



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

Dipartimento
di Ingegneria ed Architettura

Ing. Carlo Antonio Stival
via A. Valerio 6/1
34127 Trieste
+390405583483
cstival@units.it

LEZIONE

4

4-11 MARZO 2020

Chiusure verticali

Materiali e soluzioni tecnologiche

A. A. 2019-2020

Laboratorio di **Costruzione dell'Architettura II**

Corso di **Progetto di componenti edilizi**

4.1

Soluzioni «tradizionali»

Pareti portanti in pietra naturale

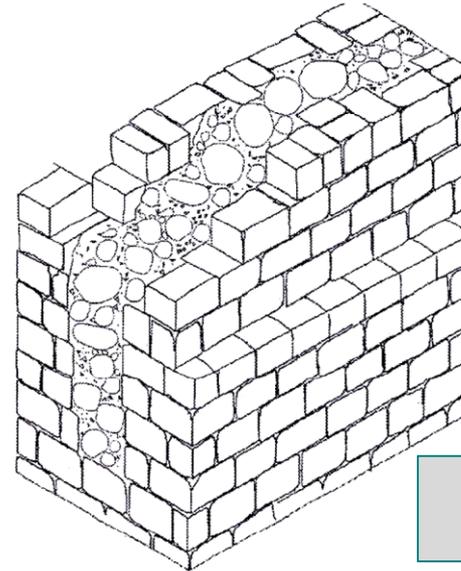
Nella famiglia delle pareti perimetrali portanti si possono inserire tutte quelle realizzate in **pietra naturale**, in **matton**e o in **laterizio**, oppure realizzate a **getto** di **calcestruzzo**.

Si definiscono murature le strutture murarie costituite da diversi **elementi** in **sovrapposizione**, con o senza l'utilizzo di **leganti**.

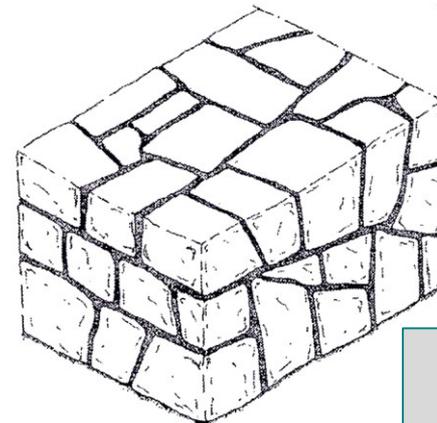
Le caratteristiche che definiscono le murature in pietra sono essenzialmente:

- la resistenza alla **compressione**;
- l'**inalterabilità** alle **intemperie** e al gelo;
- **stabilità chimica**;
- **affinità** con le **malte** impiegate.

In generale le murature portanti sono caratterizzate da buone prestazioni di **inerzia termica**, grazie alla massa ed allo spessore necessari ad assicurare le prestazioni strutturali. La sicurezza strutturale offerta dalla muratura varia in base al tipo ed alla qualità dei materiali lapidei impiegati e delle malte.



Muratura a secco



Muratura in pietra non squadrata

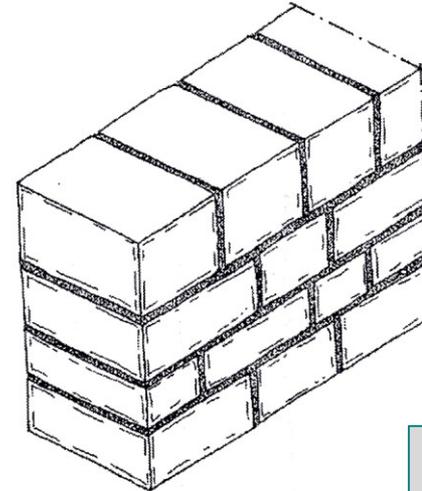
Pareti portanti in pietra naturale

La muratura in pietra naturale di cava si trova solitamente realizzata in pezzatura conforme allo spessore da conferire alla parete, sottoposti a **pulitura** e **lavaggio** per migliorare l'aderenza alla legatura in malta. Le pietre più comunemente utilizzate sono:

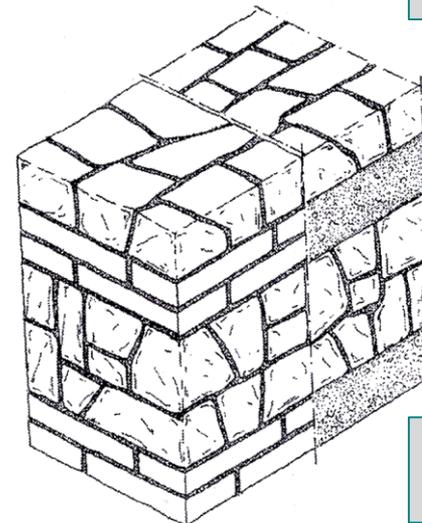
- rocce **eruttive**, dure e compatte, caratterizzate da una notevole omogeneità e isotropia;
- rocce **sedimentarie**, derivanti dalla frantumazione delle rocce eruttive e quindi anisotrope;
- rocce **metamorfiche**, derivanti dalle precedenti in situazioni di elevata temperatura o elevata pressione.

Le murature in pietra naturale allettate con malta sono suddivise nelle tipologie **non squadrate**, **listata** (impiegata in corrispondenza di discontinuità geometriche) e **squadrate**. lo spessore minimo conferito alle pareti può scendere da **50** a **30 cm** al diminuire della quantità di pezzi non squadrate.

La muratura a sacco si riscontra soltanto in **edifici esistenti**.



Muratura in pietra squadrate



Muratura listata

Pareti portanti in pietra naturale



Abitazione saurana
tradizionale

Pareti portanti in pietra naturale



Abitazione saurana
«ottocentesca»

Elementi artificiali

In queste soluzioni gli elementi portanti sono di **forma regolare parallelepipeda**, legati con **malta** secondo una disposizione regolare. i materiali impiegati sono:

- **laterizio** e **laterizio alleggerito**, secondo diverse tipologie di posa, nei formati di **mattone** e di **blocco**;
- **calcestruzzo**.

Gli elementi in laterizio si suddividono in funzione del volume del singolo pezzo e in base all'eventuale foratura.

Le murature in **mattoni pieni**, in elementi standardizzati di dimensione mm 55 x 120 x 250 (dimensione UNI) aventi una **percentuale di foratura inferiore al 15%**, presenta caratteri di omogeneità e compattezza derivanti dalla **regolarità** dei singoli **elementi**, facilità di esecuzione ed elevata adattabilità alla geometria dell'edificio.

All'atto della posa in opera, il mattone deve presentarsi **saturo d'acqua**, al fine di non imbibirsi con l'acqua presente nelle malte.

MATTONI

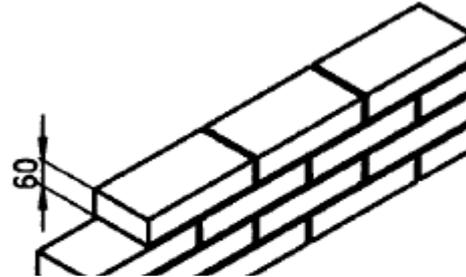
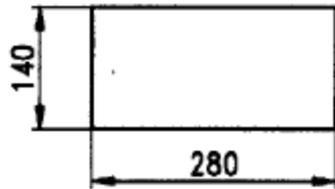
Elementi per murature in laterizio di volume inferiore a 5500 cm³.

BLOCCHI

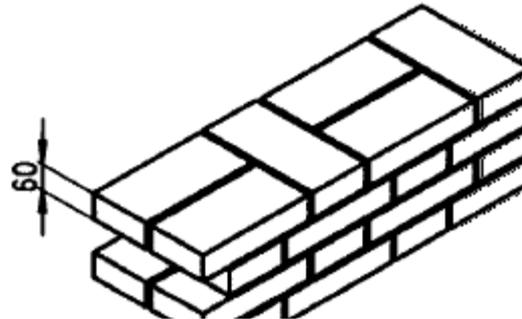
Elementi per murature in laterizio di volume superiore a 5500 cm³.

Elementi artificiali

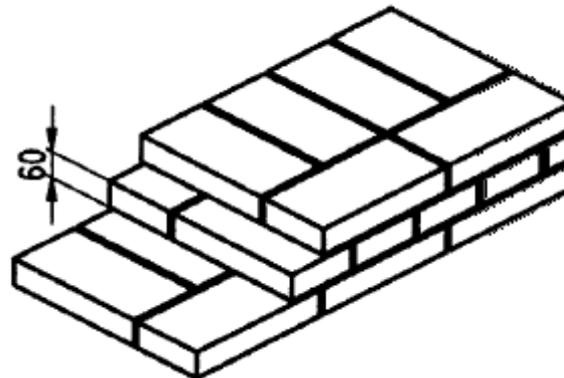
MATTONI PIENI



muro a una testa



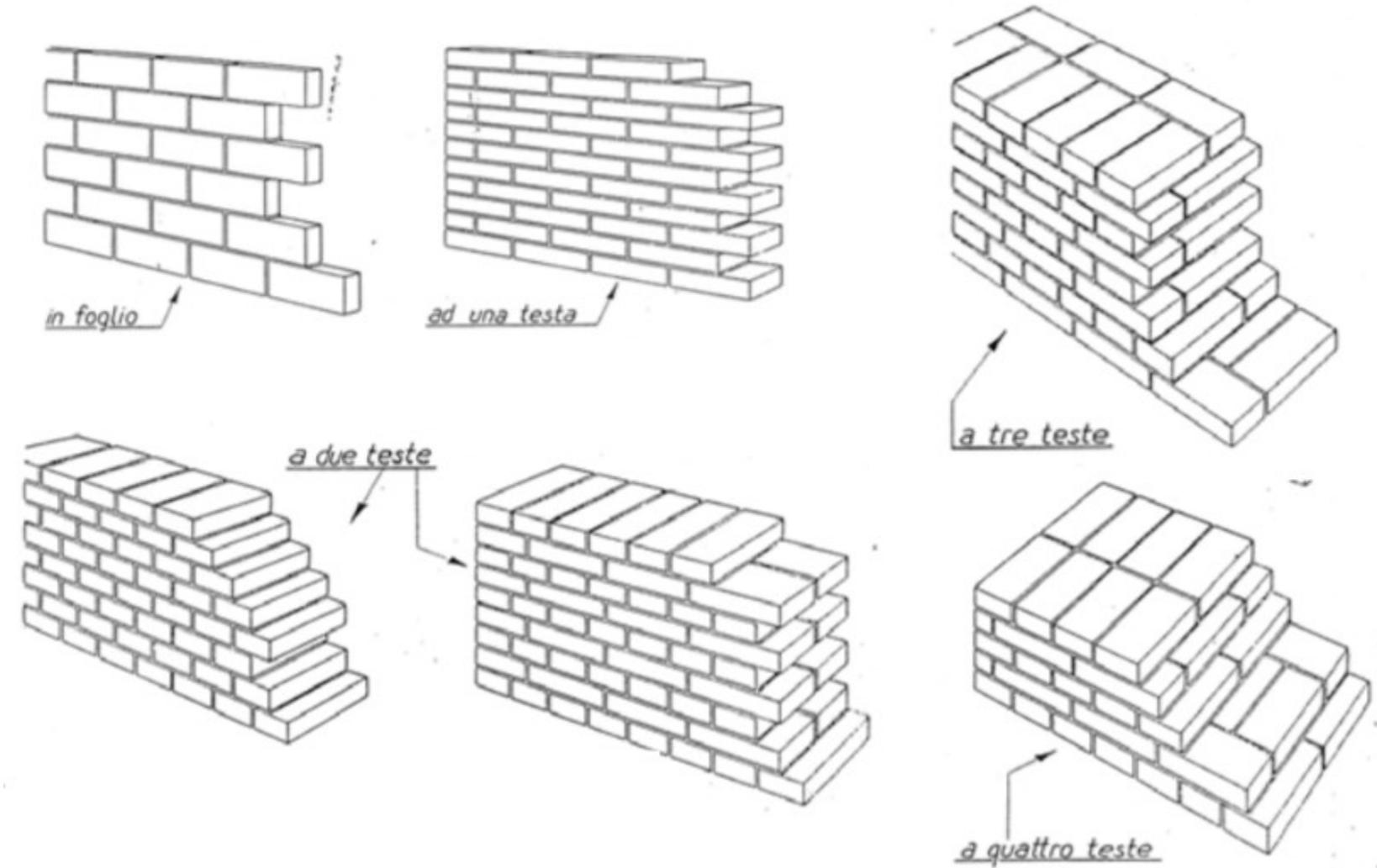
muro a due teste



muro a tre teste

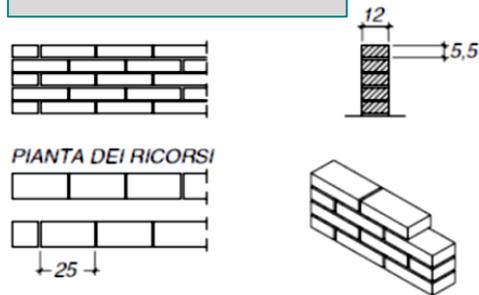
Il posizionamento avviene in **foglio**, di **faccia** o di **punta**, oppure in configurazioni a **più teste**.

Elementi artificiali

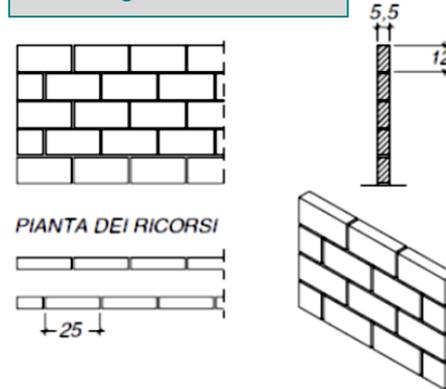


Elementi artificiali

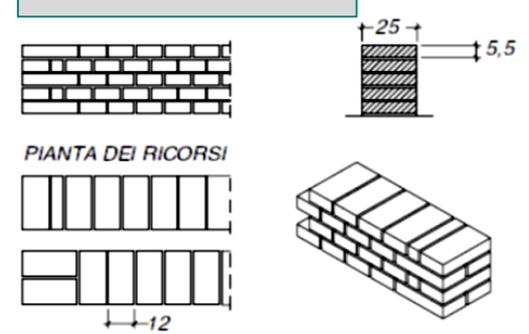
in chiave a 1 testa



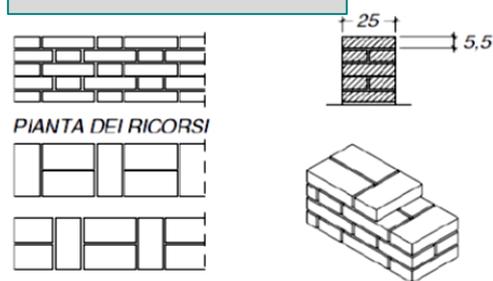
in foglio a 1 testa



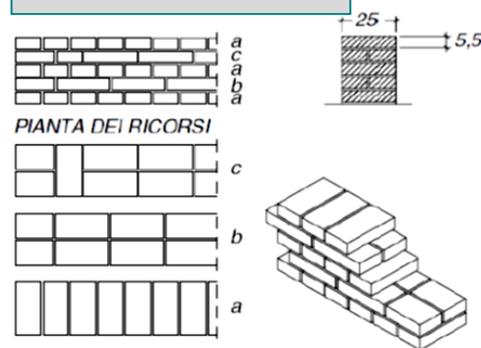
in chiave a 2 teste



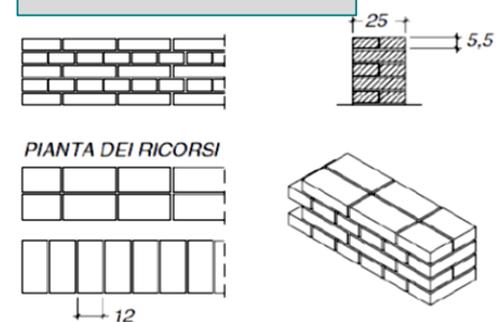
gotica a 2 teste



a croce a 2 teste

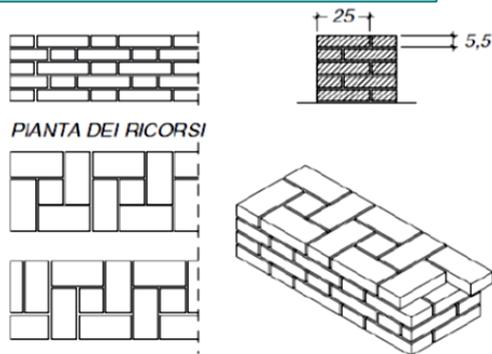


a blocco a 2 teste

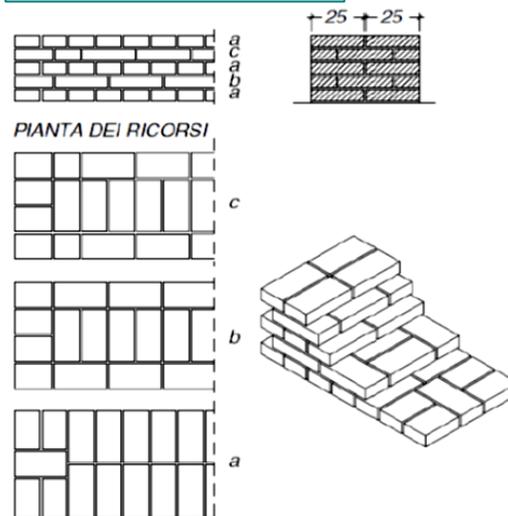


Elementi artificiali

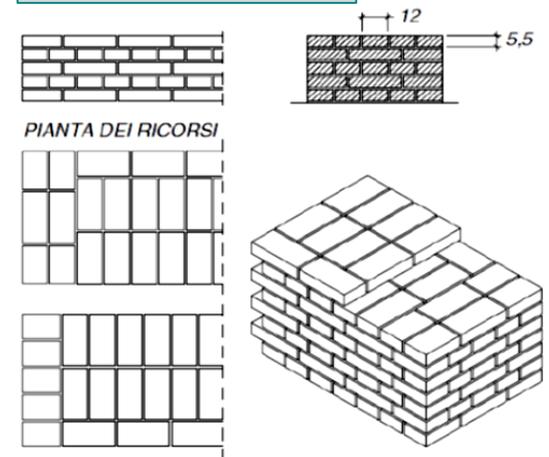
gotica a 2 teste



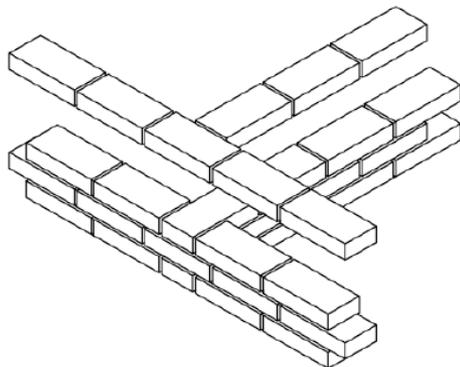
a croce a 4 teste



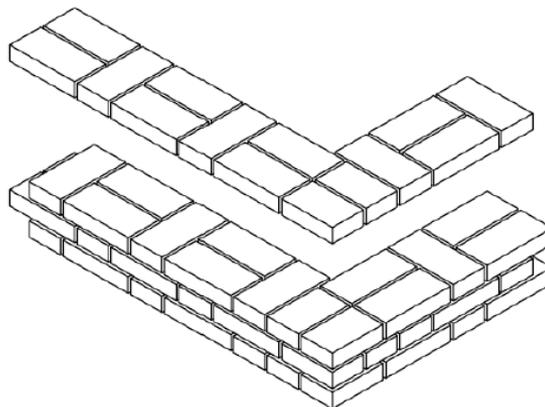
a blocco a 5 teste



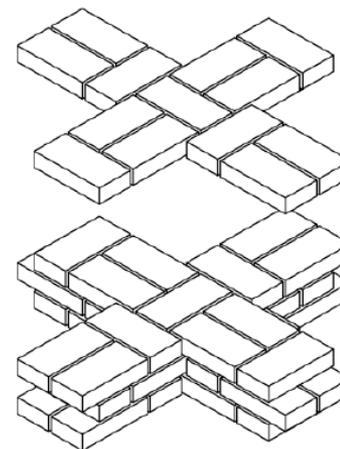
Elementi artificiali



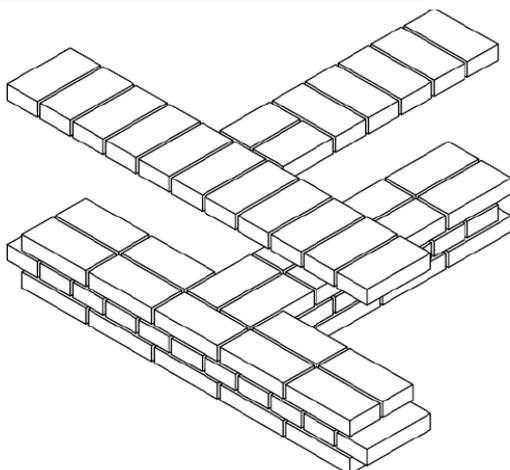
«T» tra muri a 1 testa



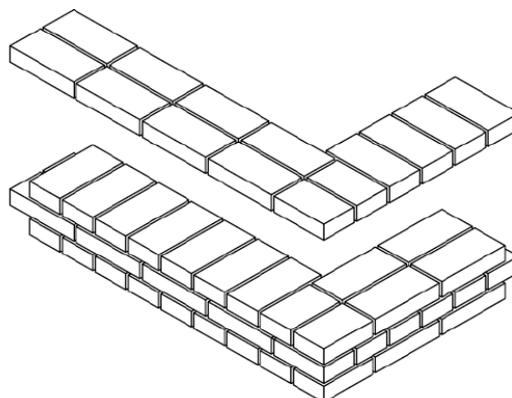
angolo tra muri a 2 teste



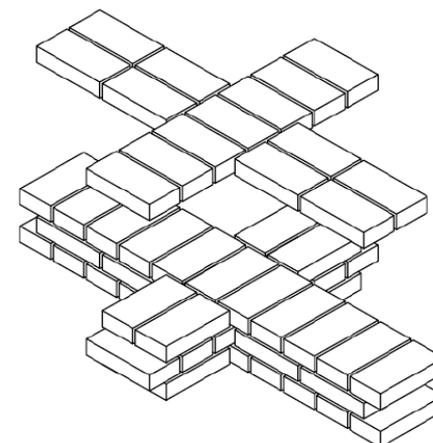
incrocio tra muri a 2 teste



«T» tra muri a 2 teste



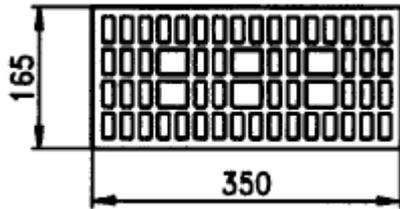
angolo tra muri a 2 teste



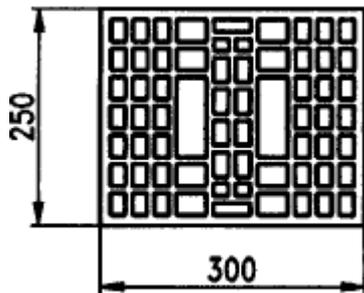
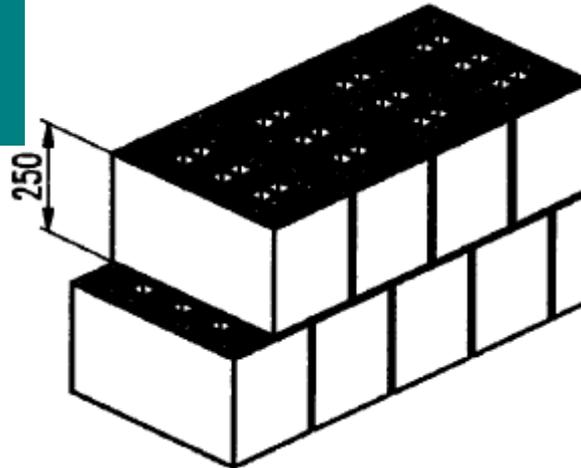
incrocio tra muri a 2 teste

Elementi artificiali

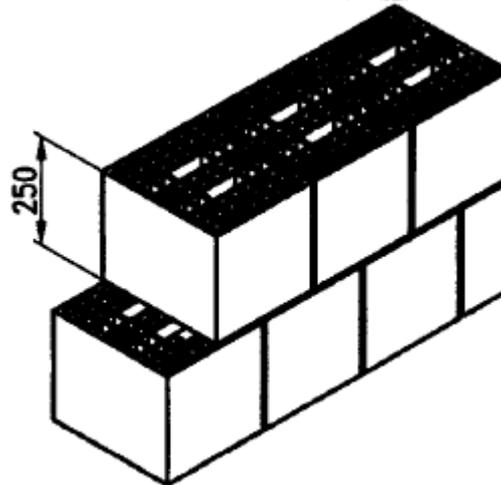
BLOCCHI SEMIPIENI



$f = 41\%$



$f = 45\%$



La definizione delle caratteristiche degli elementi tecnici in **laterizio** per costruzioni in **zona sismica** sono definite dalle Norme Tecniche per le Costruzioni.

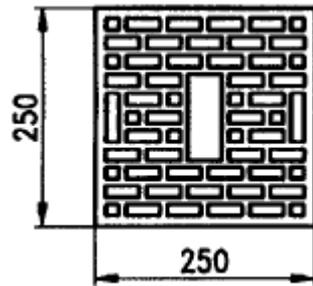
Il documento fissa la denominazione in base a **dimensione** e **percentuale** di **foratura**:

- elemento **pieno** per percentuale di foratura **inferiore al 15%**;
- elemento **semipieno**, percentuale di foratura **compresa tra il 15% ed il 45%**;
- elemento **forato**, percentuale di foratura **compresa tra il 45% ed il 55%**.

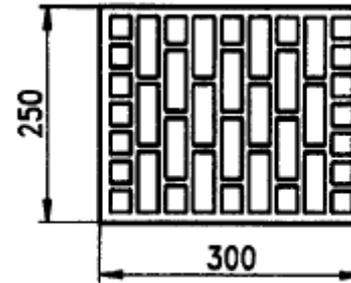
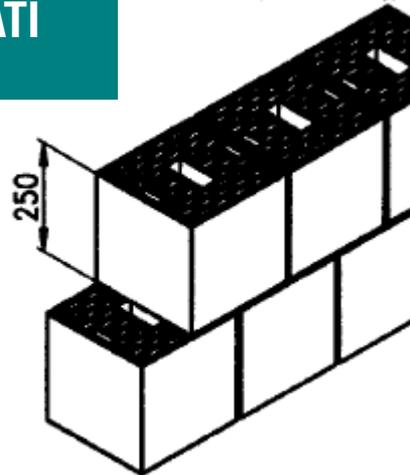
Elementi **forati** sono impiegabili per **strutture portanti**, se la **percentuale** di foratura è **inferiore al 55%**.

Elementi artificiali

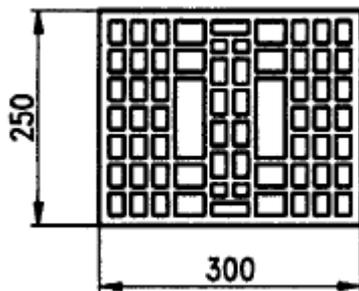
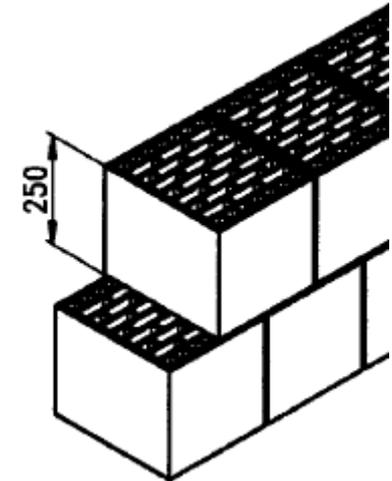
BLOCCHI FORATI



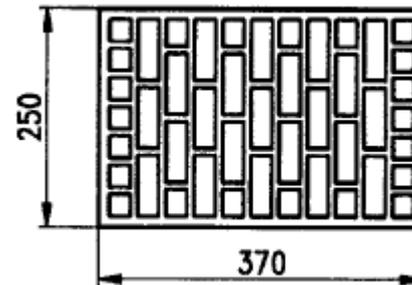
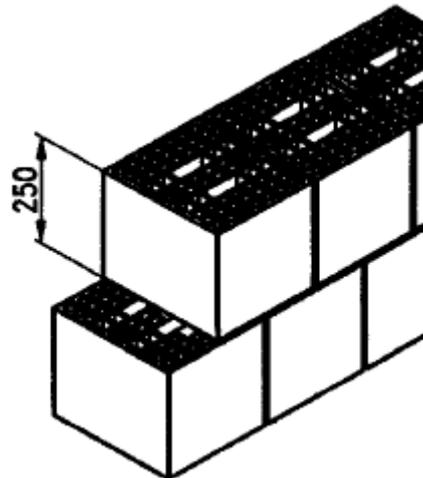
$f = 46\%$



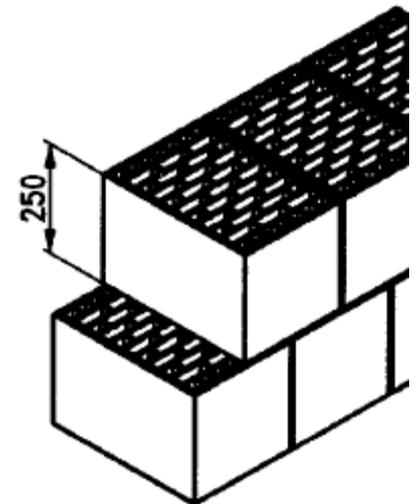
$f = 65\%$



$f = 54\%$

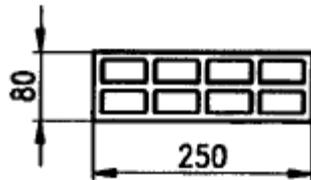


$f = 54\%$

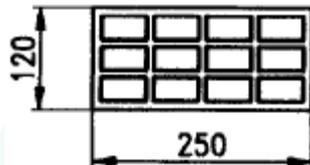


Elementi artificiali

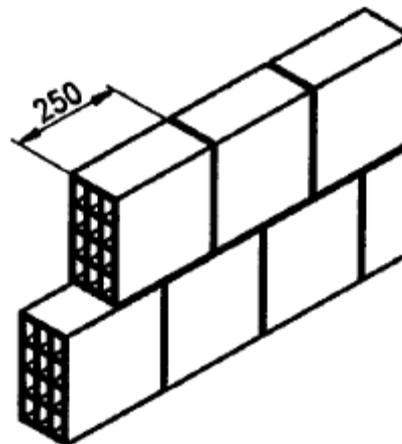
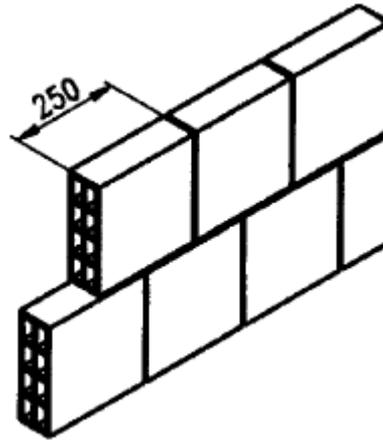
MATTONI FORATI



$f = 63 \%$



$f = 66 \%$



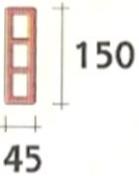
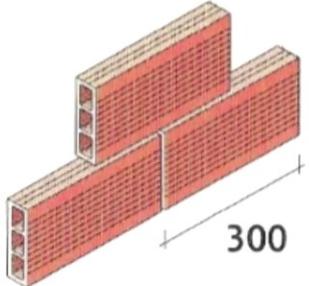
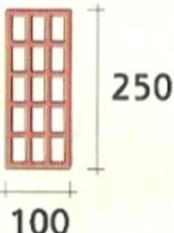
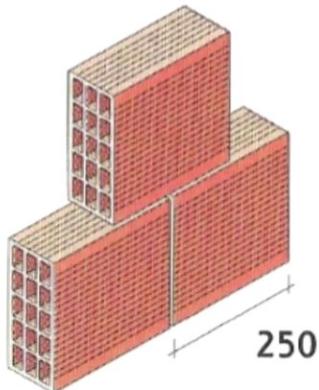
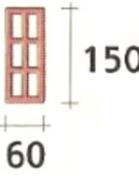
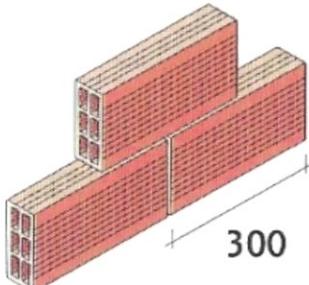
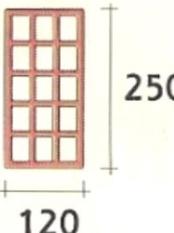
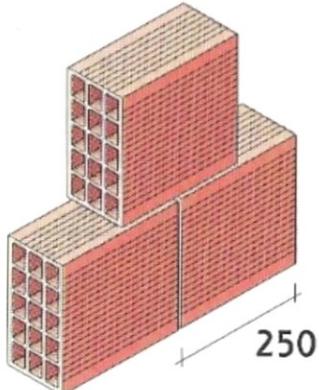
I fori di mattoni e blocchi in laterizio e calcestruzzo sono posizionati in direzione **ortogonale o parallela** al **piano di posa**.

La **disposizione** dei **fori** è fondamentale per **assicurare** le **prestazioni** di **resistenza meccanica** alla parete.

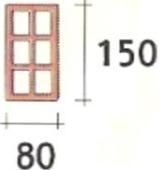
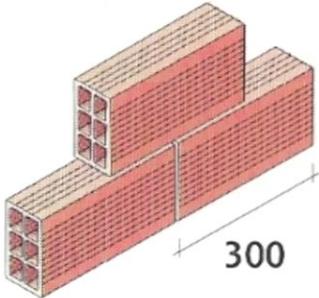
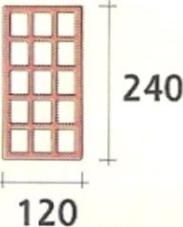
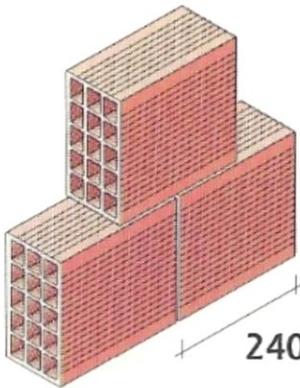
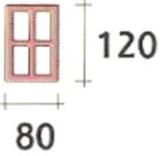
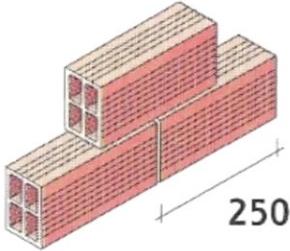
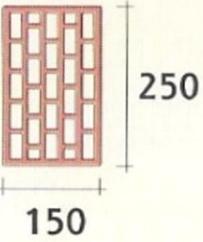
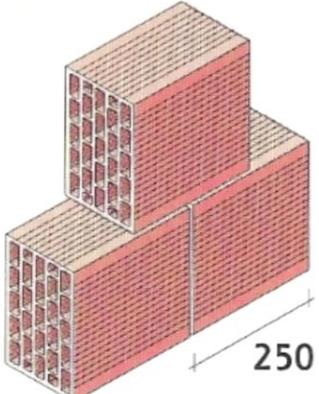
La realizzazione di **pareti portanti** con elementi in laterizio forati può avvenire **disponendo** esclusivamente con **asse verticale** i **fori** passanti.

Anche la prestazione energetica complessiva della parete risente della disposizione dei fori.

Elementi artificiali

Sezione dell'elemento (misure in mm)	Rappresentazione della struttura (misure in mm)	Massa areica kg/m ²	Resistenza termica m ² K/W	Sezione dell'elemento (misure in mm)	Rappresentazione della struttura (misure in mm)	Massa areica kg/m ²	Resistenza termica m ² K/W
 150 45 Ø = 58%	*  300	38	0,11	 250 100 Ø = 62%	 250	78	0,27
 150 60 Ø = 57%	 300	52	0,16	 250 120 Ø = 66%	 250	86	0,31

Elementi artificiali

Sezione dell'elemento (misure in mm)	Rappresentazione della struttura (misure in mm)	Massa areica kg/m ²	Resistenza termica m ² K/W	Sezione dell'elemento (misure in mm)	Rappresentazione della struttura (misure in mm)	Massa areica kg/m ²	Resistenza termica m ² K/W
 150 80 Ø = 63%	 * 300	63	0,19	 240 120 Ø = 70%	 240	78	0,25
 120 80 Ø = 64%	 250	63	0,18	 250 150 Ø = 60%	 250	114	0,46

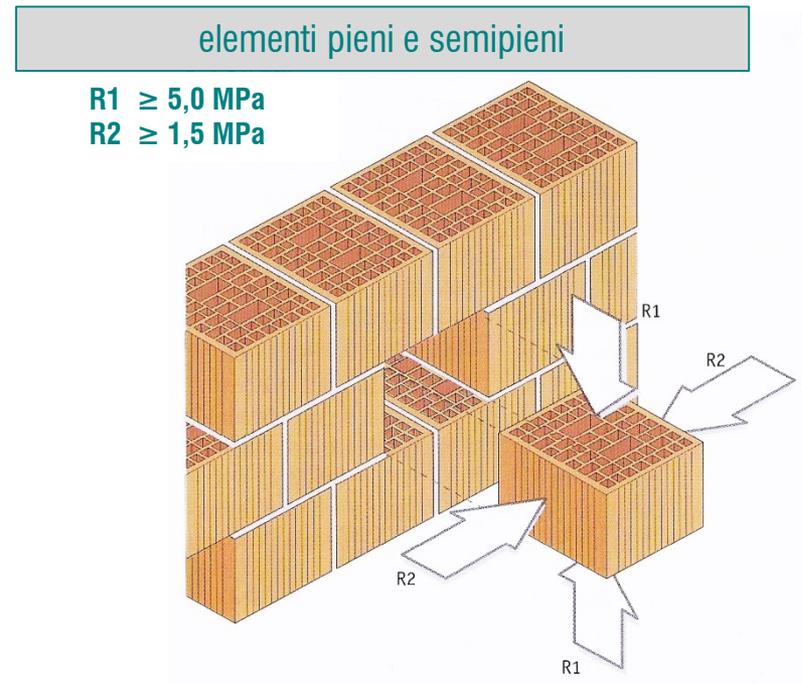
Composizione degli elementi tecnici

Le soluzioni conformi di tamponamento sono realizzate per piccoli elementi o per pannelli.

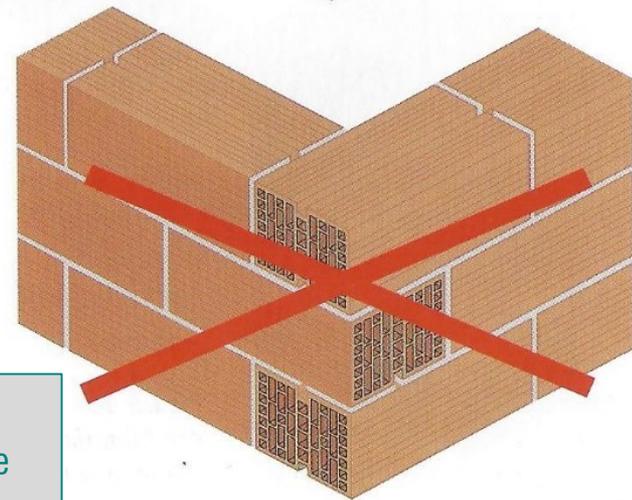
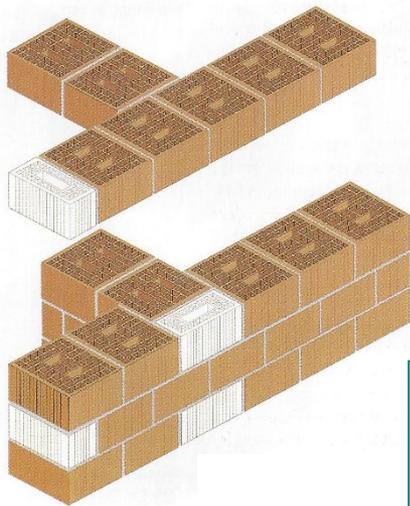
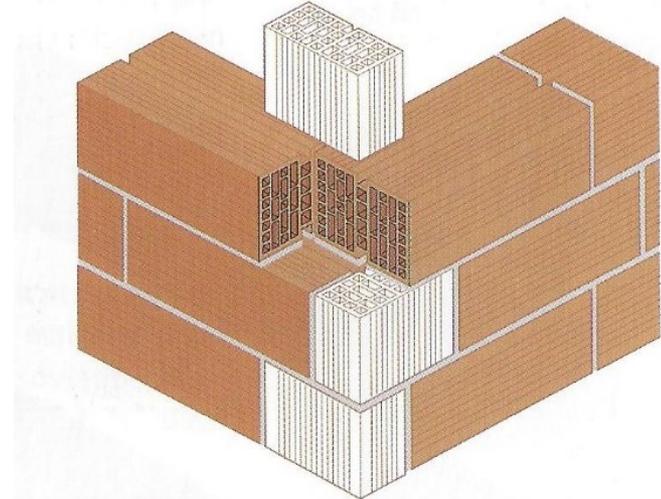
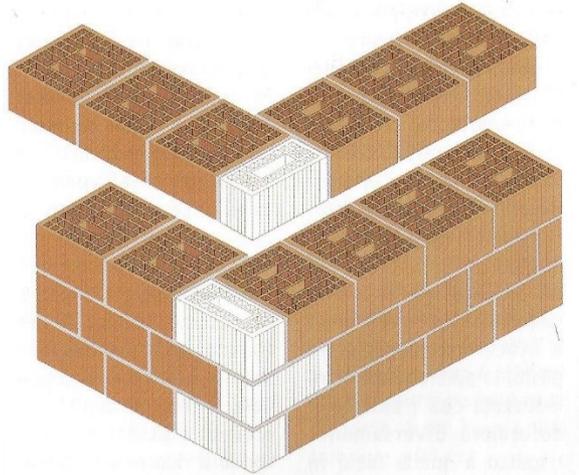
Le pareti a piccoli elementi sono realizzate mediante la sovrapposizione di elementi di dimensioni ridotte, quali mattoni o blocchi in laterizio o calcestruzzo alleggerito, disposti per strati successivi e collegati da letti di malta, che permette di riempire i vuoti tra gli elementi e di creare un sistema nel quale le tensioni siano trasmesse uniformemente.

La realizzazione avviene per file orizzontali: gli strati di posa devono essere ortogonali alla linea d'azione dei carichi. Lo sfalsamento dei giunti verticali evita che si formino linee di minore resistenza che porterebbero a lesioni e distacchi nella muratura.

È necessario che le **prestazioni meccaniche** richieste ad una **malta** siano **uniformi** a quelle **offerte** dagli **elementi** della **muratura**, in quanto essa ha minore resistenza meccanica ed una certa incertezza di comportamento.



Composizione degli elementi tecnici



modalità corrette di
esecuzione di angoli e
incroci

Composizione degli elementi tecnici

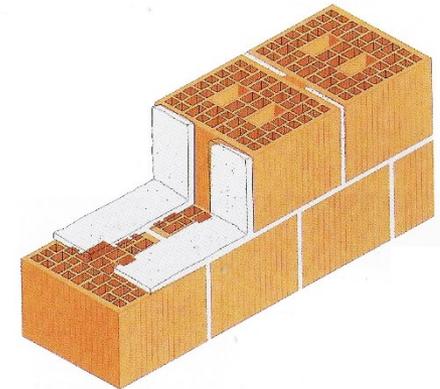
Le nuove NTC definiscono anche le **malte** per la posa in opera di elementi in laterizio, distinguendo:

- malte a **prestazione garantita**, in cui la categoria è definita dalla lettera M seguita da un numero che indica la resistenza a compressione (2,5; 5; 10; 20) espressa in MPa;
- malte a **composizione prescritta** (idraulica, pozzolanica, bastarda, cementizia), in cui sono individuate le parti di composizione.

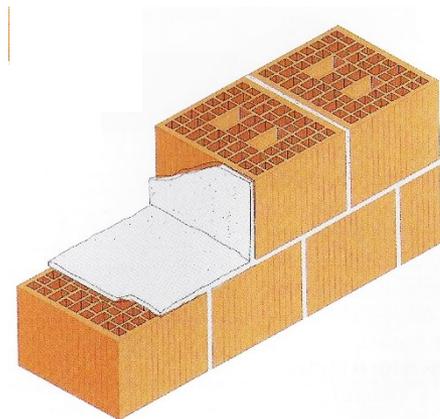
I giunti di malta devono essere preferibilmente **continui**, coprendo l'intera faccia dell'elemento.

Se sono eseguiti giunti interrotti al fine di migliorare le prestazioni termiche della parete, la distanza tra i cordoni di malta non devono essere superiori a 30 mm; ciò comporta una **riduzione** della **resistenza a compressione** di calcolo della muratura.

I giunti verticali possono essere realizzati con **sistemi a secco** (ad incastro) esclusivamente in **zona sismica 4**.



giunto interrotto



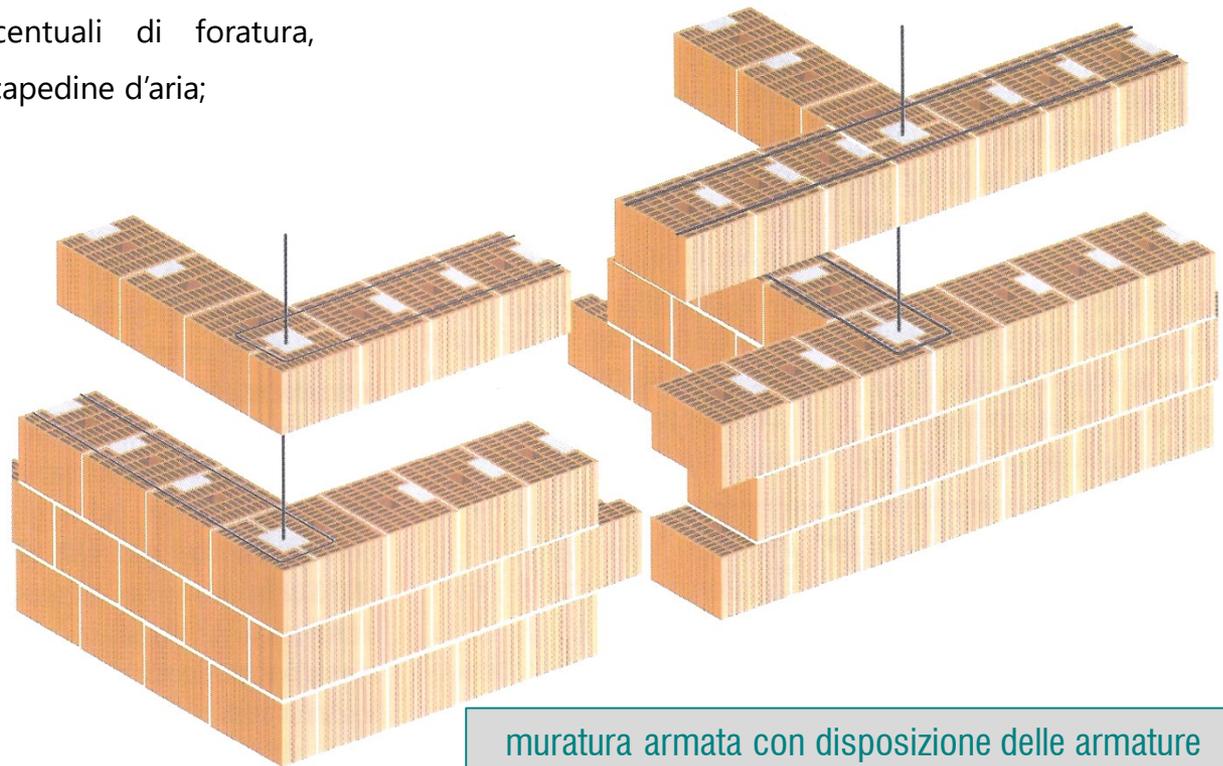
giunto continuo

Composizione degli elementi tecnici

Sono infine possibili due tipologie "spurie" di muratura portante:

- muratura **mista**, in cui sono riconoscibili **due o più paramenti** (di cui solitamente **uno portante** ed **uno portato**), consistenti di materiali diversi, oppure di laterizio con differenti percentuali di foratura, connessi tra di loro senza intercapedine d'aria; un buon comportamento della parete è legato alle caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati (resistenza a compressione, coefficiente di dilatazione termica);
- muratura **armata**, realizzata con **setti murari in blocchi** di laterizio o calcestruzzo, nelle cui forature è presente

un'**armatura in tondini d'acciaio** su ambo le giaciture; in questo modo la parete portante diviene una **struttura composta**, in cui l'armatura offre la resistenza meccanica alle forze di trazione indotte da sollecitazioni flessionali.



muratura armata con disposizione delle armature

Blocchi in calcestruzzo

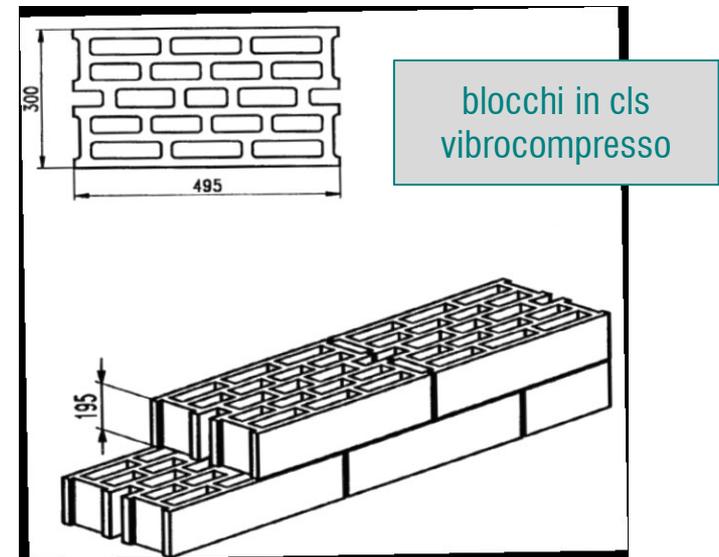
I blocchi in **calcestruzzo vibrocompresso** sono elemento in calcestruzzo di forma **parallelepipedica**, **pieni** o **forati**, prodotti con **processo industriale**, per la realizzazione di pareti **portanti** o **non portanti**.

Rispetto alla loro forma si individuano:

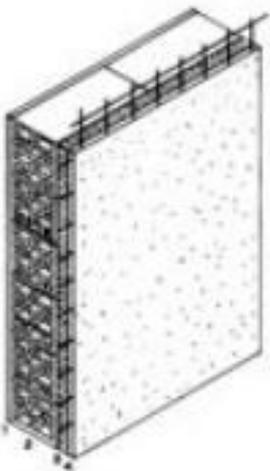
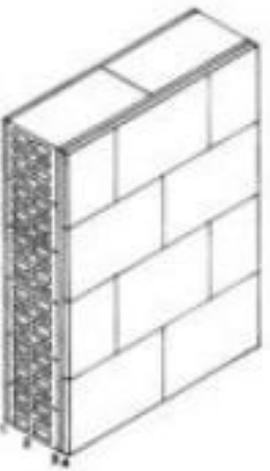
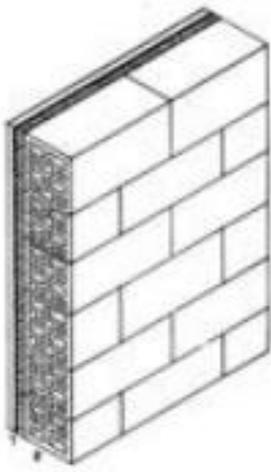
- blocchi di forma parallelepipedica, **normali**;
- blocchi **speciali**;
- blocchi a **incastro** o a **mazzetta** (per la realizzazione di **fori finestra**);
- blocchi cassero, predisposti per il **riempimento** con **conglomerato cementizio** anche armato;
- blocchi cavi per chiusure di **tamponamento**.

In base alla destinazione d'uso, se ne individuano tre famiglie:

- blocchi da **intonaco**, dotati di superficie scabre;
- blocchi **faccia a vista**, per **interno** o per **esterno**; in quest'ultimo caso abbinano alle caratteristiche estetiche prestazioni di resistenza agli agenti atmosferici.



Pareti di tamponamento

	CON INTONACO ESTERNO	CON RIVESTIMENTO ESTERNO	FACCIA VISTA
A PARETE UNICA	 <ol style="list-style-type: none"> 1 INTONACO INTERNO cm 1 2 BLOCCO ISOLANTE cm 30 3 ISOLANTE cm 3 4 RETE E INTONACO cm 2 	 <ol style="list-style-type: none"> 1 INTONACO INTERNO cm 1 2 BLOCCO ISOLANTE cm 30 3 MALTA O COLLANTE cm 1 4 RIVESTIMENTO cm 2 	 <ol style="list-style-type: none"> 1 CARTONGESSO cm 5 2 BLOCCO ISOLANTE A FACCIA VISTA cm 30

Pareti di tamponamento

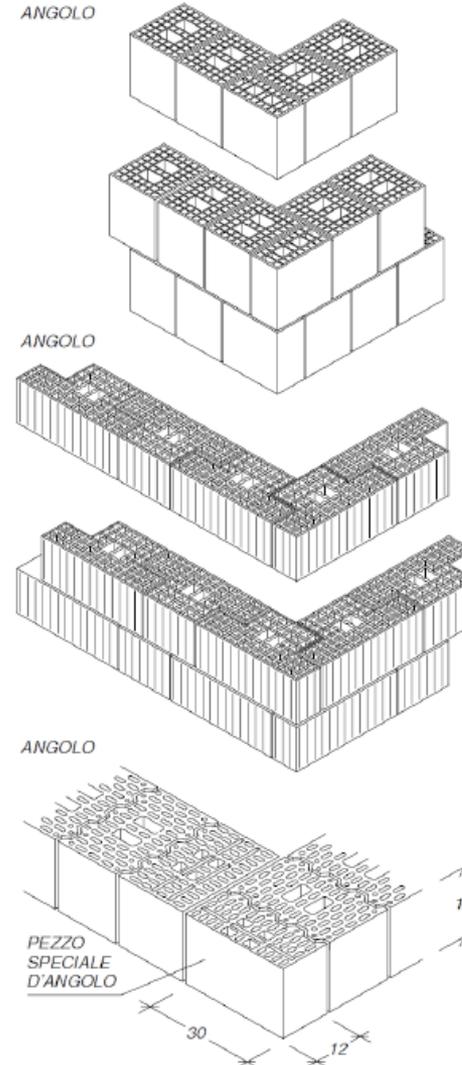
Le chiusure verticali **portate** o **di tamponamento** sono di origine più recente rispetto a quelle portanti in quanto associate a **strutture portanti** di tipo **lineare** (in calcestruzzo, in acciaio); inoltre, grande spinta alla loro diffusione è dipesa sia dalla maggiore leggerezza, sia dall'evoluzione dei processi industriali dell'edilizia (**sistemi** di costruzione **prefabbricati**).

Sono generalmente costituite da uno **strato unico** o **doppio**, quest'ultima soluzione con **intercapedine** vuota o riempita con materiale coibente.

Le prestazioni meccaniche richieste a queste chiusure sono limitate alla **resistenza** ai **carichi** indotti dal **peso proprio**, dall'azione del **vento**, oppure riconducibili alle azioni indotte dall'ossatura portante dell'edificio, da **urti** o da **vibrazioni**.

È la tipologia di struttura portante a determinare le due famiglie di tamponamento:

- in pannelli **murari**, in laterizio o in calcestruzzo;
- in pannelli **leggeri** e pesanti non murari.



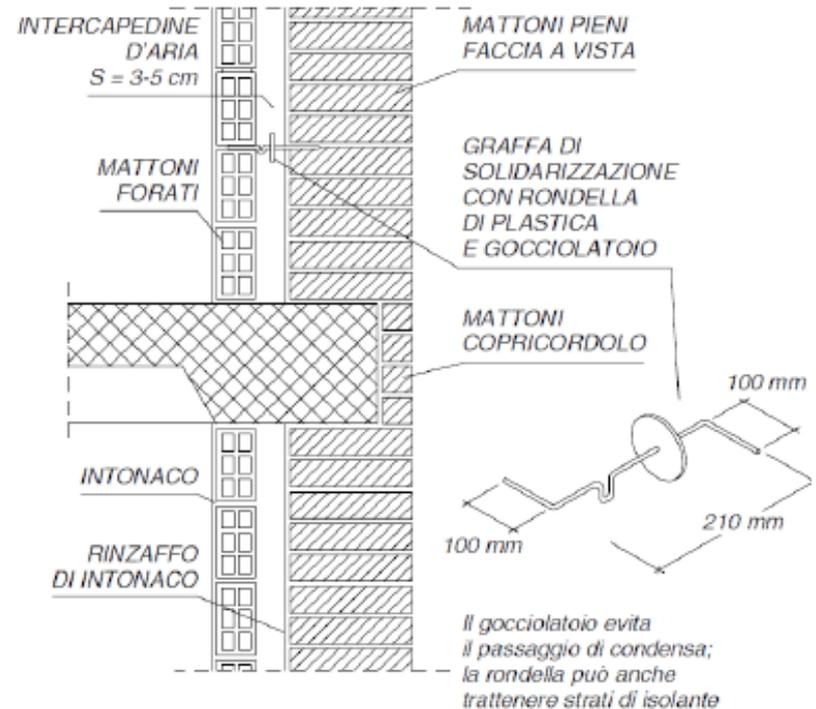
angoli per tamponamenti in laterizio

Pareti di tamponamento

In base alle modalità di realizzazione, si distinguono:

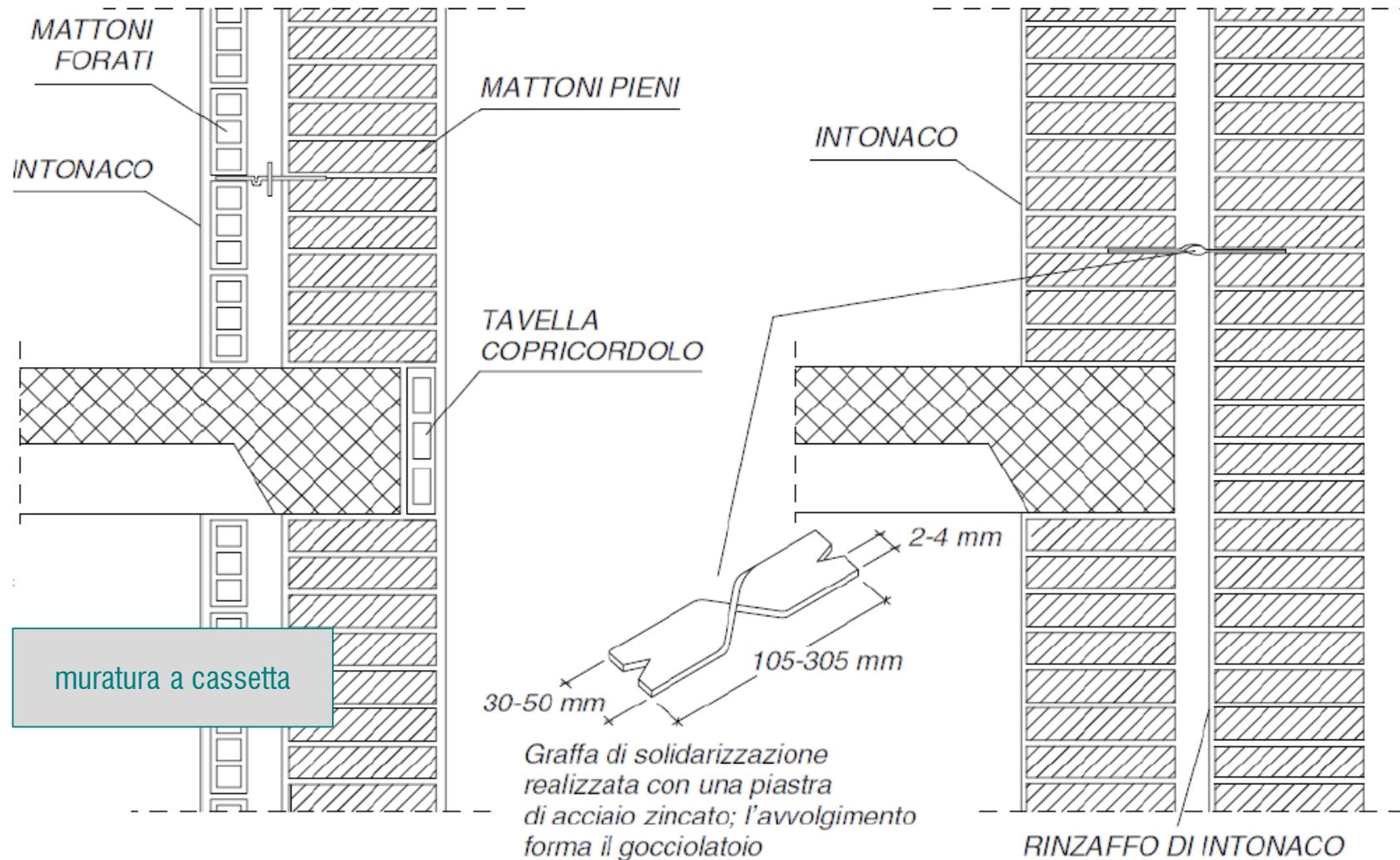
- pareti **realizzate in opera** con tecnologie tradizionali, in cui la tamponatura è contenuta nella trama dello scheletro portante;
- pareti **prefabbricate**, di tipo leggero o pesante, realizzate con pannelli prodotti secondo processi industriali o di cantiere, poi assemblate in opera mediante giunzioni, a umido o a secco;
- pareti realizzate a **getto** di **calcestruzzo**, con l'impiego di **matrici** o **casseri**. Queste soluzioni presentano di solito una **struttura omogenea**, composta un unico strato funzionale. Le prestazioni offerte da queste pareti monostrato dipendono dalle proprietà e dallo spessore del materiale impiegato.

In quest'ultimo caso la predisposizione avviene con matrici, casseri o casseforme destinate a contenere il getto di calcestruzzo, successivamente reimpiegabili. L'armatura in acciaio è preparata a piè d'opera e inserita nelle casseforme prima del getto.

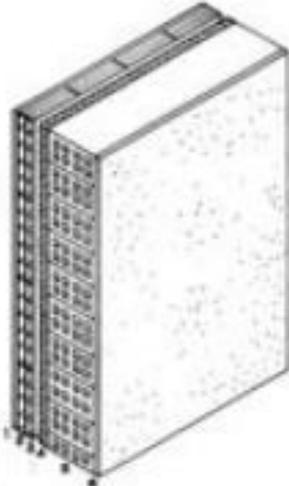
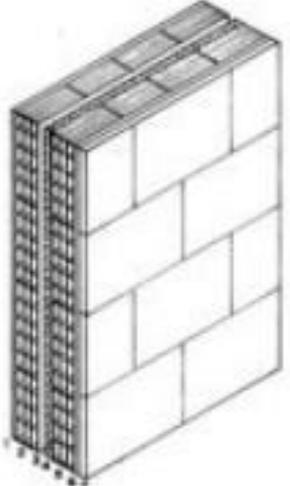
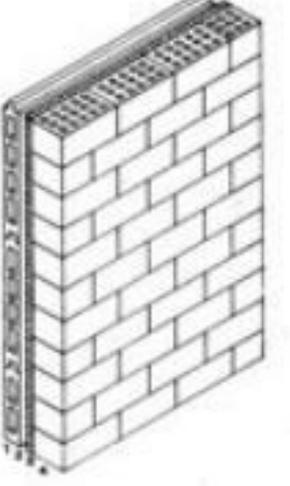


muratura di tamponamento faccia a vista

Pareti doppie

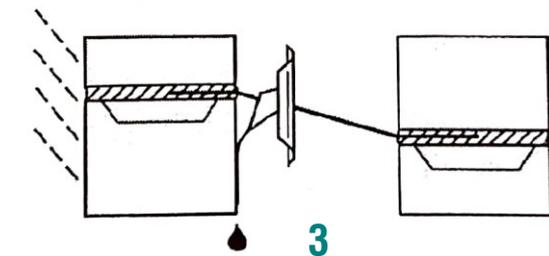
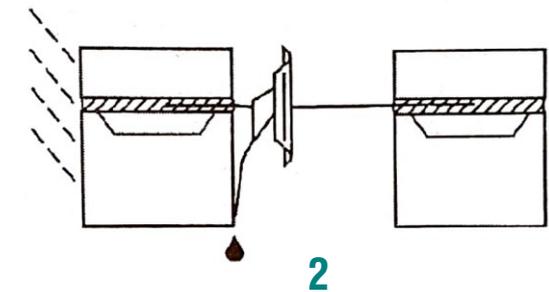
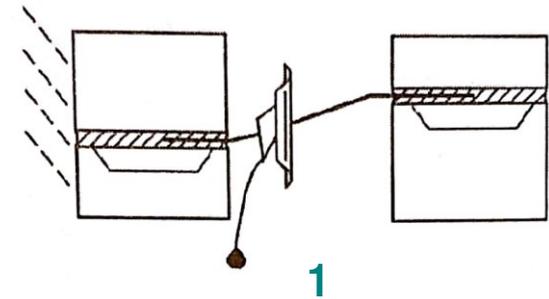
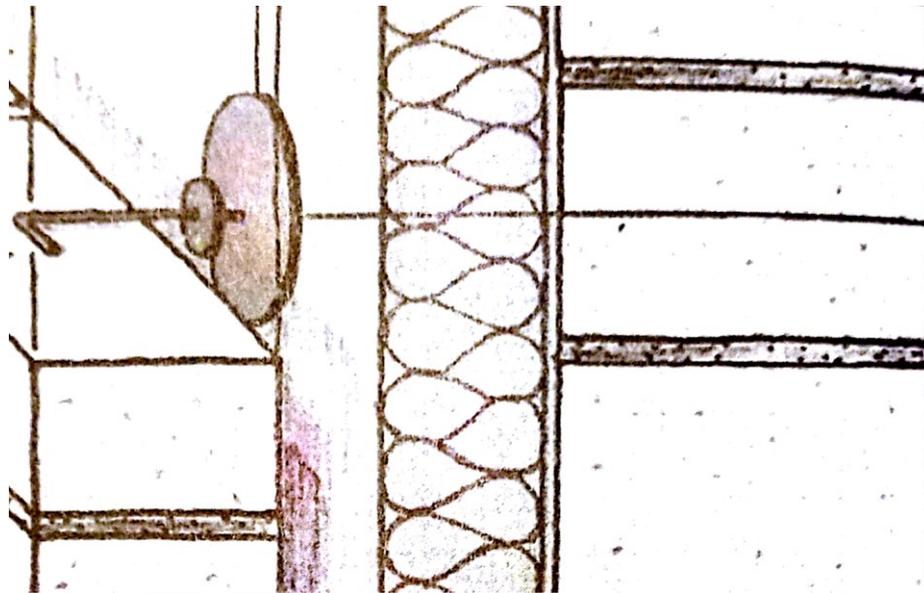


Pareti doppie

A DOPPIA PARETE	CON INTONACO ESTERNO	CON RIVESTIMENTO ESTERNO	FACCIA VISTA																																																			
																																																						
	<table border="0"> <tr><td>1</td><td>INTONACO INTERNO</td><td>cm 1</td></tr> <tr><td>2</td><td>FORATO</td><td>cm 8</td></tr> <tr><td>3</td><td>INTERCAPEDINE</td><td>cm 3</td></tr> <tr><td>4</td><td>ISOLANTE</td><td>cm 2</td></tr> <tr><td>5</td><td>MATTONI CAVI</td><td>cm 25</td></tr> <tr><td>6</td><td>INTONACO</td><td>cm 1,5</td></tr> </table>	1	INTONACO INTERNO	cm 1	2	FORATO	cm 8	3	INTERCAPEDINE	cm 3	4	ISOLANTE	cm 2	5	MATTONI CAVI	cm 25	6	INTONACO	cm 1,5	<table border="0"> <tr><td>1</td><td>INTONACO INTERNO</td><td>cm 1</td></tr> <tr><td>2</td><td>FORATO</td><td>cm 12</td></tr> <tr><td>3</td><td>INTERCAPEDINE</td><td>cm 4</td></tr> <tr><td>4</td><td>ISOLANTE</td><td>cm 3</td></tr> <tr><td>5</td><td>FORATO</td><td>cm 12</td></tr> <tr><td>6</td><td>MALTA</td><td>cm 1</td></tr> <tr><td>7</td><td>RIVESTIMENTO</td><td>cm 2</td></tr> </table>	1	INTONACO INTERNO	cm 1	2	FORATO	cm 12	3	INTERCAPEDINE	cm 4	4	ISOLANTE	cm 3	5	FORATO	cm 12	6	MALTA	cm 1	7	RIVESTIMENTO	cm 2	<table border="0"> <tr><td>1</td><td>FORATI PREINTONACATI</td><td>cm 8</td></tr> <tr><td>2</td><td>INTERCAPEDINE</td><td>cm 4</td></tr> <tr><td>3</td><td>ISOLANTE</td><td>cm 3</td></tr> <tr><td>4</td><td>BLOCCO FACCIA VISTA</td><td>cm 15</td></tr> </table>	1	FORATI PREINTONACATI	cm 8	2	INTERCAPEDINE	cm 4	3	ISOLANTE	cm 3	4	BLOCCO FACCIA VISTA	cm 15
1	INTONACO INTERNO	cm 1																																																				
2	FORATO	cm 8																																																				
3	INTERCAPEDINE	cm 3																																																				
4	ISOLANTE	cm 2																																																				
5	MATTONI CAVI	cm 25																																																				
6	INTONACO	cm 1,5																																																				
1	INTONACO INTERNO	cm 1																																																				
2	FORATO	cm 12																																																				
3	INTERCAPEDINE	cm 4																																																				
4	ISOLANTE	cm 3																																																				
5	FORATO	cm 12																																																				
6	MALTA	cm 1																																																				
7	RIVESTIMENTO	cm 2																																																				
1	FORATI PREINTONACATI	cm 8																																																				
2	INTERCAPEDINE	cm 4																																																				
3	ISOLANTE	cm 3																																																				
4	BLOCCO FACCIA VISTA	cm 15																																																				

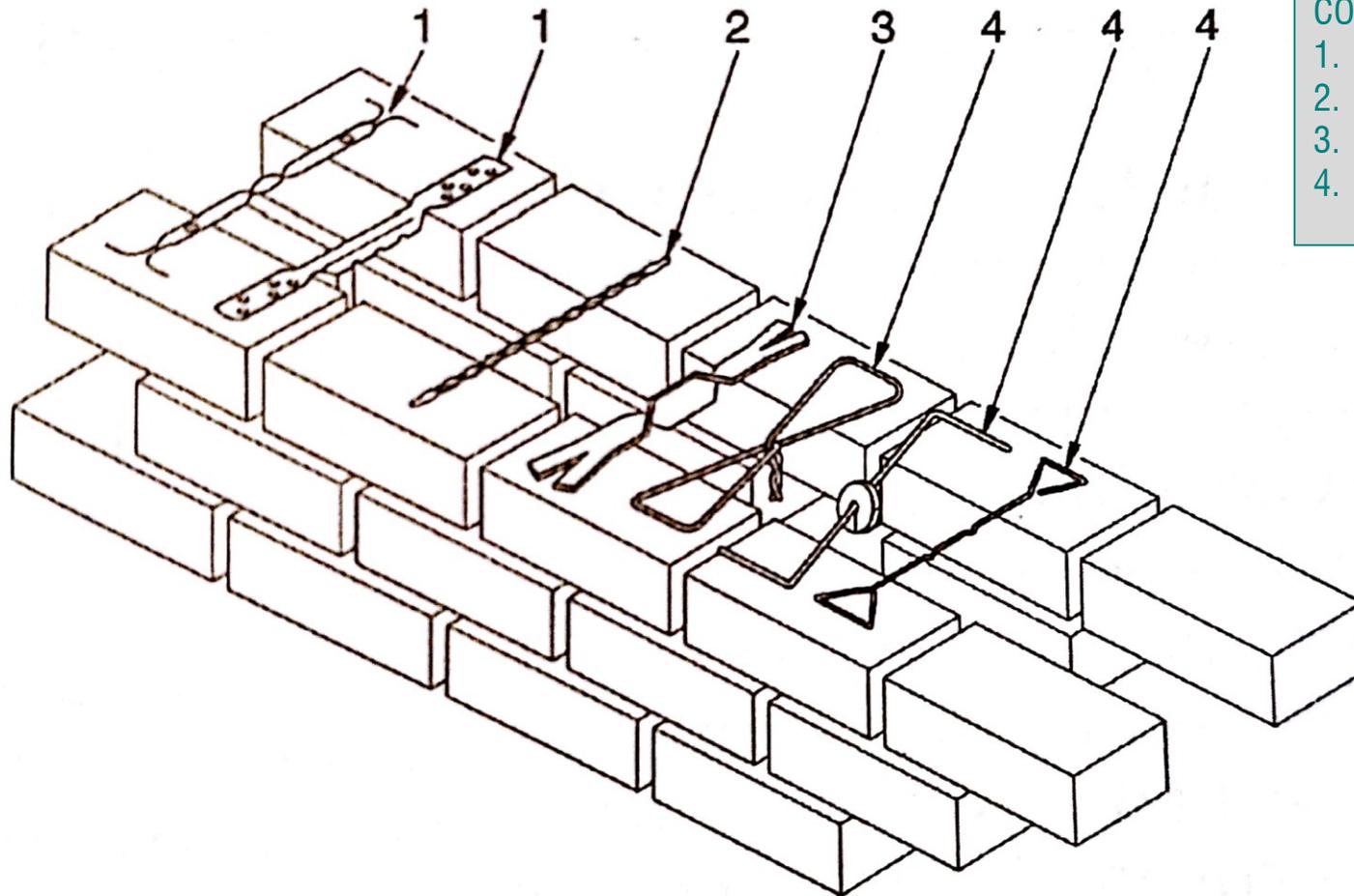
Pareti doppie

Connettore con isolamento: la rondella grande funge da pressore per lo strato isolante, la piccola da gocciolatoio.



Controllo della pendenza dei connettori.

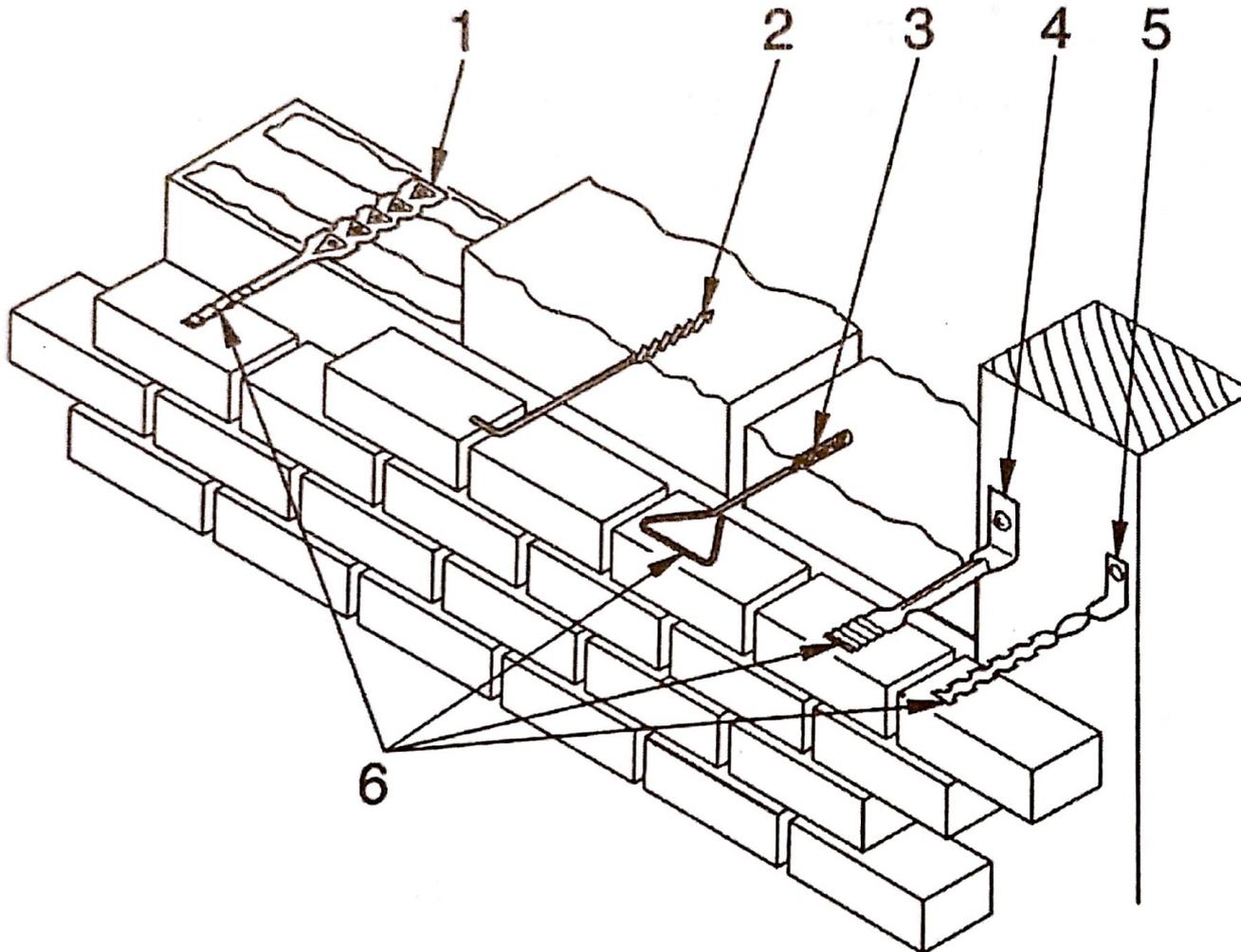
Pareti doppie



CONNETTORI SIMMETRICI

1. a piastra sottile
2. a barra elicoidale
3. a piastra spessa
4. a filo

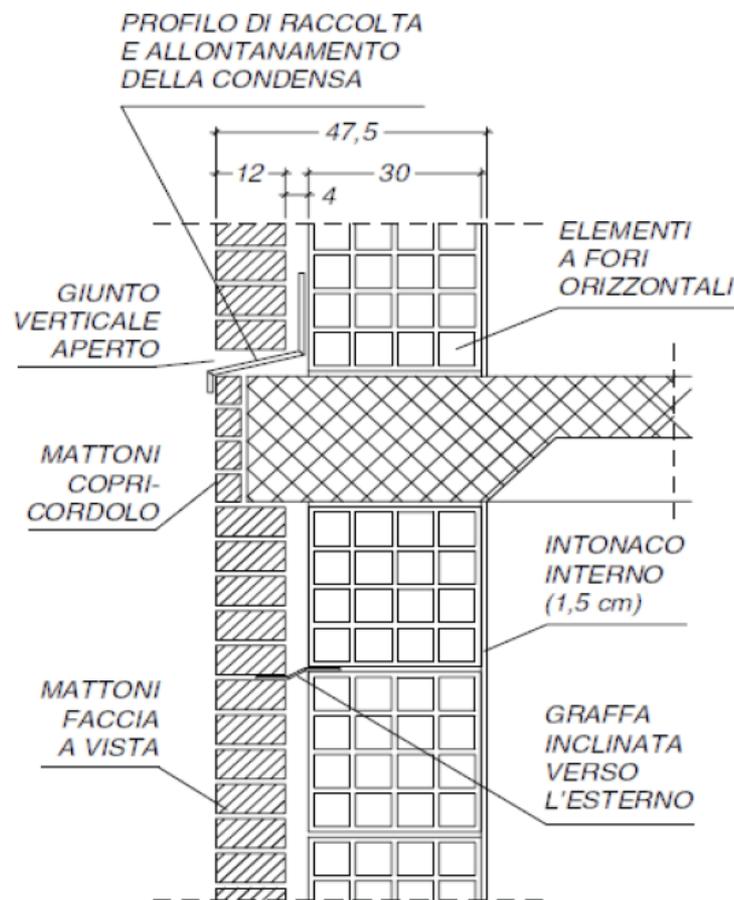
Pareti doppie



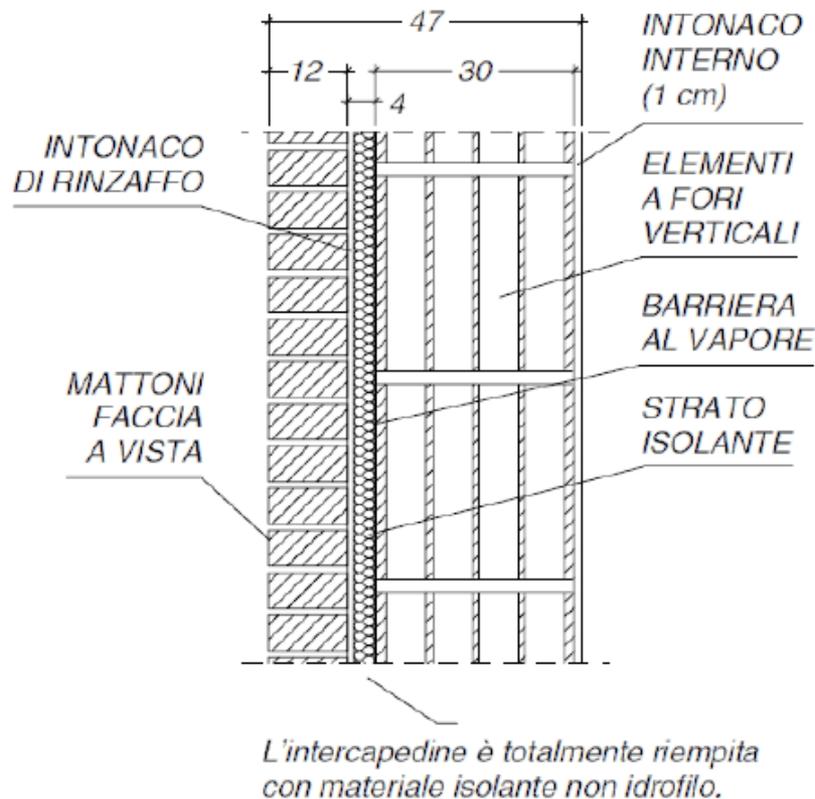
CONNETTORI ASIMMETRICI

1. ad incasso nella malta
2. fissato con vite
3. fissato con ancoraggio di resina
4. avvitato su telaio ligneo
5. inchiodato su telaio ligneo
6. forme di ancoraggio per malta

Pareti doppie

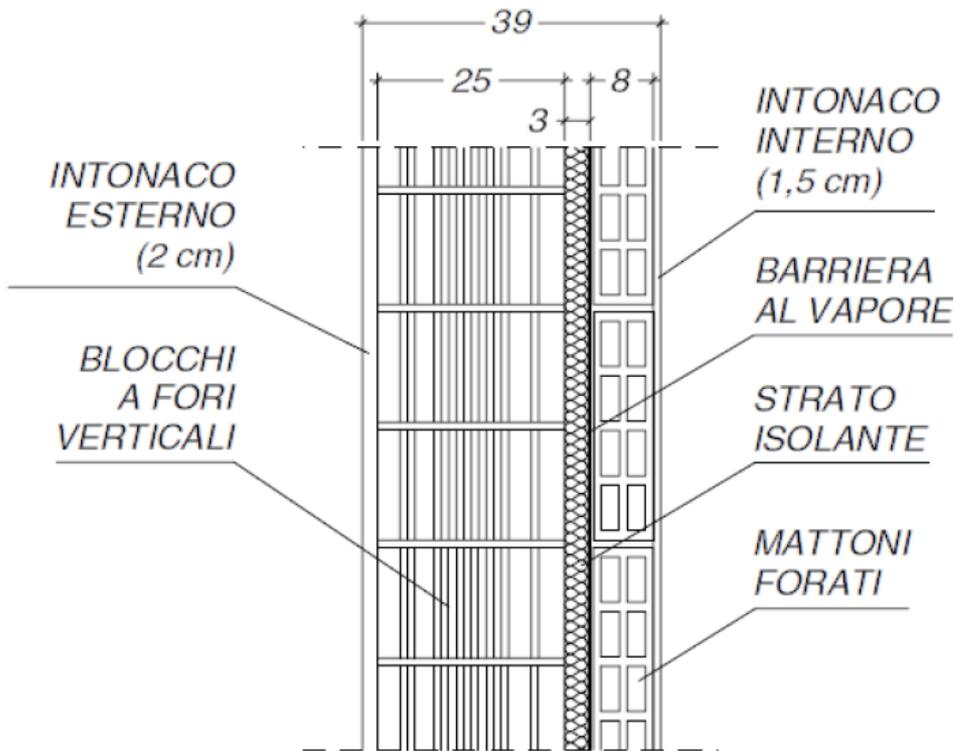


solidarizzazione per punti d'ancoraggio

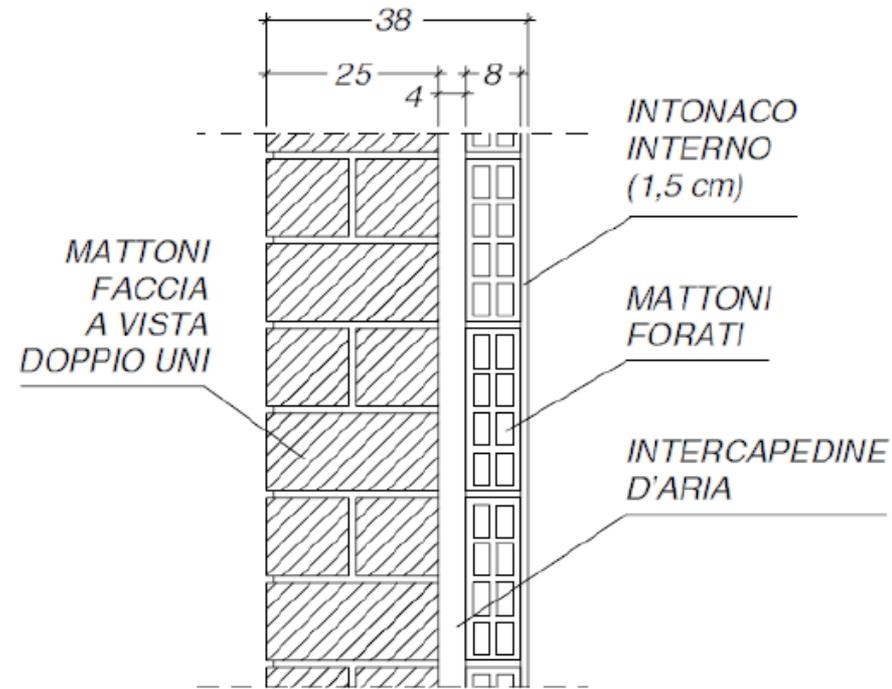


solidarizzazione con leganti

Pareti doppie



intercapedine riempita con isolante termico



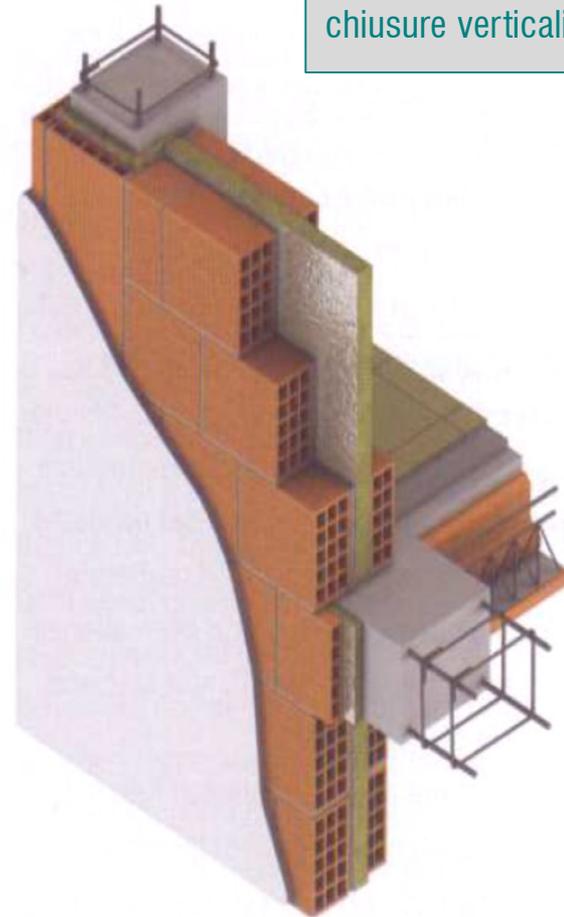
intercapedine d'aria

Pareti doppie

Una parete a due paramenti, dei quali in genere **uno** è **portante** e l'**altro** è **non portante**, rende disponibile un'**intercapedine** per l'isolamento termico intermedio; l'intercapedine può essere interamente occupata dallo strato termoisolante o rimanere in parte libera. La presenza di una lama d'aria di ridotte dimensioni (2÷5 cm) tra lo strato termoisolante ed il paramento esterno protegge la parete da fenomeni di **condensa interstiziale** e preserva l'integrità dello strato stesso in caso di infiltrazione d'acqua. Intercapedini di dimensioni maggiori inibiscono il **potere termoisolante** della lama d'aria, in quanto rendono possibili moti convettivi di trasmissione del calore.

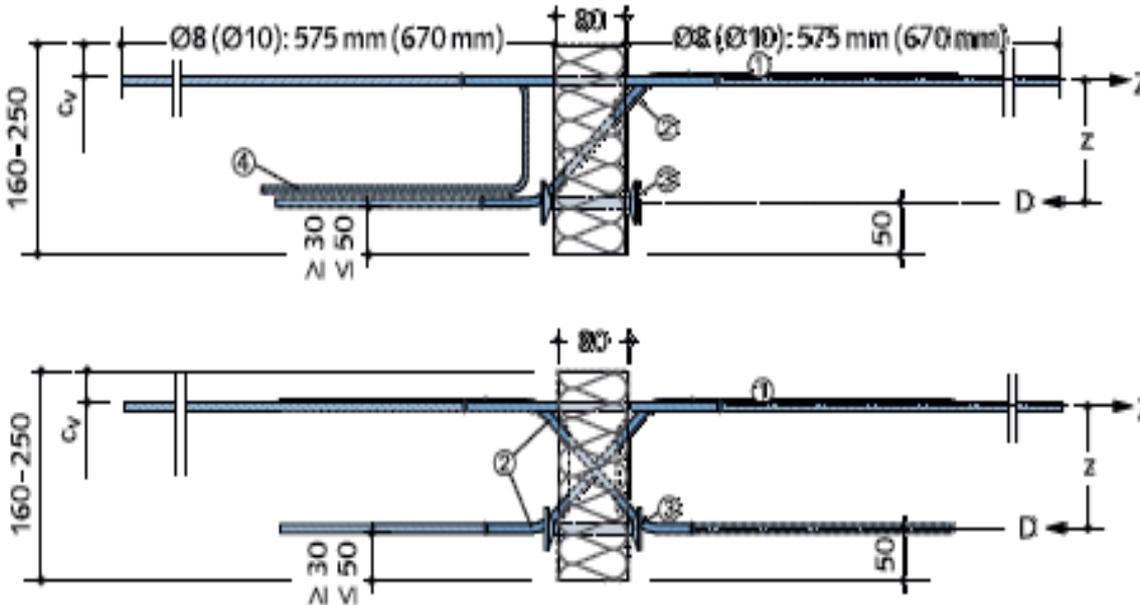
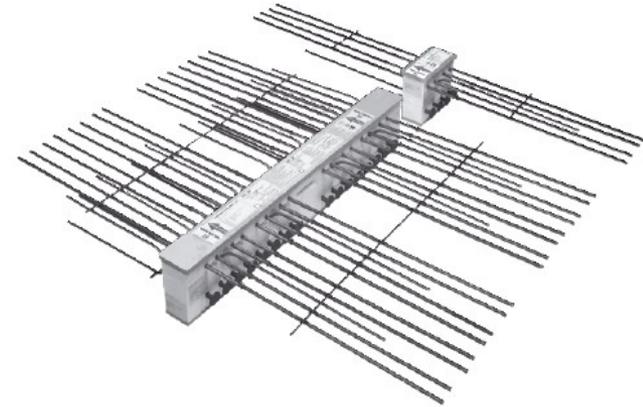
Lo strato termoisolante può essere realizzato con pannelli rigidi o semirigidi o con materassini non idrofili; in edifici esistenti, l'intercapedine d'aria può essere riempita con isolanti sciolti, soluzione che presenta alcune problematiche legate alla ridotta stabilità dimensionale dei materiali sfusi.

Problema della continuità dell'isolamento termico per chiusure verticali doppie



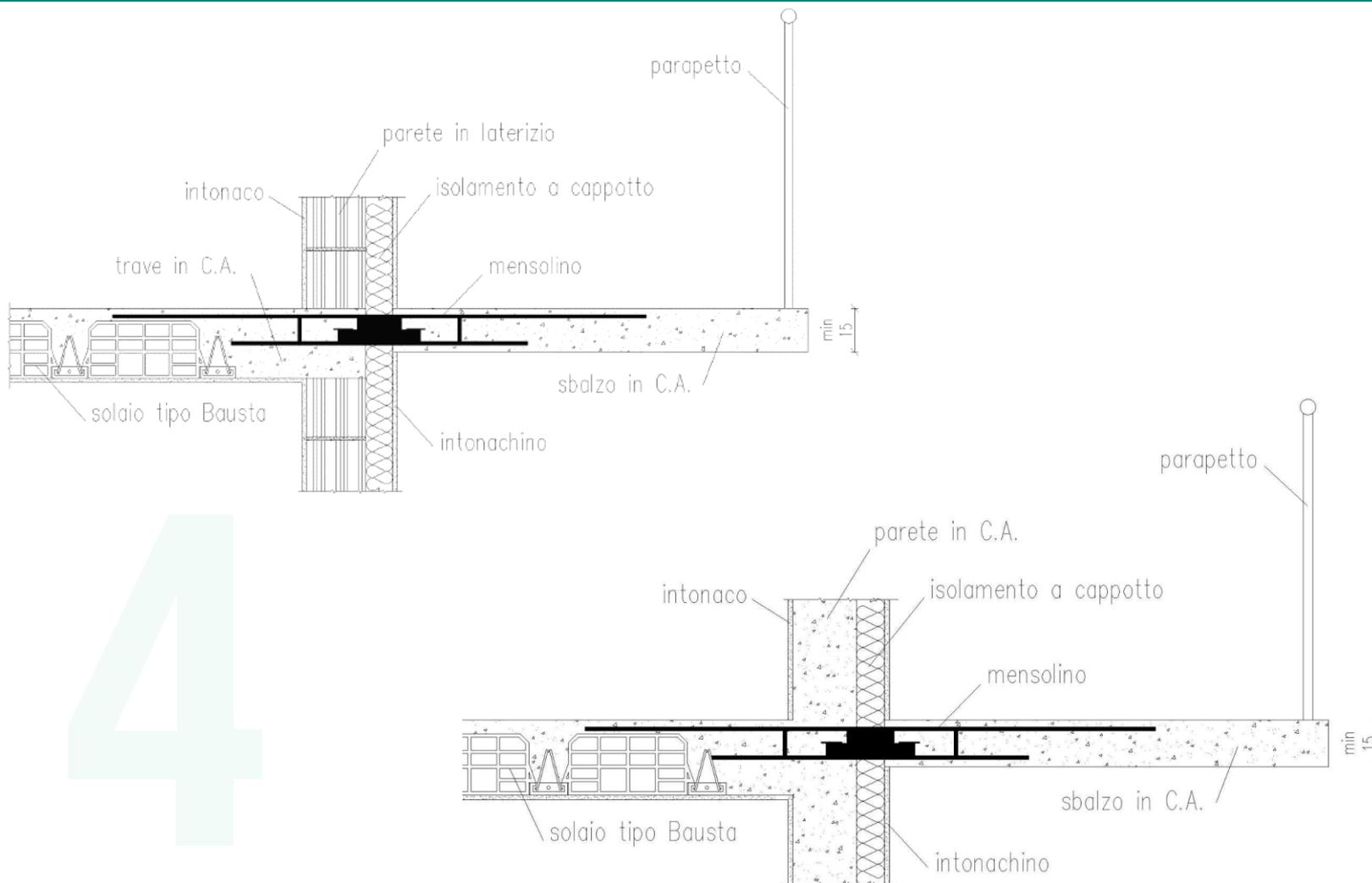
Pareti doppie

In prossimità di cordoli perimetrali e in corrispondenza di aggetti, la realizzazione della continuità dello strato coibente è possibile ricorrendo a speciali **elementi di raccordo**. Queste soluzioni tecnologiche sono applicabili su tutti gli involucri opachi che presentano il medesimo problema di **continuità d'isolamento** in corrispondenza di aggetti.



Realizzazione della continuità dell'isolamento all'aggetto con l'impiego di elementi metallici di raccordo innestati all'orizzontamento: assonometria dell'elemento tecnico (moduli da 1 ml e moduli di completamento da 20 cm) ed armatura per la ripresa delle sollecitazioni flessionali (fonte Halfen s.r.l., "Sistema Hit per il taglio termico dei balconi").

Pareti doppie



4

Pareti monostrato isolate esternamente

Le pareti isolate all'esterno, secondo una soluzione definita di isolamento «a cappotto», sono usualmente delle pareti originariamente monostrato, interamente rivestite all'esterno di uno strato in **pannelli coibenti rigidi**, applicati direttamente sulla superficie esterna mediante **tassellatura** e **incollatura** (o una loro **combinazione**), oppure con un **sistema** di **montanti** e **traversi** applicato sulla faccia esterna della parete.

Sulla superficie esposta agli agenti atmosferici, il sistema è rivestito con un **intonaco plastico** apposto su una **rete portaintonaco**, realizzata in fibra di vetro ed avente funzione di sostegno allo spessore dell'intonaco.

In questo modo l'edificio risulta integralmente coibentato, risolvendo i problemi di condensa sulle pareti piane.

D'altro canto, la superficie esterna risulta più fragile e rende necessario una **doppia rete** in corrispondenza di **sporgenze** e **rientranze**, o in corrispondenza di **bucature**.

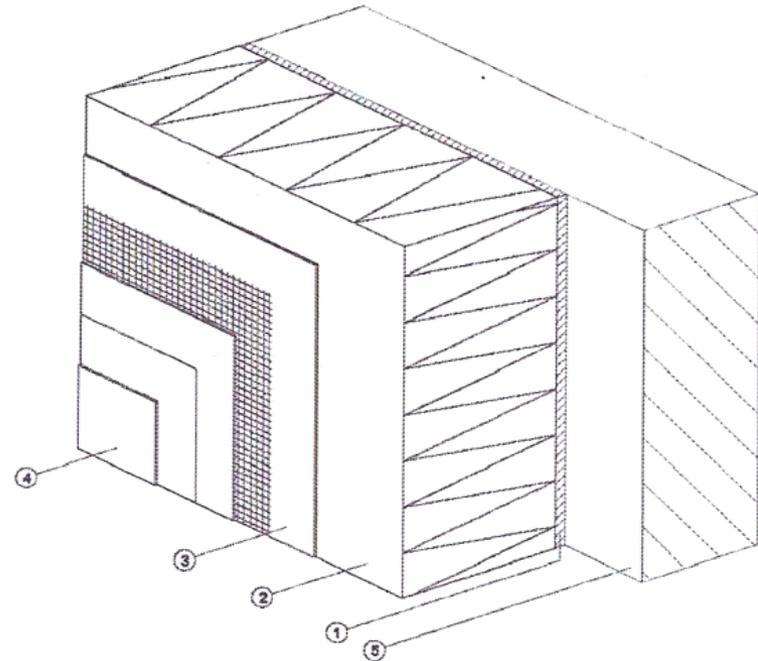


Pareti monostrato isolate esternamente

A questa categoria appartengono dunque quegli involucri edilizi in cui l'ultimo strato funzionale verso l'esterno è costituito dall'isolamento termico; inoltre, il rivestimento esterno aderisce completamente allo strato di isolamento termico.

L'isolamento termico posizionato all'esterno, detto anche "a cappotto", avvolge tutti gli elementi d'involucro rendendo così **minimi** i **ponti termici**, risolvendo al contempo le problematiche relative ai fenomeni di **condensa** negli elementi di chiusura.

Il sistema 'a cappotto', oggetto di una normativa specifica che ne disciplina componenti e prestazioni, è noto in ambito comunitario con l'acronimo ETICS (*External Thermal Insulation Composite System*).



Esempio di soluzione conforme per l'isolamento 'a cappotto' costituito dal collante (1) applicato al supporto portante (5), dal pannello termoisolante (2), dalla rasatura armata (3) e dallo strato di finitura superficiale (4) (fonte Röfix AG).

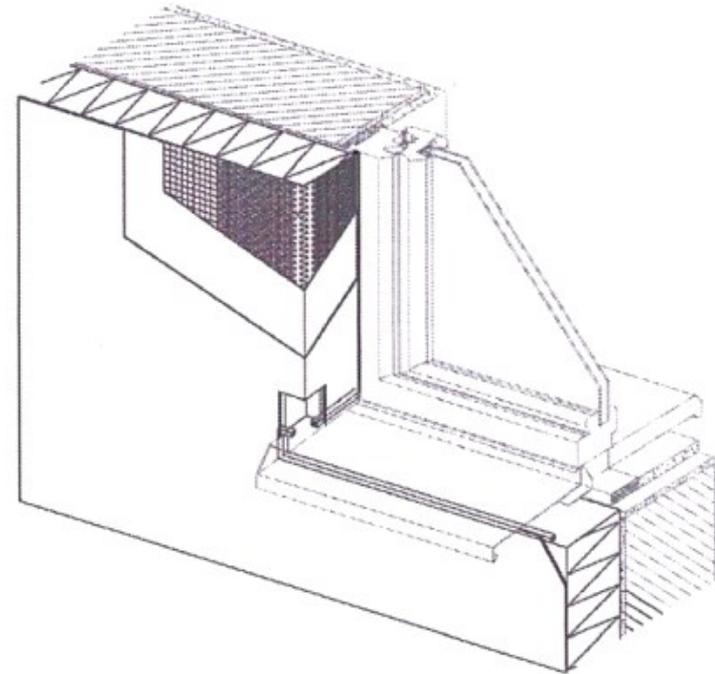
Pareti monostrato isolate esternamente

Esso è definito come un sistema composto, costituito da un materiale isolante incollato, o ancorato meccanicamente tramite **tasselli** o profili alla parete, rasato da uno o più strati direttamente sui pannelli isolanti con una rete d'armatura di rinforzo.

Lo strato termoisolante, non idrofilo, è fissato allo strato resistente tramite **collanti** o **ancoraggi** (se la natura dello strato di supporto lo consente) e rivestito con intonaco. Se lo strato termoisolante ha uno spessore superiore a 10 cm, è consigliata la tassellatura. Tale operazione ($6-10$ tasselli / m^2) è invece necessaria:

- su supporti **intonacati** e in **calcestruzzo**;
- in sistemi d'isolamento a cappotto la cui **massa** superficiale complessiva sia superiore a 30 kg/m^2 ;
- in edifici di **altezza** superiore a 22 ml.

L'intonaco viene rinforzato con un'armatura in fibra di vetro o in materiali affini, coperta da una sottile rasatura; per tale motivo lo strato di finitura viene solitamente steso in due momenti diversi.

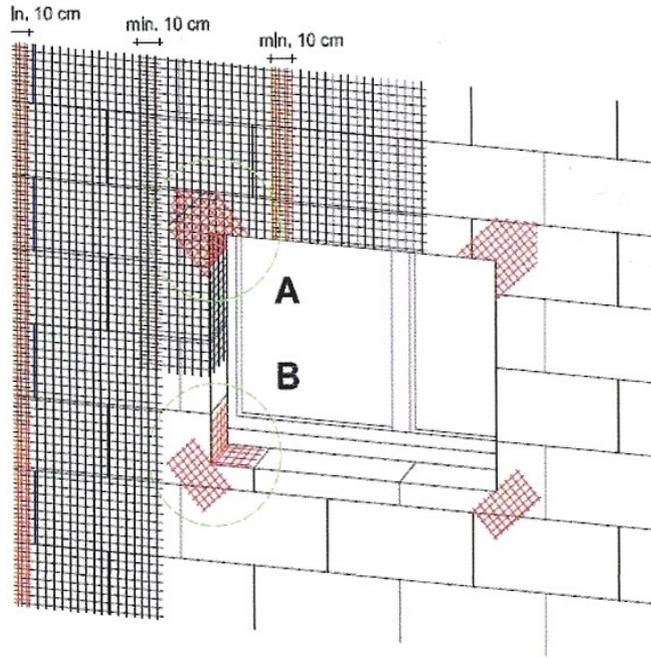
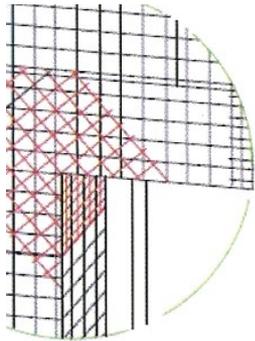


Raccordo della soluzione conforme con isolamento termico esterno in prossimità di una bucatina (fonte Röfix AG, sezione "Sistemi per l'isolamento termico").

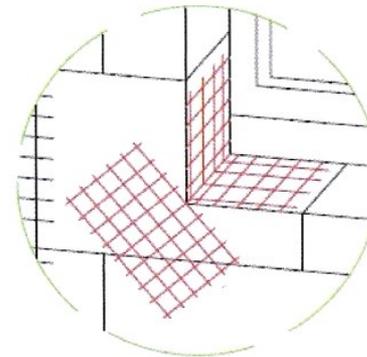
Pareti monostrato isolate esternamente

L'armatura funge da elemento di **resistenza meccanica** agli urti e controlla le **variazioni dimensionali** dell'intonaco. In prossimità di bucatore e discontinuità geometriche l'armatura deve essere **rinforzata** localmente per evitare la comparsa di fessurazioni.

In edifici esistenti, a vantaggio si ascrivono la maggiore stabilità termica della parete e l'eliminazione di molti ponti termici, ma si evidenzia anche la necessità di **riallineare cornicioni e davanzali** e di prevedere un'impalcatura esterna per l'applicazione del cappotto.



Posizionamento della rete d'armatura per i sistemi ETICS; particolari della posa in corrispondenza delle bucatore.



Pareti monostrato isolate esternamente

MODALITÀ DI REALIZZAZIONE DEGLI ISOLAMENTI TERMICI ALL'ESTERNO (1)

1

Controllo preliminare dell'omogeneità e della planarità del supporto

2

Tracciamento dei piani di posa dei pannelli e posa dei profili di partenza

3

Preparazione della malta per l'incollaggio dei pannelli

4

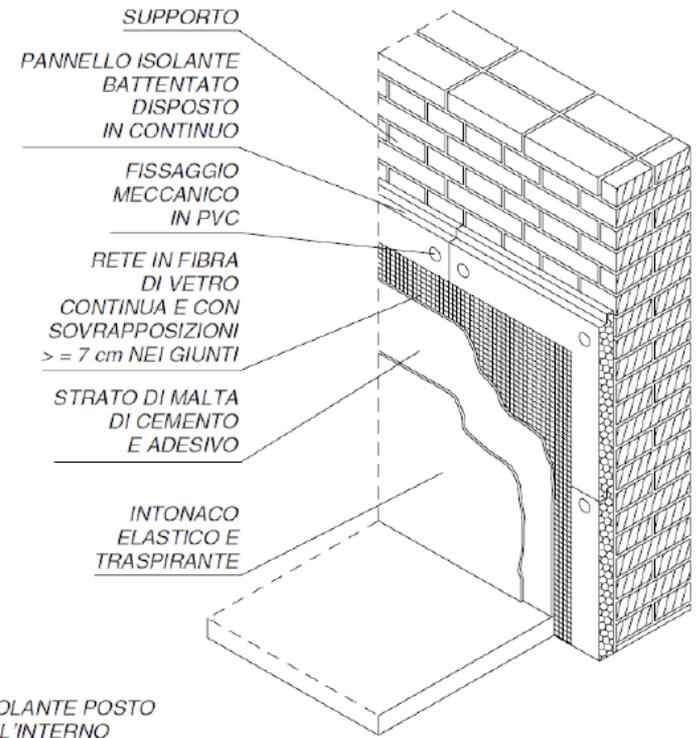
Posa in opera dei pannelli isolanti e di strisce di guarnizione verso elementi costruttivi quali serramenti e davanzali

5

Fissaggio meccanico dei pannelli coibenti

6

Preparazione della malta rasante e posa di profili di rinforzo localizzati



Pareti monostrato isolate esternamente

MODALITÀ DI REALIZZAZIONE DEGLI ISOLAMENTI TERMICI ALL'ESTERNO (2)

7

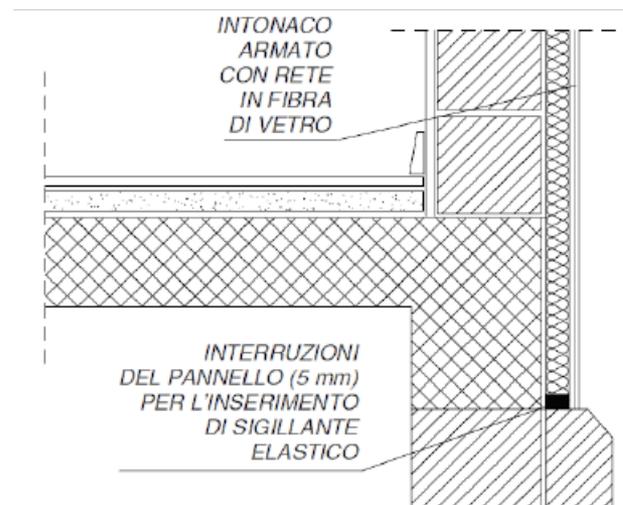
Realizzazione della rasatura armata sulla superficie esterna dello strato isolante

8

Sigillatura dei giunti tra rasatura armata ed elementi costruttivi singolari

9

Applicazione dello strato esterno di finitura ed eventuale tinteggiatura



TASSELLI PER IL FISSAGGIO DI PANNELLI ISOLANTI



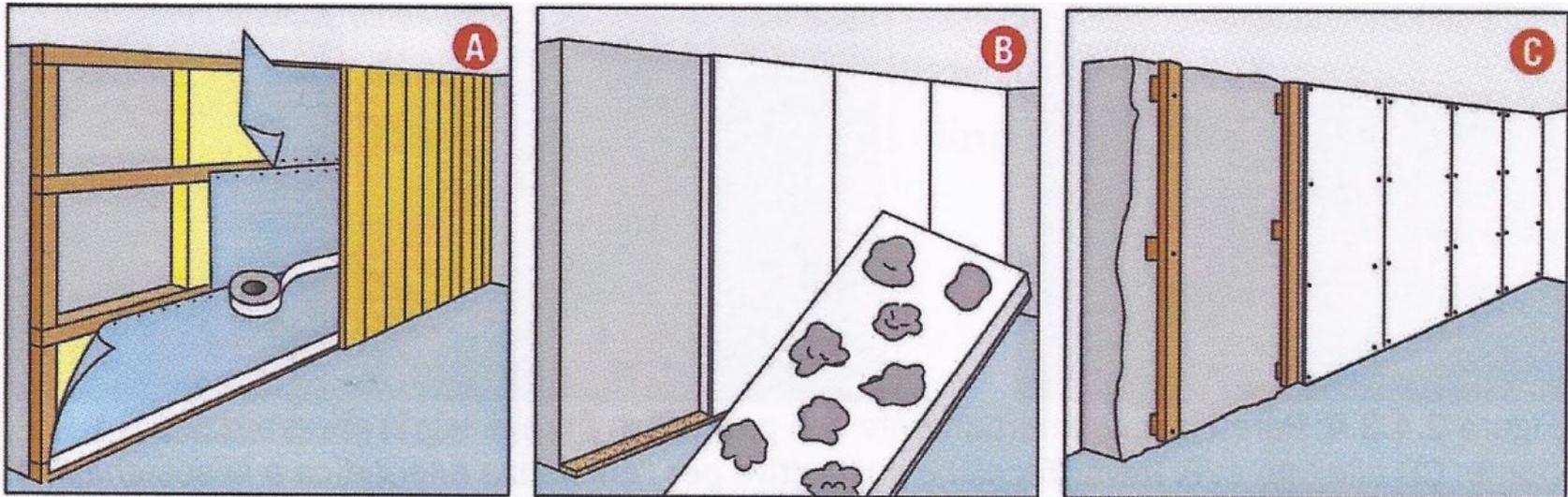
Pareti monostrato isolate internamente

L'isolamento termico **interno** è la soluzione scelta di solito nel caso di edifici preesistenti dove non è realizzabile (ad esempio se la facciata risulta vincolata) l'applicazione dello strato termoisolante all'esterno.

L'applicazione di questa soluzione non è mai del tutto efficiente poiché:

- le strutture dell'edificio rimangono esposte alle **variazioni** della **temperatura esterna**;
- i ponti termici non sono evitabili; la posizione dell'isolamento termico accentua tali effetti;
- il rischio di condensazione superficiale ed interstiziale è più elevato rispetto alle altre tipologie.

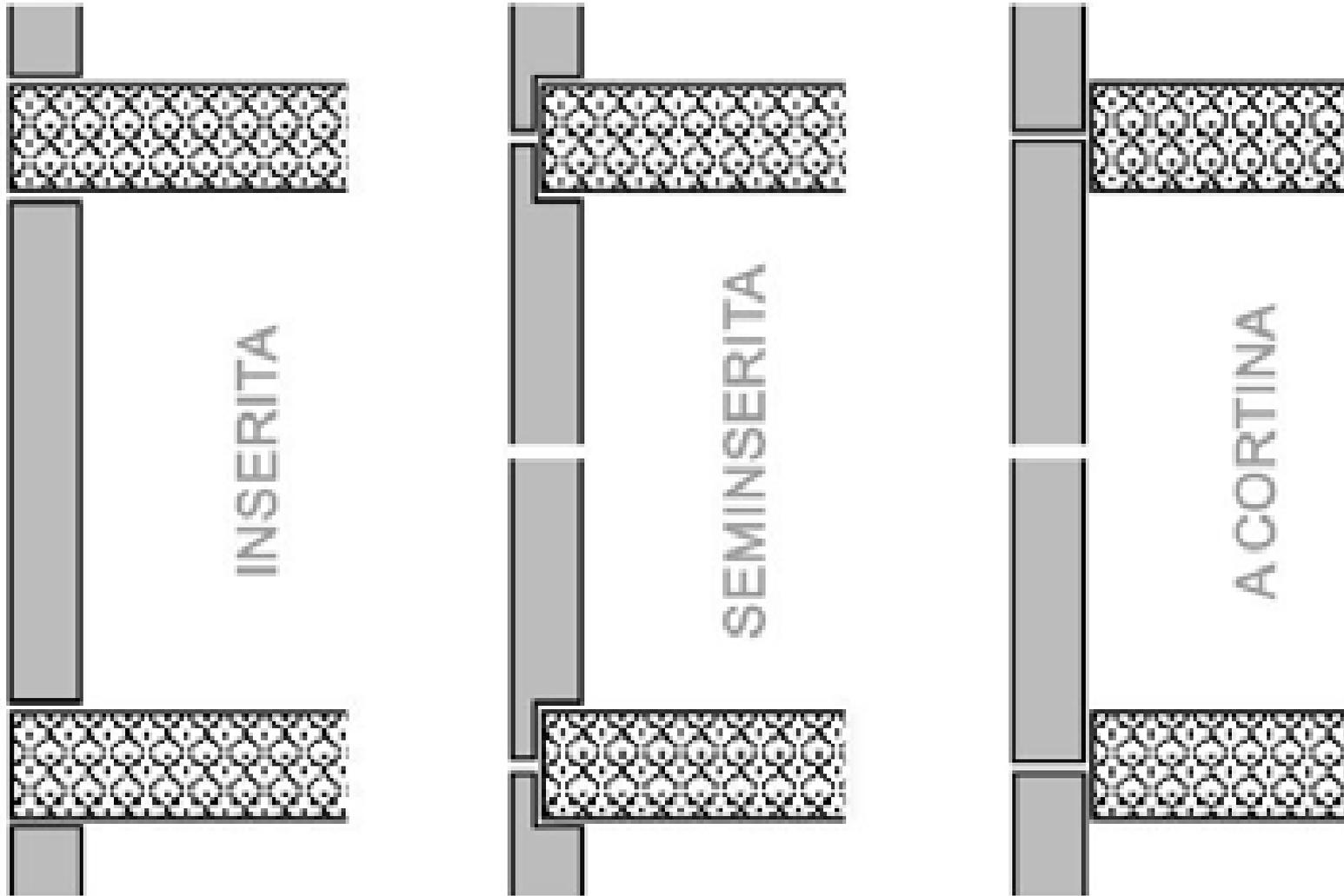
Modalità di realizzazione dello strato di isolamento termico interno: pannelli di lana minerale su orditura lignea, barriera al vapore e rivestimento con doghe in legno (A), pannelli prefiniti incollati per punti allo strato portante (B), pannelli inchiodati ad una struttura di sostegno in listelli lignei, con intercapedine d'aria (fonte www.migros.ch).



4.2

Involucri freddi

Schema funzionale



Schema funzionale

Gli involucri freddi, a differenza dei precedenti, 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.



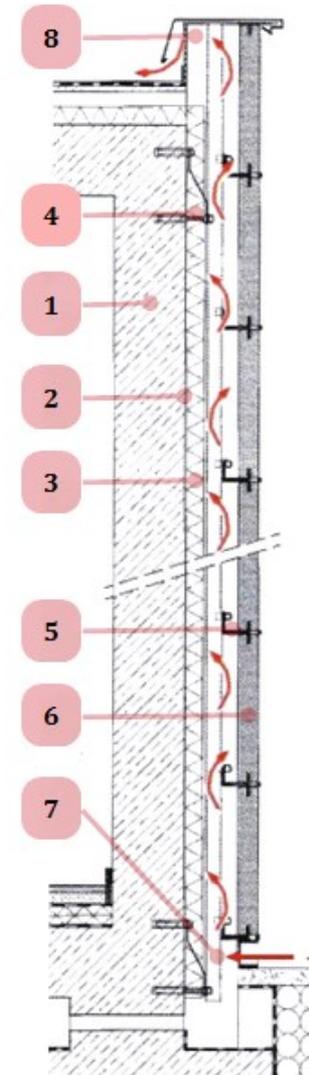
Schema funzionale

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.

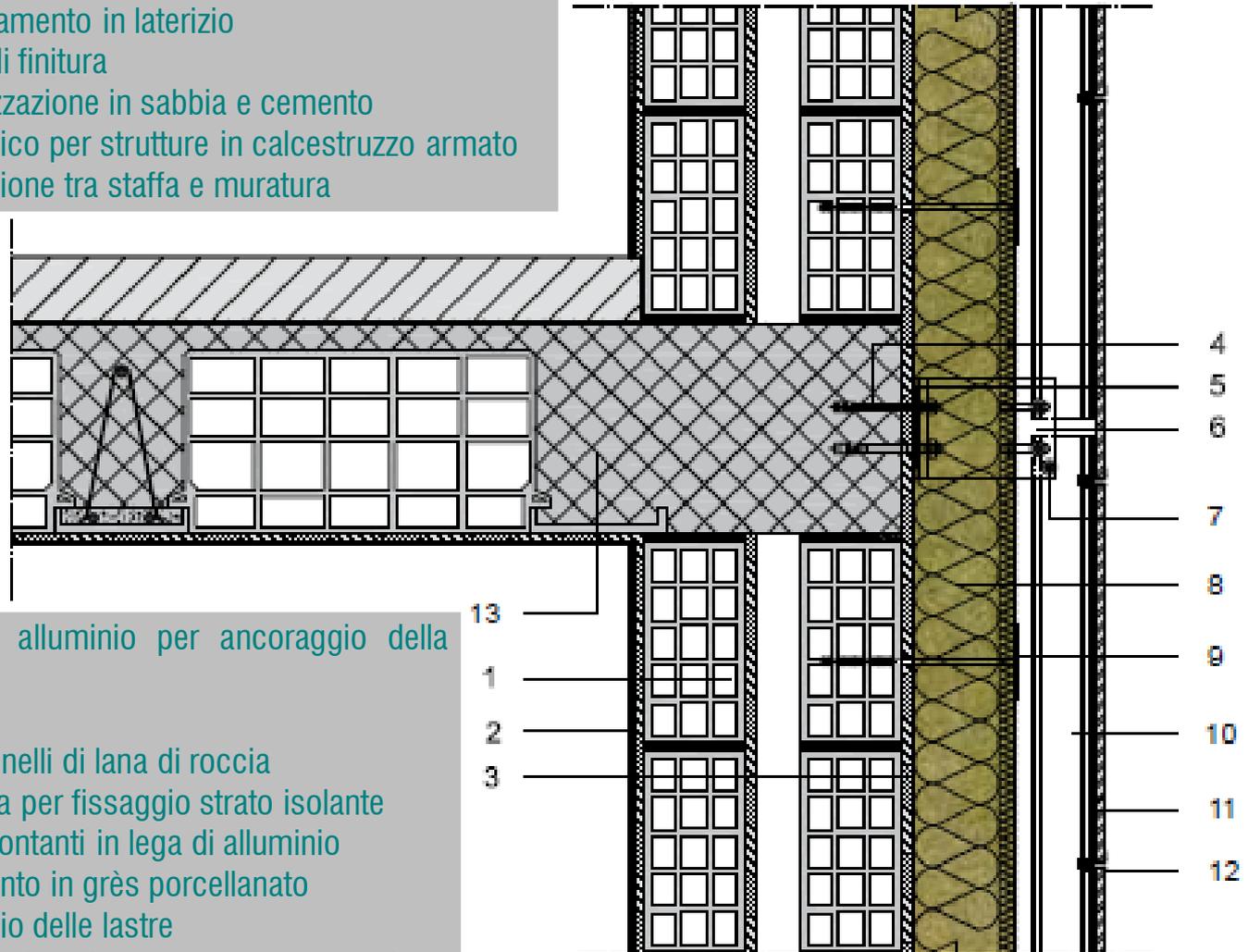
Nel **periodo estivo** è possibile **asportare** per **ventilazione** i **carichi termici in eccesso**, mentre nella stagione fredda la stessa ventilazione **asporta** l'eventuale **umidità** presente.

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

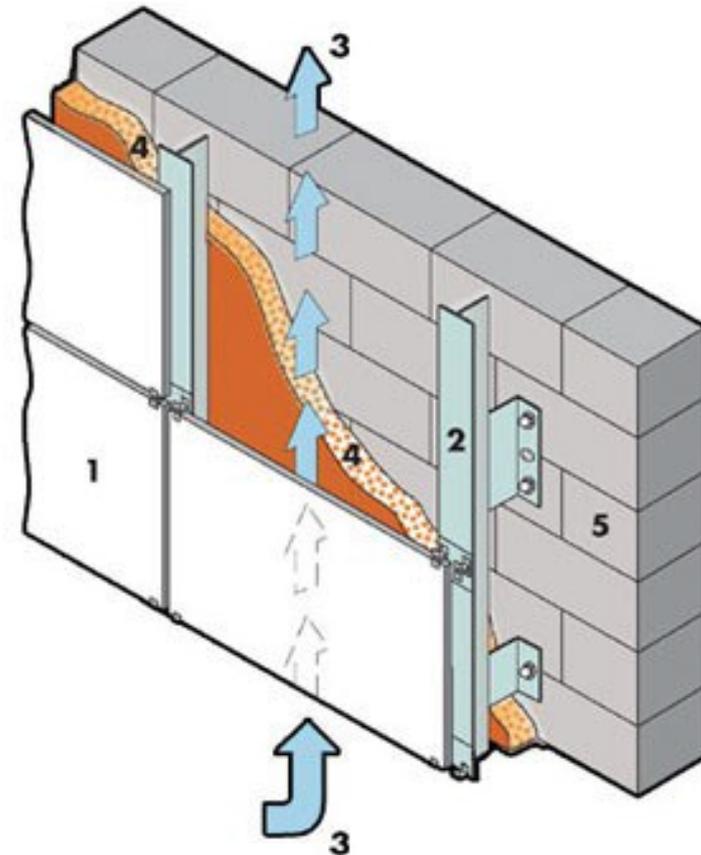
Pareti ventilate

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:

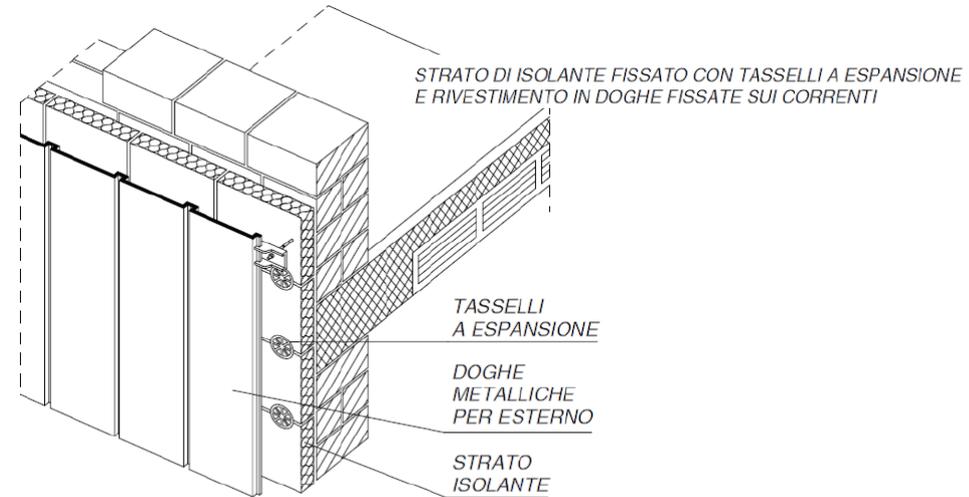
- edifici **esistenti** non **energeticamente efficienti**; permette l'incremento dell'isolamento termico ed acustico;
- chiusure affette da **patologie** di **facciata**, quali lo scrostamento dell'intonaco esistente;
- edifici per i quali è richiesto un **miglioramento d'aspetto architettonico** con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

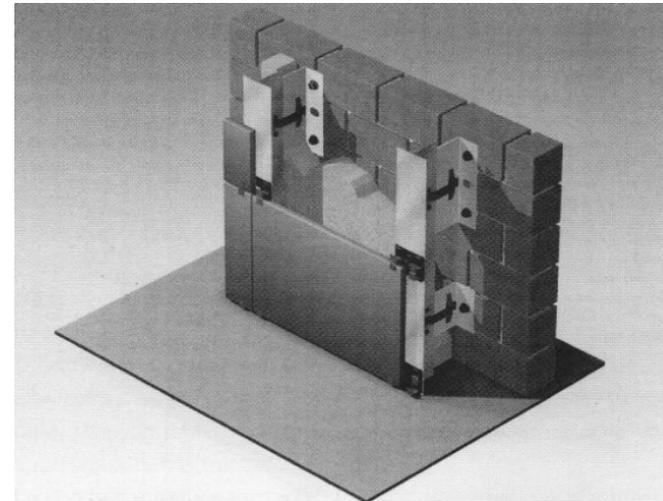
MATERIALE	CARATTERISTICHE					
	PREGIO ESTETICO	PESO PROPRIO	DURABILITÀ	ACCUMULO TERMICO	RESISTENZA MECCANICA	POSA IN OPERA
pietra	✓	✗	✓	✓	✗	✗
cotto	✓	✗	✓	✓	✓	✓
ceramica	✓	✓	✓	✗	✗	✓
metallo	✓	✓	✗	✓	✗	✓
legno	✓	✓	✓ (se trattato)	✗	✓	✗
cemento / fibrocemento	✗	✓	✓	✓	✓	✓

Pareti ventilate

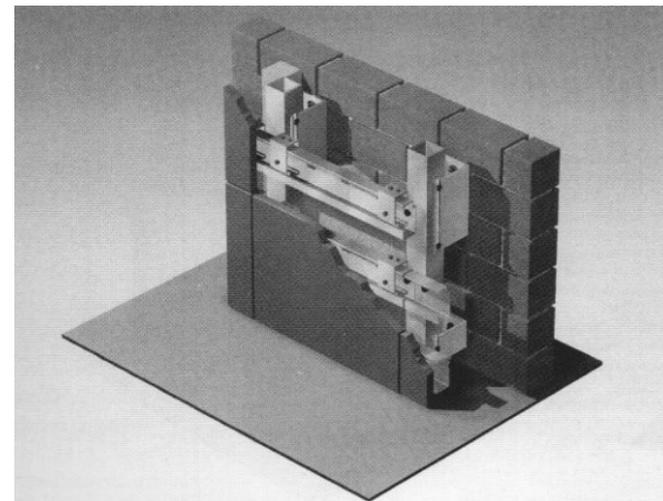
Resistenza ad azioni termiche e meccaniche, all'azione del vento, tenuta all'acqua sono i principali requisiti connotanti lo strato di rivestimento.

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**.

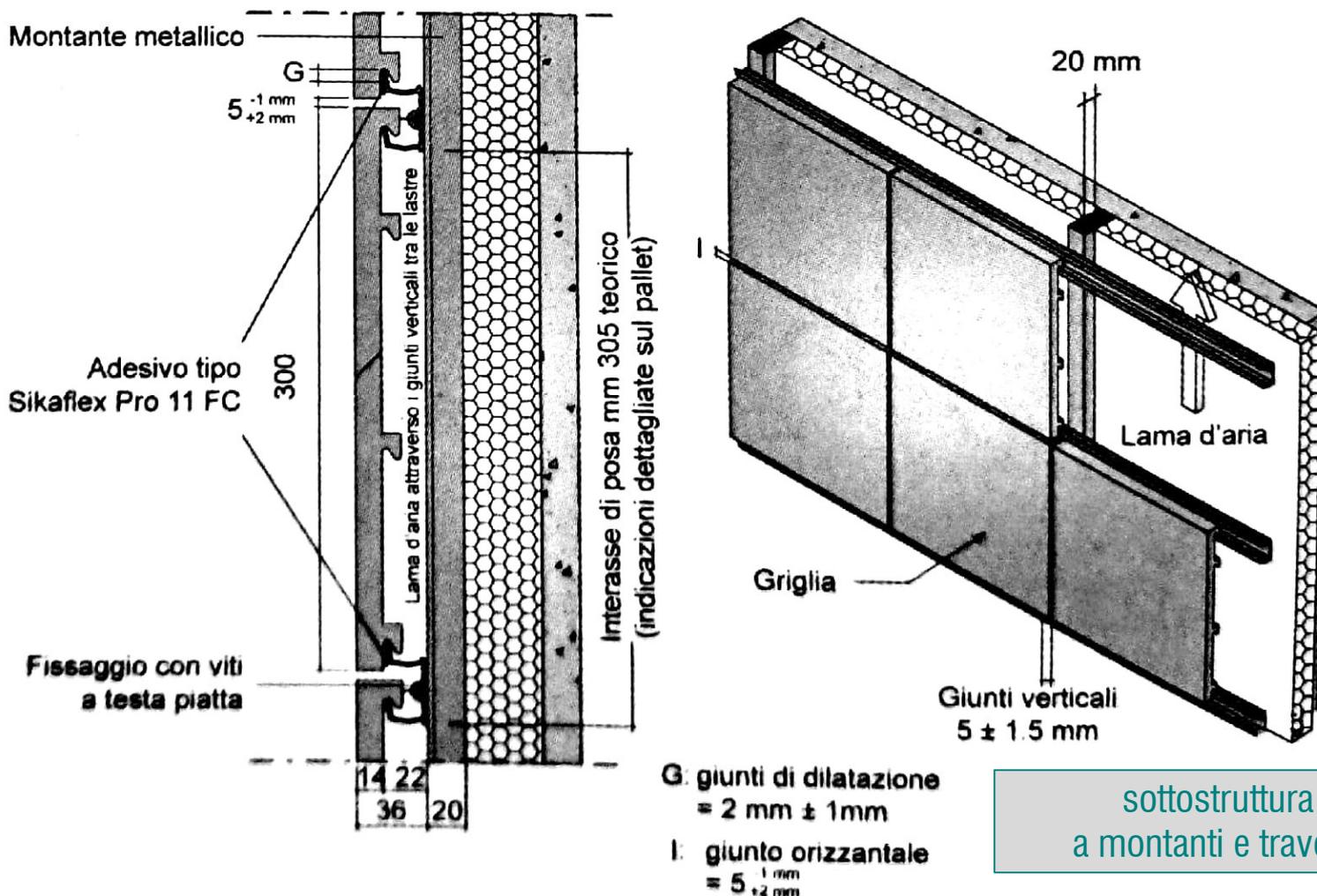


fissaggio a clips

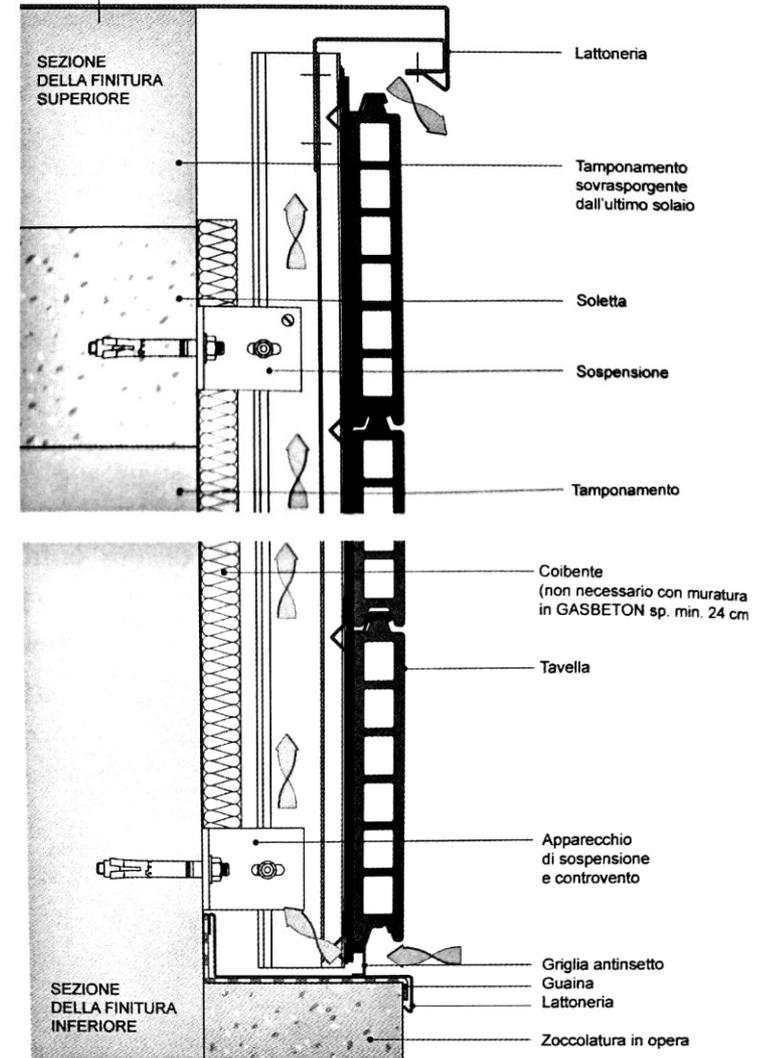
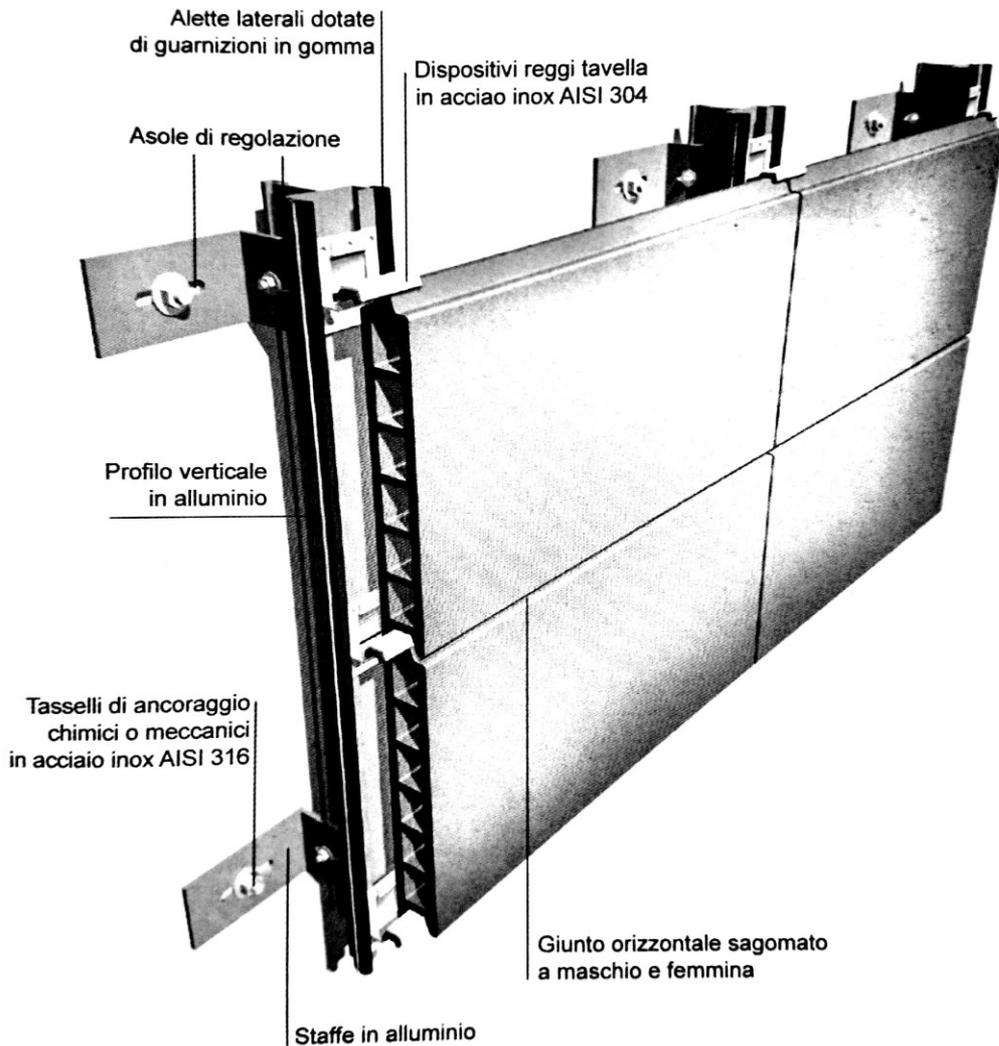


fissaggio a tasselli

Pareti ventilate

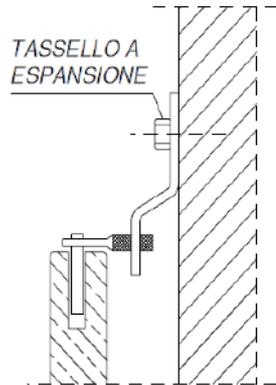


Pareti ventilate

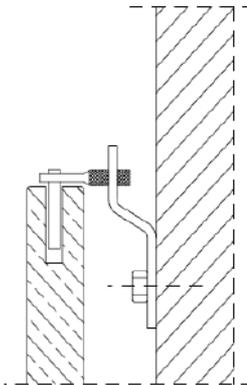


Pareti ventilate

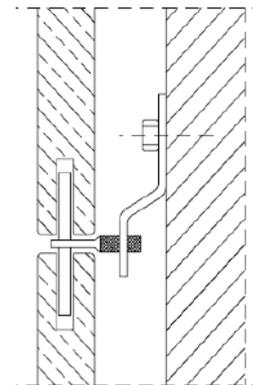
PIASTRE IMPIEGATE ANCHE NELLE FACCIATE VENTILATE



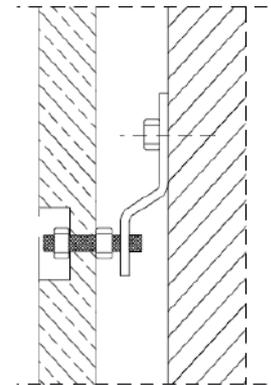
PIASTRA DI RITENUTA SUPERIORE



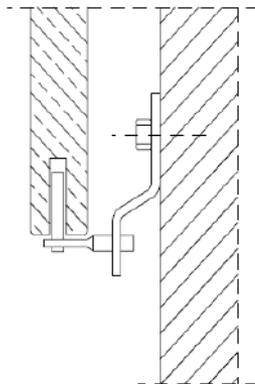
PIASTRA DI RITENUTA SUPERIORE



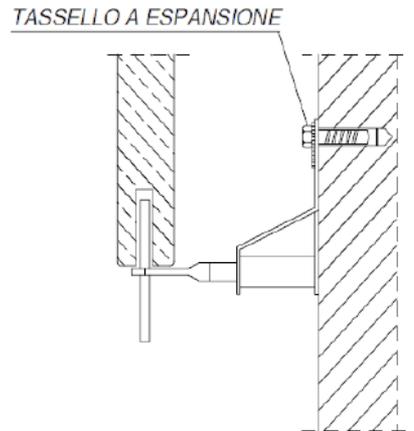
PIASTRA INTERMEDIA



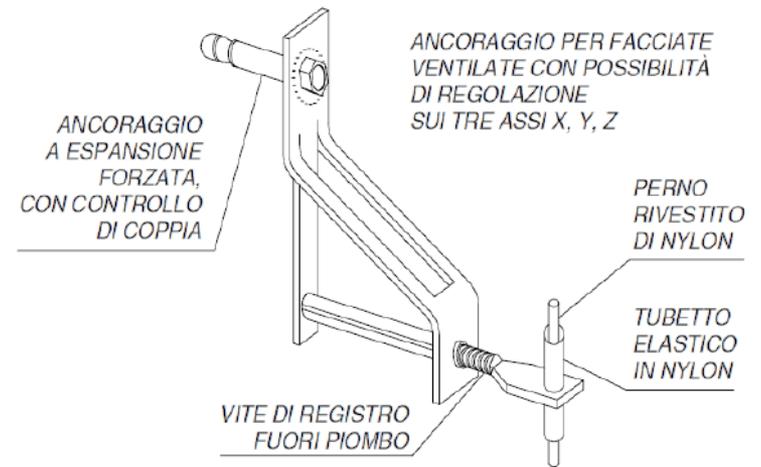
PIASTRA PASSANTE



PIASTRA INIZIALE



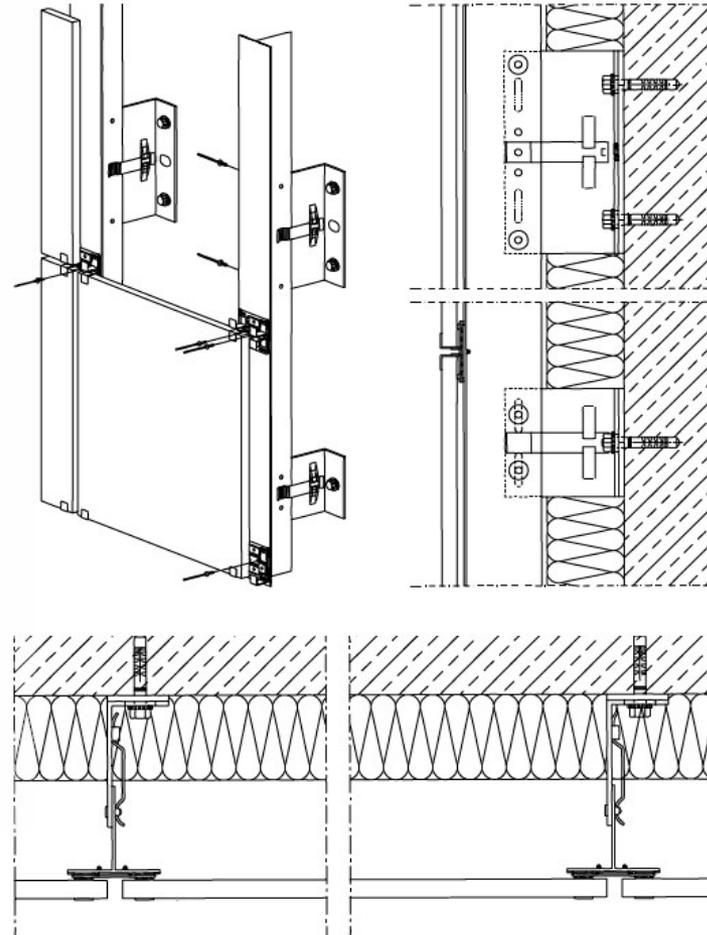
PIASTRA INIZIALE



Pareti ventilate



agganci visibili



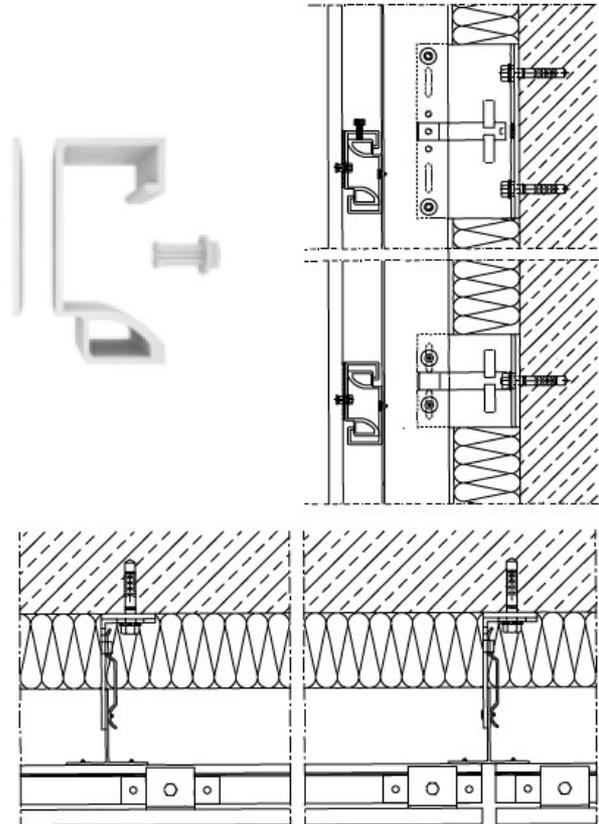
Pareti ventilate



agganci invisibili



Fig. A



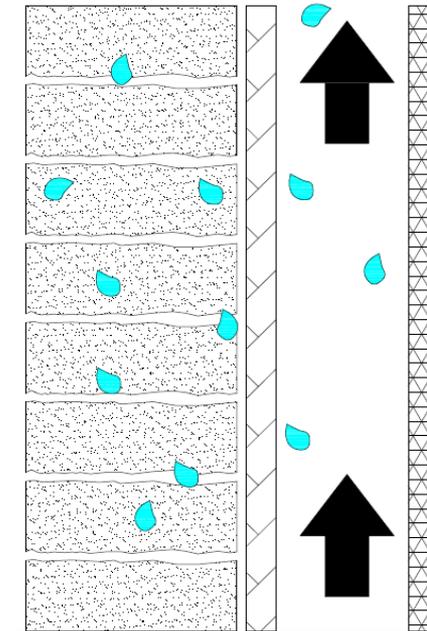
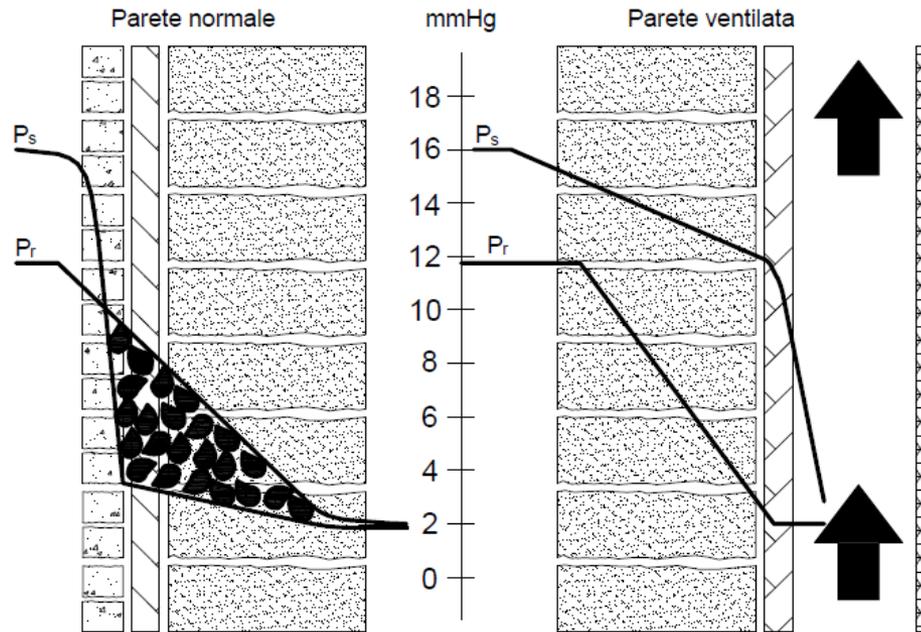
Pareti ventilate

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.



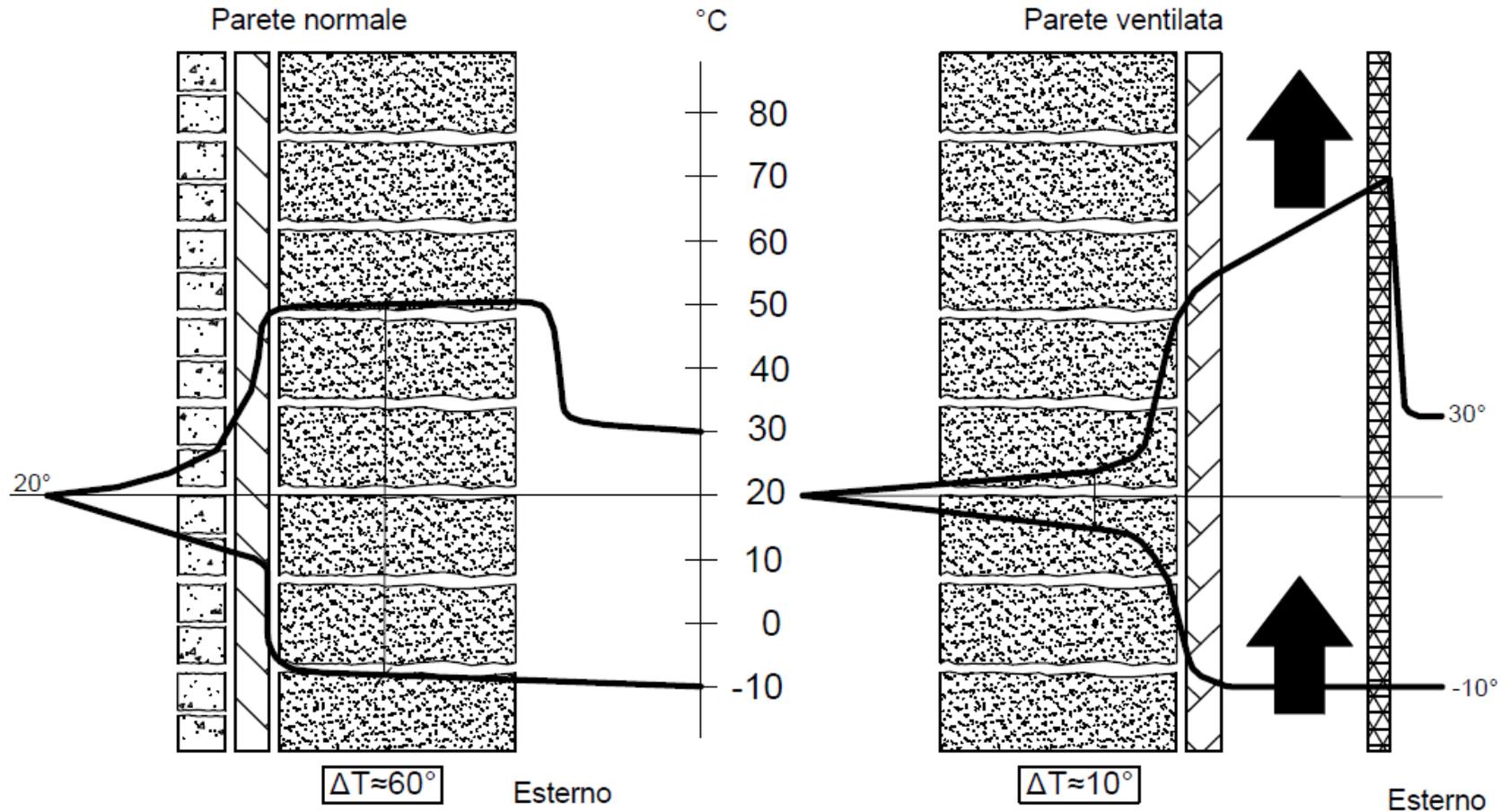
Pareti ventilate



Migliore controllo della permeabilità al vapore

Effetto camino

Pareti ventilate



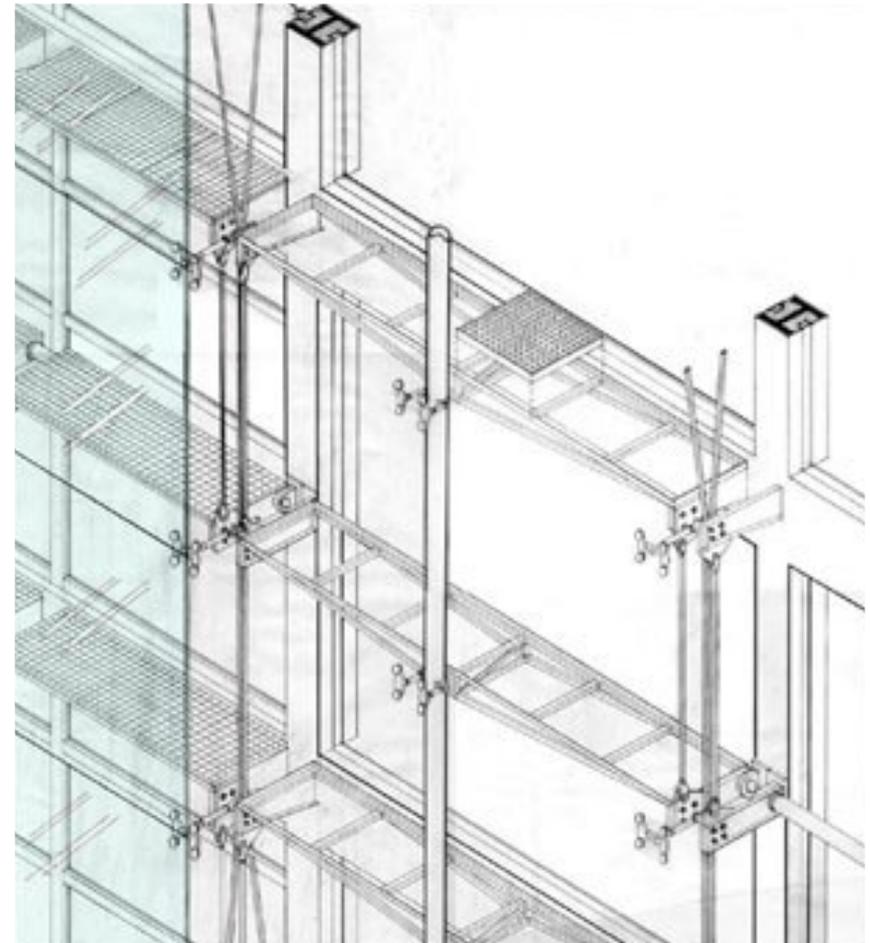
Facciate a doppia pelle in vetro



Cambridge Public Library,
Cambridge (MA, USA)

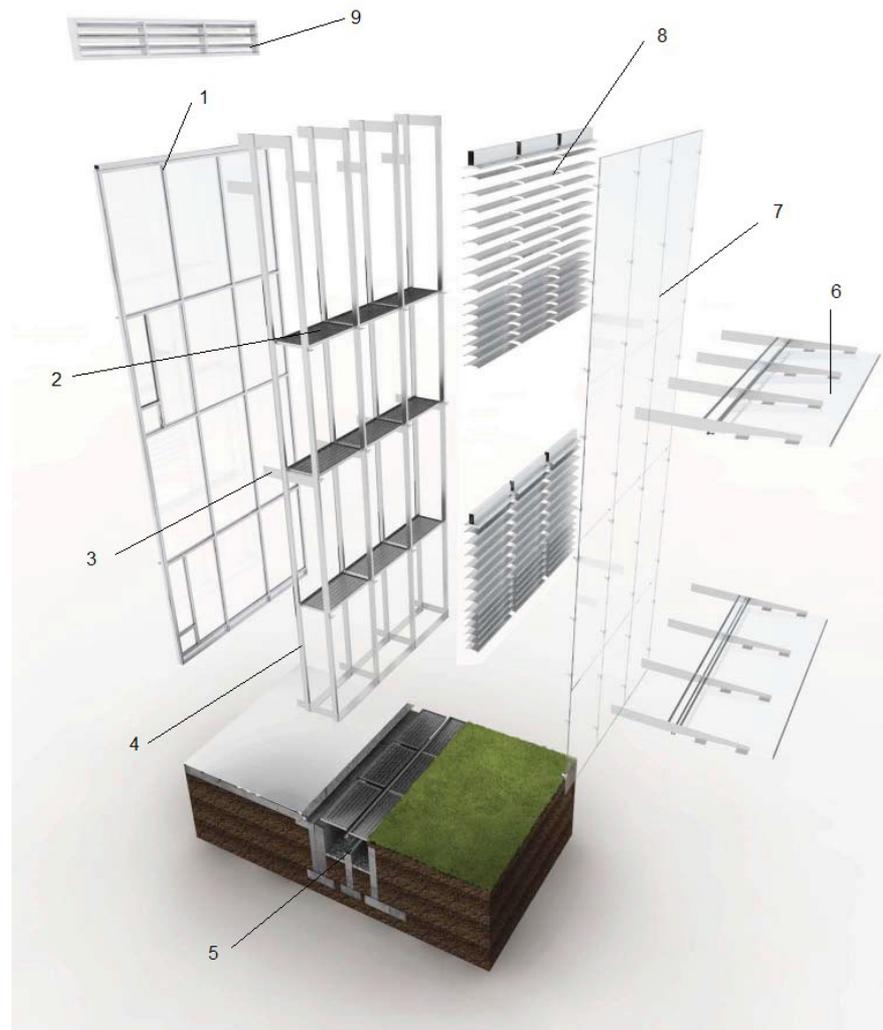


Facciate a doppia pelle in vetro



Facciate a doppia pelle in vetro

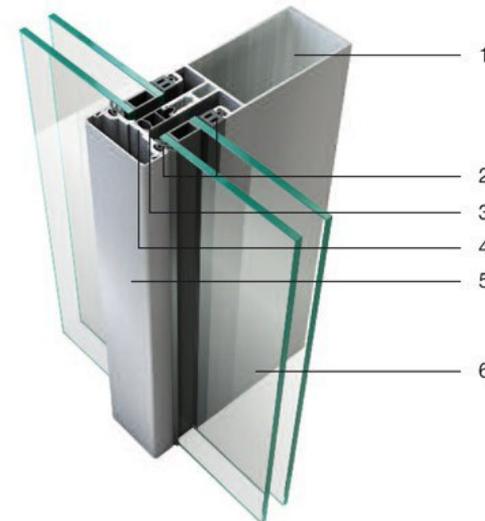
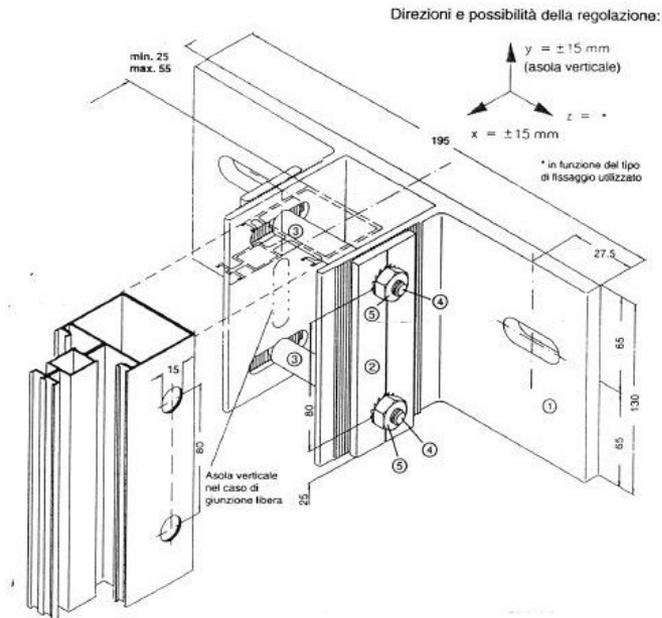
1. facciata continua con montanti e traversi, vetrocamera «isolante»
2. spazi per la manutenzione
3. elementi di collegamento
4. sottostruttura a telaio per il sostegno della facciata esterna
5. griglie apribili per la ventilazione alla base
6. schermature solari fisse esterne alla facciata
7. strato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



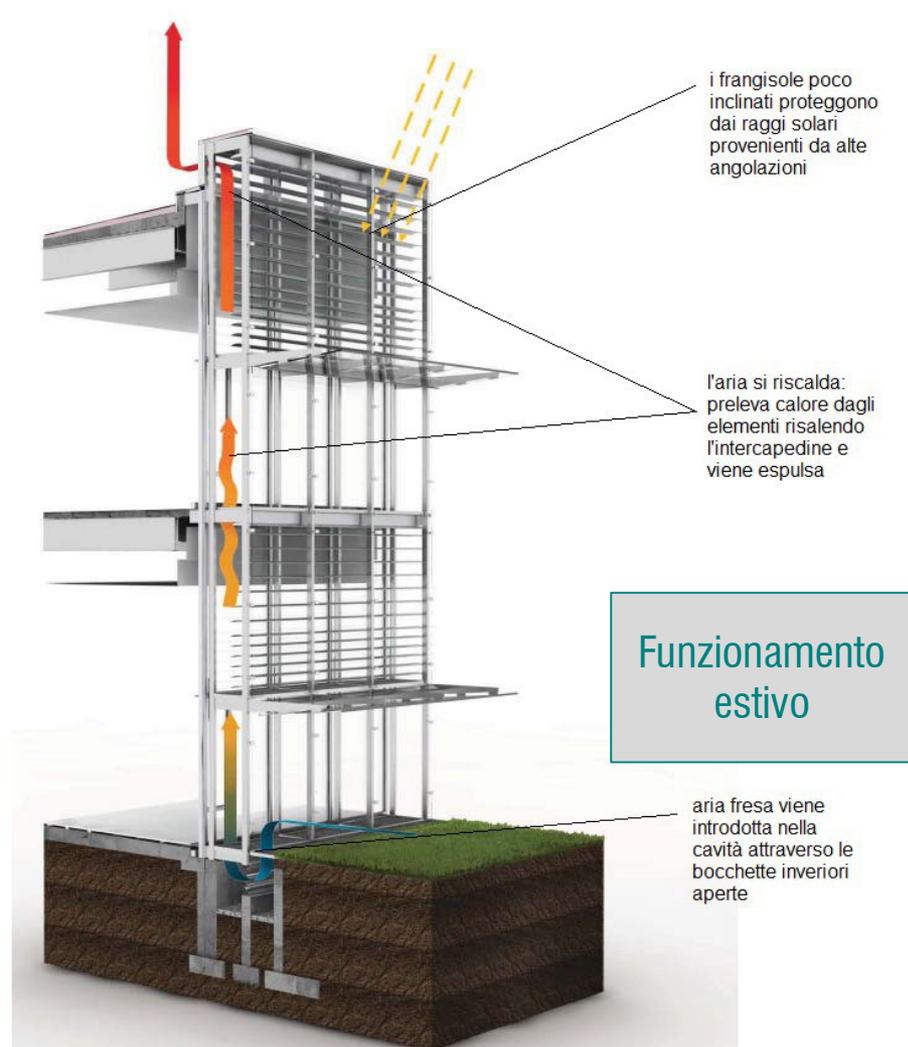
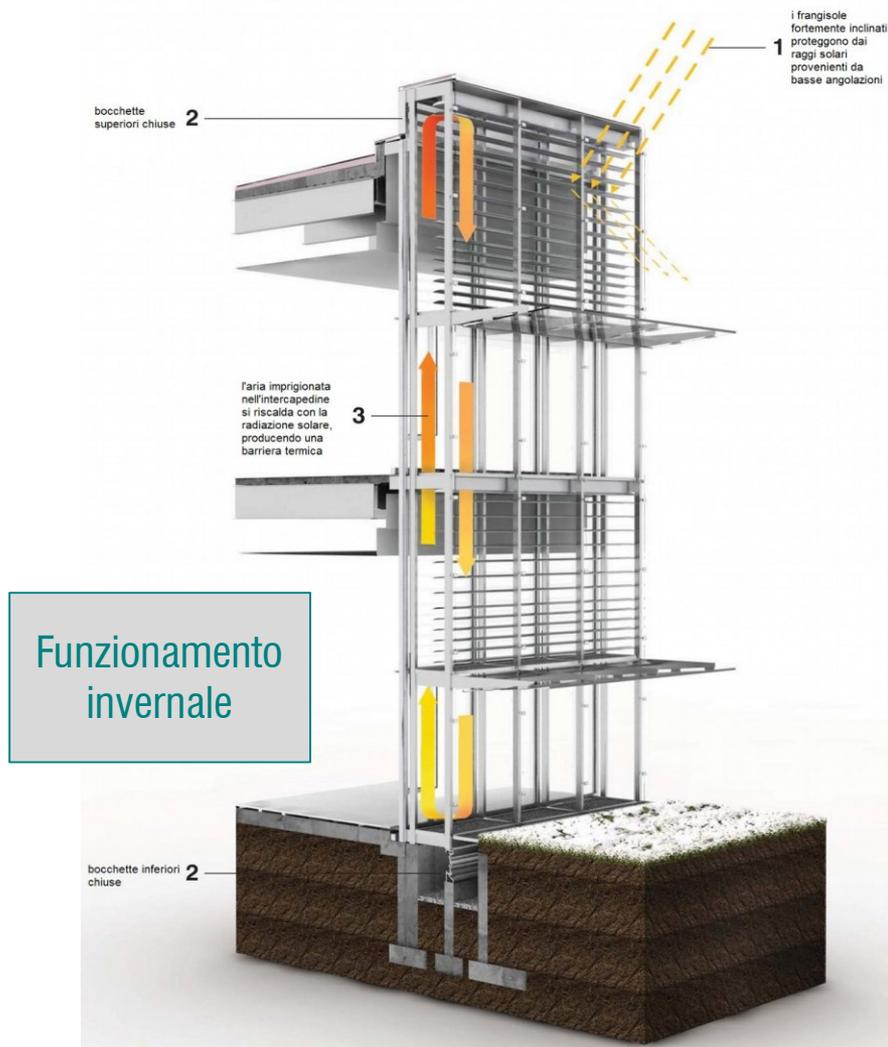
Facciate a doppia pelle in vetro

Staffa di ancoraggio
del telaio metallico
agli orizzontamenti
dell'edificio

Fissaggio delle lastre
mediante pressori
in alluminio



Facciate a doppia pelle in vetro



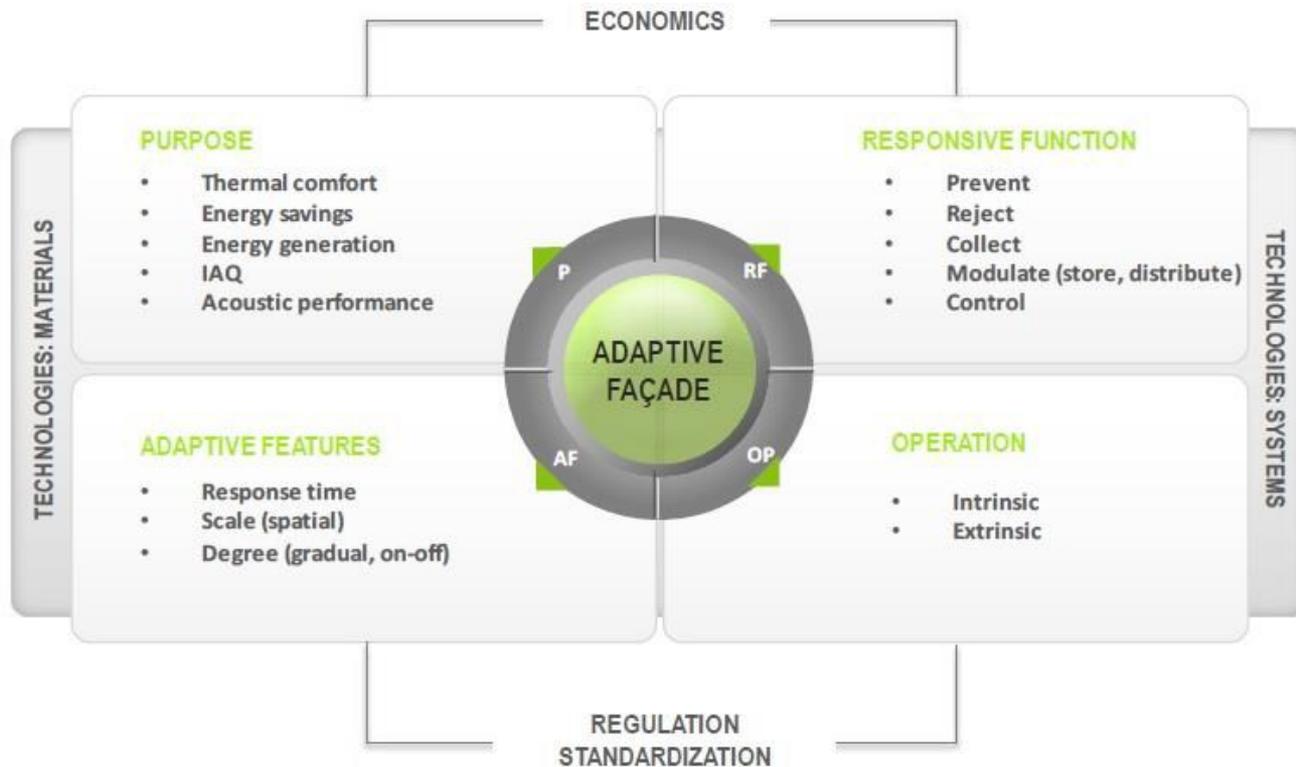
4.3

Cenni su «smart façade» e «adaptive façade»

Caratterizzazione delle facciate adattive

Le facciate «tradizionali» hanno carattere **statico** o **quasi-statico**, per cui non possono adattarsi al mutare delle condizioni ambientali, o alle **esigenze contingenti** da parte degli **utenti**.

Da qui le tecnologie delle **facciate adattive**, che possono sovrintendere a diversi scopi afferenti al **comfort indoor** e/o alla **riduzione** dei **consumi energetici**.



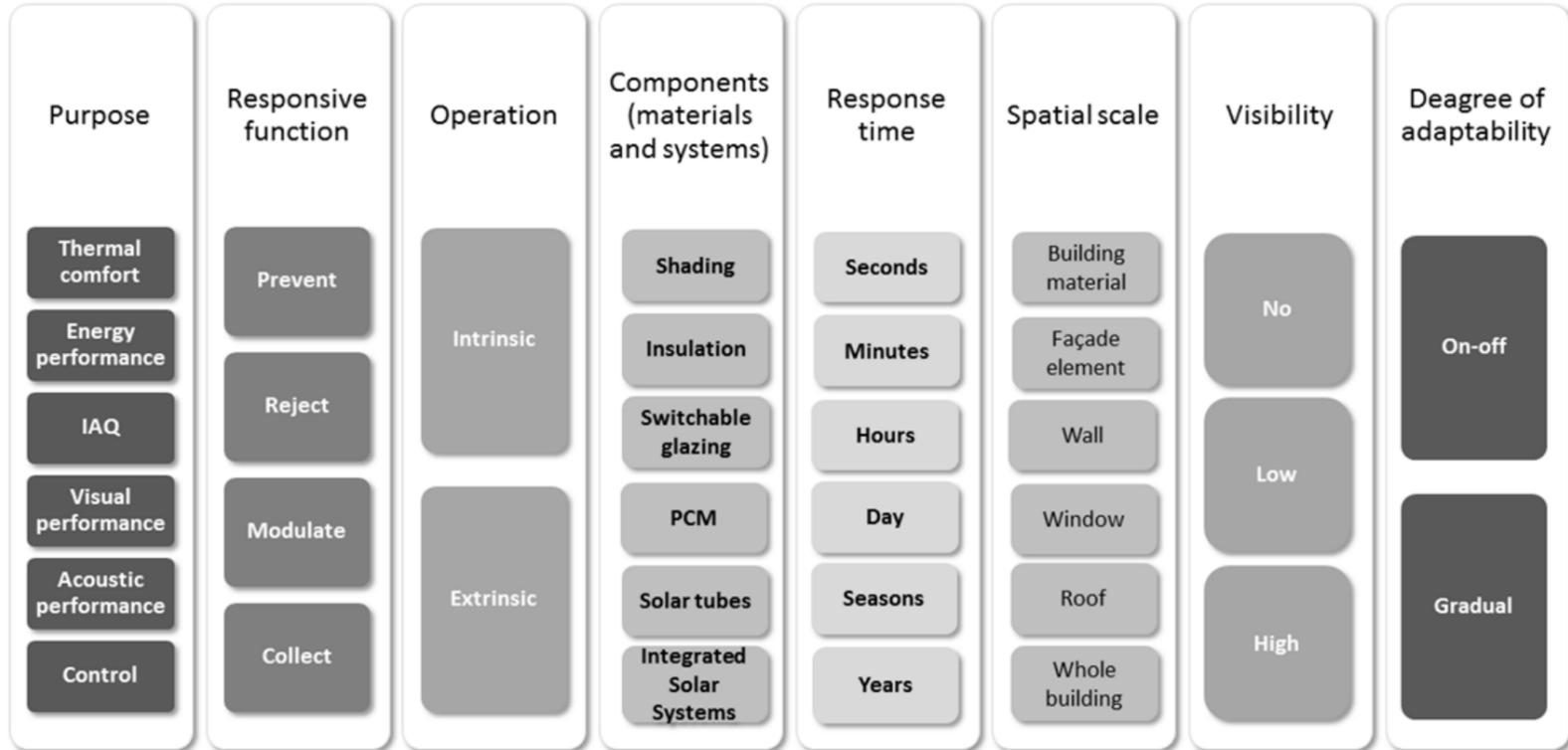
Caratterizzazione delle facciate adattive

Una facciata **adattabile** al clima (condizioni meteorologiche, cicli di temperatura giornalieri e stagionali) ha la **capacità** di **modificare ciclicamente**, in modo **reversibile**, **alcune** delle sue **funzioni**, **caratteristiche** o **comportamento** nel tempo in risposta al cambiamento dei livelli di prestazione e delle condizioni al contorno variabili, e lo fa con l'obiettivo di migliorare le prestazioni complessive dell'edificio.

Per «**sistema di facciata adattivo**» viene inteso l'intero **blocco** di facciata **assemblato**, comprese le **componenti** che possono essere **preassemblate** negli impianti di produzione come unità prefabbricate o fornite separatamente in loco, progettate per funzionare come **parte integrante** della costruzione.



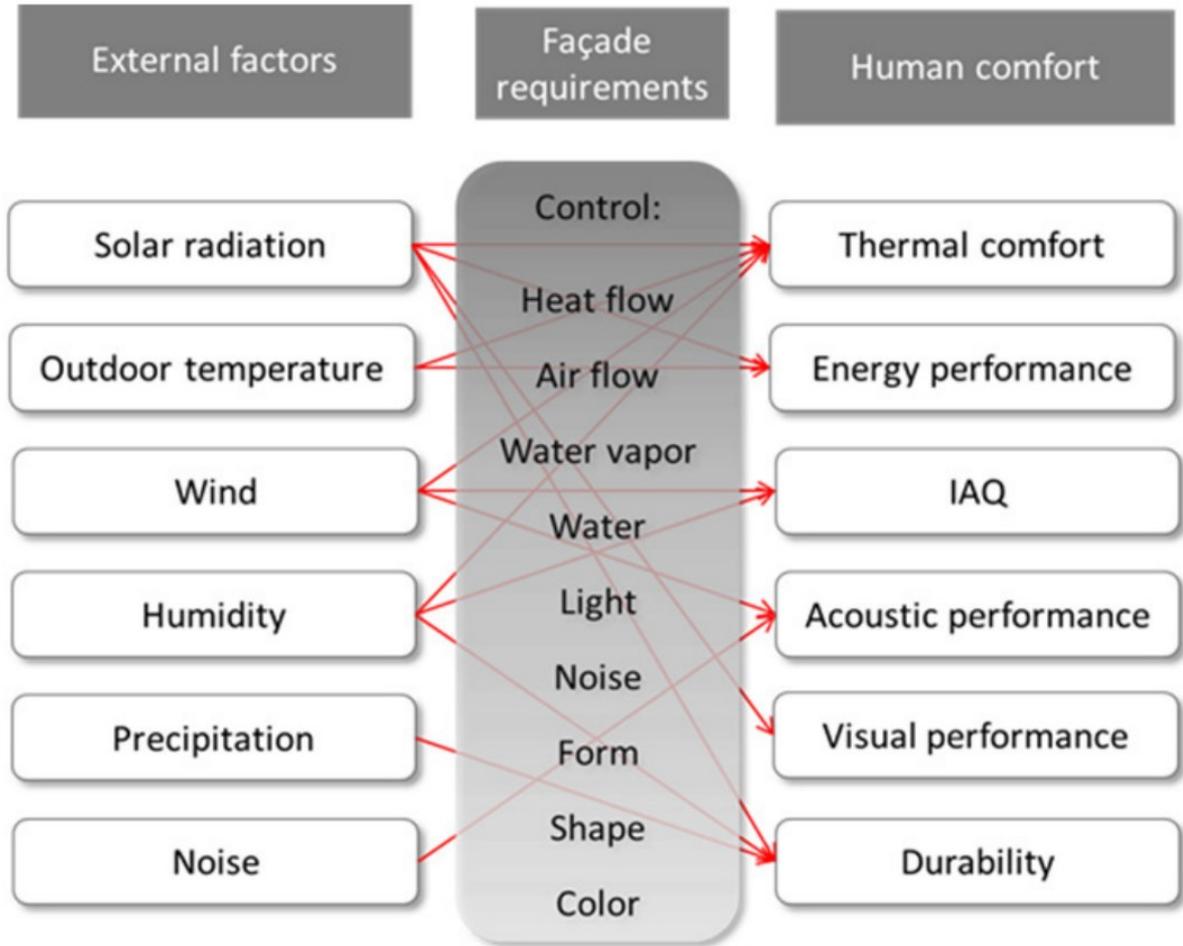
Caratterizzazione delle facciate adattive



Adaptive Façade: concept, applications, research questions
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610216303162>

Caratterizzazione delle facciate adattive

Adaptive Façade: concept, applications, research questions
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610216303162>

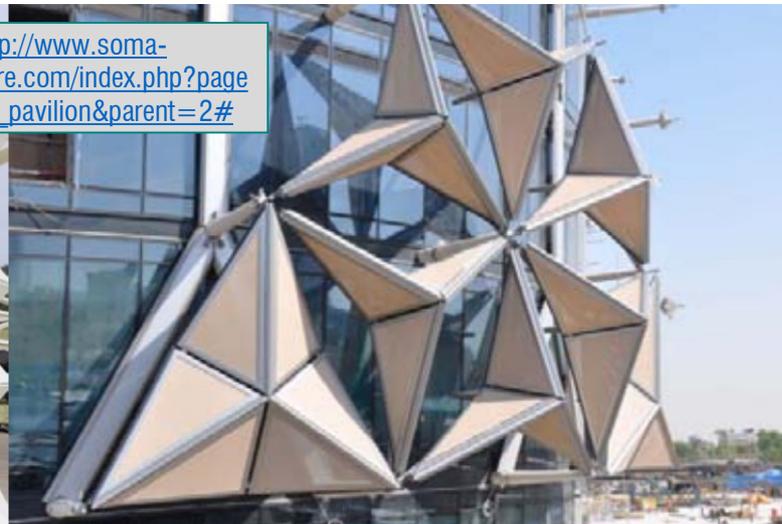


Caratterizzazione delle facciate adattive

https://www.youtube.com/watch?v=FCb6Y2z_8zg



http://www.soma-architecture.com/index.php?page=theme_pavilion&parent=2#



<https://en.wikiarquitectura.com/building/sahmri-south-australian-health-and-medical-research-institute/>

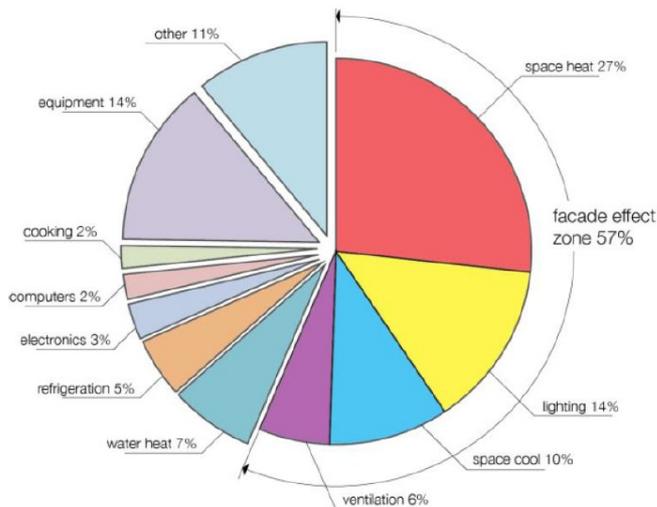


<https://www.youtube.com/watch?v=iCAGlu4vPog>



Caratterizzazione delle facciate adattive

Principali voci di consumo energetico in un edificio, e voci correlate alle prestazioni di facciata



Negli ultimi decenni, la progettazione di **edifici a basso consumo energetico** si è diramata in due direzioni principali: integrazione di tecnologie di tipo **attivo** e strategie di progettazione di tipo **passivo**. La prima si pone come obiettivo il miglioramento del livello di sostenibilità delle costruzioni introducendo dispositivi tecnologici innovativi, capaci di utilizzare fonti di energia rinnovabile oppure di garantire un'efficienza energetica maggiore. Con «**strategie passive**» ci si riferisce alla progettazione di edifici e alla loro forma. Questi parametri ricoprono un ruolo decisivo nell'acquisizione, immagazzinamento e distribuzione di energia da fonti di energia rinnovabile.

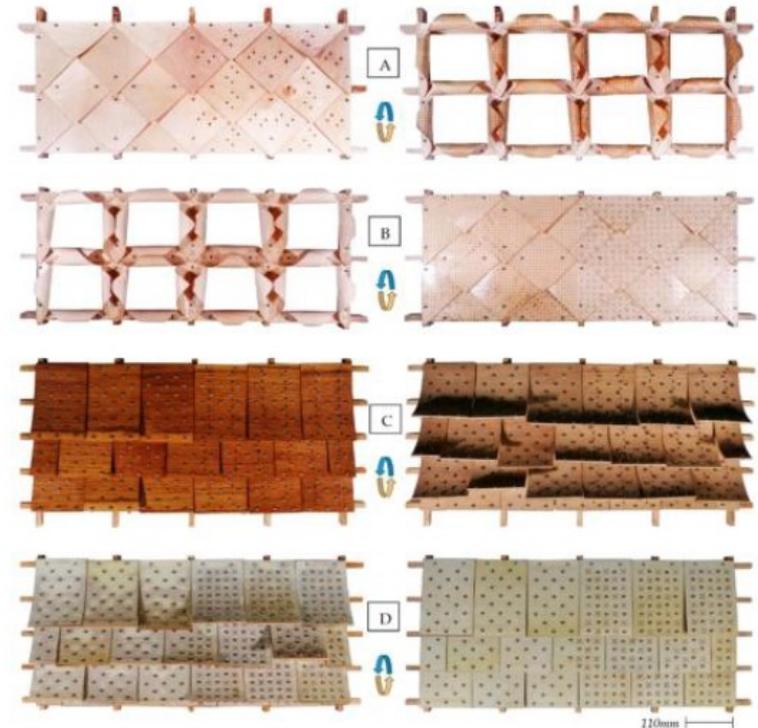


Materiali per facciate adattive

Considerando le caratteristiche delle facciate adattive, particolare attenzione deve essere fornita ai materiali che le compongono, in quanto tali soluzioni risultano **sollecitate** in modo **diversa** rispetto alle facciate tradizionali.

Di difficile valutazione sono le caratteristiche termofisiche e le **prestazioni meccaniche** dei materiali sotto **carichi ciclici** e a lunga durata, come anche i fenomeni dovuti alla **fatica**, il degrado dovuto alle **condizioni ambientali**, le variazioni di temperatura.

Le caratteristiche principali ricercate in tali materiali sono l'abilità di cambiare forma e prestazioni in funzione di forzanti esterne come sforzi meccanici, variazione di temperatura e di umidità, irraggiamento solare.



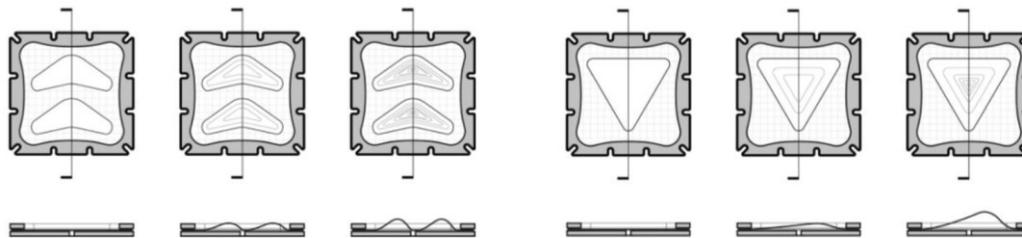
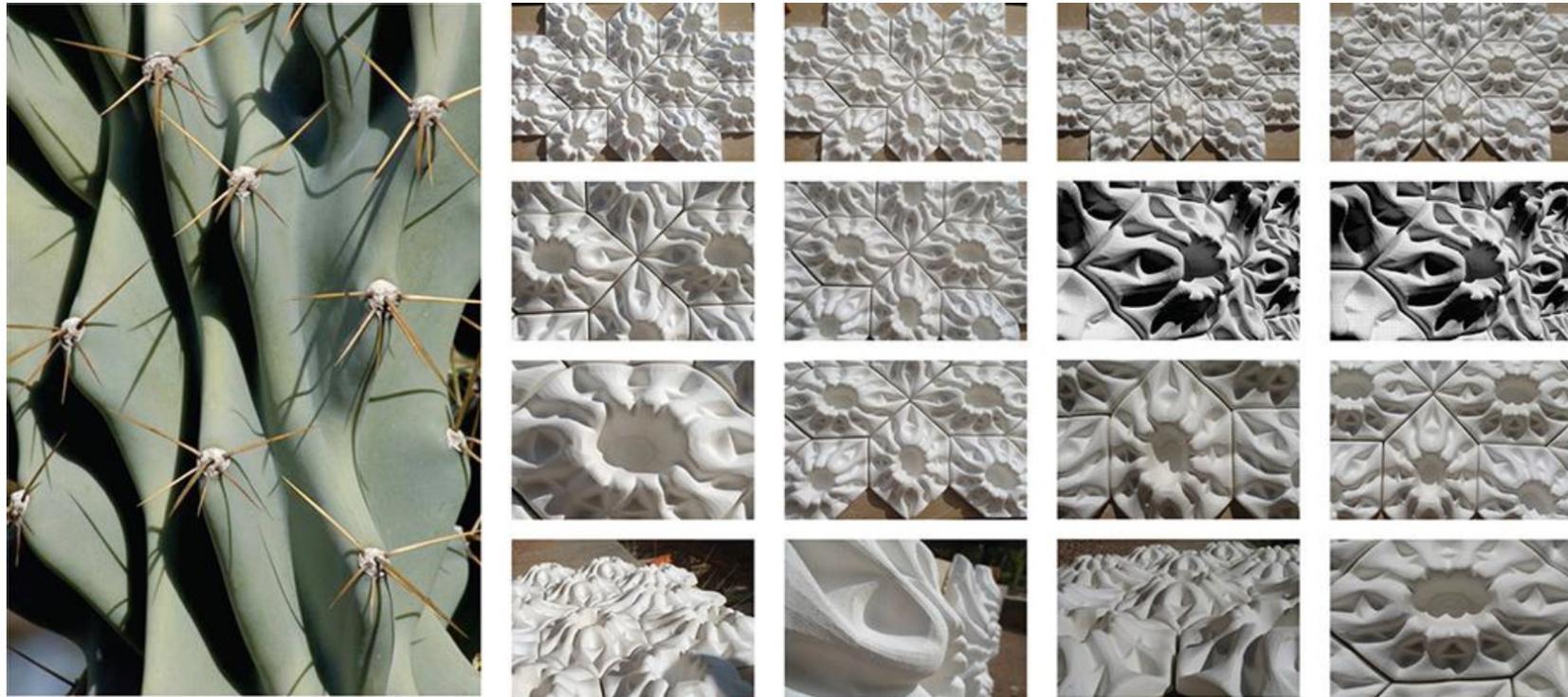
Structural characterisation of adaptive facades in Europe – Part I: Insight on classification rules, performance metrics and design methods
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710218311306>

Materiali per facciate adattive

Class of materials	Conventional activation	Material	Activation
Smart	Energy	Glass-Fiber Reinforced Polymers (GFRPs)	Mechanical force
		Fiberglass-Reinforced Plastic Polypropylene sheets Shape Memory Alloys (SMAs) Elastic Polymer Materials with SMAs SMA wires Shape Memory Polymers Thermoplastic resin matrix, reinforced by SMAs	Heat source provided by electrical current
Adaptive	Environment	Electro-Active Polymers (EAP)	Heat source provided by solar radiation
		Thermo-bimetals	Electricity
		Heat sensitive plastics	Temperature
		SMAs	
		Thermochromic polymers	
		Phase Change Materials (PCM)	
		Phosphorescence pigments	Light
		Light responsive polymers	
		Photocromic dyes	
		Wood (beech, European maple, cut veneer)	Humidity
Hydrogel			
Carbon dioxide responsive polymers	Carbon Dioxide		
Titanium dioxide			

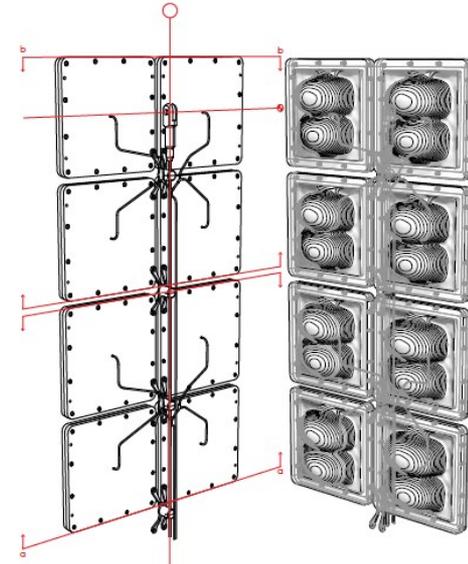


Facciate adattive con polimeri a memoria di forma

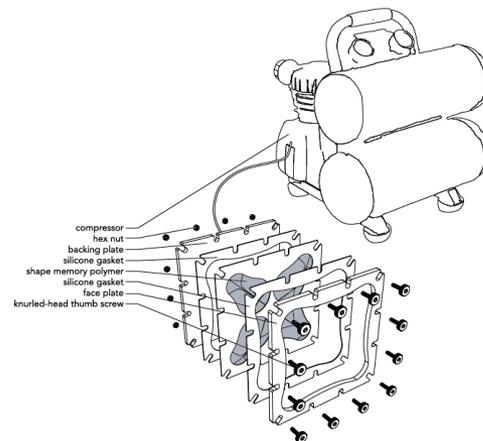


Application of the dynamic characteristics of shape-memory polymers to climate adaptive building facades <http://dro.dur.ac.uk/23079/>

Facciate adattive con polimeri a memoria di forma



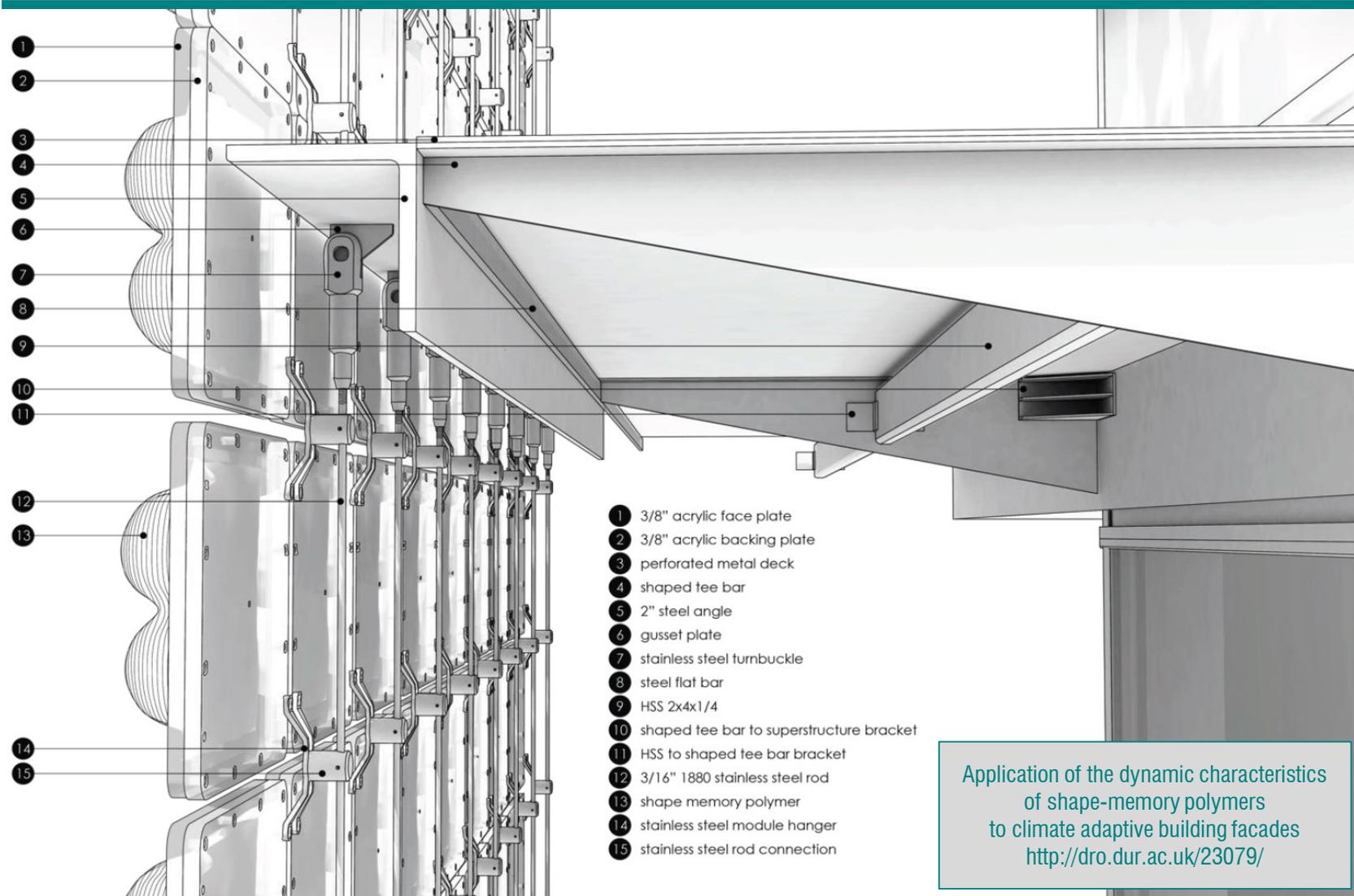
4



test jig assembly

Application of the dynamic characteristics of shape-memory polymers to climate adaptive building facades <http://dro.dur.ac.uk/23079/>

Facciate adattive con polimeri a memoria di forma



Facciate adattive azionate da sistemi pneumatici



(a)

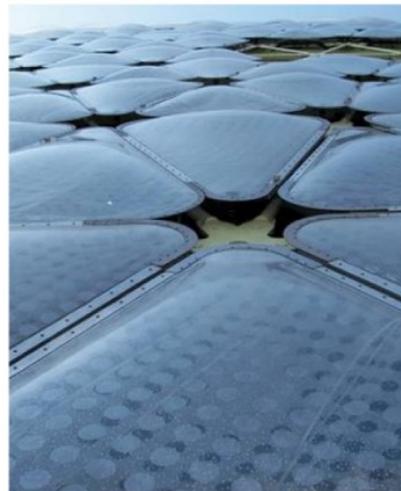


(b)

<http://www.moritz-begle.com/asf---adaptive-solar-facade.html>



(c)

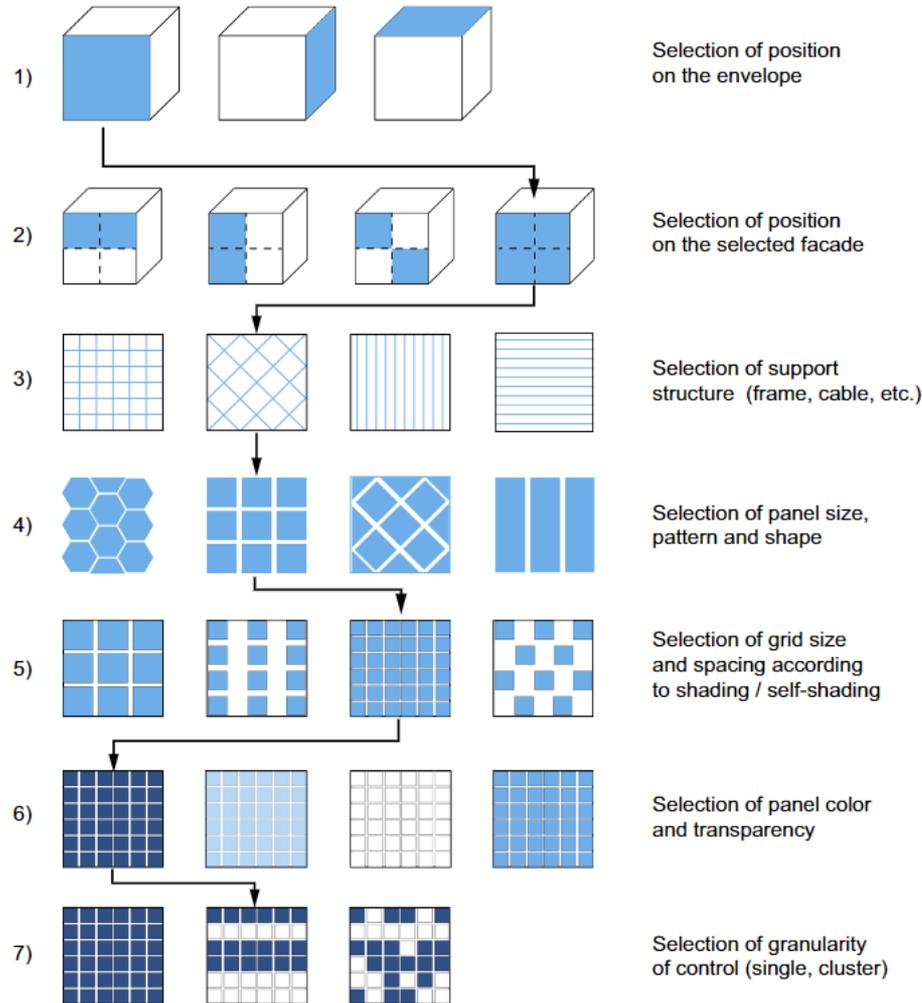


(d)

https://www.youtube.com/watch?v=h_Fzlh4vLk

Structural characterisation of adaptive facades in Europe – Part I: Insight on classification rules, performance metrics and design methods
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710218311306>

Schema a blocchi di progettazione



The Adaptive Solar Facade: From concept to prototypes
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095263516300048>



4.4

Sistemi prefabbricati

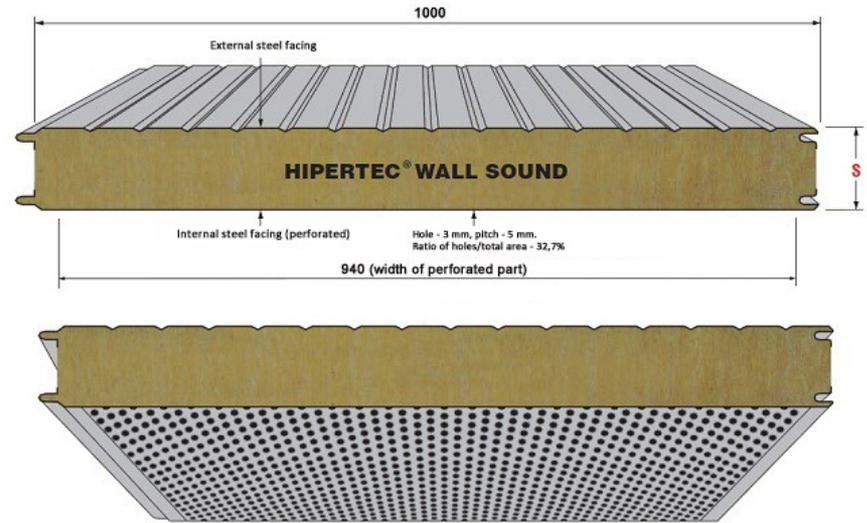
Chiusure in elementi prefabbricati leggeri

I **pannelli** sono **prodotti industriali** definiti per forma, materiali e caratteristiche, atti alla realizzazione di chiusure basate sulla **ripetizione** dei pannelli per **collegamento** con **giunti**.

Tali pannelli normalmente hanno **grandi dimensioni** (altezza pari a quella di un piano e larghezza comparabile con quella di un vano):

- se di tipo portante, sono collegati tra loro da **giunti** verticali e orizzontali **armati**, il cui completamento avviene con getto di calcestruzzo o malte cementizie;
- se di tipo portato, sono inseriti **all'interno** delle **maglie** della struttura portante.

Sono tipicamente costituiti da una successione di strati funzionali tale da offrire caratteristiche idonee di resistenza meccanica e isolamento termico. **L'inerzia termica** offerta è di solito **mediocre**.



Valori riferiti a pannelli con lamiere spessore 0,6 + 0,6 mm

S mm	U W/m² K	Peso pannello Kg/m² 0,6 + 0,6															
			l - m	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
50	0,78	14,17	p = (daN/m²)	185	130	80	55				160	100	65				
80	0,51	17,17		300	210	135	90	65	50		240	145	95	65	50		
100	0,41	19,17		375	265	170	115	85	65	50	270	165	110	80	60		
120	0,34	21,17		455	320	205	140	105	80	60	295	185	125	90	65	55	
150	0,28	24,17		570	400	255	175	130	100	75	320	205	140	105	80	60	50

4.5

Il «tradizionale evoluto»

Tradizionale evoluto: tecnologie

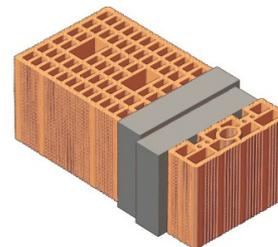
L'introduzione di livelli prestazionali sempre più severi in materia di efficienza energetica ha orientato il mercato verso una maggiore **qualità** di **esecuzione** dell'opera edilizia, sia in termini di manodopera che di tecnologie impiegate.

Parlando di involucro edilizio, si delinea la tendenza ad anticipare – in parte – le lavorazioni di cantiere (fase produttiva in opera) alla **fase produttiva fuori opera**, con le seguenti conseguenze:

- semplificazione delle operazioni di posa in opera;
- diminuzione dei tempi di lavorazione;
- certificazione della qualità dei materiali e del cantiere.

Il «**tradizionale evoluto**» costituisce un'evoluzione dei sistemi tradizionali delle pareti multistrato nell'ambito della prefabbricazione leggera.

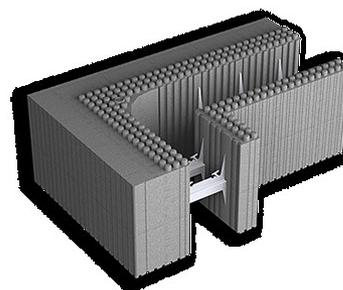
L'offerta di mercato per soluzioni inerenti a sistemi tradizionali evoluti presenta interessanti sviluppi, con diversificati materiali e sistemi costruttivi.



LATERIZIO MULTISTRATO



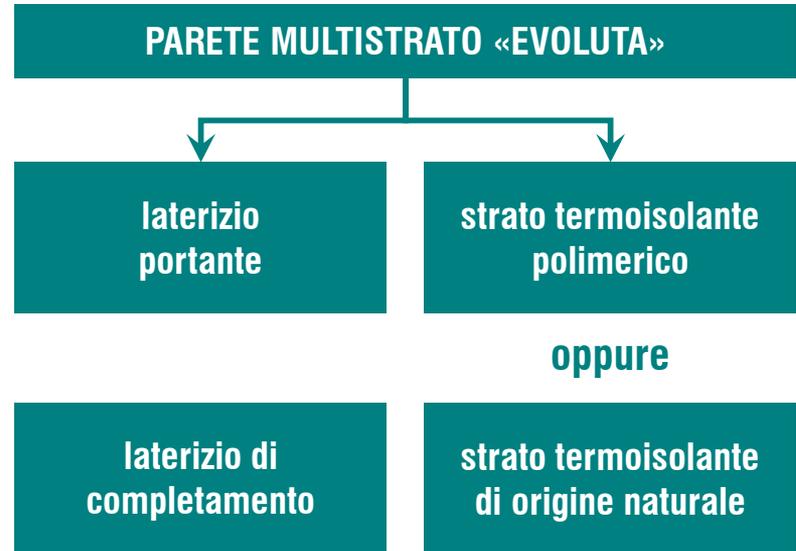
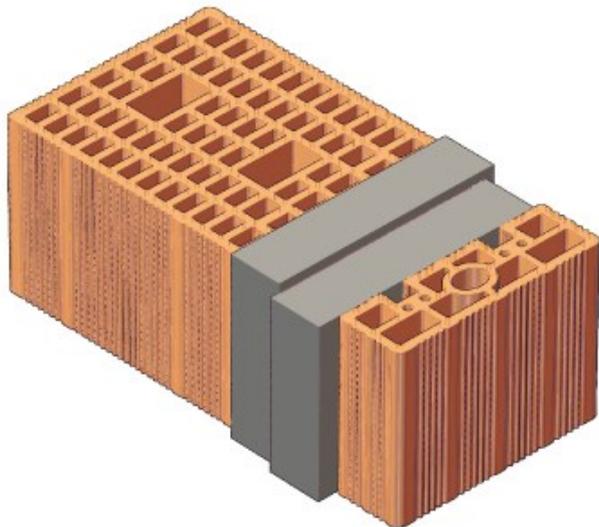
BLOCCHI DI ARGILLA ESPANSA MULTISTRATO



CASSERI A PERDERE

Pareti multistrato «evolute»

Il **laterizio multistrato «evoluto»** consiste in una parete multistrato in cui i componenti impiegati si assimilano ai comuni materiali base; il componente coibente è caratterizzato da diversi livelli di ecocompatibilità.

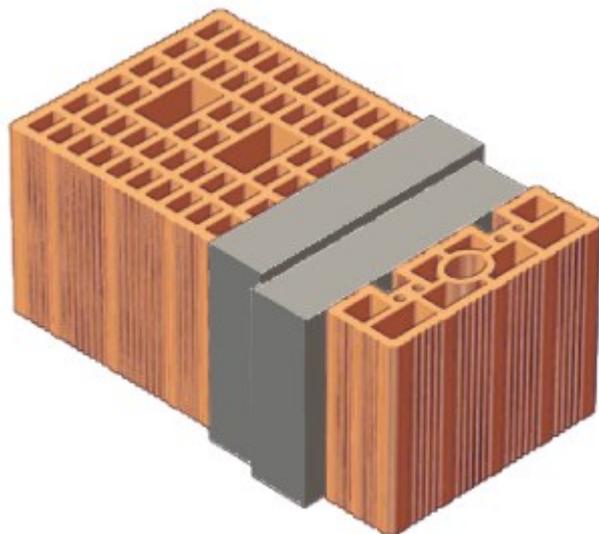


La soluzione prevede la fornitura in cantiere di un prodotto unico, composto dei tre strati principali (**portante**, **coibente**, di **alloggiamento impiantistico**) assemblati mediante **agganci metallici**, con diverse configurazioni geometriche capaci di adattarsi alle esigenze di progetto.

Pareti multistrato «evolute»

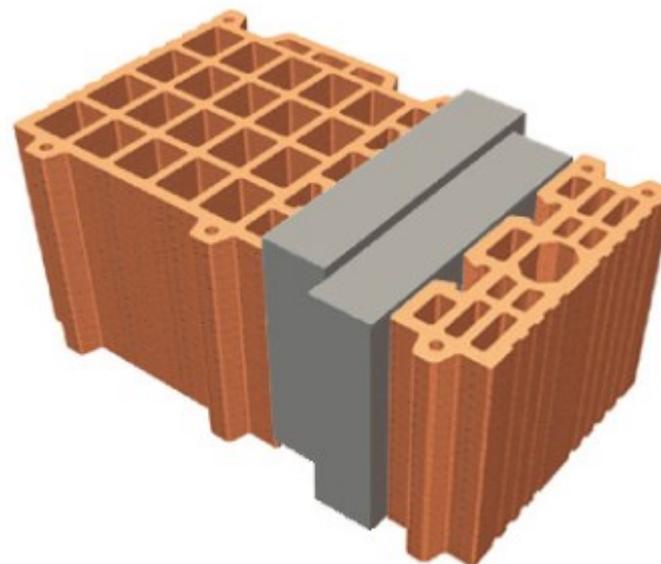
PORTANTE

Spessore 25+12+8
Percentuale di foratura 42%
Massa superficiale 260 kg m⁻²
Resistenza caratteristica 23 N mm⁻²
Trasmittanza termica 0,17 W m⁻² K⁻¹



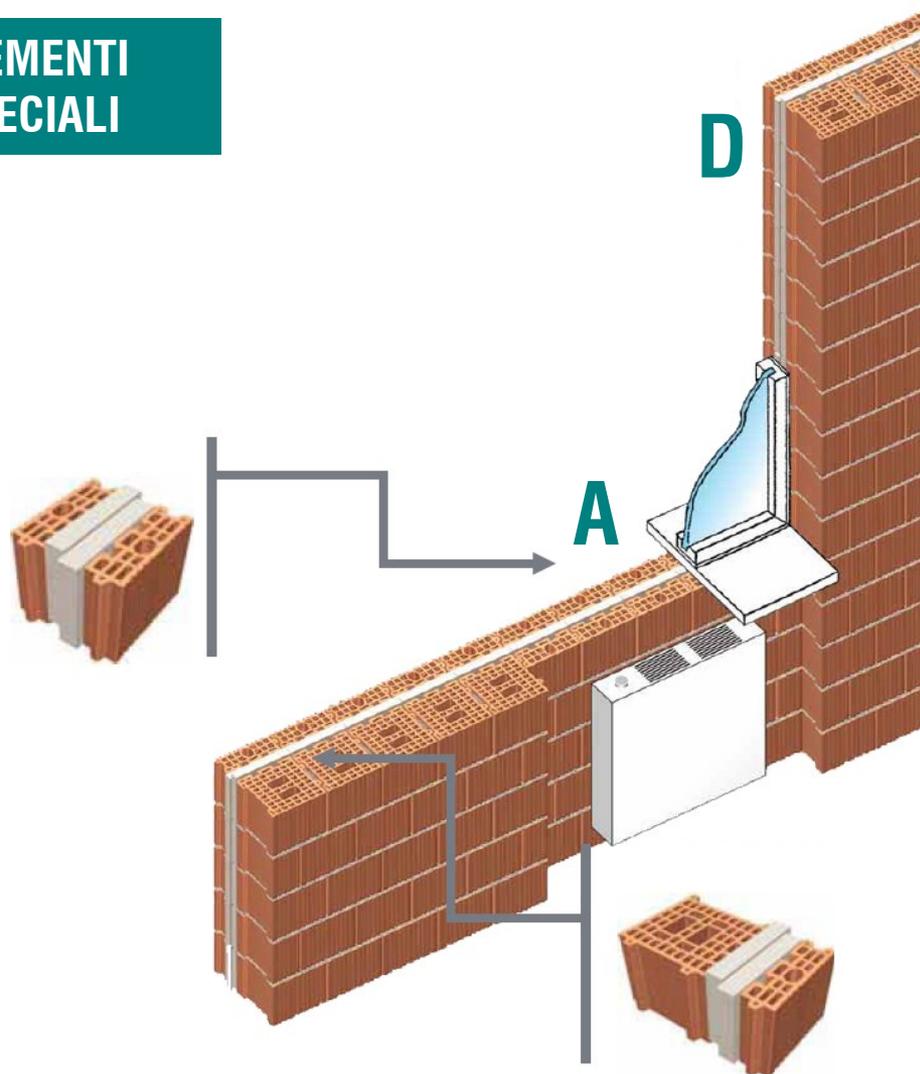
TAMPONAMENTO

Spessore 25+10+7
Percentuale di foratura 55%
Massa superficiale 240 kg m⁻²
Trasmittanza termica 0,19 W m⁻² K⁻¹

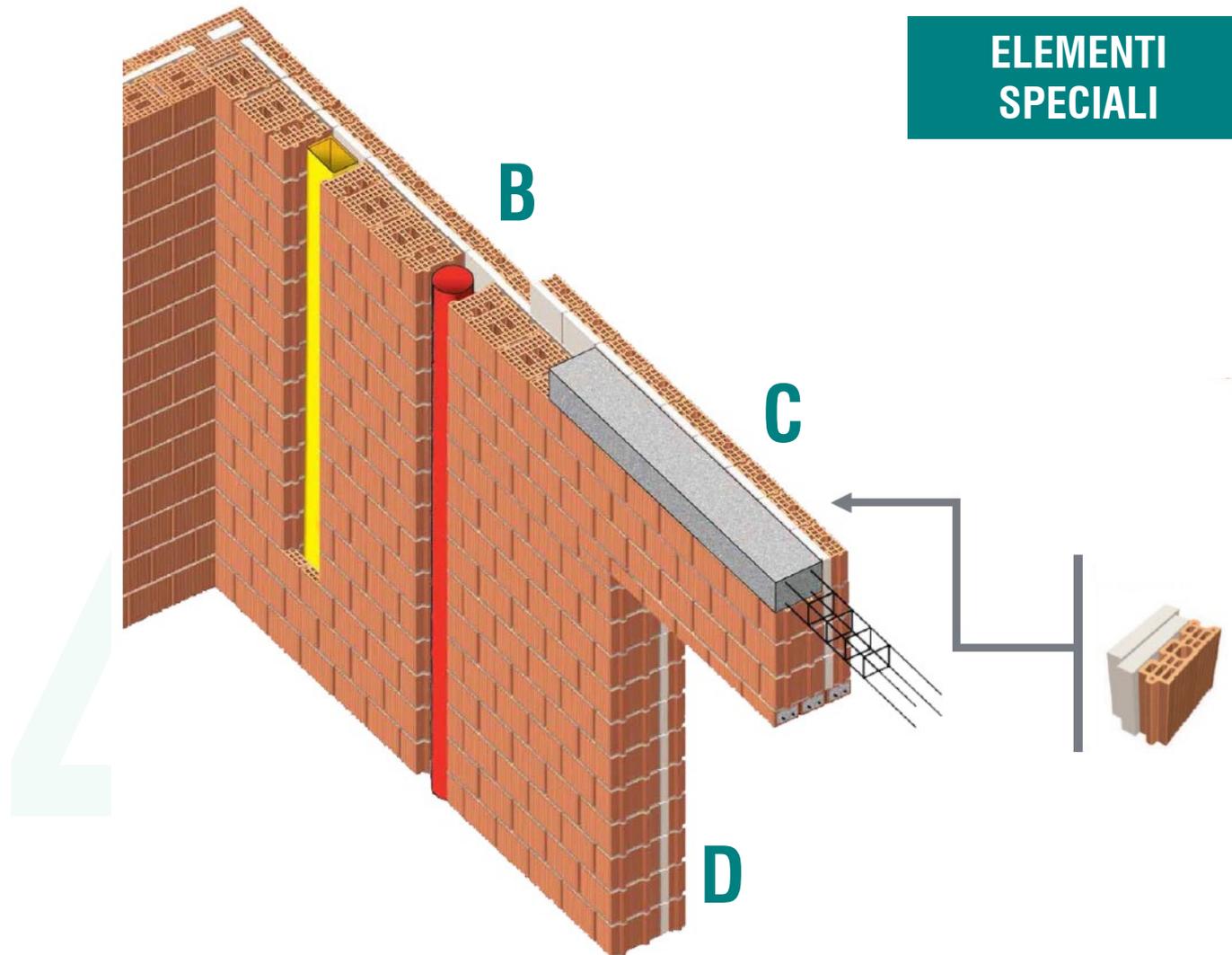


Pareti multistrato «evolute»

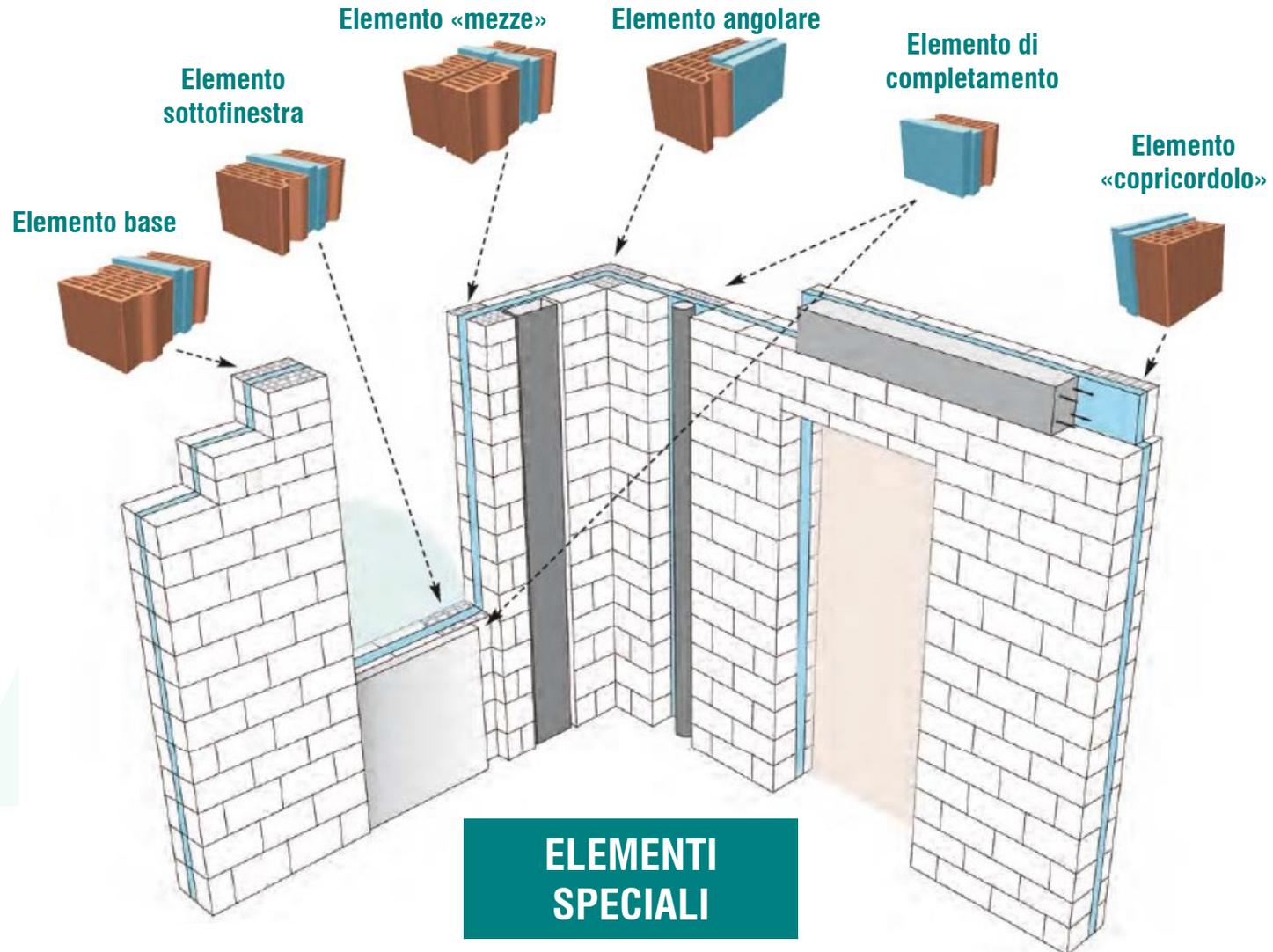
ELEMENTI SPECIALI



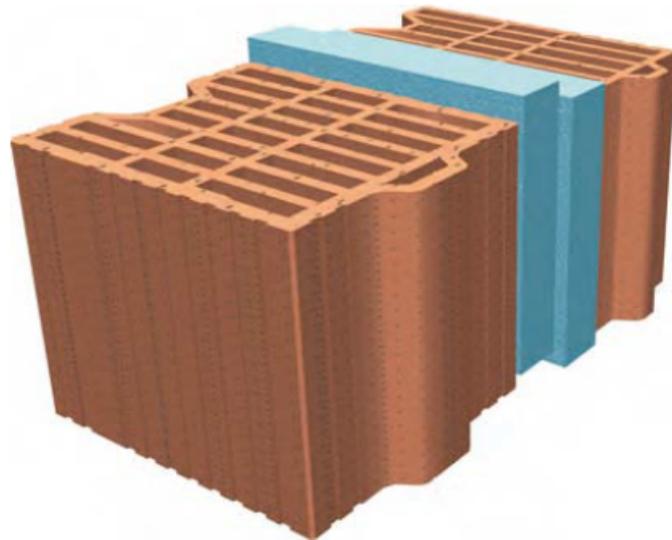
Pareti multistrato «evolute»



Pareti multistrato «evolute»



Pareti multistrato «evolute»



CARATTERISTICHE TECNICHE

Dimensioni (LxWxH)	23,5x40x19	cm
Peso cadauno	12,0	kg
Spessore isolante	8	cm

CARATTERISTICHE FISICHE E MECCANICHE

Percentuale di foratura laterizio	≤ 45	%
Resistenza caratteristica compressione	5,00	N/mm ²
Resistenza caratteristica a taglio	0,20	N/mm ²

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE

Trasmittanza parete (U)	0,223	W/m ² K
Conducibilità termica equivalente (λ_{eq})	0,091	W/mK
Sfasamento (S)	26h 07'	
Fattore attenuazione (F_a)	0,01	

COMPORAMENTO ACUSTICO

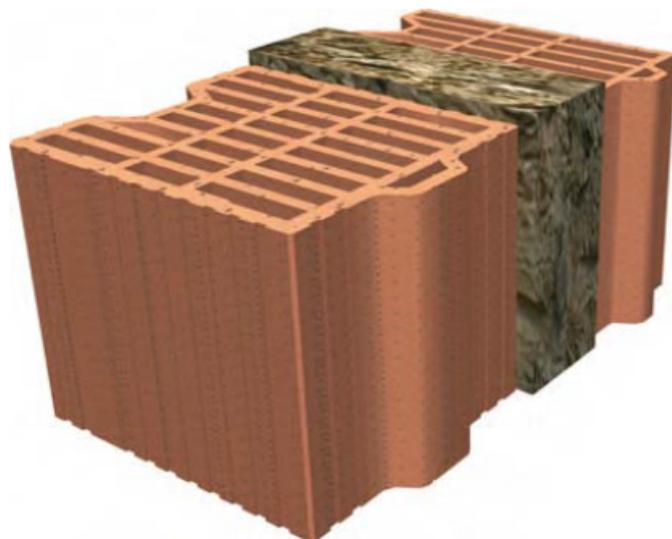
Potere fonoisolante (Rw)	51	dB
--------------------------	----	----

COMPORAMENTO AL FUOCO

Resistenza al fuoco	180	R.E.I.
---------------------	-----	--------

STRATO ISOLANTE IN POLISTIRENE ESPANSO

Pareti multistrato «evolute»



CARATTERISTICHE TECNICHE

Dimensioni (LxWxH)	23,5x40x19	cm
Peso cadauno	12,0	kg
Spessore isolante	8	cm

CARATTERISTICHE FISICHE E MECCANICHE

Percentuale di foratura laterizio	≤ 45	%
Resistenza caratteristica compressione	5,00	N/mm ²
Resistenza caratteristica a taglio	0,20	N/mm ²

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE

Trasmittanza parete (U)	0,241	W/m ² K
Conducibilità termica equivalente (λ_{eq})	0,097	W/mK
Sfasamento (S)	25h 19'	
Fattore attenuazione (F_a)	0,01	

COMPORAMENTO ACUSTICO

Potere fonoisolante (Rw)	51	dB
--------------------------	----	----

COMPORAMENTO AL FUOCO

Resistenza al fuoco	180	R.E.I.
---------------------	-----	--------

STRATO ISOLANTE IN PANNELLI DI SUGHERO

Pareti multistrato «evolute»

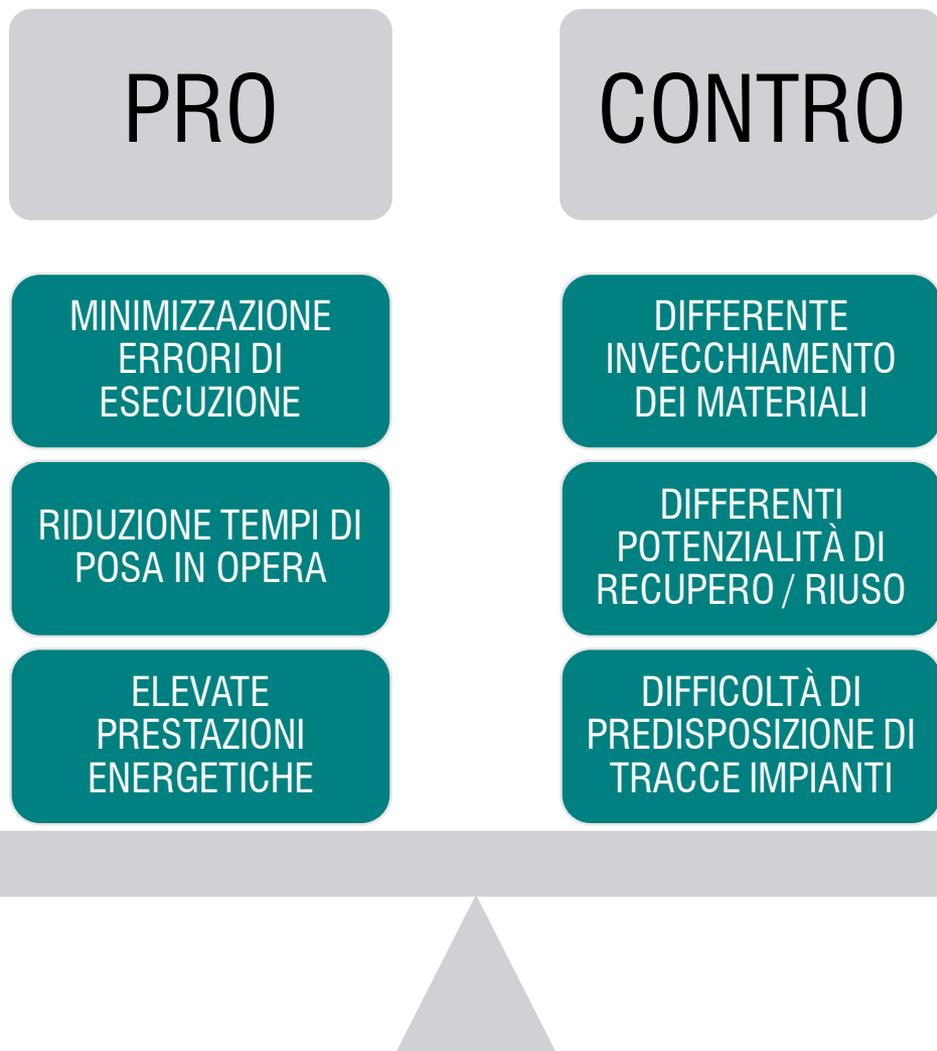


Pareti multistrato «evolute»



Pareti multistrato «evolute»

4



Pareti multistrato «evolute»

Un sistema analogo prevede la realizzazione dei blocchi in **argilla espansa**, che ben contribuisce ad incrementare la resistenza termica grazie all'elevato grado di **porosità** dell'aggregato argilla – calcestruzzo. Anche in questo caso il mercato offre sistemi sia per il solo tamponamento che per la realizzazione di chiusure verticali portanti.

PARETE MULTISTRATO «EVOLUTA»

argilla espansa
portante

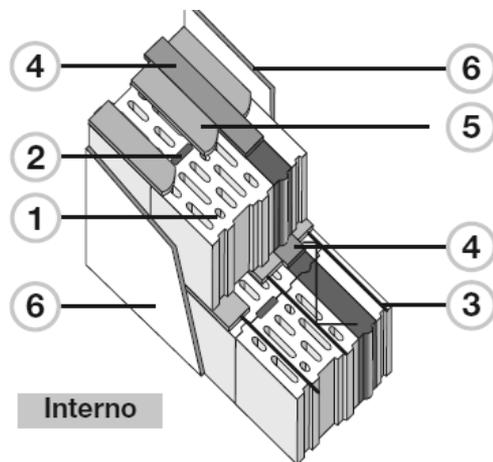
portante

di tamponamento



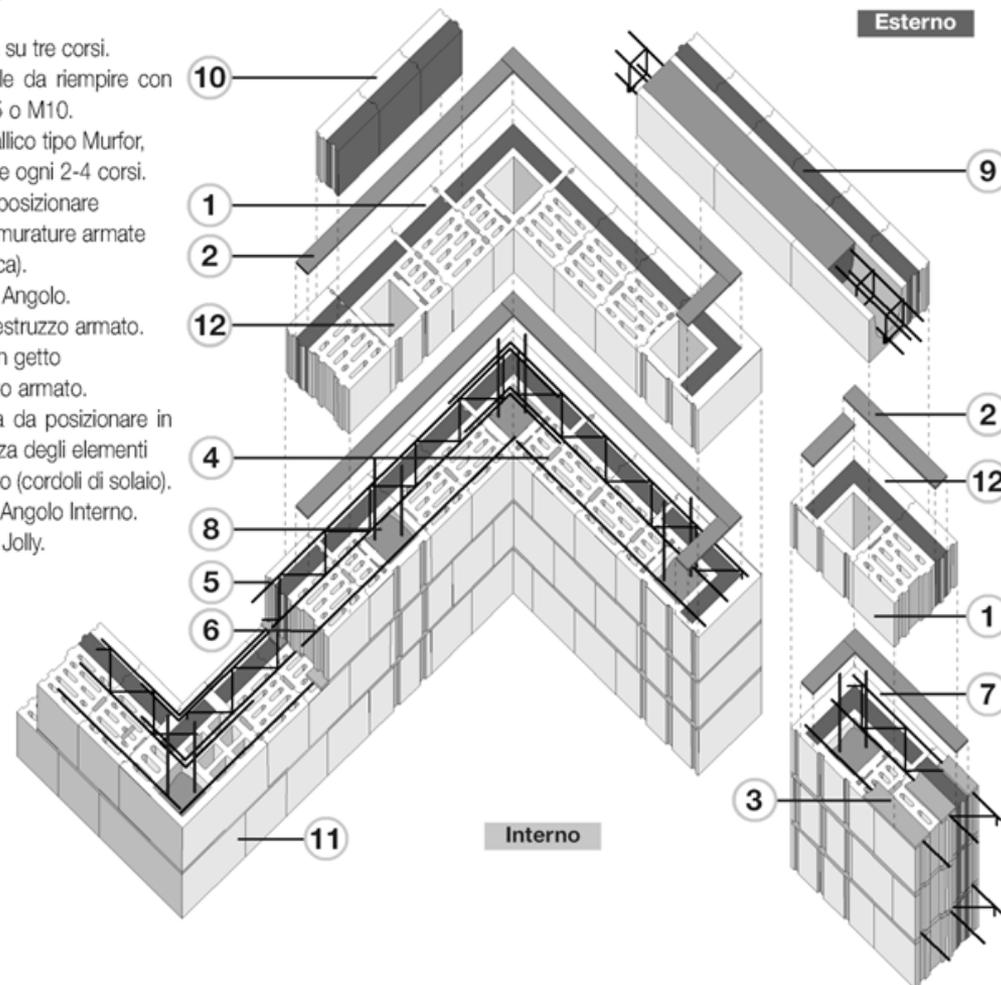
4

Pareti multistrato «evolute»



1. blocco in argilla espansa
2. tasca con riempimento di malta per chiusure portanti
3. traliccio
4. striscia adesiva
5. giunto di malta
6. finitura ad intonaco

- 1 Lecablocco Bioclima Zero27p.
- 2 Striscia isolante adesiva da posizionare in ogni corso di malta orizzontale.
- 3 Malta di posa su tre corsi.
- 4 Tasca verticale da riempire con malta tipo M5 o M10.
- 5 Traliccio metallico tipo Murfor, da posizionare ogni 2-4 corsi.
- 6 Ferro ϕ 6 da posizionare ogni 2 corsi (murature armate in zona sismica).
- 7 Blocco PX38 Angolo.
- 8 Getto in calcestruzzo armato.
- 9 Architrave con getto in calcestruzzo armato.
- 10 Tavella isolata da posizionare in corrispondenza degli elementi in calcestruzzo (cordoli di solaio).
- 11 Blocco PX38 Angolo Interno.
- 12 Blocco PX38 Jolly.



Pareti multistrato «evolute»



Posa in opera della striscia adesiva



Posa in opera della malta lungo tre corsi

Pareti multistrato «evolte»

Parzialmente altra rispetto ai sistemi precedenti risulta la tecnologia dei «**casseri a perdere**».

La chiusura verticale si avvicina, in questo caso, ad una soluzione **isolata esternamente**, ed ha inoltre funzione **portante** con schema funzionale di tipo **scatolare**.

Lo spazio intermedio ai due paramenti isolanti funge da **cassero** per il **getto** del **calcestruzzo**, consentendo l'adeguato **posizionamento dell'armatura**. Non è usualmente previsto l'impiego di corsi di malta.

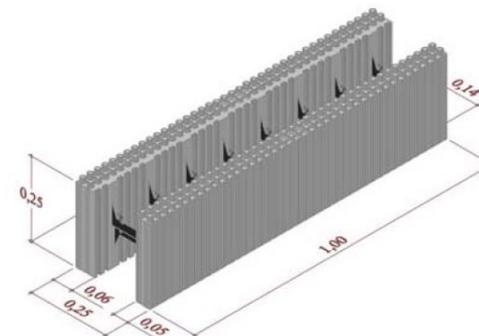
Particolarmente curata risulta essere la definizione di guide ed incastri; inoltre, la presenza di un paramento interno isolante permette la realizzazione delle **tracce** per **alloggiamento impiantistico** mediante taglierine a caldo o a freddo.

La finitura interna è usualmente realizzata in lastre di cartongesso; quella esterna è affine ad una comune finitura per sistemi «a cappotto».

«CASSERI A PERDERE»

doppio paramento con collegamenti

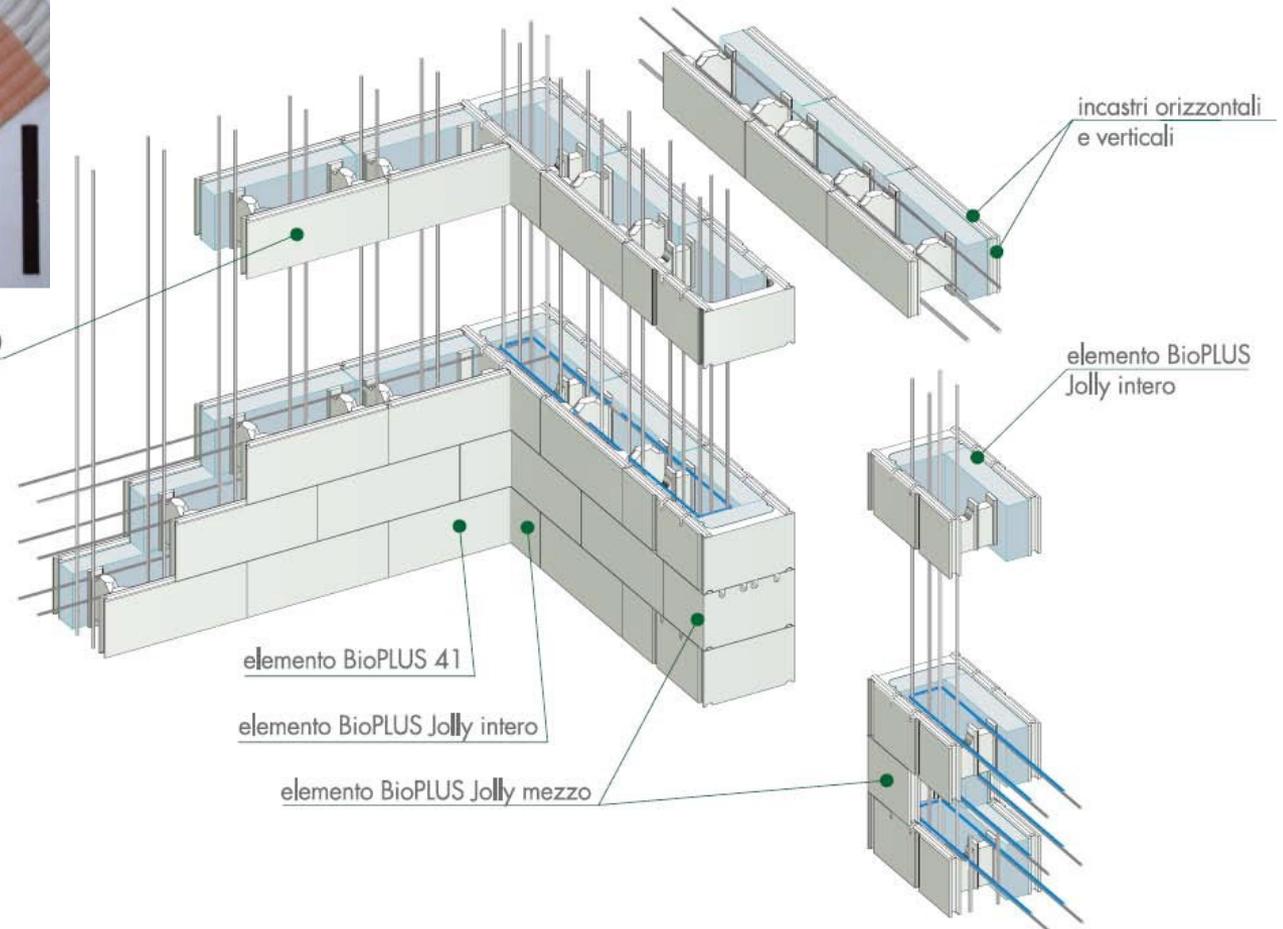
portante
isolamento esterno



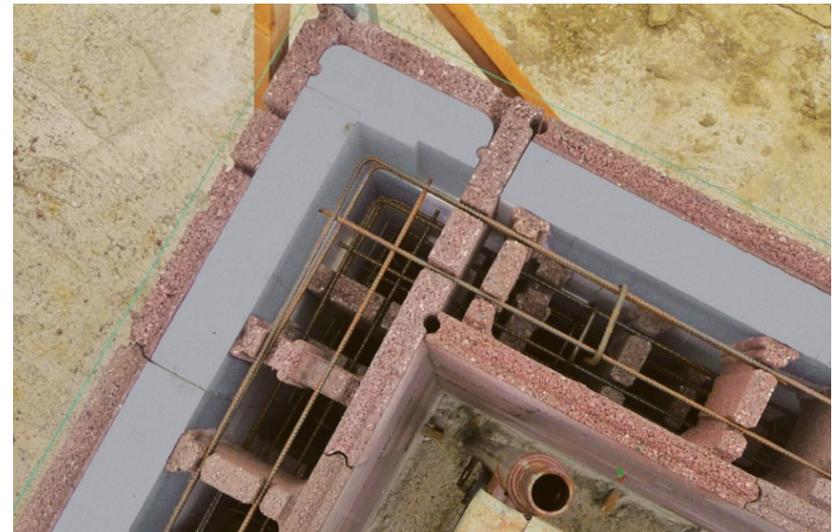
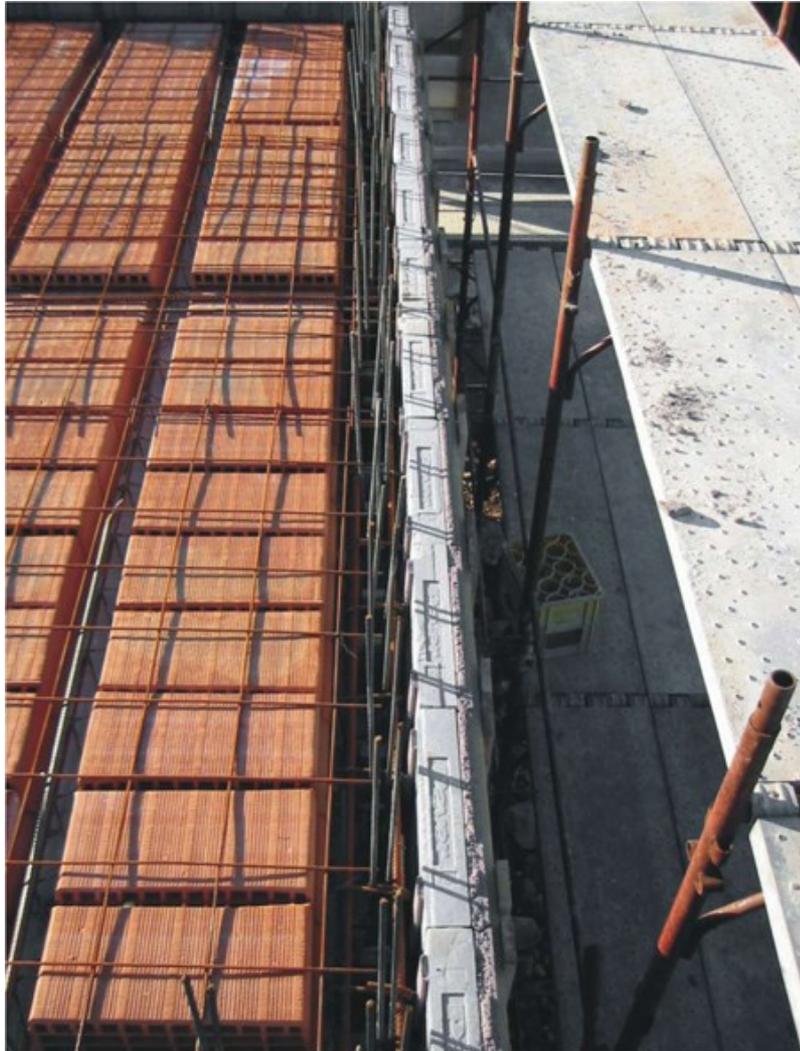
Pareti multistrato «evolute»



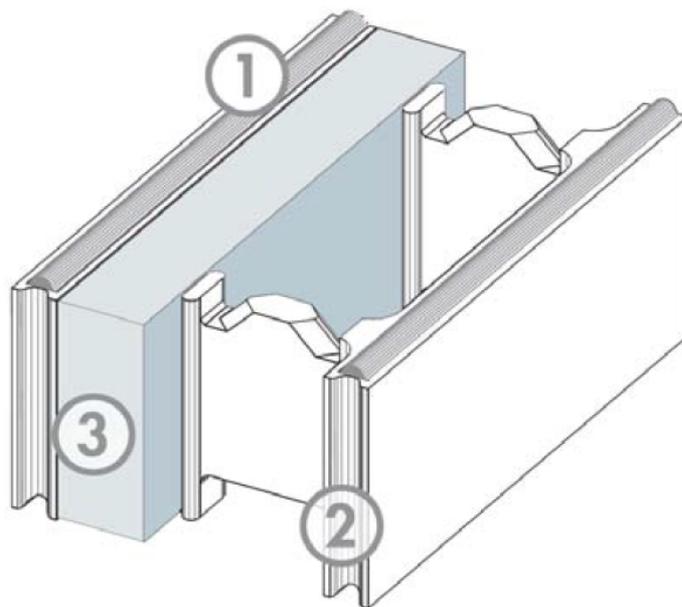
elemento BioPLUS 50



Pareti multistrato «evolute»



Pareti multistrato «evolute»



CARATTERISTICHE TECNICHE		
Dimensioni (LxWxH)	50x35x20	cm
Peso cadauno	13,0	kg
Spessore isolante	10,0	cm

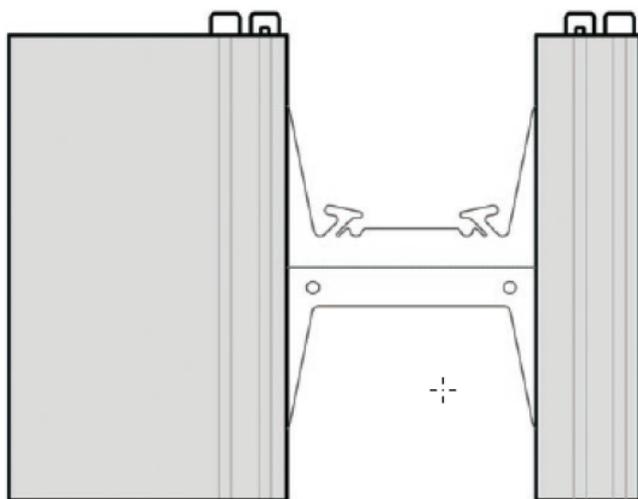
CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE		
Trasmittanza parete (U)	0,30	W/m ² K
Conducibilità termica equivalente (λ_{eq})	0,107	W/mK
Sfasamento onda termica (S)	12h 30'	
Fattore attenuazione (F_a)	< 0,20	
Verifica di Glaser	Non forma condensa	

COMPORTAMENTO ACUSTICO		
Po ₂ ere fonoisolante (Rw)	57	dB



BLOCCHI CASSERO IN ARGILLA ESPANSA

Pareti multistrato «evolute»



CARATTERISTICHE TECNICHE

Dimensioni (LxWxH)	120x40x30	cm
Peso cadauno	2,915	kg
Spessore isolante interno	6,2	cm
Spessore isolante esterno	17,3	cm

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE

Trasmittanza parete (U)	0,150	W/m ² K
Sfasamento onda termica	8h 51'	
Verifica di Glaser	Non forma condensa	

COMPORTAMENTO ACUSTICO

Potere fonoisolante (Rw)	53	dB
--------------------------	----	----

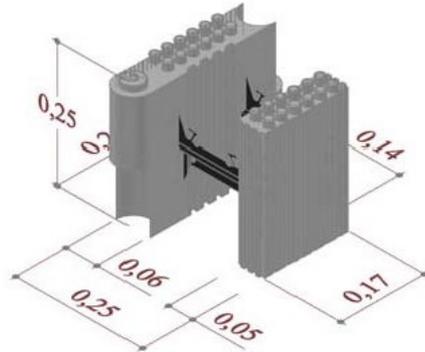
COMPORTAMENTO AL FUOCO

Classe	Euroclasse E	
Resistenza al fuoco	90	R.E.I.

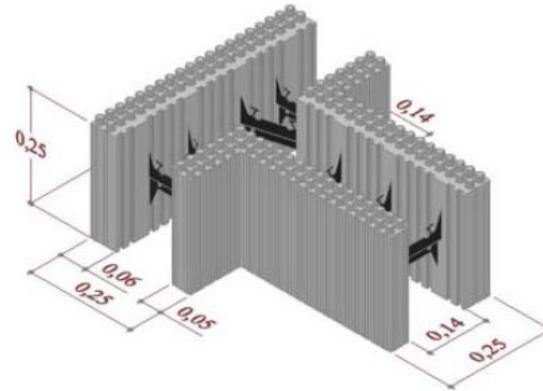
BLOCCHI CASSERO IN POLISTIRENE GRIGIO

Pareti multistrato «evolute»

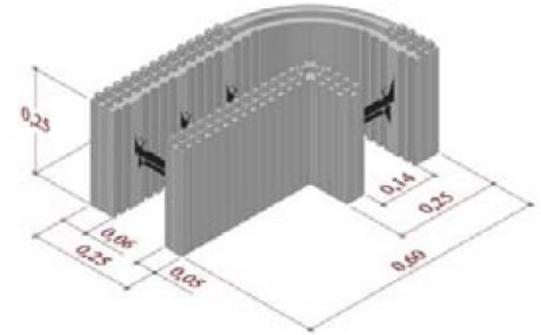
Raggio variabile



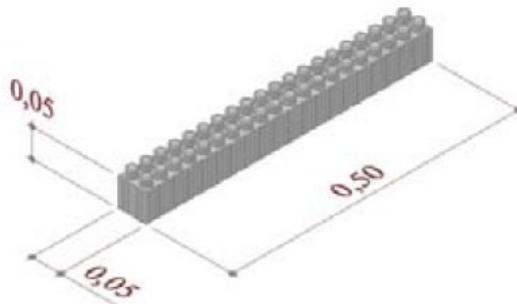
Elemento a «T»



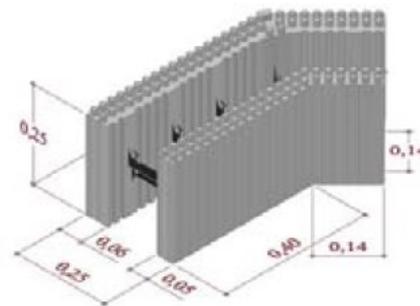
Angolo curvo



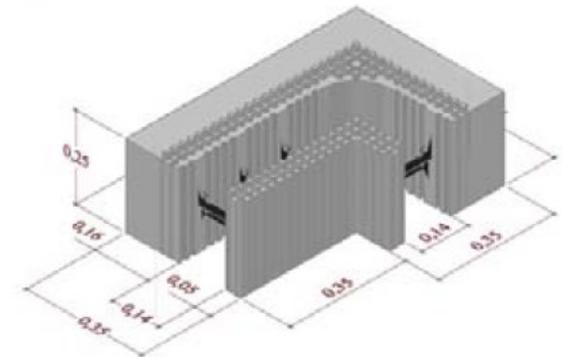
Variazione d'altezza



Angolo a 45°



Angolo a 90°

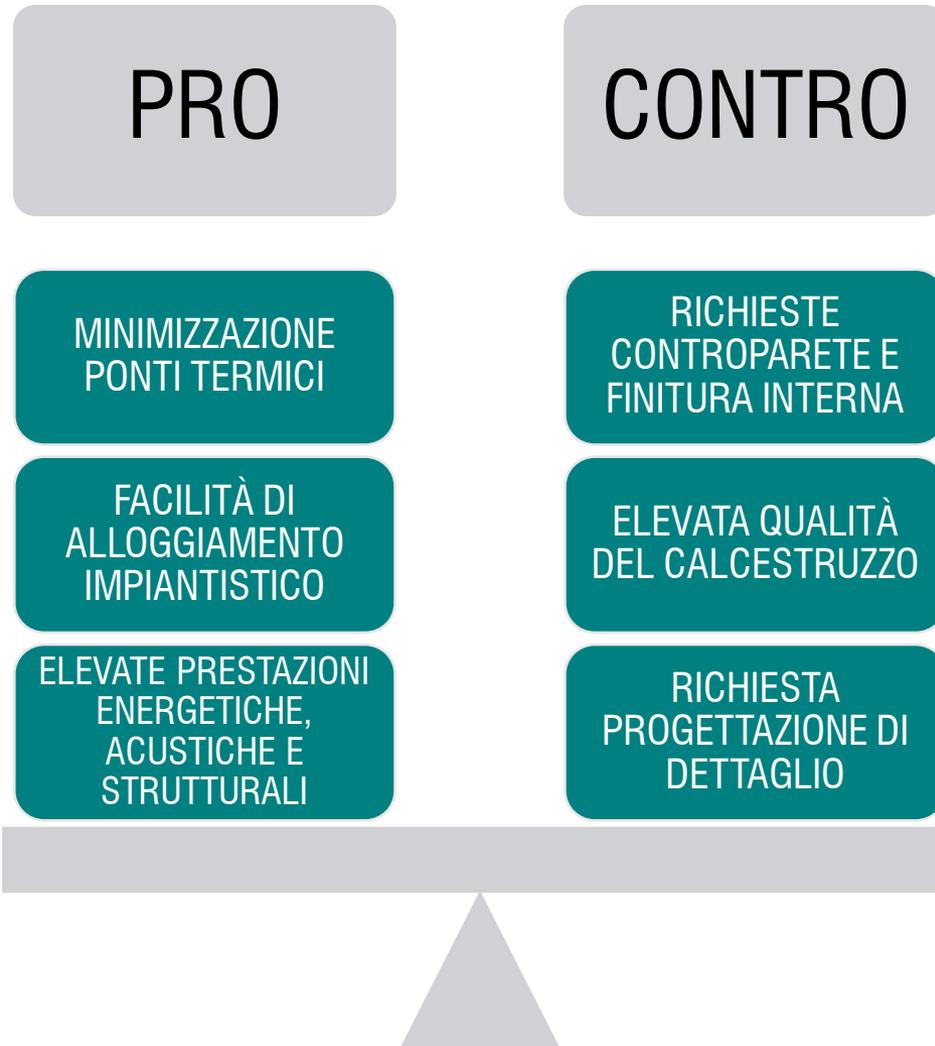


Pareti multistrato «evolute»

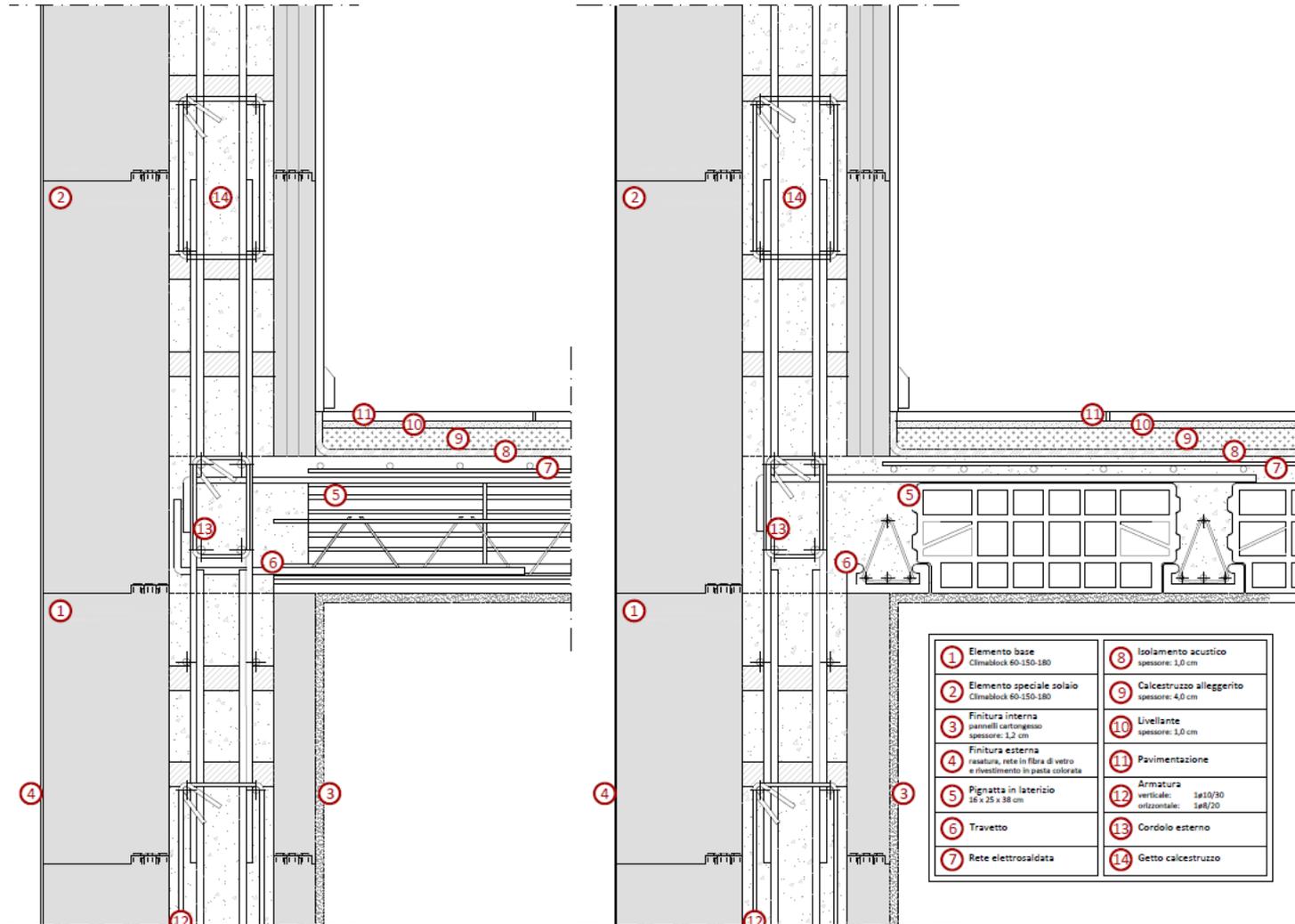


Pareti multistrato «evolute»

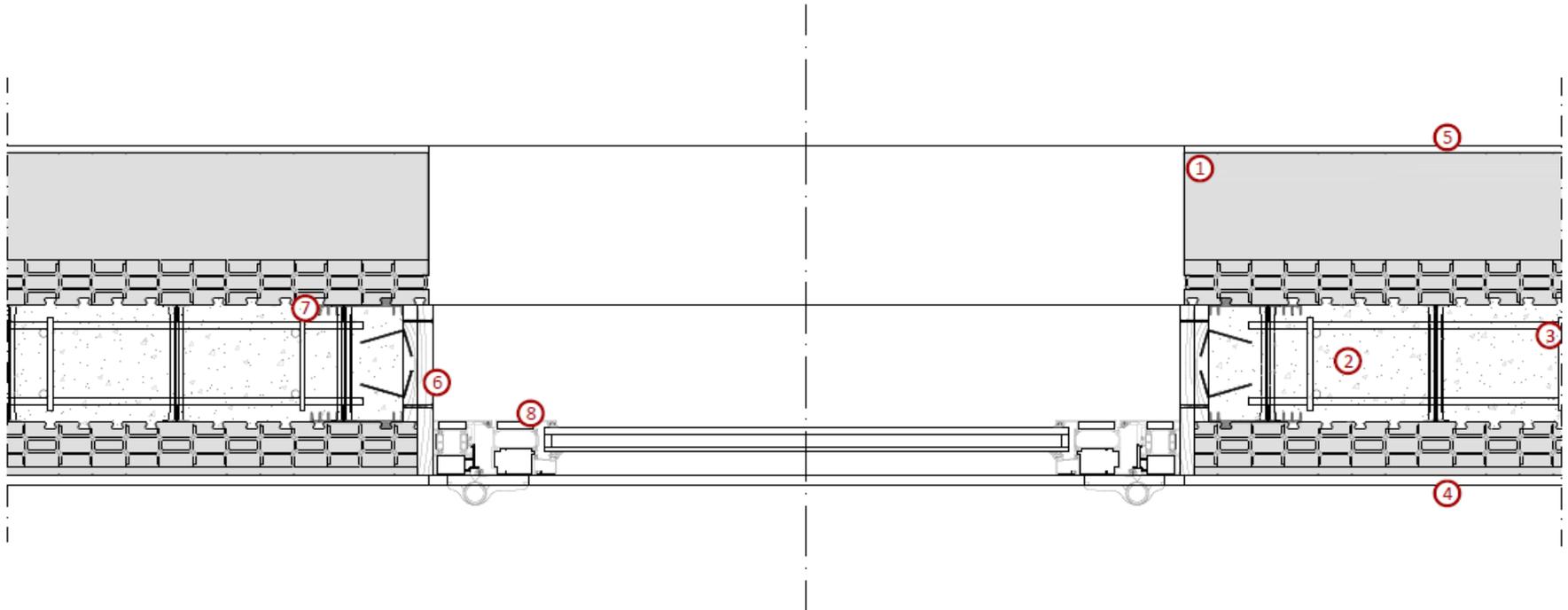
4



Pareti multistrato «evolute»



Pareti multistrato «evolute»



4.6

Chiusure interrate

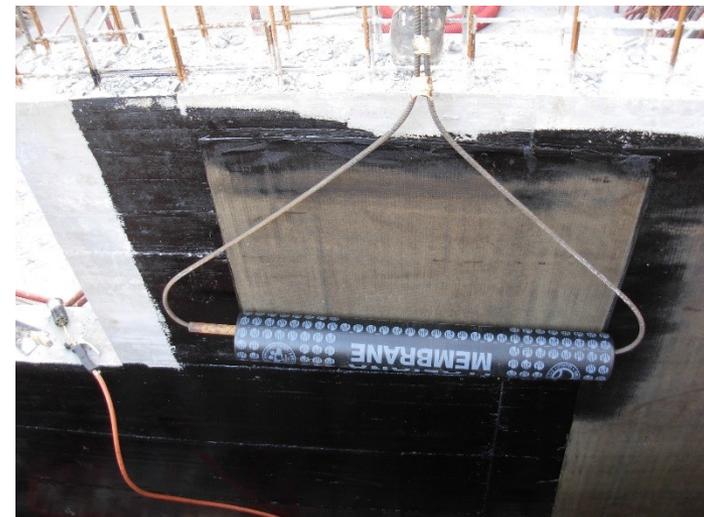
Chiusure verticali interraste

Nelle chiusure in tutto o in parte realizzate al di sotto del piano campagna, è fondamentale **controllare l'umidità** proveniente dal suolo.

È dunque necessario interporre un elemento tecnico di **barriera contro l'umidità** a protezione delle chiusure:

- strati **impermeabilizzanti**, che blocchino il passaggio del gas radon qualora richiesto;
- soluzioni per il **drenaggio** poste alla base della chiusura, mediante materiali di riporto **porosi** e **tubazioni**;
- predisposizione di **un'intercapedine** tra il terreno e la chiusura, frequentemente utilizzata con terreni ad elevato contenuto d'acqua. La parete opposta alla chiusura, realizzata in calcestruzzo armato, funge da sostegno al terreno.

L'intercapedine, che deve essere larga almeno 0,90 ml per consentirne **l'ispezionabilità**, consente la realizzazione di **aperture di ventilazione** a servizio dei locali interrati.



Bibliografia

- www.fornacidimasserano.it
- www.latercom.net
- www.mattone.it
- www.lecablocco.it
- www.paver.it
- www.bioisotherm.it
- www.climablock.it
- www.migros.ch
- www.rockwool.it
- www.colombo-costruzioni.it
- www.engineering.mirage.it
- www.hilti.it
- G. Cechet, *Tecnologie tradizionali evolute e materiali per la realizzazione di chiusure verticali opache, un caso studio*. Tesi di Laurea Triennale in Architettura Tecnica, A. A. 2009/2010.
- Bazzocchi F. (a cura di), *Facciate ventilate. Architettura, prestazioni e tecnologia*. Alinea Editrice, Firenze, 2002. ISBN: 978-88-8125-628-2.
- D'Olimpio D., *Il retrofitting energetico e bioclimatico nella riqualificazione edilizia*. Edizioni Legislazione Tecnica, 2017
- Fiorito F., *Involucro edilizio e risparmio energetico*. Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2009. ISBN: 978-88-7758-863-0.
- Lucchini A. (a cura di), *Pareti ventilate ad alte prestazioni*. Pubblicazione Rockwool, 2014.

