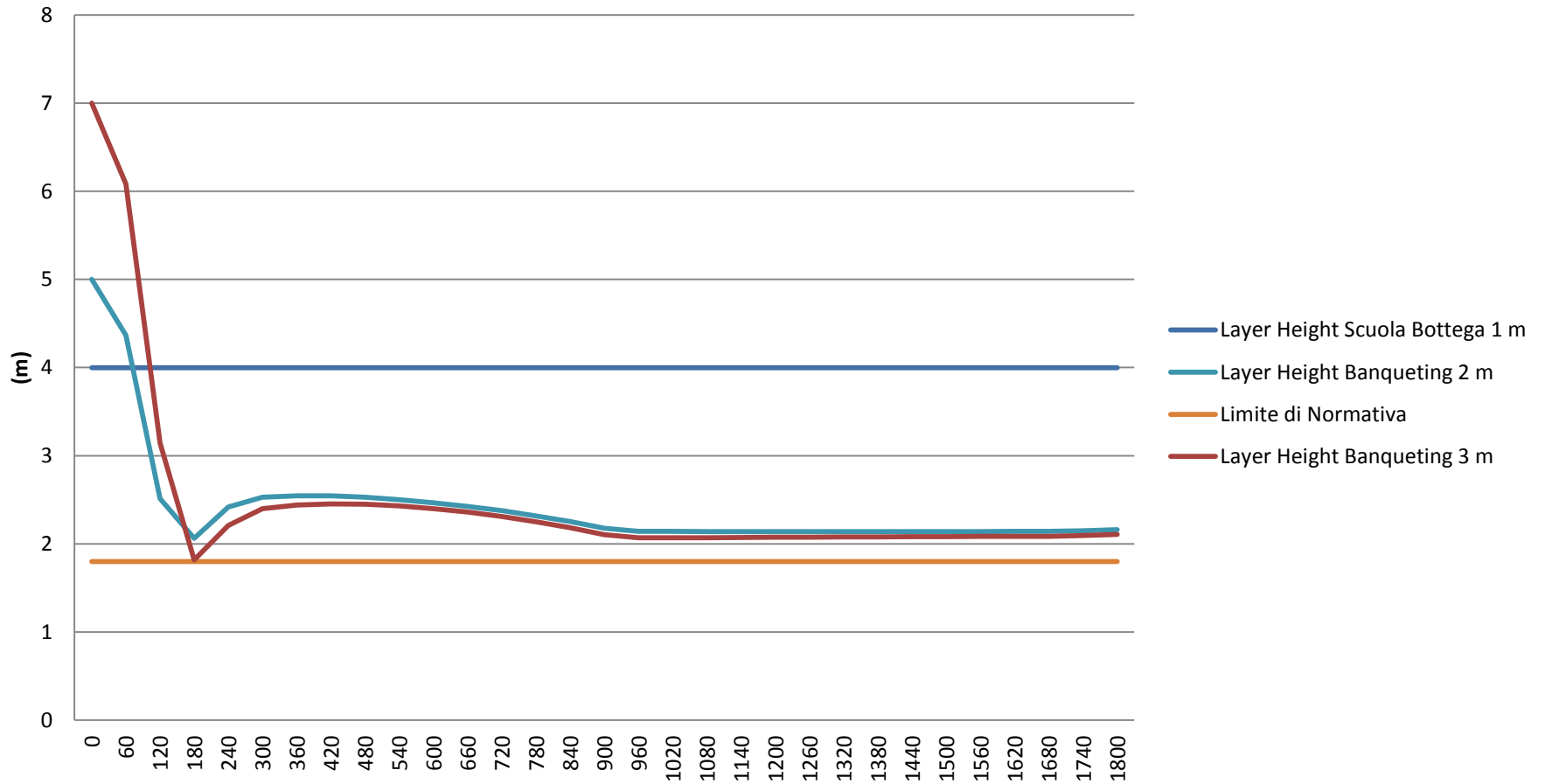
Intervento Architettonico



Required Safe Escape Time

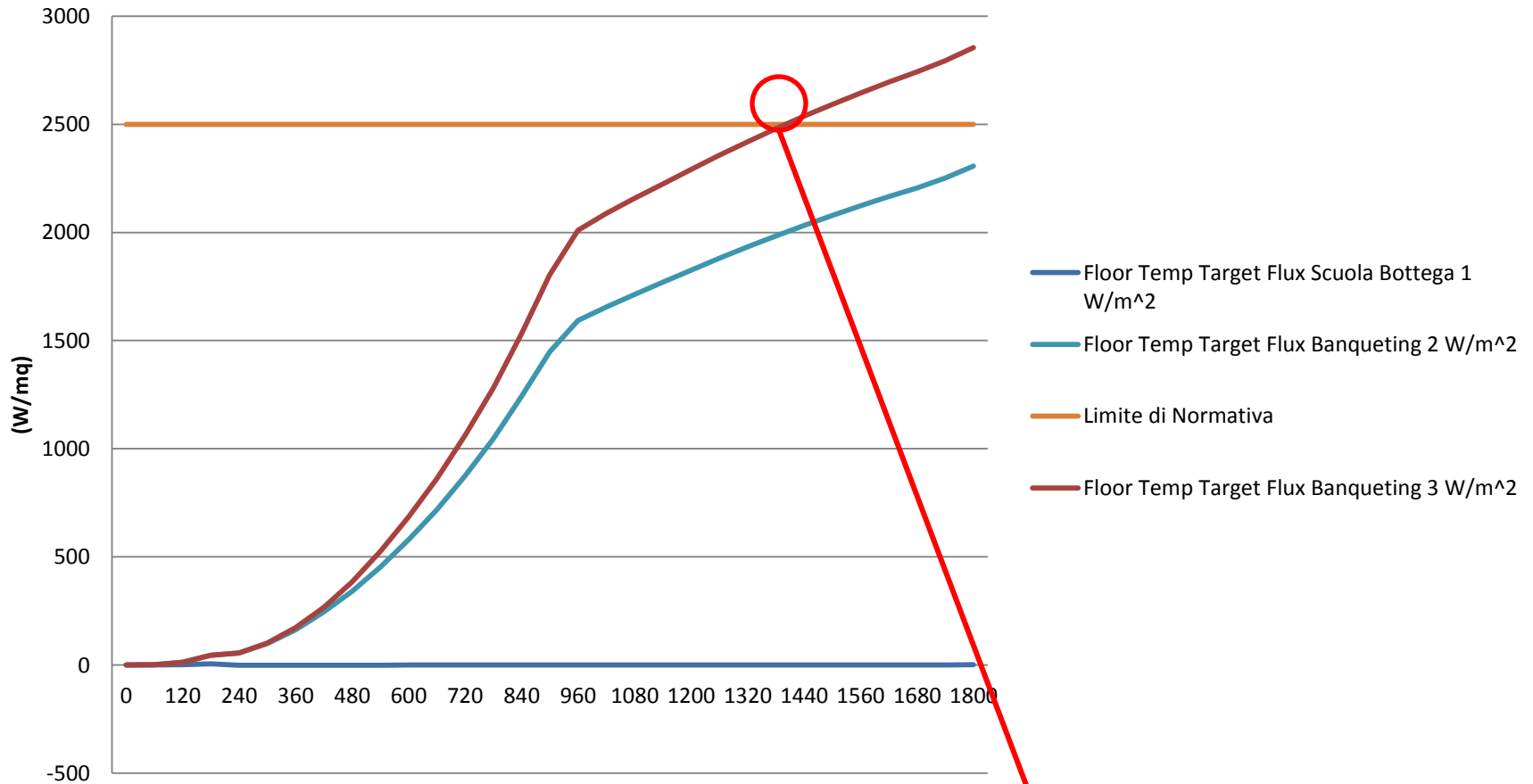
RSET [s]		SCENARIO C-on				
		Velocità di esodo [m/s]				
		0,15	0,35	0,65	1	1,25
Affoll. [per/mq]	20 pers.	971	535	383	323	299
	40 pers.	1169	619	429	352	324
	60 pers.	1364	705	474	382	348

Altezza fumi



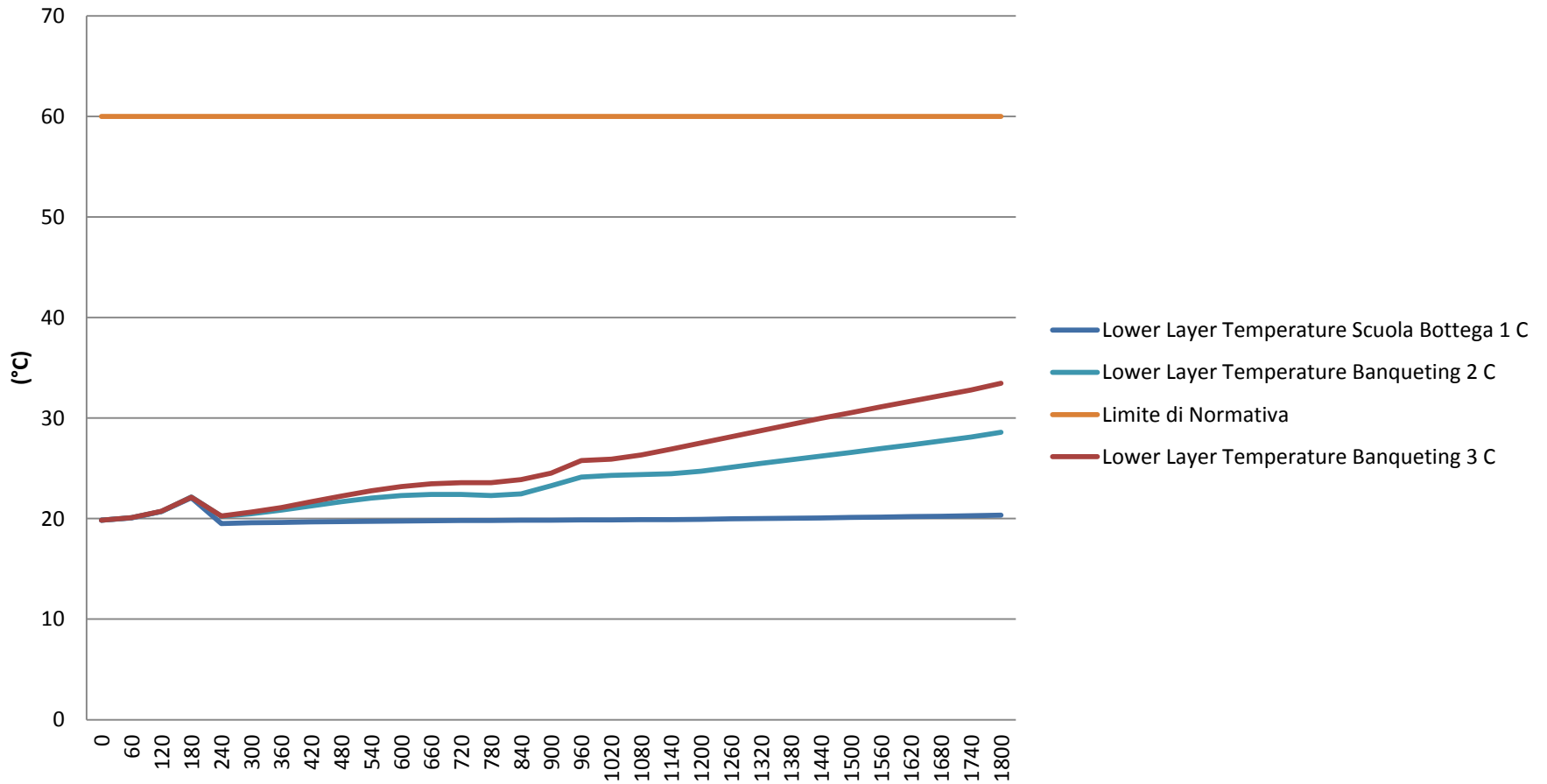
Il limite di normativa non viene mai superato.

Flusso Termico al pavimento



Il limite di normativa viene superato dopo **1440** secondi in Sala Banqueting 3.

Temperatura fumi strato inferiore



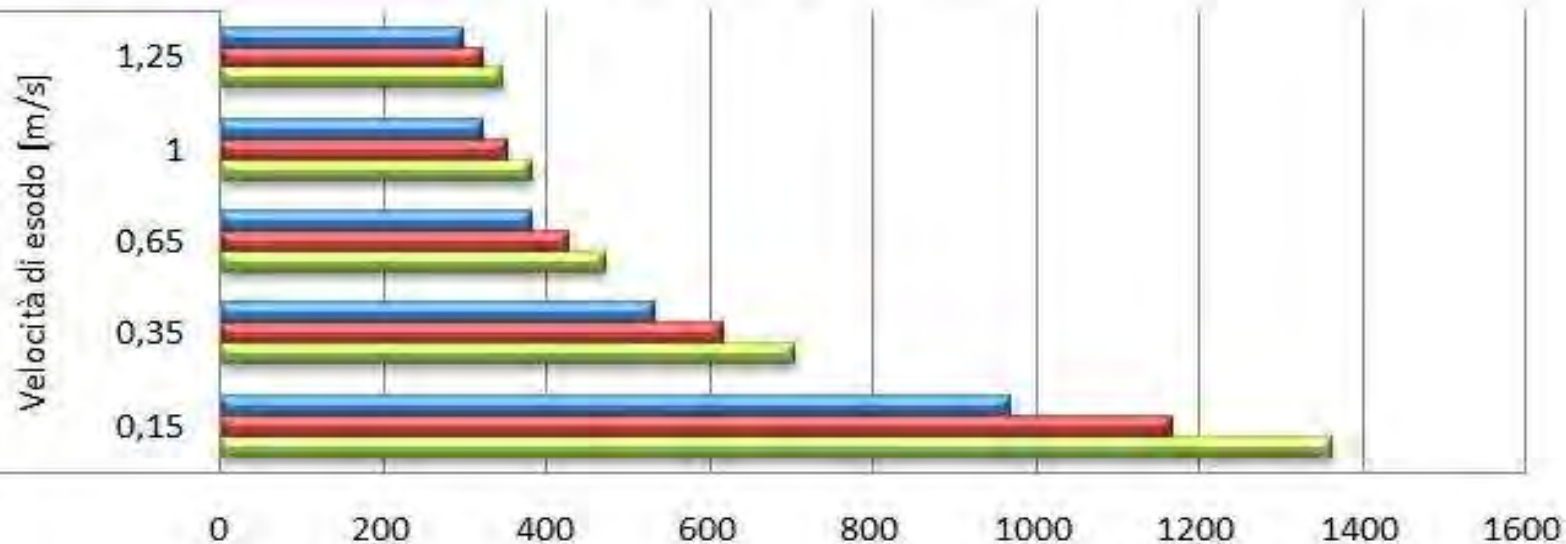
Il limite di normativa non viene mai superato.

Analizzati i dati si deduce che per lo scenario C :

Parametro	Tempo di superamento limite (s)
Altezza fumi	mai
Flusso Termico al Pavimento	1440
Temperatura strato inferiore fumi	mai

Aset= 1440 sec

RSET - Scenario di Incendio C



	Velocità di esodo [m/s]				
	0,15	0,35	0,65	1	1,25
20 pers.	971	535	383	323	299
40 pers.	1169	619	429	352	324
60 pers.	1364	705	474	382	348

Dati i valori di Rset confrontiamoli con il valore di Aset

Margine di Salvezza

RSET [s]		SCENARIO C-on				
		Velocità di esodo [m/s]				
		0,15	0,35	0,65	1	1,25
Affoll. [per/mq]	20 pers.	971	535	383	323	299
	40 pers.	1169	619	429	352	324
	60 pers.	1364	705	474	382	348



Come osserviamo la configurazione C è ottimale e garantisce un esodo in sicurezza a tutte le categorie.

**Nessun valore di Rset supera il valore di Aset.
Deduciamo che tutti gli occupanti possono
mettersi in salvo.**





Conclusioni

Operare con la FSE ha permesso di:

- Determinare le prestazioni in termini di sicurezza antincendio
- Verificare le reali condizioni di esodo per gli occupanti
- Proporre soluzioni ingegneristiche per la fruizione di un edificio inizialmente non sicuro



Grazie per l'attenzione