

## **ARCHITETTURE VERDI: RESISTENZA AL FUOCO NEGLI EDIFICI CIVILI**

*Approfondimento tratto dal corso «ARCHITETTURE VERDI: RESISTENZA AL FUOCO NEGLI EDIFICI CIVILI», a cura di Gianluca Tinti, ProFire.*

### **NORMATIVA VIGENTE:**

- Decreto M. I. 25 gennaio 2019 (G.U. R.I. — Serie Generale n. 30 del 5 febbraio 2019) “Modifiche ed integrazioni all’allegato del decreto 16 maggio 1987, n. 246 concernente norme di sicurezza antincendi per gli edifici di civile abitazione” (pubblicato nella G.U. n. 14 del 27.06.1987)
- RTV.13 – Sulla Gazzetta Ufficiale, Serie Generale, n. 83 del 8/4/2022 è stato pubblicato il D.M. 30/03/2022, che integra il “Codice di prevenzione Incendi” introducendo il capitolo “V.13 – Chiusure d’ambito degli edifici civili”. Entra in vigore il 7/7/2022. La guida tecnica del 2013 resta comunque in vigore per le attività al di fuori del campo di applicazione del Codice e per quelle nel regime del “doppio binario”.

### **IL GIARDINO VERTICALE**

La parete verde, o giardino verticale, è una chiusura verticale vegetata. L’inverdimento può essere realizzato con specie vegetali piantumate al suolo a sviluppo rampicante, ancorate direttamente alla superficie dell’edificio oppure supportate da reti, graticci o cavi ancorati alla facciata o strutture che siano parte integrante della chiusura verticale.

I sistemi principali di parete verde vengono definiti:

- a inverdimento diretto,
- a inverdimento indiretto,
- a inverdimento indiretto a combinazione,
- parete verde con elementi contenitori.



Nel caso di un sistema di verde giustapposto alla parete di un edificio (o facciate verdi) si realizza una struttura a graticcio che viene fissata alla facciata, sulla quale si sviluppano specie arboree di natura rampicante. Il rivestimento della parete verde può essere totale o parziale ed è necessario accertarsi che non vi siano interazioni negative tra la vegetazione e lo strato di finitura della facciata dell’edificio. Tra le tecnologie più utilizzate per la realizzazione del giardino verticale, la principale è quella che prevede la predisposizione di una rete metallica, con cavi in acciaio inossidabile tirati e fissati alla parete grazie a elementi distanziatori metallici. In base alla superficie da ricoprire e al tipo di piante scelto, è possibile optare anche per strutture in legno, plastica o fibre di vetro.

Se il sistema di verde è integrato nell'involucro (Living Walls) è previsto l'utilizzo di elementi modulari in materiali inorganici, nei quali viene predisposto il terriccio e la coltura delle essenze scelte. Ogni elemento può essere affiancato agli altri fino a ricoprire superfici molto estese. Ricordiamo, infine, che esistono altri due sistemi di parete verde. Uno è quello che viene utilizzato per rivestire i muri di contenimento, ad esempio in corrispondenza di terrapieni; l'altro è quello che prevede la realizzazione di sistemi verdi indipendenti come elementi di schermatura.

### COME FUNZIONA UN GIARDINO VERTICALE

Si tratta in pratica di un giardino idroponico in cui l'irrigazione è composta da un mix di acqua piovana e fertilizzanti è costante. Ed è condotta mediante un sistema a goccia che parte dalla parte alta del muro. Non c'è dunque bisogno di terriccio. Esistono varie tipologie di muri verdi, tutte facilmente adattabili a qualsiasi superficie architettonica e modulabili a seconda delle specifiche esigenze:

- rivestimenti parziali o totali di facciate esterne
- pareti autoportanti
- muri di contenimento
- recinzioni

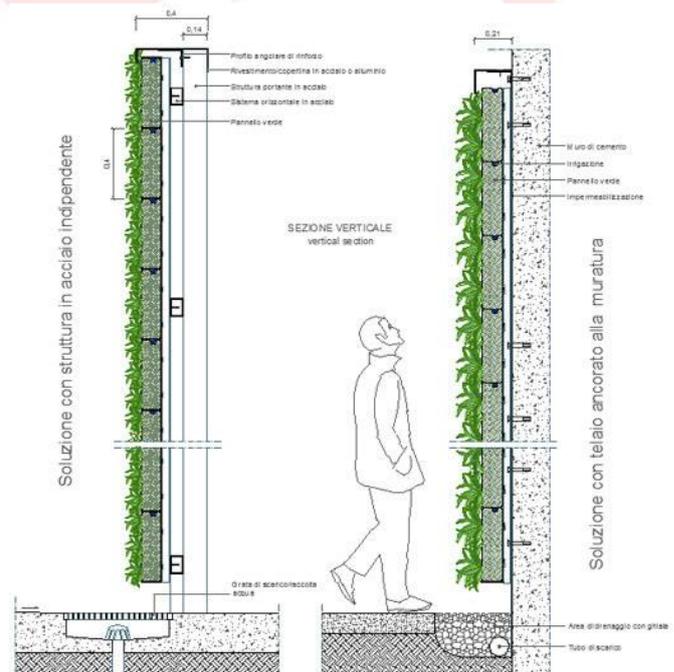
### LE TIPOLOGIE DI GIARDINO VERTICALE

In generale si realizzano giardini per ricoprire le pareti o i muri, utilizzando dei grandi pannelli o moduli assemblabili. Questi si integrano con le caratteristiche della parete e garantiscono la funzionalità di porte e finestre. L'impiantistica moderna specifica per la realizzazione di giardini verticali trova maggiore applicazione in due tipologie di impianto:

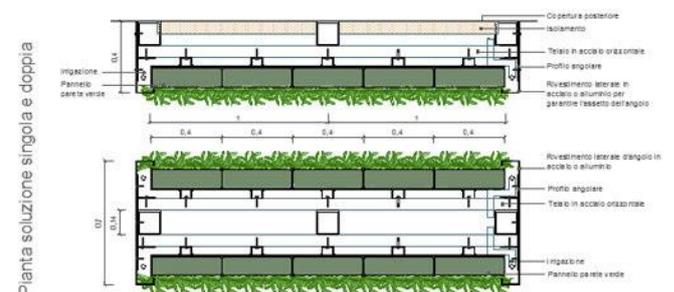
1. **facciata ventilata**, ideale per coprire i muri esterni di grandi edifici
2. **pareti fonoassorbenti**, progettate esclusivamente per garantire isolamento acustico e abbellire aree urbane in prossimità di scali, raccordi stradali e autostradali, ferrovie.

### GIARDINO VERTICALE SU PARETI:

I pannelli costituiscono in pratica il substrato inorganico per la vegetazione di cui sono ricoperti e le consentono di crescere sfruttando la tecnica della coltivazione idroponica, ovvero senza utilizzo di terriccio. Sono dotati di micro-sistemi di irrigazione completamente automatizzati che versano a goccia acqua arricchita da fertilizzante. E rendono, in tal modo, la manutenzione poco impegnativa. Inoltre



www.archweb.it - disegni CAD per la progettazione architettonica



sono generalmente collocati ad un paio di centimetri dal muro o parete da rivestire per permettere la circolazione dell'aria ed evitare il ristagno dell'umidità.

#### GIARDINO VERTICALE SU PARETE VENTILATA:

Tra i sistemi più diffusi in fatto di verde verticale, prevede una tecnica costruttiva di assemblaggio di pannelli già completi di vegetazione. Questo ha l'indubbio vantaggio di garantire la sostituibilità anche di un singolo pannello. Il periodo di assestamento delle piante dalla posa dell'impianto è di circa 12 mesi e in genere i substrati colturali posti a supporto della vegetazione (con piante selezionate dai vivaisti), garantiscono la distribuzione uniforme dell'acqua e una superficie verde per tutto l'anno. I pannelli sono realizzati generalmente in lamiera di alluminio ossidato con struttura a celle per ospitare le piante e scanalature atte a favorire il flusso dell'acqua. Il lato posteriore dei pannelli è cieco, quindi nessun pericolo di umidità per i muri dell'edificio. I moduli, inoltre, vengono fissati alla parete attraverso una griglia in alluminio che funge da supporto, che resiste all'umidità e agli agenti atmosferici. Tra la facciata e la parete interna dell'edificio viene lasciato uno spazio (camera d'aria) per garantire la ventilazione e l'isolamento termo-acustico. Le piante vengono posizionate su uno sub-strato irrigante di feltro di polipropilene che racchiude un nucleo di torba e perlite espansa, cioè una roccia vulcanica che trattiene l'umidità ricreando l'habitat naturale per la crescita delle piante, una tecnica questa, molto diffusa nelle colture idroponiche.

#### GIARDINO VERTICALE SU BARRIERE FONOASSORBENTI:

Sono barriere autoportanti, mono o bi-facciali, particolarmente adatte alla riduzione dei rumori e al miglioramento dell'estetica urbana in prossimità di stazioni ferroviarie e autostrade. In questo caso la struttura è retta da montanti in acciaio sui quali vengono installati i pannelli già saldati alla rete metallica. Per il riempimento vengono utilizzati sub-strati molto leggeri capaci di trattenere al meglio l'acqua e di apportare i nutrienti necessari a tutte le piante innestate. L'ingombro che queste strutture comportano è veramente minimo (13,3 cm di spessore per le mono-facciali, 22 cm per le bi-facciali), il che li rende facilmente adattabili a qualsiasi tipo di superficie e contesto.



#### RESISTENZA AL FUOCO DELLE FACCIATE



Le problematiche antincendio connesse all'utilizzo delle moderne facciate sono le seguenti:

- dall'esterno è **difficile percepire un principio di incendio.**
- **gli elementi di compartimentazione orizzontale (solai) e verticale (muri) non possono**, per motivi strutturali ed estetici, **proseguire lungo la facciata**, la quale, distruggendosi in caso di incendio, consente al fuoco di aggredire compartimenti adiacenti. (Con le Fasce tagliafuoco si è cercato di ovviare a questa problematica).
- negli edifici con facciate aventi funzione di climatizzazione tramite **circolazione naturale o forzata** all'interno di intercapedine verticale, **il rischio di propagazione dell'incendio alle altre aree della struttura è molto elevato.**

- **i materiali costituenti la facciata** o di rivestimento esterno della stessa possono costituire **elemento di facile propagazione dell'incendio**.
- per i Vigili del fuoco spesso molto difficile intervenire attraverso la facciata;
- in caso di incendio **l'eventuale distruzione della facciata (pannelli, profilati, vetri) può essere motivo di pericolo per l'esodo degli occupanti e per gli addetti al soccorso**.

Per edifici di bassa altezza, molti dei problemi sopra elencati non costituiscono motivo di particolare preoccupazione in quanto è più facile gestire il soccorso con procedure diversificate. Per gli edifici di tipo industriale, dove normalmente la facciata costituisce elemento di chiusura di un unico compartimento orizzontale, il problema della perdita di compartimentazione per cedimento della facciata appare meno rilevante. Per edifici civili sufficientemente elevati (o con altezza antincendio elevata) e' necessario affrontare il problema della vulnerabilità del sistema facciata in caso di incendio.

#### POSSIBILI FONTI O ORIGINI DI UN INCENDIO DI FACCIATA

Fonti esterne all'edificio:

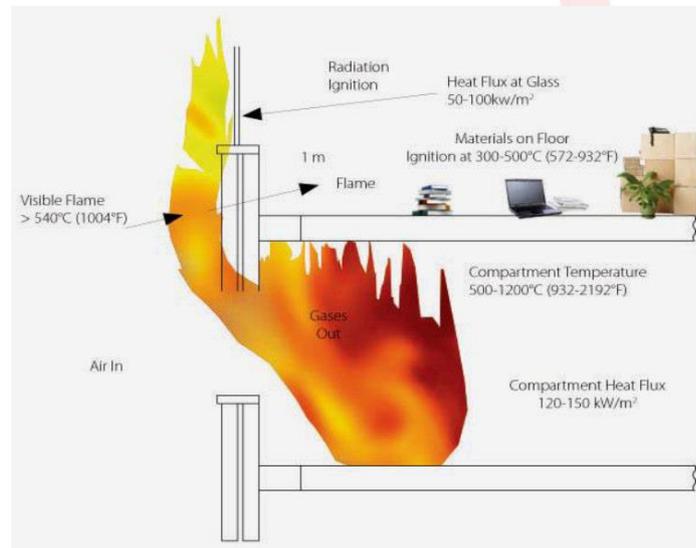
- a. veicoli nelle immediate vicinanze,
- b. edifici adiacenti oppure cassonetti, materiali (...)

Fonti interne all'edificio:

- a. intercapedini presenti nelle facciate,
- b. aperture e finestre,
- c. pareti

Focalizzandosi sugli incendi che **hanno origine all'interno dell'edificio**, si riporta una dinamica d'incendio:

1. Fiamme e gas nell'edificio, **attaccano le superfici interne e i rivestimenti interni del compartimento** e i relativi materiali di barriera al fuoco perimetrali.
2. Fiamme e gas caldi **sporgenti dai vetri rotti** o da altre aperture incidono direttamente sulla cortina di muro esterno.
3. Fiamme sporgenti dai vetri rotti o altre aperture che irradiano calore verso altre superfici vetrate, le quali trasferiscono l'irraggiamento ai materiali e arredi presenti nella costruzione ai piani superiori.

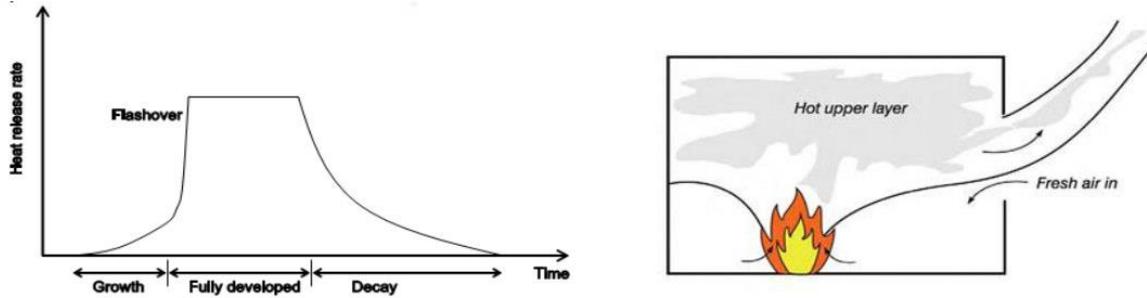


#### LA DINAMICA DELL'INCENDIO IN FACCIATA

La fase di crescita di un incendio in un compartimento è governata dalla natura e quantità di combustibile presente, nonché dalla ventilazione (incendio non controllato dall'attivazione di impianti automatici di spegnimento oppure dall'intervento delle squadre di soccorso antincendio).

Passaggio tra la fase di crescita di un incendio e lo stadio di pieno sviluppo, flashover. L'ISO definisce il flashover come: "la rapida transazione verso uno stato di totale coinvolgimento nell'incendio del materiale all'interno del locale".

Durante la fase di post-flashover il fuoco è al suo punto di maggiore intensità, ed è abbastanza frequente che il locale si trovi in una condizione in cui il fuoco è controllato dalla disponibilità di ossigeno che entra attraverso le aperture nel vano (incendio controllato dalla ventilazione).



Le forze di galleggiamento guidano i gas di combustione verso la parte superiore del vano, mentre aria fresca entra nel vano attraverso la parte inferiore dell'apertura. Tra i fattori che influenzano la forma delle fiamme sporgenti e quindi la possibilità di propagazione, troviamo:

1. Quantità e natura del combustibile presente,
2. Dimensioni del vano aperto o finestra,
3. Geometria del compartimento.

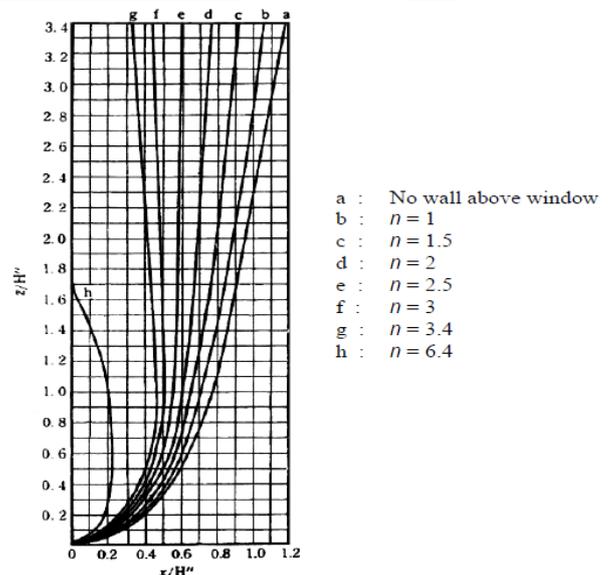
La prolungata esposizione al fuoco può anche compromettere la stabilità elementi strutturali esterni. Una grandezza essenziale, quindi, è **l'altezza della fiamma** che fuoriesce dalle aperture del vano in caso di incendio.

Tra i primi studi che riguardano l'altezza della fiamma si basano principalmente su una ricerca condotta tra il 1950 e il 1960 e gli esperimenti furono condotti utilizzando prevalentemente legno combustibile.

*H fiamma  $\geq 5$  m sopra la parte superiore della finestra*

Si mostrò che per la tipologia di finestre che sono ampie rispetto all'altezza, in presenza di parete verticale, i gas caldi che fuoriescono dall'apertura tendono a tornare indietro e riattaccarsi alla facciata dell'edificio. Al contrario, per finestre strette, le fiamme sono proiettate lontane dall'apertura prima che la traiettoria si riallinei verticalmente.

*(studi presi dalle ricerche effettuate da Yokoi, Webster e Seigel)*



Ulteriori studi hanno mostrato che le proiezioni orizzontali come i setti orizzontali, situati al di sopra delle fiamme che fuoriescono dalla finestra, sono efficaci e riducono il tenore di esposizione alla fiamma. I setti verticali esterni potrebbero invece avere impatto negativo aumentando la proiezione verticale di fiamme lunga la facciata.

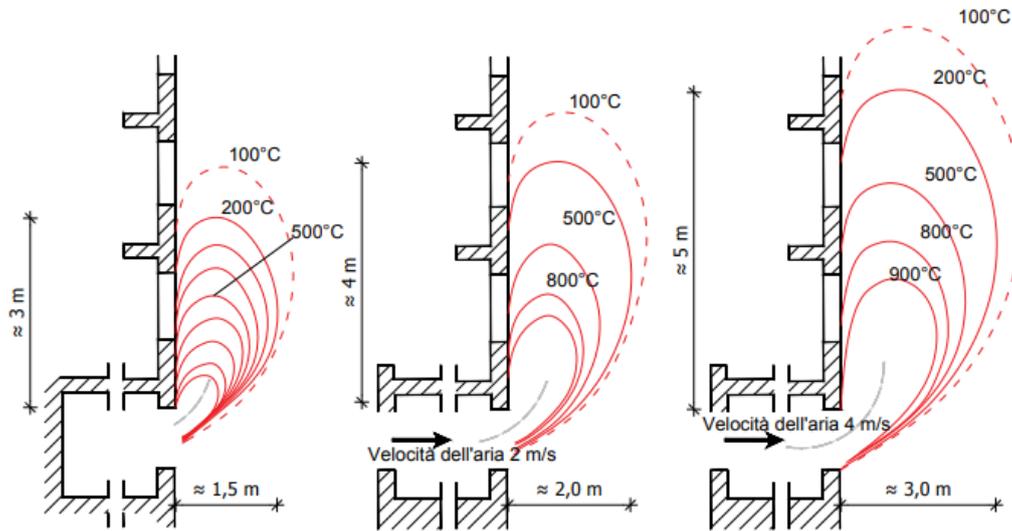


Figura 9. Altezze di fiamma con le relative temperature sulla facciata a seconda della velocità di circolazione dell'aria [12]

Nel momento in cui le fiamme (derivanti sia da una fonte esterna che interna) invadono lo strato esterno della facciata, la loro ulteriore propagazione dipenderà dalle proprietà dell'intero sistema, in cui un ruolo importante è rappresentato dai seguenti fattori:

- reazione al fuoco del materiale con cui è stata realizzata la facciata che influisce sulla velocità di propagazione dell'incendio sull'involucro edilizio.
- esistenza di cavità all'interno della facciata (che costituiscono parte del sistema di facciata, ad esempio del sistema di facciate ventilate oppure le cavità che si formano a causa della delaminazione di parti della facciata durante l'incendio). Se le fiamme giungono nell'intercapedine, per effetto camino, le stesse possono essere da cinque a dieci volte più lunghe rispetto alla loro lunghezza iniziale, a prescindere dalle proprietà del materiale posto al confine dello strato di ventilazione. In caso di mancato utilizzo di determinate distanze di separazione e/o delle barriere antincendio, l'effetto descritto porta ad una rapida propagazione verticale dell'incendio, che si può "nascondere" sotto lo strato di finitura della facciata.
- aperture sulla facciata (finestre/porte) che permetteranno il ritorno delle fiamme all'interno dell'edificio, e quindi la loro propagazione da un piano all'altro secondo il meccanismo già descritto.

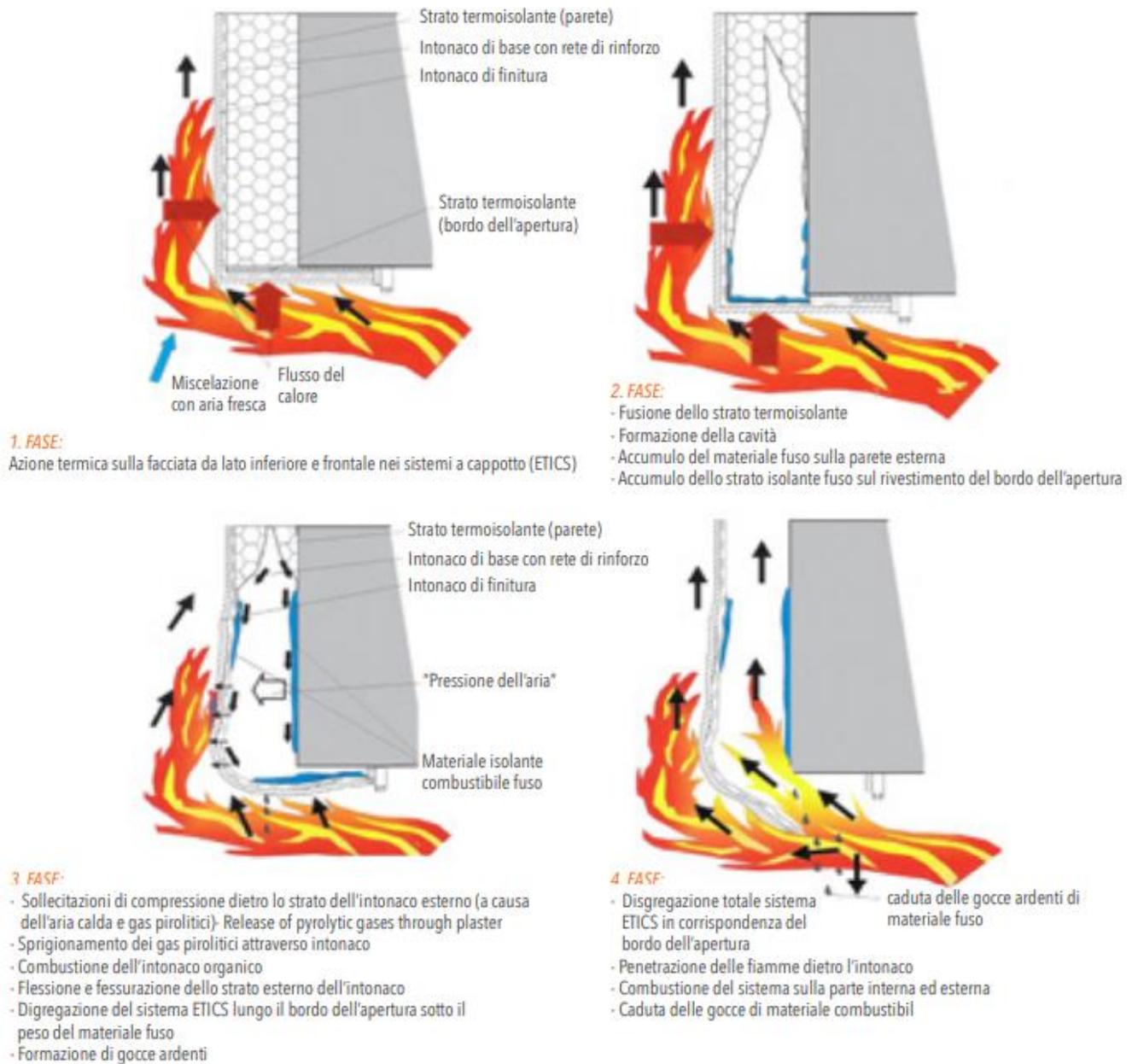


Figura 10. Illustrazione dello sviluppo dell'incendio sulla facciata a causa di termoisolanti combustibili [13]

### REQUISITI DI REAZIONE AL FUOCO DELLE FACCIATE NEGLI EDIFICI CIVILI

Per quanto riguarda la reazione al fuoco delle facciate il riferimento da prendere in considerazione è Linea Guida dei VVF: Guida per la determinazione dei “Requisiti di sicurezza antincendio delle facciate negli edifici civili”. Nel Capitolo 4 sono riportati i requisiti di reazioni al fuoco. In particolare, viene richiesta una reazione al fuoco per i rivestimenti in facciate pari a:

- CLASSE B-s3-d0. In accordo decisione della Commissione Europea 2000/147/CE del 8 febbraio 2000.

Nella linea guida sono anche riportate altre importanti informazioni che si riassumono in breve:

- La classe di reazione al 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.

- I prodotti isolanti, con esclusione di quelli posti a ridosso dei vani finestra e portafinestra 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:

a) Prodotto isolante C-s3-d2 se protetto con materiali almeno di classe A2;

b) Prodotto isolante di classe non inferiore ad E se protetto con materiali almeno di classe A1 aventi uno spessore non inferiore a 15 mm.

c) Soluzioni protettive ulteriori, possono essere adottate 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.

- 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.

- 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.

Per quanto riguarda la reazione al fuoco delle facciate un ulteriore riferimento da prendere in considerazione è la regola tecnica verticale V13: Chiusure d'ambito degli edifici civili. Nel Capitolo V.12.4.1 sono riportati i requisiti di reazioni al fuoco.

### L'IMPORTANZA DELLA POSA IN OPERA

Oltre a posare in opera i materiali indicati nel certificato, occorre seguire scrupolosamente quanto indicato nel manuale di posa dell'azienda, che di fatto, sono le istruzioni per garantire il risultato ottenuto nel test di reazione al fuoco. Esistono sul mercato sistemi prefiniti, che scaricano di responsabilità il posatore e forniscono maggiori garanzie al progettista e alla direzione lavori. A titolo esemplificativo si riporta un esempio di pannello fornito in opera già prefinito, non permette eventuali errori di posa che competerebbero la certificazione di reazione al fuoco.

## GLI STUDI SUL COMPORTAMENTO AL FUOCO DELLE FACCIATE

Gli studi sul comportamento al fuoco delle facciate verdi sono stati condotti in particolare dal Dipartimento municipale 39 della Città di Vienna in collaborazione con l'Università delle risorse naturali e delle scienze della vita di Vienna. Fino al 2014 in Europa non erano stati condotti studi approfonditi sul potenziale di carico di incendio delle facciate verdi e anche oggi sono disponibili solo pochissimi risultati.

Di seguito vengono presentate in ordine cronologico le indagini ad oggi conosciute:

- 2013; Dipartimento per le comunità e il governo locale a Londra; Cinque test antincendio su sistemi di pareti verdi specifici del produttore, studio "Fire Performance of Green roofs and Walls"
- 2016-2017; Università delle risorse naturali e delle scienze della vita Vienna; Prove antincendio nel forno a muffola nell'ambito di tesi di laurea per determinare l'infiammabilità e il comportamento al fuoco delle piante rampicanti
- 2015-2018; Dipartimento municipale 39 Città di Vienna; Quattro prove antincendio su larga scala basate sulla ÖNORM B 3800-5 con facciate verdi a diverse distanze dalla camera di combustione
- 2019; Università Tecnica di Monaco; Quattro prove al fuoco su larga scala nell'ambito di una tesi di master con fuso rampicante, glicine, vino selvatico, kiwi, piante perenni ed erbe aromatiche
- 2020; Dipartimento municipale 39 Città di Vienna; Sette prove antincendio su larga scala basate sulla ÖNORM B 3800-5 con inverdimento della facciata a diverse distanze dalla facciata e con barriere tagliafuoco.

I ricercatori dell'Istituto per le costruzioni, le strutture e l'architettura in legno IHTA dell'Università di Scienze Applicate di Berna BFH hanno effettuato due test antincendio su facciate verdi montate a parete.

Le prove hanno consegnato risultati interessanti, molti dei risultati iniziali erano prevedibili, ma ci sono state anche diverse nuove scoperte. La disposizione di prova consisteva in un elemento di parete esterna a più piani con due piani pieni e due solo parzialmente formati. Nella parte inferiore dell'elemento della parete i ricercatori hanno posizionato una camera di combustione aperta frontalmente. Ciò ha permesso loro di simulare la fuoriuscita delle fiamme da una finestra come avviene dopo il cosiddetto flash-over – lo sviluppo improvviso di un piccolo incendio in un grande incendio. I test sono stati eseguiti



presso il Centro prove dinamiche della BFH-TI a Vauffelin, il più fedelmente possibile alle specifiche di prova per i sistemi di rivestimento delle pareti esterne dell'Associazione degli assicuratori cantonali antincendio VKF (2016). Sulla base dei risultati è possibile valutare il comportamento al fuoco delle facciate verdi delimitate a parete per edifici di media altezza e ottimizzare la realizzazione di sistemi di rivestimento delle pareti esterne per l'approvazione. I test facevano parte di un progetto di ricerca pluriennale.

## REALIZZAZIONI NEL MONDO

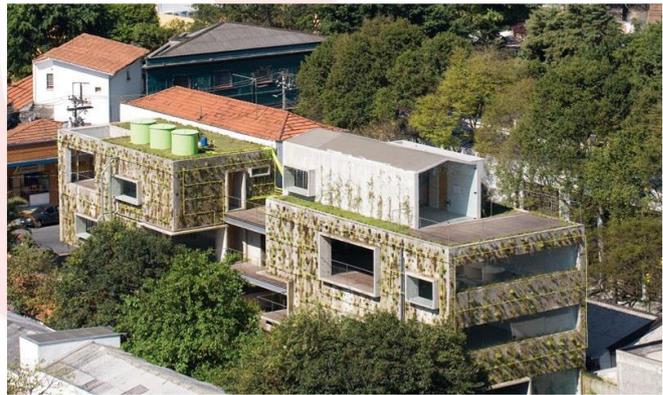
### Bosco verticale

Quando va a coprire grandi superfici e coinvolge l'utilizzo di arbusti grandi e medie dimensioni allora si parla di bosco verticale. Un esempio ormai famoso e imitato in giro per il Mondo è il progetto di riforestazione urbana effettuato a Milano. Fiore all'occhiello del progetto sono gli oltre 300mila mq di verde urbano nel grandioso 'Bosco Verticale' che ricopre le torri progettata dallo Studio di Architettura Boeri nel quartiere Isola.



### Quartiere Harmonia 57

Una soluzione affascinante di giardino verticale è il quartiere Harmonia 57 a ovest di San Paolo del Brasile, opera dello studio di architettura Triptyque. La struttura è concepita come un corpo umano di cui il sistema di irrigazione a vista diventa l'apparato circolatorio essenziale alla crescita di quel verde, presente allo stato embrionale, che come una seconda pelle, ricoprirà l'edificio.



### Ponte di Aix-en-Provence

Anche un ponte può essere mimetizzato dal verde delle piante. È il caso del ponte di Aix-en-Provence en Sans', che attraversa l'Avenue Max Juvénal. La facciata sudovest è ancora quella triste di un elemento senza vita, quella nord-est è un tripudio di colori verdi.



### Caixa Forum, Museo d'Arte Contemporanea a Madrid

Realizzata da Patrick Blanc, una parete verde alta 24 m del Museo d'Arte Contemporanea, progettato da Herzog & de Meuron e nato dal recupero di una delle più importanti e uniche emergenze cittadine di architettura industriale: la vecchia centrale elettrica di Madrid. L'impatto visivo è straordinario per l'utilizzo di 15.000 piante appartenenti a 250 specie diverse. Come una quinta scenica sotto gli occhi di tutti, dove la Natura dà spettacolo e invita a visitare il vicino Giardino Botanico, dove le specie vegetali verticali possono essere ammirate nella loro orizzontale dimensione quotidiana.



## RIFERIMENTI SITO/BIBLIOGRAFICI

- Corso Pro-fire – ARCHITETTURE VERDI: RESISTENZA AL FUOCO NEGLI EDIFICI CIVILI - 05/12/2023 – Gianluca Tinti.
- Fire Performance of Green Roofs and Walls, August 2013 Department for Communities and Local Government
- SICUREZZA ANTINCENDIO DELLE FACCIATE NEGLI EDIFICI, Università degli Studi di Zagabria, Facoltà di Ingegneria Civile, Zagabria, Croazia, 2017, Dr.ssa Marija Jelčić Rukavina, PhD, ing. Civile, ass.univ.Arch. Milan Carević, docente Prof.ssa Ivana Banjad Pečur, PhD, ing. Civile
- La sicurezza antincendio ed i “Green walls”, Guido Zaccarelli, Febbraio 2023

A cura di

Ing. Giada Basile

