

FIRE SAFETY ENGINEERING – SOLUZIONE IN DEROGA DI UN CASO COMPLESSO E RAFFRONTO CON LA CONDIZIONE “DA NORMA”.

Ing. Alberto Maiolo - Direzione Regionale dei VV.F. del Friuli Venezia Giulia (Trieste - Italy)

SOMMARIO

L'approccio ingegneristico introdotto dal DM 9/05/2007 costituisce il normale completamento di un processo che nel 2007 ha visto l'emanazione dei due decreti sulla resistenza al fuoco, rispettivamente il DM 9/03/2007 ed il DM 16/02/2007. In realtà già con il DM 246/93 (di recepimento della Direttiva 89/106/CEE del 1988), alcuni requisiti che ritroviamo in tali decreti, sul concepimento e sulla costruzione di un'opera, erano stati introdotti nella legislazione italiana quasi in sordina. Mentre con il Documento Interpretativo, che si poneva l'obiettivo di dare forma concreta al requisito essenziale della sicurezza antincendio, era stato introdotto "l'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio" per:

- Determinare i dati di base sulle modalità di sviluppo e propagazione nelle opere dell'incendio e dei suoi effluenti.....
- Valutare le azioni quali esposizioni al calore e agli effluenti dell'incendio di persone e opere....
- Valutare prestazioni dei prodotti da costruzione esposti all'incendio...
- Valutare la rivelazione, la attivazione di sistemi di controllo, degli occupanti, delle squadre antincendio.....
- Valutare e progettare disposizioni di evacuazione e di soccorso...

Il processo quindi che ha portato all'emanazione del DM 9/05/2007 è stato piuttosto lungo e complesso (ISO/TR 13387 e DM 14/09/2005), richiedendo quasi vent'anni di tempo.

La filosofia alla base dell'approccio prestazionale è quella di consentire, dimostrandolo con l'adozione di codici di calcolo appropriati, il raggiungimento di obiettivi di sicurezza che sono stati predefiniti e concordati con l'Organo di Controllo.

Proprio con tale spirito è stato affrontato il caso che verrà rappresentato nel presente articolo.

Innanzitutto c'è da precisare che nella Regione Friuli Venezia Giulia è stato nominato dal Direttore Regionale dei Vigili del Fuoco, concordandolo con i Comandanti Provinciali, un apposito Gruppo di Lavoro che ha l'incarico di esaminare tutte le istanze che vengono presentate in regione secondo un approccio di tipo prestazionale, sia ai fini di un esame progetto per attività non normate, sia nel caso di istanza di deroga per il mancato rispetto di requisiti specifici richiesti da una norma di carattere verticale. In entrambi i casi infatti, tutte le istanze vengono portate all'esame del Comitato Tecnico Regionale per la prevenzione incendi di cui all'art.22 del D.Lgs 139/2006. Il Gruppo di Lavoro ha l'onere di concordare con i richiedenti gli obiettivi di sicurezza antincendio, i livelli di prestazione e gli scenari di progetto che poi saranno esaminati e discussi in sede di Comitato Tecnico.

1.0 IL PARK SAN GIUSTO

1.1 Premessa

La città di Trieste soffre di una gravissima carenza di strutture dedicate alla sosta, soprattutto nel Centro Storico, dove invece la concentrazione di attività del terziario, del commercio, dei servizi e la tendenza di rivalutazione del residenziale, determinano una sempre crescente domanda.

Uno dei vari progetti presentati al Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco nell'ottica di una parziale soluzione a tale annoso problema è il Park San Giusto, autorimessa da 724 posti auto da realizzarsi interamente in caverna.

Tale autorimessa verrebbe a collocarsi nella zona centrale della città, proprio alle spalle della Piazza Unità d'Italia, dove maggiore è la richiesta di posti auto e dove minore è l'attuale disponibilità.

La particolare collocazione prevista, due volumi ricavati all'interno dell'ammasso roccioso del Colle di San Giusto, rende, di fatto, impossibile ottenere una ventilazione naturale attraverso canalizzazioni di sezioni totali con superfici pari ad 1/25 delle superfici di parcheggio. Per questa ragione ed al fine di definire i livelli di prestazione da garantire per il raggiungimento degli obiettivi che ci si prefigge di raggiungere, è stato sviluppato uno specifico progetto secondo l'approccio prestazionale, che ha ottenuto un parere favorevole in deroga dal Comitato Tecnico Regionale dei Vigili del Fuoco del Friuli Venezia Giulia.

1.2 Descrizione del progetto

Il parcheggio multipiano interrato si compone di una galleria di accesso veicolare e pedonale, due gallerie (caverne) di parcheggio ciascuna comprendente cinque livelli (per un totale di dieci compartimenti di parcheggio), due rampe (una di salita e una di discesa), un transetto anteriore su cinque livelli, un transetto posteriore su tre livelli ed una galleria pedonale di collegamento tra il transetto anteriore (livello 0) e transetto posteriore (livello -3).

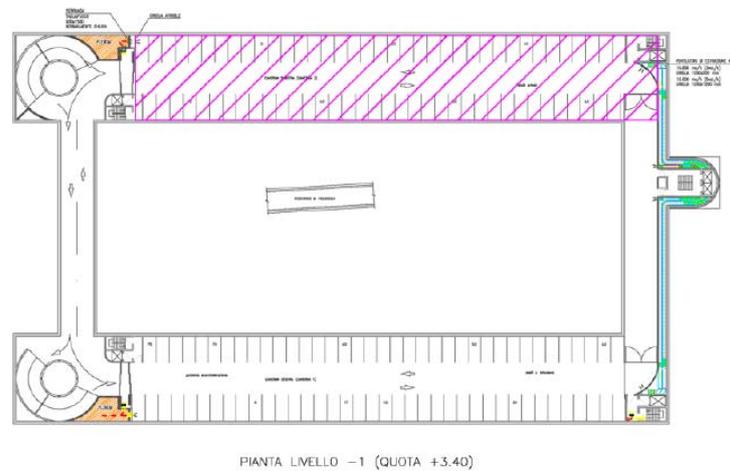


Figura 1. Pianta tipo autorimessa

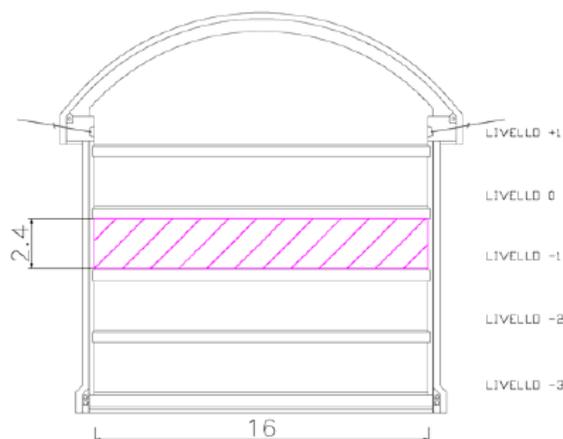


Figura 2. Sezione autorimessa

Ogni compartimento di parcheggio ha una lunghezza di circa 92 m, una larghezza di 16 m, e un'altezza di 2,4 m, con una superficie di circa 1500 m² e un volume di circa 3.500 m³.

La ventilazione naturale, non realizzabile in ragione proprio della collocazione dell'autorimessa (ubicata a 20-40 m al di sotto del piano di calpestio di una zona per altro già densamente edificata) è stata sostituita da una ventilazione forzata, da garantirsi attraverso le aperture della galleria di accesso principale e di quelle

attigue, nonchè da un pozzo di accesso pedonale (ascensori e scale) sfociante sulla piazza della cattedrale di S. Giusto, situata sulla sommità del colle omonimo.

In questo il sistema di ventilazione prevede tre diverse condizioni di funzionamento:

- a) situazione di normale esercizio;
- b) situazione di allarme inquinamento (superamento limiti CO);
- c) situazione di allarme incendio.

In condizioni di normale esercizio il compartimento è aperto e il sistema di ventilazione garantisce un ricambio d'aria di 3 volumi/ora, pari a 10.800 m³/h. L'aria immessa per depressione dal lato rampe della galleria, viene ripresa dai ventilatori di estrazione posizionati nella parete di fondo del compartimento (Figura 3).

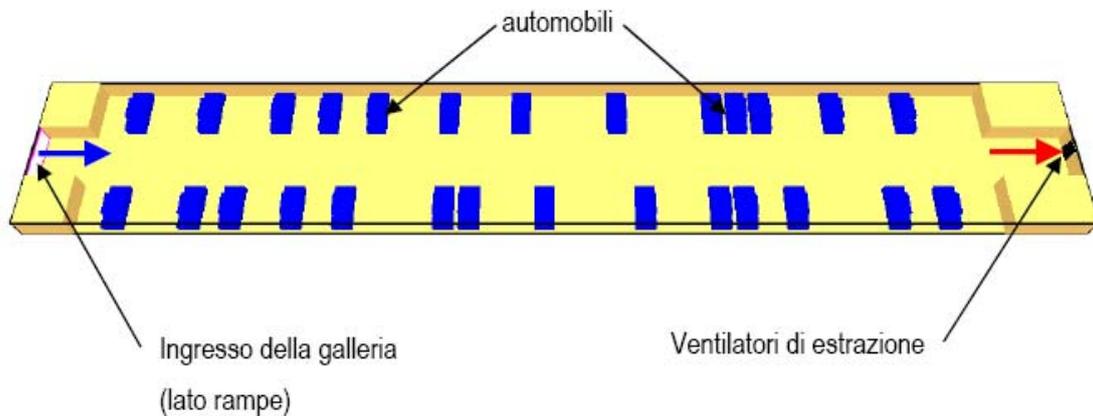


Figura 3. Sistema di ventilazione in condizione normale

In condizioni di allarme incendio all'interno del comparto, vengono chiuse le porte di compartimentazione, viene aperta la serranda tagliafuoco di adduzione aria sul lato rampe della galleria e la portata di estrazione viene incrementata a 8 vol/h, pari a 28.800 m³/h (Figura 4).

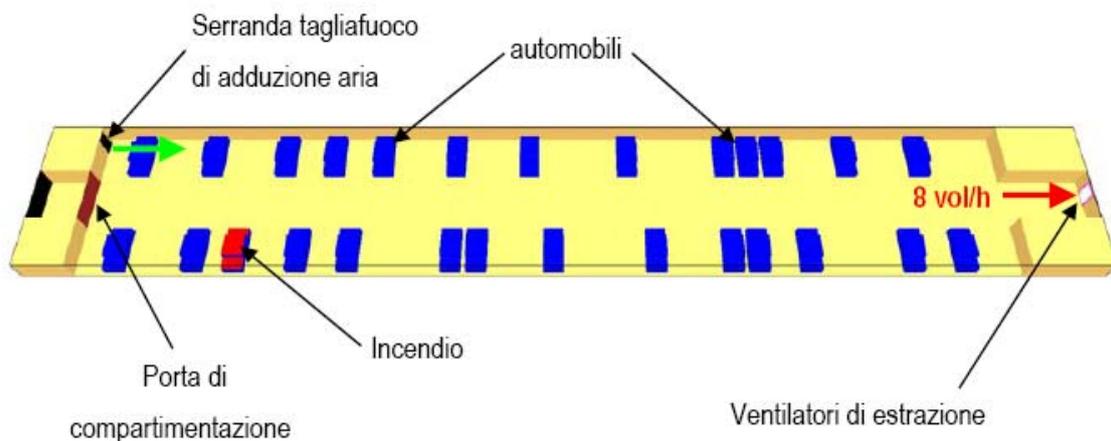


Figura 4. Sistema di ventilazione in condizione incendio

I ventilatori di estrazione sono previsti di tipo resistente a 400°C per due ore con caratteristiche tali da garantire i necessari ricambi d'aria ambiente nelle varie situazioni ipotizzabili.

I sistemi di estinzione incendi previsti nell'autorimessa sono costituiti sia da idranti UNI 45 (quattro per ognuno dei dieci compartimenti di parcheggio) sia da sistemi sprinkler.

2.0 IL PROGETTO PRESTAZIONALE DEL PARK SAN GIUSTO

2.1 Identificazione degli obiettivi

L'obiettivo concordato e perseguito, verificato con i risultati della modellazione, è la garanzia di esodo in sicurezza degli occupanti dell'autorimessa. Esodo, o meglio evacuazione sicura delle persone in caso d'incendio, sia dai compartimenti non direttamente interessati dall'evento incidentale e sia, a maggior ragione, da quello interessato dall'incendio.

2.2 Identificazione dei livelli di prestazione

Al fine di poter consentire l'esodo in sicurezza degli occupanti l'autorimessa è necessario disporre di un livello di visibilità non inferiore ai 10 m.

Per questo motivo la visibilità di 10 metri, verificata ad un'altezza di 1,8 m, deve essere disponibile per il tempo sufficiente al raggiungimento delle uscite di sicurezza. Che nel caso specifico è stato, anche cautelativamente (funzione delle velocità medie ricavabili da letteratura confrontati con i parametri geometrici del compartimento), fissato in 4 minuti dall'inizio dell'incendio.

La "visibilità" è il parametro che consente di stimare la distanza alla quale un oggetto risulta visibile in funzione della densità dei fumi. Si basa sul principio del controllo del contrasto minimo tra le superfici rilevabile dall'occhio umano, partendo dall'assunto che ad una concentrazione di fumo di 20 g/m^3 le persone non sono in grado di vedere le proprie mani. La distanza alla quale un dato oggetto risulta visibile dipende dalla densità del fumo, dal coefficiente di estinzione del fumo e dalle caratteristiche ottiche del segnale (emettitore di luce o non emettitore). Il valore di 10 m corrisponde, secondo l'appendice G della BS/PD 7974-6 ad una densità ottica dei fumi dell'ordine di 0,08 ed è associato ad una tolleranza ai gas irritanti ed asfissianti con tempi ben al di sopra di quelli necessari per l'esodo nel caso specifico.

Un secondo livello di prestazione da garantire al fine del raggiungimento dell'obiettivo è relativo alla temperatura a cui possono essere esposte le persone, che dovrà risultare non superiore a $50\text{-}60^\circ\text{C}$ per tutto il tempo di esodo.

2.3 Gli scenari d'incendio

Uno scenario d'incendio di progetto è una descrizione qualitativa del corso di un particolare incendio nei confronti del tempo e dello spazio. Esiste un infinito numero di possibili scenari d'incendio in ogni edificio. Sarebbe impossibile analizzarli tutti, anche con l'ausilio delle più sofisticate risorse di calcolo computerizzato. Per questo devono essere selezionati un numero ridotto di scenari possibili da analizzare, basati sulle peggiori condizioni che si possono verificare.

All'interno del compartimento sono presenti solamente automobili. I materiali combustibili sono pertanto costituiti dai componenti delle automobili stesse, materie plastiche (ruote, paraurti, parti interne), tessuti, combustibile presente nei serbatoi.

2.4 Il modello di calcolo

L'attività di simulazione numerica è stata condotta applicando il modello di fluidodinamica computazionale Fire Dynamic Simulator (FDS), versione 5.0, sviluppato dal National Institute of Standards and Technology (NIST), in cooperazione con il VTT Technical Research Centre of Finland. Si tratta di un modello di campo tridimensionale specificamente adattato per lo studio dei fluidi in movimento per effetto del fuoco. La scelta fra i vari software CFD disponibili si è orientata su tale programma poiché è stato ed è tutt'oggi oggetto di numerosi test di verifica e di validazione.

Il volume di calcolo è stato discretizzato con una mesh con lato di $0,25 \times 0,25 \times 0,2 \text{ m}$, per un totale di circa 310.000 celle.

Il modello di combustione presente in FDS consente di modellare l'incendio che si sviluppa all'interno di un ambiente, qual'è appunto l'autorimessa, mediante l'impostazione della curva di potenza termica (HRR) sulla base della tipologia d'incendio considerata.

La curva di velocità di rilascio termico dell'incendio, rappresentata in fig. 5, è costruita tenendo conto dei parametri caratteristici dell'incendio di un'automobile (potenza di picco e tempo impiegato per raggiungerlo) riportati in letteratura. È stato ipotizzato che l'incendio rimanga confinato ad una autovettura e, solo

parzialmente, alle due vetture adiacenti, raggiungendo complessivamente una potenza di picco di 5 MW, corrispondente alla potenza di progetto per un'autovettura di grosse dimensioni in assenza di impianto di spegnimento.

La fase di crescita è rappresentata con una legge di tipo quadratico che, come generalmente accettato, si presta molto bene per la descrizione della maggior parte degli incendi con fiamma. La durata della fase di crescita è fissata in 15 minuti.

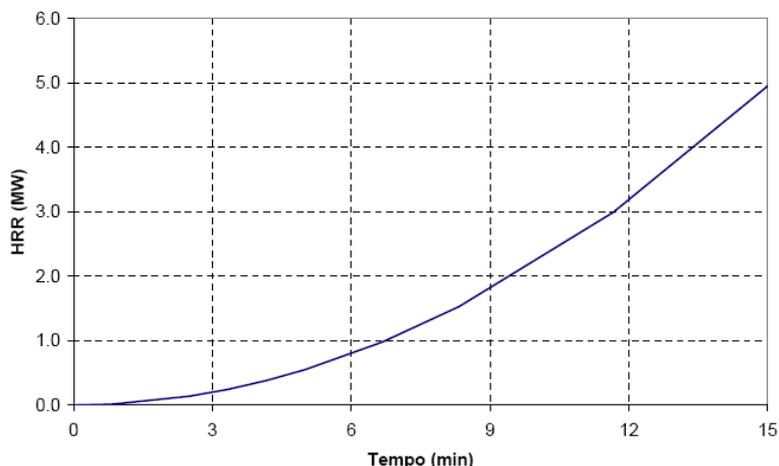


Figura 5. Curva di velocità di rilascio termico dell'incendio (HRR)

Nella descrizione dell'incendio è stato, a tutto vantaggio di sicurezza, trascurato il periodo di incubazione dell'incendio, precedente a quello di crescita, durante il quale si può avere lo sviluppo di fumo in assenza di fiamma, e di conseguenza l'intervento del sistema di rivelazione.

L'inizio dell'evento incendiario, ossia della fase di effettiva crescita, è stato fissato in concomitanza alla chiusura dei portoni tagliafuoco e all'attivazione della ventilazione antincendio, per effetto dell'intervento del sistema di rivelazione d'incendio.

La produzione di fumo, espressa in termini di frazione di materiale che brucia, dipende dalle condizioni di ventilazione e dal materiale stesso. Pertanto, assumendo una condizione di buona ventilazione, di materiale combustibile in gran parte costituito da materie plastiche e di combustione con fiamma, è stato fissato attraverso il coefficiente di conversione di fumo "soot_yield", che esprime la quantità di fumo in massa liberata dalla combustione in relazione alla quantità in massa di combustibile che brucia, e considerato pari a 0,10 kg/kg.

Il valore del coefficiente specifico di estinzione della luce (K_m) è stato fissato in 7,6 m²/g, valore caratteristico per materiali plastici in condizioni di combustione con fiamma. Tale valore consente, in base alla concentrazione in massa dei fumi (m), di calcolare la visibilità in ogni punto secondo la relazione: $V = C/K$, essendo $C = 3$ per segnali che non emettono luce e $K = K_m * m$.

2.5 Incendio di progetto

Gli scenari d'incendio considerati sono i due maggiormente significativi in ragione della particolare tipologia di ventilazione e della disposizione di parcheggio delle autovetture:

- incendio localizzato verso l'estremità iniziale della galleria (lato rampe), ove avviene l'introduzione dell'aria di ventilazione (Figura 6)
- incendio localizzato verso la parte terminale (lato transetto), ove avviene l'aspirazione dell'aria di ventilazione (Figura 7).

In entrambe le figure è rappresentato un unico focolaio d'incendio, che descrive però l'incendio di una vettura e di parte delle due vetture adiacenti.

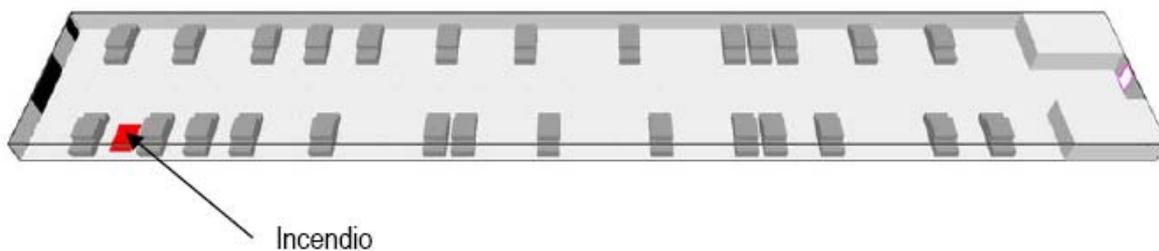


Figura 6. Scenario A - Incendio all'inizio del compartimento con ventilazione meccanica

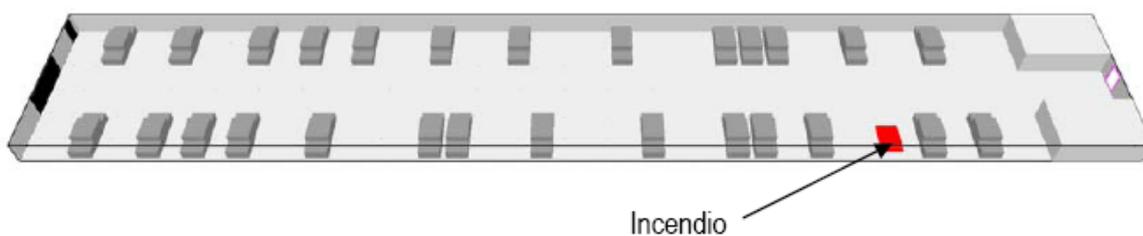


Figura 7. Scenario B - Incendio alla fine del compartimento con ventilazione meccanica

Sono stati inoltre simulati due ulteriori scenari (Figure 8 e 9), a scopo comparativo, relativi alle medesime condizioni d'incendio descritte, ma in condizioni di aerazione naturale, anziché meccanica, secondo quanto previsto dalla normativa di riferimento (aperture di aerazione naturale con superficie pari a un venticinquesimo della superficie di pavimento, disposte in modo uniforme e a una distanza reciproca inferiore a 40 m).

Sono state modellizzate n. 6 aperture a soffitto, disposte in modo uniforme ed ottimale, da 10 m² ciascuna per un totale di 60 m².

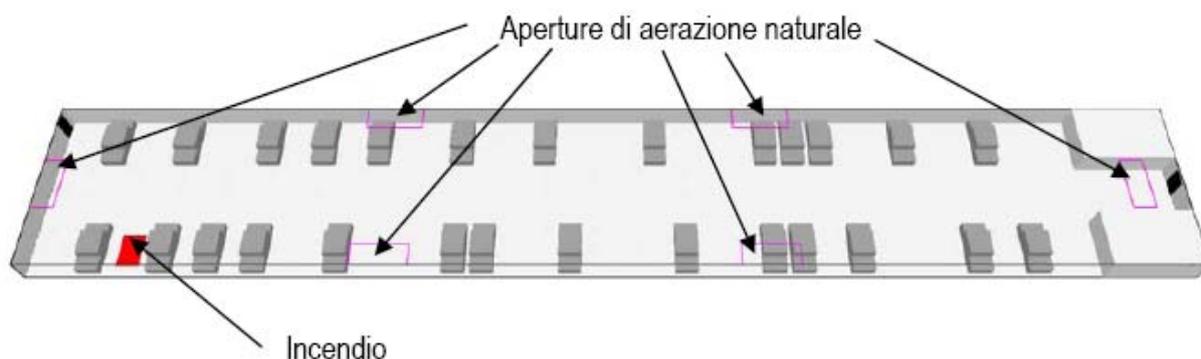


Figura 8. Scenario C - Incendio all'inizio del compartimento con aerazione naturale

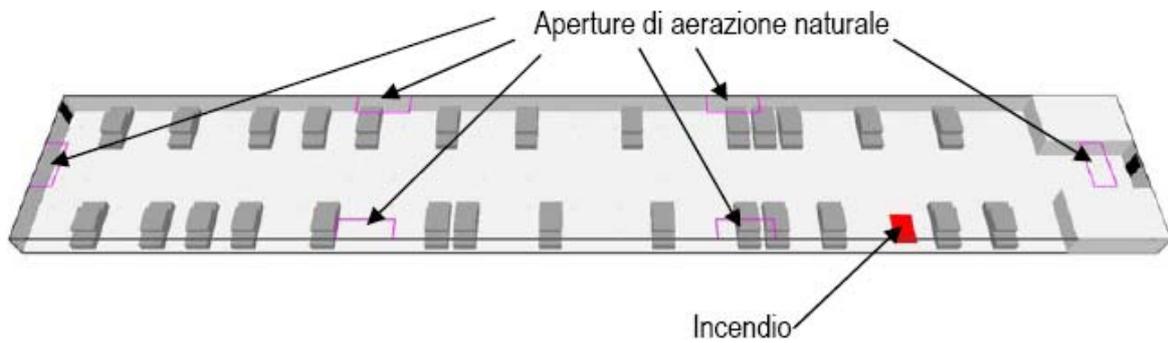


Figura 9. Scenario D - Incendio alla fine del compartimento con aerazione naturale

2.6 Risultati

2.6.1. SCENARIO A – Incendio all’inizio della galleria con ventilazione meccanica

I profili di visibilità riportati nelle figure 10 e 11 mostrano che l’avanzamento e l’ispessimento dello strato dei fumi aderente al soffitto, per effetto anche della progressiva miscelazione con lo strato d’aria inferiore, provoca una altrettanto progressiva riduzione della visibilità all’interno del compartimento. Il livello di soglia di visibilità (10 m, indicato dalla linea nera in figura), preso come riferimento in quanto consente una normale velocità di evacuazione, non viene superato pressoché lungo tutta la via d’esodo fino a 4 minuti dall’inizio dell’evento. Si assiste poi ad una ulteriore riduzione di visibilità che porta, dal settimo minuto in poi, a condizioni di scarsa visibilità.

Pertanto risulta assolutamente garantita la visibilità per un tempo più che sufficiente per l’esodo in sicurezza delle persone.

L’attivazione degli sprinkler avviene dopo circa 4 minuti e mezzo dall’inizio dell’evento, per cui dopo che si è conclusa la fase di evacuazione.

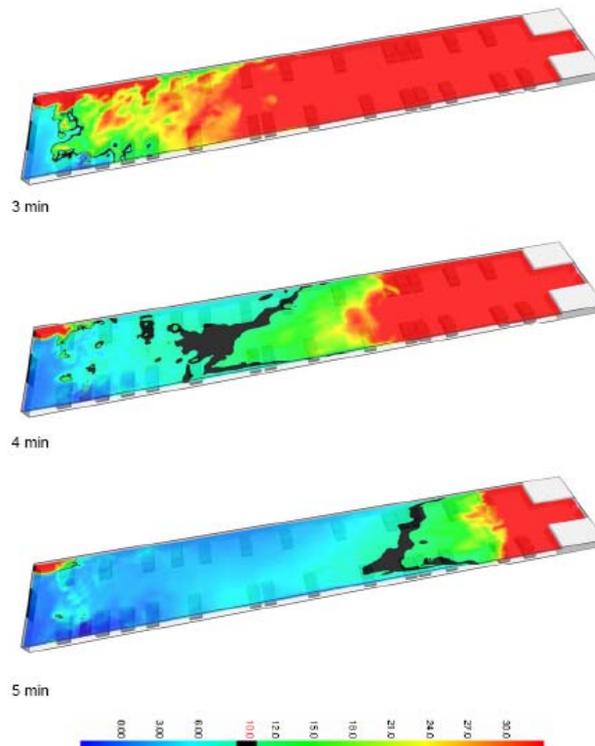


Figura 10. Scenario A - Profili di visibilità (in m) sul piano orizzontale a 1,8 m di altezza

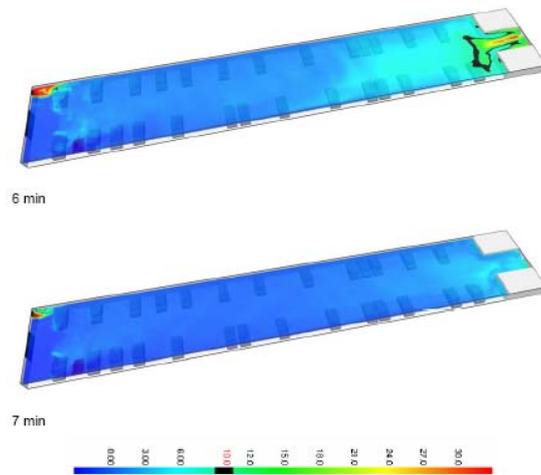


Figura 11. Scenario A - Profili di visibilità (in m) sul piano orizzontale a 1,8 m di altezza

Dai profili di temperatura (Figura 12) si può notare che, per l'effetto combinato del sistema di spegnimento e della elevata portata d'aria di estrazione, le temperature dell'aria e dei fumi rimangono relativamente basse e pertanto non costituiscono un rischio per le persone durante la fase di evacuazione.

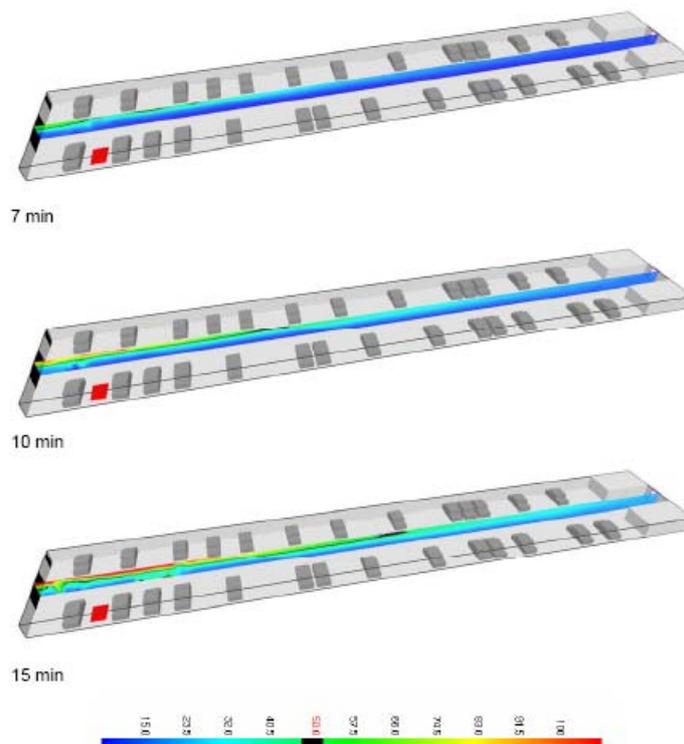


Figura 12. Scenario A - Temperatura sulla sezione verticale mediana [°C]

2.6.2. SCENARIO B – Incendio alla fine della galleria con ventilazione meccanica

Questo scenario risulta meno gravoso del precedente in quanto l'incendio si trova più vicino ai ventilatori di estrazione. Pertanto gran parte della portata di fumi prodotti dall'incendio fuoriesce direttamente dal compartimento attraverso le griglie di estrazione, e la ventilazione meccanica si oppone all'avanzamento dei fumi attraverso il compartimento.

Dalle immagini di Figura 13 si può notare che, anche in questo caso, è garantita una visibilità superiore al valore di soglia di 10 m lungo tutta la via d'esodo per un tempo superiore a 4 minuti dall'inizio dell'evento, tempo ben sufficiente per l'evacuazione in sicurezza del comparto. In seguito si assiste a una progressiva riduzione della zona di visibilità, fino ad arrivare ad una condizione di scarsa visibilità nell'intero compartimento dopo circa 12 minuti.

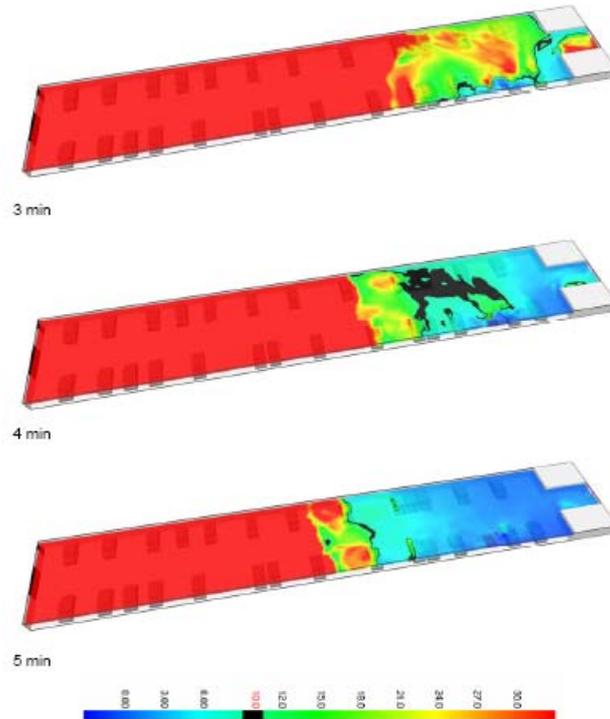


Figura 13. Scenario B - Profili di visibilità (in m) sul piano orizzontale a 1,8 m di altezza

Anche in questo caso le temperature dell'aria e dei fumi rimangono relativamente basse, senza costituire un pericolo per la sicurezza delle persone durante la fase di evacuazione.

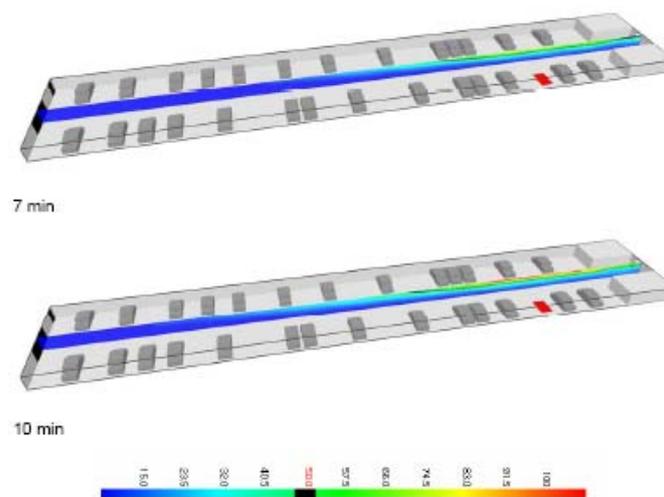


Figura 14. Scenario B - Temperatura sulla sezione verticale mediana [°C]

2.6.3. SCENARIO C – Incendio all’inizio di analoga galleria con ventilazione naturale

Nel caso di ventilazione naturale si ottiene un risultato simile a quello del corrispondente scenario con ventilazione meccanica (Figure 15 e 16). La visibilità è garantita lungo tutta la via d’esodo nei primi 4 minuti, dopodiché il fumo aumenta di densità fino a comportare condizioni di scarsa visibilità nell’intero compartimento in un tempo di circa 8-10 minuti.

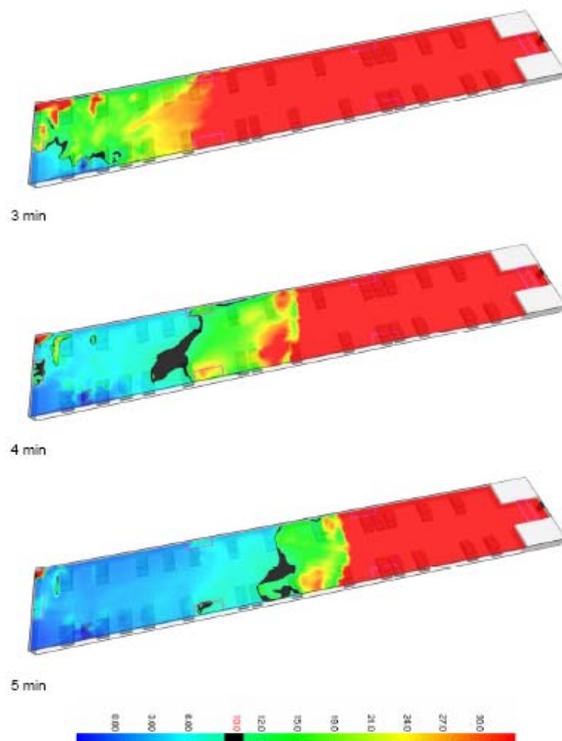


Figura 15. Scenario C - Profili di visibilità (in m) sul piano orizzontale a 1,8 m di altezza

I profili di temperatura mettono in luce una situazione sostanzialmente simile a quella del corrispondente scenario con ventilazione meccanica.

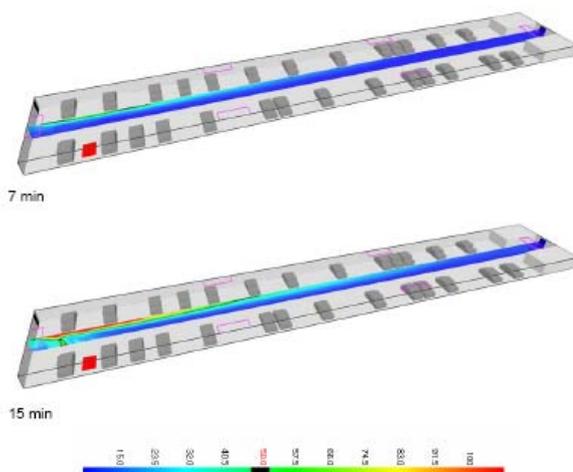


Figura 16. Scenario C - Temperatura sulla sezione verticale mediana [°C]

2.6.4. SCENARIO D – Incendio alla fine di analoga galleria con ventilazione naturale

Nel caso di ventilazione naturale si ottiene un risultato simile a quello del corrispondente caso con ventilazione meccanica. Il fumo arriva anche in questo caso a riempire l'intero compartimento, e quindi comportando condizioni di scarsa visibilità, in un tempo di circa 12-15 minuti (Figure 17 e 18).

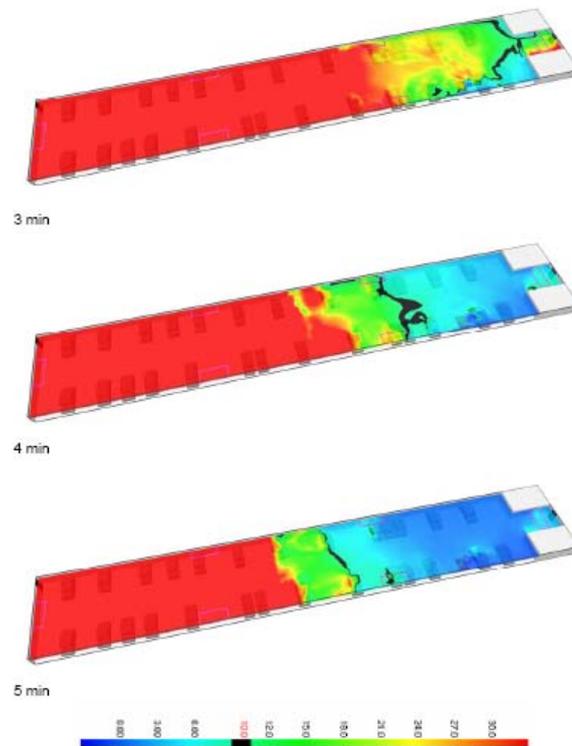


Figura 17. Scenario D - Profili di visibilità (in m) sul piano orizzontale a 1,8 m di altezza

I profili di temperatura mettono in luce una situazione sostanzialmente simile a quella del corrispondente scenario con ventilazione meccanica.

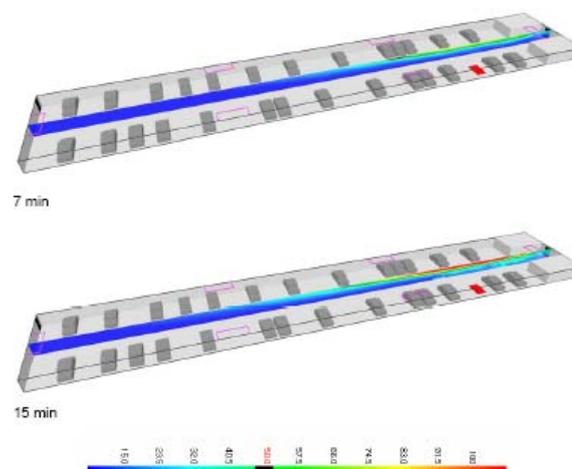


Figura 18. Scenario D - Temperatura sulla sezione verticale mediana [°C]

2.7. IL SISTEMA DI GESTIONE DELLA SICUREZZA ANTINCENDIO

Di particolare importanza la strutturazione del SGSA, che deve garantire il mantenimento nel tempo del livello di sicurezza definito in fase progettuale nonché l'efficacia/efficienza dei sistemi introdotti.

E' così possibile sintetizzare i principali criteri che sono stati seguiti nella progettazione degli impianti:

- ❑ **elevato livello di affidabilità**, sia nei riguardi di guasti interni alle apparecchiature, sia nei riguardi di eventi esterni, oltre all'adozione di apparecchiature e componenti con alto grado di qualità e di sicurezza intrinseca;
- ❑ **manutenibilità**: è prevista la possibilità di manutenzione ordinaria degli impianti in condizioni di sicurezza continuando a garantire le varie utilizzazioni degli stessi;
- ❑ **selettività di impianto**: l'architettura prescelta è tale che la parte di impianto che viene eventualmente messa fuori servizio, in caso di guasto, venga ridotta al minimo;
- ❑ **sicurezza degli impianti**, sia contro i pericoli derivanti a persone o cose dall'utilizzazione dell'energia elettrica, sia in termini di protezione nel caso di incendio o di altri eventi estranei all'utilizzazione dell'energia elettrica. In particolare, è stata prevista una duplicazione del sistema di alimentazione elettrica di emergenza per l'impianto di ventilazione (tramite l'adozione di n.2 gruppi elettrogeni e di relative linee in partenza indipendenti, ciascuno in grado di alimentare da solo l'intero carico), al fine di assicurare il funzionamento del suddetto impianto anche in caso di mancanza di alimentazione da rete pubblica ed il contemporaneo guasto o mancato avviamento di uno dei 2 gruppi elettrogeni. La duplicazione dei sistemi di alimentazione di emergenza è stata prevista anche per gli impianti di illuminazione di sicurezza all'interno dei vari compartimenti.

Sono inoltre state individuate e definite le responsabilità, i requisiti di formazione e addestramento del personale in relazione al ruolo svolto ed il comportamento nelle varie situazioni di guasto degli impianti. Infine sono state definite le procedure di emergenza, quelle di esodo dai compartimenti, quelle di chiamata dei soccorsi e di assistenza ad eventuali disabili.

3. CONCLUSIONI

Nelle condizioni d'incendio simulate si è verificato che per entrambi gli scenari valutati con ventilazione meccanica viene assicurato un tempo sufficiente di esodo in sicurezza degli occupanti; tempo in cui le condizioni di visibilità e di esposizione a temperature non elevate sono garantite. Le temperature dell'aria e dei fumi si mantengono relativamente basse e non costituiscono un rischio per le persone durante il periodo di evacuazione.

Le temperature raggiunte dai fumi in prossimità dell'incendio nel momento di massima potenza (circa 500°C) sono decisamente inferiori a quelle della curva nominale definita dalla norma UNI 9502 per la determinazione della resistenza al fuoco delle strutture in cemento armato.

All'interno del compartimento si mantengono condizioni di discreta visibilità per un periodo sufficiente per un primo intervento con i mezzi di estinzione locali da parte del personale della squadra di primo soccorso dell'autorimessa, sempre presente durante l'intero arco della giornata (24 ore su 24), adeguatamente preparata ed addestrata. Il numero minimo dei componenti della squadra è inoltre stato vincolato dal Comitato Tecnico proprio al fine di consentire lo svolgimento delle operazioni previste dalla pianificazione di emergenza e dal SGSA.

Un particolare accenno e considerazione deve inoltre essere fatta in merito al raffronto della condizione d'incendio con ventilazione meccanica rispetto a quella "da norma" (tra l'altro nella configurazione ideale di distribuzione perfettamente simmetrica e completamente priva di serramenti). Il risultato delle modellazioni mette in evidenza che l'andamento della ventilazione del compartimento, e quindi l'andamento della visibilità, è sostanzialmente equivalente nei due casi simili (incendio in testa ed incendio in coda al compartimento) per i primi 5 minuti dall'inizio dell'incendio. Differenze sostanziali si hanno negli intervalli successivi, quando la visibilità nel caso di ventilazione meccanica peggiora drasticamente rispetto all'ipotetica situazione di ventilazione naturale; ma in questo caso l'obiettivo principale, cioè l'esodo degli occupanti, deve essere già stato raggiunto (per questo motivo infatti è stato strutturato il SGSA ed è stata prevista la ridondanza dei sistemi di sicurezza).