

## La gestione dei fumi nell'incendio

La diffusione dell'incendio nell'edificio è causa di danni ingenti alle proprietà, ma è soprattutto il conseguente sviluppo dei fumi che provoca ancora oggi numerose perdite di vite umane. L'utilizzo di Sistemi per il Controllo e l'Evacuazione di fumi e Calore (Sefc), sia nella versione Naturale (Senfc) o Forzata (Seffc), rappresenta un valido strumento al fine di confinarne la propagazione e limitarne la fatalità.

Luca Ferrari

E' opinione diffusa che la principale causa di morti in caso di incendio sia dovuta a una rapida esposizione al calore o dal contatto diretto con le fiamme. Analisi statistiche mostrano invece che solo una piccola percentuale di decessi è da attribuire a tali circostanze.

Il numero maggiore di decessi è invece da attribuire alla inalazione di ossido di carbonio, di gas nocivi come l'acido cianidrico e di una grande varietà di composti organici che si svolgono per pirolisi da materiali naturali e sintetici.

La deficienza di ossigeno e/o l'eccesso di anidride carbonica, possono condurre alla perdita di conoscenza e alla morte per asfissia. Le sostanze nocive, nei gas di combustione, non si trovano separatamente ma rappresentano una più o meno ampia e variabile miscelazione di gas, vapori, aerosol e particelle solide, il cui effetto è, spesso, quello di esaltare l'azione nociva di ciascuna sostanza (sinergia dei miscugli) conducendo a morte più rapidamente.

La composizione dell'atmosfera gassosa in caso d'incendio, oltre che dalla composizione delle sostanze che bruciano, dipende anche dall'andamento della combustione,

dalla quantità di ossigeno disponibile, dalla temperatura raggiunta e da numerosi altri fattori.

Ma oltre alla natura e concentrazione delle varie sostanze dannose, sulla mortalità incidono altri fattori estranei all'incendio come le condizioni fisiche dei soggetti (specie malattie cardiocircolatorie e polmonari), la percentuale di alcool o di droghe nel sangue, e così via.

Tra le svariate sostanze dannose, il maggior responsabile di morti è l'ossido di carbonio. Numerosi studi hanno consentito di trovare che la massima concentrazione in aria, tollerabile dall'uomo per la durata di 60 minuti, è di 1.000 p.p.m.

In abbinamento all'ossido di carbonio, il responsabile di molti decessi è l'acido cianidrico che si trova nei prodotti della combustione di varie sostanze contenenti azoto (lana, seta, nylon, poliuretani, ecc.).

Oltre all'azione chimica dei miscugli di gas e particelle in sospensione, i fumi svolgono un'ulteriore azione negativa diminuendo la visibilità, fino ad impedirla. Questa dipende, oltre che dalla quantità di fumo prodotta e dalla densità, anche dagli spessori e disposizione degli strati e infine dalla composizione

ne. La presenza di sostanze irritanti porta ad abbondante lacrimazione, come l'acido cloridrico, o addirittura all'opacizzazione della cornea, come l'acido fluoridrico, ecc.

L'effetto ultimo è quello di diminuire la capacità di allontanarsi rapidamente dal luogo del sinistro da parte degli occupanti, che possono essere esposti a concentrazioni letali di gas tossici e trovarvi la morte.

### Principi di diffusione dei fumi

La diffusione dei fumi in ambiente viene influenzata da molteplici fattori tra loro interconnessi, di cui possiamo distinguere alcuni attori principali:

- l'effetto camino;
- l'incremento della pressione provocato dall'incendio;
- la dilatazione termica;
- il vento.

### Effetto camino

Ogniqualevolta la temperatura all'interno di un fabbricato è diversa da quella esterna, si rileva, fra l'esterno e l'interno delle pareti perimetrali del fabbricato stesso, valori di pressione proporzionali al gradiente di temperatura esterno - interno, ed alla distanza dal

punto considerato da un piano neutro che, in condizioni di simmetria ed in assenza di impianti di ventilazione forzata, coincide con la mezzeria in altezza dell'edificio.

Questo fenomeno, denominato "effetto camino", è tanto maggiore quanto maggiore è il gradiente di temperatura fra esterno ed interno, e quanto più grande è l'altezza del fabbricato; esso si verifica però anche per fabbricati monopiano. Il fenomeno avviene sia in inverno che in estate, anche se in quest'ultimo caso è di entità minore che nel caso invernale a causa del minor gradiente di temperatura.

#### *Incremento della pressione*

Se la temperatura dei fumi è come naturale maggiore di quella ambiente, questi tendono a salire verso l'alto grazie alla loro minore densità, esercitando sulle pareti circostanti una pressione dipendente dalla temperatura dei fumi e dalla distanza dal piano neutro, che in questo caso diventa il piano di uguale pressione idrostatica fra il comparto sede dell'incendio e quelli circostanti.

L'aumento di pressione dovuto alla temperatura dell'incendio favorisce dunque la migrazione dei fumi dal soffitto della zona interessata ai piani superiori e/o verso i locali adiacenti (comunque sempre attraverso le parti superiori).

#### *Dilatazione termica*

La maggior temperatura dei fumi rispetto a quella ambiente fa sì che essi si propaghino anche per dilatazione termica.

Aumentano infatti di volume secondo le leggi dei gas; un semplice calcolo dimostra che, per una temperatura dei fumi di 700 °C ed una ambiente di 20° C, il rapporto fra i volumi specifici di aria e dei fumi è pari a 3,32.

Se il comparto sede dell'incendio ha porte e finestre aperte, il  $\Delta p$  risultante è trascurabile; questo può però risultare significativo nel caso di chiusure/barriere tagliafuoco ad alta tenuta.

#### *Vento*

L'azione del vento sull'edificio può esaltare la diffusione dei fumi per effetto camino.

Ad esempio un vento incidente una struttura sopravvento a una velocità di 15 m/s provoca una pressione di 120 Pa.

L'effetto del vento non è significativo se tutte le porte e finestre dell'edificio sono chiuse; se però una finestra è aperta o si rompe, i casi sono due:

- se la finestra è sottovento, il gradiente di pressione negativo aiuta a smaltire i fumi;
- se essa è sopravvento, il gradiente positivo favorisce la diffusione dei fumi in altri piani o zone.

#### **Il comportamento delle persone**

Al fine di progettare dei validi sistemi di controllo ed evacuazione dei fumi è necessario comprendere e analizzare il comportamento delle persone che vengono esposte al pericolo incendio.

Infatti, anche se la maggior parte delle persone sono consapevoli della pericolosità dei fumi, in caso di evacuazione da un edificio in fiamme, capita di frequente che queste si spostino proprio nella direzione di provenienza dei fumi, nelle scale (o negli ascensori), almeno fino a quando la visibilità rimane

superiore ai 3 m, anziché fuggire nella direzione diametralmente opposta.

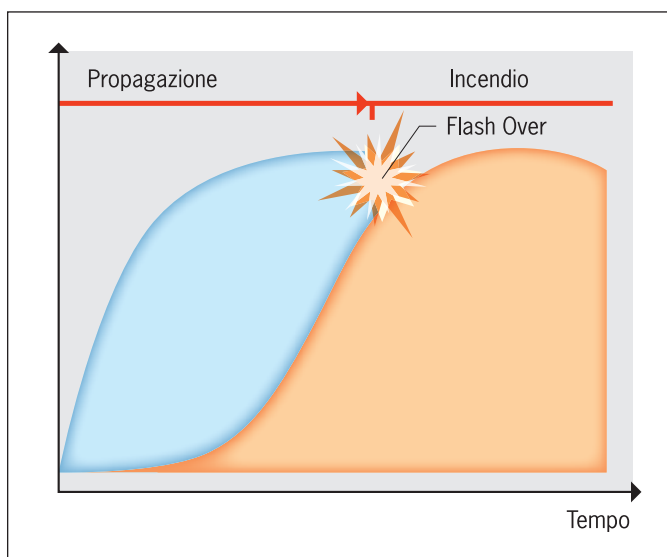
Questa anomalia, confermata da attenti studi condotti nel Regno Unito e negli Stati Uniti (Sfpe, *Handbook of Fire Protection Engineering*), ha portato a rivedere completamente la progettazione degli impianti di gestione dei fumi.

Il tempo di reazione all'incendio risulta analogamente un'altra spiacevole variabile; idealmente questo dovrebbe essere il tempo che intercorre dalla rilevazione dell'incendio alla fase di evacuazione.

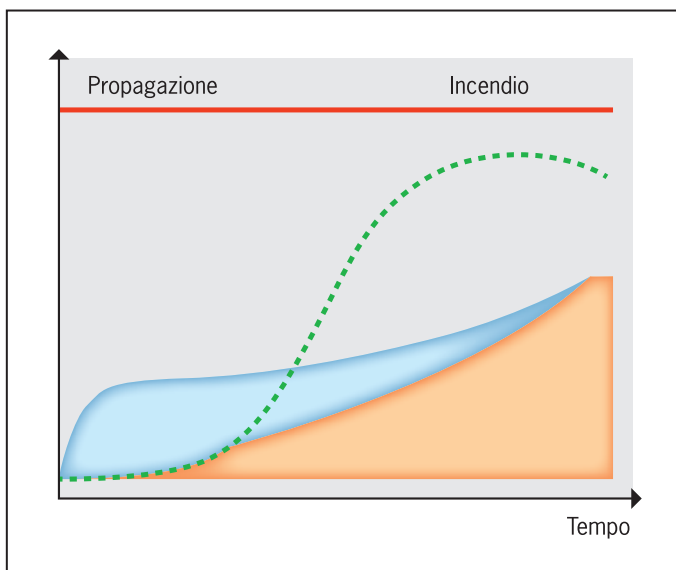
Anche in questi casi recenti studi hanno dimostrato che quando i sistemi automatici d'allarme segnalano il principio di un incendio, le persone coinvolte non reagiscono prontamente con le fase di fuga e evacuazione, ma viceversa continuano a svolgere alcuni mansioni di routine (questo intervallo di tempo è notevolmente influenzato anche dal tipo di edificio), e solo in presenza di fumo (o fiamme) cominciano a prendere in seria considerazione la fuga.

Naturalmente in edifici dove si è potuto provvedere a piani antincendio (ivi comprese le esercitazioni) risultano certamente meglio posizionati in presenza dell'evento incendio.

Ciononostante proprio questi tempi di rea-



**Il diagramma illustra in modo evidente come già nella prima fase dell'incendio, in assenza di un sistema di controllo/rimozione dei fumi, il volume sviluppato da questi raggiunga livelli decisamente elevati e critici.**



**In presenza di un sistema di evacuazioni fumi, la quantità di fumi che rimane presente in ambiente oltre ad essere decisamente diminuita, rimane a livelli non tossici per tutta la durata dell'incendio.**

zione dilatati possono risultare fatali anche in queste strutture, rendendo comunque così indispensabile provvedere attraverso un controllo della propagazione dell'incendio e dei fumi in particolare (diffusi anche dal persone in fuga), onde evitare l'eventuale diffusione dell'incendio e dei suoi composti nelle vie di fuga prestabilite.

#### La protezione in caso d'incendio

Per quanto detto, al di là degli interventi che possono prevenire e minimizzare i rischi di innesco di incendio, è parte integrante dell'aspetto sicurezza l'utilizzazione dei sistemi che possano segnalare tempestivamente la situazione di pericolo e far sì che l'incendio si limiti alla sola fase di crescita o che quest'ultima venga protratta nel tempo il più a lungo possibile prima di degenerare nella fase di sviluppo.

Questo consente la possibilità di evacuazione delle persone presenti nell'area interessata e la maggior salvaguardia dei beni, consentendo un più rapido spegnimento ad opera dei vigili del fuoco.

Si tratta pertanto di intervenire nella fase progettuale in funzione delle condizioni di rischio prevedendo l'impiego di sistemi di protezione attiva - sistemi di evacuazione fumeo calore Sefc, Senfc e Seffc – che, tra gli altri,

hanno lo scopo di mantenere uno strato libero da fumo al di sopra del pavimento mediante la rimozione del fumo stesso, sfruttando spinte naturali o per mezzo di azioni meccaniche.

I componenti di tali sistemi sono:

- rivelatori di fumo, temperatura, fiamma, gas;
- sistemi di allarme;
- sistemi di spegnimento manuale e/o automatico;
- evacuatori di fumo e calore;
- impianti di ventilazione integrati o dedicati.

A questi sistemi è bene comunque associare componenti di protezione passiva quali:

- l'utilizzazione di materiali non combustibili al posto di materiali combustibili e facilmente infiammabili;
- la protezione delle strutture con materiali resistenti al fuoco aventi lo scopo di incrementare il tempo di mantenimento dell'integrità funzionale della struttura prima del collasso, permettendo così l'evacuazione delle persone ed un più rapido e sicuro lavoro di spegnimento da parte dei Vigili del Fuoco;
- la compartimentazione delle aree a rischio con lo scopo di ostacolare la propagazione dell'incendio.

I sistemi di protezione attiva e passiva sono

complementari, pertanto la loro utilizzazione associata consente di ottenere i migliori livelli di sicurezza.

Va tenuto in debito conto comunque che l'utilizzo di diversi sistemi di protezione deve essere sempre comunque coordinata al fine di evitare effetti dissonanti.

#### La protezione passiva

In presenza di impianti di climatizzazione/ventilazione il pericolo maggiore è dovuto essenzialmente alla possibilità di propagazione di fumo e fiamme da un locale all'altro.

Se in un'area definita dell'edificio si sviluppasse un incendio con fumo e fiamme, tale incendio potrebbe propagarsi facilmente attraverso l'impianto di condizionamento al resto delle aree dell'edificio in esame.

L'impianto di climatizzazione diventa quindi una via preferenziale per l'espandersi dell'incendio, in quanto i fumi o le fiamme sviluppate dalla combustione possono anche fuoriuscire dai raccordi delle condotte non ben sigillate, e quindi estendersi da un locale all'altro attraverso eventuale spazi esistenti fra le canalizzazioni e le pareti di compartimentazione.

Quindi la protezione degli impianti di condizionamento coinvolge due diverse problematiche: la prima riguarda l'attraversamento da parte della condotta che necessita dell'applicazione di una barriera passiva, la seconda il passaggio delle condotte in particolari zone dell'edificio soggette ad elevato rischio di incendio che comporta la compartimentazione del canale (tabella 1), per tutto il percorso nella zona interessata.

Il passaggio di condotte deve essere sigillato con sistemi in grado di sopportare le naturali vibrazioni e le eventuali dilatazioni dell'involucro esterno. I varchi per il trasferimento di aria devono essere ovviamente aperti durante le normali funzioni operative del compartimento.

Di seguito si riportano alcuni suggerimenti per proteggere i condotti contro gli incendi

e per evitare la loro propagazione all'esterno:

- Installazione di serrande tagliafumo, dove sia previsto l'utilizzo di un sistema di ventilazione meccanica in caso d'incendio.
- Installazione di serrande tagliafuoco resistenti al fuoco nei punti in cui la condotta entra o esce da un locale. In questo caso è possibile utilizzare anche sistemi contenenti materiale autoespandente che, in caso di incendio, si dilata creando una schiuma isolante ed impermeabile.
- Installazione di chiusure antincendio autoportanti in cui passa la condotta di ventilazione.
- Realizzare o rivestire le condotte in materiale antincendio

In edifici privi di sistemi di controllo dei fumi, le serrande tagliafumo si chiudono in presenza di un segnale di incendio, mentre viceversa quando sono previsti controlli attivi dei fumi, opportuni provvedimenti consentono di evitare l'utilizzo delle serrande tagliafumo in presenza delle barriere da fumo tra i diversi ambienti.

Questa circostanza non interessa comunque le serrande tagliafuoco a fusibile termico o con sgancio elettromagnetico, le quali in caso d'incendio, a normativa (tabella 2), si chiudono e rimangono chiuse finché non vengono riaperte manualmente, onde evitare la propagazione dei fumi nell'impianto di ventilazione e compartimentare la zona dell'incendio.

#### La gestione attiva dei fumi

Alla luce di queste considerazioni, il recente orientamento progettuale rivolge una maggiore attenzione all'impianto di ventilazione/climatizzazione ritenuto, come detto non sempre a torto, uno dei maggiori responsabili della propagazione dell'incendio.

Va tenuto presente inoltre che la ventilazione dell'ambiente investito da un incendio risulta spesso un fattore determinante: quando l'apporto di aria fresca corrisponde più o meno esattamente alla quantità di comburente necessaria si ha la massima velocità di

**Tab. 1 - Classificazione condotte secondo UNI EN 12101-7, UNI EN 1366-1,8,9 e 13501-4.**

Classe	Temperatura	Periodo di funzionamento minimo
E <sub>300</sub> - xx	300 °C	xx'
E <sub>600</sub> - xx	600 °C	xx'
EI - xx	Curva UNI EN 1363-1	xx'

xx' indica il tempo in minuti (30, 60, 90 ..)

combustione e quindi la massima produzione di calore, con la minima dispersione. Un minore flusso di aria riduce la quantità di calore generato, un eccesso d'aria ne facilita la dispersione. La completa mancanza di ventilazione può essere un valido mezzo per prevenire l'incendio, sempre che non siano presenti delle sostanze ossidanti.

Le formule teoriche forniscono valori in buon accordo con i risultati sperimentali durante la fase di incendio vero e proprio, nella quale la velocità di combustione è approssimativamente proporzionale alla quantità di aria affluita attraverso le aperture e non dipende in maniera apprezzabile dalla quantità, porosità e forma del combustibile.

Si dice allora che la combustione dipende (o che è controllata) dalla ventilazione.

Ma vi sono altri casi in cui la combustione, durante l'incendio vero e proprio, è ampiamente indipendente dalla quantità d'aria af-

fluita, ma discende dalle proprietà degli strati combustibili e la velocità di combustione dipende dalla quantità, forma e porosità del combustibile.

In linea generale, comunque si possono evidenziare due funzioni primarie a cui la ventilazione deve cercare assolvere:

- Evacuazione di fumo e calore in caso di incendio, per incrementare l'intervallo di tempo durante il quale permangono condizioni di vivibilità all'interno dei locali, ridurre la sollecitazione termica delle strutture, agevolare l'operazione di spegnimento da parte dei soccorritori, consentire, in alcune attività soggette ai controlli di prevenzione, l'utilizzo di materiali con classe di reazione al fuoco più alta.
- Prevenzione della formazione di miscele pericolose di aria e gas o vapori infiammabili, in concentrazioni superiori ai limi-



**Evacuatori di fumo e calore disposti in batteria in copertura. La normativa italiana ne regola in modo preciso sia la funzionalità che l'utilizzo. Viceversa poco o niente viene detto quando per condizioni sfavorevoli (fumi freddi, vento, pressurizzazione) la loro efficacia ne venga sensibilmente compromessa.**

te inferiore di infiammabilità, in ambienti quali autorimesse, centrali termiche, locali di installazione gruppi frigoriferi, cucine, depositi in cui siano presenti polveri, silos, locali destinati alla carica di batterie, ecc.

### Il controllo dei fumi

Uno degli scopi principali di qualsiasi sistema di gestione dei fumi è quello di confinare il fumo e i gas tossici in modo da lasciare libere le vie di fuga e di permettere agli occupanti di evacuare l'edificio; inoltre, un sistema adeguato di controllo dei fumi deve essere di ausilio ai vigili del fuoco nel combattere la propagazione dell'incendio stesso e nell'eliminare la maggior parte dei fumi sviluppati dalle fiamme.

Numerosi sono gli edifici e le strutture in cui i sistemi di controllo dei fumi risultano parte integrante della progettazione impiantistica, e in particolare dalle costruzioni a elevato sviluppo verticale, alle prigioni, agli ospedali, nei centri commerciali, fino alle strutture sotterranee e alle gallerie.



**Sistema désenfumage francese. In questo centro di elaborazione dati sono stati installati due condotti separati: uno per la ripresa dell'aria e uno per l'evacuazione fumi. La normativa francese risulta oggi in Europa quella più specifica e evoluta per la realizzazione di un sistema di gestione attiva dei fumi in caso d'incendio.**

**Tab.2 - Classificazione serrande di controllo fumi secondo EN 12101-8, EN 13501-4 e EN 1366-10.**

Classe	Temperatura	Periodo di funzionamento minimo
E300 - xx	300 °C	xx'
E600 - xx	600 °C	xx'
HOT400	400 °C	30'
E - xx	Curva UNI EN 1363-1	xx'
EI - xx	Curva UNI EN 1363-1	xx'

xx' indica il tempo in minuti (30, 60, 90 ..)

Più in generale la gestione dei fumi tramite la ventilazione meccanica risulta comunque determinante per gestire le aree di sopravvivenza, quali il vano scale e ascensore, le hall e gli atrii, le zone filtro e le vie di fuga.

I sistemi attivi inoltre devono consentire di mantenere in sovrappressione i comparti (zone o singoli locali) adiacenti all'incendio e in depressione il comparto sede dell'incendio; provvedendo di fatto ad una compartimentazione fluidodinamica alla propagazione dell'incendio.

In caso di incendio è quindi necessario ren-

dere agevole la fuga degli occupanti e per questo bisogna proteggere i percorsi adibiti all'evacuazione per un tempo superiore al tempo di evacuazione stesso. Inoltre dove questo è fattibile, si deve prevedere dei locali filtro in sovrappressione con la funzione di ricovero e protezione sia per gli occupanti che non possono evacuare immediatamente l'edificio, sia per il personale dei VVFF incaricato allo spegnimento dell'incendio.

La (vasta) normativa antincendio, prevede in caso di incendio, lo sfollamento sicuro delle persone anche dalle scale interne qualora, specie nei lavori di adeguamento alle costruzioni esistenti, non siano state previste o sia impossibile o antieconomica la costruzione di scale antincendio esterne.

Per ottenere entrambi gli obiettivi è dunque necessario prevedere sistemi di ventilazione meccanica opportunamente dedicati o in alternativa permettere all'impianto principale HVAC una veloce e automatica riconversione in impianto di evacuazione e controllo fumi. Facendo tesoro degli incidenti accorsi in passato e ricordando che la salvaguardia della vita umana non può permettere nessun tipo di compromesso, sono state determinati dei suggerimenti precisi in merito alla progettazione dell'impianto di ventilazione dedicato al controllo ed evacuazione dei fumi.

In ragione di ciò (e soprattutto per edifici ad altezza elevata che più di ogni altra struttura soffrono gli effetti incontrollati del fumo scaturito da un incendio) è possibile riprendere alcune recenti raccomandazioni emanate dagli enti americani Nfpa (National Fire Protection Association) e Ashrae per la concre-

ta realizzazione di i sistemi di gestione fumi, in particolare:

- Impedire la fuoriuscita dei fumi dalla zona di origine dell'incendio.
- Allo stesso tempo bloccare l'eventuale fuoriuscita dei fumi verso le uscite principali (mantenendo il più possibile vie di fuga "salubri" per gli evacuanti).
- Mantenere contemporaneamente un ambiente vivibile all'esterno della compartimentazione dell'incendio per il personale d'emergenza.

A queste elementari considerazioni si possono aggiungere:

- Prevedere una camera filtro resistente al fuoco e al fumo per ogni piano dell'edificio.
- Generare una pressurizzazione della tromba delle scale (positiva) e del vano ascensore (variabile).
- Considerare una compartimentazione di resistenza al fuoco di diverse zone o locali poste allo stesso piano;
- Suddividere per ogni piano, diverse zone di controllo dei fumi.
- Prestabilire la possibilità di arresto immediato dell'unità di trattamento dell'aria (UTA) e il contemporaneo avvio dell'impianto di evacuazione dei fumi.
- Prevedere dei comandi manuali che permettano l'azionamento delle apparecchiature da parte dei pompieri in condizioni di black-out elettrico o pneumatico; e di conseguenza consentire la possibilità di attivare manualmente l'impianto sprinkler.

### La logica del controllo dei fumi

Naturalmente il sistema di controllo e di gestione dell'evacuazione dei fumi interagisce in modo estensivo con le apparecchiature antincendio, con i rilevatori e segnalatori di allarme e soprattutto con l'impianto elettrico. Le funzioni di controllo risultano evidentemente prioritarie in quanto devono gestire un numero complesso di situazioni e di componenti, soprattutto con le altre apparecchiature antincendio (impianto sprinkler,

## LE TRE FASI DELL'INCENDIO

La nascita e lo sviluppo di un incendio sono fortemente condizionati dalla natura dei materiali presenti sul luogo, anche se altri fattori quali la tipologia della sorgente di innesco, le dimensioni e la geometria dell'ambiente, la ventilazione, ecc. giocano ruoli importanti e non secondari.

Semplificando è possibile dividere lo sviluppo di un incendio in tre fasi temporali distinte

### Origine e crescita

Una prima fase di origine e di crescita, durante la quale si viene a verificare l'innesco della combustione ed inizia la propagazione delle fiamme alle aree vicine alla zona di accensione. Questo provoca l'insorgere di fumi e gas caldi che innalzano la temperatura delle aree prossime al fronte di fiamma, favorendone la decomposizione con conseguente aumento della zona coinvolta dalle fiamme. Tale fenomeno sarà tanto più rapido quanto maggiore sarà il calore sviluppato e tanto più veloce sarà la decomposizione delle sostanze presenti.

### Sviluppo

La seconda fase è la fase di sviluppo vero e proprio durante la quale abbiamo la propagazione dell'incendio. Il fuoco si estende a tutti i materiali combustibili presenti vicino al luogo di origine incrementando fortemente la temperatura dell'ambiente tanto che, anche a causa del forte irraggiamento che ne consegue, si viene a verificare la propagazione dell'incendio anche a zone non a diretto contatto col fronte di fiamma.

L'emissione di fumi, sempre più densi ed opachi, e di gas caldi cresce in rapida progressione.

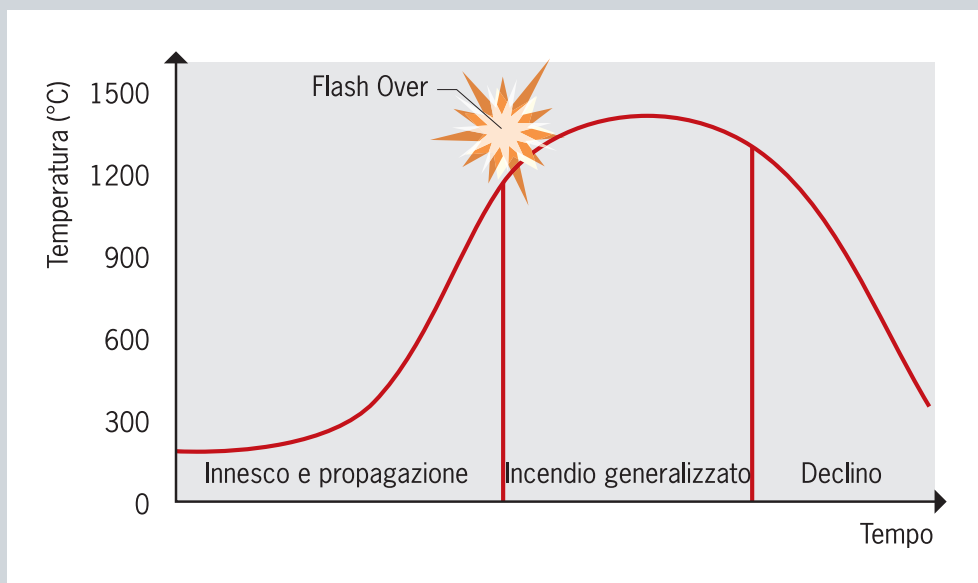
In tali condizioni il crescente sviluppo dell'incendio comporta un sempre maggiore consumo dell'ossigeno che partecipa alla combustione; pertanto l'atmosfera diventa sempre più povera di ossigeno e sempre più irritante per la presenza delle sostanze tossiche rilasciate dai prodotti in combustione. In alcuni casi durante questa fase si può verificare un fenomeno estremamente pericoloso e devastante chiamato flashover.

Il flashover è una condizione di incendio generalizzato che può avvenire durante la fase di sviluppo dell'incendio e ne rappresenta il culmine. I gas caldi che si sono accumulati nell'ambiente si incendiano simultaneamente con l'effetto di una esplosione provocando un elevatissimo rilascio di calore e pertanto un forte aumento delle temperature.

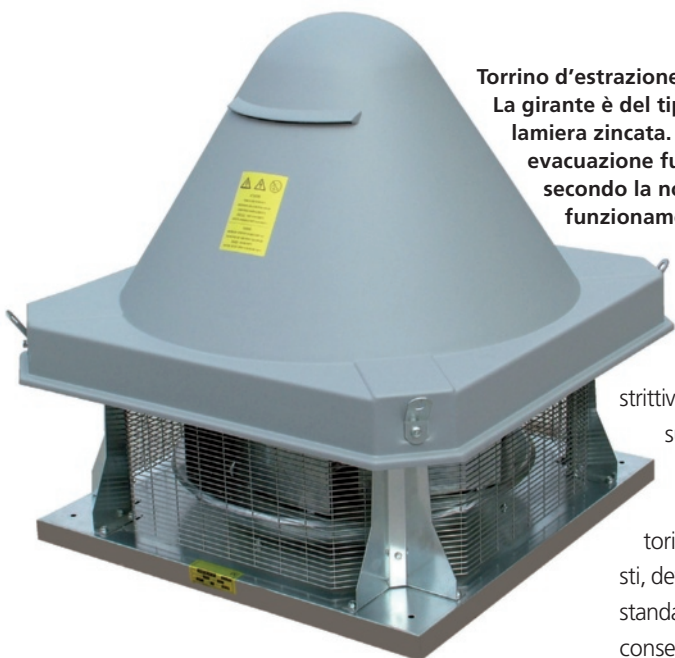
Tutto ciò che c'è di combustibile nell'ambiente brucia ed in presenza di aperture quali porte e finestre abbiamo la fuoriuscita di fiamme con la conseguente propagazione dell'incendio agli ambienti circostanti. Pertanto la zona dell'incendio non è più circoscritta all'ambiente dove si è sviluppata, ma si estende alle aree vicine.

### Estrazione

La terza ed ultima fase è quella dell'estinzione. Una volta che il fuoco ha divorato, in modo più o meno violento, tutto ciò che poteva bruciare si estingue per mancanza di sostanze che lo possono alimentare. L'incendio si considera estinto quando la temperatura dell'ambiente scende intorno ai 300 °C circa.



I tempi dell'incendio. Dopo una prima fase d'innesco ne segue una seconda di ampia diffusione che può causare il cosiddetto fenomeno del flashover (simultanea di tutto il materiale presente nell'area). Segue poi una fase terminale di declino.



**Torrino d'estrazione da tetto a scarico orizzontale. La girante è del tipo a pale curve rovesce in acciaio lamiera zincata. I torrini della serie antincendio - evacuazione fumi devono essere certificati secondo la normativa europea EN 12101-3 per il funzionamento in continuo ed in emergenza per l'estrazione fumi, in questo caso alla temperatura di 400 °C per 2 ore (Aspirnova 2000).**

serrande tagliafuoco, interruttori di emergenza e di allarme, rilevatori e sonde, ecc.)

A parte sistemi di controllo statici che, in presenza d'incendio, arrestano immediatamente il funzionamento di tutti i ventilatori presenti nell'edificio e causano una semplice compartimentazione del movimento dei fumi nei canali, i metodi di controllo dei fumi, più efficaci, sono unicamente dinamici, cioè in grado di esercitare con continuità una serie di azioni re-

strittive alla propagazione dell'incendio e delle sue dirette conseguenze. Questo in virtù del fatto che in presenza d'incendio e quindi di sviluppo fumi, tutti i ventilatori o in alternativa solamente quelli previsti, devono continuare a funzionare (in modo standard o meglio nella modalità antincendio) consentendo di dar luogo negli ambienti a degli opportuni spazi di compartimentazione a diversi valori di pressurizzazione.

Così nello stesso tempo le unità di ventilazione possono essere usate sia per l'evacuazione dei fumi e sia per alimentare e pressurizzare gli ambienti con aria fresca di rinnovo (anche con azioni temporali differenti). Va detto comunque che l'utilizzo reversibile dell'unità di trattamento dell'aria rende il sistema nella sua globalità decisamente complesso e soggetto a possibili complicazioni,

e meglio sarebbe dunque dotarsi di un impianto stand alone dedicato solamente all'evacuazione dei fumi.

A tal proposito è possibile osservare che l'utilizzo di apparecchiature dedicate, impiegate dunque solo in caso dell'evento incendio, hanno decisamente meno probabilità che le loro parti risultino alterate o usurate, rispetto ad unità reversibili. Viceversa queste apparecchiature richiedono uno spazio supplementare e ricevono normalmente anche una manutenzione meno puntuale, minandone dunque il possibile indice di affidabilità. L'unità ventilante di evacuazione fumi e quella di pressurizzazione delle gabbie scale rappresentano un esempio di apparecchiature dedicate al solo indirizzo antincendio.

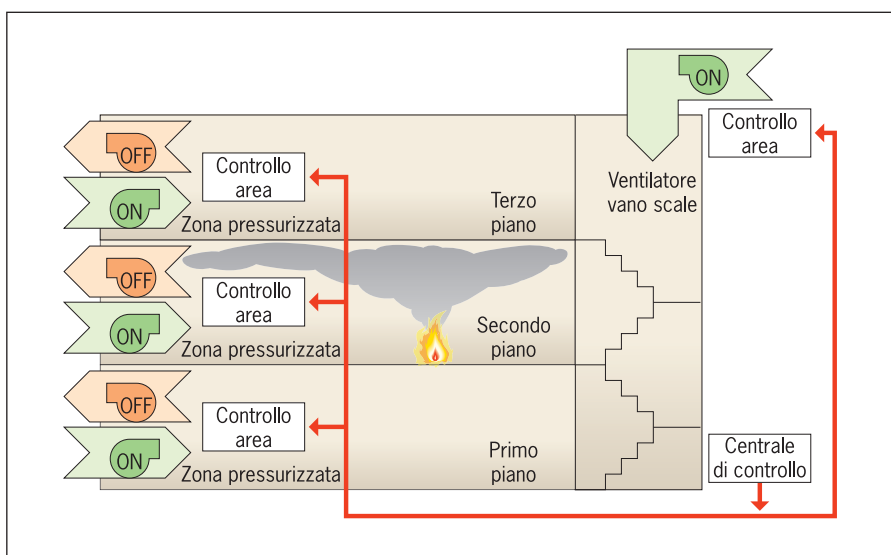
All'opposto, è normale l'utilizzo reversibile dell'unità di trattamento dell'aria per l'immissione dell'aria di ricambio e la conseguente pressurizzazione positiva di una zona in un sistema antincendio che applica il metodo "sandwich".

In aggiunta a sistemi di evacuazione fumi vengono utilizzate anche delle barriere anti-fumo (cortine d'aria) allo scopo di contenere i fumi nelle grandi aperture.

Il funzionamento classico dei sistemi di gestione fumi manda in depressione il piano (o zona) dove è scaturito l'incendio e invece pressurizza positivamente i piani confinanti superiore e inferiore (sistema sandwich). Ogni piano deve essere comunque dotato di uno scarico dei fumi indipendente.

A tal proposito quando sia stato previsto l'utilizzo di evacuazione dei fumi per gravità attraverso il vano ascensore, dovrebbero essere posizionate delle serrande tagliafumo per ogni piano, che in caso d'incendio al piano corrispondente, possano aprirsi per catturare e convogliare i fumi sul tetto dell'edificio, attraverso appunto il vano ascensore.

La pressurizzazione del vano scale, necessaria per poter assicurare delle vie di fuga sgombrere da fumi, richiede l'utilizzo di terminali di immissione dell'aria disposti per tutta l'estensione in altezza della tromba delle scale.



**Nello schema viene semplificata la visualizzazione del metodo "sandwich" per il contenimento dei fumi. Il locale interessato dall'incendio viene posto in depressione, rispetto ai piani adiacenti che risultano in sovrappressione.**

Allo stesso tempo tutti le giunzioni e i collegamenti perimetrali alla tromba delle scale devono essere opportunamente sigillati.

### Impianti di controllo fumi

Come detto, l'impianto di gestione attiva dei fumi è essenzialmente costituito da un sistema ventilante di espulsione dei fumi e da un unità di trattamento dell'aria in grado di immettere una sufficiente quantità d'aria di rinnovo atta a pressurizzare gli ambienti. Difficilmente i due sistemi vengono incorporati in un unico elemento.

#### *Ventilatori di estrazione fumi*

Oltre a permettere la messa in depressione dei locali, attraverso il loro utilizzo è possibile mantenere una temperatura dell'ambiente relativamente bassa (300 °C – 400 °C), al contrario di quanto sia avrebbe nel caso di ambiente sigillato (oltre 1000 °C), temperatura alla quale viene innescata la combustione di qualsiasi materiale per il solo calore radiante, condizione che renderebbe inutile qualsiasi intervento di spegnimento esterno.

L'aspirazione forzata permette inoltre, a differenza degli evacuatori di fumo e calore statici, l'estrazione dei fumi freddi che stratificandosi a basso livello, oltre a essere estremamente dannosi per le persone non sono per l'appunto evacuabili per gravità.

La norma europea relativa di riferimento per

**Tab. 3 - Classificazione ventilatori secondo UNI EN 12101-3.**

Classe	Temperatura	Periodo di funzionamento
F200	200 °C	120'
F300	300 °C	60'
F400	400 °C	90' o 120'
F400	600 °C	60'
F842	842 °C	30'

le specifiche tecniche e prove a cui devono rispondere i ventilatori per l'estrazione fumi in caso d'incendio è la EN12101-3; tale norma stabilisce i requisiti prestazionali di temperatura e durata (classe F). Vedere tabella 3. Nel dimensionamento dei ventilatori, occorre ricordare che essi trattano gas ad alta temperatura; pertanto sarà necessario correggere i seguenti parametri di scelta:

- la portata volumetrica rimane inalterata;
- la pressione totale e la potenza assorbita variano in proporzione alle densità del fluido, e quindi sono inversamente proporzionali alla temperatura assoluta.

#### *Aria di rinnovo e controllo della pressurizzazione*

In generale un impianto destinato a fornire l'aria di rinnovo durante un incendio, dovrebbe essere selezionato e progettato secondo quanto segue (le raccomandazioni diventano più stringenti in caso di immissione in grandi spazi):

- L'aria di rinnovo, naturalmente non con-

taminata, dovrebbe provenire nella sua totalità dall'ambiente esterno, e in modo logico i punti di ripresa dovranno essere sufficientemente distanti dal luogo di espulsione dei fumi.

- L'aria di rinnovo dovrebbe essere immessa a bassa velocità, circa 1 m/s, e dovrebbe essere sufficientemente diffusa lungo tutta la superficie dei locali.
- L'aria del rinnovo dovrebbe essere immessa in ambiente, non nella parte superiore - ma in una posizione inferiore al possibile livello di stratificazione dei fumi (in letteratura "smoke layer interface").
- L'impianto di trattamento dell'aria di rinnovo dovrebbe risultare affidabile e quindi sottoposto a prove periodiche di funzionalità.
- Il sistema deve essere completamente regolabile (portata e caratteristiche dell'aria immessa) e comunque inviare una portata di ricambio d'aria (numero di volumi ora) minore della portata di espulsione dei fumi.



**In edifici provvisti di grandi spazi aperti, in caso d'incendio il controllo dei fumi risulta strategico per garantire condizioni di sopravvivenza e limitare i danni strutturali all'immobile. Nella fotografia sono riprese una coppia di griglie di ripresa per due diverse canalizzazioni, la prima con funzioni di espulsione fumi che interviene solo in caso d'incendio (in questo caso di TAB, risulta aperta per valutarne la funzionalità). La seconda griglia ha il solo compito di ripresa dell'aria e in caso d'incendio una serranda tagliafuoco posta immediatamente dopo ne inibisce la funzione.**



## I SISTEMI DI EVACUAZIONE DI FUMO E CALORE

Si è detto che il fumo è la più grande minaccia per la sicurezza in caso d'incendio, non solo perché ostacola le operazioni di soccorso, ma anche perché causa spesso del maggior numero di vittime.

Viene dunque naturale pensare di prevedere un sistema di controllo del fumo e del calore, che attraverso un'adeguata ventilazione degli ambienti permetta di rispondere efficacemente alle problematiche derivanti dallo sviluppo dell'incendio, creando nel contempo zone sufficientemente libere dai gas di combustione e dalle sostanze tossiche, allo scopo di consentire l'esodo degli occupanti e l'accesso dei soccorritori.

Vengono così definiti Sistemi di Evacuazione Fumo e Calore (SEFC), sia nella versione naturale (SE NFC) e sia in quella forzata (SE FFC). I primi (SE NFC), mantengono per mezzo di spinte naturali uno strato di aria libera al di sopra del pavimento, oltre il quale vengono fatti stazionare gli strati di fumo e gas caldi prima di essere convogliati all'esterno spinti dalla stratificazione termica. I secondi (SE FFC), sono sistemi di

estrazione costituiti da almeno un ventilatore in grado di convogliare verso l'esterno i fumi generati dall'incendio in modo indipendente dalla spinta di galleggiamento risultante dalla differenza di densità.

Un elenco dei loro scopi si può sintetizzare in:

- Mantenere le vie di esodo e gli accessi liberi dai fumi.
- Agevolare le operazioni di contrasto all'incendio creando una stratificazione di aria libera dai fumi.
- Ritardare e/o prevenire il "flash over" e quindi lo sviluppo generalizzato dell'incendio.
- Limitare i danni agli impianti e ai prodotti.
- Ridurre gli stress termici sulle strutture.
- Ridurre i danni provocati dai gas e dalle sostanze tossiche o corrosive originate dalla combustione.

Il recente Decreto del Ministero dell'Interno del dicembre 2012 fornisce le disposizioni relative alle modalità di impiego degli evacuatori di fumo e calore nelle attività commerciali, prescrivendo la progettazione dei componenti secondo la normativa UNI 9494 (in revisione).

- Il progettista dovrebbe essere consapevole delle possibili conseguenze non intenzionali prodotte dal sistema, con particolare attenzione agli effetti secondari indotti dall'immissione di aria fresca nell'ambiente incendiato (vedi paragrafo ventilazione).
- L'impianto nella sua globalità non dovrebbe essere comunque relativamente complesso da poter causare possibili incomprensioni o azioni erranee degli operatori.
- Gli atrii e in generale i grandi spazi, rappresentano spesso il biglietto da visita del proprietario e dell'architetto. E' quindi comprensibile che gli elementi dell'antincendio, quali essi siano, causano sovente "diversi" punti di vista tra tutti i soggetti coinvolti.

### L'unità di trattamento dell'aria

Come detto, gli impianti di immissione dell'aria in caso d'incendio dovrebbero poter garantire almeno una portata pari a 6 ricambi/ora o a 20 m<sup>3</sup>/h per m<sup>2</sup> di superficie. E' dunque naturale prevedere per questo tipo di impianto, un unità ventilante a portata d'aria variabile, o tramite by-pass o attraverso un variatore del numero di giri.

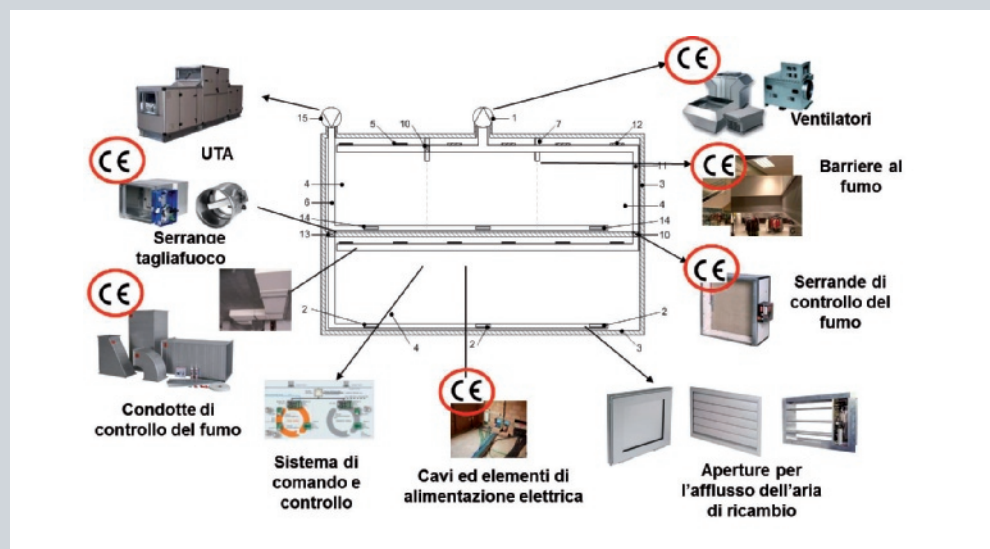
Tra le molteplici varianti impiantistiche è possibile selezionare due principali linee progettuali:

- unità di trattamento dell'aria dedicata alla sola funzione antincendio;
- unità di trattamento dell'aria reversibile.

Nel primo caso, come si evince l'unità di trattamento dell'aria viene attivata solo in presenza dell'evento incendio e quindi l'aria di rinnovo viene inviata e distribuita negli ambienti solo a tale scopo. Risulta chiaramente il sistema più rigoroso e completo.

Il sistema rimane dunque totalmente inattivo in circostanze normali, mentre durante un'emergenza incendio e fumi, viene avviato tramite i comandi automatici di emergenza insieme con l'impianto di estrazione fumi.

Questo metodo singolo di funzionamento



Disposizione dei componenti dei sistemi forzati evacuazione fumo e calore Seffc (AerNova).

### I componenti Senfc E Seffc (Fonte: Associazione Nazionale Antincendio e Controllo Evacuazione Fumo).

Sistemi di tipo naturale Senfc	Sistemi forzati Seffc
Evacuatori naturali	Ventilatori
Aperture per l'afflusso di aria esterna	Barriere al fumo
Barriere al fumo	Serrande di controllo del fumo
Linee di collegamento	Aperture per l'afflusso dell'aria esterna
Sistema di controllo	Impianto di alimentazione elettrica
Rilevatore fumo	Sistema di comando e controllo
	Sistemi di controllo
	Condotte di controllo del fumo
	Serrande tagliafuoco



**Sistema di pressurizzazione per filtri fumo.**  
 Il sistema ha la funzione di pressurizzare il locale filtro e di mantenerlo al livello minimo di sovrappressione di 0,3 mbar e per un periodo minimo di 120 minuti. L'utilizzo è previsto in condizioni di emergenza (porte aperte) o in continuo 24 ore con porte chiuse (Elicent).

**Condizioni delle serrande tagliafumi sottoposte a prova d'incendio**



dell'unità di trattamento dell'aria ottiene i seguenti benefici:

- La posizione e la velocità dell'aria immessa sono facilmente controllabili come indicato nei punti 1, 2 e 3 del paragrafo precedente.
- Pur risultando più complicato del sistema a gravità, l'impianto e il suo funzionamento risultano facilmente comprensibile a tutti gli operatori.
- I comandi manuali possono essere facilmente incorporati nella stazione antincendio.
- La portata d'aria immessa può essere trattata (riscaldata, raffreddata, filtrata) come previsto in sede progettuale o facilmente modificate alla bisogna.
- I dispositivi di comando e controllo dell'unità sono meno soggetti a interventi di manipolazione da parte del personale in quanto sono dedicati solo all'evento incendio.

Di contro è possibile elencare alcune caratteristiche negative, tra le quali:

- Il costo di un'unità che viene prevista al solo scopo di funzionare in condizioni di emergenza.
- L'affidabilità può essere a volte compromessa dal non utilizzo quotidiano dell'impianto.

Nel secondo caso, l'impiego dell'unità di trattamento dell'aria reversibile ne comporta l'utilizzo permanente, prima in situazione standard come impianto di climatizzazione e poi in emergenza antincendio, come sistema di controllo della pressurizzazione degli ambienti tramite l'immissione dell'aria di rinnovo.

Durante il funzionamento in emergenza le serrande di regolazione vengono registrate in modo che l'unità tratti solamente aria esterna e impediscano la miscela con aria di ripresa. Se il sistema risulta a portata variabile le serrande di regolazione in emergenza dovranno risultare completamente aperte indipendentemente dai segnali dei termostati. Inoltre si dovrebbe favorire quando possibile, un ulteriore e supplementare ingresso dell'aria attraverso anche le canalizzazioni di ripresa.

Il metodo presenta i seguenti benefici:

- A differenza del metodo ad uso esclusivo, la posizione e la velocità dell'aria immessa sono anche in questo caso controllabili, ma il progetto risulta più elaborato in previsione del duplice scopo dell'unità.
- L'affidabilità risulta aumentata, tenendo conto che qualsiasi guasto di un componente dell'impianto viene inevitabilmente scoperto nell'uso quotidiano del sistema.
- Anche in questo caso i comandi manuali possono essere facilmente incorporati nella stazione antincendio
- La portata d'aria immessa può essere trat-

tata (riscaldata, raffreddata, filtrata) come previsto in sede progettuale o facilmente modificate alla bisogna.

- Il sistema non risulta invasivo (griglie, diffusori supplementari) più di quanto sia previsto dall'impianto di climatizzazione.
- Allo stesso modo il costo non può essere sensibilmente più elevato di quello già previsto per il funzionamento standard dell'impianto.

Fra gli svantaggi del sistema reversibile si possono invece indicare:

- Il sistema è certamente più complesso e presenta dunque dei rischi maggiori nella sua gestione.
- Tutti i componenti del sistema oltre ad assicurare la propria funzionalità in condizioni standard di esercizio, devono poter garantire la completa operatività anche nelle condizioni antincendio. Talvolta questo comporta che i medesimi componenti debbano essere progettati con uno standard di sicurezza e affidabilità decisamente più elevato, aumentando così il costo complessivo dell'impianto.

© RIPRODUZIONE RISERVATA