



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE**



Carlo Antonio Stival
via A. Valerio 6/1
34127 Trieste
+390405583489
cstival@units.it

ARGOMENTO 17

**Utilizzo passivo di fonti rinnovabili
per i servizi energetici dell'edificio**

Riscaldamento

Laboratorio di **Costruzione dell'Architettura**
Corso di **Tecnologie e soluzioni edilizie**
per la sostenibilità ambientale

Classificazione delle esigenze: URR

classe	esigenze	requisiti	
URR. Uso razionale delle risorse	Utilizzo razionale dei materiali da costruzione	URR.1.1	Utilizzo di materiali, elementi e componenti riciclati
		URR.1.2	Utilizzo di materiali, elementi e componenti aventi potenziale di riciclabilità
		URR.1.3	Utilizzo di tecniche costruttive per il disassemblaggio a fine vita
		URR.1.4	Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità
	Utilizzo razionale delle risorse derivanti da scarti e rifiuti	URR.2.1	Raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani
	Utilizzo razionale delle risorse idriche	URR.3.1	Riduzione del consumo di acqua potabile
		URR.3.2	Recupero, per usi compatibili, delle acque meteoriche
	Utilizzo razionale delle risorse climatiche ed energetiche	URR.4.1	Utilizzo passivo di fonti rinnovabili per il riscaldamento
		URR.4.2	Utilizzo passivo di fonti rinnovabili per il raffrescamento e la ventilazione igienico – sanitaria
		URR.4.3	Utilizzo passivo di fonti rinnovabili per l'illuminazione
		URR.4.4	Isolamento termico
		URR.4.5	Inerzia termica per la climatizzazione
		URR.4.6	Riduzione del fabbisogno d'energia primaria e sostituzione di fonti energetiche da idrocarburi con fonti rinnovabili

17.1

Sistemi solari passivi

Principi base

Nella stagione invernale, si può individuare un **approccio diviso in tre livelli** per ottenere la riduzione dei consumi energetici.

I primi due livelli si riferiscono alla **gestione dei flussi di calore** attraverso l'**involucro edilizio**.

SUCCESSIONE DEGLI STRATI FUNZIONALI

1

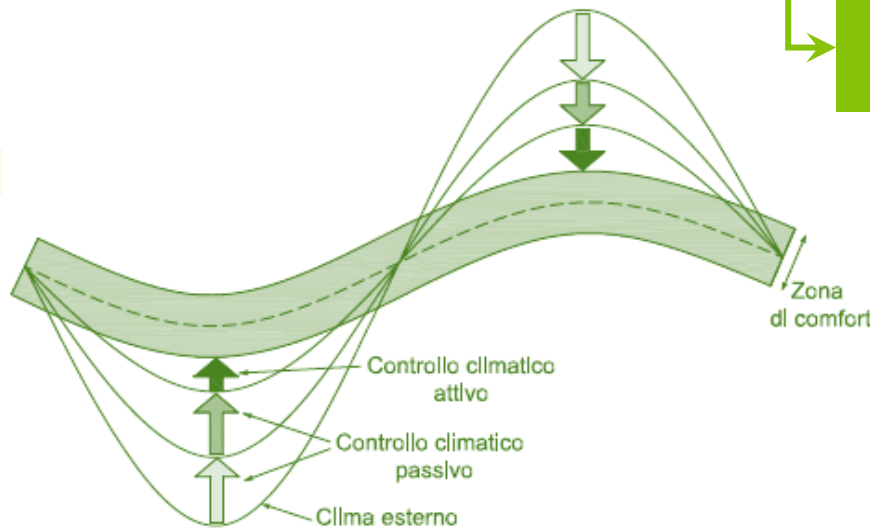
ritenzione del calore all'interno dell'edificio

2

riscaldamento solare passivo

3

riscaldamento mediante impianto



Principi base

Un **sistema solare** di tipo **passivo** è una **soluzione**, sia nell'ambito **distributivo** degli spazi sia nell'ambito del **sistema tecnologico**, che **riceve**, **immagazzina** e **cede il calore** ricevuto dal sole senza l'ausilio di mezzi meccanici.

Bisogna considerare che gli **apporti solari variano a seconda della stagione** e soprattutto a nulla servono nella stagione calda, anzi costituiscono un carico in più da asportare. Da questa ottica appaiono perciò **controproducenti** quegli **edifici** che presentano **notevoli superfici trasparenti**, implicando infatti la presenza di **fortissimi surriscaldamenti** durante le **giornate estive**.

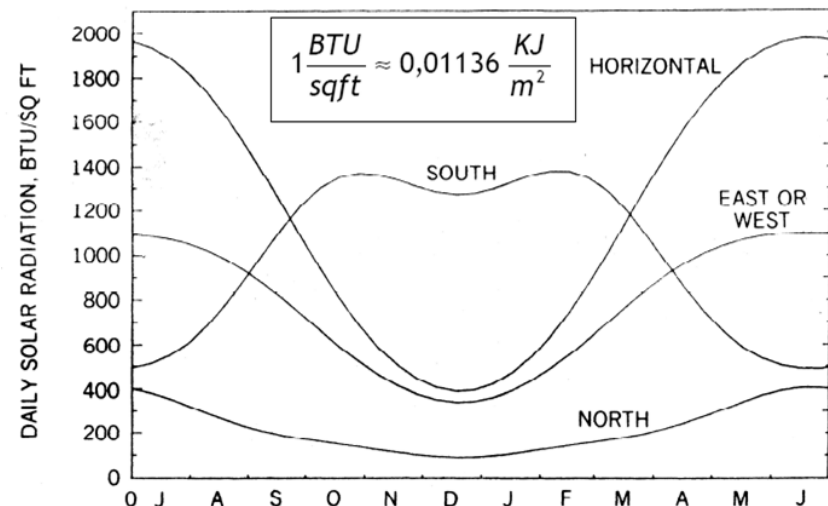
SFRUTTAMENTO DELL'ENERGIA SOLARE

A

avviene attraverso apparecchiature (collettori o pannelli solari)

P

semplice passaggio della radiazione solare attraverso le chiusure trasparenti



Sistemi a guadagno diretto

Il sistema a **guadagno diretto** si instaura ogniqualvolta si hanno delle **superfici vetrate esposte a Sud**; esse, infatti, a differenza di qualsiasi altra finestra diversamente orientata, possono fornire più calore di quanto ne perdano durante la stagione invernale.

La **massa** che immagazzina il calore ricevuto dalla facciata riveste un ruolo importante nelle condizioni termiche dell'ambiente.

Un elemento d'immagazzinamento **troppo leggero** provoca una **elevata escursione termica** nell'ambiente, ed un **picco delle temperature** nel pomeriggio ben al di sopra della temperatura di comfort.

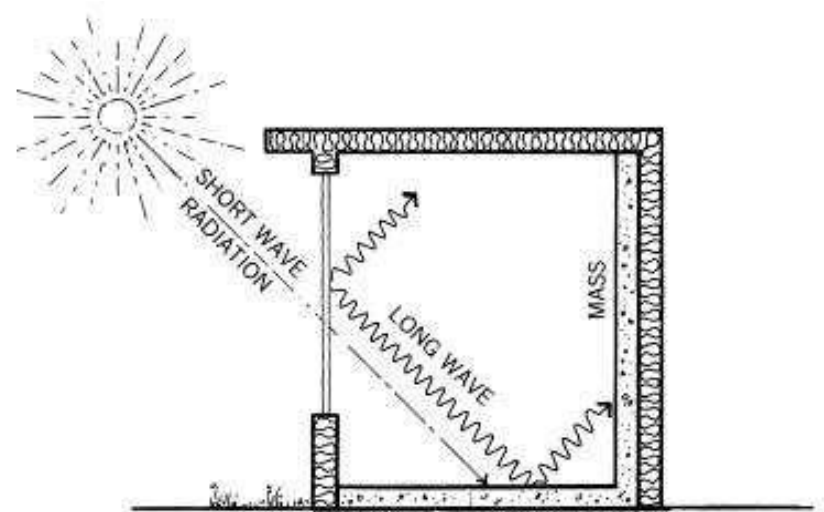
COMPONENTI ESSENZIALI

1

una facciata trasparente esposta a Sud che raccoglie l'energia solare

2

un elemento massivo che accumula l'energia



Muro di Félix Trombe

Nel **muro di Trombe**, la massa per l'accumulo del calore è costituita da una **parete posizionata immediatamente dietro** la **superficie vetrata esposta a Sud**.

La superficie opaca prospiciente la finestra viene coperta da un **rivestimento selettivo** o comunque le viene conferito un **colore scuro**, in modo tale da attirare la radiazione solare durante il giorno e generando un **flusso di calore attraverso il muro**.

Poiché questo ha uno **spessore non inferiore a 30-35 cm**, il flusso termico raggiunge la superficie opposta con un certo tempo di **ritardo**. Va notato che il muro di Trombe è la **soluzione** migliore quando **non** sia **necessaria la captazione della luce solare** o la **vista all'esterno**, permettendo di godere del calore solare nelle tarde ore della giornata.

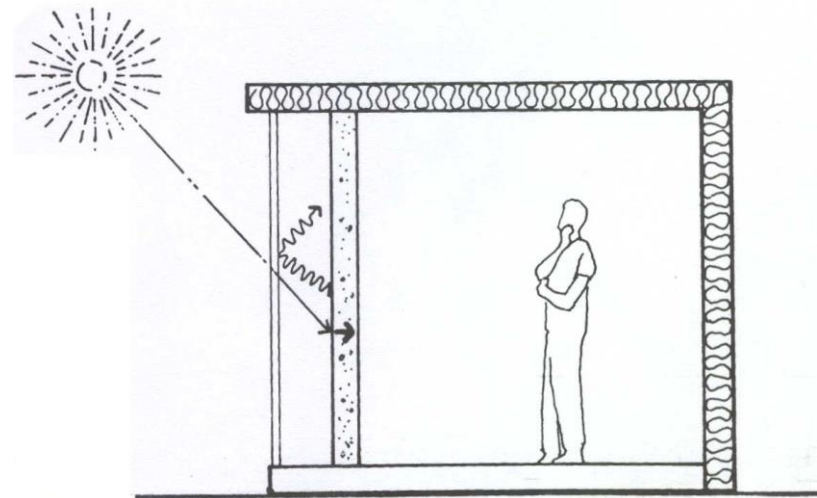
COMPONENTI ESSENZIALI

1

una facciata trasparente esposta a Sud che raccoglie l'energia solare

2

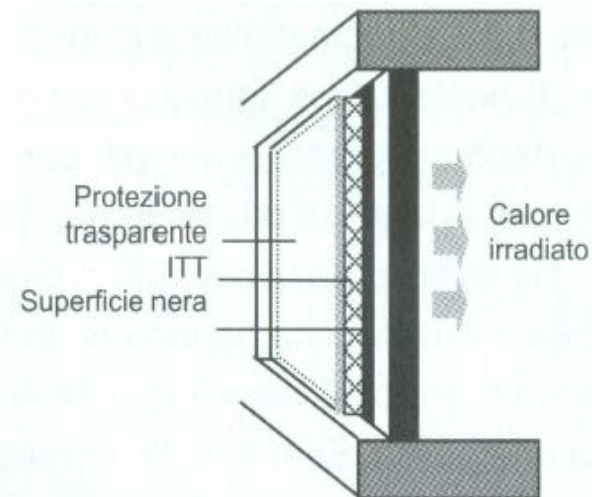
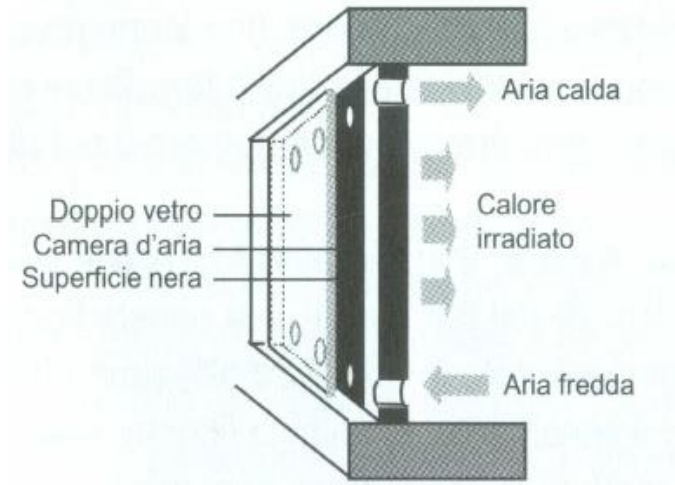
un elemento massivo con aperture che trasferisce l'energia



Muro di Félix Trombe

Il trasferimento del calore all'ambiente avviene attraverso **aperture praticate in sommità** ed **alla base del muro**: l'aria fredda affluisce dal basso, entra nell'intercapedine dove si riscalda e rientra nell'ambiente attraverso le aperture poste in cima.

L'intercapedine d'aria può anche essere eliminata sfruttando del proprietà dell'**isolamento termico trasparente** (ITT) che, protetto esternamente da una lastra di vetro, riempie l'intercapedine e **permette** alla **radiazione** di **colpire la superficie** del **muro**.



Spazi solari (serre)

Lo **spazio solare** è invece costituito da un **vano** che **immagazzina la radiazione solare** a favore dell'edificio; questo particolare ambiente può costituire un **corpo estruso** rispetto alla forma principale dell'involucro edilizio, o essere **del tutto** o **in parte inserito** nell'involucro.

La funzione essenziale di questo ambiente è **fornire un'elevata superficie per la captazione** della radiazione solare: perciò esso **non** può essere considerato uno **spazio primario** per tutta la durata del giorno, causa le elevate temperature che vi si sviluppano. Perciò esso va concepito come uno **spazio che possa essere separato** dell'edificio, all'occorrenza.

COMPONENTI ESSENZIALI

1

una facciata trasparente esposta a Sud che raccoglie l'energia solare

2

un elemento massivo che immagazzina l'energia

3

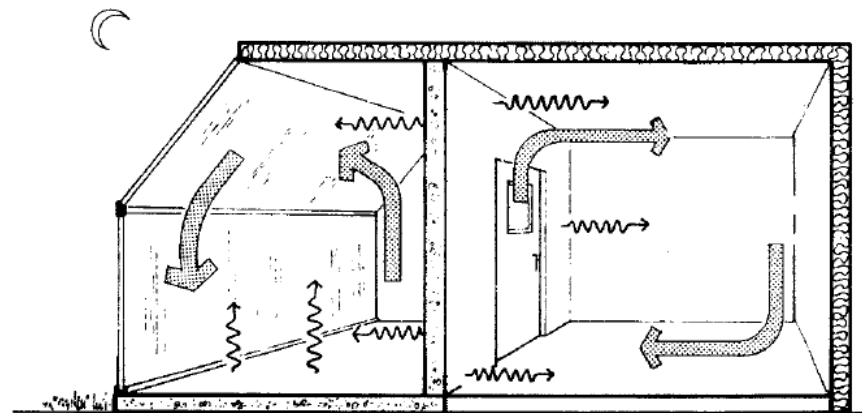
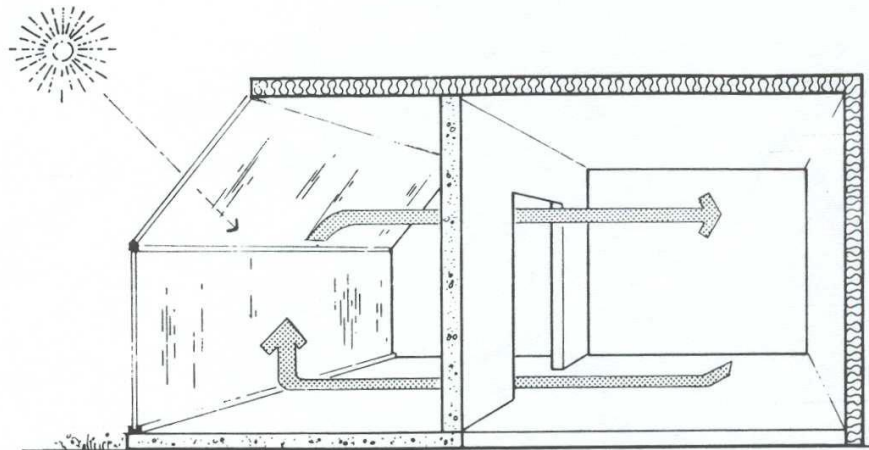
aperture per il trasferimento dell'energia e per il sezionamento



Spazi solari (serre)

Durante il giorno lo spazio solare riceve la radiazione solare e **trasferisce il calore** al resto dell'edificio attraverso porte, finestre ed altre eventuali aperture; il resto della radiazione viene **accumulata** dalla parte massiva della serra, quindi dal **pavimento** e dalla **partizione** di separazione.

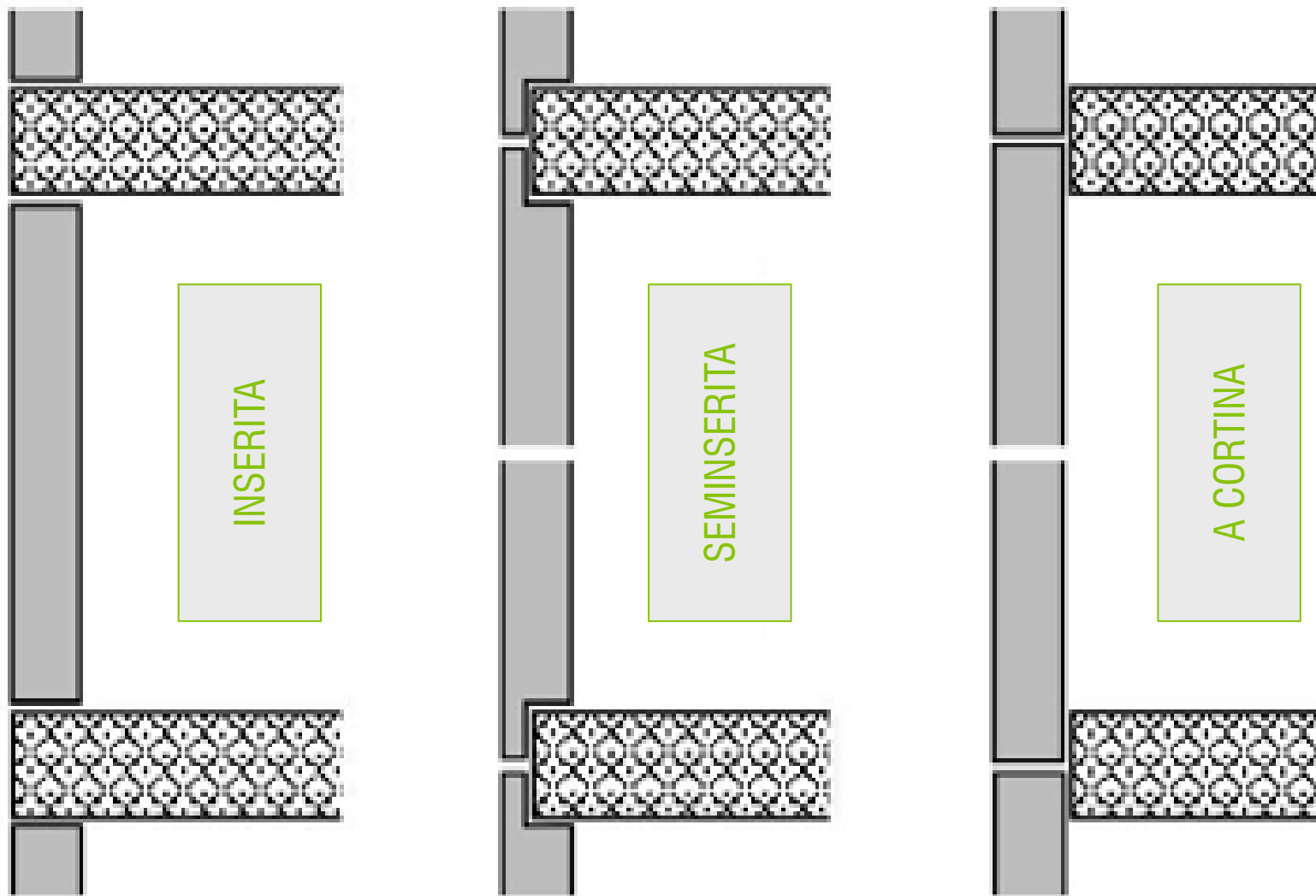
Nel periodo **notturno**, i **canali** per il passaggio del calore vengono **chiusi** per mantenere l'edificio in condizioni termiche accettabili: la serra infatti possiede un'elevata **superficie vetrata** che di notte **disperde all'infrarosso**. Lo spazio solare, essendo **poco isolato**, non deve possedere alcun terminale per il riscaldamento o per il raffrescamento; esso risponde con un ritardo minimo all'andamento della temperatura esterna.



17.2

Involucri freddi

Schema funzionale



Schema funzionale

Gli involucri freddi sono comunque caratterizzati dalla disposizione dello strato di **isolamento termico all'esterno**: in queste soluzioni, però, il **rivestimento esterno** si presenta **distaccato** dalla faccia esterna di tale strato, realizzando così **un'intercapedine aerata**. Lo strato isolante termico risulta perciò **protetto dall'ingresso di acqua meteorica** e **dall'irraggiamento solare diretto**, il quale può causarne il surriscaldamento. Tra gli involucri freddi si possono citare le '**facciate ventilate**', le coperture 'a tetto freddo', le coperture discontinue isolate e ventilate.



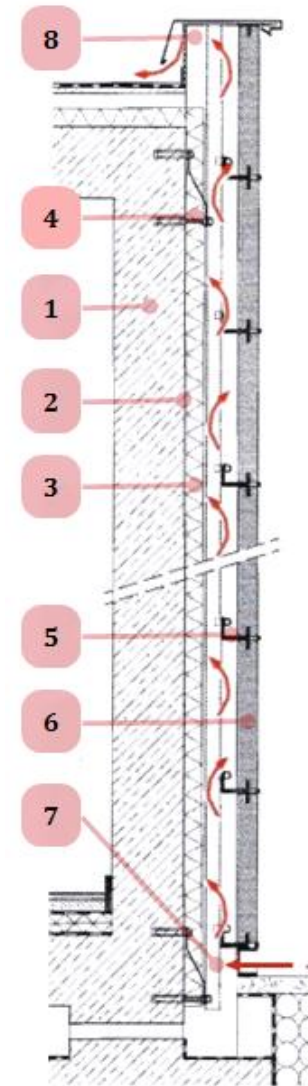
Schema funzionale

Una facciata ventilata è costituita da due elementi tecnici ben differenziati ed opportunamente distanziati, solidarizzati da sistemi di **graffaggio metallico** e separati da un'intercapedine d'aria; questa comunica con l'ambiente esterno alla **base** ed in **sommità**, così da permettere l'«**effetto camino**».

La discontinuità tra strato di protezione e strato isolante blocca le infiltrazioni d'acqua verso l'interno, mentre la **coibentazione** risulta **continua** su tutto l'involucro verticale, impedendo la formazione di ponti termici.

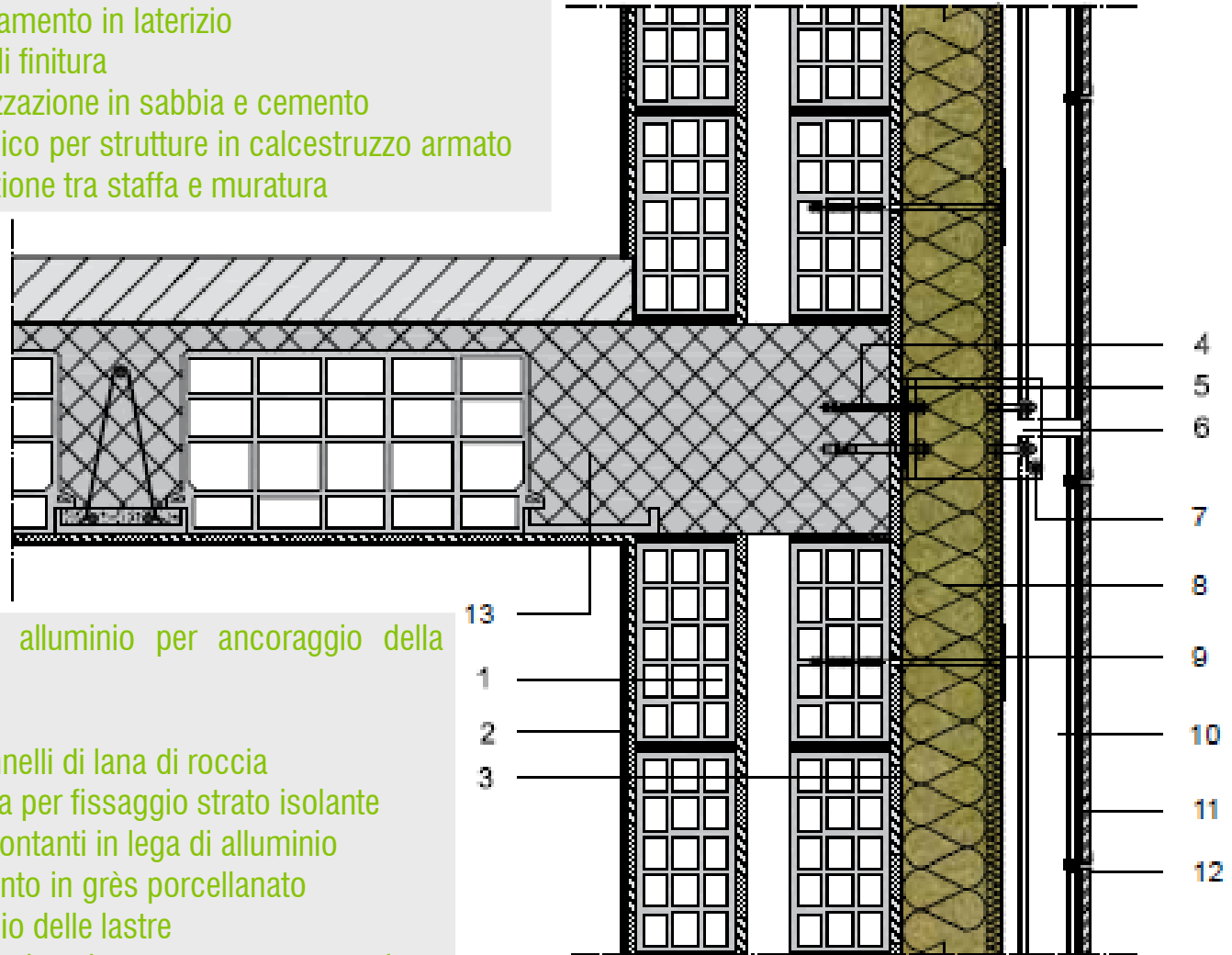
Nel **periodo estivo** è possibile **asportare** per **ventilazione** i **carichi termici in eccesso**, mentre nella stagione fredda la stessa ventilazione **asporta** l'eventuale **umidità** presente.

1. strato portante o di supporto
2. strato di regolarizzazione
3. strato termoisolante
4. strato di collegamento tra strato portante e strato coibente
5. strato per il supporto strutturale (sovrastuttura di sostegno al rivestimento)
6. strato di finitura o di rivestimento esterno, opaco, avente funzione di tenuta all'acqua e protezione dagli agenti atmosferici
7. ingresso e ...
8. ...uscita in sommità dello strato di ventilazione



Pareti ventilate

1. Muratura di tamponamento in laterizio
2. Intonaco di base e di finitura
3. Intonaco di regolarizzazione in sabbia e cemento
4. Ancoraggio meccanico per strutture in calcestruzzo armato
5. Elemento di separazione tra staffa e muratura



6. Staffa in lega di alluminio per ancoraggio della sottostruttura
7. Punto fisso
8. Isolamento in pannelli di lana di roccia
9. Chiodi con rondella per fissaggio strato isolante
10. Sottostruttura a montanti in lega di alluminio
11. Lastre di rivestimento in grès porcellanato
12. Clips per il fissaggio delle lastre
13. Cordolo perimetrale in calcestruzzo armato e soletta

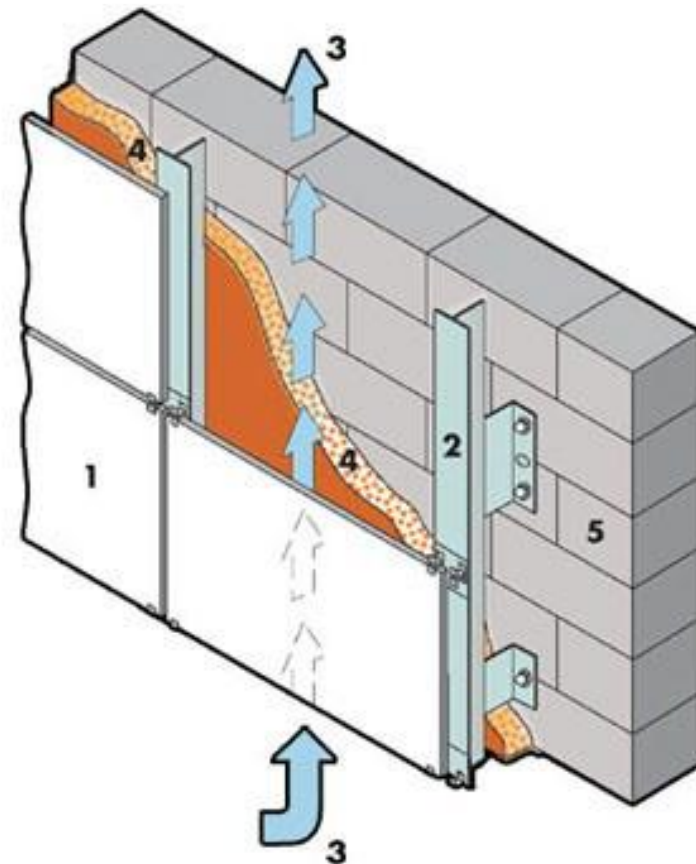
Pareti ventilate

L'intercapedine d'aria presenta uno **spessore** variabile tra i **20** ed i **50 mm** per consentire l'instaurarsi di un **effetto camino**; in edifici soggetti a controllo di prevenzione incendi, l'intera altezza dell'intercapedine dovrà essere sezionata per piani onde **evitare la propagazione di fiamme e fumi** (compartimentazioni di piano).

La facciata ventilata è applicabile efficacemente a:

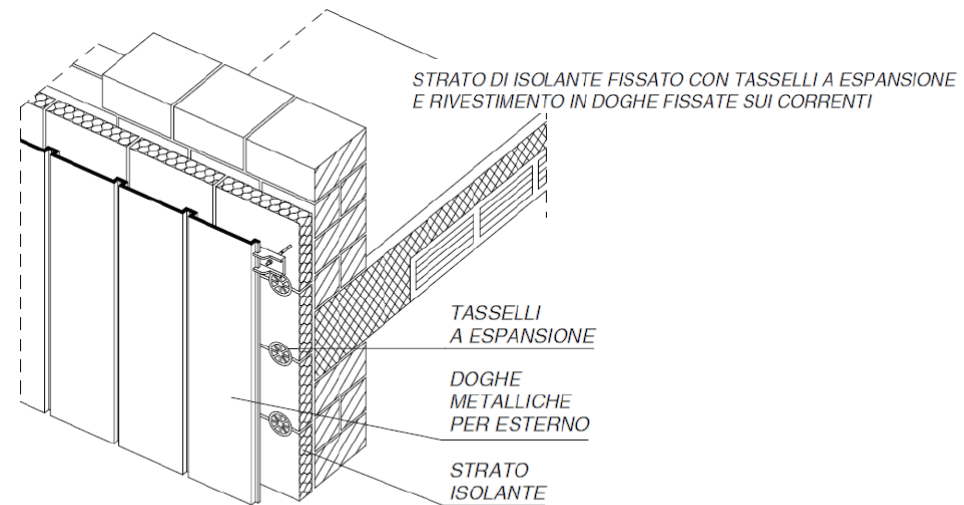
- edifici **esistenti** non **energeticamente efficienti**; permette l'incremento dell'isolamento termico ed acustico;
- chiusure affette da **patologie** di **facciata**, quali lo scrostamento dell'intonaco esistente;
- edifici per i quali è richiesto un **miglioramento d'aspetto architettonico** con l'impiego di rivestimenti innovativi.

Il rivestimento esterno è caratterizzabile per forma (lastre, pannelli, doghe) e per materiale costitutivo; i più diffusi per tale applicazione sono:



Pareti ventilate

- la **pietra**, in genere marmo, granito o travertino, tradizionalmente impiegata come materiale costruttivo in facciata;
- i **materiali ceramici**, quali grès porcellanato e clinker, quest'ultimo particolarmente resistente agli agenti aggressivi; tale famiglia presenta un'ottima resistenza meccanica a compressione, una mediocre resistenza a trazione ed un elevato grado di fragilità;
- il **cotto**, materiale tradizionale ed allo stesso tempo soggetto a innovazione, la cui configurazione per facciate ventilate può essere a piastre con scanalature e fori passanti di alleggerimento, a pannelli, tavelle o tavelloni;
- il **cemento**, la cui variante più diffusa per questa applicazione è il fibrocemento (totalmente impermeabile alle acque meteoriche), trattato superficialmente con diverse finiture;



Pareti ventilate

- materiali **metallici**, tipicamente in leghe di alluminio, impiegati sovente in organismi edilizi destinati ad uffici, dotati di un'elevata resistenza ad agenti atmosferici ed alla corrosione;
- il **legno**, materiale che necessariamente deve essere protetto da agenti atmosferici ed attacchi biologici con trattamenti opportuni (usualmente resine fenoliche o termoindurenti).

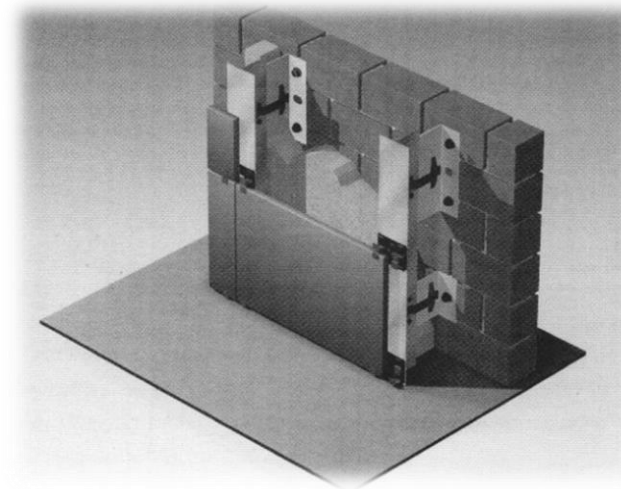
MATERIALE	CARATTERISTICHE					
	PREGIO ESTETICO	PESO PROPRIO	DURABILITÀ	ACCUMULO TERMICO	RESISTENZA MECCANICA	POSA IN OPERA
pietra	✓	×	✓	✓	×	×
cotto	✓	×	✓	✓	✓	✓
ceramica	✓	✓	✓	×	×	✓
metallo	✓	✓	×	✓	×	✓
legno	✓	✓	✓ (se trattato)	×	✓	×
cemento / fibrocemento	×	✓	✓	✓	✓	✓

Pareti ventilate

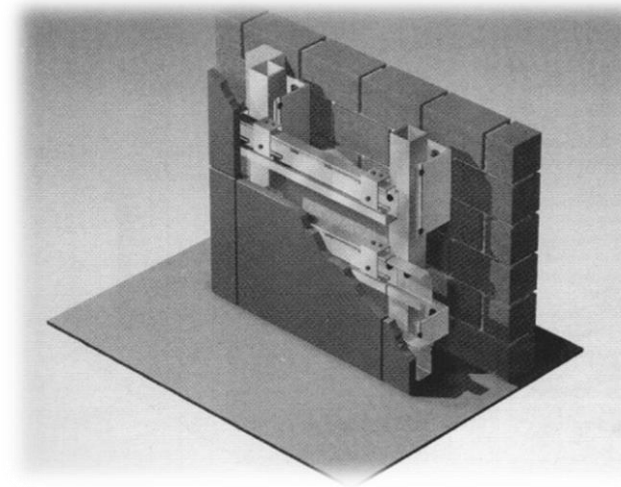
Resistenza ad azioni termiche e meccaniche, all'azione del vento, tenuta all'acqua sono i principali requisiti connotanti lo strato di rivestimento.

Il rivestimento, o seconda facciata, è posto in opera **a secco** con l'esclusivo impiego di **dispositivi meccanici**, telai a montanti e traversi in acciaio inossidabile, acciaio al carbonio o in alluminio, che svolgono inoltre la funzione di sostegno dello strato termoisolante. Lo strato funzionale di supporto e collegamento è quindi costituito da tre componenti:

- elementi tecnici di **fissaggio** della **sottostruttura** alla **parete**;
- elementi tecnici di **collegamento** tra il **rivestimento** e la **parete portante** termoisolata (sottostruttura metallica);
- elementi tecnici di **fissaggio** del **rivestimento** alla **sottostruttura**, **puntuali** o **continui**.



fissaggio a clips

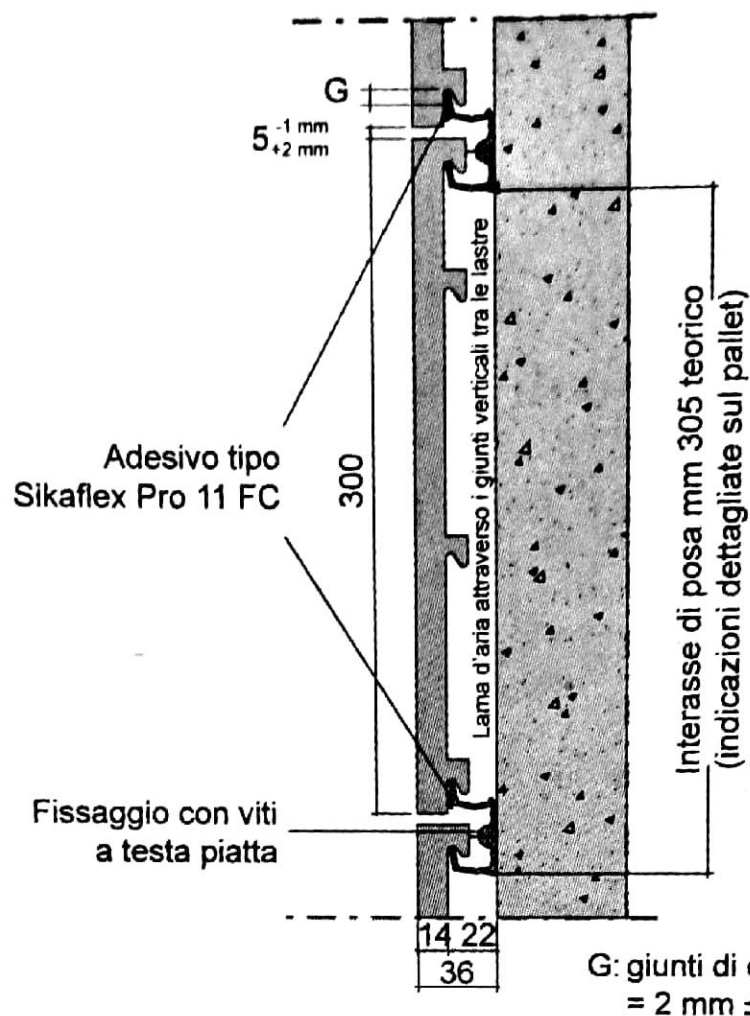


fissaggio a tasselli

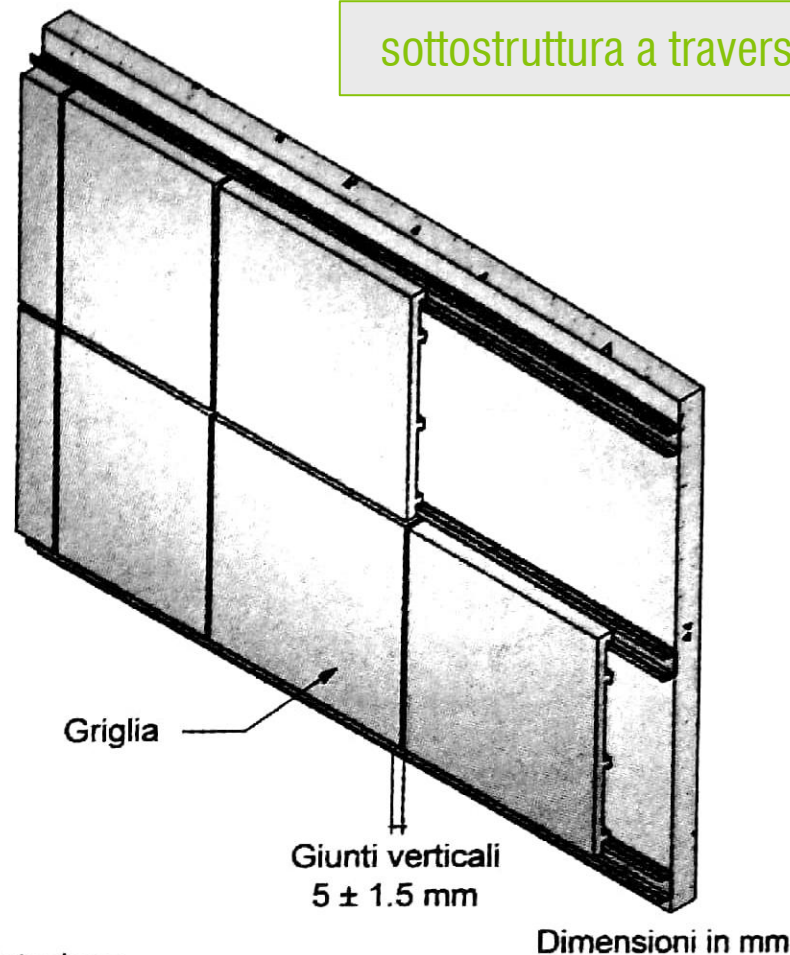
Pareti ventilate

MODALITÀ DI FISSAGGIO DEL RIVESTIMENTO		
MATERIALE		
	SISTEMI PUNTUALI	SISTEMI DIFFUSI
pietra	Staffe su tasche Pioli su fori Tassellatura sulla faccia posteriore	Tracce continue su scanalature ai bordi
cotto	Staffe su tasche Pioli su fori Tassellatura sulla faccia posteriore	Tracce continue su scanalature ai bordi Mensole di supporto
ceramica	Staffe su tasche Pioli su fori, clips al bordo Tassellatura sulla faccia posteriore	Tracce continue su scanalature ai bordi
metallo	Tassellatura e clips	Elementi continui ai bordi o alla faccia posteriore
legno	Tassellatura e clips	Mensole di supporto
cemento / fibrocemento	Clips al bordo	Tracce continue su scanalature ai bordi Mensole di supporto

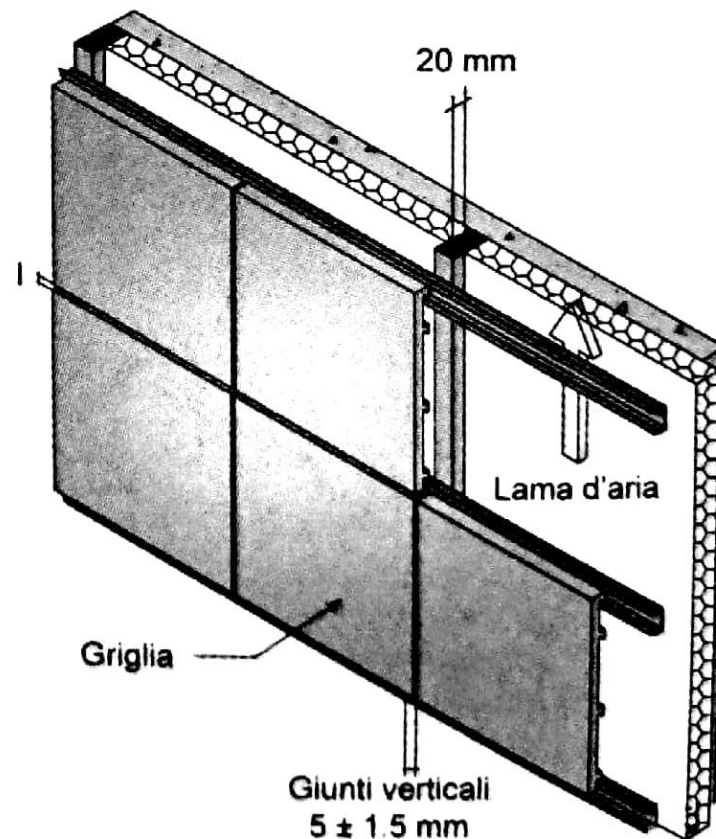
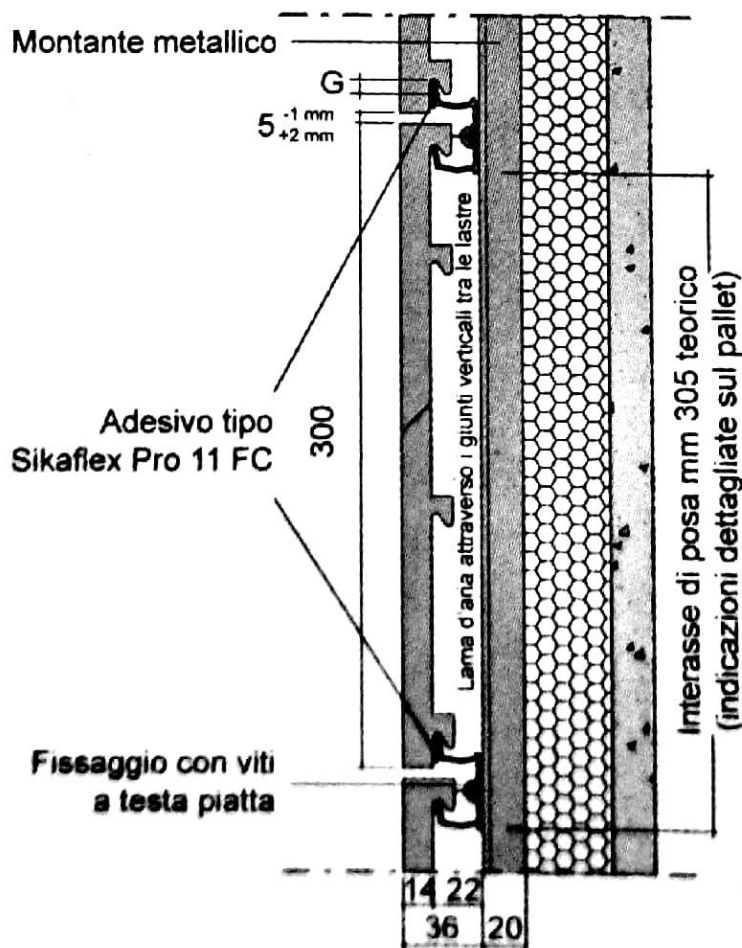
Pareti ventilate



sottostruttura a traversi



Pareti ventilate

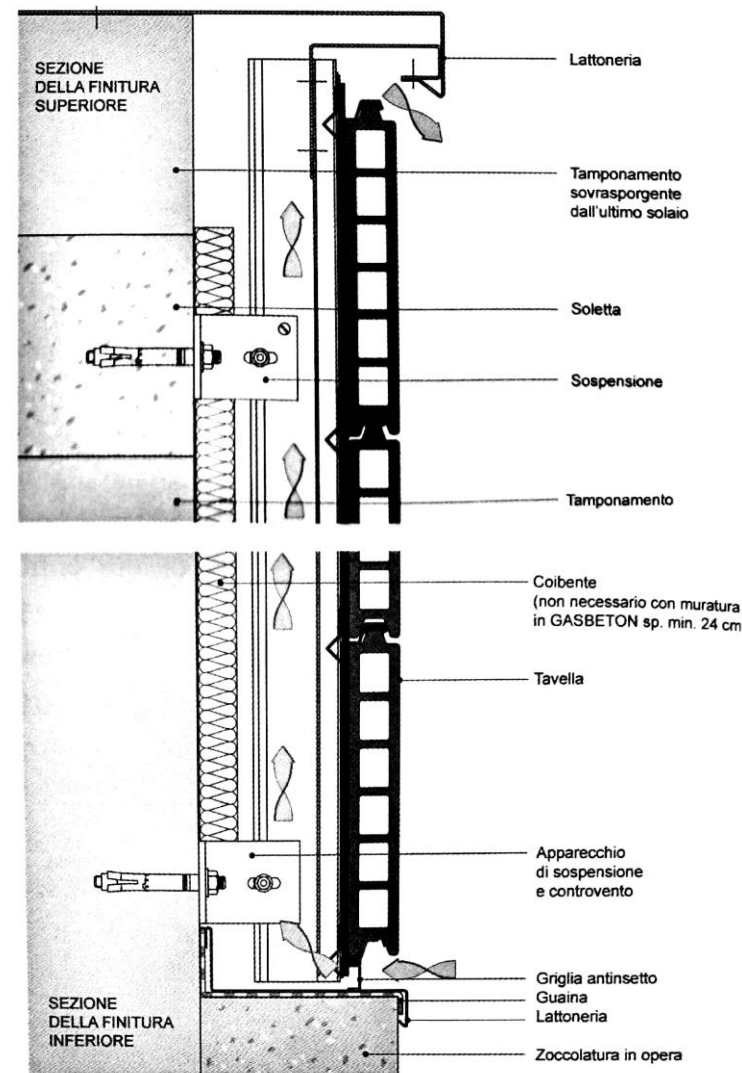
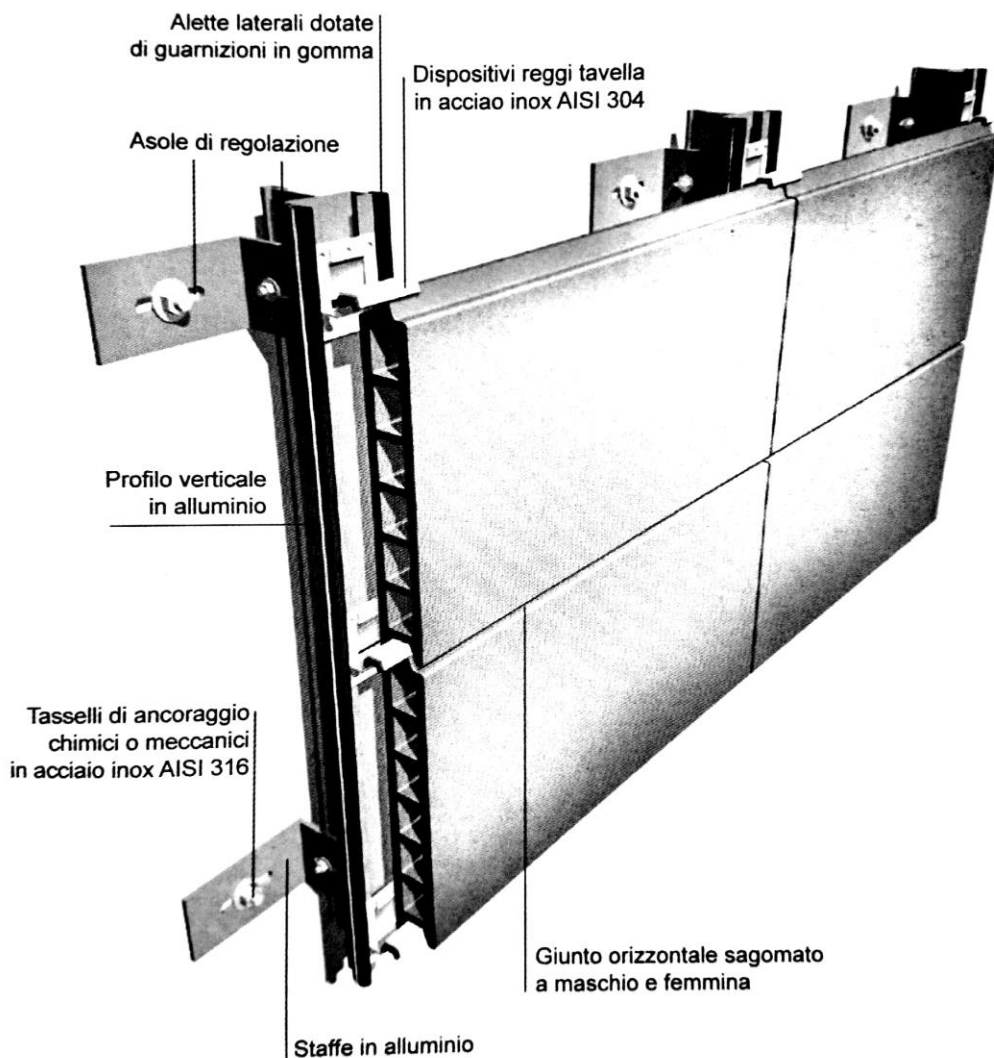


G: giunti di dilatazione
 $\approx 2 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$

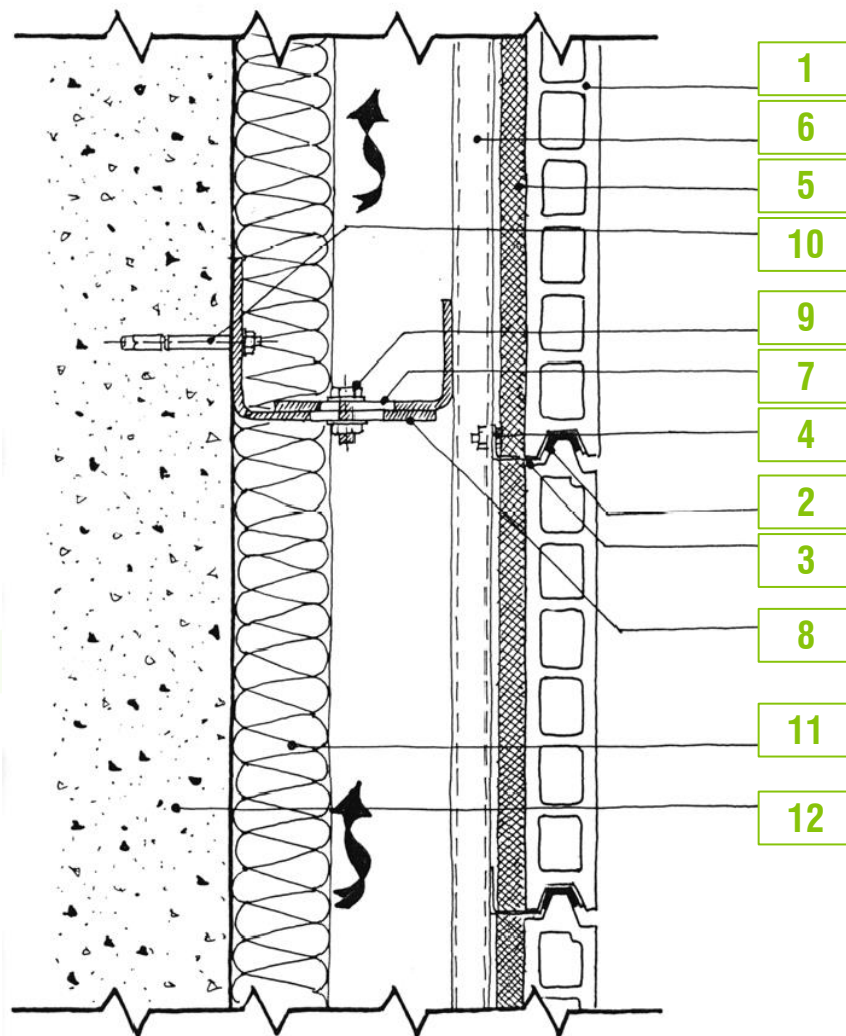
I: giunto orizzontale
 $\approx 5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$
 $+2 \text{ mm}$

sottostruttura
a montanti e traversi

Pareti ventilate



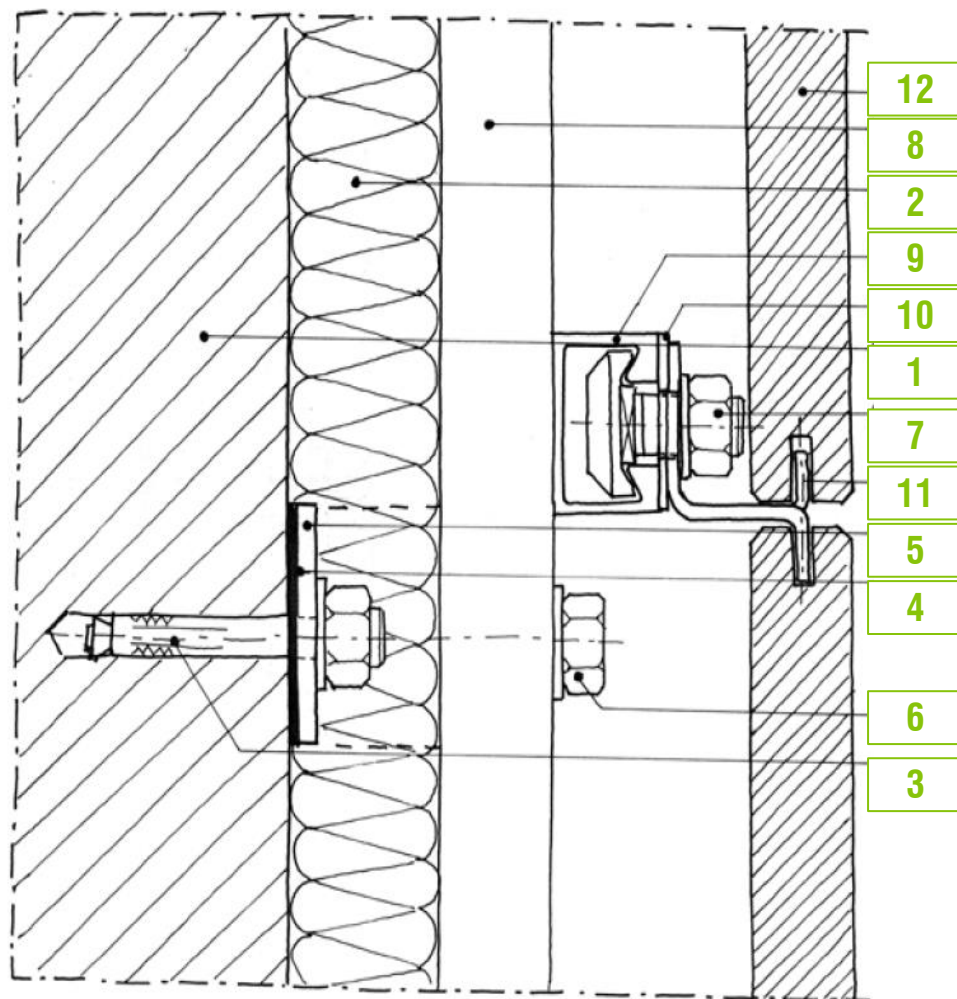
Pareti ventilate



SISTEMA DI FISSAGGIO PUNTUALE DISCONTINUO CON STAFFE E MONTANTI

1. Tavella in laterizio
2. Elemento di guarnizione
3. Staffa di fissaggio per il rivestimento
4. Bullone
5. Guarnizione longitudinale
6. Montante in profilato in acciaio
7. Staffa di ancoraggio con asola
8. Staffa di ancoraggio con asola
9. Vite di regolazione sulle asole
10. Tasselli chimici per ancoraggio della staffa allo strato portante
11. Strato termoisolante
12. Strato portante

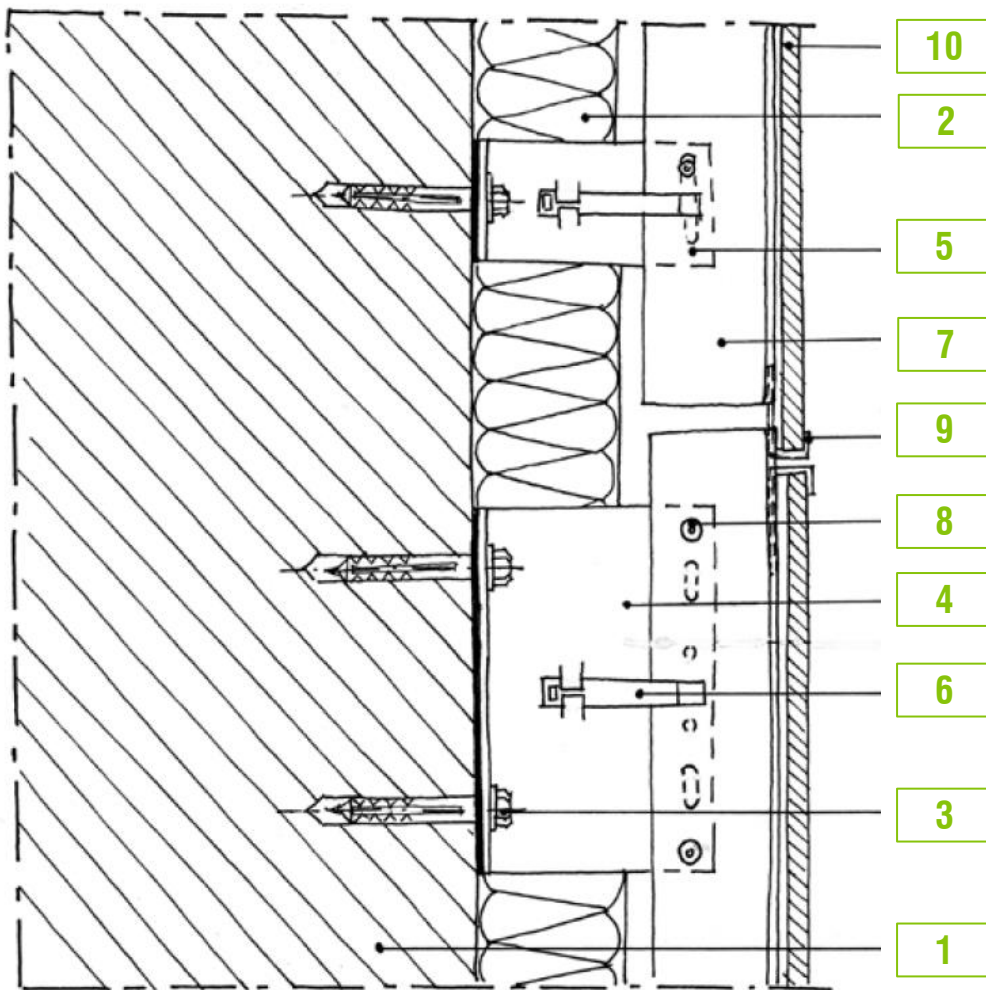
Pareti ventilate



SISTEMA DI FISSAGGIO DISCONTINUO A STAFFE CON TRAVERSI E MONTANTI

1. Strato portante
2. Strato termoisolante
3. Tassello chimico o meccanico
4. Elemento di circolare di taglio termico
5. Staffa di fissaggio del montante
6. Vite di fissaggio montante – staffa
7. Bullone
8. Montante in acciaio con profilo a gola
9. Traverso in acciaio con profilo a gola
10. Cavallotto
11. Staffa sagomata in alloggiamento
12. Rivestimento

Pareti ventilate



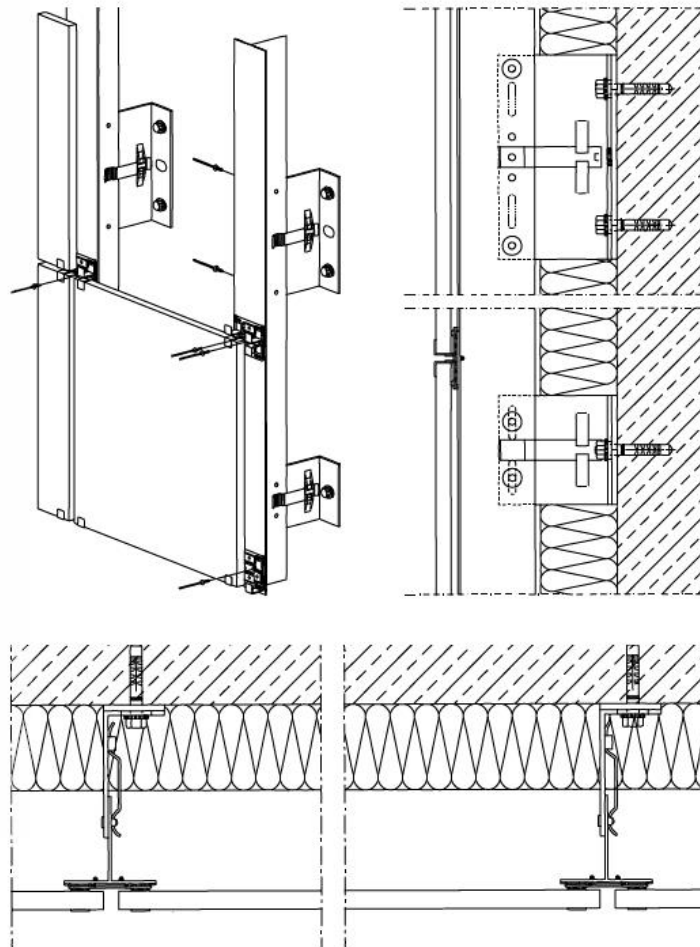
SISTEMA DI FISSAGGIO DISCONTINUO CON CLIPS AL BORDO E MONTANTI

1. Strato portante
2. Strato termoisolante
3. Tassello chimico o meccanico
4. Staffa principale ad «L» di ancoraggio
5. Staffa secondaria ad «L» di ancoraggio
6. Elemento di trattenuta
7. Montante a «T» in alluminio
8. Rivetto
9. Clips
10. Rivestimento

Pareti ventilate



agganci visibili



Pareti ventilate



agganci invisibili

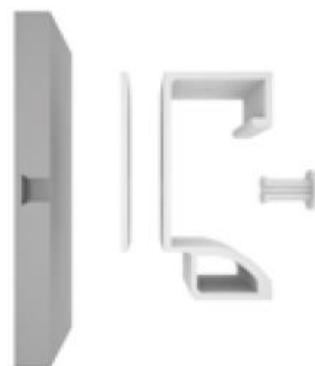
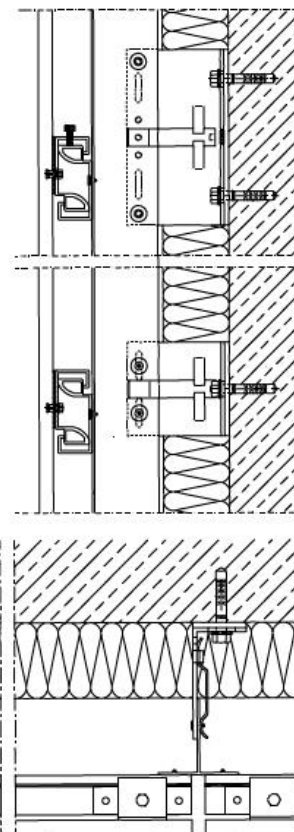


Fig. A



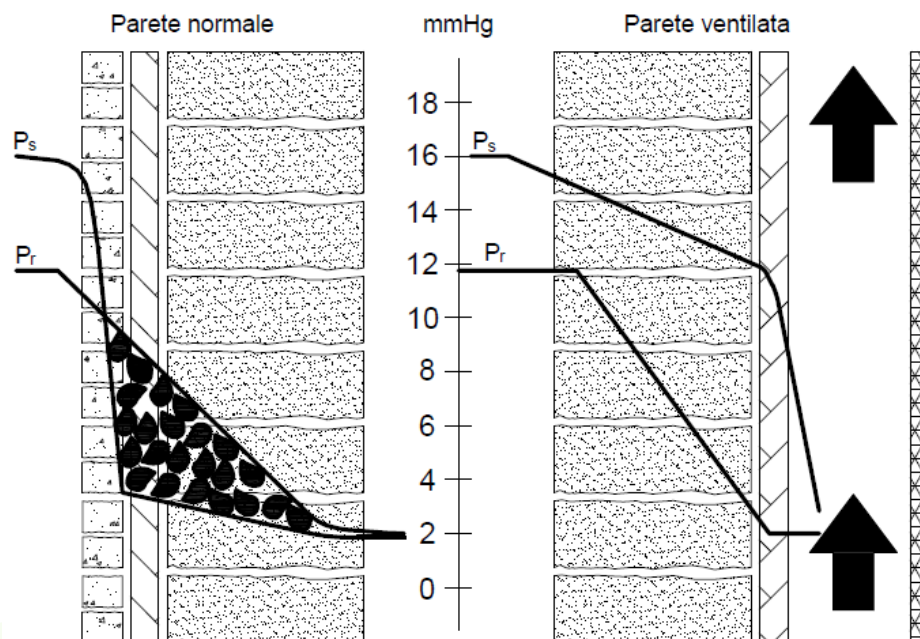
Pareti ventilate

Lo strato isolante deve essere realizzato con materiali dotati di **tenuta al fuoco**, al fine di non propagare la fiamma in caso di incendio, **non deperibili**, **autoportanti** e dotati di **resistenza meccanica**. In genere sono quindi impiegati **pannelli rigidi** in fibre minerali (schiuma di vetro, lastre di perlite o vermiculite) o vegetali (lastre in lana di legno lastre di sughero, fibre di cellulosa), in materie **plastiche cellulari** (schiume rigide di polistirolo e polistirolo espanso, poliuretano, polistirene), con uno spessore variabile tra 60 mm e 100 mm in base alla composizione stratigrafica dello strato portante.

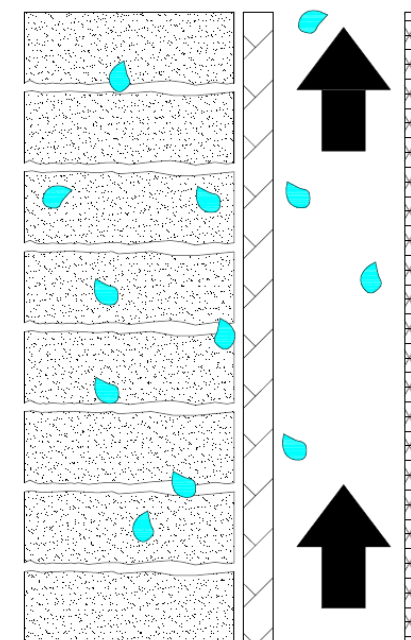
La **regolarità** dello strato di **supporto** determina la modalità di collegamento: superfici regolari consentono l'applicazione dello strato termoisolante per incollaggio, mentre superfici che non garantiscono la perfetta adesione fanno propendere per sistemi meccanici.



Pareti ventilate

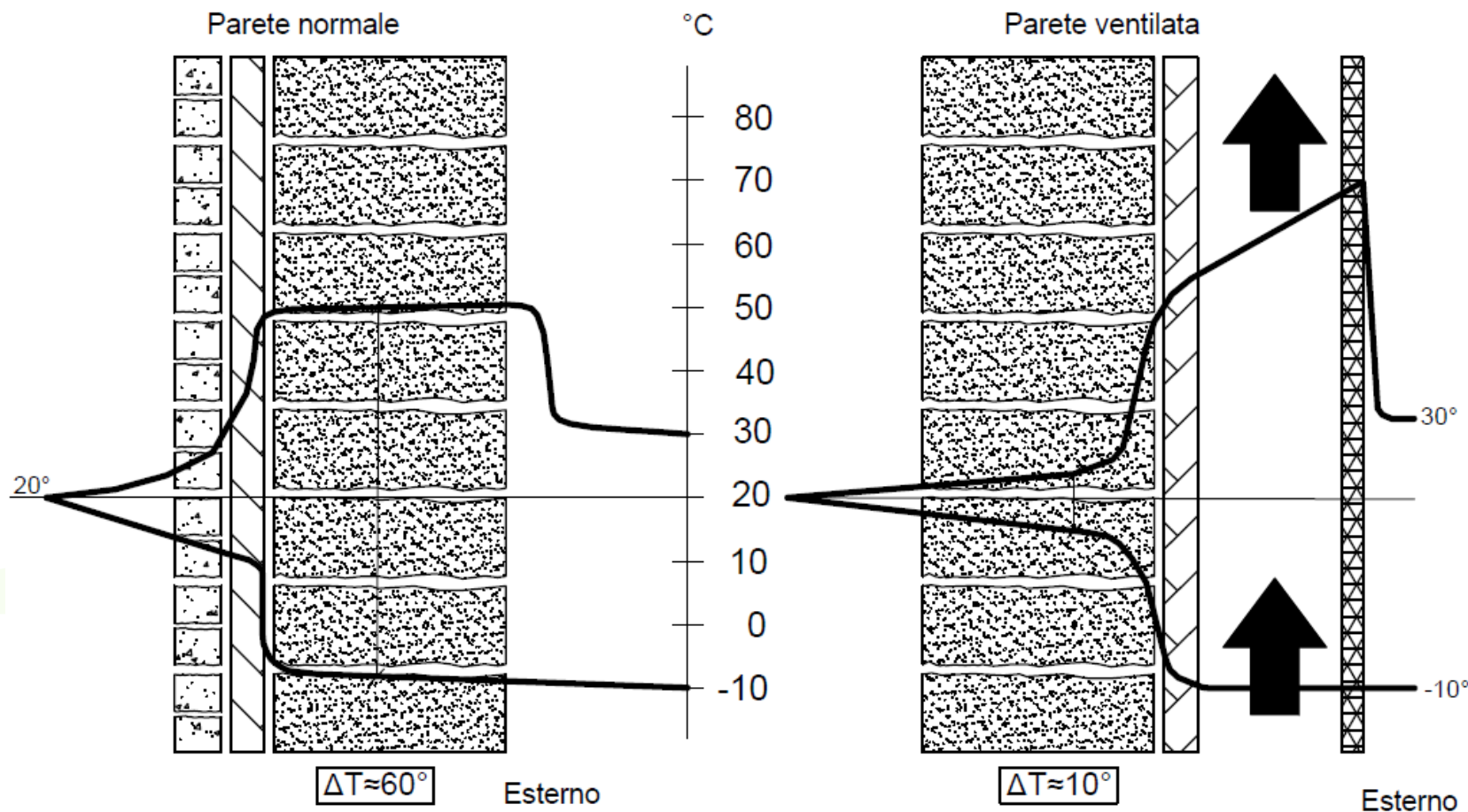


Migliore controllo della permeabilità al vapore



Effetto camino

Pareti ventilate



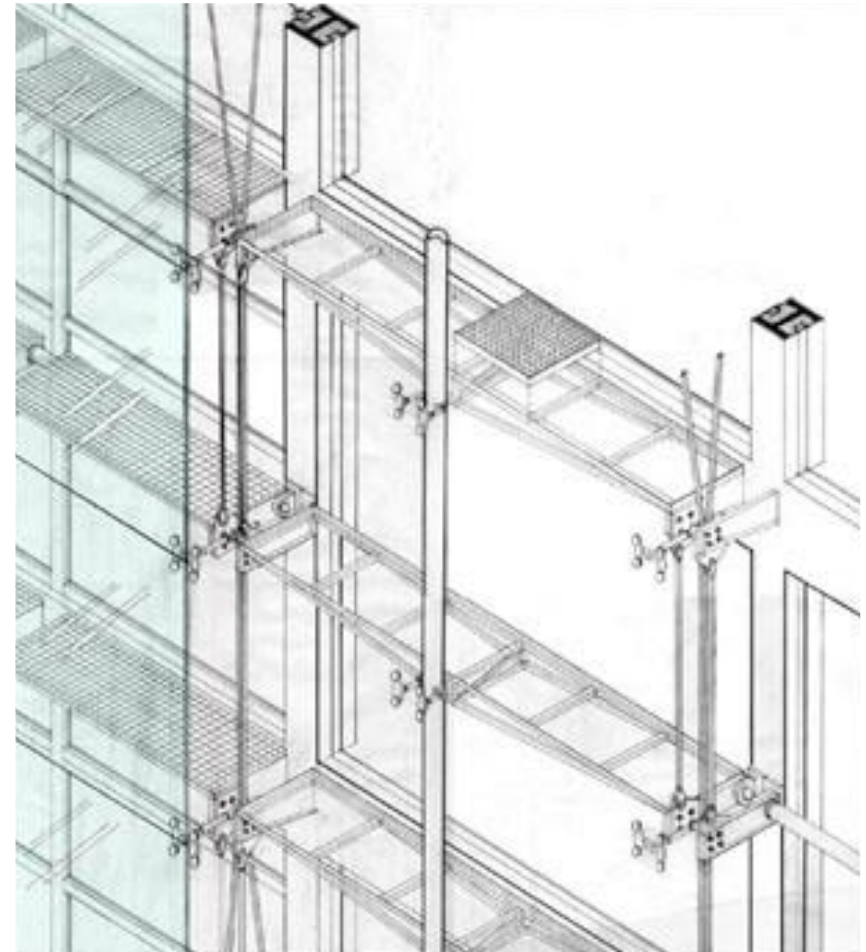
Riduzione shock termici
sulla muratura

Facciate a doppia pelle in vetro

Cambridge Public Library,
Cambridge (MA, USA)

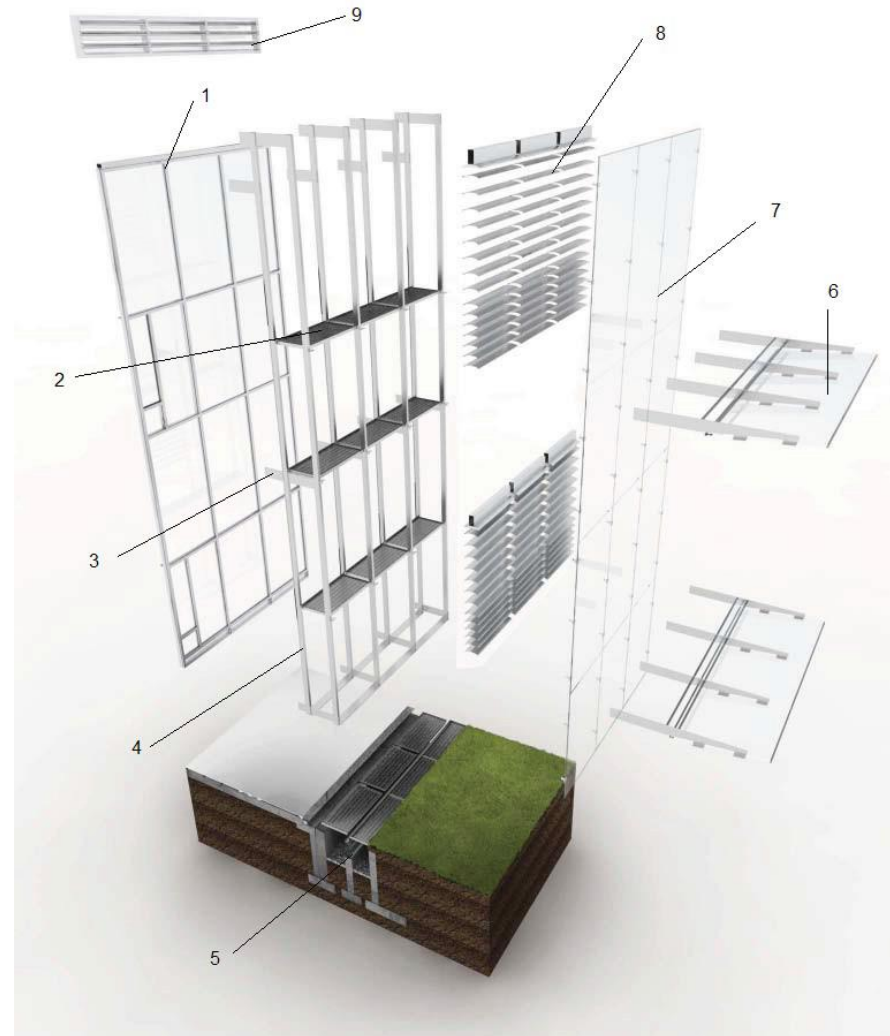


Facciate a doppia pelle in vetro



Facciate a doppia pelle in vetro

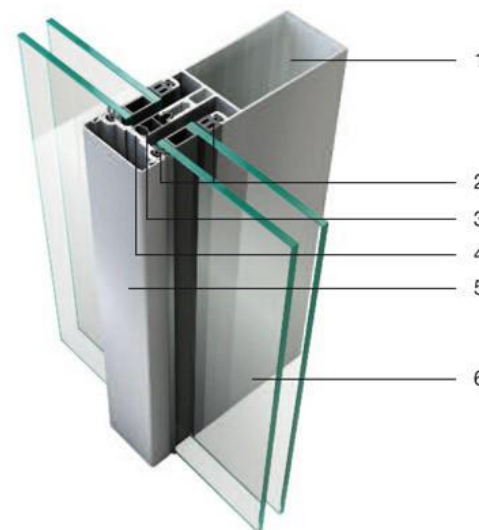
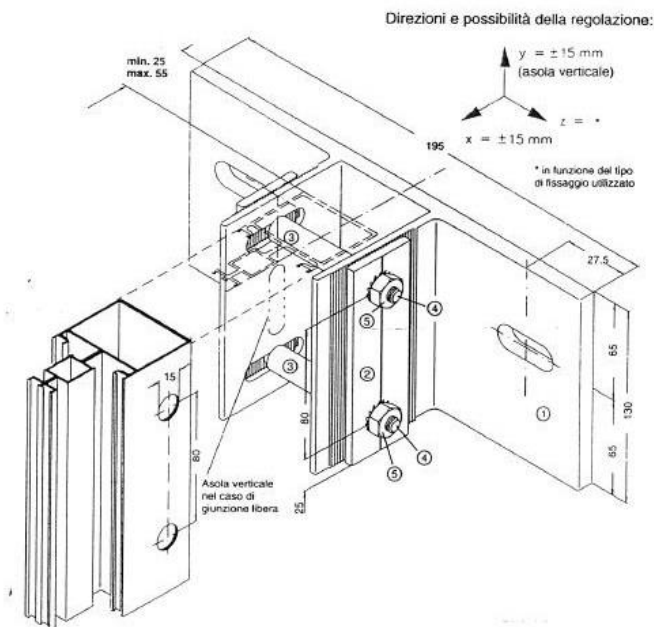
1. facciata continua con montanti e traversi, vetrocamera «isolante»
2. spazi per la manutenzione
3. elementi di collegamento
4. sottostruttura a telaio per il sostegno della facciata esterna
5. griglie apribili per la ventilazione alla base
6. schermature solari fisse esterne alla facciata
7. strato di rivestimento esterno in vetro (facciata appesa)
8. schermature solari mobili poste in intercapedine
9. griglie apribili in sommità



Facciate a doppia pelle in vetro

Staffa di ancoraggio
del telaio metallico
agli orizzontamenti
dell'edificio

Fissaggio delle lastre mediante pressori in alluminio



Facciate a doppia pelle in vetro

