

Sistemi di controllo ed evacuazione del fumo per la protezione delle vie di esodo

GENNARO LOPERFIDO¹ – GIACOMO VILLI²

1 - Libero Professionista, B&L Team, Matera

Responsabile Comitato Tecnico Sicurezza e Prevenzione Incendi AiCARR

2 – Dipartimento di Fisica Tecnica, Università di Padova

Componente Comitato Tecnico Sicurezza e Prevenzione Incendi AiCARR

RIASSUNTO

Il fumo rappresenta, prima ancora del fuoco, il principale responsabile della perdita di vite umane in caso di incendio. Per questo motivo è necessario prevedere impianti specifici capaci di garantire, in caso di emergenza, un adeguato controllo dei fumi prodotti dall'incendio. Questi fumi rappresentano infatti una grave minaccia per la sicurezza delle persone e la tutela delle cose per una serie di motivi. La loro opacità ostacola l'evacuazione degli occupanti e l'intervento dei soccorritori a causa della ridotta visibilità; la tossicità che li contraddistingue è in grado di provocare in pochi minuti collasso e morte per asfissia o per inalazione; la loro elevata temperatura li rende un mezzo per la propagazione dell'incendio ad ambienti attigui a quello sede dell'evento.

In tutti gli edifici, e in particolar modo negli ospedali, la realizzazione di un sistema di controllo ed evacuazione del fumo e del calore può essere di grande ausilio per mantenere praticabili i percorsi di evacuazione degli occupanti, per facilitare l'intervento dei soccorritori e per limitare la propagazione dell'incendio al di fuori dell'area interessata, contribuendo quindi ad incrementare il livello di sicurezza o a compensare eventuali carenze strutturali quali, ad esempio, l'eccessiva lunghezza dei percorsi di esodo.

Nella memoria saranno illustrati i principi generali di funzionamento e dimensionamento di questi sistemi.

1. INTRODUZIONE

In caso di incendio fumo, gas tossici e irritanti e calore mettono a rischio la sicurezza delle persone presenti. Mentre il calore rappresenta il pericolo principale per le persone che si trovano nelle immediate vicinanze del punto di origine dell'evento, fumo e gas prodotti dalla combustione minacciano la sicurezza delle persone presenti anche in zone più lontane. Il fumo, in particolare, esplica la propria pericolosità secondo due azioni: l'esposizione ai gas tossici prodotti dalla combustione può provocare in breve tempo la parziale o completa inabilitazione fisica, con conseguente riduzione/perdita della capacità di fuga; la presenza di fumo riduce inoltre la visibilità, impedendo ai

presenti l'individuazione e il raggiungimento delle uscite del locale, determinando quindi un pericoloso rallentamento nella velocità di esodo.

La realizzazione di un sistema di controllo ed evacuazione del fumo e del calore può essere di grande ausilio non solo per mantenere praticabili i percorsi di evacuazione, ma anche per facilitare l'intervento dei soccorritori e limitare la propagazione dell'incendio al di fuori dell'area interessata contribuendo ad incrementare il livello di sicurezza o a compensare eventuali carenze strutturali quali ad esempio l'eccessiva lunghezza dei percorsi di esodo.

2. MODALITA' DI PROPAGAZIONE DEL FUMO

La propagazione del fumo in un edificio interessato da un incendio è dovuta all'azione combinata dei seguenti fattori:

- nei locali in cui l'evento è in atto, il fumo, più caldo e quindi più leggero (minore densità) si raccoglie nella parte alta degli stessi "galleggiando" sugli strati di aria più freddi e propagandosi quindi verticalmente o orizzontalmente. In particolare, la propagazione orizzontale consiste nel transito attraverso porte, varchi o aperture in genere. Se queste sono chiuse, il passaggio avviene ugualmente attraverso le fessure e i piccoli varchi comunque presenti (si parla in questo caso di "esfiltrazione");
- negli edifici più alti la naturale stratificazione delle temperature si manifesta nel cosiddetto "effetto camino (*stack effect*)" cui corrisponde un movimento verticale dell'aria causato dalle differenze di densità tra masse d'aria a differente temperatura. L'entità dell'effetto camino è funzione dell'altezza dell'edificio, della permeabilità all'aria delle pareti esterne, della presenza di partizioni orizzontali e della differenza di temperatura tra interno ed esterno dell'edificio. In assenza di incendio, con condizioni climatiche esterne rigide, l'aria contenuta all'interno di un edificio risulta generalmente più calda di quella esterna. La differenza di densità risultante dalla differenza di temperatura e la conseguente spinta di galleggiamento determinano il moto ascensionale dell'aria attraverso gli spazi verticali di collegamento. Al contrario, se l'ambiente esterno dovesse risultare più caldo, il verso del moto dell'aria risulterebbe invertito. In entrambi i casi sussiste una quota intermedia "piano neutro (*neutral plane*)" in corrispondenza della quale la pressione interna ed esterna si eguagliano (Fig.1). In condizioni normali l'effetto camino è responsabile dei movimenti naturali dell'aria all'interno degli edifici; in caso di incendio è responsabile dell'accumulo del fumo e dei gas tossici nelle parti alte dell'edificio;
- l'azione del vento incidente sulle facciate di un edificio determina condizioni di pressione superiore al valore atmosferico in corrispondenza delle aree sopravento e, corrispondentemente, condizioni di depressione lungo le superfici sottovento. La differenza di pressione che viene a determinarsi genera un movimento orizzontale dell'aria avente verso congruente al differenziale di pressione determinatosi. In caso di incendio, la rottura di una finestra del locale interessato può determinare, se questa

risulta investita dalla corrente del vento, la propagazione orizzontale (e talvolta verticale) del fumo (per ulteriori informazioni circa l'azione del vento sulle strutture si rimanda alla Norma UNI EN 1991-1-4: 2010);

- l'impianto di condizionamento e ventilazione (HVAC), che per sua natura è responsabile dell'instaurarsi di zone a differente pressione all'interno di un edificio, può potenzialmente contribuire ad alimentare le fiamme o al trasporto dei fumi verso aree non coinvolte dall'evento. Per questo motivo è buona regola, peraltro prescritta dalle normative vigenti, prevederne lo spegnimento in caso di emergenza incendio.

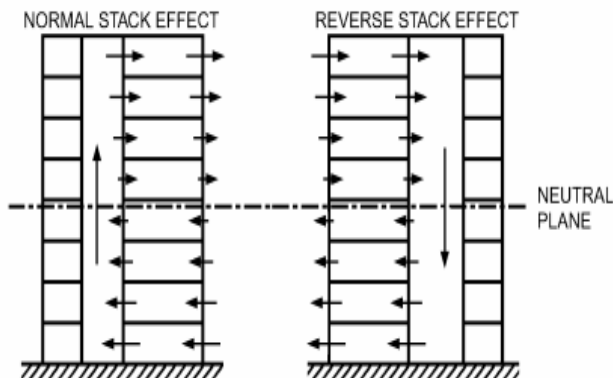
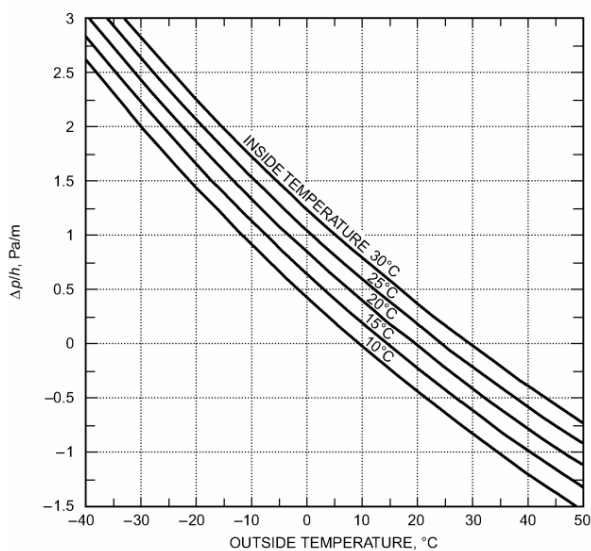


Figura 1– Differenze di pressione dovute al fenomeno “effetto camino” e conseguenti moti d’aria

3. VIE DI ESODO - MODALITÀ DI CONTROLLO DEL FUMO

La progettazione antincendio definisce, con riferimento ai vari ambienti che compongono un edificio, diversi requisiti di sicurezza rispetto alla possibile presenza di fumo. È fondamentale, in particolare, la distinzione tra le aree che devono essere mantenute libere o a basso contenuto di fumo in modo che non ne risulti compromesso l'utilizzo, e le aree invece destinate a costituire uno sfogo o un serbatoio per il fumo stesso.

La fuga è la risposta naturale al manifestarsi di un incendio. All'aumentare delle dimensioni dell'edificio aumentano corrispondentemente i tempi richiesti per l'evacuazione dello stesso; un esodo rapido è poi impensabile per particolari tipologie di persone come, ad esempio, i pazienti di un ospedale che si trovino in condizioni critiche.

In relazione quindi a tale tipo di esigenze, le vie di esodo e di intervento delle squadre soccorso devono essere coerentemente mantenute il più possibile libere da fumo per un tempo adeguato.

Il vano scale è l'elemento architettonico che, per edifici su più livelli, consente l'accesso ai vari locali dei differenti piani (Fig. 2). I diversi locali possono essere collegati direttamente al vano scale oppure essere accessibili tramite corridoi orizzontali collegati a loro volta ad un vano scale.

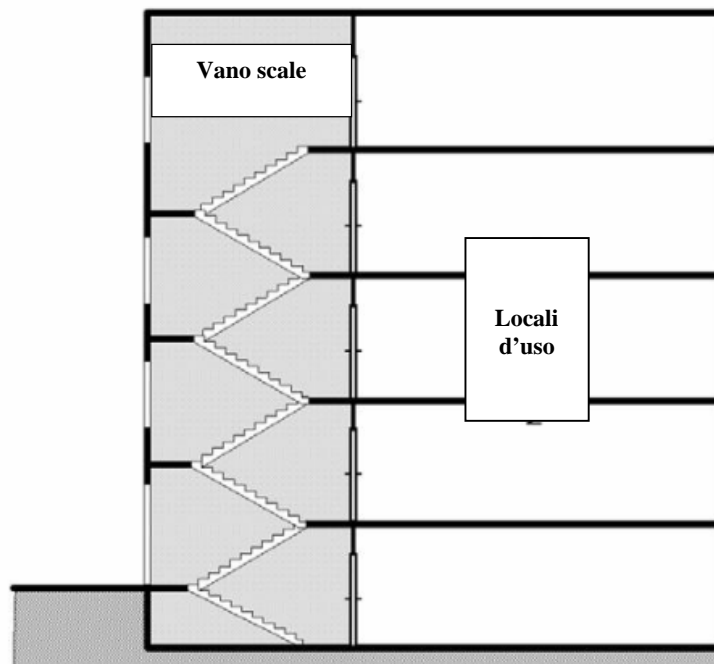


Figura 2 – Collocazione e funzione del vano scale

Vani scale e corridoi possono costituire componenti essenziali dei percorsi di esodo e soccorso. L'utilizzo delle scale per tali fini può essere consentito solo se il loro impiego non risulta compromesso dalla presenza di fumo per un tempo sufficientemente lungo.

In generale, le principali tecniche utilizzate per impedire o limitare l'entità della propagazione del fumo sono le seguenti:

- contenimento del fumo utilizzando un opportuno sistema di barriere fisiche (barriere al fumo);
- estrazione, naturale o forzata, del fumo e immissione di aria esterna di ricambio;
- utilizzo di sistemi a differenza di pressione (pur potendo tale tecnica essere declinata nell'attuazione di una depressurizzazione o di una pressurizzazione di un particolare volume rispetto agli ambienti adiacenti, nel seguito ci si riferirà unicamente a sistemi in grado di creare un differenziale positivo di pressione).

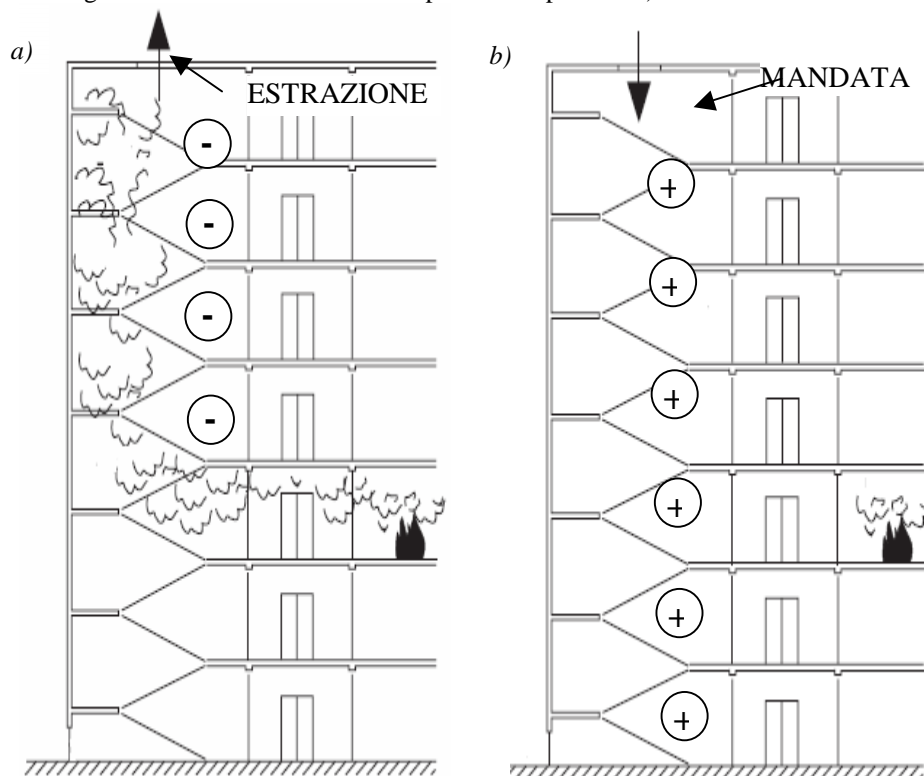


Figura 3 — Sistema di controllo del fumo per estrazione (a) e a differenziale di pressione (b). Schema di funzionamento e distribuzione risultante delle pressioni

Nel caso di edifici multi-piano, quali la maggioranza dei grandi ospedali, laddove vani scale e corridoi costituiscono parte integrante delle vie di fuga, il controllo del fumo per estrazione dagli stessi determinerebbe unicamente il peggiorare della criticità della situazione. Infatti, un'estrazione collocata all'interno del vano scale (Fig.3-a) finirebbe per richiamare il fumo verso gli spazi che invece sono da proteggere maggiormente.

Nei sistemi a pressurizzazione, al contrario, (Fig.3-b) il principio generale applicato è quello di creare e mantenere un differenziale positivo di pressione tra l'area da proteggere (ad esempio, il vano scale) e il piano ove ha luogo l'evento, con lo scopo di evitare che il fumo prodotto dall'incendio penetri all'interno di essa.

Dato che il funzionamento del sistema si basa su una differenza di pressione originata meccanicamente, è possibile identificare una serie di caratteristiche proprie dei sistemi a pressurizzazione che li contraddistinguono rispetto alle metodologie tradizionali di gestione e contenimento del fumo:

- il controllo del fumo è meno vincolato alla tenuta delle barriere al fumo: è quindi possibile prevedere delle tolleranze maggiori riguardo agli spazi liberi presenti lungo il loro perimetro;
- il controllo del fumo è indipendente dalle condizioni al contorno: come visto, la naturale stratificazione delle temperature risulta in un differenziale di pressioni. Inoltre, va sottolineato come il contributo del vento sia difficilmente prevedibile data la sua natura aleatoria. Visto il sussistere di una differenza di pressione imposta, il controllo della propagazione del fumo risulta meno perturbabile dal campo di pressioni naturalmente disponibile all'interno dell'edificio;
- le prestazioni dei sistemi a pressurizzazione sono facilmente misurabili e verificabili: ad esempio, durante la fase di "commissioning".

4. PRINCIPI DI CONTROLLO DEL FUMO MEDIANTE SISTEMI A PRESSURIZZAZIONE

Gli elementi essenziali che costituiscono un sistema di pressurizzazione sono i seguenti:

- immissione dell'aria esterna che permette la creazione e il mantenimento del differenziale positivo di pressione alla base del principio di funzionamento dell'impianto;
- sistema di controllo e regolazione della pressione; si tratta di un sistema complesso in quanto deve essere in grado di reagire ai cali di pressione corrispondenti all'apertura delle porte prospicienti il volume pressurizzato a seguito dell'esodo delle persone. Contemporaneamente, deve però essere evitata un'eccessiva pressurizzazione del volume stesso che renderebbe difficile o impossibile l'utilizzo delle porte stesse;
- aperture di scarico del fumo che consentano l'evacuazione del fumo al di fuori della zona da proteggere.

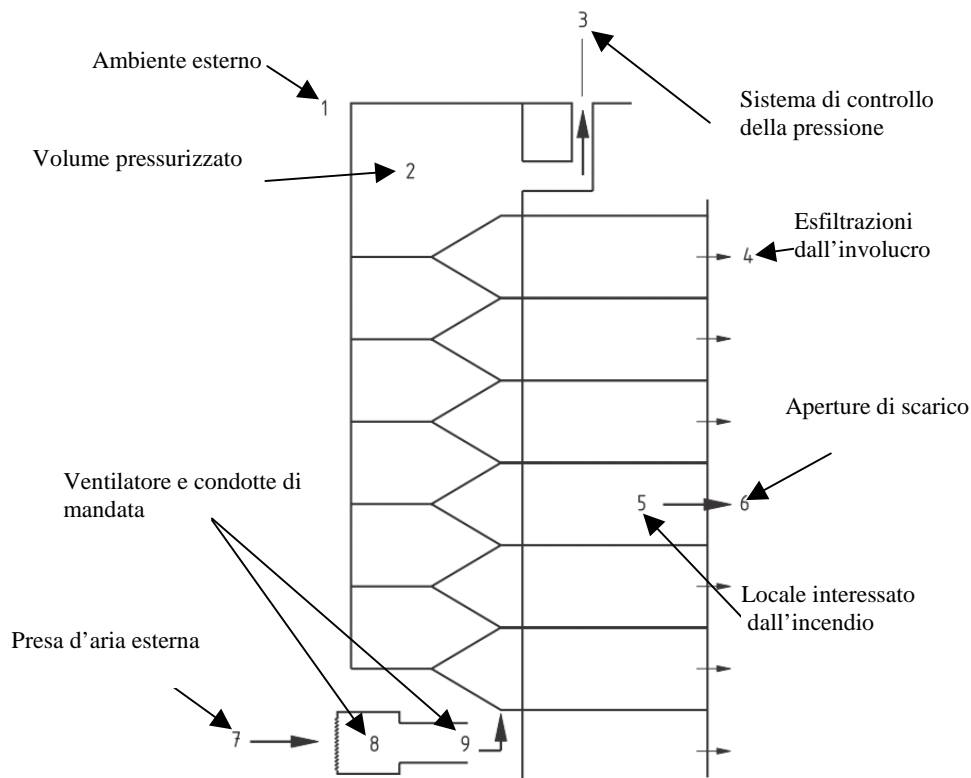


Figura 4 – Schema esemplificativo di un sistema di controllo del fumo a pressurizzazione (tratto da Norma UNI EN 12101-6, 2005)

Dal punto di vista prestazionale, il sistema di pressurizzazione deve soddisfare due requisiti :

- garantire un'adeguata differenza di pressione ai capi di ogni barriera o ostacolo alla propagazione del fumo (ad es., una porta chiusa) in modo da impedire l'esfiltrazione del fumo attraverso le fessurazioni presenti su superfici chiuse (Fig.5-a);
- assicurare che la velocità della corrente d'aria attraverso grandi superfici di flusso, quale ad esempio una porta aperta, dovuta alla differenza di pressione sia superiore ad un determinato valore tale da impedire la diffusione del fumo (Fig.5-b).

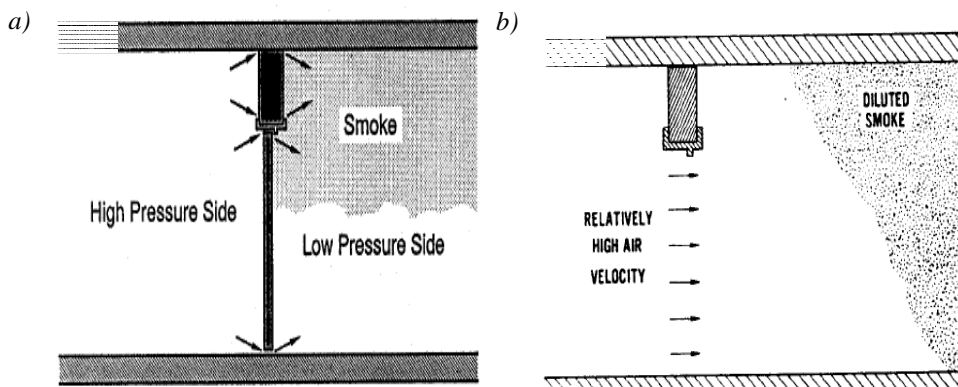


Figura 5 – Azione del differenziale di pressione nel contrasto dell'esfiltrazione del fumo e nell'impedimento della propagazione orizzontale di questo

Far riferimento a due grandezze fisiche diverse, pressione e velocità, dipende dal fatto che nel caso delle grandi aperture, la velocità dell'aria risulta la grandezza più adatta sia in fase di progettazione che di verifica dei requisiti progettuali. Invece per il flusso che si verifica attraverso fessurazioni, che presentano grandezze caratteristiche molto inferiori, risulta problematico riferirsi alla velocità poiché essa difficilmente risulterebbe misurabile. Per questo motivo, in questo caso, si utilizza la pressione come grandezza rappresentativa.

Il riferimento normativo per il dimensionamento di questi sistemi è costituito dalla Norma UNI EN 12101-6 (2005). Da giugno 2011 però sono disponibili le Linee Guida VDMA 24188 "Misure di protezione dal fumo nelle scale – Ventilazione del fumo, Diffusione del fumo, Controllo del fumo", pubblicate a cura del gruppo di lavoro "Controllo del Fumo" della Associazione tedesca dei Costruttori di Macchine e Impianti (VDMA). Esse contengono interessanti indicazioni circa tale tipologia di sistemi.

Molteplici sono le situazioni applicative, i parametri da considerare e le condizioni al contorno da considerare per il corretto dimensionamento di un Sistema di controllo fumi.

È opportuno precisare, innanzitutto, che il vano scale viene considerato esterno se presenta almeno una parete confinante con l'esterno e abbia ad ogni piano finestre apribili verso l'esterno che possono consentire l'evacuazione del fumo; al contrario è considerato interno se non è confinante con l'esterno o se non ha finestre apribili. Si fa notare come tali definizioni non corrispondano a quelle utilizzate nella normativa italiana di Prevenzione Incendi (D.M. 30-11-1983).

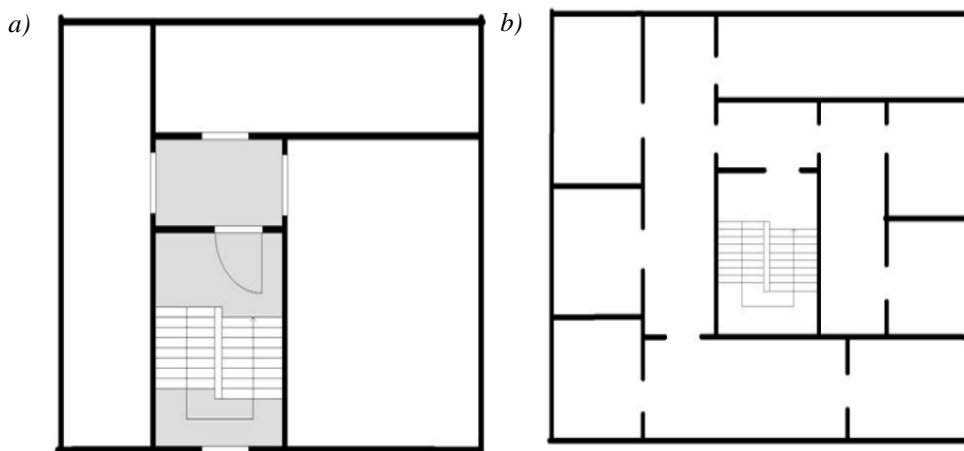


Figura 6 — Vano scale esterno (a) e interno (b) (VDMA, 2011)

Secondo la Guida VDMA, qualora sia presente un'unica via di esodo e se la seconda via di fuga (quale ad esempio la scala di soccorso dei VV.F.) non sia né prevista né disponibile, tutti gli ambienti abitabili o agibili di un edificio devono essere raggiungibili tramite una scala avente caratteristiche tali da costituire una scala di sicurezza. Essa deve essere resistente al fuoco ed impermeabile al fumo per un tempo prefissato, deve essere preceduta da un ambiente filtro e, se si tratta di una scala interna, deve obbligatoriamente essere dotata di un dispositivo di protezione contro il fumo del tipo a sovrappressione.

A titolo di semplice esempio si consideri un edificio multi piano e si ipotizzi che uno dei piani in cui si articola sia coinvolto da un incendio. Tale edificio ha scale interne cui è richiesto di avere caratteristiche tali da configurarsi come scale di sicurezza.

Nella situazione in cui tutte le porte prospicienti il vano scale siano chiuse (Fig.7), le scale dovranno essere pressurizzate in modo da garantire una sovrappressione superiore a quella determinata dall'incendio in corrispondenza della porta di separazione tra vano scale e piano interessato dall'evento. Il valore raccomandato di sovrappressione è di almeno $\Delta p = 15 \text{ Pa}^1$. Contemporaneamente, la forza necessaria all'apertura delle porte di comunicazione non potrà mai superare i 100 N

¹ Tale raccomandazione è in contrasto con l'indicazione di 50 Pa fornita da EN 12101-6. Una differenza di 50 Pa risulta però difficilmente compatibile con il requisito circa la forza massima tollerabile per l'apertura delle porte di comunicazione. La prossima revisione della Norma EN 12101-6, per quanto è dato di sapere, terrà conto di tale indicazione.

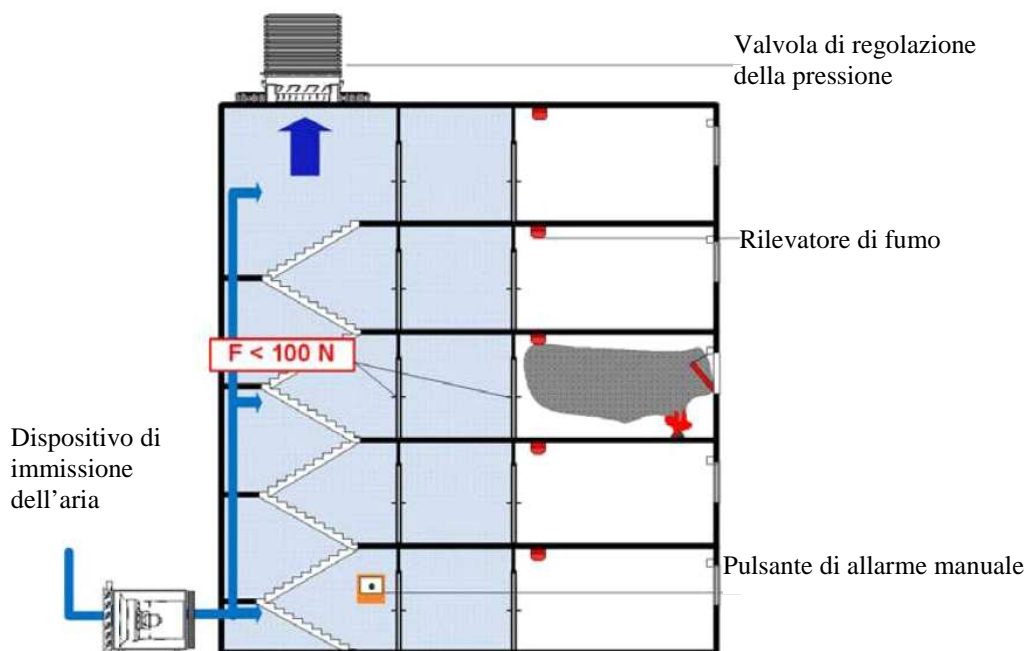


Figura 7 – Componenti, funzionamento e requisiti prestazionali del sistema a pressurizzazione con riferimento al caso secondo cui tutte le porte prospicienti il vano scale pressurizzato siano chiuse (VDMA, 2011)

Se il piano in cui è in corso l'incendio e la scala di sicurezza vengono posti aerologicamente in contatto tramite l'apertura di porte (Fig.8), deve essere previsto un adeguato flusso d'aria in direzione dell'incendio. La velocità di deflusso attraverso le porte di comunicazione eventualmente aperte collocate tra vano scale e locale intermedio e tra questo e l'ambiente sede dell'incendio deve avere caratteristiche ben precise in funzione della successione temporale degli eventi e delle corrispondenti caratteristiche del fumo.

Durante la fase di esodo delle persone presenti è inevitabile che le porte di accesso alla scala di sicurezza siano aperte, anche se in modo intermittente. La velocità dell'aria che dovrà essere mantenuta attraverso di esse, per prevenire la propagazione del fumo, dovrà essere valutata in funzione della temperatura prevista dei fumi. Questa dipenderà dalla collocazione delle porte rispetto all'origine dell'incendio (infatti, tanto maggiore sarà la distanza tanto minore sarà la temperatura con cui i fumi raggiungeranno le porte in questione) e dal tempo trascorso dall'inizio dell'evento (la temperatura dei fumi sarà

maggiore durante le fasi di intervento delle squadre di soccorso piuttosto che durante le fasi di esodo delle persone presenti).

Da un punto di vista quantitativo, una velocità dell'aria di almeno 1 m/s deve essere garantita durante la fase di esodo, mentre dovrà essere assicurata una velocità di almeno 2 m/s durante le fasi di soccorso agli inabilitati e attuazione delle opere di estinzione. Si tratta di fasi successive all'esodo delle persone presenti; è verosimile quindi che in queste fasi si debbano fronteggiare temperature dei fumi maggiori.

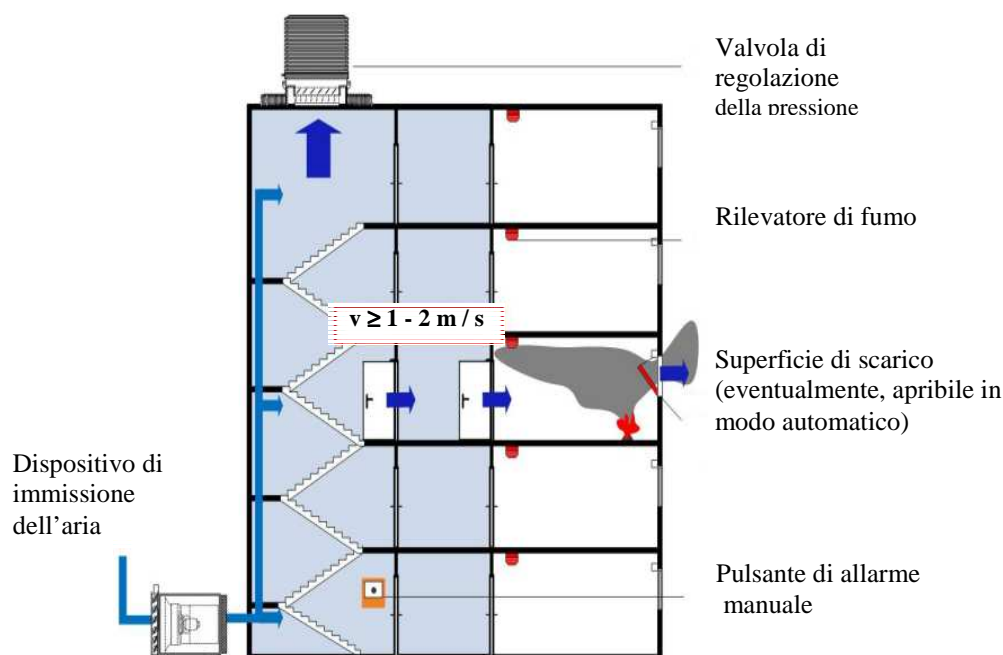


Figura 8 – Componenti, funzionamento e requisiti prestazionali del sistema a pressurizzazione con riferimento al caso secondo cui esiste un contatto aerale tra vano pressurizzato e locale sede dell'incendio (VDMA, 2011)

Per far sì che il flusso sia garantito per un periodo di tempo sufficientemente prolungato, i locali a valle della corrente d'aria mossa dal differenziale di pressione devono presentare superfici di deflusso idonee in termini di estensione e di resistenza al flusso; a tal fine possono essere utilizzate, ad esempio, finestre equipaggiate con adeguati attuatori. Le superfici di deflusso devono essere dimensionate in modo che le perdite di carico lungo l'intero percorso di deflusso non superino la sovrappressione prevista nel vano scale.

Tutte le porte previste per la scala di sicurezza devono potersi chiudere automaticamente. Nel caso di porte che debbano aprirsi verso l'esterno della zona in sovrappressione, quali ad esempio le porte che conducono all'ambiente esterno, dovrà essere valutata con attenzione la scelta del chiudi porta, dato che questo dovrà garantire la chiusura della porta in tempi ragionevolmente brevi anche nel caso di sovrappressione in atto. Ogni finestra presente lungo le scale di sicurezza deve avere caratteristiche tali da non poter essere aperta manualmente: una finestra lasciata aperta inficierebbe infatti l'efficienza dell'intero sistema. Dovrebbe essere comunque prevista la chiusura automatizzata di ogni finestra presente al momento dell'avviamento del sistema di pressurizzazione.

L'aspirazione dell'aria esterna necessaria alla pressurizzazione deve essere orientata in modo che in nessun caso il fumo possa essere reintrodotta all'interno della zona pressurizzata. A tal fine, è consigliabile che l'aspirazione sia collocata a livello del suolo. Nessuna apertura dell'edificio dovrà essere mai collocata al di sotto del punto di aspirazione dell'aria esterna.

Il sistema di controllo del fumo dovrà essere attivato automaticamente da rilevatori di fumo; questi dovranno essere installati almeno in corrispondenza di ogni porta di accesso alla scala di emergenza, e dovranno essere collocati prima della porte di comunicazione tra ambienti d'uso e locali filtro adiacenti. Dovrà anche essere prevista la possibilità di azionamento manuale tramite pulsantiera.

Come già detto in precedenza, la forza massima necessaria per l'apertura delle porte di comunicazione verso il volume pressurizzato, misurata in corrispondenza della maniglia delle stesse, non può superare i 100 N; deve infatti essere possibile la loro apertura anche da individui particolarmente deboli senza dare l'impressione di essere bloccate. A seconda delle dimensioni delle porte e dei momenti di chiusura disponibili attuati dai chiudi porta, il differenziale massimo di pressione ammissibile può essere calcolato in base alla seguente espressione (Fig.9):

$$\Delta p_{max} = \frac{F_t \cdot b - M_s}{\frac{B}{2} \cdot (H \cdot B)}$$

dove:

- Δp_{max} = differenziale di pressione (N m⁻²)
- F_t = massima forza ammissibile di apertura (= 100 N);
- H, B = altezza e larghezza della porta (m);
- b = distanza tra cardine e maniglia della porta (m);
- M_s = massimo momento di chiusura (N m)

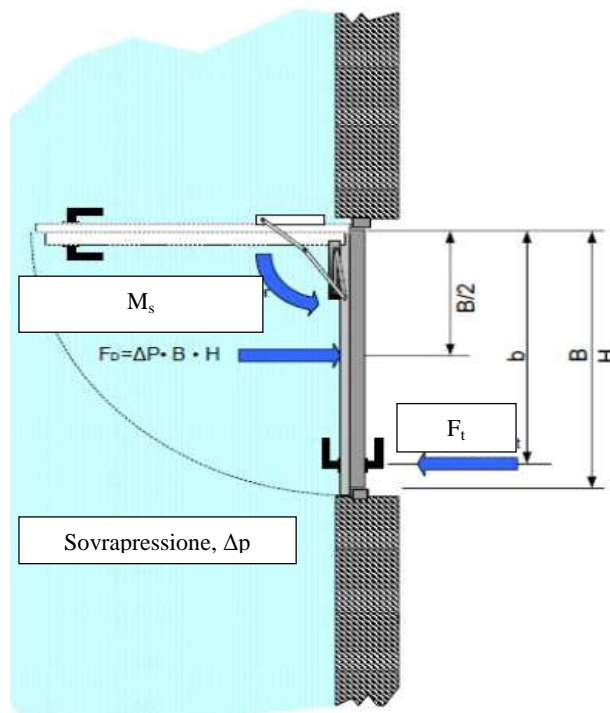


Figura 9 – Schema dei termini che risultano nella determinazione della forza massima ammissibile per l'apertura delle porte di comunicazione verso il volume pressurizzato (VDMA, 2011)

Una volta fissato il differenziale di pressione ammissibile, è possibile calcolare la portata necessaria per la pressurizzazione del volume in questione. Il primo passo riguarda la definizione delle caratteristiche, in termini di tenuta all'aria, dell'involucro edilizio che racchiude il volume da pressurizzare; il parametro quantitativo determinante è la cosiddetta area di perdita ("leakage area") corrispondente al termine che riassume la dimensione complessiva delle fessurazioni presenti in un dato componente edilizio, fessurazioni da cui dipendono le esfiltrazioni d'aria attraverso il componente stesso (Tab. I).

Tabella I – Superficie di esfiltrazione dell'aria per diverse tipologie di porte (da Norma UNI EN 12101-6:2005)

Tipo di porta	Area di perdita (m²)
A singolo battente apribile verso lo spazio pressurizzato	0,01
A singolo battente apribile da uno spazio pressurizzato verso l'esterno	0,02
A doppio battente	0,03
Di piano dell'ascensore	0,06

Il secondo passo da compiere riguarda la determinazione della collocazione, in serie o in parallelo, delle aree di perdita determinate al punto precedente. Più precisamente, è possibile determinare la disposizione in serie o in parallelo delle stesse a seconda del collegamento aeraulico esistente tra l'ambiente in pressione e quelli non pressurizzati; la disposizione in serie delle aree di perdita si verifica quando l'aria proveniente dal volume pressurizzato debba fluire attraverso uno o più spazi intermedi prima di sboccare in un locale non pressurizzato (Fig.10-a). La collocazione in parallelo avviene invece quando tutte le aree di perdita collegano direttamente il volume pressurizzato ad ambienti non pressurizzati (Fig.10-b).

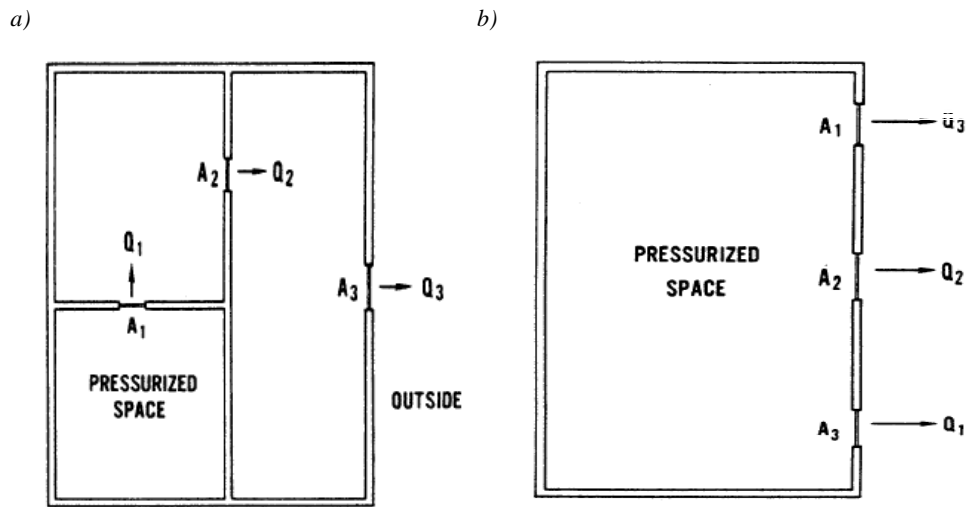


Figura 10 – Collocazione in serie (a) e in parallelo (b) delle aree di perdita A_i

Stabilita la collocazione delle aree di perdita, è possibile determinare la corrispondente area totale di perdita (A_e). Con riferimento alla Fig.10, nel caso di collocazione in parallelo, il valore di A_e risulta dalla seguente espressione:

$$A_e = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \quad (m^2)$$

Nel caso di disposizione in serie, si avrà invece:

$$A_e = \left(\frac{1}{A_1^2} + \frac{1}{A_2^2} + \frac{1}{A_3^2} + \frac{1}{A_4^2} \right)^{1/2} \quad (m^2)$$

È quindi possibile ricavare la portata desiderata (Q) impiegando l'espressione:

$$Q = 0,83 \times A_e \times \Delta P^{1/3} \quad m^3/s$$

dove:

Q è la portata d'aria necessaria ad ottenere la pressurizzazione richiesta (m^3/s);

$0,83$ rappresenta la portata per unità di superficie, quando ΔP è pari a 1 N/m^2 ;

A_e è l'area totale di perdita dall'involucro che racchiude il volume da pressurizzare (m^2);

ΔP è il differenziale di pressione desiderato (Pa);

R è un fattore che tiene conto della natura delle perdite d'aria, valendo 2 per le fessurazioni maggiori (ad esempio, quelle attorno alle porte) e 1,6 per le fessurazioni più piccole.

Da ultimo, la portata calcolata al punto precedente va cautelativamente aumentata del 50% per tener conto di tutte le fessurazioni che non compaiono esplicitamente nel termine A_e .

Si supponga che l'edificio considerato sia caratterizzato, ad esempio, da sei piani aventi tutta la medesima configurazione (Fig.11); si voglia valutare quale sia la portata d'aria necessaria a mantenere un determinato differenziale di pressione tra vano scale e ambienti attigui, con le porte di comunicazione chiuse, tenendo conto delle sole esfiltrazioni d'aria attraverso le porte stesse.

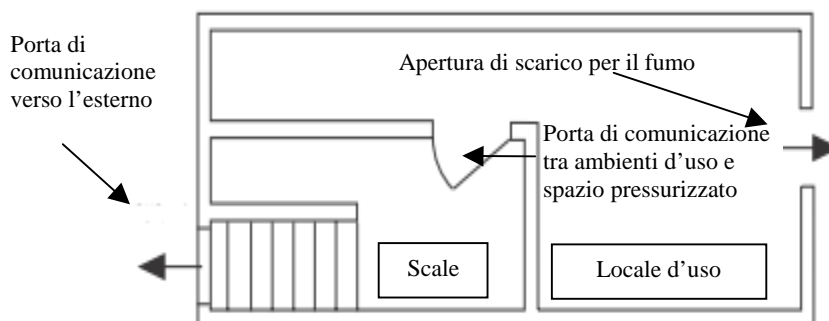


Figura 10 – Schema esemplificativo della disposizione reciproca tra scale e locali d'uso e della collocazione delle aree di perdita cui si riferisce l'esempio numerico proposto

I locali d'uso sono separati dal vano pressurizzato da porte ad un unico battente; il volume in pressione conduce all'esterno attraverso una porta a doppio battente.

Da quanto precedentemente esposto si ha:

- sulla base della tipologia di porte presenti è possibile associare a ciascuna di esse la rispettiva area di perdita A_i . Per le porte a singolo battente sarà $A_i = 6 \times 0,01 \text{ m}^2$; per la porta esterna sarà $A_i = 0,03 \text{ m}^2$;
- le aree di perdita associate alle porte di comunicazione verso i locali d'uso e a quella verso l'esterno si trovano in parallelo; pertanto l'area totale (A_e) sarà data dalla somma del contributo di ciascuna delle A_i . Sarà quindi $A_e = 0,09 \text{ m}^2$;

- si supponga di fissare in 20 Pa il differenziale di pressione consentito dati i vincoli riguardanti la forza ammissibile di apertura delle porte; si avrà $Q = 0,83 \times 0,09 \times 20^{0,5} = 0,33 \text{ m}^3/\text{s}$;
- la portata determinata al punto precedente deve essere maggiorata del 50% per tener conto di tutte le fessurazioni non esplicitamente conteggiate nel termine A_e . Pertanto risulterà $Q = 1,5 \times 0,33 = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il livello di pressurizzazione di progetto non può essere mantenuto costante se le porte presenti tra volume pressurizzato e spazi attigui sono aperte. Se queste vengono aperte in maniera intermittente, anche a fronte di un calo della pressione, il fumo può essere comunque trattenuto qualora la velocità di attraversamento sia sufficientemente elevata. Come visto in precedenza, ai fini della limitazione della propagazione orizzontale del fumo è necessaria una velocità di almeno 1 m/s. Nota la portata di aria immessa per ottenere la pressurizzazione di progetto, è possibile verificare il requisito relativo alla velocità del fumo supponendo che la portata in questione sia in grado di transitare attraverso l'apertura che si considera aperta.

È facile accertare come, se si considerano le consuete dimensioni di una porta, la portata determinata al punto precedente non sia sufficiente a garantire una velocità di almeno un 1 m/s.

Il calcolo del differenziale di pressione di progetto deve quindi essere condotto in modo iterativo, conteggiando tutti i termini relativi alle perdite d'aria attraverso l'involucro del volume pressurizzato e, contemporaneamente, verificando i requisiti circa la forza massima ammissibile e la velocità minima di attraversamento per superfici aperte.

CONCLUSIONI

I sistemi di pressurizzazione rappresentano un mezzo efficace per la protezione delle scale dagli effetti del fumo. Gli ospedali, vista l'utenza particolare, rappresentano una situazione tipica per queste applicazioni. In particolare possono essere presi in considerazione non solo in caso di edifici di nuova costruzione, ma anche in caso di edifici esistenti quale accorgimento tecnico finalizzato a migliorare la sicurezza.

È indispensabile un'attenta progettazione di tali sistemi che tenga conto dei loro aspetti caratteristici al fine di evitare il determinarsi di condizioni sfavorevoli all'esodo delle persone. È inoltre necessario essere consapevoli delle situazioni che potenzialmente rappresentano delle criticità per la corretta applicabilità dei sistemi di pressurizzazione. Deve anche essere attentamente valutata la possibilità che l'esodo possa riguardare l'intero edificio piuttosto che singoli piani di esso (ad esempio, il piano sede dell'incendio, il sottostante e il sovrastante); il sistema potrebbe non essere in grado di mantenere la differenza di pressione desiderata nel caso in cui tutte le porte di comunicazione verso il volume pressurizzato risultassero aperte. Deve essere considerata la possibilità che il vano scale sia adoperato anche dai soccorritori equipaggiati con

mezzi di spegnimento quali manichette flessibili, anche in questo caso il sistema potrebbe essere influenzato dall'apertura permanente di alcune porte. Infine, deve anche essere valutato il caso in cui possano verificarsi condizioni che potrebbero provocare una parziale o completa perdita di agibilità del vano scala.

BIBLIOGRAFIA

- Klote J. H. 1986. Smoke Control at Veterans Administration Hospitals. National Bureau of Standards NBSIR 85-3297.
- Klote J. H. 1997. Smoke Movement in Buildings. NFPA Fire Protection Handbook.
- UNI EN 12101-6. 2005 Specifiche per i sistemi a differenza di pressione – Kit.
- VDMA 24188. 2011 Smoke protection measures in stairwells – Smoke ventilation, smoke dispersal, smoke control.
- Wild J. A., 1998. "Fans in fire safety - Smoke Control by Pressurisation". Fläkt Woods Limited editore.