



Sicurezza antincendio nelle facciate

Claudio Giacalone

Dirigente Addetto



Comando provinciale Vigili del
fuoco di Milano



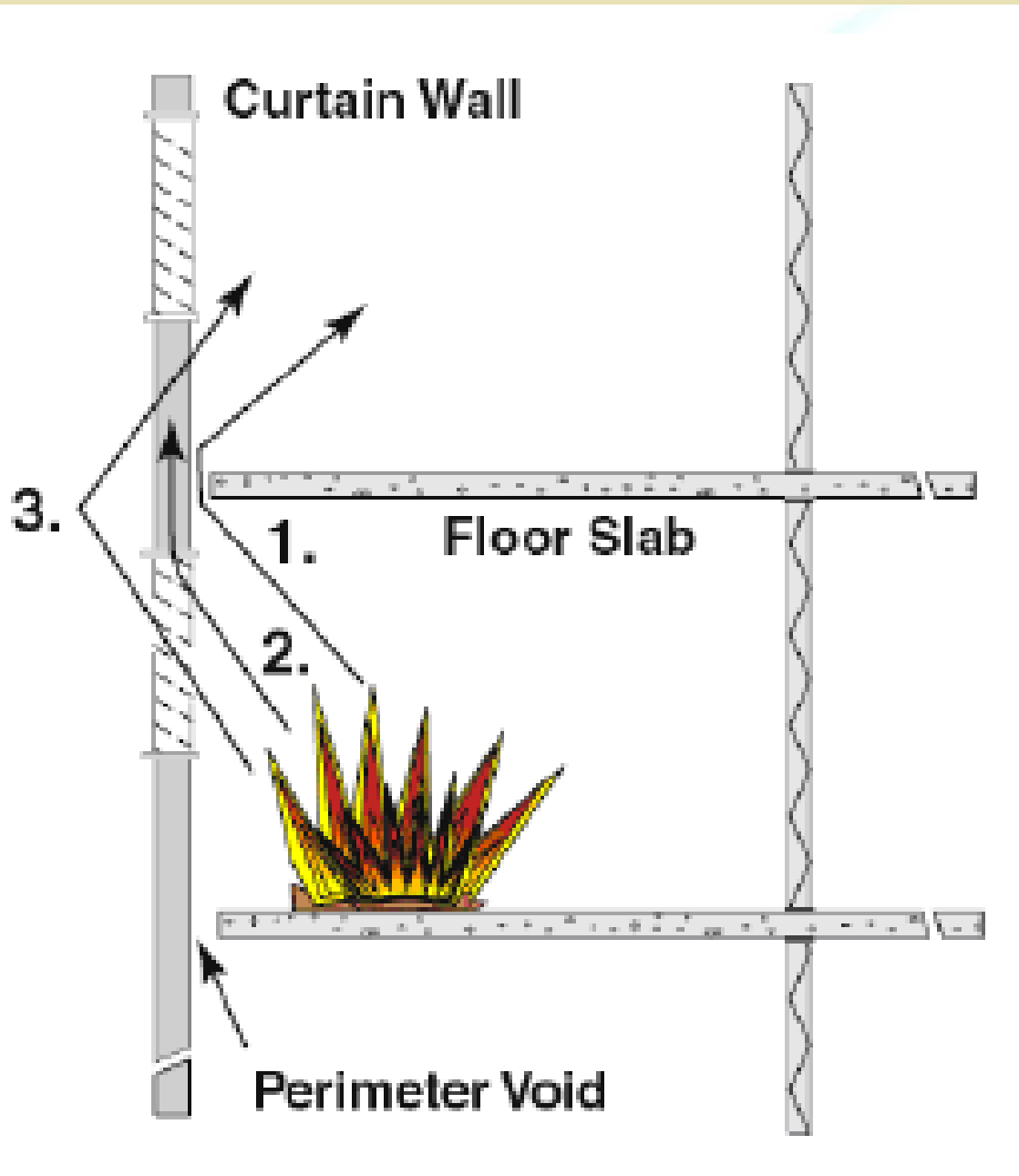
Le facciate degli edifici civili

- ◆ Negli ultimi decenni il numero di edifici di grande altezza è aumentato notevolmente caratterizzando così le skylines delle grandi città del mondo.
- ◆ Le facciate ventilate rappresentano però anche un **aggravio di rischio per il sistema edificio** in caso di incendio e quindi su di esse si è focalizzata l'attenzione di ricercatori e studiosi nel campo della sicurezza antincendio.

Le facciate degli edifici civili

- ◆ lettera circolare del ministero dell'interno 31 marzo 2010, n. 5643
- ◆ **lettera circolare n. 5043 del 15 aprile 2013**
 - Guida Tecnica su: Requisiti di sicurezza antincendio delle facciate degli edifici civili. Aggiornamento.
- ◆ Gli aggiornamenti introdotti riguardano, rispetto alla precedente versione, sia una più appropriata caratterizzazione tipologica delle facciate in relazione agli aspetti di sicurezza antincendio da garantire, sia una migliore impostazione formale del documento in relazione soprattutto alle specifiche caratteristiche prestazionali richieste.





i:
ne di un incendio
causa di fiamme o
, aperture, cavità
eventualmente
facciata o tra la
antincendio e la
olgimento di altri
luppino in senso
all'interno della
non interessati

Obiettivi

- ◆ limitare la probabilità di **incendio di una facciata** e la sua successiva propagazione, a causa di un fuoco avente **origine esterna** (incendio in edificio adiacente oppure incendio a livello stradale o alla base dell'edificio);
- ◆ evitare o limitare, in caso d'incendio, la **caduta di parti di facciata** (frammenti di vetri o di altre parti comunque disgregate o incendiate) che possono compromettere l'esodo in sicurezza degli occupanti l'edificio e l'intervento in sicurezza delle squadre di soccorso.



Definizioni

- ◆ Facciata
- ◆ Facciata semplice
- ◆ Facciate a doppia parete
 - Facciate a doppia parete ventilata non ispezionabile
 - Facciata a doppia parete ventilata ispezionabile
- ◆ Curtain wall (facciata continua)
- ◆ Parete aperta
- ◆ Parete chiusa
- ◆ Kit



Facciata

- ◆ L'insieme dei componenti che costituiscono un **sistema di chiusura** (materiali, elementi, accessori etc.), progettati, assemblati ed installati al fine di realizzare l'involucro esterno verticale, o quasi - verticale, dell'edificio.



Facciata semplice

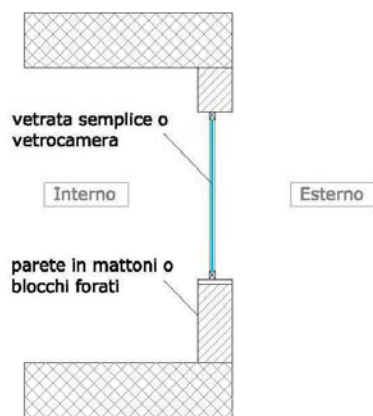
- ◆ Facciata, anche di tipo **multistrato**, in cui gli strati e gli elementi funzionali sono assemblati con continuità **senza intercapedini d'aria** tra gli strati.
- ◆ Sono considerati come unico strato elementi forati quali laterizi, blocchetti in calcestruzzo, vetro-camera, ecc.
- ◆ Sono incluse le facciate rivestite con elementi prefabbricati, fissati con legante umido o a secco in aderenza alla parete esistente sottostante (cappotti termici) e le facciate in mattoni o blocchi dotati di camera d'aria non ventilata per l'isolamento termico.



Facciata semplice

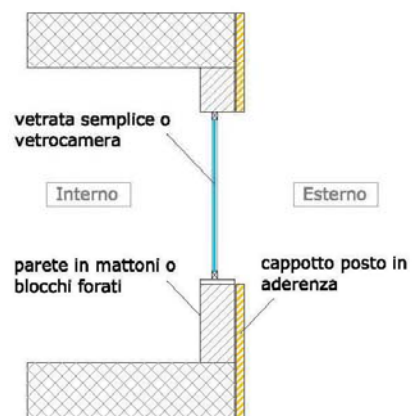
DEFINIZIONE FACCIATA SEMPLICE

1 a



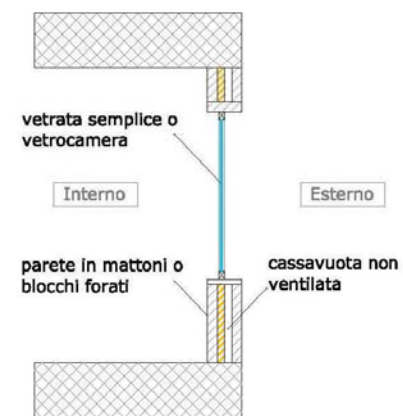
FACCIATA SEMPLICE: facciata, anche di tipo multistrato, in cui gli strati e gli elementi funzionali sono assemblati con continuità senza intercedere d'aria tra gli strati. Sono considerati come unico strato elementi forati quali laterizi, blocchetti in cls, vetro-camera, ecc.

1 b



FACCIATA SEMPLICE: sono incluse le facciate rivestite con elementi prefabbricati, fissati con legante umido o a secco in aderenza alla parete esistente sottostante ("cappotti termici").

1 c



FACCIATA SEMPLICE: sono incluse le facciate in mattoni o blocchi dotati di camera d'aria non ventilata per l'isolamento termico.

Facciata a doppia parete

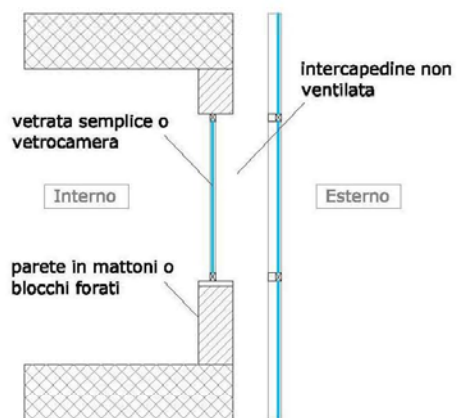
- ◆ **Facciata di tipo multistrato** in cui gli strati e/o gli elementi funzionali sono separati da una **cavità o intercapedine d'aria** (denominata "corridoio d'aria" o "spazio intermedio").
- ◆ Le facciate a doppia parete possono essere di tipo **ventilato e non ventilato** con pareti opache o vetrate.
- ◆ Dal punto di vista della sicurezza antincendio la facciata a doppia parete non ventilata è assimilabile ad una facciata semplice.
 - Facciate a doppia parete non ventilata
 - Facciate a doppia parete ventilata non ispezionabile
 - Facciata a doppia parete ventilata ispezionabile



Facciata a doppia parete non ventilata

DEFINIZIONE FACCIATA A DOPPIA PARETE NON VENTILATA

2a



Viene trattata come una facciata semplice

FACCIATA A DOPPIA PARETE: facciata di tipo multistrato, in cui gli strati e/o gli elementi funzionali sono separati da una cavità o intercapedine d'aria (denominata "corridoio d'aria" o "spazio intermedio").

Le facciate a doppia parete possono essere di tipo ventilato e non ventilato, con pareti opache o vetrate. Dal punto di vista della sicurezza antincendio la facciata a doppia parete non ventilata è assimilabile ad una facciata semplice.

Facciata a doppia parete ventilata non ispezionabile

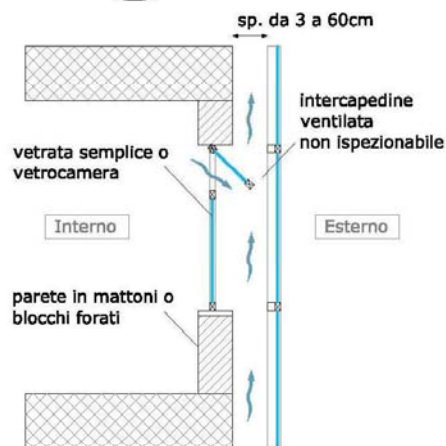
- ◆ Facciata a doppia parete con **circolazione di aria nell'intercapedine** di tipo meccanico e/o naturale.
- ◆ L'intercapedine d'aria può assumere spessori variabili compresi tra un **minimo di 3 cm e un massimo di 60 cm**.
- ◆ Generalmente gli spessori sono compresi tra 5 e 10 cm.
- ◆ Tale tipologia di facciata può essere a **doppia parete ventilata sia verso l'interno che verso l'esterno**.



Facciata a doppia parete ventilata non ispezionabile

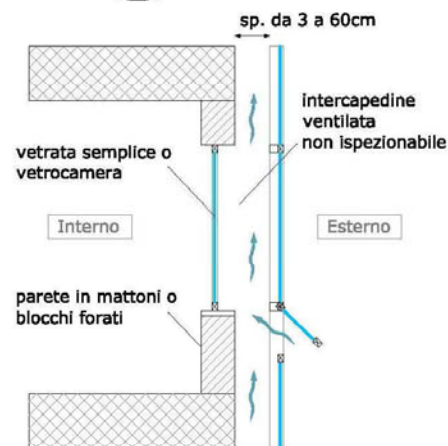
DEFINIZIONE FACCIATA A DOPPIA PARETE VENTILATA NON ISPEZIONABILE

3a



Intercapedine NON ispezionabile, ventilata verso l'interno

3b



Intercapedine NON ispezionabile, ventilata verso l'esterno

FACCIATA A DOPPIA PARETE VENTILATA NON ISPEZIONABILE: facciata a doppia parete con circolazione d'aria nell'intercapedine di tipo meccanico e/o naturale. L'intercapedine d'aria può assumere spessori variabili compresi tra un minimo di 3 cm e un massimo di 60 cm.

Generalmente gli spessori sono compresi tra 5 e 10 cm. Tale tipologia di facciata può essere a doppia parete ventilata sia verso l'interno che verso l'esterno.

Facciata a doppia parete ventilata ispezionabile

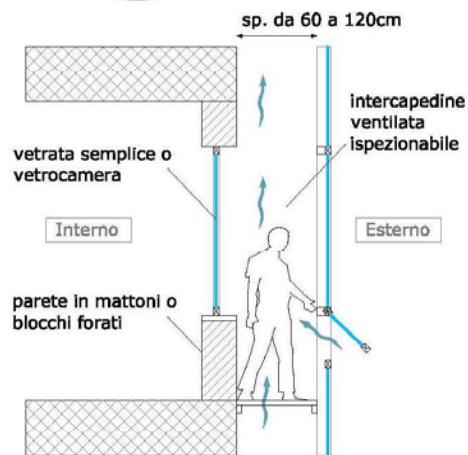
- ◆ Facciate a doppia parete con circolazione d'aria nell'intercapedine di tipo meccanico e/o naturale. L'intercapedine d'aria può assumere spessori **superiori a 60 cm**. Nel caso di intercapedini **superiori a 120 cm** le due pareti costituiscono, dal punto di vista della sicurezza antincendio, **due sistemi facciata indipendenti**. Tale tipologia di facciata è generalmente composta da una parete esterna vetrata e una parete interna che può essere semplice con o senza infissi, di tipo curtain wall opaca o vetrata. L'intercapedine interna tra le due pareti è attrezzata per consentire il passaggio di addetti alle operazioni di manutenzione.



Facciata a doppia parete ventilata ispezionabile

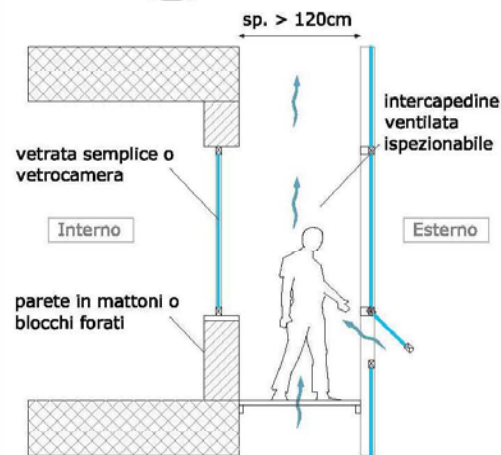
DEFINIZIONE FACCIATA A DOPPIA PARETE VENTILATA ISPEZIONABILE

4



Intercapedine ispezionabile, ventilata

5



Intercapedine ispezionabile, ventilata,
con larghezza > 1,20m:
si trattano come 2 facciate indipendenti

FACCIATA A DOPPIA PARETE VENTILATA ISPEZIONABILE: facciata a doppia parete con circolazione d'aria nell'intercapedine di tipo meccanico e/o naturale. L'intercapedine d'aria può assumere spessori superiori a 60 cm.

Nel caso di intercapedini superiori a 120 cm le due pareti costituiscono, dal punto di vista della sicurezza antincendio, due sistemi di facciata indipendenti.

Tale tipologia di facciata è generalmente composta da una parete esterna vetrata e una parete interna che può essere semplice con o senza infissi, di tipo curtain wall opaca o vetrata. L'intercapedine interna tra le due pareti è attrezzata per consentire il passaggio di addetti alle operazioni di manutenzione.

Facciata a doppia parete ventilata

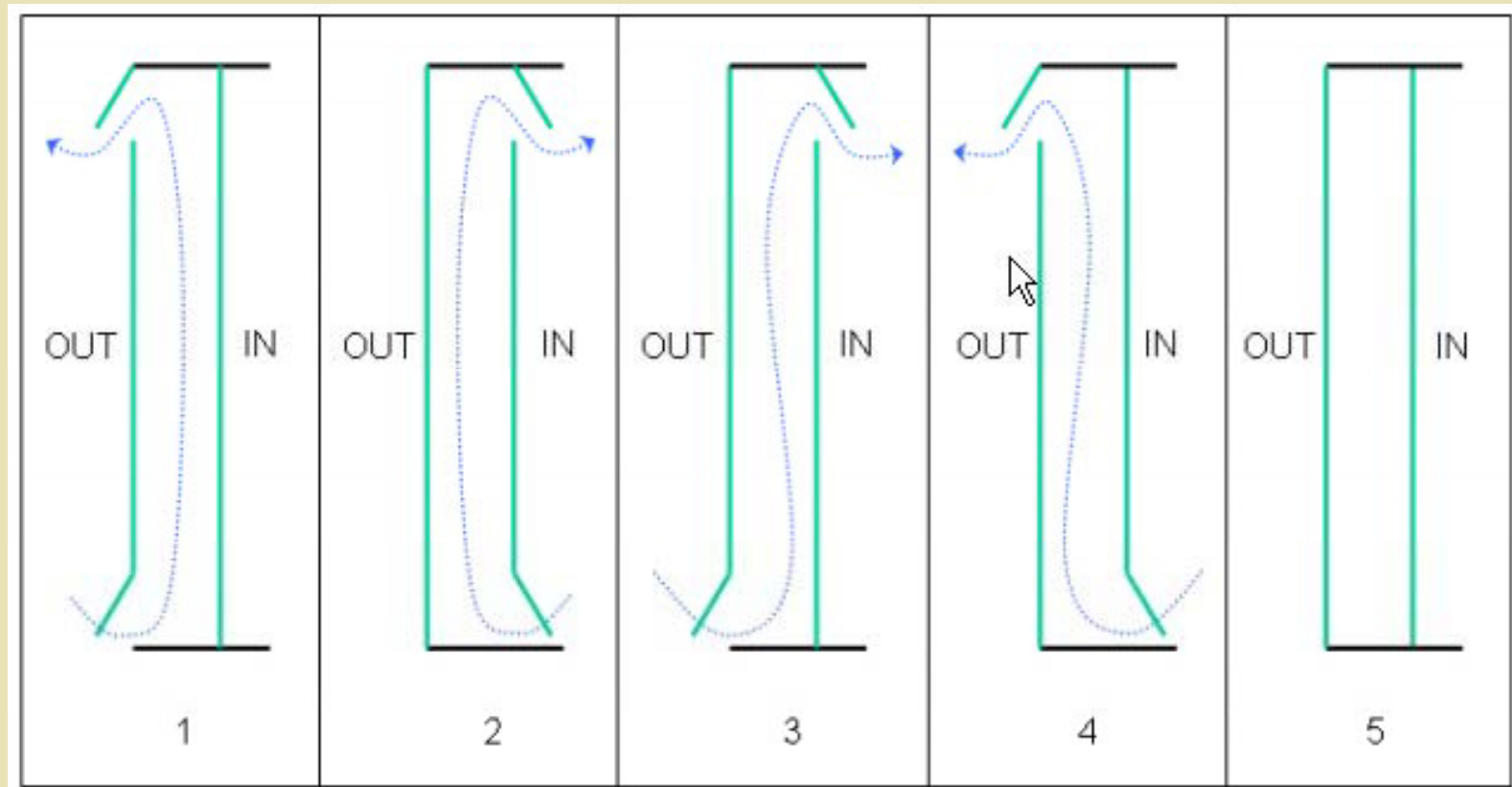
Facciata a doppia pelle



Facciata a doppia pelle
con corridoio praticabile



Tipologie di ventilazione



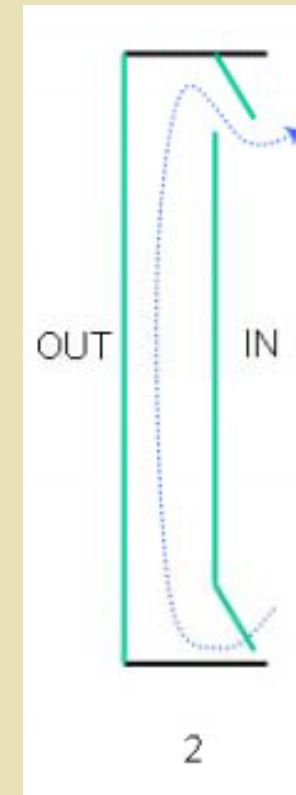
Le facciate ventilate basate sulla ventilazione naturale vengono definite “**facciate passive**” mentre quelle dotate di ventilazione meccanica sono definite “**facciate attive**”.



Tipologie di ventilazione

Le facciate a doppia pelle sono generalmente composte da due strati vetrati, di cui uno a singolo vetro e l'altro costituito da un vetro camera. La disposizione delle due tipologie di vetro cambia in funzione del tipo di ventilazione previsto.

Per esempio, in linea generale, il doppio vetro costituisce la parete esterna nel caso facciate ventilate con aria interna (tipo 2 del disegno).



Curtain wall (facciata continua)

- ◆ Facciata esterna **non portante indipendente dall'ossatura strutturale dell'edificio** e generalmente fissata davanti alla testa dei solai e dei muri trasversali. Una facciata continua include telai, pannelli, superfici vetrate, sigillature, sistemi di fissaggio, giunti, membrane di tenuta, ecc.
- ◆ E' solitamente formata da una intelaiatura, costituita da elementi strutturali lineari interconnessi, vincolata alla struttura di supporto dell'edificio e riempita a formare una pelle continua leggera e avvolgente che fornisce, di per sé o insieme all'edificio, tutte le normali funzioni di una parete esterna, ma tale da non avere funzioni portanti per lo stesso edificio.



Curtain wall (facciata continua)

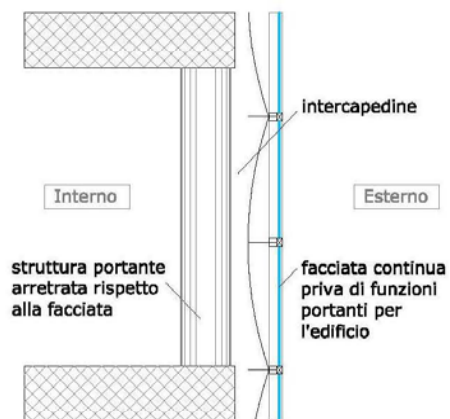
- ◆ E' caratterizzata da una **continuità dell'involucro** rispetto alla struttura portante dell'edificio che in genere resta interamente arretrata rispetto al piano della facciata (v. UNI-EN 13119:2007, EN 13830).
- ◆ La facciata continua è generalmente progettata con **struttura di alluminio estrusa** (ma può essere anche con intelaiatura di legno, acciaio, pvc o altro) ed è **generalmente tamponata con pannelli in vetro**. Altre chiusure comuni includono: rivestimenti esterni in pietra, in pannelli di metallo o di legno, in strisce distaccate di vario materiale (tipo persiana o frangisole), finestre apribili ecc.



Curtain wall (facciata continua)

DEFINIZIONE FACCIATA CONTINUA (CURTAIN WALL)

6



CURTAIN WALL (FACCIATA CONTINUA): facciata esterna non portante, indipendente dall'ossatura strutturale dell'edificio e generalmente fissata davanti alla testa dei solai e dei muri trasversali. Una facciata continua include telai, pannelli, superfici vetrate, sigillature, sistemi di fissaggio, giunti, membrane di tenuta, ecc.

È solitamente formata da un'intelaiatura, costituita da elementi strutturali lineari interconnessi, vincolata alla struttura di supporto dell'edificio e riempita a formare una pelle continua leggera e avvolgente, che fornisce, di per sé o insieme all'edificio, tutte le normali funzioni di una parete esterna, ma tale da non avere funzioni portanti per lo stesso edificio. È caratterizzata da una continuità dell'involucro rispetto alla struttura portante dell'edificio, che in genere resta interamente arretrata rispetto al piano della facciata (v. UNI-EN 13119:2007, EN 13830).

La facciata continua è generalmente progettata con struttura di alluminio estrusa (ma può essere anche con intelaiatura di legno, acciaio, pvc o altro) ed è generalmente tamponata con pannelli in vetro. Altre chiusure comuni includono: rivestimenti esterni in pietra, in pannelli di metallo o di legno, in strisce distaccate di vario materiale (tipo persiana o frangisole), finestre apribili ecc.

Parete aperta

- ◆ Parete esterna costituita, **per almeno il 50% della sua superficie** da giunti, griglie fisse o mobili (che si aprono automaticamente in caso di incendio di **almeno 60 gradi rispetto alla posizione di chiusura**) distribuiti in modo sufficientemente uniforme, **o** infine, **da pannelli realizzati con materiali che a temperature inferiori a 200°C si rompono e cadono.**



Parete chiusa

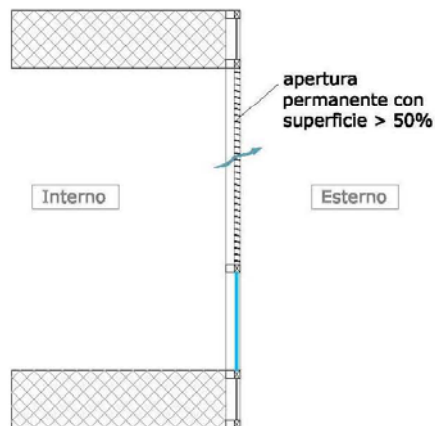
- ◆ Parete esterna che non rispetta i criteri della parete aperta.



Parete aperta e chiusa

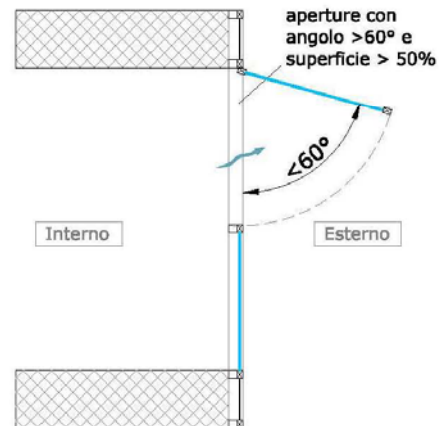
DEFINIZIONE PARETE APERTA E PARETE CHIUSA

7a



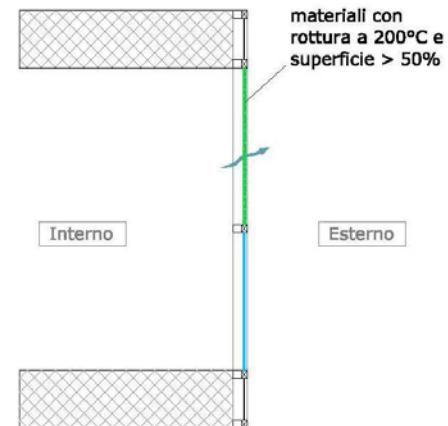
Facciata con 50% di superfici aperte

7b



Facciata con 50% di superfici apribili con angolo $>60^\circ$

7c



Facciata con 50% di materiali con rottura a 200°C

PARETE APERTA: parete esterna costituita, per almeno il 50% della sua superficie da giunti, griglie fisse o mobili (che si aprono automaticamente in caso di incendio di almeno 60° gradi rispetto alla posizione di chiusura) distribuiti in modo sufficientemente uniforme, o infine, da pannelli realizzati con materiali che a temperature inferiori a 200°C si rompono e cadono.

PARETE CHIUSA: parete che non rispetta i criteri della parete aperta.

Kit

- ◆ Nell'accezione della Direttiva Prodotti da Costruzione (DPC) e del nuovo Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR), **un kit è equivalente ad un prodotto da costruzione**.
- ◆ Un prodotto da costruzione è un kit quando è costituito da una serie di almeno due componenti separati che necessitano di essere uniti per essere installati permanentemente nelle opere, per diventare un sistema assemblato.



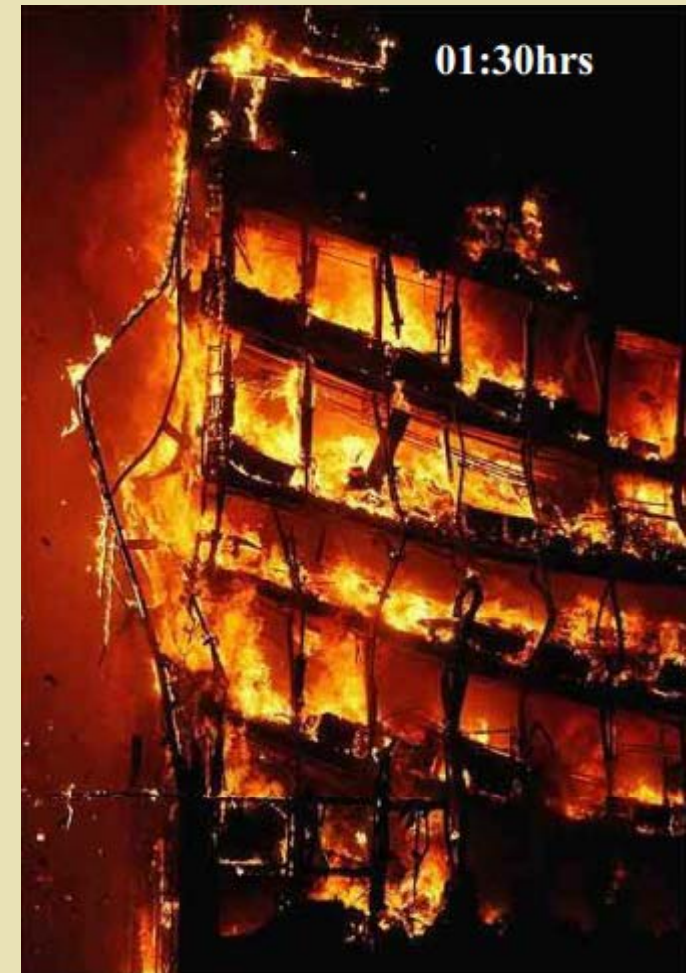
Kit

- ◆ Per rientrare nello scopo della DPC (o del CPR), un kit deve soddisfare le seguenti condizioni:
 - il kit deve essere collocato sul mercato consentendo l'acquisto in un'unica transazione da un singolo fornitore;
 - il kit deve possedere caratteristiche che consentano alle opere nelle quali è incorporato di soddisfare i requisiti essenziali, quando le opere sono soggette a regole che prevedano detti requisiti.
- ◆ Esistono due possibili tipi di kit: quelli in cui il numero e il tipo dei componenti sono predefiniti e rimangono costanti e quelli in cui il numero, il tipo e la disposizione dei componenti cambia in relazione a specifiche applicazioni.



Facciate a doppia parete

Le facciate a doppia pelle incrementano il rischio di propagazione dell'incendio da un piano all'altro, come hanno dimostrato grandi incendi, anche recenti, che hanno coinvolto edifici di grande altezza a facciata continua.

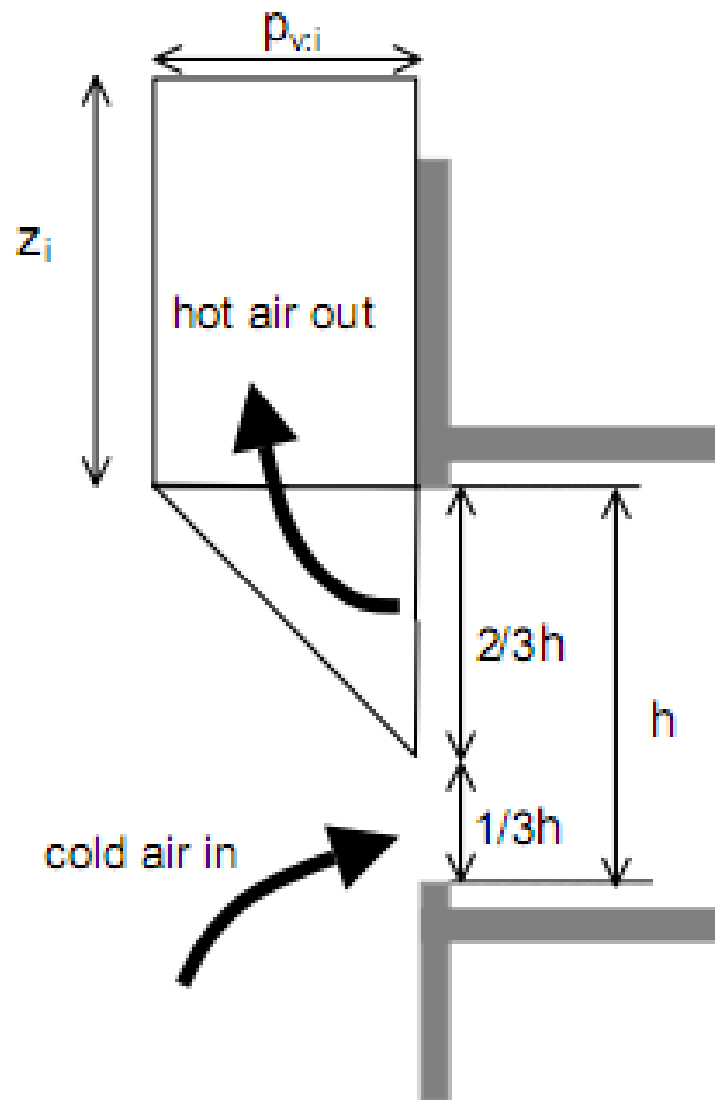
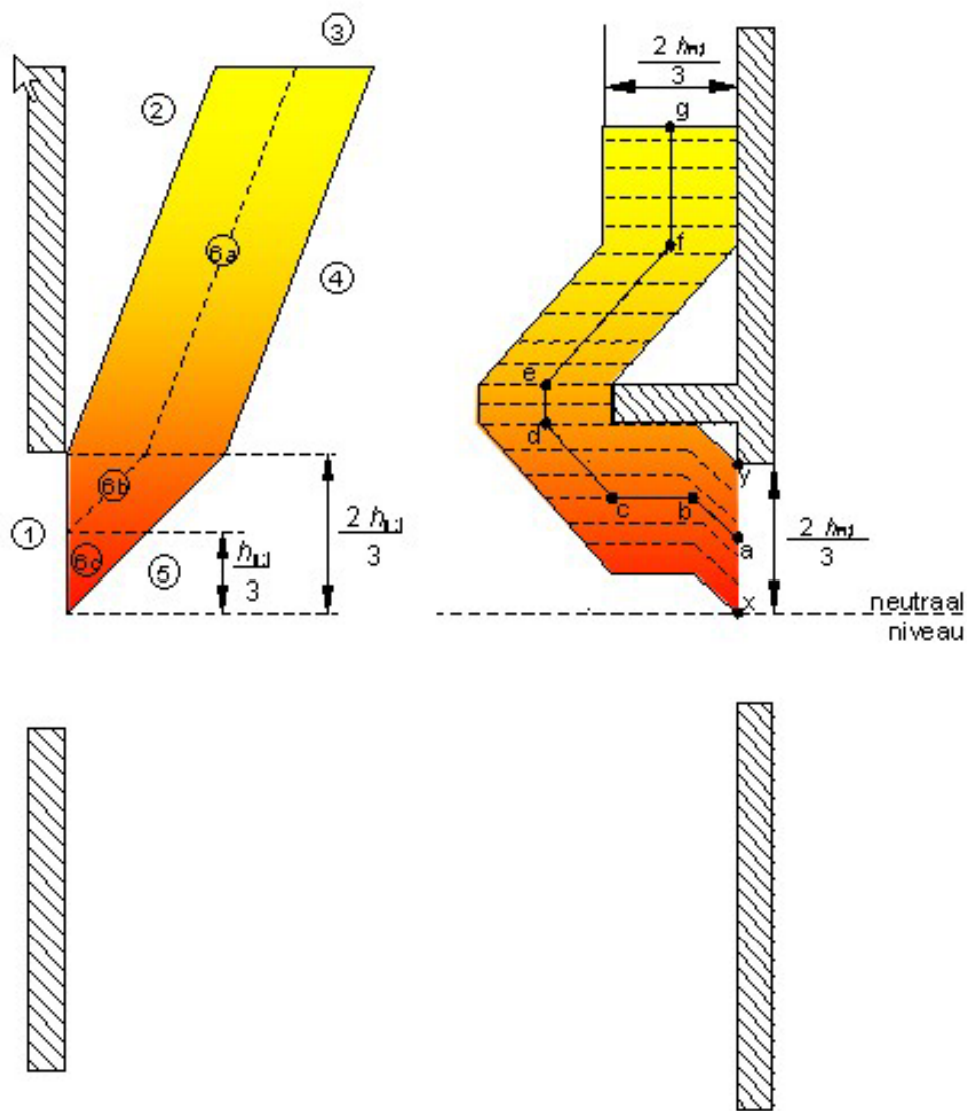


Facciata a doppia parete

- ◆ Sono stati effettuati numerosi lavori sperimentali per comprendere il **meccanismo di trasporto termico negli incendi di facciata**.
- ◆ I dati sperimentali disponibili sono stati usati per implementare dei **modelli** che cercano descrivere il fenomeno fisico.
- ◆ Ad esempio la **norma olandese NEN 6068**, per la determinazione della resistenza alla propagazione dell'incendio tra area adiacenti, si basa sul modello di Law in cui la potenza convettiva, e quindi **la forma delle fiamme**, viene schematizzata per poter **calcolare**, mediante un apposito fattore di vista, **l'energia irraggiata verso l'ambiente circostante**.

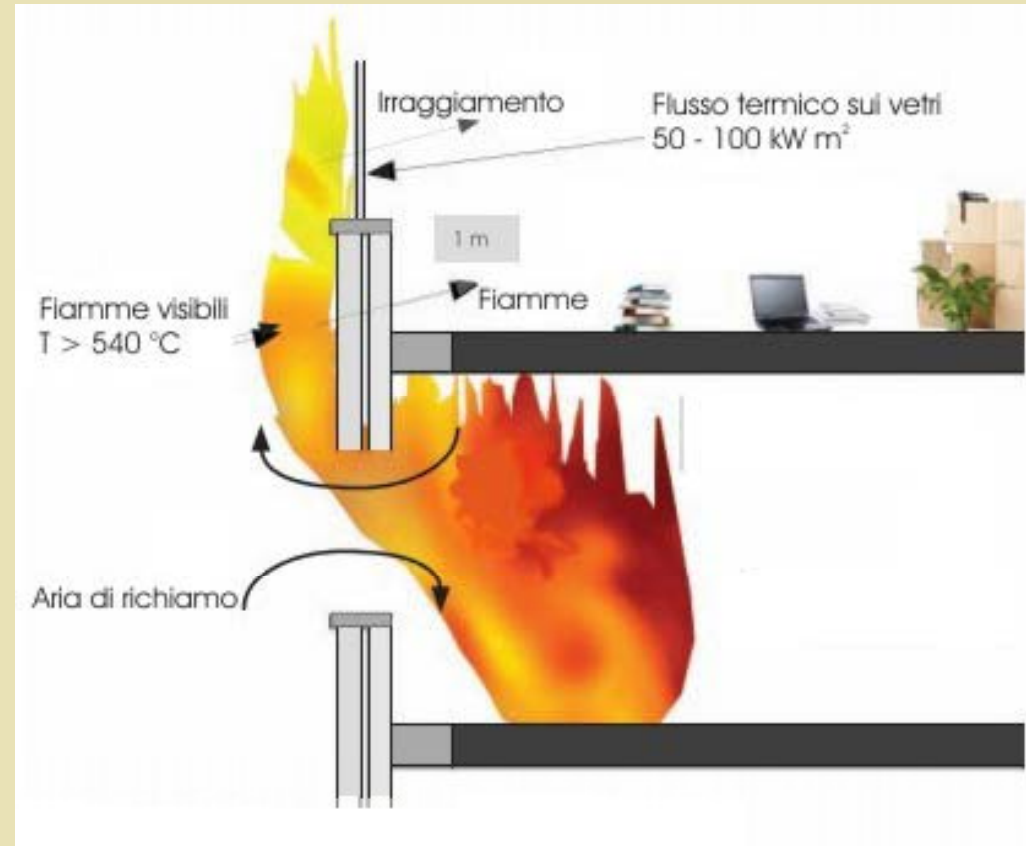


Facciata a doppia parete



Facciata a doppia parete

In generale per una facciata esiste il problema della possibile propagazione di un incendio, dal piano in cui si sviluppa, al piano superiore mediante la fuoriuscita di fiamme esterne. Alcune sperimentazioni in scala reale con carichi d'incendio di circa 800 MJ/m^2 hanno mostrato temperature dei fumi che fuoriuscivano dalla finestra della stanza di prova attestata tra i 400 ed i $600 \text{ }^\circ\text{C}$ misurate a circa 1.5 m dal bordo superiore del vano. Le altezze delle fiamme hanno superato anche i 5 m .



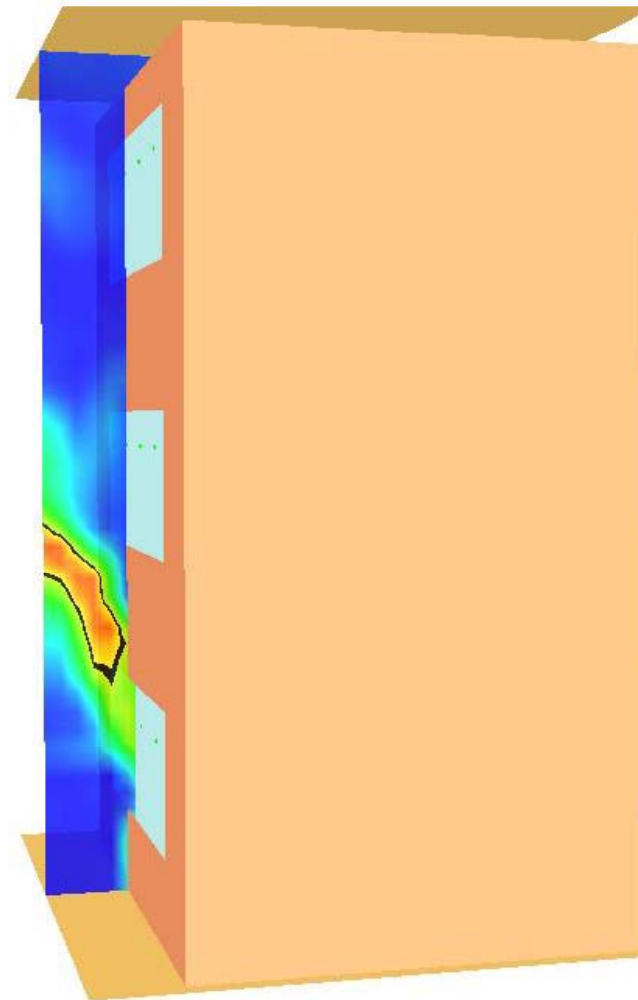
Dati sperimentali

Incendio di facciata semplice



Profilo di temperatura in facciata semplice

Smokeview 6.0.11 - Dec 20 2012



Slice
temp
C

920
830
740
673
560
470
380
290
200
110
20.0

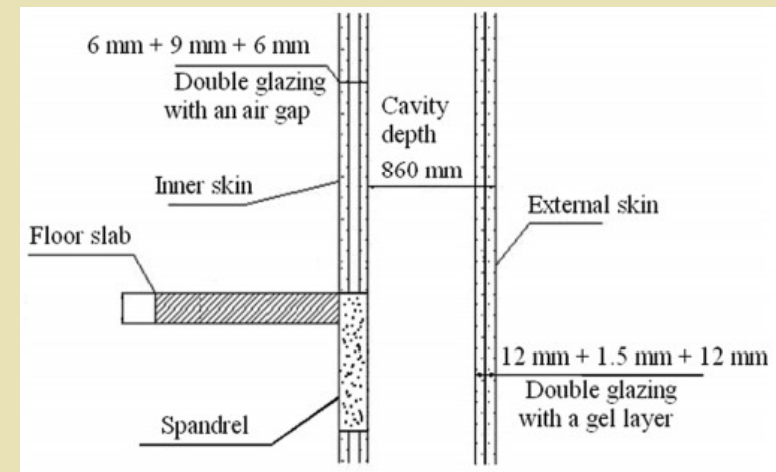
Frame: 323
Time: 193.8

mesh: 1



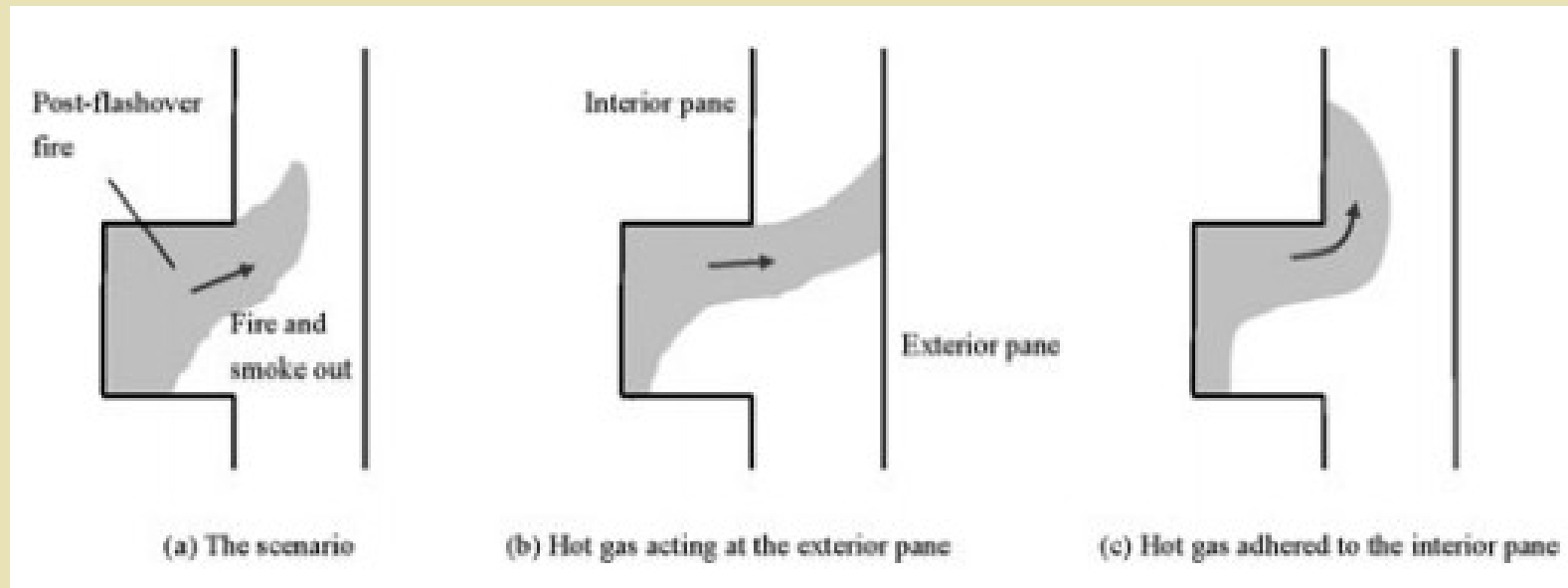
Facciata a doppia parete

- ◆ Il rischio nelle facciate ventilate è amplificato dalla conformazione stessa che riproduce un camino verticale.
- ◆ Alcune caratteristiche della facciata influiscono fortemente sulla probabilità di propagazione dell'incendio ai livelli superiori:
 - larghezza della cavità;
 - presenza, o meno, di aggetti e la loro larghezza;
 - tipo di ventilazione della facciata.



Facciata a doppia parete

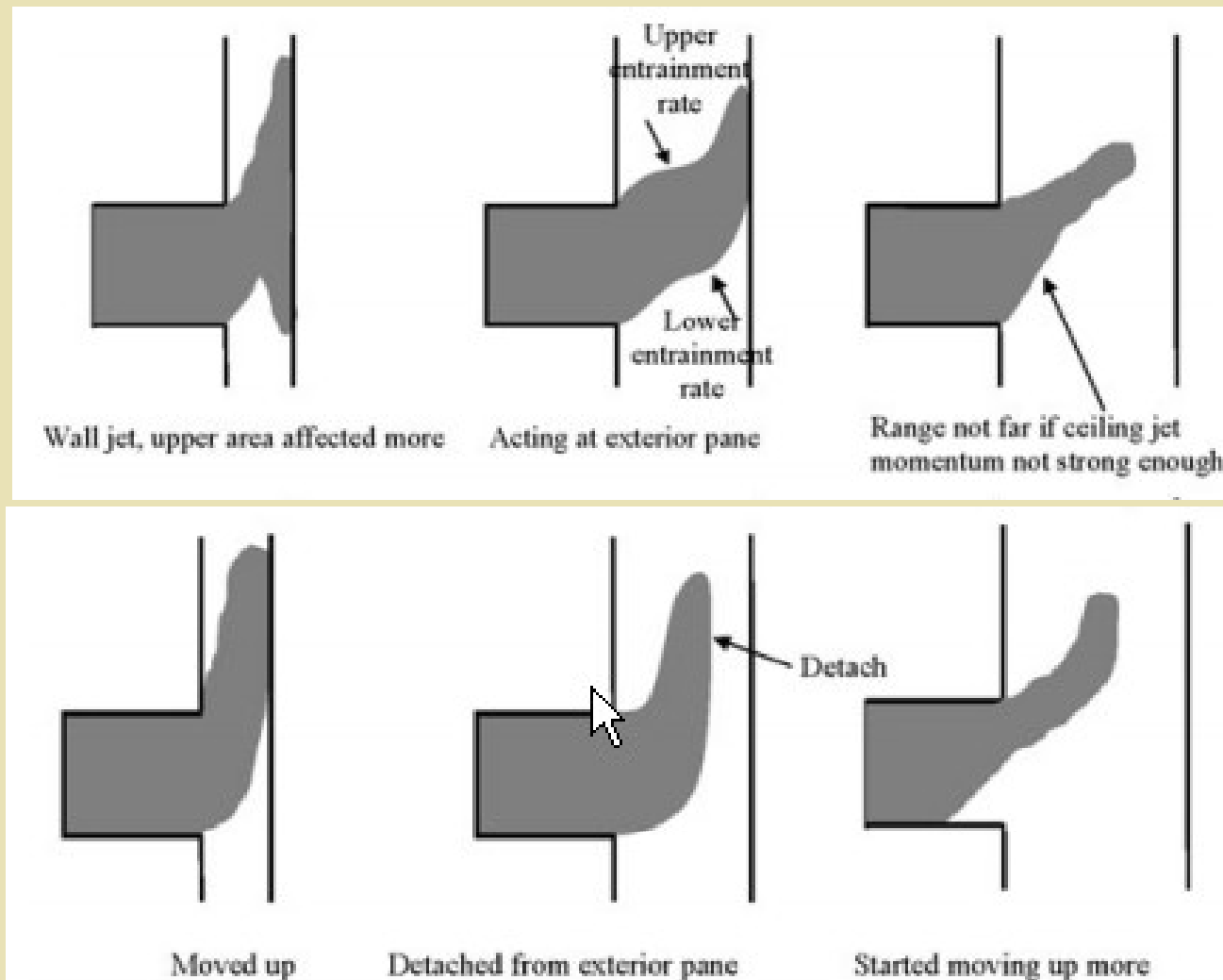
- Lo scenario d'incendio per una facciata ventilata può essere esemplificato nel modo seguente:



L'adesione dei gas caldi alla parete interna coinvolge fortemente, da un punto di vista del trasferimento termico, la parte interna superiore della facciata.



- La propagazione delle fiamme può avvenire in forme diverse in funzione della larghezza della cavità:



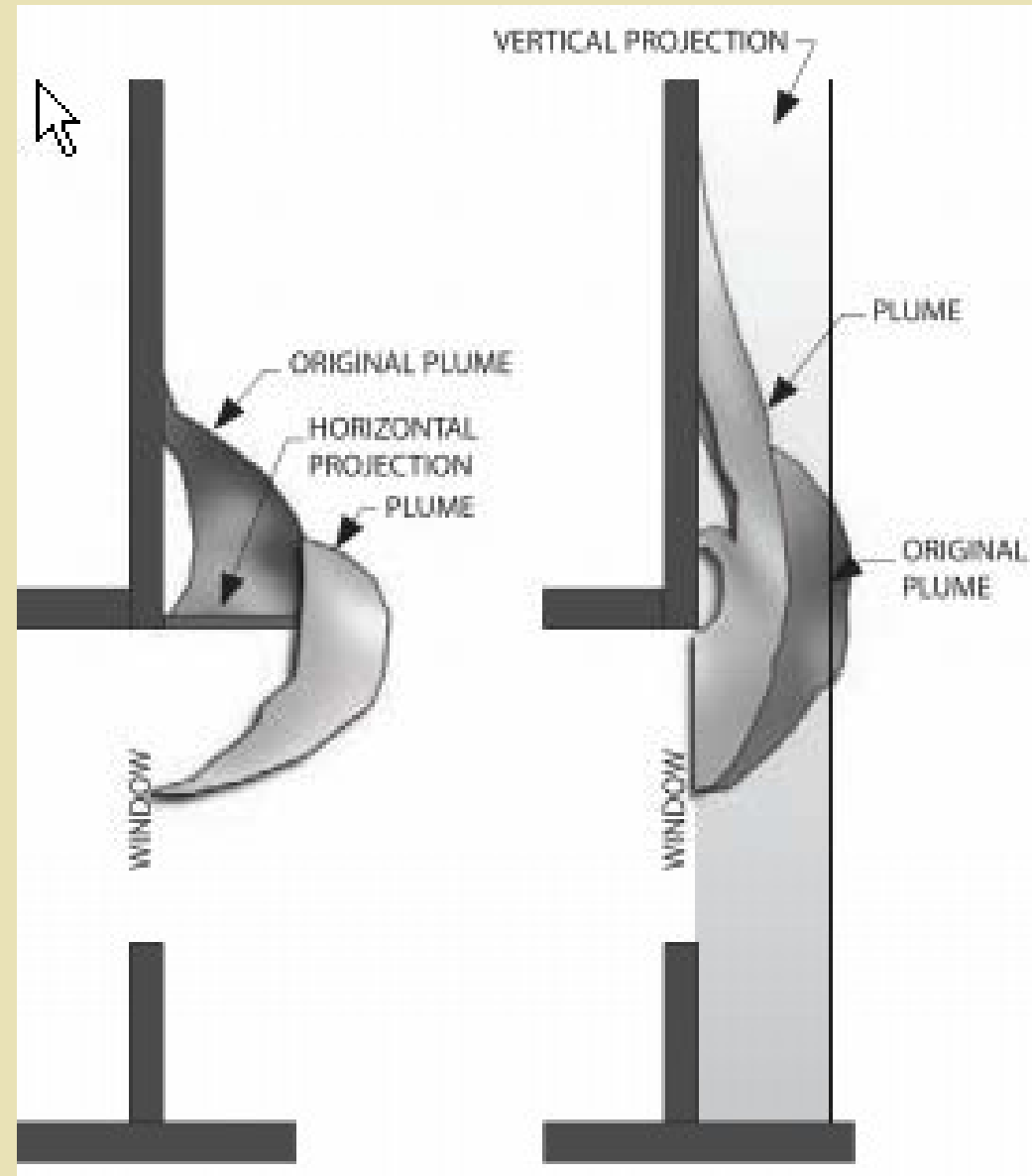
Facciata a doppia parete

- ◆ Gli obiettivi di una corretta progettazione ai fini della sicurezza antincendio consistono nel:
 - Limitare la probabilità di propagazione attraverso l'intercapedine
 - Limitare l'effetto di un eventuale incendio esterno
 - Evitare o limitare la caduta di parti di facciata
- ◆ I fattori che influenzano la proiezione delle fiamme ed il profilo di temperatura all'esterno risultano funzione di:
 - area ed altezza delle finestre;
 - geometria della stanza in cui si sviluppa l'incendio;
 - carico d'incendio e burning rate del materiale combustibile;
 - velocità del vento



Facciate

- ◆ cambiamento dell'estensione e della posizione delle fiamme dovuti ad un oggetto orizzontale sopra la finestra, sia in una facciata normale che in una facciata ventilata.

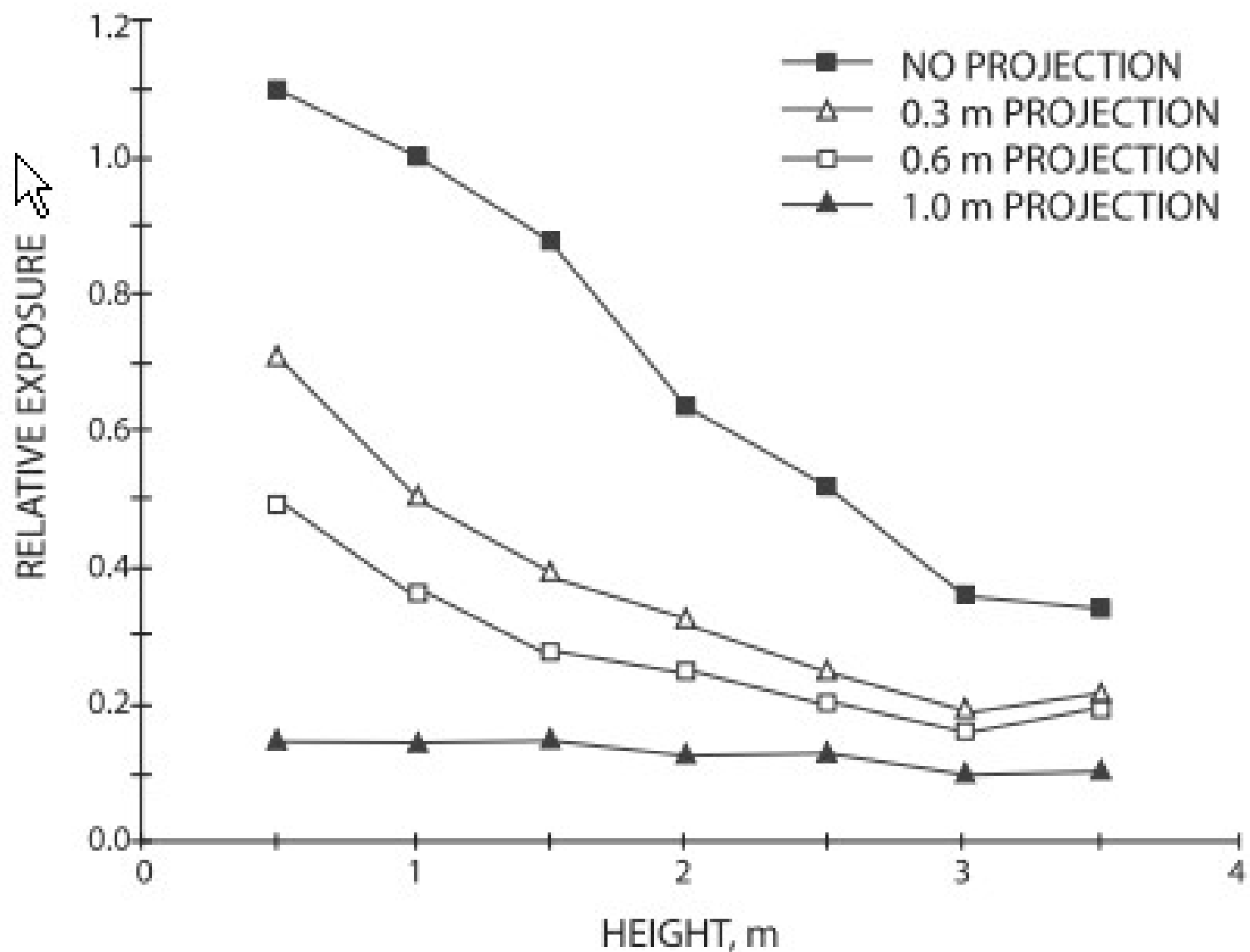


Facciata a doppia parete

- ◆ Sono stati condotti numerosi esperimenti in un edificio a tre piani usando una **finestra larga 2.6 m e alta 1.37 m**. L'incendio di progetto è stato posto pari a **6 MW**.
- ◆ Sono stati usati **aggetti orizzontali larghi 0.3, 0.6 ed 1 m**.
- ◆ E' stato misurato il flusso termico a varie altezze sopra il bordo superiore della finestra.
- ◆ Nel grafico seguente sono riportate le riduzione del flusso termico (convettivo e radiante) in funzione di varie altezze dalla finestra e di varie larghezze dell'aggetto.
- ◆ Si può notare, per un'altezza di 1 m, una riduzione compresa tra il 55% e l'85% a seconda della larghezza della proiezione orizzontale.
- ◆ *(Oleskiewicz Nov.1991, Fire Technology)*



Dati sperimentali



Facciata a doppia parete

- ◆ E' stata anche studiata l'influenza della **larghezza della cavità interparete**.
- ◆ Sono state esaminate larghezze standard da **0.5 m, 1.0 m e 1.5 m**.
- ◆ Ovviamente **i migliori risultati**, ai fini del contenimento del rischio, **si ottengono con la larghezza più grande** mentre si è visto che la **cavità larga 0.5 m** presenta la **più alta probabilità di rottura della parete vetrata esterna** e quindi, a parte il rischio dovuto alla caduta di materiale, contribuisce a far defluire i fumi verso l'esterno.
- ◆ Il risultato più interessante riguarda la **cavità da 1 m** che si è rivelata piuttosto rischiosa in quanto **è privilegiato il meccanismo di rottura dei vetri interni** e quindi la propagazione delle fiamme verso l'alto.



Facciata a doppia parete

- ◆ La **tipologia dei vetri** che costituiscono le facciate a doppia parete influisce in maniera determinante nei meccanismi di propagazione.
- ◆ Oggi la tecnologia di produzione dei vetri è in grado di ottenere vetri estremamente resistenti, sia da un punto di vista meccanico che termico.
- ◆ E' importante, ai fini di una corretta modellazione del problema, conoscere i meccanismi di rottura dei vetri sottoposti a cemento termico.
- ◆ Si verifica la **criccatura della lastra**, dovuta alla tensioni che si instaurano tra telaio e lastra, normalmente quando la **differenza di temperatura tra i due elementi supera 80-100 K**.
- ◆ La rottura del vetro comporta importanti conseguenze nel contesto dell'intero fenomeno fluidodinamico dell'incendio. Tali rotture, per normali vetri monocamera, avvengono per **temperature superiori ai 450 °C**. Valori simili si hanno per vetri temperati di spessori superiori ai 5 mm.



Modelli di campo CFD

- ◆ I modelli di campo CFD sono uno strumento valido per comprendere la fluidodinamica dell'incendio in facciate ventilate.
- ◆ E' necessaria, in generale, un conoscenza approfondita dei fenomeni fisici e chimici che sono alla base della "Fire Dynamics" ed in particolare una frequentazione "esperta" dei modelli.
- ◆ in questo tipo di analisi non ha importanza ottenere i valori assoluti delle grandezze in gioco (temperature, velocità dei fumi, ecc) quanto **ottenere i dati per correlare in termini relativi soluzioni diverse al fine di ottenere un campo di valori accettabile dal punto di vista del rischio.**



Requisiti di resistenza al fuoco e compartimentazione

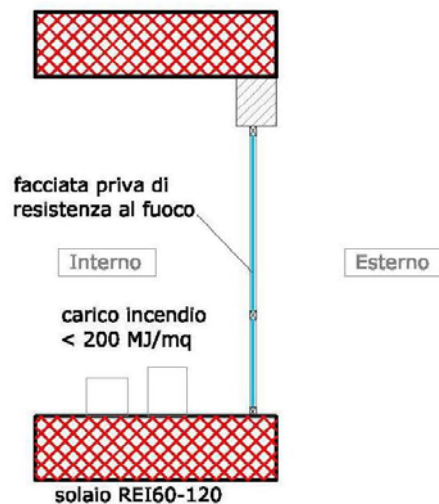
- ◆ In via generale, **non sono richiesti requisiti di resistenza al fuoco** per gli elementi della facciata che appartengono a compartimenti aventi carico d'incendio specifico, al netto del contributo rappresentato dagli isolanti eventualmente presenti nella facciata, **minore o uguale a 200 MJ/m²**. Non sono inoltre richiesti requisiti di resistenza al fuoco per gli elementi della facciata che appartengono a compartimenti all'interno dei quali il valore del carico di incendio specifico **è superiore a 200 MJ/m²** se essi sono provvisti di **un sistema di spegnimento ad attivazione automatica**.



Requisiti di resistenza al fuoco e compartimentazione

FACCIATA PRIVA DI REQUISITI DI RESISTENZA AL FUOCO

0a



0b



Art. 3.1 Regole generali

Non sono richiesti requisiti di resistenza al fuoco per gli elementi della facciata che appartengono a compartimenti aventi carico d'incendio specifico, al netto del contributo rappresentato dagli isolanti eventualmente presenti nella facciata, minore o uguale a 200 MJ/mq.

Non sono altresì richiesti requisiti di resistenza al fuoco per gli elementi della facciata che appartengono a compartimenti all'interno dei quali il valore del carico di incendio specifico è superiore a 200 MJ/mq se essi sono provvisti di un sistema di spegnimento ad attivazione automatica.

Facciate semplici e curtain walls

- ◆ La facciata deve presentare in corrispondenza di ogni solaio e di ogni muro trasversale, con funzione di compartimentazione, una fascia costituita da uno o più elementi costruttivi di classe di resistenza al fuoco E60-ef (o→i).
- ◆ Nel caso delle facciate di tipo curtain walls ovvero in tutti i casi in cui l'elemento di facciata non poggia direttamente sul solaio è inoltre richiesto che l'elemento di giunzione della facciata ai solai e ai muri trasversali dei compartimenti sia di classe di resistenza al fuoco EI60.



Facciate semplici e curtain walls

- ◆ Le parti di facciata **appartenenti alla fascia predetta**, che devono possedere i requisiti di resistenza al fuoco, **possono presentare aperture** a condizione che, in corrispondenza delle stesse sia previsto, in caso di incendio, **l'intervento automatico di un'apposita serranda tagliafuoco**, o sistema equivalente, avente il medesimo requisito di resistenza al fuoco previsto per le parti di facciata.



Curve di incendio

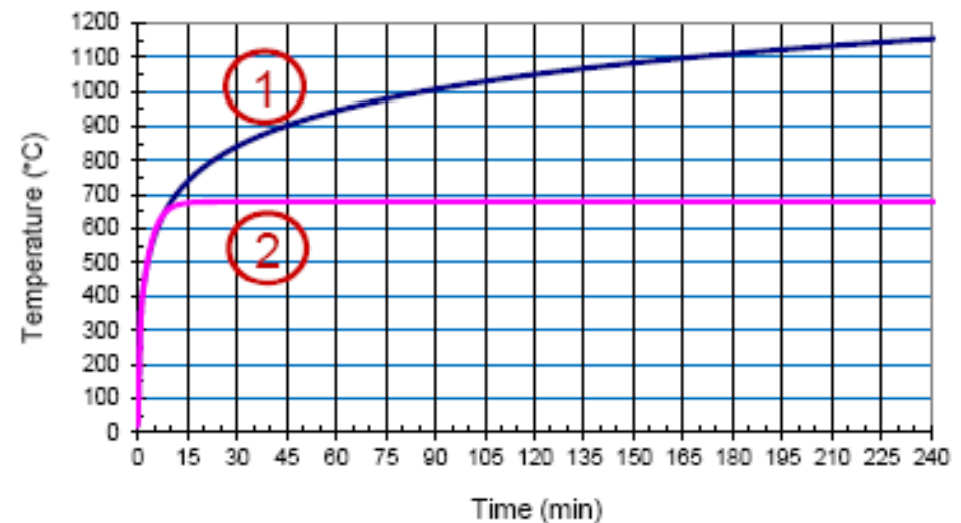
1

elmoblu Standard: $\theta_g = 20 + 345 \log_{10} (8t + 1)$

2

Curva External: $\theta_g = 660 (1 - 0,687 e^{-0,32t} - 0,313 e^{-3,8t}) + 20$

Nominal temperature-time curves



standard

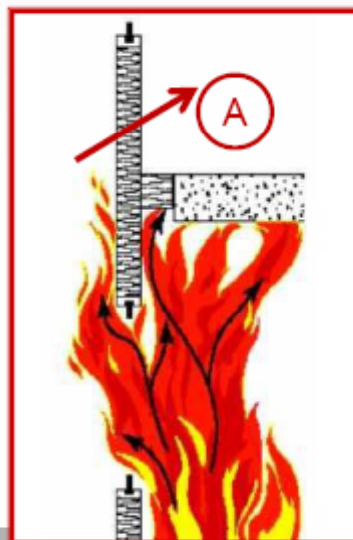
external

MILANO

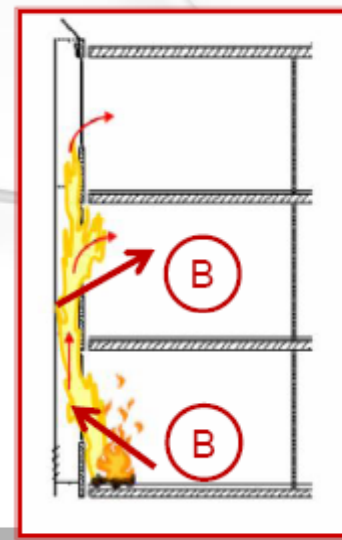


- *ef* identifica una classificazione della prestazione nei confronti della curva di incendio external invece della curva di incendio standard
- i* → *o* identifica una classificazione della prestazione nei confronti di una precisa direzione dell'attacco termico : dall'interno verso l'esterno
- i* ← *o* identifica una classificazione della prestazione nei confronti di una precisa direzione dell'attacco termico : dall'esterno verso l'interno
- i* ↔ *o* identifica una classificazione della prestazione nei confronti di ciascuna delle due direzioni possibili per l'attacco termico : dall'esterno verso l'interno e viceversa

SUFFISSI



Caso A – FACCIATA SEMPLICE O CURTAIN WALL
la fascia di protezione rappresenta la barriera all'attacco termico dall'esterno. In questo caso è richiesta una parete E60-ef (o→i).
Nella zona di unione con il solaio è richiesta una giunzione EI60



Caso B – FACCIATA DOPPIA PARETE VENTILATA ISPEZ. CON PARETE ESTERNA CHIUSA
l'incendio passa da un piano all'altro superando due volte la parete interna. In questo caso è richiesta una parete EW30 (o↔i)



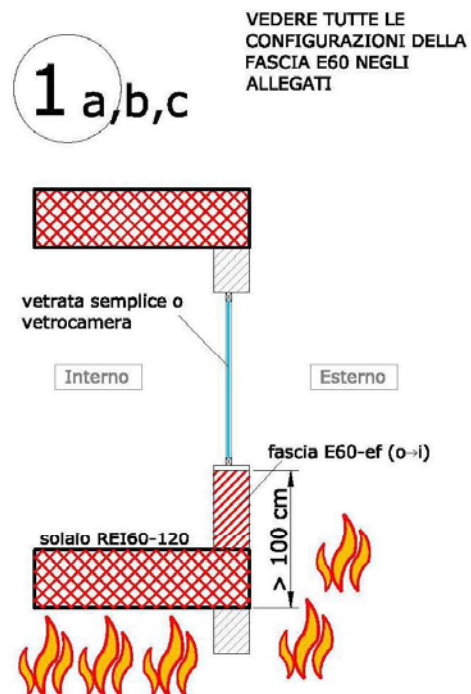
Radiazione

- ◆ Il requisito **radiazione W** è la capacità dell'elemento resistente al fuoco di ridurre la probabilità di **trasmissione dell'incendio come risultato del passaggio di un notevole calore radiante** sia attraverso l'elemento che dalla sua superficie non esposta ai materiali adiacenti.
- ◆ Il requisito W può anche essere inteso per **proteggere le persone nelle vicinanze (non a contatto) dell'elemento di separazione**.
- ◆ Elementi che esposti al fuoco su un lato raggiungono temperature sulla faccia non esposta inferiori a 300 °C emettono una potenza termica misurata ad 1 m di distanza non superiore a 6 kW/m².
- ◆ La classificazione W è data dal tempo in cui il valore massimo della radiazione, misurata alla distanza di 1 m, non supera il valore di **15 kW/m²**

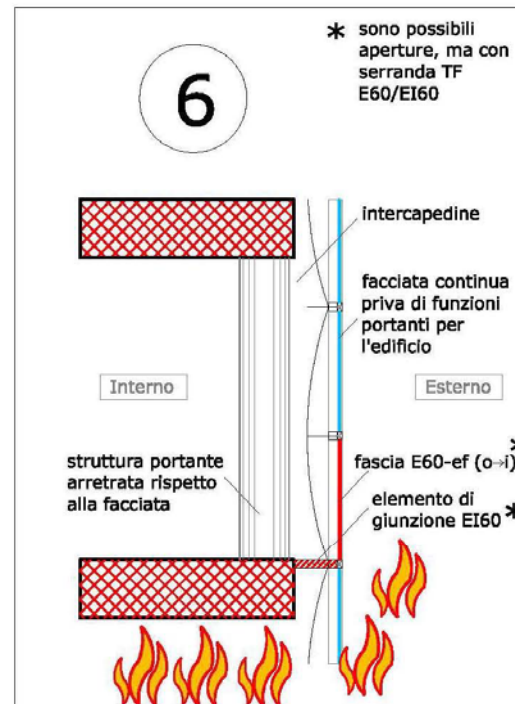


Facciate semplici e curtain walls

FACCIATA SEMPLICE



FACCIATA CONTINUA



Art. 3.2 Facciate semplici e curtain walls

La facciata deve presentare in corrispondenza di ogni solaio e di ogni muro trasversale, con funzione di compartimentazione, una fascia, realizzata come descritto in Allegato, costituita da uno o più elementi costruttivi di classe di resistenza al fuoco E60-ef (o-i).

Nel caso delle facciate di tipo curtain walls ovvero in tutti i casi in cui l'elemento di facciata non poggi direttamente sul solaio è inoltre richiesto che l'elemento di giunzione della facciata ai solai e ai muri trasversali dei compartimenti sia di classe di resistenza al fuoco EI60.

Le parti di facciata appartenenti alla fascia di cui sopra, che devono possedere i requisiti di resistenza al fuoco, possono presentare aperture a condizione che, in corrispondenza delle stesse, sia previsto, in caso di incendio, l'intervento automatico di apposita serranda tagliafuoco, o sistema equivalente, avente il medesimo requisito di resistenza al fuoco previsto per le parti di facciata.

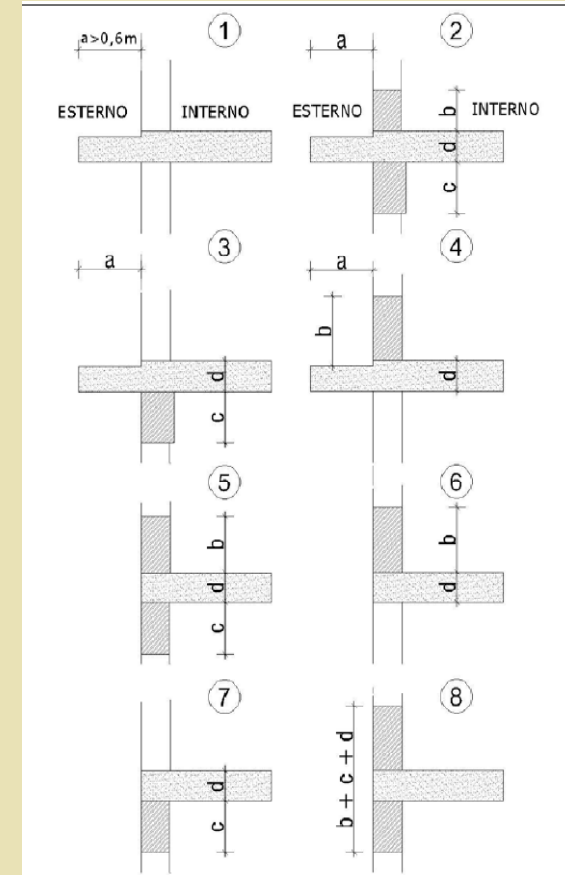
Requisiti della fascia di separazione orizzontale tra i compartimenti

- ◆ La fascia di separazione orizzontale tra i compartimenti, al fine di evitare la propagazione verticale dell'incendio, deve essere realizzata con uno o più elementi costruttivi resistenti al fuoco e secondo gli schemi A e B, come di seguito specificato:

- ◆ a) **una sporgenza orizzontale continua** a protezione della parte della facciata situata al di sopra del solaio, di larghezza "a" uguale o superiore a 0,6 m, raccordata al solaio ovvero:

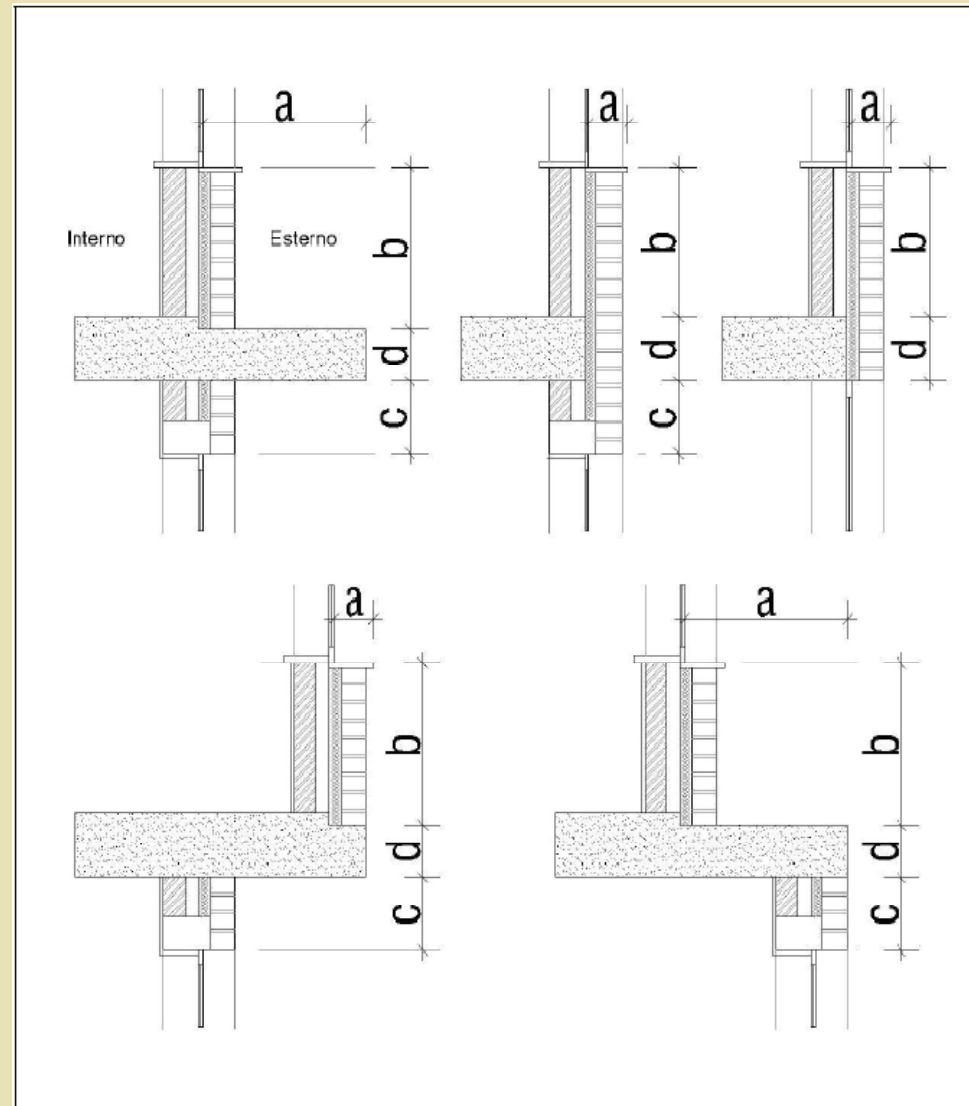
- ◆ b) **un insieme di elementi** come di seguito descritti:
 - ◆ - una **sporgenza orizzontale continua** a protezione della parte della facciata situata al di sopra del solaio di **larghezza "a"**, raccordata al solaio;
 - ◆ - un **parapetto continuo di altezza "b"** al piano superiore, raccordato al solaio;
 - ◆ - un **architrave continuo di altezza "c"**, raccordato al solaio.

- ◆ **La somma delle dimensioni a, b, c e d (spessore del solaio) deve essere uguale o superiore ad un metro; ciascuno dei valori a, b o c può eventualmente essere pari a 0.**



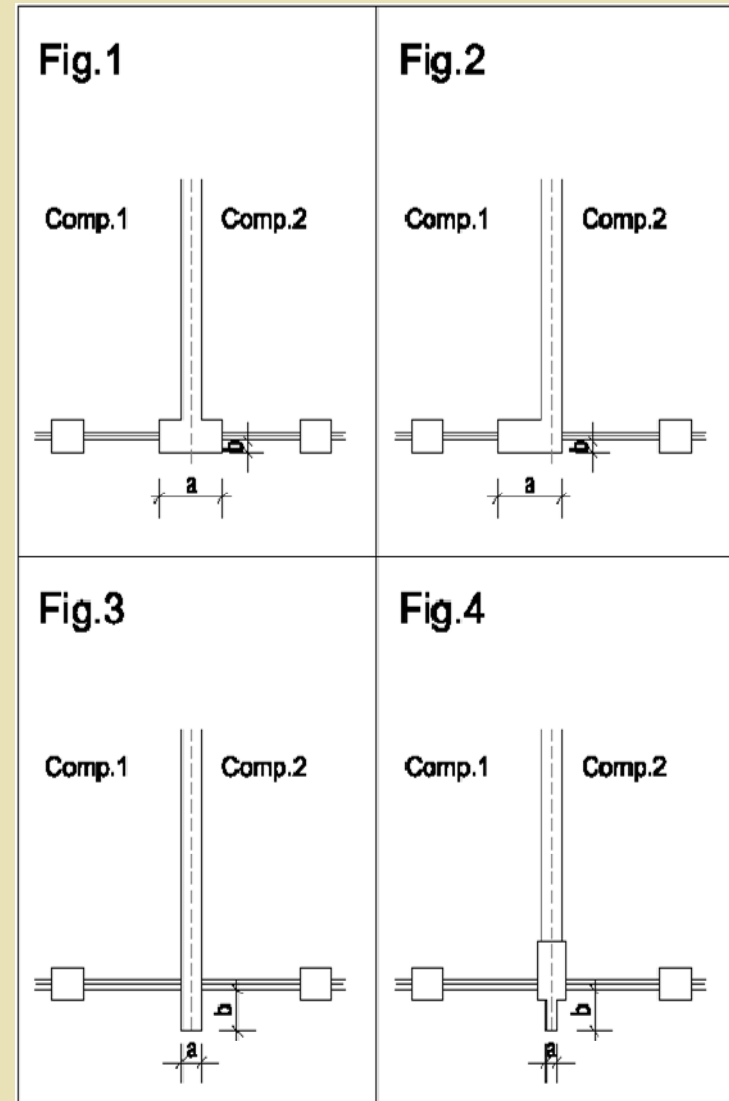
Requisiti della fascia di separazione orizzontale tra i compartimenti

- La somma delle dimensioni a , b , c e d (spessore del solaio) deve essere uguale o superiore ad un metro; ciascuno dei valori a , b o c può eventualmente essere pari a 0.



Requisiti della fascia di separazione verticale tra i compartimenti

- ◆ La fascia di separazione verticale tra i compartimenti, al fine di evitare la propagazione orizzontale dell'incendio, deve avere uno o più elementi costruttivi resistenti al fuoco e deve essere costituita da una **sporgenza di profondità "b"** rispetto alla superficie esterna della facciata e **larghezza "a"**, quest'ultima uguale, inferiore o superiore alla larghezza del muro di separazione tra i compartimenti e comunque ad esso raccordata (Schema C).
- ◆ **La somma delle dimensioni "2b + a" deve essere uguale o superiore ad un metro.**



Facciate a doppia parete ventilate non ispezionabili

- ◆ Nel caso di facciate a doppia parete ventilate non ispezionabili con parete esterna chiusa, se l'intercapedine è dotata, in corrispondenza di ogni vano per finestra e/o porta-finestra e **in corrispondenza di ogni solaio**, di **elementi di interruzione non combustibili** e che si mantengono integri durante l'esposizione al fuoco, la parete interna deve obbedire alle stesse regole delle facciate semplici.



Facciate a doppia parete ventilate non ispezionabili

- ◆ Non sono richiesti gli **elementi orizzontali di interruzione in corrispondenza dei solai** se nell'intercapedine è presente esclusivamente **materiale isolante classificato almeno B-s3-d0** ovvero se la parete interna ha, per **l'intera altezza e per tutti i piani**, una resistenza al fuoco **EI30**.



Facciate a doppia parete ventilate non ispezionabili

- ◆ Nel caso di facciate a doppia parete ventilate non ispezionabili con parete esterna aperta, la parete interna dovrà presentare analoghi requisiti di resistenza al fuoco delle facciate semplici, se nell'intercapedine è presente esclusivamente **materiale isolante classificato almeno B-s3-d0** ovvero dovrà avere, per **l'intera altezza e per tutti i piani**, **una resistenza al fuoco EI30** se nell'intercapedine è presente **materiale isolante con classificazione di reazione al fuoco inferiore**.

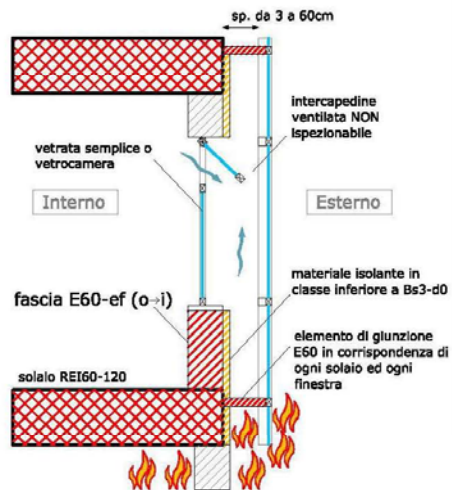


Facciate a doppia parete ventilate non ispezionabili

FACCIATA A DOPPIA PARETE VENTILATA NON ISPEZIONABILE. PARETE ESTERNA CHIUSA

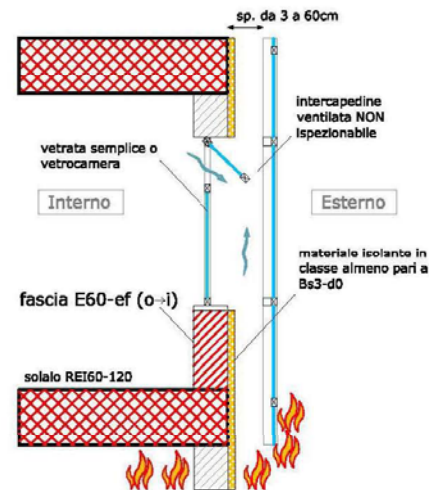
3a.1

SI SEGUONO LE REGOLE DELLA FACCIATA SEMPLICE. VEDERE TUTTE LE CONFIGURAZIONI DELLA FASCIA E60 NEGLI ALLEGATI



3a.2

SI SEGUONO LE REGOLE DELLA FACCIATA SEMPLICE. VEDERE TUTTE LE CONFIGURAZIONI DELLA FASCIA E60 NEGLI ALLEGATI



Art. 3.3 Facciate a doppia parete ventilate non ispezionabili

3.3.1 Parete esterna chiusa

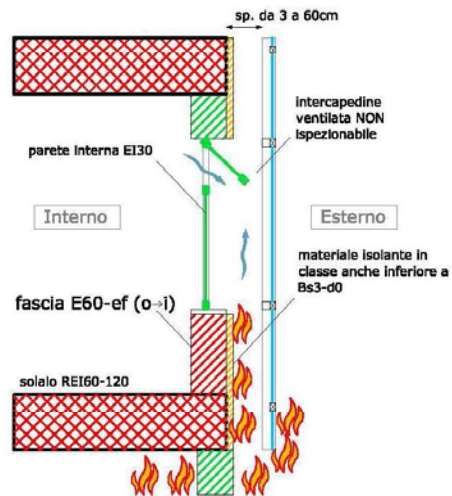
Nel caso di facciate a doppia parete ventilate non ispezionabili con parete esterna chiusa, se l'intercapedine è dotata in corrispondenza di ogni vano per finestra e/o porta-finestra e in corrispondenza di ogni solalo di elementi di interruzione non combustibili e che si mantengono integri durante l'esposizione al fuoco, la parete interna deve obbedire alle stesse regole delle facciate semplici.

Non sono richiesti gli elementi orizzontali di interruzione in corrispondenza dei solai se nell'intercapedine è presente esclusivamente materiale isolante classificato almeno Bs3-d0.

Facciate a doppia parete ventilate non ispezionabili

FACCIATA A DOPPIA PARETE VENTILATA NON ISPEZIONABILE. PARETE ESTERNA CHIUSA

3a.3



Art. 3.3 Facciate a doppia parete ventilate non ispezionabili
3.3.1 Parete esterna chiusa

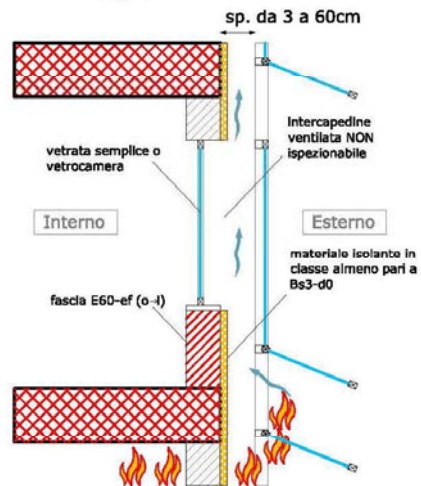
Non sono richiesti gli elementi orizzontali di interruzione in corrispondenza dei solai se la parete interna ha per l'intera altezza e per tutti i piani, una resistenza al fuoco EI30.

Facciate a doppia parete ventilate non ispezionabili

FACCIATA A DOPPIA PARETE VENTILATA NON ISPEZIONABILE. PARETE ESTERNA APERTA

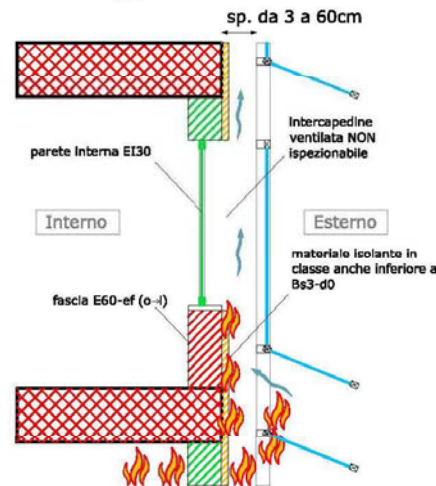
3b.1

SI SEGUONO LE REGOLE DELLA FACCIATA SEMPLICE. VEDERE TUTTE LE CONFIGURAZIONI DELLA FASCIA E60 NEGLI ALLEGATI



3b.2

SI SEGUONO LE REGOLE DELLA FACCIATA SEMPLICE. VEDERE TUTTE LE CONFIGURAZIONI DELLA FASCIA E60 NEGLI ALLEGATI



Art. 3.3 Facciate a doppia parete ventilate non ispezionabili
3.3.2 Parete esterna aperta

Nel caso di facciate a doppia parete ventilate non ispezionabili con parete esterna aperta, la parete interna dovrà presentare analoghi requisiti di resistenza al fuoco delle facciate semplici, se nell'intercapedine è presente esclusivamente materiale isolante classificato almeno Bs3-d0 ovvero dovrà avere, per l'intera altezza e per tutti i piani, una resistenza al fuoco EI30 se nell'intercapedine è presente materiale isolante con classificazione di reazione al fuoco inferiore.

Facciate a doppia parete ventilate ispezionabili

- ◆ Parete esterna chiusa - Intercapedine interrotta da elementi di interpiano resistenti al fuoco
- ◆ Nel caso di facciate a doppia parete ventilate ispezionabili con parete esterna chiusa, se l'intercapedine è interrotta da solai o setti di compartimentazione E60 per ciascun piano, la parete esterna ovvero la parete interna devono obbedire alle stesse regole delle facciate semplici.



Facciate a doppia parete ventilate ispezionabili

- ◆ Parete esterna chiusa - Intercapedine interrotta da elementi di interpiano resistenti al fuoco
- ◆ **Nei solai e setti resistenti al fuoco** che interrompono l'intercapedine, possono essere praticate **aperture** allo scopo di consentire la **circolazione di aria** all'interno dell'intera intercapedine, a condizione che sia mantenuta salva la continuità della compartimentazione di interpiano attraverso l'intervento, in caso d'incendio, di **dispositivi automatici di chiusura aventi requisito di resistenza al fuoco E60**.



Facciate a doppia parete ventilate ispezionabili

- ◆ Parete esterna chiusa - Intercapedine priva di interruzioni
- ◆ Nel caso di facciate a doppia parete ventilate ispezionabili con parete esterna chiusa, se l'intercapedine è priva di interruzioni orizzontali, la parete interna dovrà avere, per l'intera altezza e per tutti i piani, una resistenza al fuoco EW30 (i↔o).
- ◆ Nel caso in cui la parete interna sia di tipo Curtain Walls è inoltre richiesto che l'elemento di giunzione della facciata ai solai e ai muri trasversali del compartimenti sia di classe di resistenza al fuoco EI60.

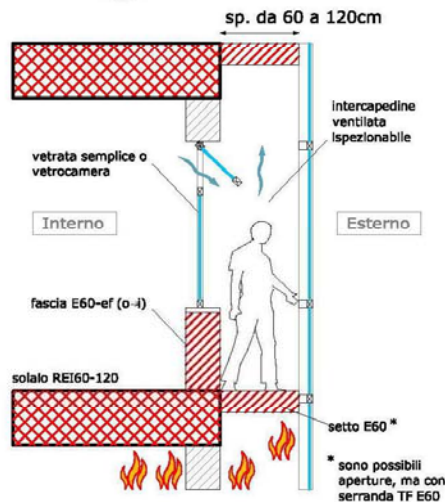


Facciate a doppia parete ventilate ispezionabili

FACCIATA A DOPPIA PARETE VENTILATA ISPEZIONABILE

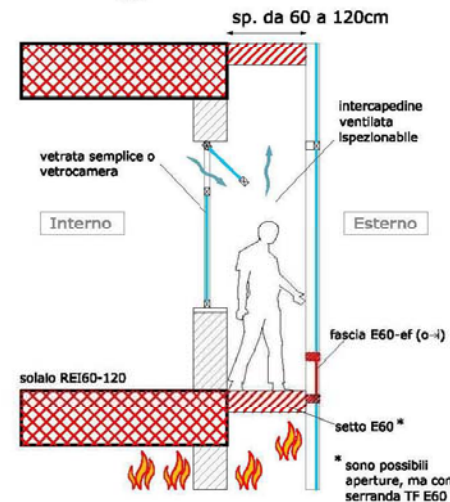
4a.1

SI SEGUONO LE REGOLE DELLA FACCIATA SEMPLICE. VEDERE TUTTE LE CONFIGURAZIONI DELLA FASCIA E60 NEGLI ALLEGATI



4a.2

SI SEGUONO LE REGOLE DELLA FACCIATA SEMPLICE. VEDERE TUTTE LE CONFIGURAZIONI DELLA FASCIA E60 NEGLI ALLEGATI



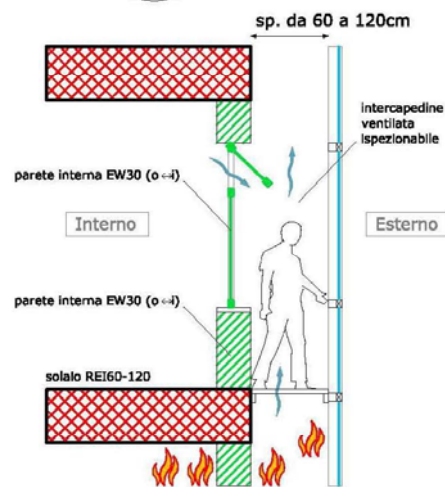
Art. 3.4 Facciate a doppia parete ventilate ispezionabili
3.4.1 Parete esterna chiusa
- Intercapedine interrotta da elementi di interpiano resistenti al fuoco

Nel caso di facciate a doppia parete ventilate ispezionabili con parete esterna chiusa, se l'intercapedine è interrotta da solai o setti di compartimentazione E60 per ciascun piano, la parete esterna ovvero la parete interna devono obbedire alle stesse regole delle facciate semplici. Nei solai e setti resistenti al fuoco che interrompono l'intercapedine, possono essere praticate aperture allo scopo di consentire la circolazione di aria all'interno dell'intera intercapedine, a condizione che sia mantenuta salva la continuità della compartimentazione di interpiano attraverso l'intervento, in caso di incendio, di dispositivi automatici di chiusura aventi requisito di resistenza al fuoco E60.

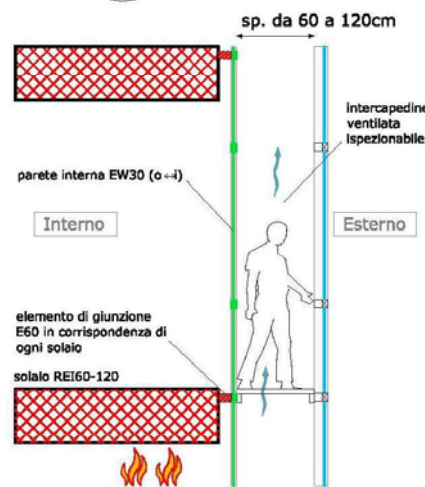
Facciate a doppia parete ventilate ispezionabili

FACCIATA A DOPPIA PARETE VENTILATA ISPEZIONABILE

4b.1



4b.2



Art. 3.4 Facciate a doppia parete ventilate ispezionabili
3.4.2 Parete esterna chiusa
- Intercapedine priva di interruzioni

Nel caso di facciate a doppia parete ventilate ispezionabili con parete esterna chiusa, se l'intercapedine è priva di interruzioni orizzontali, la parete interna dovrà avere, per l'intera altezza e per tutti i piani, una resistenza al fuoco EW30 (I—o). Nel caso in cui la parete interna sia di tipo Curtain Walls è inoltre richiesto che l'elemento di giunzione della facciata ai solai e ai muri trasversali dei compartimenti sia di classe di resistenza al fuoco EI60.

Facciate a doppia parete ventilate ispezionabili

- ◆ Parete esterna aperta
- ◆ Nel caso di facciate a doppia parete ventilata ispezionabili con parete esterna aperta, la **parete interna** dovrà presentare analoghi requisiti di resistenza al fuoco delle **facciate semplici**.

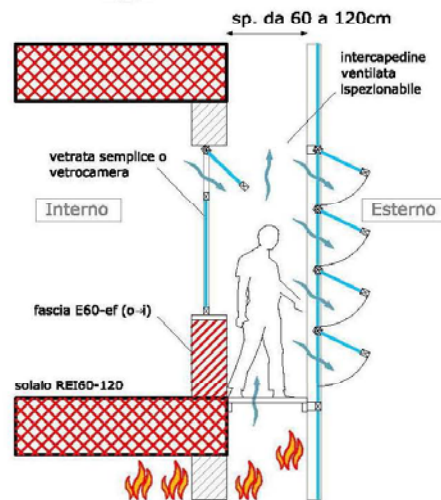


Facciate a doppia parete ventilate ispezionabili

FACCIATA A DOPPIA PARETE VENTILATA ISPEZIONABILE

4_{c.1}

SI SEGUONO LE REGOLE DELLA FACCIATA SEMPLICE. VEDERE TUTTE LE CONFIGURAZIONI DELLA FASCIA E60 NEGLI ALLEGATI



Art. 3.4 Facciate a doppia parete ventilate ispezionabili
3.4.2 Parete esterna aperta

Nel caso di facciate a doppia parete ventilata ispezionabili con parete esterna aperta, la parete interna dovrà presentare analoghi requisiti di resistenza al fuoco delle facciate semplici.

Facciate a doppia parete ventilate ispezionabili

- ◆ **Misure alternative**
- ◆ In alternativa alle prescrizioni precedenti è possibile dotare la facciata di un **sistema automatico di spegnimento ad acqua**, posizionato all'interno delle due pareti e dimensionato in modo da garantire una **densità di scarica non inferiore a 10 l/min/m²** sulle pareti interne della facciata che potranno avere superfici vetrate purché in **vetro temperato con trattamento HST (Heat Soak Test)**.



Facciate a doppia parete ventilate ispezionabili

- ◆ **Misure alternative**
- ◆ La portata dell'impianto, da considerarsi aggiuntiva alla portata destinata ad altri impianti di spegnimento previsti per l'edificio, deve essere tale da garantire il **funzionamento contemporaneo**, in erogazione, **degli ugelli del piano immediatamente superiore a quello interessato dall'incendio**, mentre la durata di scarica degli erogatori dovrà essere almeno pari a **60 minuti**.



Facciate a doppia parete ventilate ispezionabili

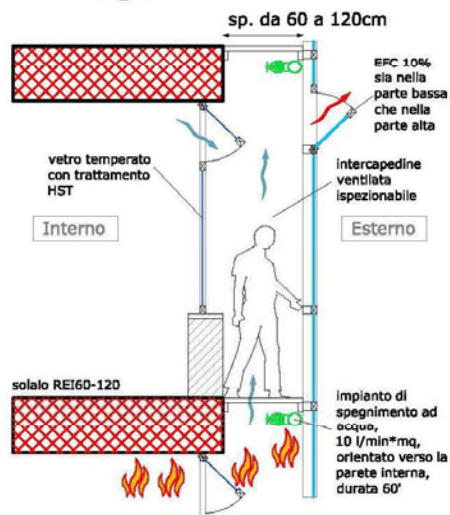
- ◆ **Misure alternative**
- ◆ L'impianto deve essere comandato da apposito **sistema di rivelazione incendi** a servizio di ciascun piano dell'edificio e i **dispositivi di erogazione**, posti al di sopra di ciascun piano, **devono essere orientati verso la parete interna**. Lo **spazio intermedio** o "corridoio d'aria", inoltre, dovrà essere provvisto di **sistema di evacuazione dei fumi**, orientativamente individuabile attraverso una superficie di ventilazione naturale, realizzata sia nella parte bassa che nella parte alta della facciata, di area pari al 10% della sezione orizzontale dell'intercapedine stessa.



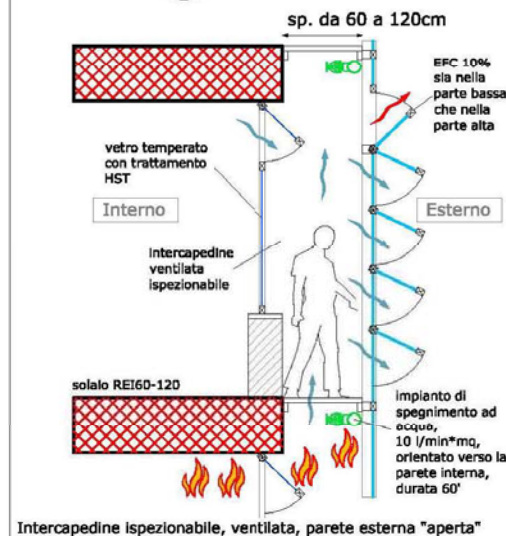
Facciate a doppia parete ventilate ispezionabili

FACCIATA A DOPPIA PARETE VENTILATA ISPEZIONABILE

4_{b.3}



4_{c.2}



Art. 3.4 Facciate a doppia parete ventilate ispezionabili
3.4.4 Misure alternative

In alternativa alle prescrizioni 3.4.1, 3.4.2 e 3.4.3 è possibile dotare la facciata di un sistema automatico di spegnimento ad acqua, posizionato all'interno delle due pareti e dimensionato in modo da garantire una densità di scarica non inferiore a $10 \text{ l/min} \cdot \text{m}^2$ sulle pareti interne della facciata che potranno avere superfici vetrate purchè in vetro temperato con trattamento HST (Heat Soak Test).

La portata dell'impianto, da considerarsi aggiuntiva alla portata destinata ad altri impianti di spegnimento previsti per l'edificio, deve essere tale da garantire il funzionamento contemporaneo, in erogazione, degli ugelli del piano immediatamente superiore a quello interessato dall'incendio, mentre la durata di scarica degli erogatori dovrà essere almeno pari a 60 minuti. L'impianto deve essere comandato da apposito sistema di rivelazione incendi a servizio di ciascun piano dell'edificio e i dispositivi di erogazione, posti al di sopra di ciascun piano, devono essere orientati verso la parete interna.

Lo spazio intermedio o "corridoio d'aria", inoltre, dovrà essere provvisto di sistema di evacuazione dei fumi, orientativamente individuabile attraverso una superficie di ventilazione naturale, realizzata sia nella parte bassa che nella parte alta della facciata, di area pari al 10% della sezione orizzontale dell'intercapedine stessa.

Verifica dei requisiti di resistenza al fuoco



Metodo basato su prove

- ◆ La porzione della facciata (fascia) per la quale è previsto il requisito di resistenza al fuoco viene verificata sperimentalmente secondo le seguenti indicazioni:
- ◆ a) per facciate semplici poggianti sui solai si applica la EN 1364-1 (Prove di resistenza al fuoco per elementi non portanti - Muri);
- ◆ b) per facciate tipo Curtain Walls si applica la norma EN 1364-4 (Prove di resistenza al fuoco per elementi non portanti - Facciate continue in configurazione parziale);



Metodo basato su prove

- ◆ c) nel caso in cui la facciata di tipo Curtain Walls debba garantire il requisito di resistenza al fuoco per tutto lo sviluppo e non limitatamente alla fascia prospiciente i solai e i muri di compartimentazione, anziché la norma indicata al punto precedente, si applica la norma EN 1364-3 (Prove di resistenza al fuoco per elementi non portanti - Facciate continue in configurazione totale);
- ◆ d) per prodotti di sigillatura lineare si applica la norma EN 1366-4 (Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi - Sigillanti per giunti lineari).



Metodo basato su prove

- ◆ La **norma di classificazione EN 13501-2** fornisce la procedura di classificazione delle facciate semplici e Curtain Walls secondo i criteri EI con i suffissi “i” (inside) e “o” (outside) legati da una freccia per indicare il verso di esposizione al fuoco, nonché il suffisso -ef nel caso in cui la classificazione sia resa nei confronti dell'esposizione al fuoco esterno, così come definito nel decreto del ministro dell'interno 9 marzo 2007.
- ◆ Sono comunque applicabili alle facciate i contenuti del **punto B.8 del D.M. 16 febbraio 2007**.



Metodo basato su calcoli e tabelle

- ◆ Per gli elementi di facciata realizzati con elementi pesanti in calcestruzzo, pietra o muratura, ossia costituiti da materiali poco deformabili alle alte temperature, la verifica ai fini della classificazione di resistenza al fuoco può essere eseguita facendo ricorso al **D.M. 16/2/2007**. A tale proposito si rammenta che **il requisito EI60 di una parete garantisce automaticamente anche il requisito EI60-ef (o→i)**.
- ◆ Per gli elementi di facciata realizzati con elementi di tipo leggero **sono al momento indisponibili soluzioni basate su calcoli o riferimento a tabelle**.
- ◆ Per gli elementi strutturali la verifica ai fini della classificazione R60-ef può essere eseguita facendo ricorso al **D.M. 16/2/2007**.



Reazione al fuoco

- ◆ I prodotti isolanti presenti in una facciata, comunque realizzata secondo quanto indicato nelle definizioni, devono essere almeno di **classe 1 di reazione al fuoco** ovvero **classe B-s3-d0**, in accordo alla decisione della Commissione Europea 2000/147/CE del 8 febbraio 2000.
- ◆ La predetta classe di reazione ai fuoco, nel caso in cui la funzione isolante della facciata sia garantita da un insieme di componenti unitamente commercializzati come kit, deve essere riferita a quest'ultimo nelle sue condizioni finali di esercizio.



Reazione al fuoco

- ◆ **I prodotti isolanti**, con esclusione di quelli posti a ridosso dei vani finestra e porta-finestra per una fascia di larghezza 0,60 m e di quelli posti alla base della facciata fino a 3 m fuori terra, **possono non rispettare i requisiti di reazione al fuoco** richiesti purché siano installati protetti, anche all'interno di intercapedini o cavità, secondo le indicazioni seguenti:
- ◆ **prodotto isolante C-s3-d2 se protetto con materiali almeno di classe A2;**



Reazione al fuoco

- ◆ possono essere adottate ulteriori soluzioni protettive purché supportate da specifiche prove di reazione al fuoco su combinazione di prodotti (supporti, isolanti, protettivi) rappresentativi della situazione in pratica che garantiscano una **classe di reazione al fuoco non inferiore ad 1** ovvero a B-s3-d0.
- ◆ Le **guarnizioni, i sigillanti e i materiali di tenuta**, qualora occupino complessivamente **una superficie maggiore del 10%** dell'intera superficie della facciata, dovranno garantire gli **stessi requisiti di reazione al fuoco** indicati per gli isolanti.



Reazione al fuoco

- ◆ Tutti gli altri componenti della facciata, qualora occupino complessivamente una **superficie maggiore del 40% dell'intera superficie della facciata**, dovranno garantire gli stessi requisiti di reazione al fuoco indicati per gli isolanti.
- ◆ Per gli **elementi in vetro** non viene richiesta alcuna prestazione di reazione al fuoco.
- ◆ Qualora elementi metallici (staffe, perni, viti, ecc,) o impianti, suscettibili in condizioni di esercizio di raggiungere **temperature superiori a 150°C**, attraversano prodotti isolanti che non rispettano i requisiti di reazione al fuoco richiesti, è necessario **separare tali elementi dal contatto diretto** con il prodotto isolante.



Esodo degli occupanti e sicurezza delle squadre di soccorso

- ◆ Nel caso in cui le facciate siano composte da **materiali fragili** ovvero che in caso di incendio possono dare luogo a rotture e distacchi di parti non minute, deve essere assicurato che gli sbarchi delle vie di esodo e i luoghi sicuri esterni risultino protetti dalla caduta delle parti della facciata.



Esodo degli occupanti e sicurezza delle squadre di soccorso

- ◆ Il dimensionamento e la progettazione del sistema di esodo dovrà necessariamente tenere conto della **difficoltà di accesso all'edificio dall'esterno**, in caso di incendio, da parte delle squadre di soccorso. È tuttavia possibile inserire in zone ben individuabili dalle squadre di soccorso dei serramenti facilmente apribili dall'esterno, nel rispetto dei requisiti di accessibilità dei mezzi dei Vigili del fuoco.
- ◆ Nel sistema di vie di esodo **è vietato l'utilizzo della cavità o intercapedine** nelle facciate a doppia parete da parte degli occupanti ai fini della evacuazione.



Requisiti della fascia di separazione orizzontale tra i compartimenti

- ◆ **Facciate formanti un diedro (a contatto o no)**
- ◆ Quando l'angolo α formato dalle superfici esterne di due facciate o parti di facciate è compreso tra 0° (facciate una davanti all'altra) e 180° (facciate allineate), la minima distanza (in metri), misurata tra le porzioni che non presentano requisiti di resistenza al fuoco almeno pari a E60ef (o→i) in conformità alle specifiche modalità di valutazione previste, deve essere pari a quella indicata nella seguente tabella:





Requisiti della fascia di separazione orizzontale tra i compartimenti

- ◆ **Tabella 3 – Distanza minima**

α	Distanza minima
0°	$d1$
$0^\circ \div 90^\circ$	$d2 = 1 + (d1 - 1) \cdot \cos \alpha$
$90^\circ \div 180^\circ$	$d3 = 1 \text{ m}$
$> 180^\circ$	$d3 = 1 \text{ m}$ (applicato alla sviluppo)

- ◆ dove $d1$ assume i seguenti valori in relazione all'altezza antincendio h dell'edificio:

Altezza antincendio [m]	$d1$ [m]
$h \leq 24$	3,5
$24 < h \leq 54$	8
$h > 54$	12