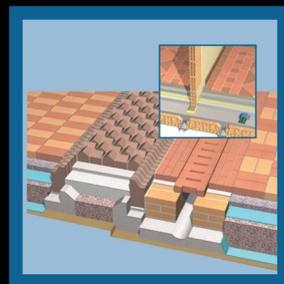
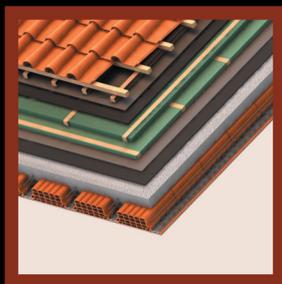
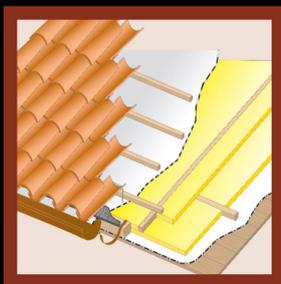
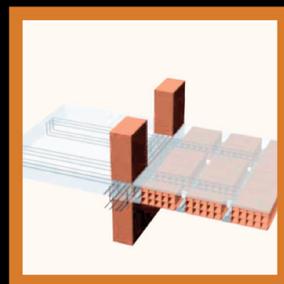
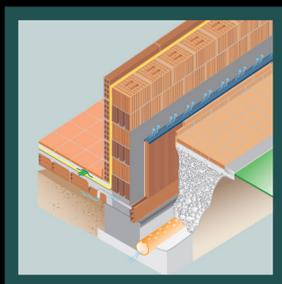
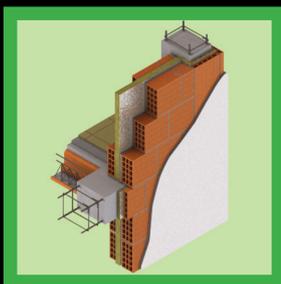
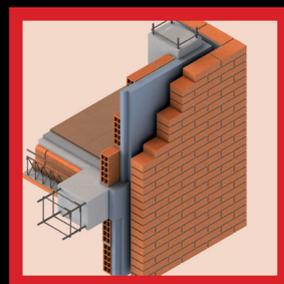
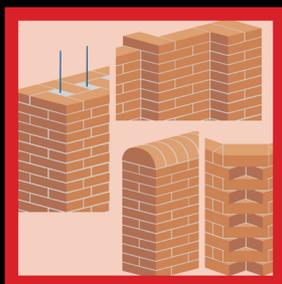
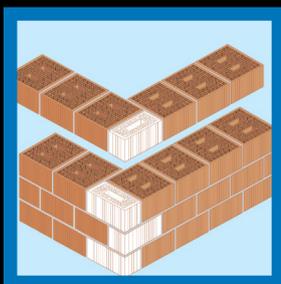


# I laterizi: impieghi, prestazioni e corretta posa in opera

MANUALE PER GLI OPERATORI E I TECNICI DI CANTIERE



# I laterizi: impieghi, prestazioni e corretta posa in opera

 MANUALE PER GLI OPERATORI E I TECNICI DI CANTIERE

Edizione e stampa a cura di:



FORMEDIL - Ente Nazionale per la formazione e l'addestramento professionale in edilizia  
Via Alessandria 215, 00198 ROMA  
formedil@formedil.it - www.formedil.it

Con il contributo della legge 40/87:



*Ministero del Lavoro  
e delle Politiche Sociali*

DIREZIONE GENERALE PER LE POLITICHE  
ATTIVE E PASSIVE DEL LAVORO

Il materiale presente in questa pubblicazione è di proprietà di Laterservice srl



ANDIL - Associazione Nazionale degli Industriali dei Laterizi  
Via A. Torlonia 15, 00161 Roma  
andil@laterizio.it  
www.laterizio.it

ed è tratto dalle seguenti pubblicazioni:

- La corretta esecuzione delle murature in laterizio
- Il corretto impiego del laterizio faccia a vista tratto da "Il manuale del mattone faccia a vista", di Giorgio F. Brambilla, Edizioni Laterservice, Roma 2000
- Prestazioni termiche e acustiche di soluzioni di involucro in laterizio faccia a vista a cura di Carol Monticelli, con il coordinamento di Andrea Campioli (Politecnico di Milano), per la ricerca tecnologica ed energetica delle soluzioni di involucro e la cura redazionale; Simone Secchi (Dipartimento TAED, Università degli Studi di Firenze), per la ricerca relativa alle prestazioni acustiche delle soluzioni di involucro.
- Pareti leggere e stratificate in laterizio tratto da "Pareti leggere e stratificate in laterizio. Il progetto e la qualità delle pareti di divisione, separazione e tamponamento, di Adolfo. F.L. Baratta, Edizioni Laterservice, Roma 2008
- Tavelloni e tavelle in laterizio: scenari applicativi, tratto da "Tavelloni e tavelle in laterizio. Le tipologie e gli scenari di impiego in edilizia", di A. Lauria, Edizioni Laterservice, Roma 2006
- La corretta esecuzione dei solai in laterizio
- Le pavimentazioni in laterizio: prodotti e scenari applicativi tratto da "Le pavimentazioni in laterizio: mattoni, sestini e piastrelle in cotto", di A. Lauria, Edizioni Laterservice, Roma 2008
- La corretta posa in opera dei manti di copertura in laterizio
- Manti di copertura in laterizio: soluzioni per il comfort termo igrometrico a cura di Marco D'Orazio, Costanzo Di Perna, Emanuele Recanatini (Università Politecnica delle Marche -AN-)



**FORMEDIL** è l'Ente Paritetico Nazionale per la formazione in edilizia costituito dalle Associazioni firmatarie del Contratto Collettivo Nazionale di Lavoro Edilizia Industria, ANCE, Feneal UIL, Filca CISL, Fillea CGIL, a cui partecipano anche i rappresentanti di ANAEP Confartigianato, CNA Costruzioni, CLAAI, Casartigiani, ANIEM, AGCI, Confcooperative, Legacoop.

Al Formedil fa capo una rete di 104 Scuole Edili che ogni anno gestiscono oltre 12.000 corsi, ai quali partecipano oltre 150.000 allievi tra operai e tecnici del settore edile. Attraverso una capillare presenza su tutto il territorio nazionale, il sistema formativo edile garantisce un'offerta formativa in ogni realtà locale e per tutte le esigenze privilegiando l'aggiornamento continuo e la crescita professionale costante degli operatori del processo produttivo edile. Il Formedil, insieme alla Commissione Nazionale Paritetica per le Casse Edili (CNCE) e alla Commissione Nazionale dei Comitati Paritetici Territoriali (CNCPT) costituisce il Sistema Bilaterale delle Costruzioni (SBC).

Il Sistema Bilaterale delle Costruzioni è il punto di riferimento nazionale, sancito dai CCNL di settore, che nasce per assicurare in maniera integrata formazione, regolarità e sicurezza nei cantieri; per sostenere lo sviluppo economico e sociale dell'intero settore edile nazionale.

[www.formedil.it](http://www.formedil.it)



L'**ANDIL** è l'Associazione Nazionale degli Industriali dei laterizi, conta 116 imprese e 138 stabilimenti di produzione, con un totale di circa 4.500 addetti, che immettono sul mercato elementi con diversa destinazione d'uso (murature, divisori, coperture, rivestimenti, pavimentazioni, ecc.). Attualmente fanno parte dell'**ANDIL** aziende di ogni dimensione, localizzate in tutte le regioni italiane, che rappresentano circa l'80 % della produzione nazionale complessiva. All'interno dell'Associazione operano le "Sezioni merceologiche", organismi che raggruppano aziende caratterizzate da analoghe produzioni, con la finalità di sviluppare iniziative prevalentemente a carattere promozionale.

**ANDIL** aderisce a Confindustria e a Federcostruzioni; partecipa alla Federazione Confindustria Ceramica e Laterizi ed, in sede europea, a TBE (Tiles and Bricks of Europe) - Cerame Unie (Federazione dell'intero comparto ceramico). Collabora attivamente, in rappresentanza dell'industria italiana dei laterizi, ai programmi di interesse generale inerenti il "Sistema delle costruzioni", in sinergia con altri organismi federativi, e sviluppa una politica più propriamente di settore, finalizzata allo sviluppo industriale del tessuto imprenditoriale ed all'innovazione dei prodotti in laterizio ed alla loro promozione, in termini di prestazioni tecniche, di comfort e salubrità e del loro corretto impiego. Segue con attenzione l'evoluzione della normativa tecnica strutturale, ambientale ed energetica, è firmataria del contratto nazionale di categoria ed elabora costantemente statistiche di settore; è impegnata, inoltre, nel campo della ricerca e sviluppo.

[www.laterizio.it](http://www.laterizio.it)



## PREFAZIONE

---

*Andil e Formedil collaborano, da anni, per promuovere la qualità della posa e della messa in opera dei laterizi. Questa collaborazione ha in Ediltrophy la sua manifestazione più rilevante.*

*Ediltrophy è la gara nazionale di arte muraria promossa da Formedil e SAIE di Bologna, articolata in una prima tornata di selezioni regionali o interregionali e una finale nazionale, a cui partecipano coppie di esperti mastri e giovani allievi delle Scuole Edili.*

*Grazie al sostegno di ANDIL e di molte sue aziende associate ogni anno i partecipanti ad Ediltrophy si misurano con la posa in opera di laterizi faccia vista (ma anche blocchi, tegole e coppi, ecc.) per la realizzazione di manufatti originali che vengono spesso donati alle comunità locali.*

*La collaborazione Formedil Andil ha, tuttavia, uno scopo più ampio, quello di promuovere tra i muratori in attività, gli apprendisti e i giovani che si indirizzano al settore edile la cultura professionale del laterizio come materiale fondante per una edilizia sicura e sostenibile, legata alla tradizione costruttiva del nostro Paese.*

*La ricerca promossa da ANDIL negli ultimi anni ha puntato ad individuare nuovi usi per il laterizio, attraverso la realizzazione di prodotti altamente performanti in funzione di concetti quali sostenibilità, durabilità ed estetica, sicurezza antisismica, inerzia termica, isolamento acustico.*

*La rete nazionale delle Scuole Edili aderenti a Formedil, dal canto suo ha nel laterizio un materiale di base all'interno dei propri programmi curriculari e opera per promuovere la qualità professionale degli addetti del settore, con l'obiettivo di innalzare la qualità professionale e tecnologica delle imprese di costruzioni.*

*Al fine di rafforzare e sostenere questa collaborazione si è deciso, di comune accordo, di pubblicare una edizione speciale dei quaderni ANDIL raccolti in un volume unico, utilizzabile come Manuale per il corretto impiego del laterizio e guida alla sua posa in opera. Uno strumento completo e al tempo stesso snello perchè versatile e di facile uso tanto nelle attività di formazione delle Scuole Edili che come supporto al personale operativo e tecnico di cantiere.*

*Buona lettura.*

*Roma, settembre 2014*

*ANDIL  
Il Presidente  
Arch. Luigi Di Carlantonio*

*FORMEDIL  
Il Presidente  
Ing. Massimo Calzoni*



# INDICE

---

<b>I LATERIZI IN SINTESI</b>	1
<b>■ LA CORRETTA ESECUZIONE DELLE MURATURE IN LATERIZIO</b>	5
Tipologie di murature	6
La posa in opera delle murature portanti e di tamponamento	12
Alcune regole dimenticate	22
<b>■ IL CORRETTO IMPIEGO DEL LATERIZIO FACCIA A VISTA</b>	27
Il laterizio faccia a vista	28
Tipologie di murature faccia a vista	29
Le tessiture più usate	30
Grigliati	31
Pilastrini circolari	33
Angoli e incroci	34
Archi e piattabande	35
Fasce marcapiano	36
Graffaggi	37
Giunti di dilatazione	39
Isolamento termico	41
Protezione dalla pioggia	43
Presenza di umidità	44
Deposito e protezione dei materiali	45
Mescolatura dei mattoni	46
Bagnatura dei mattoni	47
Giunti di posa	49
Muretti campione	51
La malta	53
Normativa di riferimento	54
Modularità e verifica a secco	55
Aste graduate e fili di riferimento	56
Protezione della muratura	57
Pulizia finale	58
Le efflorescenze	59
La muratura finita	60
<b>■ PRESTAZIONI TERMICHE E ACUSTICHE DI SOLUZIONI DI INVOLUCRO IN LATERIZIO FACCIA A VISTA</b>	61
Premessa	62
Le soluzioni tecniche d'involucro con mattoni faccia a vista	64
La valutazione delle prestazioni termiche	65
La determinazione del potere fonoisolante delle pareti	66
La determinazione dell'isolamento acustico di facciata	66
Avvertenze per la lettura delle schede	67
Le schede tecniche	69
Considerazioni sui valori termici	86
Accorgimenti per la costruzione di involucri termicamente efficaci	87
Accorgimenti per la costruzione di involucri acusticamente protetti	90

<b>■ LA CORRETTA ESECUZIONE DELLE PARETI LEGGERE IN LATERIZIO</b>	95
Premessa	96
Caratteristiche generali	96
Malta per giunti	98
Gli intonaci	105
Le parteti di tamponamento esterne	112
Materiali isolanti	115
Le pareti interne	119
I parapetti	121
Le aperture e gli infissi	122
L'integrazione con gli impianti	124
Indicazioni generali per il cantiere: deposito e cernita	125
<b>■ TAVELLONI E TAVELLE IN LATERIZIO: SCENARI APPLICATIVI</b>	127
Caratteristiche prestazionali	128
Solai contro-terra	132
Pareti contro-terra	133
Rivestimento delle strutture in cls armato	134
Architravi in pareti non portanti	135
Facciate ventilate	136
Schermature ai raggi solari	137
Solai laterocementizi	138
Solai in acciaio e laterizio	139
Solai in legno e laterizio	140
Tramezzi monostrato	141
Tramezzi stratificati	142
Tramezzi semplici	143
Tetti ventilati	144
Coperture inclinate leggere	145
Abbaini	146
Coronamenti	147
<b>■ LA CORRETTA ESECUZIONE DEI SOLAI IN LATERIZIO</b>	149
Premessa	150
I blocchi in laterizio per solai	150
I diversi tipi di solaio	157
La corretta esecuzione	160
Accorgimenti e precauzioni	165
<b>■ LE PAVIMENTAZIONI IN LATERIZIO: PRODOTTI E SCENARI APPLICATIVI</b>	171
I pavimenti in laterizio	172
Terminologia e definizioni	173
Normative di riferimento	176
Tipologie e formati	180
Elementi di completamento e speciali	182
La posa in opera	185
La posa su strato flessibile (pavimentazioni esterne)	186
La posa su strato rigido (pavimentazioni interne ed esterne)	189
Intasatura dei giunti e pulizia del campo pavimentale	193
Il trattamento	194
Le fasi operative	195
Il trattamento in rapporto alle tipologie di pavimentazione	201

Scenari applicativi	203
Pavimentazioni galleggianti	205
Pavimentazioni radianti	207
Pavimentazioni di scale	209
Pavimentazioni di coperture praticabili	211
Pavimentazioni di spazi pedonali e ciclabili	213
Pavimentazioni drenanti	215
<b>■ LA CORRETTA POSA IN OPERA DEI MANTI DI COPERTURA IN LATERIZIO</b>	217
Terminologia	219
Fattori caratteristici dei tetti	220
Resistenza ai carichi	221
Micro-ventilazione del sottomanto	222
Ventilazione	223
Isolamento termico	224
Permeabilità al vapore	225
Tenuta all'acqua	226
Raccolta e allontanamento dell'acqua	227
Coppi e tegole	228
Elementi speciali	229
Elementi accessori	230
Elementi innovativi	231
Elementi lineari e piani	232
Supporti per tegole	233
Supporti per coppi	234
Tipologie e dimensionamento	235
Manti 'alla romana' e con embrici	236
Manti con tegole olandesi e portoghesi	237
Manti con tegole marsigliesi	238
Manti con coppi	239
Displuvi	240
Compluvi	241
Linee di raccordo	242
Soluzioni di continuità	243
Posa degli elementi fermaneve	244
Posa degli elementi di aerazione	245
Requisiti di accettazione	246
<b>■ MANTI DI COPERTURA IN LATERIZIO: SOLUZIONI PER IL COMFORT TERMOIGROMETRICO</b>	247
Premessa	248
I modelli di funzionamento delle coperture	249
Le soluzioni tecniche ed i criteri di scelta	254
Accorgimenti per la progettazione ed esecuzione	256
Il quadro normativo di riferimento	257
Schede tecniche: legenda interpretativa	259
Schede tecniche: specifiche dei materiali	261
Schede tecniche: soluzioni di copertura	263

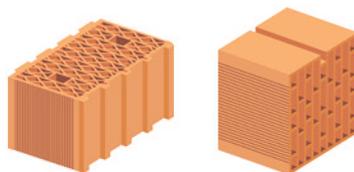




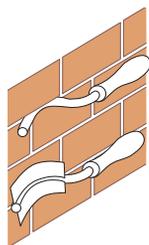
## I LATERIZI, in sintesi

### MURATURE

Gli elementi in laterizio per strutture murarie possono essere mattoni pieni e semipieni (rispettivamente, con percentuale di foratura inferiore al 15% e al 45%) e blocchi semipieni (con percentuale di foratura compresa tra il 15 ed il 45%) e forati (con percentuale superiore al 45%). Vengono utilizzati sia per la realizzazione di murature portanti, sia come tamponamento all'interno di strutture intelaiate in cemento armato. I mattoni ed i blocchi vengono prodotti sia in laterizio normale che alleggerito in pasta, allo scopo di incrementare le prestazioni di isolamento termico ed acustico. Possono inoltre essere con facce "di letto" rettificata (o a giunti sottili) e ad incastro (con presenza di appositi risalti maschio-femmina in corrispondenza dei giunti verticali).



### ELEMENTI PER FACCIA A VISTA



I laterizi e gli elementi speciali faccia a vista costituiscono la "nobilitazione" del mattone comune per muratura. La loro produzione richiede l'uso di argille selezionate, scelte in modo che il prodotto finale presenti adeguate caratteristiche estetiche, la massima resistenza agli agenti atmosferici e le prestazioni proprie di un materiale destinato ad essere lasciato a vista.

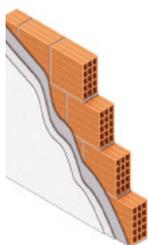
Hanno vari aspetti (in forma e colori) e trattamenti superficiali (rullati, sabbiati, graffiati, ecc.). In relazione alle diverse tipologie di produzione si possono classificare in "estrusi" (pieni, semipieni o forati), "pasta molle" (fatti a mano o meccanicamente), "pressati" (pieni, con percentuale di umidità dell'impasto che varia dal citato "pasta molle" al secco). Oltre ai diversi tipi di faccia a vista vengono prodotti pezzi speciali (in piccole quantità o su specifico di-

segno) per archi e colonne, per cimase, cornici e scalini, per pavimentazioni, arredo urbano, ecc.

Della stessa famiglia fanno parte anche i "listelli" ed i "frangisole", elementi ad elevata percentuale di foratura, con disposizioni particolari dei setti, per tamponamenti verticali trasparenti caratterizzati da rese estetiche estremamente suggestive e l'ombreggiamento degli edifici secondo i criteri delle "bioedilizia".

A questa famiglia di prodotti afferiscono anche le "pareti/facciate ventilate" in laterizio, ottime soluzioni per l'isolamento termico ed acustico, utilizzabili anche per il retrofitting energetico degli edifici esistenti.

### PARETI LEGGERE



Sono elementi in laterizio di tipo leggero che, possono essere posti in opera sia a fori verticali che orizzontali (paralleli al piano di posa). In tali prodotti l'area complessiva dei fori varia dal 45 fino al 70-75% dell'area totale della sezione di estrusione. Data l'elevata percentuale di vuoti, la resistenza alla compressione dei mattoni e dei blocchi forati risulta inferiore a quella degli altri elementi per muratura e, pertanto, essi vengono prevalentemente utilizzati per pareti di tamponamento e divisori. Con percentuale di foratura fino

al 55% possono, tuttavia, essere usati anche con funzioni portanti, per costruzioni in zone non dichiarate sismiche. A seconda del livello prestazionale che si intende ottenere (protezione termica ed acustica) tali elementi possono essere assemblati in unico o doppio strato, con l'eventuale inserimento di materiale termoisolante.

### ELEMENTI PER TAVELLE E TAVELLONI

Sono questi laterizi particolari, generalmente a setti sottili, che richiedono materie prime e tecnologie produttive raffinate.

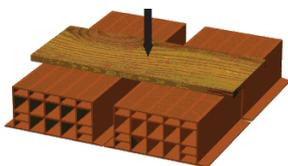
I "tavelloni" sono elementi forati, con spessore tra 6 e 8 centimetri, larghezza di circa 25 centimetri e lunghezza che varia dai 50 ai 200 e più centimetri; le tavelle hanno analoga configurazione ma sono di spessore minore (4-6 cm) e di lunghezza massima compresa tra i 40-50 centimetri.



Mentre le "tavelle" trovano impiego nelle controsoffittature, nelle "fodere" di pareti verticali e in specifici interventi di isolamento termico (come coperture di pilastri e cordoli in c.a. per evitare i ponti termici), i tavelloni vengono impiegati sia per realizzare strutture orizzontali, appoggiati su appositi travetti o muricci, sia per strutture verticali di controfodera o tramezzature (sono correttamente impiegati, per quest'ultima destinazione, i tavelloni "gessati", ricoperti su una o su tutte due le facce maggiori di scagliola di gesso, che consente di ottenere una superficie piana senza necessità di ulteriore intonacatura), oltre ad avere un largo impiego nella realizzazione di arredi fissi interni quali pedane, mensole, muretti ecc.

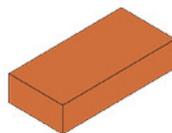
### SOLAI

Gli elementi in laterizio per strutture orizzontali (solai) consentono, in unione al calcestruzzo armato la realizzazione di orizzontamenti di elevata rigidità, alte prestazioni strutturali e, contemporaneamente, di estrema leggerezza. I laterizi per solai sono elementi di forma pressoché parallelepipedica, posti in opera a fori orizzontali, con percentuale di foratura compresa tra il 50 e il 75%. A seconda del tipo di esecuzione prescelto, sono disponibili per solai da gettare in opera, oppure i cosiddetti "interposti", che richiedono l'impiego di travetti prefabbricati - ad armatura lenta o precompressi - sui quali appoggiano con opportuni risalti (alette) sporgenti dai lati. Blocchi in laterizio vengono parimenti utilizzati nella prefabbricazione di pannelli o come alleggerimento in combinazione con lastre in calcestruzzo armato, soluzioni particolarmente indicate in presenza di una marcata modularità esecutiva.



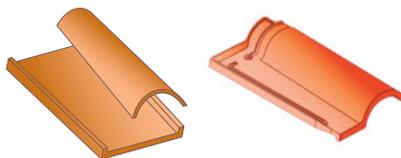
### ELEMENTI PER PAVIMENTI IN COTTO

Di uso antichissimo, gli elementi per pavimentazioni corredano e qualificano abitazioni semplici e raffinate. Prodotti con argille particolarmente selezionate, dovendo resistere a sollecitazioni meccaniche ed ambientali, vengono utilizzati sia all'interno che all'esterno, con diversi tipi di finitura. Possono essere inquadrati in due tipologie principali "pianelle" (aventi, cioè, lunghezza e larghezza prevalenti rispetto allo spessore), disponibili in vari formati (rettangolari, quadrati, esagonali, ecc.), posate con modalità rigida o a secco, e "mattoni" (di forma "tozza", con lato di usura rettangolare o assimilabile) posati con modalità flessibile o rigida e usati prevalentemente per ambienti esterni. Entrambe le tipologie sono utilizzabili tal quali o in combinazione tra loro.



### ELEMENTI PER COPERTURE (TEGOLE E COPPI)

I laterizi per coperture sono particolarmente indicati per proteggere dagli agenti atmosferici i tetti a falde inclinate. In Italia se ne producono di due categorie: le "tegole curve" (o coppi) e le "tegole piane", che prendono varie denominazioni a secondo della loro conformazione: marsigliese, portoghese, romana (o embrice), olandese. La ricerca aziendale ha portato allo sviluppo di elementi innovativi dando vita a nuove tipologie come la cosiddetta tegola-coppo, la tegola con doppio canale di coperta, quelle di "grandi dimensioni", ecc. La differenza sostanziale tra le due categorie citate, oltre naturalmente alla forma,



è rappresentata dal tipo di giunzione tra elemento ed elemento: mentre per i coppi la tenuta agli agenti atmosferici (che è uno dei requisiti essenziali delle coperture) è affidata alla semplice sovrapposizione dei singoli pezzi, le tegole piane presentano una serie di incastri e risalti sui quattro lati in grado di assicurare la completa tenuta all'acqua.

Grazie alle loro dimensioni ridotte questi prodotti possono adattarsi anche a forme complesse di copertura, consentendo risultati architettonici di tutto rispetto.

Si possono produrre in varie colorazioni, sia miscelando opportune diverse qualità di argilla, sia aggiungendo sostanze coloranti, per lo più ossidi naturali, all'impasto, ottenendo in tal modo colori che vanno dal giallo al rosso al testa di moro.

Vengono inoltre prodotti tegole e coppi smaltati in vari colori, e tipi "antichizzati", ai quali cioè viene dato artificialmente quell'aspetto che normalmente il tempo e l'azione di sole, vento e pioggia conferiscono alle coperture. Quest'ultimo tipo di produzione trova sempre più largo impiego negli interventi di restauro e ristrutturazione.

### CAMINI E CANNE FUMARIE



Le canne fumarie in laterizio (o affini al laterizio) devono offrire una buona resistenza al calore, risultare impermeabili ai gas ed alla condensa. Possono essere interne od esterne all'involucro edilizio, monoparete o doppiaparete, quadrate, rettangolari, circolari e ovoidali. Inoltre è possibile rivestirle con materiali isolanti ad alta resistenza termica già predisposti per l'aggrappaggio dell'intonaco.

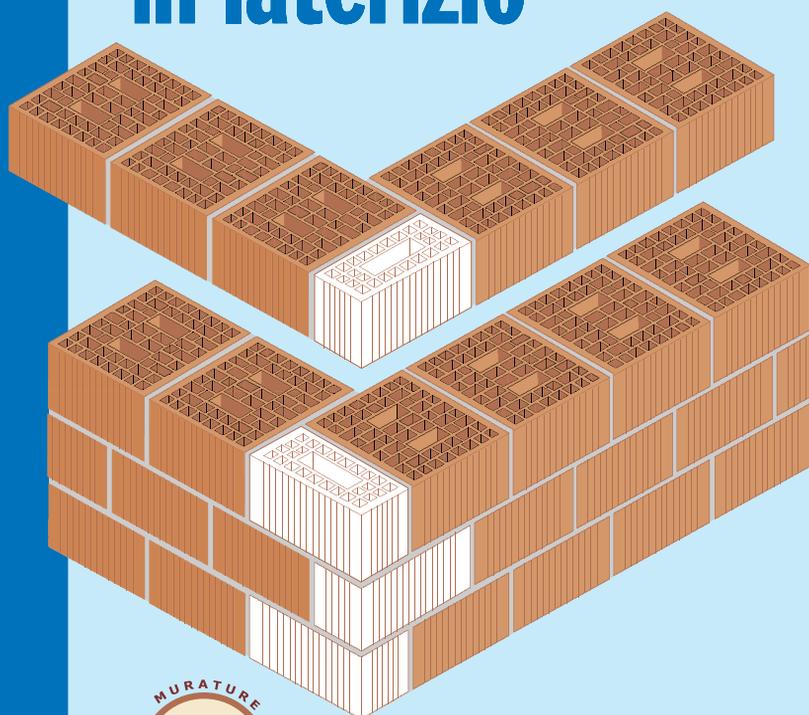
Adatte a qualsiasi impiego, grazie alle proprietà termiche dell'argilla, facilmente riscaldabile, sono particolarmente indicate per favorire il tiraggio in fase di avvio dell'impianto.

Le pareti lisce e le forme circolari, ovoidali o quadrate, favoriscono la naturale rapida risalita dei fumi e riducono al minimo il rischio di condensa. Sono inattaccabili dagli acidi prodotti dalla combustione.

Le canne fumarie (camini) in laterizio assolvono la funzione di scarico dei prodotti della combustione, di caldaie, caminetti, cucine. Possono essere utilizzate come condotti per aerazione dei locali e per l'evacuazione dei fumi.

Sono completate, inoltre, da una serie di pezzi speciali, quali terminali, curve, elementi di attraversamento, con sportello di ispezione, ecc.

# La corretta esecuzione delle murature in laterizio



## Tipologie di murature

Una muratura in laterizio è una struttura realizzata dall'unione di elementi resistenti (mattoni o blocchi) posti in opera, generalmente, mediante giunti di malta.

Le murature si dividono in tre principali categorie:

- portanti o strutturali;
- di tamponamento;
- per divisori interni.

Analogamente, in base al tipo di apparecchiatura, le murature possono essere distinte secondo diversi tipi (fig. 1):

- monostrato, quando (ad esempio, nel caso di blocchi di grandi dimensioni) lo spessore del muro coincide con lo spessore dell'elemento impiegato;
- a doppio strato, o pluristrato, quando lo spessore della parete è ottenuto mediante due o più strati in laterizio, contigui o

distanziati fra loro;

- miste, quando gli strati sono fra loro compenetrati.

Nelle pagine che seguono si farà riferimento soltanto alle murature portanti e di tamponamento, per ognuna delle quali sono disponibili elementi in laterizio di forma e dimensioni consolidate dalla pratica costruttiva.

È bene precisare fin da ora che, in funzione della loro dimensione, gli elementi in laterizio si dividono in mattoni e blocchi. Sono chiamati "mattoni" gli elementi di volume minore o uguale a 5500 cm<sup>3</sup>; oltre questo formato, gli elementi vengono definiti "blocchi", che possono essere a fori orizzontali o verticali rispetto al piano di appoggio.

Negli ultimi anni sono state create due principali

famiglie di prodotti che permettono di realizzare pareti monostrato dalle elevate prestazioni.

La prima è quella costituita dai blocchi rettificati caratterizzati dall'averle facce di posa perfettamente piane e parallele. In virtù di questa precisione dimensionale, la posa degli elementi viene effettuata con uno strato di collante cementizio dello spessore di 1 mm, migliorando le prestazioni della muratura e al contempo riducendo i tempi di esecuzione e di conseguenza i costi di realizzazione.

La seconda famiglia di prodotti innovativi è costituita da particolari blocchi che inglobano del materiale isolante (che può essere di varia natura) all'interno di appositi fori presenti nell'elemento.

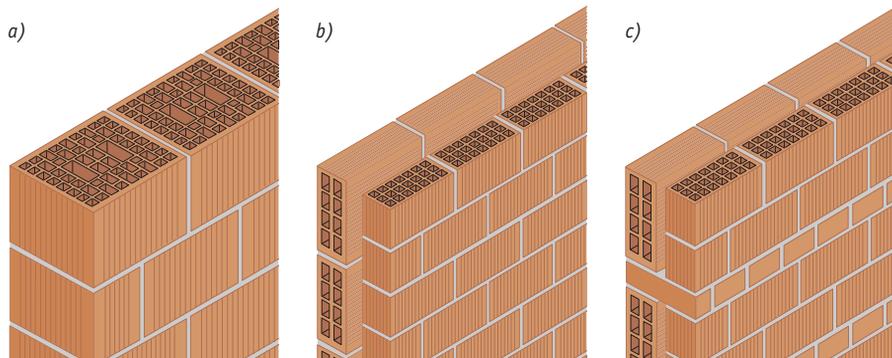


Fig. 1 - Esempio di murature: muratura monostrato (a), muratura a doppio strato (b), muratura mista (c).

### Murature portanti

La normativa vigente, "Norme tecniche per le costruzioni" (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008, NTC08), definisce in modo chiaro le caratteristiche degli elementi resistenti in laterizio per murature strutturali, fissandone la denominazione in funzione della dimensione e della percentuale di foratura, ossia del rapporto fra la superficie complessiva dei fori e la corrispondente superficie totale della sezione di estrusione. Al cap. 4.5 del Decreto (che tratta le murature portanti in generale senza entrare nel merito della progettazione sismica, dalla quale infatti possono prescindere

le costruzioni ricadenti in zona 4) non sono riportate specifiche indicazioni per la resistenza a compressione degli elementi, siano essi ordinari o rettificati.

### Percentuale di foratura

Secondo il citato Decreto (cap. 4.5), si definisce:

- *pieno*, un elemento (mattono o blocco) con percentuale di foratura non superiore al 15%;
- *semipieno*, un elemento con foratura maggiore

del 15% e non superiore al 45%;

- *forato*, un elemento con foratura maggiore del 45% e non superiore al 55% (fig. 2).

Quindi, anche gli elementi forati, purché la loro percentuale di foratura sia inferiore al 55%, sono utilizzabili per la realizzazione di strutture portanti; pertanto, vanno tassativamente esclusi per scopi strutturali elementi con percentuale di foratura superiore al 55%.

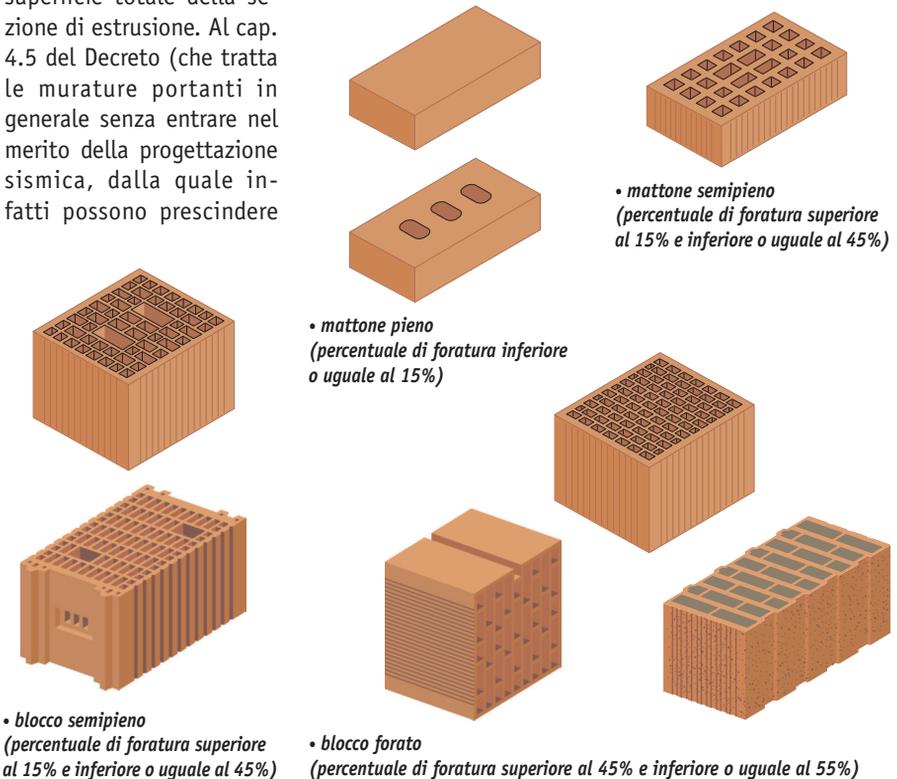


Figura 2 - Esempi di mattoni e blocchi in laterizio.

### Murature portanti soggette all'azione sismica

Per la progettazione sismica di costruzioni in muratura portante (cap. 7.8, Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008) devono essere impiegati esclusivamente elementi pieni o semipieni per i quali sia garantita una resistenza caratteristica ai carichi verticali non inferiore a 5,0 MPa.

Per tali elementi è richiesta anche una resistenza caratteristica minima di 1,5 MPa ai carichi orizzontali, nel piano della muratura (fig. 3). I suddetti requisiti devono essere rigorosamente rispettati per murature realizzate nelle zone sismiche 1, 2 e 3.

per elementi pieni e semipieni

$R_1 \geq 5,0 \text{ MPa}$

$R_2 \geq 1,5 \text{ MPa}$

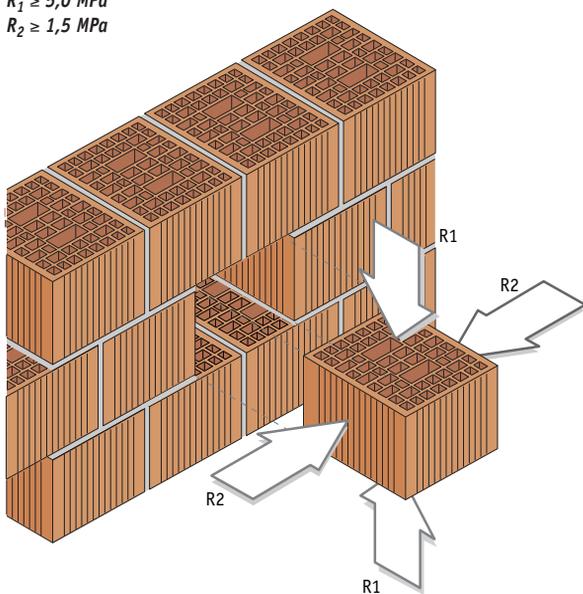


Figura 3 - Resistenza per carichi verticali  $R_1$  e per carichi orizzontali  $R_2$  nel piano della muratura.

### Malte

La normativa del 2008 definisce anche le malte per la posa in opera degli elementi di laterizio, distinguendole in malte a *prestazione garantita*, per le quali la categoria è definita dalla lettera M seguita da un numero che indica la resistenza a compressione espressa in MPa (M2,5; M5; M10; M15; M20; Md), ed a *composizione prescritta* (fig. 4).

Classe	Tipo di malta	Composizione				
		cemento	calce aerea	calce idraulica	sabbia	pozzolana
M 2,5	Idraulica	—	—	1	3	—
M 2,5	Pozzolonica	—	1	—	—	3
M 2,5	Bastarda	1	—	2	9	—
M 5	Bastarda	1	—	1	5	—
M 8	Cementizia	2	—	1	8	—
M 12	Cementizia	1	—	—	3	—

Figura 4 - Classi di malte a composizione prescritta. Per malte di diverse proporzioni, la resistenza a compressione va determinata sperimentalmente secondo le prescrizioni della norma UNI EN 1015-11:2007.

### **Giunti**

I giunti di malta devono essere preferibilmente continui, ossia coprire l'intera faccia verticale e orizzontale dell'elemento, e, comunque, se si eseguono giunti interrotti per migliorare le prestazioni termiche del muro, la distanza fra i due "cordoni" di malta non deve essere maggiore di 2-3 cm (fig. 5): in tal caso, la resistenza a compressione della muratura va opportunamente ridotta (Eurocodice 6: UNI EN 1996-1-1, paragrafi 3.6.1.3 e 3.6.2).

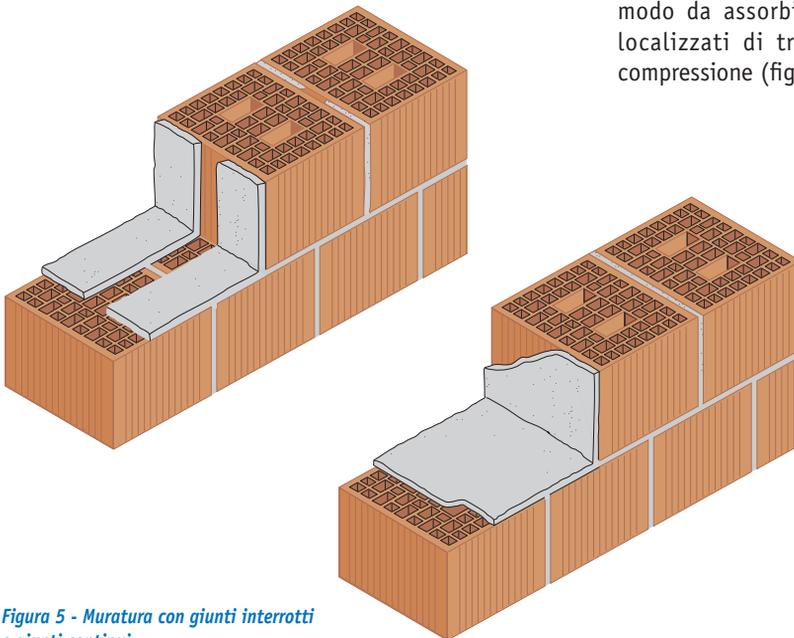
Se si vuole aumentare in modo significativo questa distanza, come pure se si

intendono realizzare giunti di spessore inferiore a 5 mm (ad esempio, nel caso di murature realizzate con blocchi rettificati) o superiore a 15 mm, la resistenza della muratura dovrà essere determinata sperimentalmente su campioni provati in laboratorio.

Per i giunti verticali, inoltre, è possibile adottare anche sistemi "a secco" (esclusivamente in zona sismica 4), utilizzando dei blocchi cosiddetti "ad incastro" oppure, per costruzioni ricadenti in siti a più alta sismicità, soluzioni con tasca di malta, che copra almeno il 40% dello spessore del muro.

### **Muratura armata**

La muratura armata in laterizio è un sistema costruttivo costituito da elementi resistenti collegati tra loro mediante giunti continui di malta, all'interno dei quali sono inserite armature metalliche verticali concentrate, armature orizzontali anch'esse concentrate (coincidenti, per interpiani di normale altezza, con le armature dei cordoli di piano) e armature orizzontali diffuse. Le armature verticali sono previste agli incroci dei muri, in corrispondenza delle aperture, ma anche lungo lo sviluppo della muratura con un determinato interasse, in modo da assorbire sforzi localizzati di trazione e compressione (fig. 6).



*Figura 5 - Muratura con giunti interrotti e giunti continui.*

I diversi sistemi disponibili (ad armatura diffusa o concentrata, con blocchi a fori verticali o orizzontali, ecc.), regolamentati dalla normativa nazionale ed europea, sono in grado di assicurare prestazioni di duttilità superiori alla muratura ordinaria. Di fatto, seguendo i criteri di proget-

to, i requisiti e i metodi di analisi, fissati dalle suddette norme, sono realizzabili in zona sismica edifici in muratura armata senza vincolo sul numero di piani, a patto che siano soddisfatte tutte le verifiche di sicurezza. Per gli edifici "semplici" in muratura portante (ossia per costruzioni che pre-

sentino precise condizioni di regolarità geometrica e particolari limitazioni dimensionali), invece, sono ammesse verifiche in via semplificata (fig. 7) e la possibilità di costruire fino a quattro piani nel caso della muratura armata (fino a tre piani per edifici in muratura ordinaria).

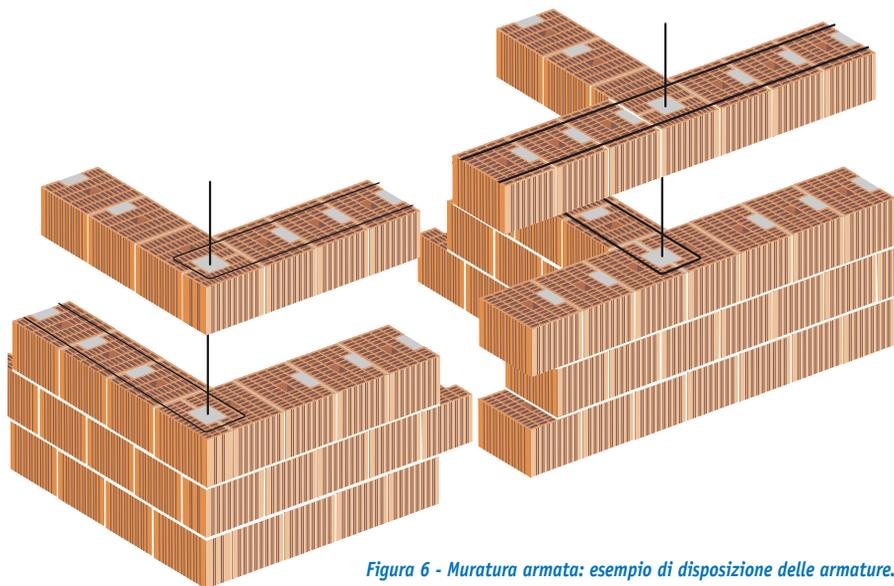


Figura 6 - Muratura armata: esempio di disposizione delle armature.

Accelerazione di picco del terreno $a_{g,S}$											
tipo di struttura	n. piani	$\leq 0,07 g$	$\leq 0,1 g$	$\leq 0,15 g$	$\leq 0,20 g$	$\leq 0,25 g$	$\leq 0,30 g$	$\leq 0,35 g$	$\leq 0,40 g$	$\leq 0,45 g$	$\leq 0,4725 g$
muratura ordinaria	1	3,5%	3,5%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,0%	6,0%	6,5%
	2	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	6,5%	6,5%	7,0%
	3	4,5%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%	-	-	-
muratura armata	1	2,5%	3,0%	3,0%	3,0%	3,5%	3,5%	4,0%	4,0%	4,5%	4,5%
	2	3,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	5,5%	6,0%	6,0%
	3	3,5%	4,0%	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	5,5%	6,0%	6,0%
	4	4,0%	4,5%	4,5%	5,0%	5,5%	5,5%	6,0%	6,0%	6,5%	6,5%

Le percentuali indicate in tabella (tab. 7.8.III delle "Norme tecniche per le costruzioni", D.M. 14/01/08) rappresentano il rapporto minimo - da garantire nella verifica degli edifici "semplici" - tra area della sezione resistente delle pareti portanti e superficie lorda del piano, in funzione del numero di piani della costruzione e della sismicità del sito.

Figura 7 - Edifici "semplici" in muratura portante ordinaria ed armata: sezioni resistenti.

**Progettazione, esecuzione e collaudo**

Una corretta esecuzione richiede che il progettista prescriva con chiarezza e completezza, nell'apposita relazione sui materiali, tutte le specifiche che provvedono ad "identificare" e "qualificare" i materiali e i prodotti adottati per uso strutturale. E più precisamente:

- l'elemento di laterizio (pieno, semipieno o forato);
- la malta, a prestazione garantita ovvero a composizione prescritta, lo spessore e le caratteristiche del giunto orizzontale e verticale;
- l'eventuale armatura (barre e tralici).

Il direttore dei lavori, oltre ad assicurarsi che le prescrizioni siano rispettate dall'impresa, dovrà verificare la "marcatura CE" dei prodotti (per i laterizi da muro, quindi, la rispondenza alla norma europea armonizzata UNI EN 771-1, "Specificazione per elementi per muratura - Elementi per muratura di laterizio"), ed "accettarli", anche tramite ulteriori verifiche che ritenga necessarie ai fini dell'impiego specifico, facendo riferimento agli opportuni metodi di prova (UNI EN serie 772). Allo stesso modo, il collaudatore, oltre a verificare che siano state ottemperate tutte le prescrizioni relative al calcolo, controllerà

l'esecuzione della muratura (fortemente determinante per la sicurezza complessiva dell'opera, anche ai fini della pubblica incolumità); esaminerà campioni degli elementi resistenti; si accerterà della resistenza della malta; verificherà i risultati (certificazioni) delle prove di laboratorio sui materiali impiegati, che il produttore è tenuto ad effettuare ed esibire in conformità alla citata norma europea armonizzata.

**Murature di tamponamento**

Anche le murature di tamponamento, come tutti i componenti non strutturali, se caratterizzate da spessori superiori a 10 cm, ad oggi, con l'attuale normativa (NTC08), devono essere verificate a garanzia che siano in grado di assorbire le deformazioni della struttura, all'interno della quale sono inserite, soggetta all'azione sismica di progetto, mantenendo la capacità autoportante nei confronti dei carichi verticali.

I giunti di malta, come già visto, sono di solito interrotti per migliorare le prestazioni termiche della parete e la percentuale di foratura degli elementi è usualmente pari o superiore al 55%.

 01234
Any Co Ltd, PO Box 21, B-1050 02 01234-CPD-00234
EN 771-1 Categoria I, HD, xxx-yyy-zz mm elemento per muratura di laterizio
Resistenza alla compressione: media xx N/mm <sup>2</sup> (L. facciabase), xx N/mm <sup>2</sup> (L. testa) (Categoria I) Stabilità dimensionale: spostamento dovuto all'umidità: NPD Forza di adesione: Valore fisso ... xx (N/mm <sup>2</sup> ) Contenuto di sali solubili attivi: ... NPD (S0) Reazione al fuoco: Euroclasse ... A1 Assorbimento di acqua: ... xx% Coefficiente di diffusione del vapore acqueo: xxx Isolamento acustico per via aerea diretto: Massa volumica lorda: xxx (D1) kg/m <sup>3</sup> Configurazione: ... Come da disegno allegato Conduttività termica equivalente: xx W/mK ( $\lambda_{10,9000}$ ) Durabilità al gelo-disgelo: ... F2 Sostanze pericolose: ... vedere Nota seguente

Figura 8 - Esempio di cartiglio per la marcatura CE di prodotti in laterizio per murature.

## La posa in opera delle murature portanti e di tamponamento

### Stoccaggio in cantiere

Succede di frequente che il materiale rimanga in cantiere per qualche tempo prima della posa in opera. Bisognerà quindi prevedere un'area di stoccaggio piana, necessaria soprattutto se l'imballaggio dei prodotti è privo di pedana in legno o se si devono sovrapporre più pacchi. Il materiale non dovrà appoggiare direttamente sul terreno, per evitare il contatto con sostanze (erba, scorie, detriti, ecc.) che potrebbero successivamente causare difetti nella muratura.

### Scelta degli elementi

Anche in una produzione di qualità, alcuni elementi possono presentare difetti. Per ridurre al minimo tale

eventualità, tutti i prodotti da muro debbono essere dotati di "marcatura CE", - ai sensi della Direttiva 89/106/CEE "Prodotti da costruzione". Essi sono, comunque, soggetti a controllo di accettazione da parte del direttore dei lavori che dovrà accertare il possesso della marcatura stessa a garanzia dei requisiti tecnici riportati nell'apposito "cartiglio".

Al momento della posa in opera, dovranno essere eliminati i mattoni o i blocchi che eventualmente presentino evidenti lesioni (è importante, soprattutto per gli elementi con funzioni strutturali, l'integrità delle cartelle esterne), in particolar modo quando si realizzano murature presu-

mibilmente molto sollecitate (pilastri, angoli, maschi murari fra finestre e porte, ma anche tamponamenti di rilevanti dimensioni, ecc.).

### Bagnatura dei laterizi

È buona norma che i mattoni e i blocchi siano bagnati prima della posa in opera. La bagnatura evita, al momento dell'esecuzione, un troppo rapido assorbimento dell'acqua di impasto della malta, cosa che porterebbe alla "bruciatura" della malta stessa e quindi ad una drastica riduzione sia della sua resistenza che del suo grado di aderenza al supporto.

Quanto bagnare i laterizi deve necessariamente essere lasciato alla sensibilità e alla competenza dell'operatore, in funzione del tipo di prodotto impiegato.

Non tutti i laterizi hanno, infatti, la stessa capacità di assorbimento d'acqua e, di volta in volta, bisognerà tener conto di questa variabile. Una bagnatura "a regola d'arte" dovrà saturare completamente il laterizio senza che l'acqua ristagni sulla sua superficie. In tal modo, non verrà sottratta alla malta la sua acqua di composizione evitando, nel

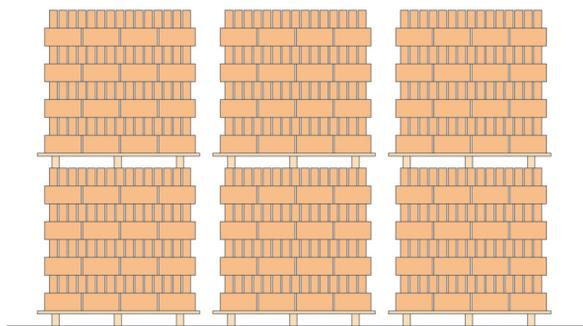


Figura 9 - Corretta modalità di stoccaggio dei materiali in cantiere.

contempo, la formazione di una pellicola liquida di separazione che può compromettere l'aderenza tra i diversi elementi costituenti la muratura. Naturalmente, la bagnatura è tanto più importante quanto più è elevato l'assorbimento d'acqua del laterizio: comunque, è assolutamente da evitare il tentativo di compensare l'insufficiente bagnatura degli elementi con un eccesso d'acqua nella malta.

### Sfalsamento dei giunti verticali

Come già detto, gli elementi resistenti possono essere dotati di fori in direzione normale al piano di posa (foratura verticale), oppure in direzione parallela ad esso (foratura orizzontale), con caratteristiche conformi a quanto disciplinato al cap. 11.10 delle NTC08. Anche gli elementi per murature di tamponamento possono essere posti in opera (a seconda del tipo di prodotto e delle consuetudini locali) sia a

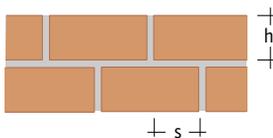


Figura 10 - Sfalsamento dei giunti in una muratura.

fori orizzontali che a fori verticali.

Indipendentemente dal tipo di muratura che si vuole realizzare, i giunti verticali devono comunque essere sempre opportunamente sfalsati. Il significato di "opportunamente" è molto chiaro se si pensa a una muratura in mattoni montati ad una testa secondo i magisteri tradizionali: i giunti verticali del corso superiore coincidono, in tal caso, con la mezzeria dei mattoni del corso inferiore.

Variando i formati e cambiando conseguentemente il tipo di muratura, si può invece assumere per lo sfalsamento "s" dei giunti verticali il seguente riferimento:

$$s \geq 0,4 h \geq 4,5 \text{ cm}$$

avendo indicato con "h" l'altezza del mattone o del blocco. La sovrapposizione (sfalsamento) "s" deve quindi essere maggiore di 0,4 volte l'altezza dell'elemento "h" e comunque sempre maggiore di 4,5 cm (fig. 10).

Pertanto, per un blocco con un'altezza di 20 cm, la sovrapposizione dovrà essere non inferiore a 8 cm; mattoni alti 6 cm non potranno, invece, sovrapporsi per 2,4 cm (6 cm x 0,4) ma per almeno 4,5 cm.

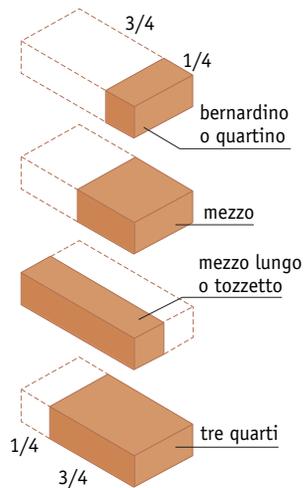


Figura 11 - Denominazioni delle riduzioni dei mattoni ottenute solitamente per spacco o per taglio.

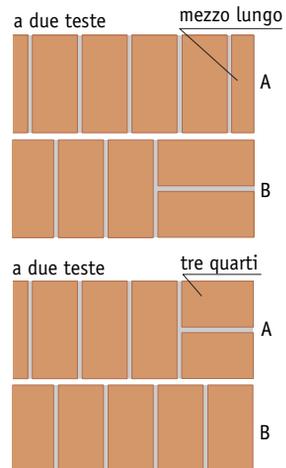


Figura 12 - Per ottenere lo sfalsamento in una muratura a due teste, si può utilizzare un "mezzo lungo" (in alto) o un "tre quarti" (in basso).

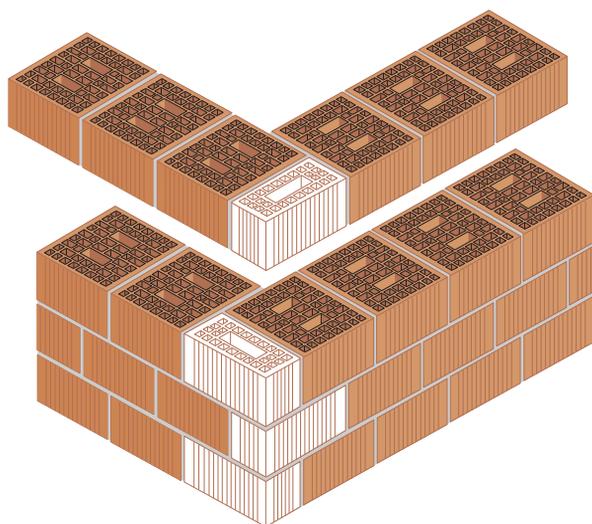


Figura 13 - Angolo di muratura eseguito con l'impiego di pezzi speciali per lo sfalsamento dei giunti.

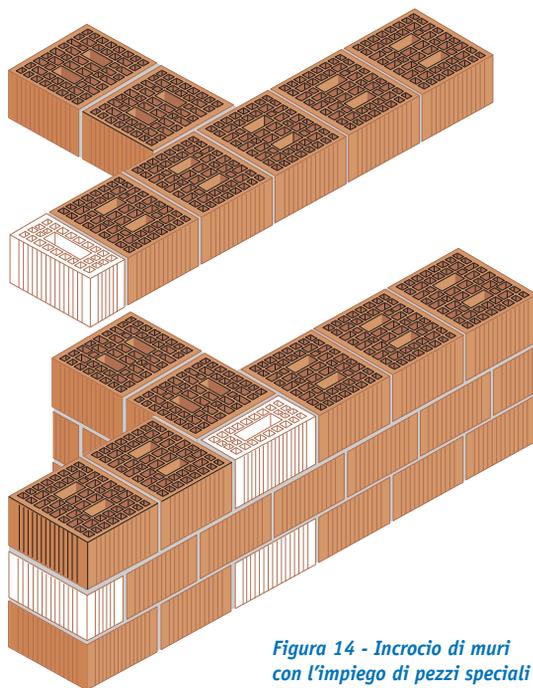


Figura 14 - Incrocio di muri con l'impiego di pezzi speciali per lo sfalsamento dei giunti.

### Importanza dei pezzi speciali

Nelle murature eseguite con mattoni tradizionali, lo sfalsamento dei giunti verticali si realizza ricorrendo a sottomultipli ottenuti per spacco o per taglio del formato base. Si hanno così il *quarto* (o *bernardino*), il *mezzo*, il *tre quarti* e il *mezzo lungo* (fig. 11). La figura 12 mostra il primo e il secondo corso di una muratura a due teste nella quale si sono usati rispettivamente il *mezzo lungo* e il *tre quarti*. Quando si ricorre, invece, a blocchi di grande formato, lo sfalsamento si ottiene utilizzando elementi di dimensioni minori, predisposti allo scopo, evitando il più possibile il ricorso a frammenti di blocchi o, addirittura, mattoni. Gli stessi elementi di dimensioni minori vengono utilizzati per realizzare nel modo più opportuno gli angoli e gli incroci fra i muri (figg. 13 e 14). Nelle pareti costruite con elementi a fori orizzontali, poiché la foratura non deve mai essere rivolta verso l'esterno per non perdere l'efficacia dell'isolamento termico ed evitare infiltrazioni d'acqua, in corrispondenza delle aperture di porte e finestre si useranno pezzi speciali a fori verticali (fig. 15).

### Impiego di elementi di laterizio omogenei

Ogni elemento di laterizio per muratura, in funzione del formato, del disegno, della percentuale di foratura, del tipo di argilla di base e per la presenza o meno di materiali di alleggerimento (nell'impasto ceramico), presenta specifiche caratteristiche di resistenza meccanica.

Se si mescolano, nella stessa parete, produzioni di diversa origine è del tutto improbabile che si riescano a rispettare le resistenze e

le caratteristiche prestazionali previste dal progetto. Inoltre, anche la deformabilità sotto carico è diversa da prodotto a prodotto: si hanno, infatti, diversi valori del modulo elastico quando cambiano i formati, i disegni e, soprattutto, le argille.

Ad esempio, se si impiegano mattoni tradizionali e blocchi alleggeriti in pasta, la porzione del muro realizzata con i blocchi si deformerà diversamente rispetto a quella fatta in mattoni, con conseguenti

risentimenti sul paramento murario e sull'integrità dell'intonaco.

Pertanto, è necessario che, soprattutto nelle murature con funzioni strutturali, le quote dei solai vengano raggiunte scegliendo la corretta dimensione dei mattoni o dei blocchi, il giusto spessore dei giunti orizzontali di malta ed eventualmente impiegando pezzi speciali con le stesse caratteristiche degli altri elementi utilizzati, evitando il ricorso a materiali disomogenei (fig. 16).

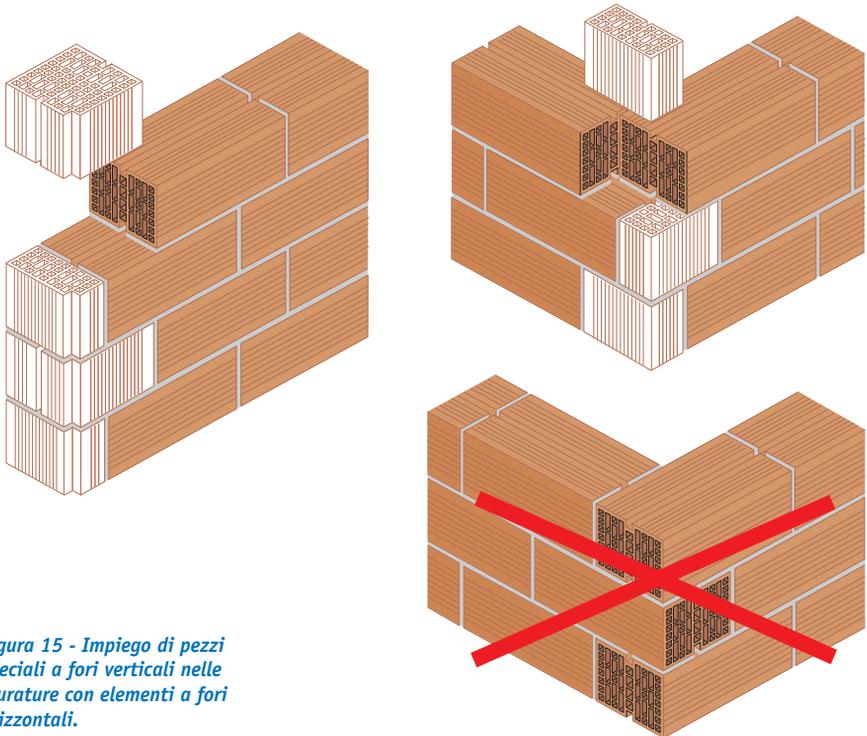


Figura 15 - Impiego di pezzi speciali a fori verticali nelle murature con elementi a fori orizzontali.

**Costruzione del muro: formati e spessori**

Oltre alla buona esecuzione, bisogna porre particolare attenzione al modo con cui si raggiungono, con i formati disponibili, gli spessori di muro previsti dal progetto.

Per quanto esuli dalle responsabilità esecutive, ma dipenda da una scelta progettuale legata anche ai risultati del calcolo strutturale, può essere utile ricordare che nei siti ricadenti in zona a pericolosità sismica "molto bassa" (zona 4, Classificazione sismica OPCM 3519/06), lo spessore minimo per le murature portanti non può essere inferiore a:

- 15 cm, per murature in elementi pieni
- 20 cm, per murature in elementi semipieni
- 24 cm, per murature in elementi forati.

Inoltre, il rapporto fra altezza di interpiano e spessore del muro ( $h_0/t$ , snellezza) non dovrà in nessun caso essere superiore a 20.

In particolare, per la progettazione nelle zone sismiche 3, 2, 1, lo spessore minimo degli elementi per muratura portante dovrà essere non inferiore a 24 cm.

I valori dello spessore del muro, riportati nella tabella di fig. 17, dovranno essere raggiunti utilizzando elementi reperibili in commercio che garantiscano, con

ampia sicurezza, il rispetto dei requisiti stabiliti dal progetto. A tale proposito, vale la pena ricordare che, ai fini della durabilità e dell'isolamento termico, il modestissimo maggior costo di qualche centimetro in più nello spessore del muro sarà ampiamente ripagato nel corso della vita utile dell'edificio, anche in termini di maggior comfort abitativo, oltre che di risparmio energetico.

Si riportano nella fig. 18 alcuni esempi di apparecchiature murarie monostrato eseguite con mattoni e blocchi in laterizio di corrente produzione per la realizzazione degli spessori di muro più frequenti.

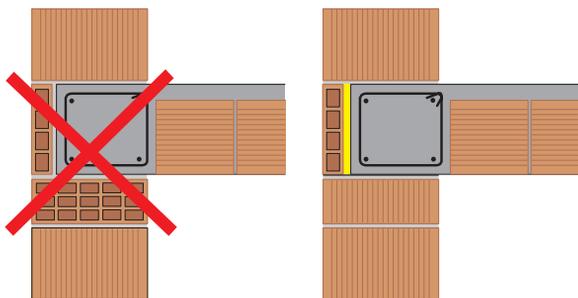


Figura 16 - Come raggiungere correttamente la quota del solaio (migliorando anche l'effetto di "ponte termico").

Tipologie costruttive	$t_{min}$	$(h_0/t)$	$(l/h')_{min}$
Muratura ordinaria con elementi artificiali, zona 3, 2, 1	240 mm	12	0,4
Muratura armata con elementi artificiali, zona 3, 2, 1	240 mm	15	qualsiasi
Muratura ordinaria con elementi forati, zona 4	240 mm	20	-
Muratura ordinaria con elementi artificiali semipieni, in zona 4	200 mm	20	0,3
Muratura ordinaria con elementi artificiali pieni, in zona 4	150 mm	20	0,3

Figura 17 - Requisiti delle pareti portanti resistenti ("Norme tecniche per le costruzioni", D.M. 14/01/08) dove:  $t_{min}$  è lo spessore minimo;  $h_0$  l'altezza libera d'inflessione;  $t$  lo spessore al netto dell'intonaco;  $l$  la lunghezza;  $h'$  l'altezza massima delle aperture adiacenti.

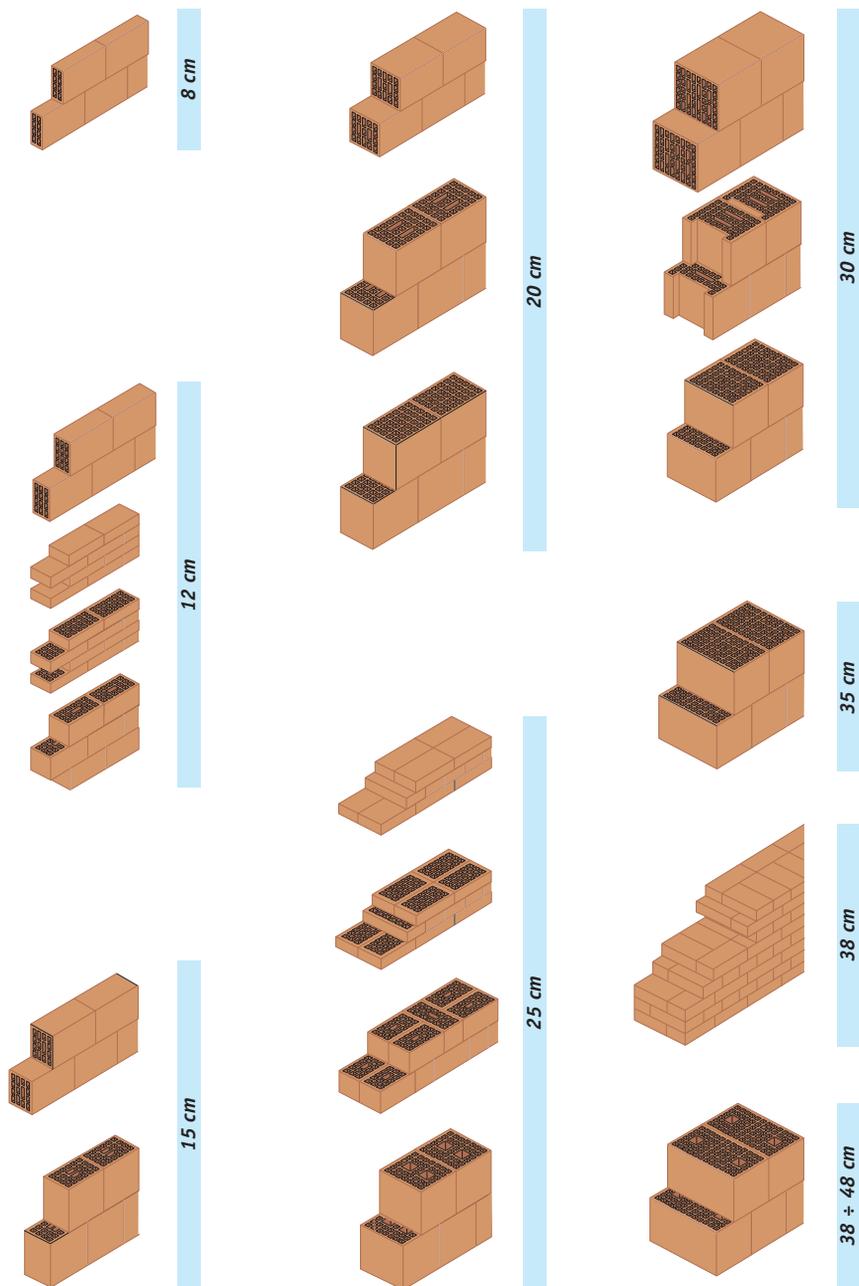


Figura 18 - Tipi di muratura monostrato in mattoni e blocchi di laterizio.

### Muratura monostrato

La muratura monostrato è una struttura realizzata o con mattoni tradizionali, in opera a una o più teste, o con blocchi a tutto spessore di muro (figg. 19 e 20). In particolare, nella muratura portante in mattoni o blocchi, gli elementi in laterizio assumono generalmente e contemporaneamente funzioni statiche, termoisolanti e di protezione acustica, ovviamente con diversi livelli di prestazione in funzione dello spessore,

della tecnologia costruttiva adottata e dei requisiti prestazionali richiesti.

In tutti i casi, inoltre, la muratura funge da supporto per la finitura superficiale di protezione (intonaco).

La muratura monostrato in blocchi di grande formato ha avuto un particolare sviluppo in seguito alla produzione di laterizio alleggerito in pasta, all'introduzione del giunto verticale ad incastro e alla produzione di elementi rettificati sulle facce di posa.

### Muratura a doppio strato

A differenza della muratura monostrato, la muratura a doppio strato tende a "specializzare" la funzione svolta da ogni strato. È possibile individuare, nella generalità dei casi, quindi, uno strato di laterizio con caratteristiche isolanti o di finitura (*faccia a vista*), quando prevista (fig. 21). I due strati possono essere divisi da una intercapedine contenente o meno un isolante termico specifico.

La posizione dello strato di laterizio portante (nelle soluzioni anche con funzioni strutturali) dipende dalla scelta progettuale.

In questo caso, prevedere lo strato portante all'interno, anche per l'appoggio del so-

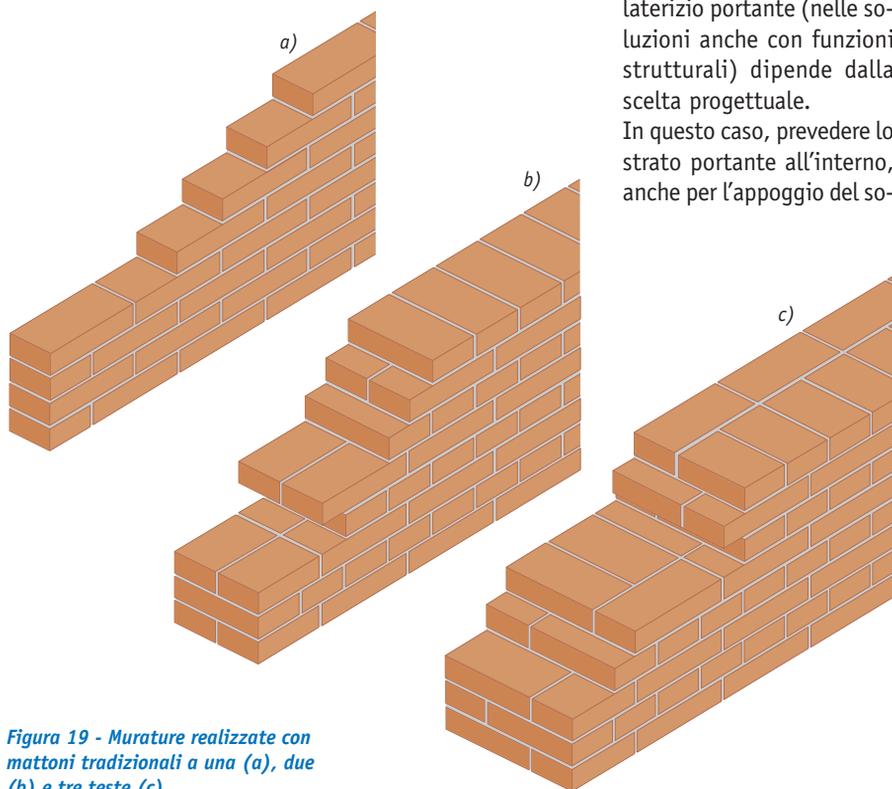


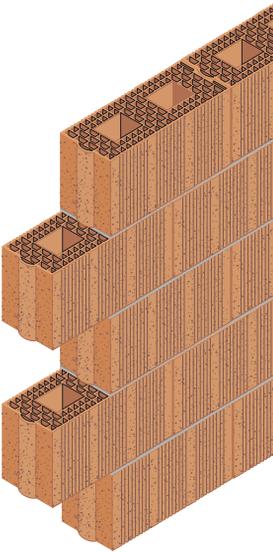
Figura 19 - Murature realizzate con mattoni tradizionali a una (a), due (b) e tre teste (c).

laio (con lo strato isolante nell'intercapedine), consente di utilizzare al meglio le caratteristiche di accumulo termico della parete, costituendo questa una soluzione particolarmente idonea all'uso continuativo dell'abitazione. Se la parete portante è all'esterno e l'isolamento termico (soprattutto se è previsto

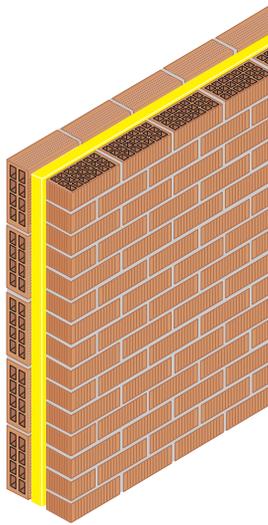
l'utilizzo di isolanti specifici) è affidato allo strato interno, generalmente di modesto spessore e peso, si perderà l'apporto benefico dell'inerzia termica. A tale riguardo, sono ormai universalmente riconosciuti i vantaggi derivanti dalla presenza di un involucro verticale opaco dotato di idonea massa ai fini di una

minore domanda di energia, sia per il riscaldamento che per il raffrescamento degli spazi abitativi. È dimostrato, infatti, che l'inerzia termica svolge un ruolo positivo sia come effetto di smorzamento dell'ampiezza dell'onda termica, sia come sfasamento dell'onda stessa (fig. 22), a seguito del passaggio attraverso la parete costituente l'involucro esterno.

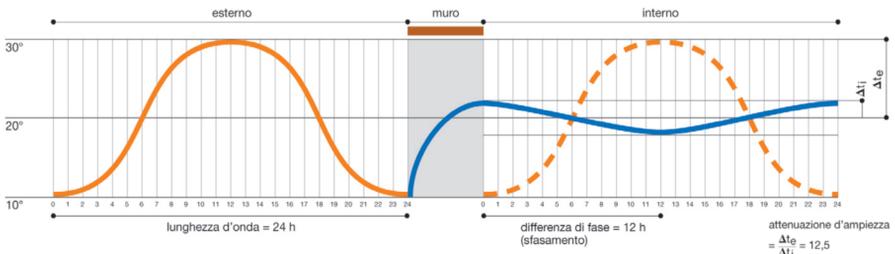
Una soluzione di frontiera opaca "massiva" (laterizio), caratterizzata da una buona inerzia termica, consente di assicurare un permanente benessere termico interno, soprattutto nel periodo estivo, limitando il ricorso ad energivori impianti di condizionamento, con un risparmio che può arrivare anche al 30% rispetto ad una soluzione "leggera", a parità di trasmittanza termica, ubicazione geografica e condizioni d'uso.



**Figura 20 - Muratura monostrato con giunti verticali ad incastro.**



**Figura 21 - Muratura a doppio strato con intercapedine isolata.**



**Figura 22 - Sfasamento e attenuazione dell'onda termica attraverso una soluzione di involucro "massiva".**

Proprio per questo, numerose Amministrazioni Pubbliche hanno redatto disposizioni inerenti parametri ed indici edilizi che prevedono, nel calcolo della volumetria edificabile, lo "scomputo" dei maggiori spessori delle pareti perimetrali ed altre misure incentivanti il risparmio energetico, proprio per favorire la messa in opera di involucri edilizi più performanti dal punto di vista dell'isolamento termico, dell'inerzia termica e del comfort abitativo.

### Alcune considerazioni sulle pareti a più strati

Per garantire durabilità alla costruzione, per tutte le pareti, sia monostrato che, soprattutto, a doppio strato, è necessario conoscere i limiti entro i quali si è certi di non avere condensazione interstiziale. Infatti, il vapore acqueo che si forma all'interno dell'abitazione, per la presenza degli occupanti e per le attività che essi vi svolgono, migra verso l'esterno, attraversando la parete. In determinate condizioni di pressione e di temperatura, il vapore può condensare accumulando acqua all'interno della struttura. Si ha, di conseguenza, un netto decadimento delle prestazioni di isolamento

termico e, in caso di gelo, il rischio di sfogliature e rotture dovute all'aumento di volume dell'acqua.

La formazione di muffe all'interno degli spazi abitati, inoltre, può rappresentare un forte decadimento dei livelli di comfort e di salubrità ambientale, soprattutto in presenza di un insufficiente ricambio dei volumi d'aria. In queste circostanze, il laterizio è in grado di svolgere un importante ruolo di volano igroscopico assorbendo le "punte" di umidità presenti negli ambienti e rilasciandole successiva-

mente, avendo un "tasso d'equilibrio" estremamente basso (circa 1%).

Dal punto di vista strutturale, quando si realizzano murature a doppio strato con intercapedine e si impiegano, nell'esecuzione dei due strati, elementi di laterizio con formati e caratteristiche meccaniche diverse, una sola parete dovrà essere considerata portante. Solo su di essa, dunque, rispettando le specifiche e gli spessori richiesti dalla normativa, dovranno gravare tutti i carichi strutturali (ad esempio, solai e relativi cordoli).

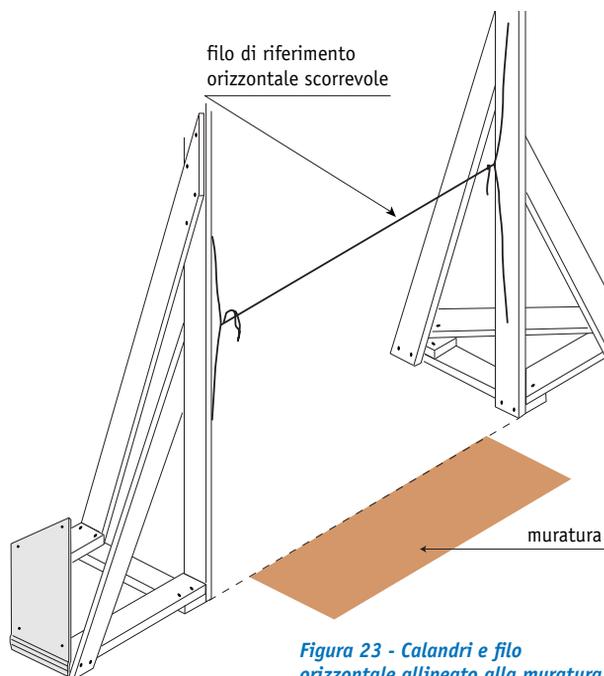


Figura 23 - Calandri e filo orizzontale allineato alla muratura.

### Cure durante l'esecuzione

I giunti di malta (quando previsti) devono essere il più possibile regolari e riempiti con cura fino al bordo esterno; i corsi devono essere orizzontali e paralleli e gli spigoli risultare perfettamente verticali.

Devono, inoltre, essere rispettate alcune regole esecutive che, pur potendo leggermente differire per tradizioni locali, sono riassumibili come segue:

- delimitare inizialmente la posizione del muro per mezzo di un filo teso (fig. 23) in corrispondenza del bordo esterno della muratura (per murature con intercapedine saranno necessari due fili);
- fissare due aste verticali (*calandri*) alle estremità del muro da costruire. Fra i *calandri* si tenderà un filo, parallelo al piano di

livello, che costituirà l'allineamento per i corsi dei mattoni o dei blocchi; in una struttura intelaiata i pilastri fungeranno da *calandri*;

- disporre "a secco" la prima fila di elementi per verificare la larghezza dei giunti verticali e la necessità di pezzi speciali;
- bagnare il piano di appoggio;
- tendere il filo fra i *calandri* in corrispondenza dell'altezza del primo corso, comprensiva del giunto orizzontale di malta (per un blocco, ad esempio: 19 cm + 1 cm di malta);
- stendere il primo strato di malta;
- posizionare gli elementi in laterizio, dopo averli bagnati, assestandoli sulla malta con piccoli colpi di cazzuola o, nel caso

di blocchi, di martello di gomma;

- sollevare il filo all'altezza del secondo corso;
- si procede poi alla stesa della malta e alla posa degli elementi, curando il loro allineamento sul filo teso tra i *calandri* e l'esatto sfasamento dei giunti;
- i corsi successivi si costruiscono nella maniera già descritta;
- periodicamente, controllare l'orizzontalità dei corsi, la planarità della facce della parete, la verticalità degli spigoli;
- a fine giornata, proteggere il lavoro con teli di plastica per conservare un ambiente umido che favorisca la presa della malta;
- proteggere sempre la muratura dalla pioggia con analoghi sistemi, in modo che l'acqua non dilavi la malta, che non ha ancora completato la presa, e ne riduca la resistenza (fig. 24);
- sospendere il lavoro quando la temperatura scende al di sotto dei 5°C.

Nella elevazione dei muri di un edificio, si deve sempre procedere di pari passo per tutte le pareti, affinché queste, come anche il terreno di fondazione, risultino egualmente caricate.

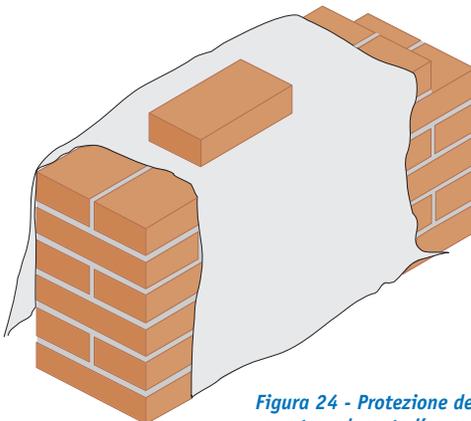


Figura 24 - Protezione della muratura durante l'esecuzione.

## Alcune regole dimenticate

### Compatibilità fra i materiali impiegati

Normalmente, nelle costruzioni convivono materiali diversi, ognuno dei quali presenta uno specifico comportamento: in particolare, sono diverse le relative deformazioni termiche; i calcestruzzi presentano ritiri idraulici anche sensibili; le barre di armatura (nel caso di muratura armata o di elementi strutturali complementari dei cordoli, delle solette, degli architravi) trasferiscono alla struttura in muratura sollecitazioni che chi progetta non può ignorare e chi esegue non può trascurare. È certo essenziale che siano previsti giunti di dilatazione strutturali e di spostamento, ma la stessa attenzione va posta su tutti gli altri punti particolari nei quali sono presenti più materiali. È questo il caso degli architravi di porte e finestre, generalmente in acciaio, in calcestruzzo o in laterizio armato, che devono essere liberi di muoversi per dilatazioni termiche senza interferire con la muratura, e delle zone isolate con prodotti specifici, ad esempio in corrispondenza dei cassonetti delle finestre, dove la

diversa resistenza termica dei materiali adottati può causare piccole lesioni negli intonaci.

Quando le dimensioni sono rilevanti, e comunque per luci superiori a  $1,2 \div 1,5$  m, gli architravi devono avere la possibilità di "assestamenti" indipendentemente dalla struttura in muratura. Sarà necessario, quindi, lasciare un adeguato spazio libero di almeno 10 mm per consentire tale movimento. È essenziale, per una efficace messa in opera, al fine di evitare lesioni sulla muratura di appoggio, assicurare al manufatto una base di appoggio di almeno  $20 \div 25$  cm per lato; naturalmente, bisognerà poi procedere alla relativa sigillatura. Nel caso di architravi prefabbricati, sarà essenziale accertare che questi abbiano esaurito completamente il ritiro idraulico (di produzione) prima di essere inseriti nella muratura, in modo da evitare, successivamente, fessurazioni dovute al ritiro stesso.

Particolare attenzione deve essere dedicata, inoltre, alla realizzazione del tamponamento di telai in calcestruzzo.

La linea di contatto fra struttura in cemento ar-

mato e tamponamento in laterizio può essere zona di fessurazioni causate dal diverso coefficiente di dilatazione termica fra i due materiali, soprattutto in presenza di parti soleggiate e con tinteggiatura scura. Gli effetti delle dilatazioni termiche possono essere ridotti operando secondo due principi distinti:

- evidenziando le zone di distacco, facendo cioè in modo che la fessura si verifichi in punti prestabiliti;
- opponendosi alla fessurazione localizzata.

Nel primo caso, sarà necessario delineare la linea di contatto fra struttura e muratura, appoggiando il tamponamento su di un materiale comprimibile e sigillante e interponendo fra pilastri e muratura un materiale deformabile e ugualmente sigillante: gli strati di sigillatura saranno così in grado di accettare le differenti deformazioni termiche dei materiali e, mantenendosi integri, eviteranno la penetrazione di acqua meteorica.

Nel secondo caso, invece, non volendo che si evidenzii la zona di giunzione fra pilastri e tamponamento, si inserirà nell'intonaco una

sottile rete metallica, o in fibra di vetro, estesa fino a 20 ÷ 30 cm oltre la zona interessata da possibili lesioni (fig. 25).

Nel caso in cui la muratura di tamponamento “foderi” esternamente la struttura in calcestruzzo, i rischi sono certamente minori, ma è sempre bene applicare comunque gli stessi accorgimenti.

È fondamentale, anche per rispettare quanto previsto dalla specifica normativa, risolvere in modo efficace il “ponte termico” costituito dai pilastri e dai cordoli dei piani.

### Collegamento dei muri e dei solai

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 prescrive che le costruzioni in muratura portante debbano essere realizzate con sistemi costruttivi in grado di sopportare azioni verticali ed orizzontali, collegati tra di loro da strutture di impalcato, orizzontali ai piani ed eventualmente inclinate in copertura, e da opere di fondazione.

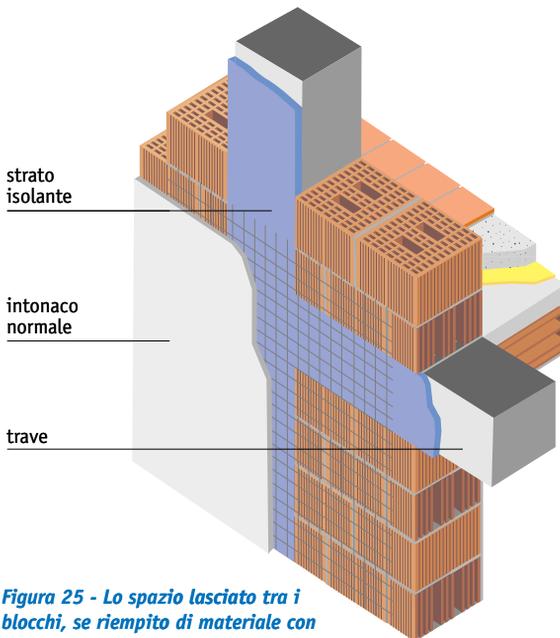
I solai devono, quindi, essere di adeguata resistenza e rigidità e collegati ai muri mediante cordoli; il ricorso alla soletta armata,

in particolare, è esplicitamente richiesto dalla normativa.

In particolare, all'intersezione tra solai e pareti, ad ogni piano, deve essere realizzato un cordolo di altezza minima pari a quella del solaio e larghezza almeno uguale allo spessore del muro, con arretramento massimo di 6 cm dal filo esterno. Per l'armatura longitudinale è prescritta un'area minima di 8 cm<sup>2</sup> e un diametro non inferiore a 6 mm/25” per le staffe.

Queste prescrizioni, corrette dal punto di vista strutturale, possono però causare qualche inconveniente alle pareti in muratura. Infatti, se il calcestruzzo della soletta è gettato con un rapporto acqua/cemento troppo elevato o risulta essere di granulometria fine, oppure se non è sufficientemente protetto in fase di maturazione, possono avere luogo ritiri molto elevati. Poiché la soletta è armata, tali ritiri non sono in grado di annullarsi localmente, all'interno della soletta stessa, ma necessariamente vanno a scaricarsi in corrispondenza del nodo muro-cordolo-solaio.

Allo stesso modo, se un solaio è troppo deformabile, la sua deformazione può causare una rotazione agli



**Figura 25 - Lo spazio lasciato tra i blocchi, se riempito di materiale con bassa conducibilità termica e buona permeabilità al vapore, migliora sensibilmente il comportamento termoisolante della zona pilastro-muro.**

appoggi che tenderà a sollevare il cordolo, o a scaricarlo eccentricamente, staccandolo dalla muratura sottostante.

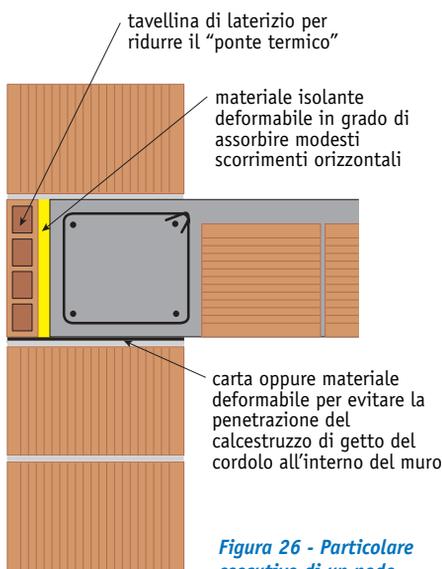
Bisognerà quindi assicurarsi che:

- la posa dei laterizi sia eseguita con un giusto sfalsamento degli elementi, adottando giunti di malta di spessore costante e regolare;
- i laterizi siano adeguatamente bagnati, in modo che risulti massima la loro adesione con la malta;
- i solai siano opportunamente rigidi e quindi di altezza adeguata (anche superiore a 1/25 o 1/30 della luce, a seconda che si impieghino solai ad armatura lenta o precompressi, valori questi da intendersi come limite inferiore di riferimento);
- la soletta in calcestruzzo sia protetta dall'irraggiamento diretto o comunque sia bagnata a sufficienza per i primi giorni dopo il getto, in modo da contenere il valore finale del ritiro;
- fra muratura e cordolo sia interposta un guaina o altro mezzo che impedisca la penetrazione del getto all'interno dei fori dei blocchi e consenta la libertà di piccoli movimenti (fig. 26);

- la continuità della soletta sia interrotta con un giunto realizzato, ad esempio, evitando la sovrapposizione fra pannelli di rete adiacenti.

E' anche consigliabile rivestire esternamente il cordolo con materiali omogenei con il paramento murario, ad esempio con tavelle in laterizio, che garantiscano la continuità della parete, messi in opera a struttura ultimata, più precisamente quando muro e solaio hanno esaurito la maggior parte dei previsti movimenti di assestamento.

Fra l'altro, come già sottolineato in precedenza, il rivestimento del cordolo in c.a. migliora anche le prestazioni termiche del fabbricato, contenendo o annullando l'effetto di "ponte termico" e, quindi, riducendo o annullando il rischio di formazioni di condense o di muffe localizzate. E' anche opportuno che i solai siano orditi in modo da caricare il più uniformemente possibile le murature. Questo si può realizzare, ad esempio, alternando la direzione di orditura dei solai ai vari piani.



**Figura 26 - Particolare esecutivo di un nodo muro-cordolo-solaio.**

## Intonaci

Un buon intonaco su pareti in laterizio va applicato nel rispetto dei magisteri tradizionali, indipendentemente dalla tipologia usata (preparato in cantiere o premiscelato in stabilimento). Devono essere stesi due, o meglio tre strati complessivamente (fig. 27), di cui il primo con funzione di aggrappaggio (*rinzaffo*), il secondo per realizzare l'opportuno spessore (*corpo* o *arriccio*) e il terzo di finitura (*stabilitura* o *finitura*).

Il *rinzaffo*, preparato con inerti a granulometria più grossa e con elevato dosaggio di leganti, regolarizza il supporto e lo prepara in modo da assicurare una buona aderenza agli strati successivi.

Nel secondo strato, con prevalenti funzioni di tenuta e di impermeabilità, gli inerti sono più fini e il dosaggio di leganti è minore, in modo da limitare il ritiro.

Per il terzo strato, infine, avente una funzione estetica di *finitura*, si impiega sabbia fine, calce e cemento. Prima di essere usato come supporto degli strati successivi, il *rinzaffo* deve avere il tempo necessario per raggiungere le giuste caratteristiche di resistenza e di maturazione. La parete in laterizio deve essere

preventivamente bagnata: bisogna ricordare che pareti eccessivamente calde, soleggiate o battute dal vento e in condizioni di bassa umidità relativa dell'aria non si trovano certo in condizioni ideali per eseguire buone intonacature.

Queste cure devono essere applicate con una attenzione ancora maggiore quando si è in presenza di laterizio caratterizzato da un elevato assorbimento d'acqua.

In sintesi, quindi, per avere una parete ben intonacata è necessario:

- costruire la muratura con giunti di malta verticali e orizzontali ben costipati, senza vuoti o rientranze rispetto agli elementi in laterizio;
- bagnare il supporto in muratura;
- realizzare un intonaco a due o meglio a tre strati;

- porre particolare attenzione alle condizioni ambientali evitando di operare con temperature troppo elevate o troppo basse, vento, aria ambiente molto asciutta (le condizioni ideali possono variare fra i 5 e i 20°C, con una umidità relativa pari al 50% circa);
- consentire la maturazione del *rinzaffo* prima di posare gli strati successivi;
- mantenere bagnato l'intonaco per alcuni giorni;
- tinteggiare solo a indurimento avvenuto.

Queste attenzioni devono essere applicate anche alle pareti realizzate con elementi in laterizio alleggerito in pasta, in quanto quest'ultimo può avere valori di assorbimento d'acqua superiori di qualche punto percentuale rispetto a quelli del laterizio normale.

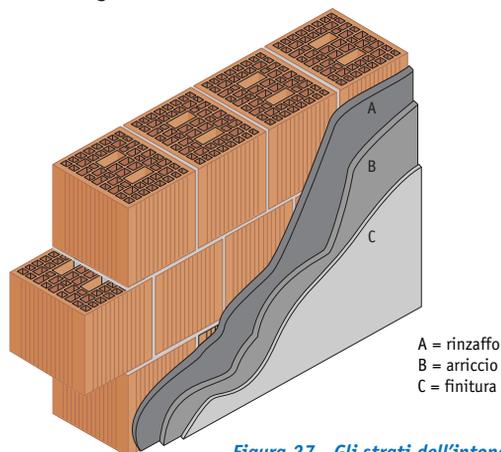


Figura 27 - Gli strati dell'intonaco.

Nel caso in cui si usi un intonaco premiscelato da stendere in un solo strato, è possibile concentrare in un'unica soluzione più prestazioni, riducendo, anche notevolmente, i tempi di esecuzione. E' necessario, pertanto, richiedere al produttore le specifiche indicazioni di posa in opera. Tuttavia, anche per i premiscelati, è ormai consuetudine realizzare prima un *rinza*, a mano o a macchina, e successivamente un intonaco di sottofondo con trattamento di *finitura* superficiale. Non va poi dimenticato che la muratura in laterizio "respira", ossia è facilmente attraversata dal vapore che migra dall'interno verso l'esterno dell'ambiente abitato, come già si è detto in precedenza. Bisogna, quindi, evitare nel modo più assoluto l'impiego di strati superficiali caratterizzati da bassa permeabilità al vapore, i quali, bloccandone la migrazione, creerebbero pericolosi ristagni di vapore. Inconvenienti prevedibili possono essere la formazione di bolle e distacchi dell'intonaco o, in periodo invernale, la formazione di acqua e di ghiaccio, con le conseguenze facilmente immaginabili per la durabilità della *finitura* esterna.

### Rivestimento con listelli faccia a vista

Le murature possono essere rivestite, in alternativa all'intonaco, con listelli in laterizio faccia a vista, sia estrusi che in pasta molle. Questi sono caratterizzati dal sottile spessore, in genere  $2 \div 3$  cm fino ad un massimo di 6 cm (mezzo mattone). Tali rivestimenti si prestano per la protezione e la finitura estetica delle murature, in interventi nuovi o di recupero, assicurando lunga durata ed assenza di manutenzione. I listelli possono presentare sulle facce interne nervature o dentelli a coda di rondine per migliorarne l'ancoraggio al supporto murario, che può avvenire tramite posa con malta o colla. La gamma è completata dai listelli angolari che danno alle murature lo stesso aspetto di quelle costruite con mattoni interi. Si consiglia di pulire il rivestimento mano a mano che si realizza intervenendo

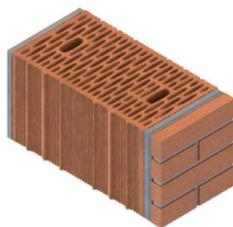


Figura 28 - Rivestimento con listelli faccia a vista.

sugli eventuali schizzi (o colature) quando ancora sono freschi.

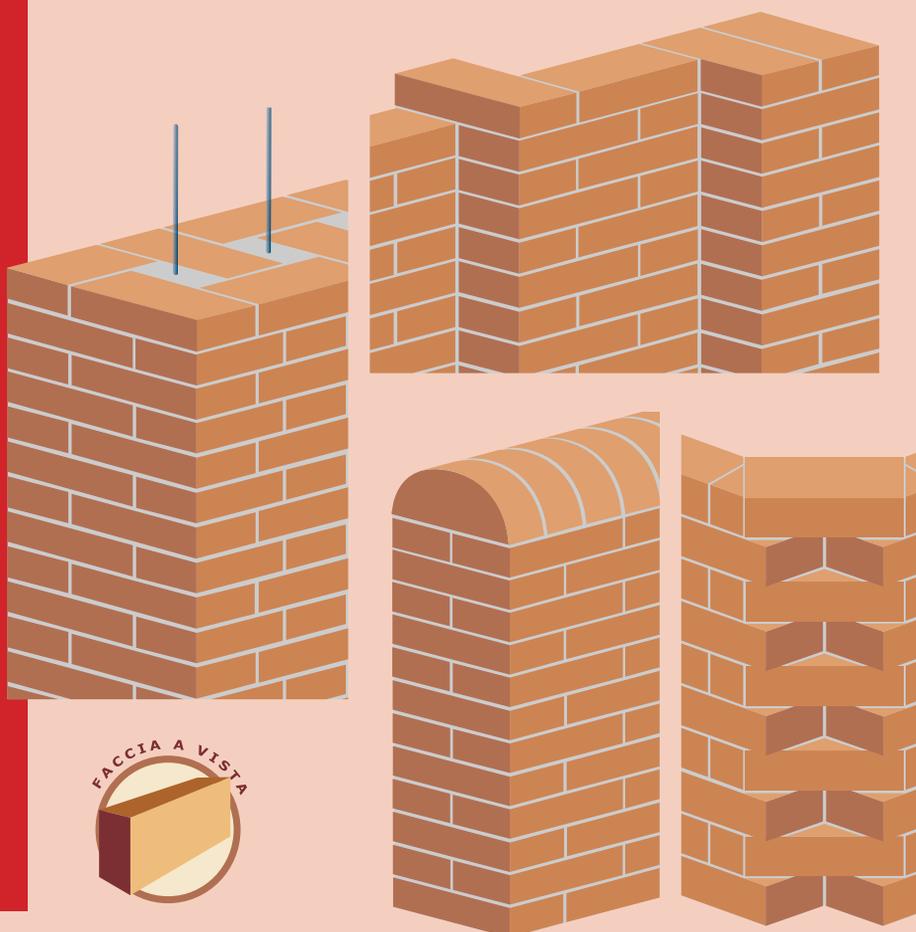
In ogni caso, la posa in opera verrà eseguita attenendosi alle specifiche indicazioni dei produttori.

### Quando e come abitare una casa in laterizio

Per poter assicurare il comfort ottimale all'interno di una nuova costruzione, la muratura deve aver smaltito tutta l'umidità in eccesso dovuta alle varie fasi di realizzazione. Appena eseguita, infatti, la muratura contiene una quantità di acqua pari a circa il 15% del proprio peso. Va poi considerata l'acqua portata dall'intonaco, l'acqua meteorica accumulata durante l'esecuzione dell'opera, l'acqua delle tinteggiature, ecc. Pertanto, a copertura finita, bisognerà lasciare l'edificio per qualche tempo in condizioni di massima ventilazione, evitando l'applicazione di materiali che richiedano ambienti o superfici con limitata umidità.

Se non si eseguiranno queste poche e semplici regole, la casa sarà abitata quando ancora le pareti non potranno garantire, per la presenza di umidità, le caratteristiche di isolamento termico richieste dal progetto.

# Il corretto impiego del laterizio faccia a vista



## Il laterizio faccia a vista

**Nell'ampia e variegata gamma dei laterizi, quelli denominati *faccia a vista* rappresentano una tipologia particolare in quanto, oltre a connotare cromaticamente le architetture dei grandi maestri di tutti i tempi, rappresentano di fatto "il biglietto da visita" del materiale da costruzione per antonomasia: il laterizio.**

I mattoni e gli elementi speciali *faccia a vista* rappresentano la nobilitazione dei comuni mattoni in laterizio per murature. Se questi ultimi nascono per essere intonacati, o comunque rivestiti, la variegata famiglia dei *faccia a vista* è destinata a valorizzare le componenti estetiche (colore, grana, tessitura, ecc.) del laterizio. Gli elementi *faccia a vista* sono, infatti, utilizzati per la realizzazione di:

- murature per esterni
- murature per interni
- opere architettoniche complesse
- dettagli di pregio
- arredo urbano.

Il mattone *faccia a vista* è l'elemento che consente la costruzione di muri, o corpi di fabbrica, direttamente, secondo la loro definitiva configurazione architettonica, senza richiedere ulteriori lavorazioni o strati di finitura; esso dovrà, pertanto, presentare facce con superfici adeguatamente sagomate e rifinite, tali da poter ben figurare.

L'obiettivo di soddisfare queste particolari esigenze d'aspetto, a cui si legano quelle di carattere più propriamente tecnico, e cioè:

- resistenza meccanica
- isolamento termico
- permeabilità al vapore
- protezione acustica
- resistenza all'aggressione degli agenti esterni
- inalterabilità nel tempo

spiega perché la produzione dei laterizi *faccia a vista* avvenga utilizzando argille "pregiate", scelte in modo tale da assicurare ottima qualità estetica alle superfici destinate a rimanere in vista, uniformità di colore, costanza dimensionale e mantenimento nel tempo di tutte le caratteristiche prestazionali.

Dal punto di vista della caratterizzazione estetica dei prodotti *faccia a vista* risulta di particolare interesse architettonico l'ampia varietà tipologica e di aspetto disponibili oggi sul mercato (dimensioni, finiture superficiali, colorazioni). Tutti possono poi essere "lavorati" superficialmente (smaltati, pretrattati con sostanze idrorepellenti, ingobbiati, ecc.) durante la fase di produzione.

In base ai processi produttivi, i laterizi per murature *faccia a vista* possono suddividersi in:

- estrusi (pieni e semipieni)
- stampati in pasta molle (procedimento manuale o meccanizzato)
- pressati (a secco, semisecco, umido).



Giorgio F. Brambilla, "Il manuale del mattone faccia a vista", Edizioni Laterservice, Roma 2000.

## Tipologie di murature faccia a vista

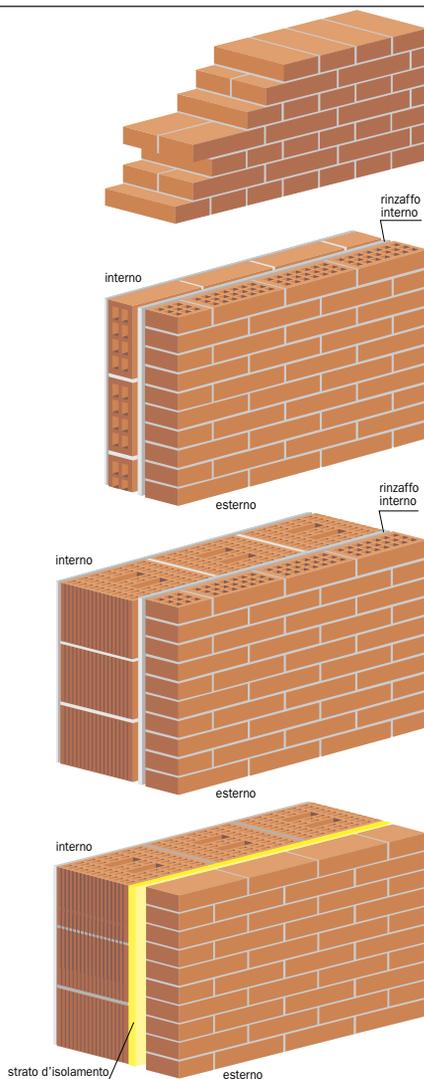
**Raramente il mattone *faccia a vista* viene utilizzato da solo. Tradizioni locali, normative prestazionali, innovazioni produttive, creatività progettuale hanno dato luogo a numerose soluzioni costruttive di corrente impiego.**

Le murature *faccia a vista*, in base alla destinazione d'uso, possono essere suddivise in portanti, di tamponamento o di semplice rivestimento. Quando la muratura *faccia a vista* svolge anche un ruolo strutturale, deve essere calcolata secondo le regole della Scienza delle Costruzioni e nel rispetto della normativa vigente. E', inoltre, necessario dimensionare la muratura in modo tale da rispettare il grado di isolamento termico e di protezione acustica previsti dalle disposizioni legislative.

A seconda delle modalità esecutive, inoltre, le murature *faccia a vista* possono essere ulteriormente distinte in diverse tipologie:

- *monostrato*, quando realizzate con un solo tipo di mattone nello spessore di una o più teste;
- *doppia parete*, quando realizzate in due, o più, strati generalmente con funzioni distinte, che possono essere tra loro distanziati da una intercapedine.

Quest'ultima è un tipo di muratura che presenta alcuni innegabili vantaggi quale quello di poter eseguire correttamente il dimensionamento ai fini strutturali e di assicurare una efficace protezione da disturbi acustici, riducendo al minimo le dispersioni termiche della parete. Una delle soluzioni più diffuse è senz'altro quella con parete esterna *faccia a vista* e parete interna in elementi forati o blocchi di laterizio, con o senza materiale isolante all'interno dell'intercapedine a seconda delle zone climatiche.



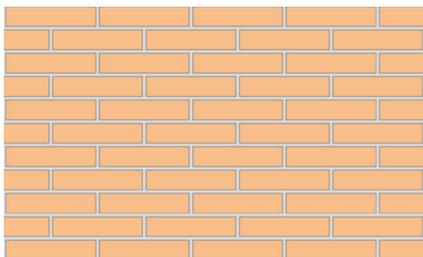
Alcune delle tipologie murarie più diffuse con elementi faccia a vista.

## Le tessiture più usate

Anche la classica “muratura in mattoni” può essere costituita in molti modi diversi; mentre un muro a una testa impone una tessitura a cortina, muri di spessore maggiore richiedono che i vari elementi vengano “legati” fra loro: ogni regione d’Europa ha le sue specifiche tradizioni.

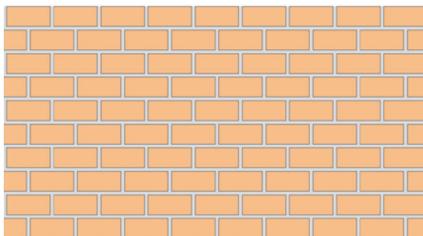
### Tessitura a cortina

Questa è la disposizione propria del muro ad una testa, di semplice rivestimento. I mattoni vengono disposti tutti di lista (o di fascia che dir si voglia), cioè presentando in vista solo il lato lungo. Questa tessitura è la più semplice e veloce da eseguire in quanto riduce al minimo il numero di giunti verticali da realizzare.

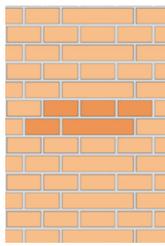


### Tessitura di testa

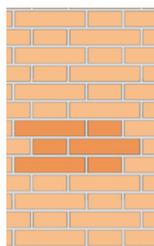
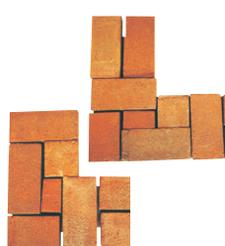
Questa è la disposizione che presenta in facciata il più elevato numero di giunti verticali e, tra tutte le disposizioni per murature portanti, è quella meno resistente: è, quindi, adatta per murature poco sollecitate



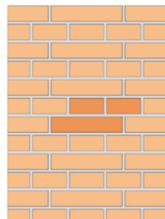
### Tessitura fiamminga o olandese



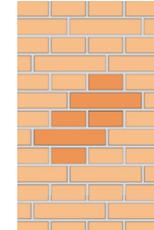
### Tessitura gotica o polacca



### Tessitura a blocco o inglese



### Tessitura a croce

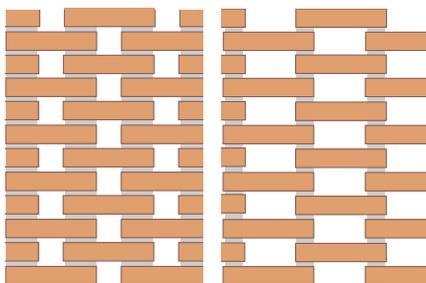


## Grigliati

La disposizione a grigliato, detta anche ad intreccio o a traforo, viene usata per recinzioni o parapetti oppure per tamponare locali nei quali si vuole che l'aria possa circolare. L'esilità delle murature a grigliato le rende particolarmente sensibili alle deformazioni della struttura portante (dilatazioni termiche, assestamenti, ecc.): le malte che uniscono i mattoni, pertanto, dovranno essere piuttosto elastiche, come ad esempio le malte bastarde, non eccessivamente ricche di cemento, o le malte di sola calce. Si deve lavorare sempre con mattoni umidi, dato che, essendo piccolo il volume di malta rispetto a quello del laterizio, è particolarmente alto il rischio che essa si bruci e si riduca così la sua resistenza. E' anche importante che il posatore lavori con grande precisione e pulizia, in quanto le irregolarità possono risultare molto evidenti, e i grigliati sono difficili da pulire.

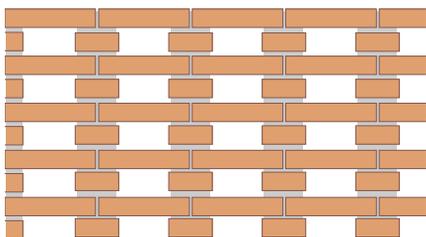
### Corsi sfalsati di mattoni interi

La robustezza della muratura diminuisce all'aumentare della larghezza dei vuoti. In genere i mattoni si sovrappongono di un quarto, lasciando un vuoto di una testa. Dove la muratura grigliata si raccorda con la muratura normale si possono lasciare nel grigliato dei vuoti larghi un quarto di mattone, oppure si dovranno tagliare di un quarto i mattoni di filari alterni della muratura perimetrale.

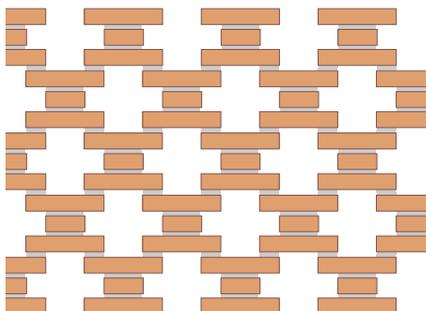


### Grigliati a corsi alternati

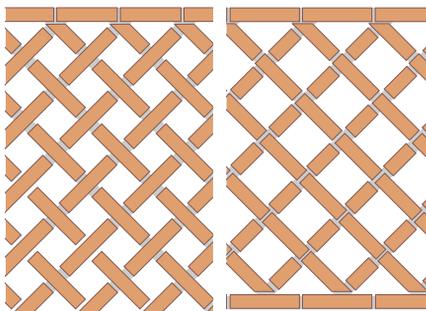
Nella versione più usuale, si alternano un corso di mattoni interi e un corso di mezzi mattoni. In questo modo viene mantenuta la trama della normale disposizione per pareti di rivestimento, con tutti i pezzi disposti di lista, ed è quindi facile inserire questi grigliati all'interno della tessitura muraria.



### Grigliati a croce



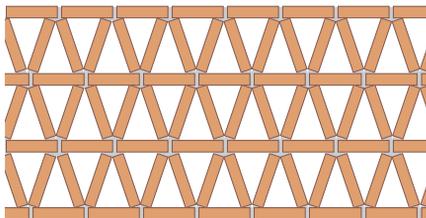
### Grigliati ad intreccio



## Grigliati

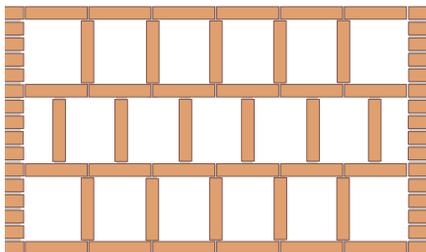
### Grigliati a losanghe

Con questa disposizione, il passo orizzontale segue quello della normale tessitura muraria mentre quello verticale risulta sfalsato, a meno che i mattoni inclinati non vengano tagliati a misura oppure che i relativi giunti di malta, di forma pressochè triangolare, non vengano leggermente sovradimensionati.



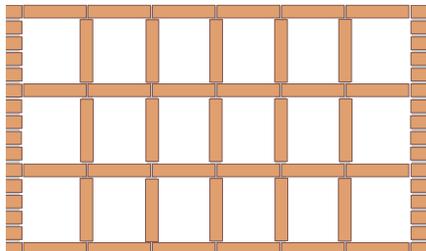
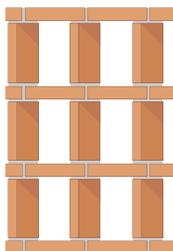
### Grigliati con mattoni di lista e di coltello Ortogonalni

Si inizia disponendo due mattoni in verticale mediante una piccola quantità di malta; si procede collegandoli con un mattone di piatto. Si posa quindi un terzo mattone di coltello collegandolo ai precedenti con un altro mattone di piatto e così via, verificando costantemente allineamento e verticalità.

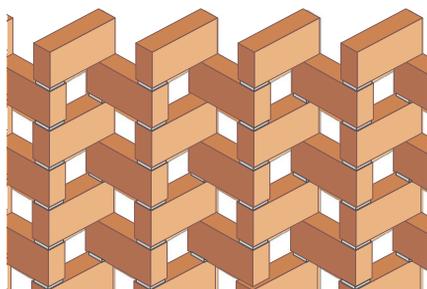


### Di sbieco

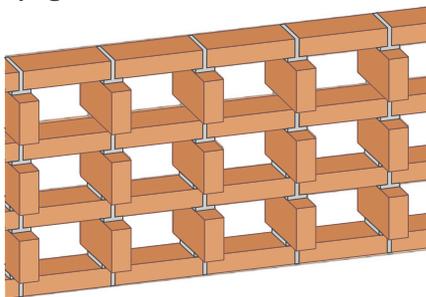
I mattoni del corso di sbieco vanno posati con uno spigolo allineato con la faccia anteriore del muro e quello opposto con la faccia posteriore.



### A fisarmonica



### Sporgenti



## Pilastrì circolari

**I pilastrì circolari in mattoni a vista, oltre a conferire stabilità e sostegno all'edificio, contribuiscono a modulare compositivamente l'attacco a terra. Alcuni semplici accorgimenti possono garantire eccellenti risultati formali e risposte strutturali adeguate.**

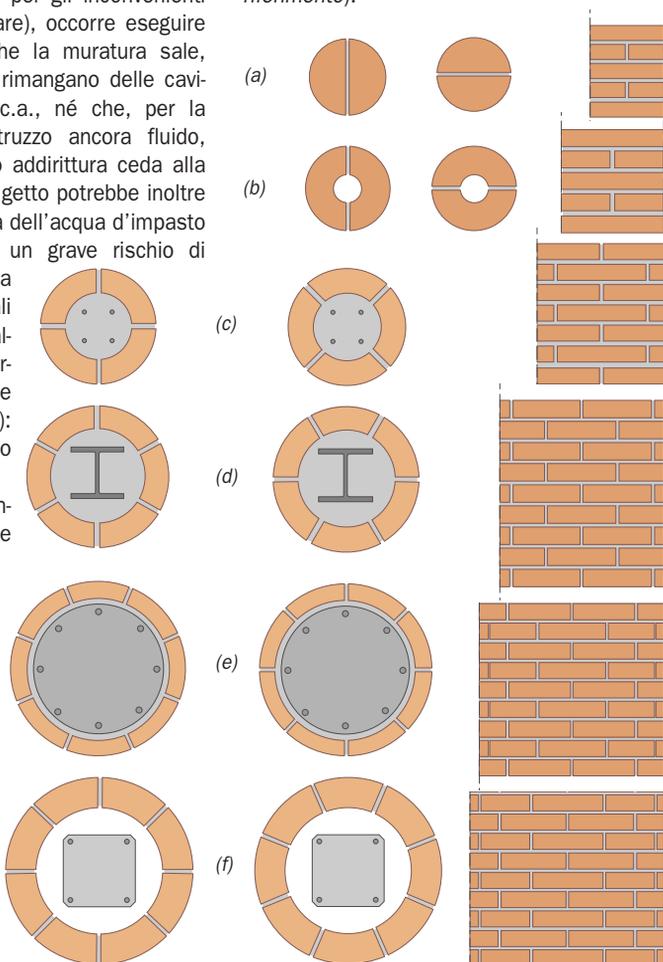
I pilastrì circolari vengono normalmente costruiti con speciali mattoni curvi, prodotti con svariati raggi di curvatura.

Se i mattoni fungono da cassero per il pilastrò centrale in calcestruzzo (pratica assolutamente sconsigliata per gli inconvenienti che ne possono derivare), occorre eseguire il getto man mano che la muratura sale, per non rischiare che rimangano delle cavità nella struttura in c.a., né che, per la pressione del calcestruzzo ancora fluido, il pilastrò si deformi o addirittura ceda alla base; la pressione del getto potrebbe inoltre provocare la fuoriuscita dell'acqua d'impasto dai giunti, inducendo un grave rischio di efflorescenze, a causa dell'alto tenore di sali solubili presenti nel calcestruzzo (il quale, pertanto, dovrebbe essere il più possibile esente): ad esempio, utilizzando cemento pozzolanico.

Si raccomanda, pertanto, di rispettare sempre

un adeguato tempo di asciugatura dei giunti di malta prima di procedere al getto.

Per quanto riguarda la regolarità di esecuzione valgono gli stessi accorgimenti descritti nel seguito (pag. 31, *Aste graduate e fili di riferimento*).



*Tipologie di pilastrì in mattoni a vista: (a) con mattoni a mezzaluna; (b) con mattoni a semicerchio; (c) con anima in c. a. gettato; (d) con putrella in acciaio annegata in un getto di calcestruzzo; (e) con tozzetti a rivestire una colonna in c.a.; (f) con mattoni curvi a mascherare un pilastrò in c. a.*

## Angoli e incroci

La risoluzione dell'angolo rappresenta uno dei problemi costruttivi e compositivi più delicati, specialmente se esso non è retto. Molte sono le soluzioni a disposizione: tutte, comunque, richiedono attenzione e cura sia nella fase progettuale che in quella esecutiva.

### Angoli retti

La regola principale da osservare nell'esecuzione degli angoli è quella del corretto ammassamento dei mattoni, semplice da realizzare (purché la muratura sia stata correttamente tracciata a secco prima di incominciare) nelle murature a una testa. Nelle murature a due o più teste, l'ammorsamento tra i mattoni dell'angolo deve essere accuratamente studiato in funzione del concatenamento adottato.

### Angoli acuti e ottusi

Se per realizzare gli angoli non retti non si adoperano pezzi speciali, ma si usano invece gli stessi mattoni della muratura corrente, l'angolo può essere eseguito in due modi:

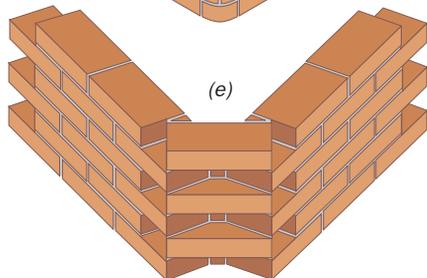
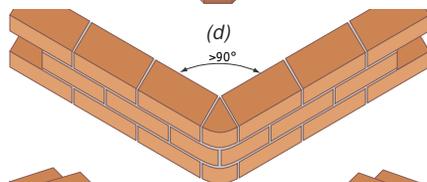
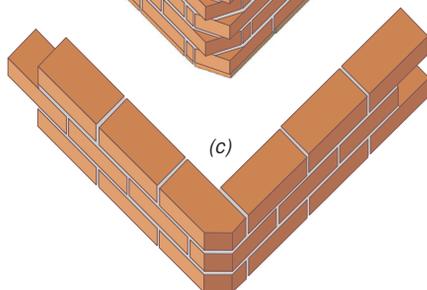
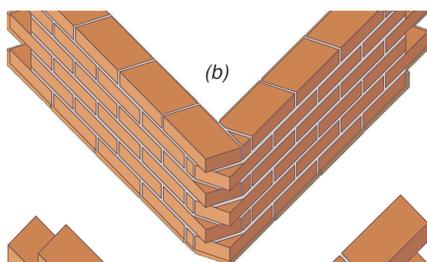
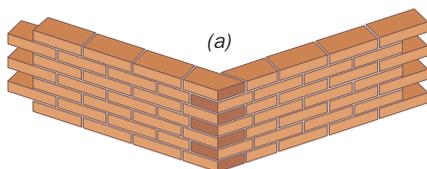
- tagliando i mattoni secondo la direzione dei due muri (a) in modo da ottenere una muratura piana, lasciando in vista le facce tagliate (soluzione sconsigliata per i mattoni in pasta molle);
- utilizzando mattoni interi con gli spigoli sporgenti o rientranti (b). Pur trattandosi di un particolare costruttivo tutt'altro che difficile, essendo esso molto visibile, occorre porre molta cura nella finitura dei giunti.

### Pezzi speciali

Il raccordo fra due pareti può anche essere risolto mediante l'impiego di mattoni speciali, sia di serie che appositamente prodotti (c,d). I mattoni "speciali" di serie vengono generalmente utilizzati per angoli retti, sia smussati che stondati.

### Angoli complessi

L'angolo può anche essere risolto disponendo un mattone intero sulla sua bisettrice, dividendolo così in due angoli ottusi (e). A corsi alterni occorrerà chiudere la muratura con tozzetti di mattone.

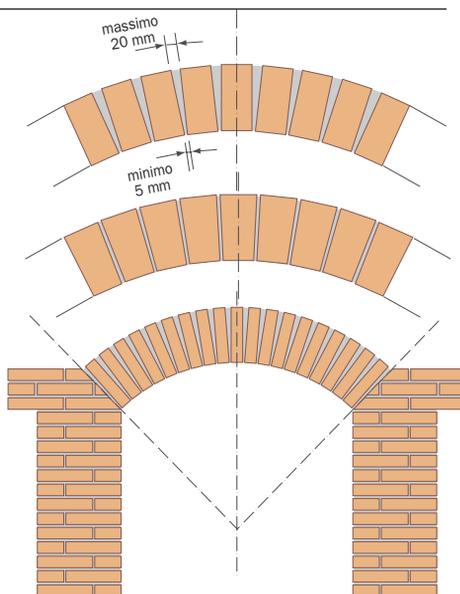


Diverse soluzioni di angoli "particolari".

## Archi e piattabande

L'arco è il grande tema dell'architettura in muratura portante. Sebbene oggi, grazie ai nuovi materiali (acciaio, c.a., ecc.), non sia più una soluzione inevitabile, lo si usa per dare gestualità al muro, per rapportarlo alla misura umana.

Gli archi si realizzano in genere con mattoni comuni. La curvatura è ottenuta creando dei giunti a forma di cuneo: maggiore è il raggio di curvatura, minore è la differenza di larghezza del giunto fra intradosso ed estradosso. La larghezza dei giunti è normalmente non inferiore a 5 mm nel punto più stretto e non superiore a 20 mm nel punto più largo.



### Costruzione di archi ribassati e piattabande

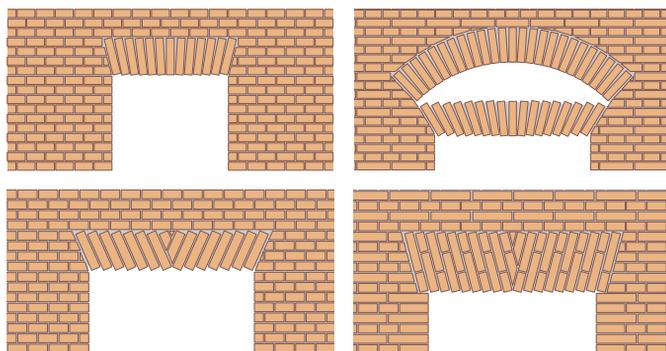
Per archi ribassati e piattabande è necessario, prima di iniziare la costruzione dell'arco, posare ulteriori corsi di muratura oltre la linea d'imposta per creare i piani d'imposta inclinati.

### Piattabande

I conci di una piattabanda sono disposti inclinati o a raggiera come quelli ad arco (e pertanto essa spinge sulle spalle); tuttavia l'intradosso della piattabanda è piatto come quello di un architrave.

La piattabanda non richiede la predisposi-

zione di una centina particolare ma semplicemente l'impiego di un robusto asse di legno come supporto provvisorio. La luce, normalmente, non supera il metro e mezzo e le configurazioni più usuali hanno un rapporto fra raggio e luce compreso tra 1 e 2.



*Piattabande alla romana: semplice e sgravata del peso superiore grazie a un arco di scarico o "sordino".*

*Piattabande alla francese: semplice e a tre teste con semi-incastro alle spalle.*

## Fasce marcapiano

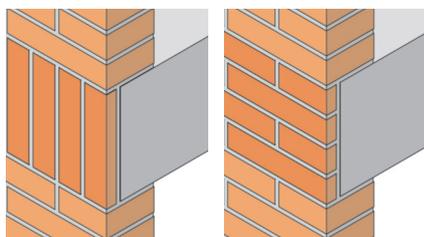
Vi sono svariati motivi, tecnologici e formali, per voler segnare un livello come “speciale”: per evidenziare la posizione del solaio (che si evidenzerebbe comunque da sola col tempo); per “marcare” alcune quote notevoli del prospetto (davanzali, architravi, ecc.); per il puro gusto di arricchire, o “misurare” il ritmo della facciata.

La caduta di resistenza termica in corrispondenza del solaio può provocare delle segnature, che diventano invece meno visibili se si adotta una fascia marcapiano di colore diverso, o con diversa disposizione dei mattoni. Le fasce marcapiano, marcadavanzale, ecc. possono essere eseguite in quattro modi:

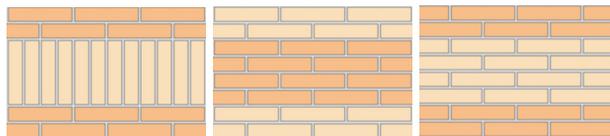
- cambiando la colorazione dei mattoni;
- variando la loro giacitura sul piano della facciata;
- facendoli sporgere o rientrare;
- adoperando mattoni di forma diversa o appositamente segati.

In questo caso, il listello deve essere tagliato “ad umido” (con abbondante acqua pulita) e

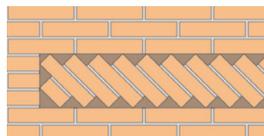
lavato bene per evitare che la polvere originatasi si depositi sulla superficie dello stesso, con possibili conseguenti variazioni di tonalità del colore e difficoltà di aggrappo (è comunque consigliabile richiedere listelli e angolari direttamente al produttore).



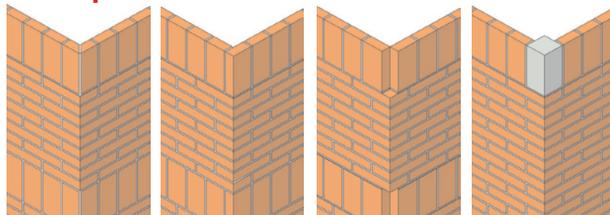
### Corsi di colore diverso



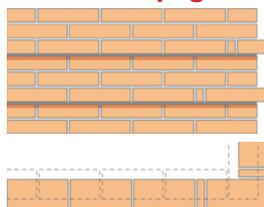
### Corsi a 45°



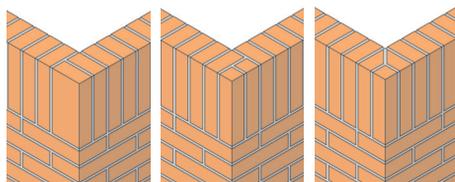
### Corsi di piatto



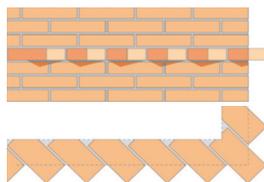
### Corsi di lista sporgenti



### Corsi di coltello



### Corsi a riseghe sporgenti

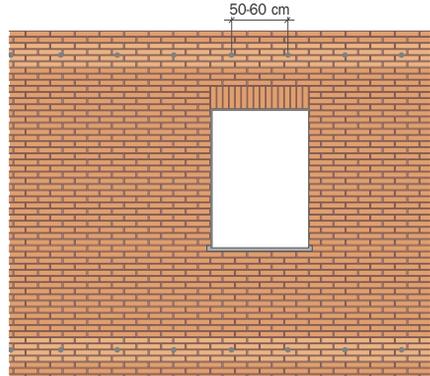


# Graffaggi

**Lo scopo dei graffaggi è quello di legare le due pareti di una muratura a doppio strato, in modo da creare un insieme più stabile e resistente, soprattutto all'azione del vento.**

Vi sono due modi fondamentali per graffare le murature: pochi graffaggi robusti in corrispondenza delle solette, oppure molti graffaggi sottili regolarmente distribuiti.

Il primo metodo è di più semplice realizzazione ma rende solo parzialmente solidali i due paramenti murari; il secondo, che lega molto bene i due strati della muratura, richiede tuttavia uno stretto coordinamento dimensionale fra le due pareti di mattoni ed una maggiore attenzione esecutiva.



Graffaggi in corrispondenza delle solette.

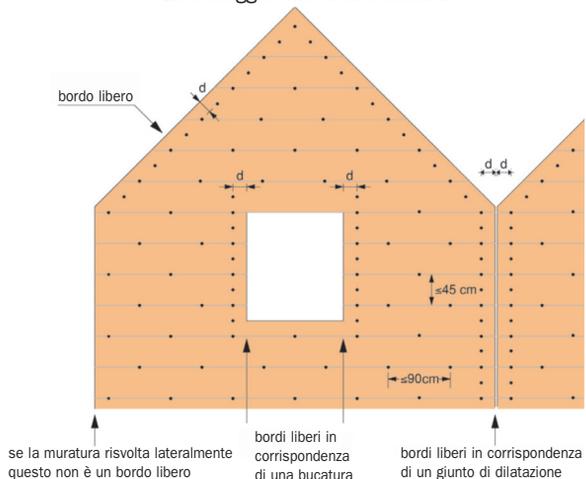
I graffaggi, detti anche grappe, clampe o staffe, sono normalmente in acciaio inox austenitico (18% cromo, 8% nichel) ma possono essere anche in acciaio zincato, in polipropilene o in lega, e sono disponibili in varie lunghezze.

In genere le graffe sono dotate di un dispositivo che impedisce il passaggio di umidità dallo strato esterno della muratura a quello interno: per esempio una rondella; a questa, inoltre, può essere affidato il compito di sostenere l'eventuale materassino isolante. In particolare, nella graffa elicoidale, la torsione di mezzo giro, oltre a fungere da gocciolatoio, consente anche dilatazioni differenziali dei due muri.

Se, come spesso è il caso, le due facce del muro vengono costruite in tempi diversi, si possono adoperare graffe con una estremità predisposta per l'uso di tasselli chimici o ad espansione.

Di più recente impiego è la tecnica di graffaggio con binari muniti di zanche da incassare nel getto di calcestruzzo: le graffe vengono inserite man mano che si costruisce il muro in mattoni *faccia a vista*.

Lo stesso tipo di binario può essere fissato ad una struttura in acciaio o in legno per solidarizzare maggiormente la muratura.



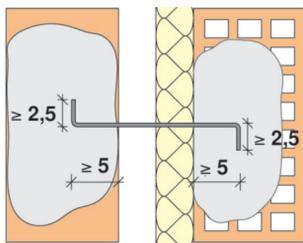
Graffaggi distribuiti in corrispondenza di aperture e bordi liberi.

## Graffaggi

### Modalità di inserimento delle graffe

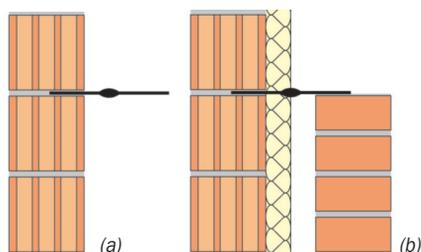
Le graffe vanno disposte su un letto di malta e quindi ricoperte ancora di malta. E' un errore posarle direttamente sul mattone e poi ricoprirle di malta o, peggio ancora, infilarle frontalmente in un giunto già realizzato.

(misure in cm)

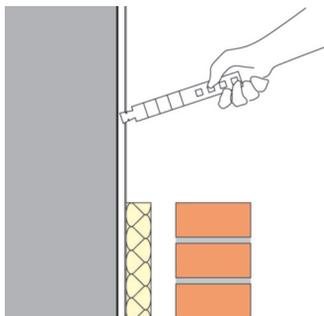


Le graffe vanno inserite prima nei giunti dello strato interno (a) e poi nei giunti di quello esterno (b): ciò richiede un attento coordinamento dimensionale tra le due murature, non sempre fattibile.

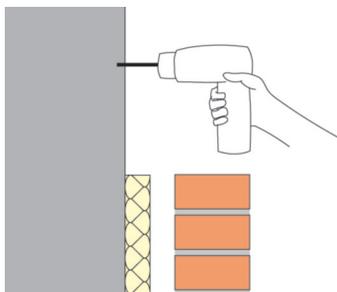
Le graffe, inserite nello strato interno prima della posa del rivestimento esterno, non vanno mai piegate verso l'alto.



Se lo strato interno é in calcestruzzo, le graffe possono essere inserite in un binario preventivamente annegato nel getto...

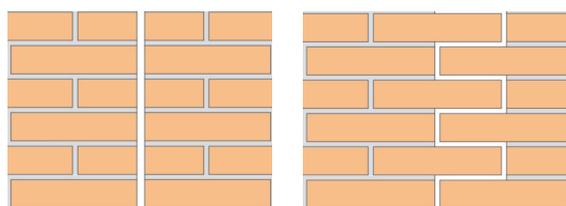
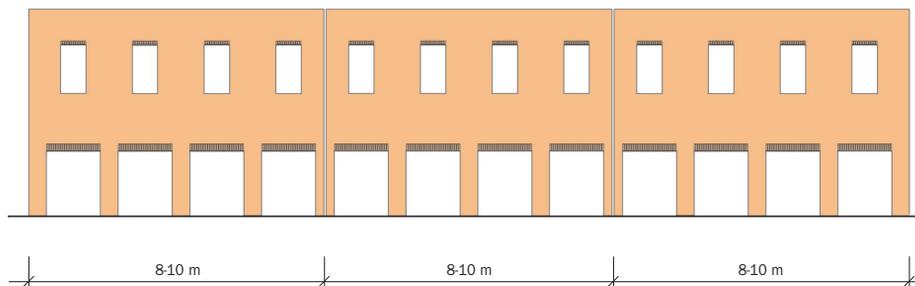


... oppure praticando dei fori sullo strato interno, in corrispondenza dei giunti del paramento esterno, all'interno dei quali verranno poi inserite graffe a tassello.



## Giunti di dilatazione

Per compensare le dilatazioni termiche a cui la struttura sarà inevitabilmente soggetta, le facciate in mattoni a vista vanno suddivise ogni 8-10 metri con un giunto verticale (nelle strutture in cemento armato, invece, i giunti sono spaziati di 35-50 metri).

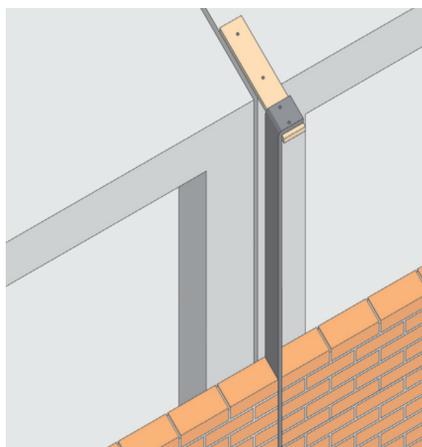


*I due fondamentali tipi di giunto di dilatazione verticale per le mura in mattoni faccia a vista: rettilineo e dentato. Entrambi vanno chiusi con del sigillante elastico.*

Durante la costruzione della muratura, per evitare che la malta, traboccando nel giunto di dilatazione, possa ostruirlo, esso deve essere protetto con un riempimento che può essere permanente (riempimento elastico comprimibile) o provvisorio (riempimento rigido).

### Riempimento elastico permanente

Una banda semirigida in polietilene a celle chiuse viene appesa verticalmente in sommità. Il muro viene poi costruito in parallelo sui due lati del giunto. La banda dovrebbe essere mantenuta arretrata di qualche millimetro rispetto al filo della facciata per permettere poi di sigillare il giunto, a posa ultimata, con un materiale cromaticamente omogeneo con la muratura.

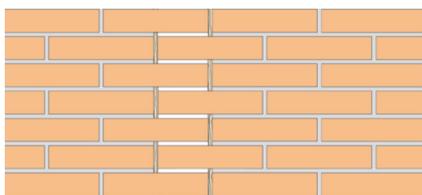
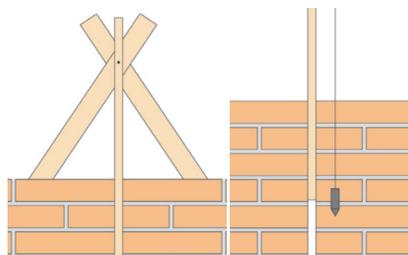


## Giunti di dilatazione

### Riempimento rigido provvisorio

Il giunto rettilineo viene "occupato" provvisoriamente con un'asse di legno mantenuta in posizione verticale con dei traversi. Mentre la costruzione procede, l'asse va sfilata gradualmente; il tratto di muro già costruito la sosterrà, senza bisogno di altri supporti. La verticalità va comunque controllata costantemente.

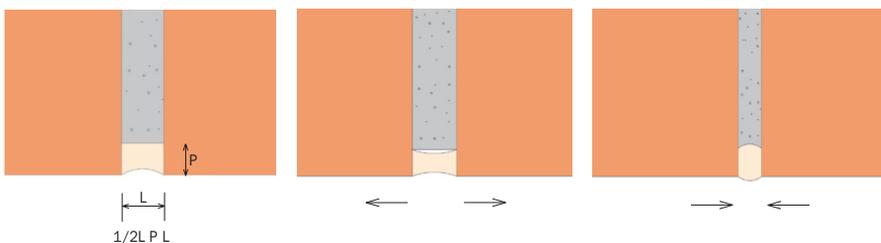
Nei giunti dentati, man mano che si costruisce il muro, vengono interposte delle tavolette, alte quanto un mattone più lo spessore di due giunti orizzontali, che evitano che la malta riempia gli spazi del giunto di dilatazione (devono restare vuoti sia i giunti verticali che quelli orizzontali). È bene che le tavolette sporgano dal muro, per poter poi essere facilmente rimosse.



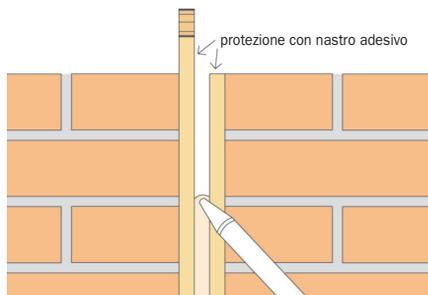
### Sigillanti

Una volta realizzato, il giunto di dilatazione va sigillato con un materiale elastico. Le pareti del giunto devono essere perfettamente pulite dai residui di malta.

Lo strato di materiale sigillante non dovrebbe essere troppo profondo, in modo che possa espandersi o contrarsi senza distaccarsi dalle pareti laterali.



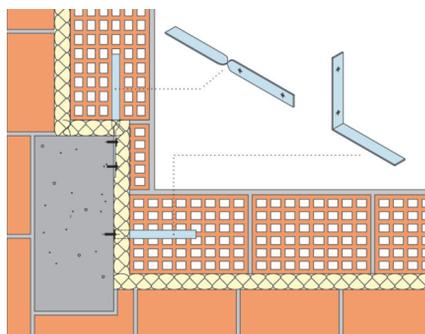
Quando si applica il sigillante, i mattoni ai lati del giunto devono essere protetti con del nastro adesivo: il sigillante, una volta polimerizzato, è molto difficile da rimuovere!



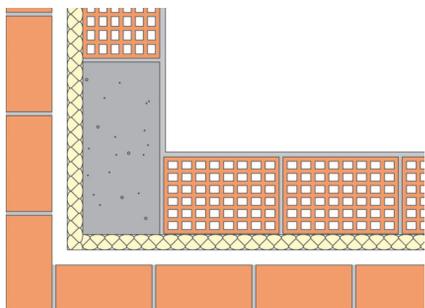
## Isolamento termico

Oltre ad essere correttamente progettati e costruiti, gli edifici devono offrire prestazioni in linea con le normative anche dal punto di vista dell'isolamento termico, e quindi del comfort interno. Il rivestimento in laterizio *faccia a vista*, costituendo uno strato aggiuntivo esterno al tamponamento, consente, attraverso la stratificazione e la specializzazione della muratura, di assicurare ottimi livelli di qualità abitativa.

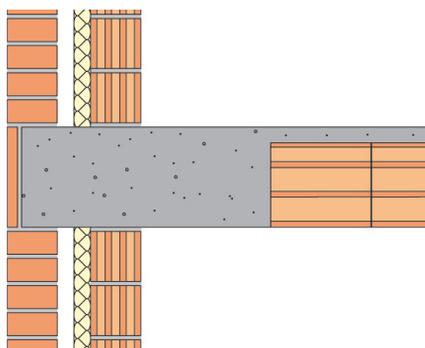
Nel caso di strutture intelaiate, l'eliminazione del ponte termico in corrispondenza dei pilastri può essere ottenuta mediante l'isolamento degli stessi sul lato interno...



.... ma senz'altro più efficace è la soluzione che prevede la posizione dell'isolante all'esterno dei pilastri e la presenza di un'intercapedine in grado di smaltire eventuale umidità e condensa.



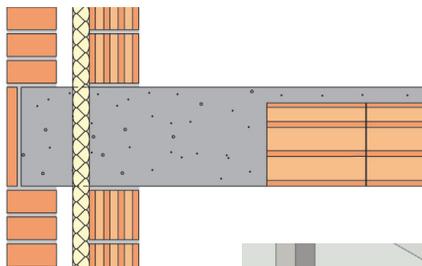
Interrompendo l'isolamento in corrispondenza della soletta, si ha la formazione di un significativo ponte termico. E' probabile che con il tempo il listello che nasconde la soletta, sottoposto ad un diverso regime termico rispetto al resto del muro, assuma una diversa e indesiderata colorazione; conviene quindi isolare anche la soletta con uno strato isolante: ad esempio, un foglio di fibre mineralizzate.



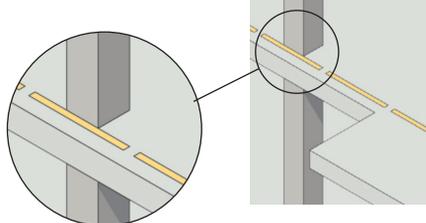
*L'eliminazione dei ponti termici consente di prevenire sprechi energetici e successive patologie.*

## Isolamento termico

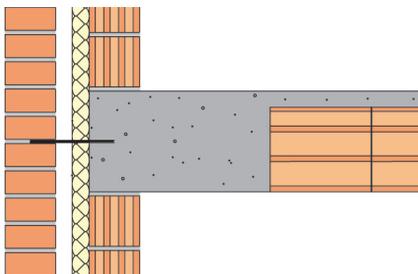
Il ponte termico può essere quasi completamente eliminato interrompendo la soletta con uno strato isolante...



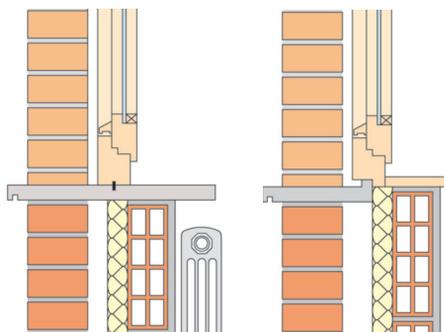
... per esempio, inserendo delle strisce di materiale coibente nel cassero prima del getto: il ponte termico, pur sostanzialmente ridotto, tuttavia permane nei punti di collegamento tra le due parti della soletta.



Per eliminare totalmente il ponte termico, occorre staccare completamente la muratura dalla struttura, ancorandola a questa mediante opportuni sistemi di aggancio metallici (graffaggi).



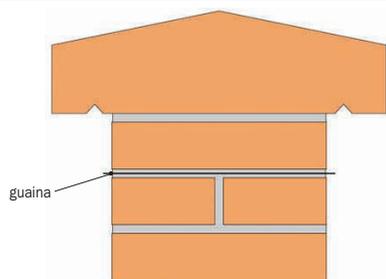
Il classico davanzale continuo in pietra costituisce un altro ponte termico, aggravato dal fatto che sotto la finestra, di solito, vengono posizionati i caloriferi.



Il ponte termico, in questo caso, può essere efficacemente eliminato interrompendo il davanzale esterno in corrispondenza dello strato isolante e collocando un contro-davanzale separato su lato interno.

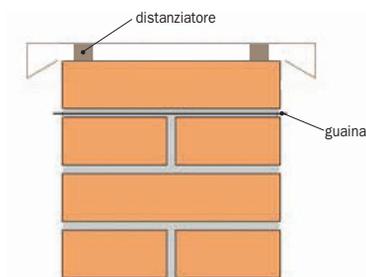
## Protezione dalla pioggia

Per evitare fastidiose efflorescenze dovute alla penetrazione dell'acqua meteorica sono pochi e semplici gli accorgimenti da adottare, che però vanno scrupolosamente eseguiti.

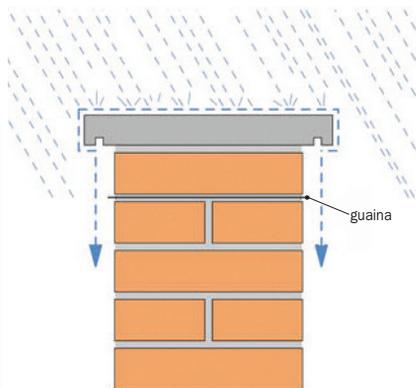


Copertina in laterizio

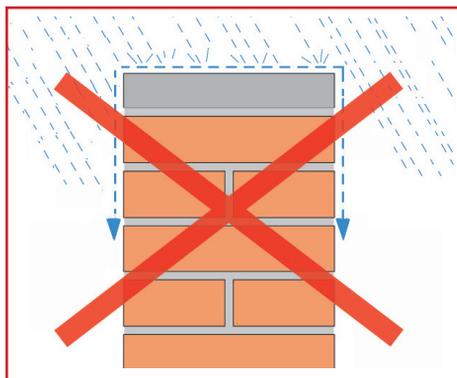
La copertina, con qualunque materiale venga fatta, deve essere sporgente e deve avere un comodo ed efficace gocciolatoio (è sconsigliato l'uso di mattoni estrusi).



Copertina metallica



Copertina in pietra



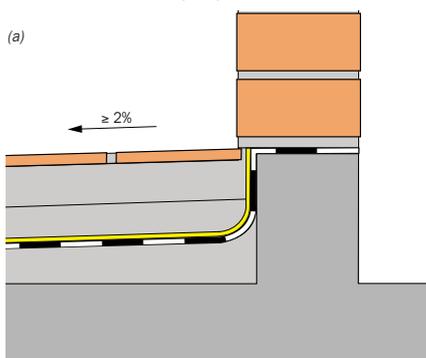
Una soluzione "a filo" può essere adottata soltanto quando si abbia la certezza che il muro sarà comunque riparato dalla pioggia, o quando il clima e l'orientamento lo consentano.

## Presenza di umidità

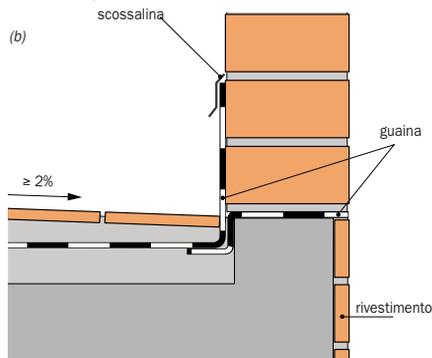
L'umidità non è in sé una patologia, ma può essere la causa di molti inconvenienti (efflorescenze, macchie, cedimenti, ecc.), che è bene prevenire. Un muro in mattoni ben progettato e ben eseguito non avrà mai un grado di umidità tale da generare delle patologie.

### Per evitare la risalita capillare

È necessario che alla base del muro la pavimentazione (a) abbia una pendenza in grado di allontanare l'acqua piovana.

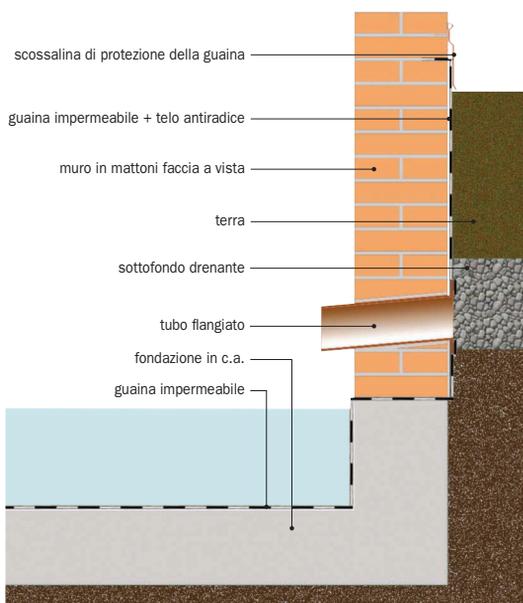


Nel caso di aggetti o sporgenze (b) in corrispondenza del parapetto, si consiglia di adottare una protezione alla base dello stesso.



### Corretta esecuzione di un muretto di contenimento con vasca di drenaggio

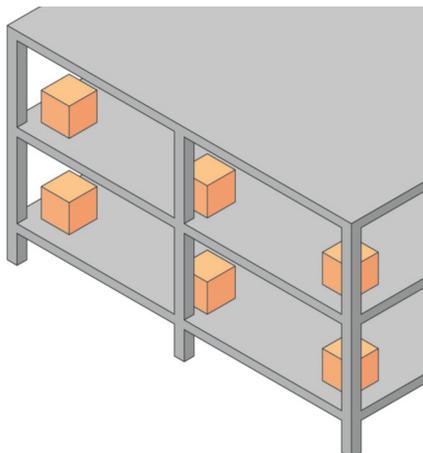
Per la vasca dovrà essere prevista una guaina impermeabile di rivestimento che prosegua verticalmente in modo da isolare il muro dal terreno. Il tubo per lo smaltimento dell'acqua di drenaggio dovrà sporgere quanto basta per evitare di bagnare la muratura.



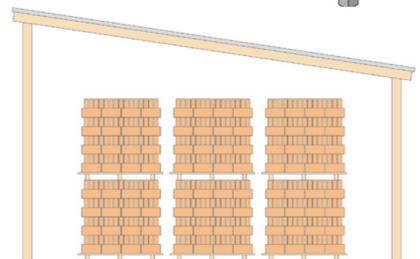
## Deposito e protezione dei materiali

**Proteggere i materiali in cantiere è un accorgimento semplice ed economico per favorire una corretta e spedita posa e ottenere un buon risultato finale.**

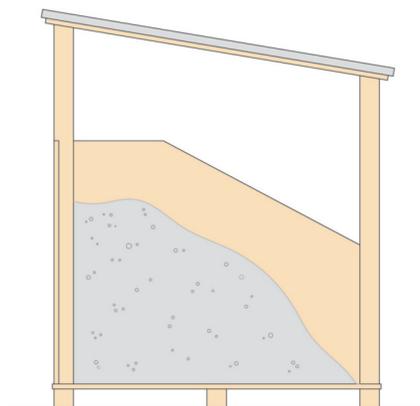
I mattoni vanno protetti dalla pioggia e dalla polvere del cantiere con una tettoia. In alternativa, è necessario almeno coprirli con un telo impermeabile. Essi devono essere depositati su una superficie piana ed asciutta, non a diretto contatto con il terreno lasciandoli, possibilmente, sui bancali sui quali vengono consegnati in cantiere. Se i mattoni vengono posti direttamente sui solai, è bene posizionarli vicino ai pilastri per non ingombrare il passaggio e per non sovraccaricare la soletta: un pacco di mattoni pieni pesa normalmente tra i 7 e i 9 quintali, mentre un pacco di mattoni semipieni pesa tra i 5 e i 6 quintali; è bene comunque consultare preventivamente lo strutturista.



I pacchi contengono normalmente 400-450 mattoni (un pò meno di un metro cubo). Poichè non vanno sovrapposti più di due pacchi, di solito è necessario disporre di almeno un metro quadrato di superficie ogni 8-900 mattoni.



Normalmente per eseguire una muratura *faccia a vista* si utilizzano sabbia e leganti diversi da quelli usati per gli altri lavori; essi vanno quindi tenuti separati dagli altri tipi di materiali e depositati su una base solida, pulita ed asciutta. Il luogo di deposito va anche protetto dalla pioggia, soprattutto se c'è il rischio di gelate.

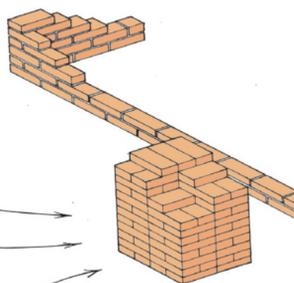
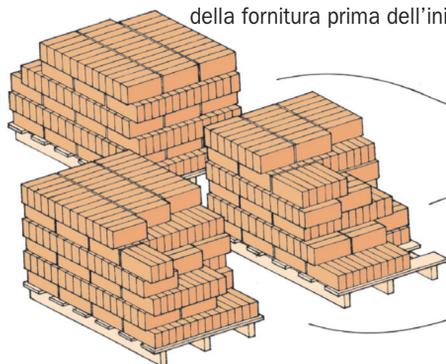


*Precauzioni per una corretta protezione e conservazione dei materiali in cantiere.*

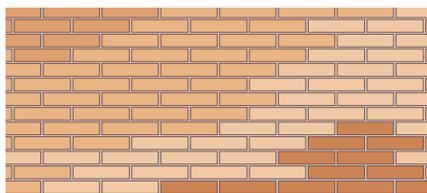
## Mescolatura dei mattoni

**Mattoni dello stesso lotto di produzione, ma tra loro leggermente diversi, possono, se raggruppati, creare inaccettabili macchie o strisce di colore, della cui entità purtroppo ci si accorge solo a lavoro finito, dopo la rimozione dei ponteggi.**

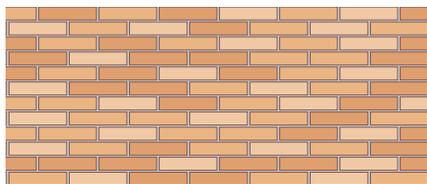
Dato che le inevitabili variazioni causate dalle materie prime e dalla cottura possono portare a diversità non solo nel colore ma anche nelle dimensioni, la mescolatura dei mattoni aiuta inoltre il posatore a mantenere una larghezza regolare dei giunti verticali durante l'esecuzione della muratura. Tuttavia la sola mescolatura in cantiere potrebbe non essere sufficiente per eliminare efficacemente le variazioni nel colore tra lotti consegnati a distanza di tempo: a questo inconveniente si può sopperire solo avvisando il produttore dell'entità complessiva della fornitura prima dell'inizio dei lavori.



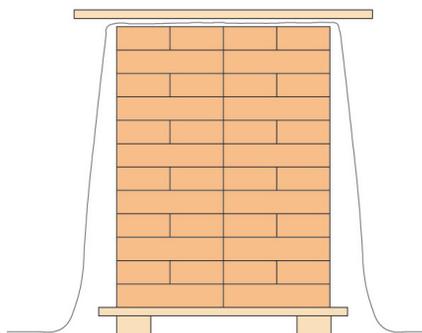
*I mattoni devono essere prelevati da almeno tre pacchi contemporaneamente, procedendo in verticale, partendo da uno spigolo, e non per strati orizzontali.*



*La posa di mattoni prelevati da un solo pacco può produrre una muratura a chiazze.*



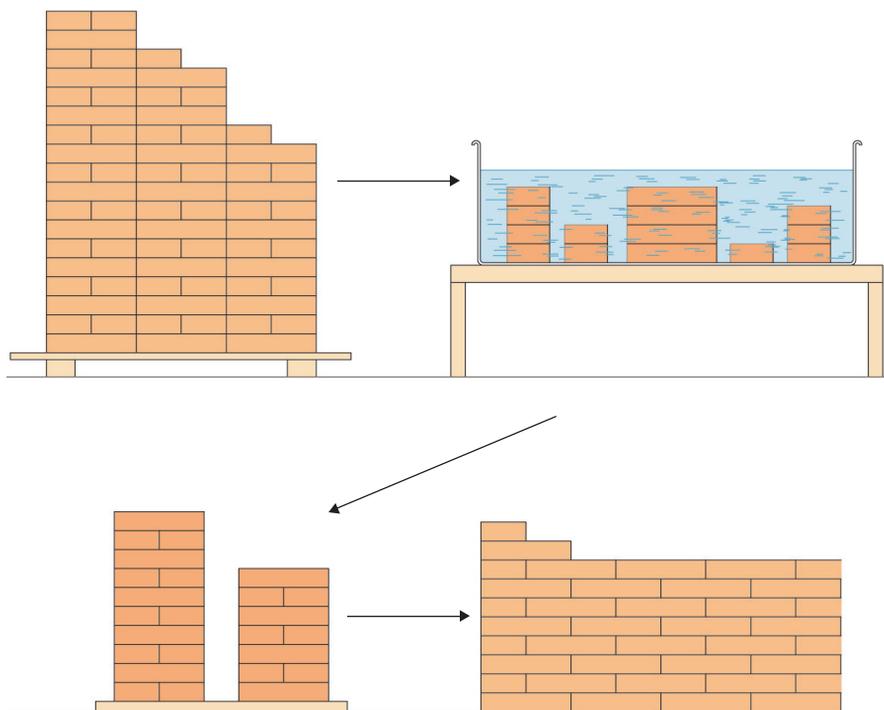
*Al contrario, una corretta mescolatura consente di realizzare una muratura in cui l'eventuale irregolarità cromatica risulti uniformemente distribuita.*



Le pile di mattoni vanno sempre tenute sollevate dal terreno o dal piano dei ponteggi, per evitare che i mattoni stessi si sporchino, e protette superiormente con tavole di legno e fogli di plastica.

## Bagnatura dei mattoni

I mattoni possiedono una struttura porosa che assorbe l'acqua d'impasto del legante. Questa caratteristica può portare alla "bruciatura" della malta, poiché le sottrae l'acqua necessaria per la presa idraulica, pregiudicandone le caratteristiche meccaniche. Il fenomeno può essere tanto più evidente quanto maggiori sono la porosità del mattone, la sua capacità d'assorbimento e la temperatura ambientale, e quanto minore è l'umidità relativa dell'aria. La posa dovrà pertanto essere diversa a seconda che avvenga in inverno o in estate. Per ovviare a questi inconvenienti, quando necessario, si bagnano i mattoni prima del loro impiego, con modalità diverse a seconda della loro capacità di assorbimento. In ogni caso, si sconsiglia la posa dei mattoni *faccia a vista* nei mesi più freddi, quando la temperatura possa scendere sotto lo 0°C. Da evitare assolutamente l'impiego di additivi antigelo nella malta.



Generalmente, i mattoni, siano essi ottenuti per estrusione, formati a mano o prodotti industrialmente in pasta molle, quando necessario, devono essere bagnati prima del loro impiego. L'acqua deve essere pulita e assolutamente priva di residui di calce, cemento o terriccio. I mattoni vanno manipolati con cura per evitare che, sbattendo l'uno contro l'altro, possano sbeccarsi. Chi immerge o toglie i mattoni dall'acqua deve avere le mani pulite (se avesse le mani sporche di cemento, questo finirebbe nell'acqua e da lì verrebbe assorbito dai mattoni).

## Bagnatura dei mattoni

Tipo di mattone	Assorbimento	Inverno	Estate
Mattoni estrusi ricavati da argille esenti da carbonati (mattoni normalmente rossi)	8-14%	Non necessitano di bagnatura	Innaffiatura con getto d'acqua sui pacchi privi della confezione d'imballo
Mattoni estrusi ricavati da argille carbonatiche (mattoni chiari)	14-20%	Di norma non necessitano di bagnatura, ma per sicurezza conviene fare una verifica con il muretto campione (pag. 26)	Innaffiatura con getto d'acqua sui pacchi privi della confezione d'imballo
Mattoni in pasta molle e formati a mano, a basso assorbimento (mattoni normalmente rossi)	13-17%	Innaffiatura con getto d'acqua sui pacchi privi della confezione d'imballo	Bagnatura per immersione
Mattoni in pasta molle ad alto assorbimento (mattoni normalmente chiari)	18-25%	Innaffiatura con getto	Bagnatura per immersione

*Modalità di bagnatura suggerite in funzione dei tipi di mattoni e del loro grado di assorbimento d'acqua.*

Nel caso di bagnatura per innaffiatura non uniforme, si possono creare inaspettate stonalizzazioni "a macchia" che rimarranno anche dopo l'asciugatura della muratura eseguita.

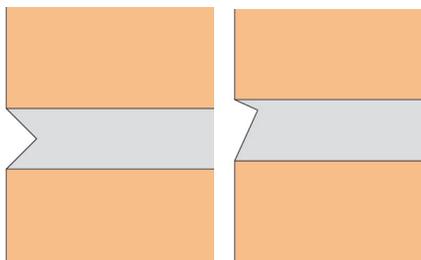
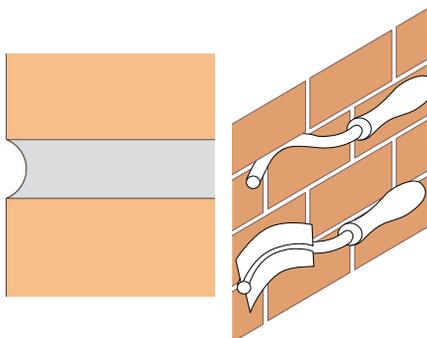
Nel caso di bagnatura per immersione, i mattoni vanno lasciati in acqua fino a quando non fuoriescono più bollicine d'aria (bagnatura a rifiuto). Tolti dall'acqua, i mattoni vanno accatastati vicino al posto di lavoro e lasciati sgocciolare per almeno un quarto d'ora. Se i mattoni bagnati a rifiuto venissero posti in opera immediatamente potrebbero provocare delle colature; inoltre il velo d'acqua che rimarrebbe fra malta e mattone potrebbe causare la mancata adesione fra le due superfici e ridurre la resistenza del giunto all'infiltrazione dell'acqua piovana.

## Giunti di posa

Lo spessore dei giunti è normalmente intorno ai 10 mm, che possono ridursi fino a 4-5 mm o aumentare fino a 20-25 mm: i giunti molto piccoli rendono molto impegnativa la realizzazione della muratura, che assume un aspetto compatto e uniforme; i giunti molto grossi favoriscono la velocità di esecuzione ma possono indebolire la muratura e renderla più vulnerabile alle intemperie. L'impiego di attrezzi per la stilatura dei giunti ha la funzione primaria, ancor prima che quella estetica, di compattare la malta dei giunti facendola aderire alla superficie dei mattoni.

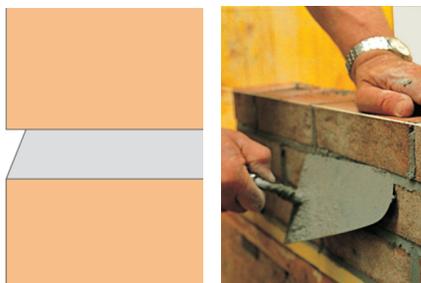
### Giunti a gola

L'attrezzo per eseguire questo tipo di giunto è facilmente realizzabile in cantiere piegando una barretta di ferro tondo liscio, di diametro leggermente inferiore allo spessore del giunto da eseguire; il ferro tondo può anche essere dotato di un manico ed eventualmente di alette (o penne) utili a mantenere costante la profondità del giunto.



### Giunti ad angolo, a sguincio, a spiovente o a scarpa

L'esecuzione di questo tipo di giunto richiede solo l'utilizzo della cazzuola, che va fatta scorrere con il bordo superiore contro l'intradosso del mattone soprastante, appoggiando la lama sullo spigolo del mattone sottostante, con un angolo fisso compreso fra i 45 e i 60 gradi.

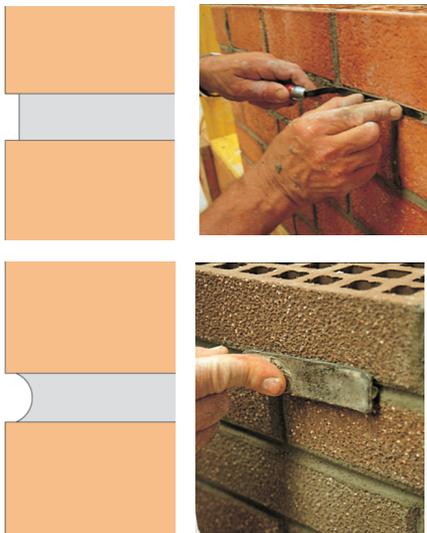


## Giunti di posa

### Giunti poco incavati

Attrezzi per l'esecuzione di giunti incavati di sezione rettangolare e stondata. Questo tipo di giunto sottolinea la regolarità del mattone ed è quindi particolarmente adatto per i mattoni estrusi, il cui bordo è perfettamente rettilineo.

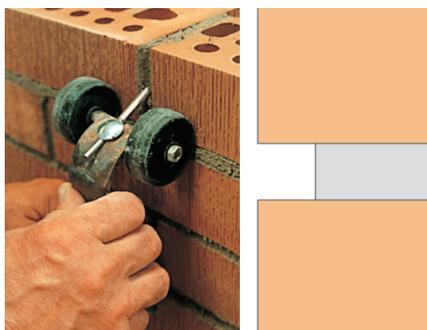
Quando si fa scorrere l'attrezzo, non bisogna premere troppo, per non rovinare la faccia in vista dei mattoni.



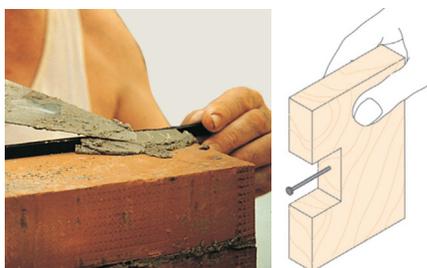
### Giunti incavati

Carrellino su cui è montata una barretta d'acciaio di sporgenza regolabile.

In alternativa al carrellino, si può posare una barretta quadrata di ferro lungo il bordo esterno del giunto, da rimuovere a posa ultimata. Essa viene fissata alla muratura con un po' di malta ogni 80-90 centimetri.



Un semplice legno con infisso un chiodo sporgente consente di "scavare" il giunto ancora fresco.



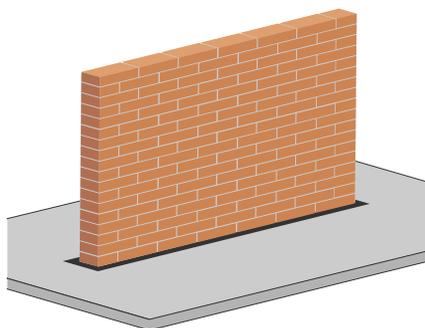
## Muretti campione

**Prima dell'inizio dei lavori di posa in opera è sempre opportuno realizzare in cantiere un muretto campione in modo da definire e verificare preventivamente le modalità esecutive, il risultato estetico previsto dal progetto, la qualità dei materiali da impiegare e il livello di precisione e cura richiesto al posatore.**

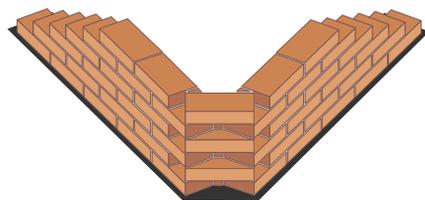
Un muretto campione deve essere realizzato con almeno 100 mattoni (quasi 2 metri quadrati), su un piano adeguato, e risultare esaminabile da una distanza di circa 3 metri e in buone condizioni di luce naturale.

I muretti campione si rivelano estremamente utili per:

- controllare la qualità e le caratteristiche dei materiali componenti le malte (quali la granulometria della sabbia e il tipo di legante), che devono essere specifici per il mattone *faccia a vista*, e quindi presumibilmente diversi da quelli normalmente utilizzati in cantiere: questa verifica anticipata darà modo all'impresa di approvvigionarsi dei materiali eventualmente mancanti evitando, a posa già avviata, la sospensione dei lavori, oppure, al contrario, di iniziare la costruzione del primo tratto di muratura con materiali non adeguati (per esempio una sabbia più grossa del previsto) per proseguirla poi con il materiale giusto, provocando delle variazioni di colore o di finitura nell'ambito dello stesso edificio;
- scegliere il tipo di giunto più adatto, nonché il colore della malta di allettamento;
- stabilire, per tutta la durata dei lavori, un campione di riferimento, approvato dal progettista, che l'impresa costruttrice potrà utilizzare come modello;

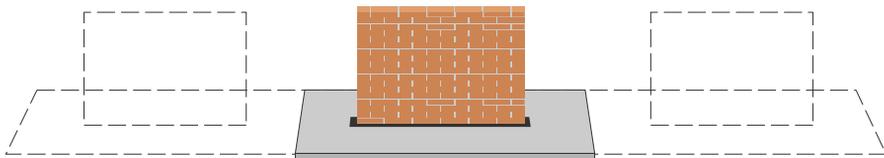


*Esempio di muretto campione.*



*Campione di una soluzione d'angolo con mattoni disposti a 45°.*

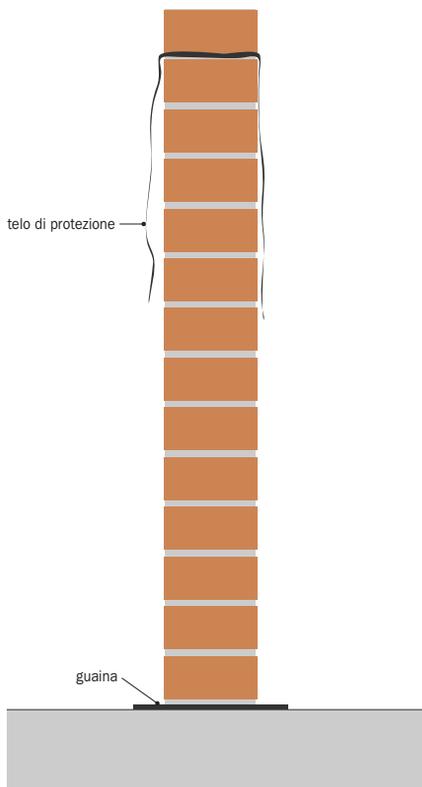
## Muretti campione



*Ulteriori muretti di verifica possono essere richiesti dal direttore dei lavori se dovessero insorgere delle contestazioni. Questi devono essere realizzati a fianco del primo muretto campione, nelle stesse condizioni di esposizione.*

- fissare un livello accettabile di difetti, quali piccole irregolarità di superficie, scheggiature, piccoli sassolini o particelle di calce (“calcinelli”), presenti nel mattone al momento della consegna in cantiere: queste valutazioni devono essere effettuate esaminando un’adeguata campionatura prelevata dal lotto consegnato;
- assicurare la regolarità e la continuità del lavoro anche nel caso di cambio delle maestranze.

E' necessario, anche in un piccolo cantiere, che il muretto campione venga eseguito almeno quindici giorni prima della data prevista per l'inizio della posa, in modo da dare eventualmente tempo all'impresa di attrezzarsi adeguatamente, nonché di rifare il muretto campione qualora il primo non venisse approvato. Se il muretto deve servire anche per scegliere il tipo di mattone da impiegare, esso va costruito almeno uno o due mesi prima dell'inizio della posa, in modo da lasciare tempo sufficiente per l'ordine e la consegna del materiale.



*Per evitare che il muretto campione possa deteriorarsi, esso va realizzato sopra una guaina impermeabile e protetto in sommità dalla pioggia.*

## La malta

**Il ruolo della malta in una muratura *faccia a vista* è importante non solo per la solidità della struttura ma anche per la sua tenuta all'acqua meteorica e per l'effetto cromatico risultante.**

La malta è una miscela composta in proporzioni variabili da legante, inerti ed acqua per ottenere un impasto plastico che ha la capacità di indurire in un tempo più o meno lungo a seconda della sostanza adoperata come legante. L'inerte ha il compito di aumentare il volume dell'impasto, di facilitare il passaggio dell'anidride carbonica necessaria per una buona presa (o indurimento) della malta e di impedirne il ritiro volumetrico con conseguente formazione di cavillature.

I leganti, per reazione chimica in presenza di acqua, provocano l'unione delle particelle di inerte altrimenti incoerenti. I leganti generalmente usati nella confezione delle malte sono calce aerea, calce idraulica, cemento.

Secondo i componenti utilizzati, le malte si possono classificare in:

- *malte aeree*: preparate con calce aerea
- *malte idrauliche*: preparate con calci eminentemente idrauliche
- *malte cementizie*: preparate con cementi
- *malte composte o bastarde*: preparate con due o più leganti.

E' conveniente utilizzare di preferenza malte di sola calce o bastarde, in genere più plastiche, di facile lavorazione, con una migliore

aderenza al laterizio e con minore attitudine alla formazione di efflorescenze.

Occorre fare sempre molta attenzione all'impiego di cementi con costituenti secondari che possono provocare indesiderati fenomeni di efflorescenza. Per opere normali vengono consigliati i seguenti dosaggi:

- malta bastarda: da 150 a 175 kg di cemento e da 175 a 275 kg di calce idraulica per metro cubo di inerte asciutto, ovvero una parte di cemento, una parte e mezza di calce, sei parti di inerte;
- malta di calce: da 400 a 450 kg di calce idraulica per metro cubo di inerte asciutto, ovvero due parti di calce per cinque parti di inerte.

Vanno comunque rispettate le normative in materia emesse dagli organismi competenti. Come inerte si usa generalmente la sabbia silicea, che deve essere pulita, non contenente sostanze argillose e presentare una granulometria compresa tra 0,1 e 3,15 mm (in gergo di cantiere sabbia 0/3). Al posto della sabbia, in diverse zone d'Italia, viene utilizzata la pozzolana che, soprattutto nella malta di calce, assicura delle prestazioni di elevata qualità, conferendo, inoltre, all'impasto l'"idraulicità" e cioè la capacità di fare presa anche in immersione.

L'acqua di impasto deve essere pura, limpida, esente da sostanze estranee (sali solubili, sostanze organiche, sostanze grasse). E' necessario preparare, di volta in volta, la quantità di malta utilizzabile in un arco di tempo di due ore circa, cioè prima dell'inizio del fenomeno di presa.

I produttori di laterizi *faccia a vista* forniscono comunque delle malte appositamente studiate per i loro prodotti: il loro uso eviterà molti problemi.



Sabbie di diverse granulometrie.

## Normativa di riferimento

**Nel capitolato di appalto, oltre alle principali prescrizioni esecutive essenziali per la buona riuscita dell'opera, dovrebbero essere sempre indicati i requisiti richiesti per i materiali, tenendo conto che, in accordo con il Regolamento (UE) 305/2011, tutti gli elementi faccia a vista dovrebbero essere marcati CE dal produttore secondo quanto stabilito dalla specifica normativa UNI EN 771-1.**

Il regolamento (UE) 305/2011 che sostituisce la Direttiva europea 89/106/CE, sui "prodotti da costruzione" prevede che le opere realizzate rispondano a determinati requisiti "essenziali", garantendo così sicurezza e comfort agli utenti. Per rispondere a tali esigenze, i prodotti debbono a loro volta assicurare determinate caratteristiche prestazionali che il prodotto deve comunicare al mercato in modo inequivocabile.

Per quanto concerne gli elementi in laterizio *faccia a vista*, tali requisiti sono riportati all'interno di una normativa (UNI EN 771-1, "Specifiche per elementi per muratura. Elementi per muratura di laterizio") divenuta obbligatoria a partire dal 1° aprile 2006, sostituendo integralmente la precedente UNI 8942, che è stata pertanto ritirata.

La norma UNI EN 771-1 prevede che il produttore:

- esegua su tutti i prodotti le verifiche delle caratteristiche considerate, utilizzando le nuove metodiche di prova contenute nella serie UNI EN 772;
- dichiarare al mercato la conformità dei suoi prodotti alla norma, accompagnando ogni fornitura con una apposita scheda (cartiglio) all'interno del quale, oltre alle caratteristiche specifiche, siano precisati la destinazione d'uso del materiale commercializzato e l'eventuale identificazione del

- l'organismo di "parte terza" che ha certificato il sistema di controllo in fabbrica;
- organizzarsi presso lo stabilimento di produzione un sistema di controllo del processo produttivo, secondo procedure, frequenze dei prelievi e campionature definite, certificato o meno (in funzione della destinazione d'uso e delle caratteristiche peculiari) da

un organismo esterno abilitato.

Il rispetto della normativa UNI EN 771-1 e la garanzia di un controllo sistematico presso l'unità di produzione consentono di contrassegnare i prodotti (in accordo con gli obblighi di legge) con il marchio CE.

Quest'ultimo può essere stampigliato direttamente sul materiale, o sull'imballo, o sui documenti che accompagnano le merci nel loro percorso verso il mercato.



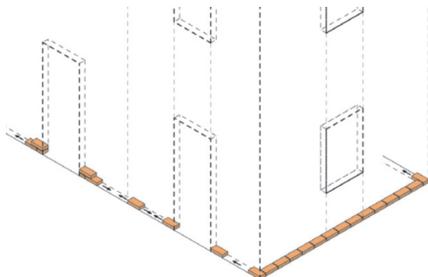
<b>Resistenza meccanica e stabilità</b>
<b>Sicurezza in caso di incendio</b>
<b>Igiene, salute ed ambiente</b>
<b>Sicurezza di utilizzazione</b>
<b>Protezione contro il rumore</b>
<b>Risparmio energetico ed isolamento termico</b>
<b>Uso sostenibile delle risorse</b>

*Requisiti essenziali dei prodotti secondo il Regolamento (UE) 305/2011*

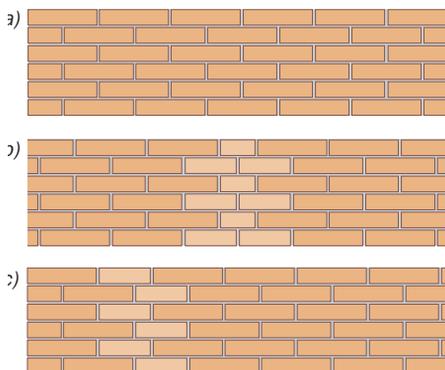
## Modularità e verifica a secco

**Prima di iniziare la posa in opera è necessario verificare, mediante una prova a secco, se la posizione di porte, finestre e spigoli coincida con il normale passo della muratura. Se così non fosse, sarà necessario adattare la larghezza dei giunti di malta, oppure procedere al taglio di alcuni mattoni.**

In una muratura di mattoni *faccia a vista* è importante che le campiture murarie siano armoniose e regolari. Le bucatore delle porte e delle finestre, in particolare, devono apparire perfettamente inserite nella tessitura muraria e non casualmente ritagliate all'interno di una maglia regolare. Normalmente è possibile effettuare piccoli aggiustamenti della posizione delle bucatore in funzione della tessitura muraria. Se la misura e la posizione delle finestre non possono essere modificate nemmeno di pochi centimetri, è la tessitura muraria che si deve adattare a questi vincoli di progetto senza rendere evidente l'avvenuto aggiustamento.

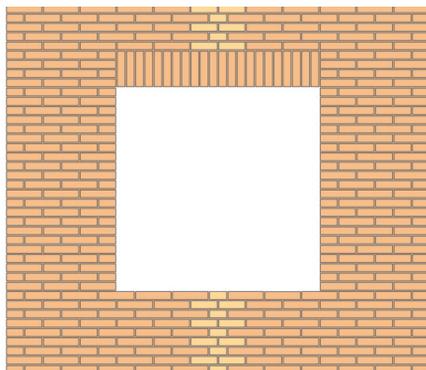


*La prova a secco dei mattoni prima di iniziare la posa permette di controllare se siano necessari tagli dei mattoni, aggiustamenti dei giunti o della posizione delle bucatore.*



*Esempio di muro correttamente dimensionato secondo il passo del mattone usato (a). Per costruire la muratura non è necessario tagliare alcun mattone (se si sono ordinate le "mezze" per le estremità).*

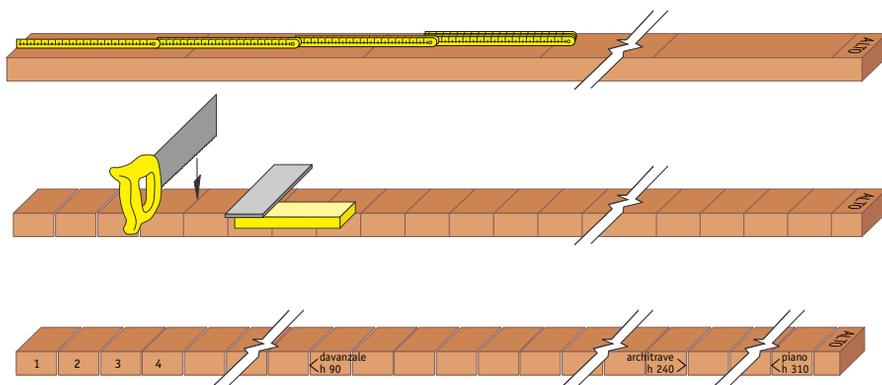
*L'aggiustamento a misura può essere fatto tagliando i mattoni nella parte centrale del muro (b), oppure quelli posti appena prima delle estremità (c).*



*Per ottenere delle spallette simmetriche è possibile eseguire un aggiustamento inserendo un mezzo mattone nei corsi dispari e una coppia di "tre quarti" nei corsi pari. Questa "irregolarità" verrà uniformemente ripetuta dalla base fino alla sommità della muratura.*

## Aste graduate e fili di riferimento

In una muratura correttamente eseguita, i corsi devono essere ugualmente spazati e perfettamente orizzontali; i giunti verticali devono risultare allineati per tutto lo sviluppo del muro. Per ottenere questo risultato, è necessario utilizzare aste graduate per controllare il passo dei corsi in verticale, fili orizzontali di riferimento per mantenere il livello di ogni corso e fili verticali per verificare l'allineamento dei giunti.



### Aste graduate

Il limitato spessore del mattone consente normalmente di raggiungere con precisione qualsiasi altezza prevista dal progetto, operando lievi e impercettibili aggiustamenti sullo spessore del giunto orizzontale di malta.

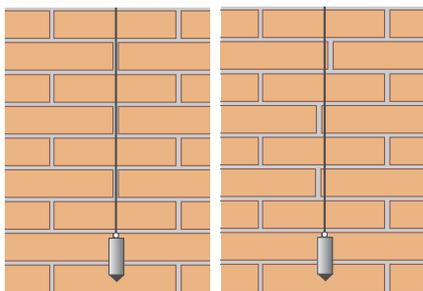
All'inizio dei lavori di posa occorre calcolare con quanti corsi devono essere raggiunte le quote di progetto. Una volta stabilito con esattezza il passo verticale, ciascun posatore, con l'aiuto di aste opportunamente graduate, deve lavorare come parte di una squadra, coordinando il proprio lavoro con quello degli altri.

*La corretta e costante esecuzione dei giunti orizzontali richiede la predisposizione di aste graduate, che devono essere attentamente custodite, attraverso le quali regolare lo spessore dei giunti per ciascun livello del muro.*

### Fili verticali

Anche i giunti verticali devono essere ben allineati sulla perpendicolare: sarà necessario tendere dei fili in corrispondenza di ogni spigolo e anche a intervalli regolari di 4-5 mattoni.

L'esatto allineamento dei giunti verticali deve essere periodicamente verificato con il filo a piombo.



*Il mancato uso dei fili verticali di riferimento può compromettere seriamente il risultato finale.*

## Protezione della muratura

**Fino alla fine dei lavori, la muratura *faccia a vista* va protetta con cura dagli agenti atmosferici, dalle colature di calce e da urti e abrasioni. Semplici attenzioni in corso d'opera evitano inconvenienti poi difficili da rimuovere.**

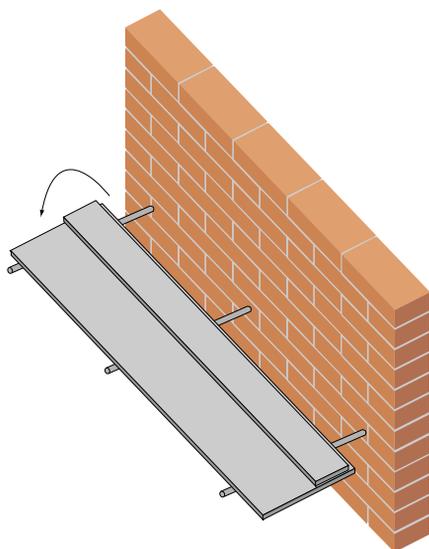
In attesa della posa delle copertine (che avviene di regola dopo che i posatori hanno completato il loro lavoro), la sommità della muratura deve essere protetta dalle intemperie, utilizzando, ad esempio, dei teli in plastica.

La malta e la polvere che si depositano sulle impalcature vanno regolarmente rimosse per evitare che, trascinate dalla pioggia, possano schizzare la muratura. Se i ponteggi sono costruiti con assi di legno, in caso di pioggia può risultare sufficiente rivoltare le tavole.

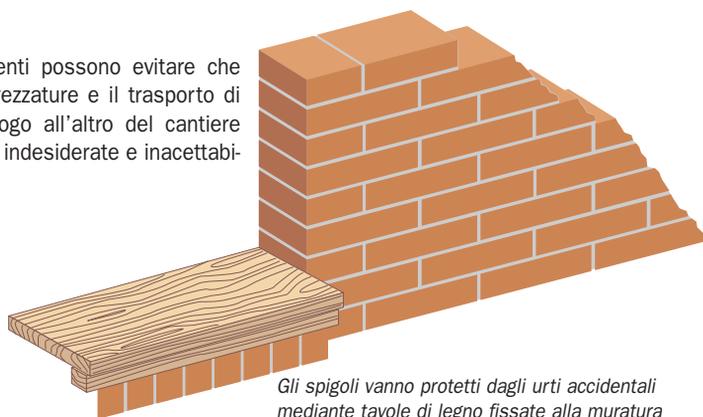
È importante che flussi d'acqua legati ad operazioni di cantiere (ad esempio, getto della soletta e sua idratazione nella fase di presa) vengano rigorosamente allontanati dalla muratura.

Un tubo provvisorio può fungere da doccia, impedendo che l'acqua di cantiere venga a contatto con la facciata, in attesa dell'ultimazione dei lavori e dell'installazione definitiva del pluviale.

Semplici accorgimenti possono evitare che il passaggio di attrezzature e il trasporto di materiali da un luogo all'altro del cantiere possano provocare indesiderate e inaccettabili "sbeccature".



*Le tavole dei ponteggi devono essere girate a fine giornata e in caso di pioggia.*



*Gli spigoli vanno protetti dagli urti accidentali mediante tavole di legno fissate alla muratura con chiodi infissi nei giunti di malta o mediante "molle" in ferro.*

## Pulizia finale

**La muratura va pulita mano a mano che la si realizza intervenendo sugli schizzi di malta ancora freschi. Può capitare, tuttavia, di dover rimuovere vecchie tracce di malta indurita, colature di calce o efflorescenze non solubili in acqua. Questi interventi vanno eseguiti con attenzione da posatori esperti, con prodotti appropriati, evitando di danneggiare la muratura e le altre opere al di sotto o all'intorno della muratura stessa.**

La soluzione di acido tamponato (detergente acido a bassa aggressività) da usare per la rimozione di macchie e schizzi di malta indurita, è autorizzato dalle ASL in base alla normativa vigente riguardante l'uso e lo smaltimento di prodotti tossici.

Prima di applicare la soluzione, si deve bagnare bene la muratura, per evitare che l'acido possa essere assorbito e quindi possa intaccare i giunti di malta. Bisogna procedere dal basso verso l'alto, per rimuovere man mano che si sale la polvere e altri depositi, ed evitare che questi, trasportati dall'acqua, vengano assorbiti dai corsi sottostanti.

Chi effettua la pulizia deve proteggersi indossando occhiali e guanti di gomma.

Dopo aver bagnato a rifiuto la muratura si applica con un pennello la soluzione acidula sull'incrostazione da rimuovere.

Si lascia agire qualche minuto la soluzione e poi si interviene con una spazzola di saggina (mai di metallo, per evitare di graffiare i mattoni) fino a quando l'incrostazione non sia stata rimossa. A questo punto la superficie va abbondantemente risciacquata con acqua pulita, da convogliare lontano da superfici e materiali che possano essere danneggiati dall'acido (da evitare lo scarico in fognatura).

Nel caso di macchie persistenti, l'operazione può essere ripetuta con una seconda applicazione, senza esagerare però con la spazzolatura per non rovinare la superficie della muratura.



*Esempio di schizzo di malta indurito che può essere rimosso con una soluzione di acido tamponato.*

## Le efflorescenze

**L'apparizione di macchie biancastre, più o meno estese, sulla superficie è tipica nella fase di realizzazione di una muratura in laterizio *faccia a vista*: l'inconveniente però è destinato quasi sempre a scomparire naturalmente con le prime piogge.**

Qualora si manifestino delle efflorescenze sulla muratura, si possono eseguire alcune semplici verifiche preliminari:

- l'aderenza dell'efflorescenza ai mattoni;
- la solubilità della sostanza in acqua e, in caso negativo, nell'acido cloridrico (acido muriatico in commercio);
- il sapore, se salato, amaro o insipido;
- la reattività chimica con acido cloridrico (effervescenza o meno).

A titolo indicativo, si possono elencare i seguenti casi, con le rispettive modalità di intervento:

- **solfato di calcio**, quando l'efflorescenza è molto aderente, insolubile in acqua, senza sapore ed effervescente a contatto con acido cloridrico; viene di norma tolto mediante lavaggio con soluzione di acido tamponato e successivo abbondante risciacquo;

- **solfato alcalino** (di sodio o potassio), è polverulenta, con aghi cristallini, ramificata, molto solubile in acqua e di sapore salato: se in piccola quantità, sparisce col tempo; può essere tolta a secco con una spazzola di saggina e successivo lavaggio;
- **solfato di magnesio**, stesse caratteristiche di quella precedente ma con sapore amaro: sparisce col tempo se presente in piccola quantità; occorre invece ricorrere ad uno specialista se essa è molto marcata;
- **carbonato di calcio**, velo piuttosto leggero ma consistente, insolubile all'acqua, insapore, forte effervescenza in presenza di acido cloridrico: si toglie mediante lavaggio con acido tamponato e successivo risciacquo con acqua pura; in alcuni casi è sufficiente una accurata spazzolatura a muratura perfettamente asciutta. L'eventuale uso di soluzioni alternative va preventivamente "testato" su una porzione ridotta di muratura.

Tipo di efflorescenza	Origine
<b>Solfati / cloruri alcalini (di sodio e potassio)</b> • biancastra e polverulenta, salata, solubile in acqua	– reazione tra malta e laterizio, laterizio, cemento/calce della malta, additivi della malta (fluidificanti, ritardanti, antigelo, ecc.), acqua d'impasto impura, sabbia marina mal lavata, canna fumarica mal isolata (composti di zolfo nei fumi evacuati), materiale immagazzinato a contatto con il terreno, acqua di risalita, acido usato per pulire il muro
<b>Solfato di magnesio</b> • biancastra e polverulenta, amara, solubile in acqua	– laterizio, malta, additivi
<b>Solfato di calcio</b> • biancastra aderente, insipido	– laterizio, cemento/calce della malta, acqua d'impasto impura
<b>Carbonato di calcio</b> • velo leggero consistente, biancastro, insolubile in acqua, effervescente in acido cloridrico, insipido	– laterizio (è rilevabile prima della posa), cemento/calce della malta, polvere di marmo aggiunta alla malta per aumentarne la brillantezza, acqua particolarmente dura
<b>Solfato di ferro</b> • si presenta nei giunti, oleosa, rossastra	– laterizio

## La muratura finita

**Una muratura in laterizio *faccia a vista* non necessita di ulteriori trattamenti; anzi, l'invecchiamento le donerà un migliore equilibrio estetico.**

La muratura ben progettata e bene eseguita, con appropriati materiali (mattoni e malte), non presenterà mai problemi nè richiederà opere di manutenzione.

In alcuni casi vengono talvolta effettuati sulla parete finita dei trattamenti con sostanze incolori, impermeabilizzanti o idrorepellenti: ad esempio per impedire o rimuovere scritte o disegni improvvisati.

La maggior parte di queste sostanze agisce come idrorepellente ma, nelle quantità normalmente impiegate, non riesce ad oltrepassare, né a riempire le fratture capillari o gli spazi lasciati da un incompleto riempimento dei giunti, che sono la causa principale di penetrazione dell'acqua.

L'applicazione indiscriminata di sostanze idrorepellenti o di altre aventi finalità similari su una muratura, dopo la posa in opera, può essere più dannosa che utile.

Infatti, tali sostanze non possono comunque impedire infiltrazioni di acqua attraverso le fessure dei giunti mal costipati o eseguiti con malte aventi ritiri troppo elevati.

Inoltre, tali sostanze possono addirittura accelerare la delaminazione della parte a vista trattata se dovesse perdurare nel

tempo una risalita anomala di acqua dalla fondazione o una migrazione trasversale di acqua proveniente, ad esempio, da un terreno agricolo non sufficientemente protetto.

Con queste situazioni, la presenza di uno strato impermeabile all'acqua dall'esterno, pur garantendo la traspirabilità del muro, potrebbe indurre un doppio, negativo risultato:

- danneggiare la superficie a vista, in quanto i sali solubili disciolti nell'acqua, impediti ad emergere all'esterno e bloccati dal trattamento, esercitano una pressione tale da portare alla irrecuperabile delaminazione dei mattoni;
- rendere più vulnerabile la muratura agli effetti del gelo, data la concentrazione dei sali all'interno della muratura stessa.

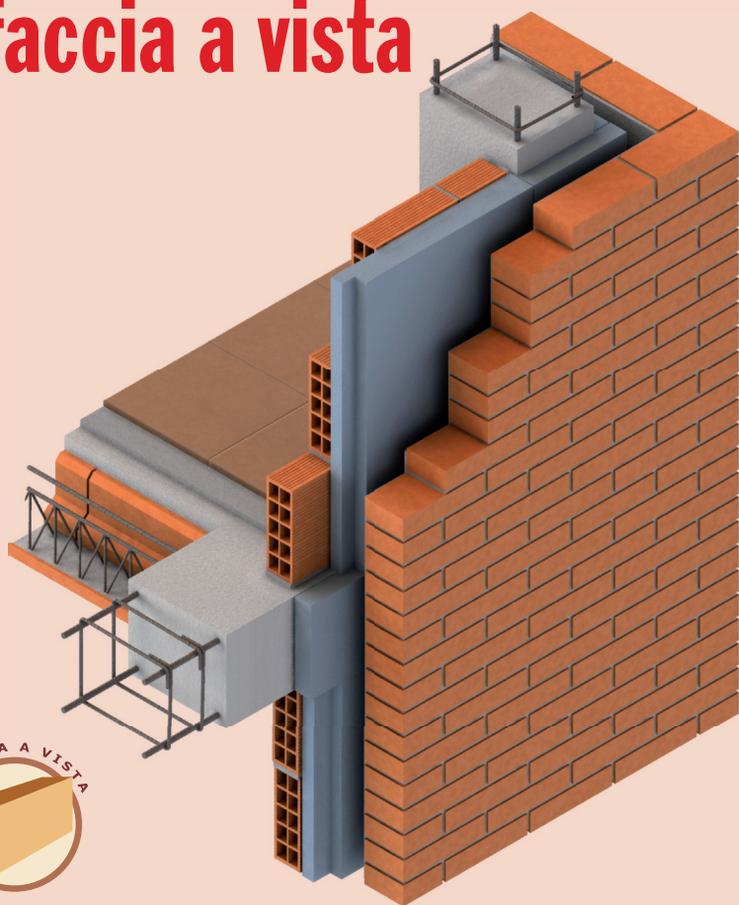
Questi trattamenti hanno, infine, una durata limitata nel tempo a causa della loro sensibilità ai raggi ultravioletti del sole.

In ogni caso, prima di qualsiasi intervento, è opportuno interpellare il produttore per eventuali suggerimenti e precauzioni da adottare, soprattutto se si tratta di muretti o opere non protette.



*Una muratura ben eseguita e una pulizia finale accurata sono sufficienti per garantire un risultato estetico e prestazioni nel tempo in linea con le aspettative.*

# Prestazioni termiche e acustiche di soluzioni di involucro in laterizio **faccia a vista**



### Premessa

Il mattone faccia a vista riveste un ruolo di rilievo nel progetto di architettura contemporaneo. Si tratta di un'antica tradizione investita da una intensa evoluzione tipologica e prestazionale: alle soluzioni tecniche tipiche, messe in opera a umido, si affiancano oggi quelle evolute con tavelle in "cotto" assemblate a secco su montanti metallici a formare una facciata ventilata. L'ampia gamma di soluzioni possibili è chiamata a soddisfare numerosi requisiti normativi, tra i quali oggi assumono un ruolo assai significativo l'isolamento termico e la protezione acustica.

#### **Isolamento termico**

Con l'entrata in vigore del D.Lgs. 192/05 e s.m.i. (D.Lgs. 311/06 e D.P.R. 59/09), concernenti il recepimento della Direttiva europea sul tema del risparmio energetico e del contenimento delle dispersioni termiche, si affacciano sul mercato sistemi di involucro caratterizzati da alti valori di resistenza termica, grazie all'impiego di elevati spessori di materiali isolanti; al contempo, le soluzioni di involucro massive, per essere termicamente conformi alla normativa, devono proporsi con spessori maggiori rispetto al passato, con ricadute sulla progettazione esecutiva e sulla fase di messa in opera. A tale riguardo, sono state introdotte disposizioni a livello comunale, regionale e, di recente, anche nazionale, inerenti a parametri e indici edilizi, volte allo scomputo degli extraspessori di chiusure verticali e orizzontali, come forma di incentivo per migliori *performance* energetiche degli edifici: soluzioni di involucro con buone prestazioni in inverno e in estate implicano maggiori spessori, a scapito di minor superficie utile. Proprio per questo, allo scopo di promuovere soluzioni più efficienti ed affidabili, è consentito considerare, nel calcolo dei volumi e delle superfici, solo parte dello spessore dell'involucro.

Il ricorso a soluzioni di frontiera con una massa consistente permette di raggiungere idonei valori di trasmittanza, riducendo i consumi energetici per la climatizzazione degli ambienti interni, ma con un valore aggiunto: il comfort termico abitativo, grazie alla massa volumica dei materiali, in grado di svolgere una vera e propria funzione di regolatore delle oscillazioni di temperatura tra esterno e interno nell'arco della giornata. La capacità dei materiali di un involucro di trattenere il calore e di rilasciarlo gradualmente nel tempo, l'inerzia termica, presenta vantaggi non solo legati al comfort interno, ma anche alla riduzione dei consumi energetici<sup>1</sup>. Uno dei modi più efficaci per il controllo della climatizzazione degli spazi interni negli edifici, sia in estate che in inverno, è proprio lo sfruttamento di questa proprietà dei componenti edilizi. Gli effetti positivi dell'inerzia termica sono quantificabili attraverso lo sfasamento dell'onda termica (che esprime il periodo di tempo necessario affinché il calore attraversi la parete e passi nell'ambiente interno dell'edificio) e il fattore di decremento o attenuazione (un valore adimensionale dato dal rapporto fra il flusso termico massimo della parete capacitiva e il flusso massimo di una ipotetica parete a massa termica nulla).

<sup>1</sup> È stata condotta dal dipartimento BEST del Politecnico di Milano una ricerca sul comportamento energetico nel contesto italiano di soluzioni tecniche di involucro massive, con l'obiettivo di quantificare il ruolo della massa: per diverse tipologie di edificio e in diverse zone climatiche, a parità di trasmittanza termica e condizioni d'uso, è emerso come soluzioni con poca massa comportino consumi invernali ed estivi fino al 30% in più rispetto a soluzioni massive.

A frutto di tali considerazioni, si propone nel seguito una guida per una progettazione di qualità, attraverso un repertorio esemplificativo di soluzioni costruttive d'involucro costituite da materiali correntemente impiegati nel nostro Paese. In particolare, si analizzano alcune possibili stratificazioni per la costruzione di murature in laterizio con il rivestimento esterno realizzato in mattoni faccia a vista, conformi ai valori limite imposti dal D.Lgs. 192/05 e s.m.i. già per la soglia temporale del 2010.

Come noto, per ciascuna zona climatica<sup>2</sup>, il Decreto introduce valori limite di trasmittanza termica (delle strutture opache verticali, orizzontali e delle chiusure trasparenti) con tre soglie temporali di entrata in vigore (2006, 2008, 2010 – vedi tabella 2.1 al punto 2 dell'allegato C del D.Lgs. 192/05).

### Protezione acustica

Per le prestazioni acustiche degli edifici e dei loro componenti, il DPCM 5 dicembre 1997 [1] stabilisce dei valori limite. In particolare, con riferimento alle pareti di facciata, la normativa in materia impone la verifica dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico ( $D_{2m,nT,w}$ ), rispetto al quale vengono fissati i valori limite riportati in tabella 1 (è necessario sottolineare come nel Decreto non sia riportata alcuna differenziazione del valore limite in funzione del livello di rumorosità dell'ambiente esterno, così come avviene in altri contesti europei). L'aspetto più rilevante introdotto dal Decreto è che le grandezze di cui si richiede la verifica fanno tutte riferimento alla reale situazione in opera dei componenti edilizi, ovvero devono essere misurate ad edificio eseguito. Ciò semplifica le modalità di misurazione delle grandezze, ma complica considerevolmente la loro valutazione previsionale<sup>3</sup>.

L'isolamento acustico offerto dalla facciata di un edificio dipende dalla prestazione dei diversi elementi costituenti la facciata stessa: il suo valore numerico è condizionato significativamente dalla prestazione acustica degli elementi in grado di dare luogo ad una maggiore trasmissione, ovvero dagli elementi acusticamente più deboli. Per questo, l'isolamento acustico offerto da una facciata è determinato principalmente dalla prestazione degli elementi meno performanti (tipicamente gli infissi, i cassonetti degli avvolgibili, le prese d'aria).

Categoria di edificio	$D_{2m,nT,w}$
ospedali, cliniche, case di cura e simili	45 dB
residenze, alberghi, pensioni e simili	40 dB
scuole e simili	48 dB
uffici, edifici per il culto, il commercio e simili	42 dB

Tabella 1 – Valori limite definiti dal DPCM 5.12.97 [1] per i requisiti acustici passivi delle pareti di facciata.

<sup>2</sup> La classificazione climatica dei comuni italiani è stata introdotta dal DPR n. 412 del 26 agosto 1993 in considerazione delle differenze climatiche dell'Italia. Quest'ultima è stata suddivisa in 6 zone climatiche (da A a F) definite in base ai gradi-giorno (GG): valori di GG bassi indicano un clima invernale mite; al contrario, valori di GG elevati testimoniano di un clima invernale freddo, per cui è necessario un riscaldamento prolungato.

<sup>3</sup> Il calcolo dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione può essere effettuato mediante i metodi definiti dalla norma UNI EN 12354-3: 2001 [2] e dal rapporto tecnico UNI TR 11175: 2005 [3].

## Le soluzioni tecniche d'involucro con mattoni faccia a vista

Le soluzioni tecniche illustrate nel seguito individuano quattro tipologie di stratificazione:

- doppio strato con isolante in intercapedine e rivestimento esterno di mattoni faccia a vista (stratificazioni da 1 a 7, 12 e 13); lo spessore del paramento murario interno in blocchi può variare da 8 a 38 cm;
- doppio strato con isolante, camera d'aria in intercapedine e rivestimento esterno faccia a vista (stratificazioni da 8 a 11, 16 e 17); lo spessore del paramento murario interno in blocchi varia da 12 a 25 cm;
- monostrato con rivestimento a cappotto e listelli in laterizio (stratificazione 14); la muratura in blocchi di laterizio si presenta con uno spessore di 30 cm;
- monostrato con rivestimento in listelli faccia a vista, senza materiale isolante (stratificazione 15); lo strato murario interno è di 45 cm.

Per quanto concerne i diversi mattoni scelti per il rivestimento esterno:

- nelle stratificazioni 2, 3, 4, 6, 7, 10, 16 e 17, il rivestimento esterno è il mattone pieno tradizionale, in pasta molle o estruso, formato 12x25x5,5 cm;
- le stratificazioni 1, 5, 8 e 11 prevedono il mattone semipieno formato 12x25x5,5 cm, estruso con il 35% di foratura;
- la stratificazione 9 prevede il mattone semipieno formato 12x25x5,5 cm, estruso con il 45% di foratura;
- la stratificazione 12 ha come rivestimento un listello formato 6x25x5,5 cm;
- le stratificazioni 13 e 15 presentano un listello formato 3,3x25x5,5 cm, ottenuto da un mattone estruso spaccato a metà;
- nella stratificazione 14 il rivestimento è di recente concezione: un listello "a colla", formato 1x25x5,5 o 2x25x5,5 cm, riconducibile alla famiglia dei faccia a vista, ma propriamente una piastrella di laterizio incollata con malta cementizia sullo strato di isolante del rivestimento a cappotto.

Per la costruzione delle stratificazioni si è fatto riferimento a prodotti presenti sul mercato dotati di marcatura CE, per i quali fossero disponibili le informazioni relative alle specifiche caratteristiche termiche. Nel caso dell'elemento forato da 8 cm, si è fatto riferimento a dati tabellari tratti dalla norma UNI 10355 (1994). I dati di permeabilità al vapore per ogni strato delle murature prese in considerazione, riportati in tabella, fanno riferimento a valori tabulati indicati nella norma UNI 10351 (1994). Il calore specifico dei materiali, grandezza correlata alla loro capacità termica, dato necessario per il calcolo dei valori di sfasamento e attenuazione dell'onda termica nella parete, è stato desunto dalla letteratura scientifica<sup>4</sup>.

Le caratteristiche termiche e acustiche delle diverse soluzioni costruttive sono state calcolate ognuna con quattro tipi di materiale isolante:

- uno di natura sintetica, a celle chiuse, con conducibilità termica  $\lambda$  di 0,03 W/mK e

<sup>4</sup> Riferimenti bibliografici per i valori di calore specifico: norma UNI EN ISO 10456 (2008), "Materiali e prodotti per edilizia. Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto"; Steven Vajk Szokolay, *Introduzione alla progettazione sostenibile*, Milano, Hoepli, 2006.

- densità 45 kg/m<sup>3</sup>;
  - uno di natura minerale, fibroso, con conducibilità termica  $\lambda$  di 0,035 W/mK e densità 25 kg/m<sup>3</sup>;
  - uno di sughero, con conducibilità termica  $\lambda$  di 0,036 W/mK e densità 100 kg/m<sup>3</sup>;
  - uno di fibra di legno, con conducibilità termica  $\lambda$  di 0,038 W/mK e densità 45 kg/m<sup>3</sup>.
- Relativamente alle stratificazioni 8, 9, 10, 11, 16 e 17, con intercapedine d'aria tra l'isolamento e il paramento murario esterno, si è considerata l'intercapedine come non ventilata; per questa si è assunto il valore di resistenza termica con riferimento alla tabella del prospetto 2 della norma UNI EN ISO 6946 (2008). Si precisa comunque che il valore di resistenza termica dell'aria da assumere per l'intercapedine, se fosse debolmente ventilata, non incide in modo sostanziale sui valori termici calcolati<sup>5</sup>.

### La valutazione delle prestazioni termiche

È stato calcolato innanzitutto il valore di trasmittanza termica delle chiusure verticali sezionate, al fine di individuarne la rispondenza ai valori limite imposti dal D.Lgs. 192/05 e s.m.i., per la soglia temporale del 2010, secondo la procedura indicata nella norma UNI EN ISO 6946 (2008) "Resistenza termica e trasmittanza termica. Metodo di calcolo". Per la verifica ai limiti di legge, si considerano i valori contenuti nelle tabelle dell'Allegato C del Decreto.

In regime stazionario, è stata verificata, per ogni stratificazione considerata, anche la temperatura superficiale interna, per controllare l'eventuale formazione di umidità e la condensazione interstiziale mediante la verifica di Glaser<sup>6</sup>.

In secondo luogo, si è proceduto a verificare il comportamento termico delle diverse soluzioni per quanto riguarda sfasamento e attenuazione adottando la procedura di calcolo riportata nella norma UNI EN ISO 13786 (2008) "Prestazione termica dei componenti per edilizia. Caratteristiche termiche dinamiche. Metodi di calcolo", relativa alla trasmissione del calore attraverso i componenti edilizi in regime dinamico periodico e sinusoidale, considerando le escursioni termiche durante un periodo di tempo stabilito. I valori termici dinamici così determinati hanno confermato il ruolo positivo della massa nelle prestazioni energetiche delle murature.

<sup>5</sup> La norma UNI EN 6946 (2008), "Resistenza termica e trasmittanza termica. Metodo di calcolo", specifica che un'intercapedine è non ventilata se non vi sono passaggi d'aria tra esterno e interno o, nel caso in cui ci siano piccole aperture verso l'ambiente esterno, queste aperture non siano disposte in modo da permettere un flusso d'aria attraverso l'intercapedine e presentino un'area < 500 mm<sup>2</sup> per ogni metro lineare di parete. Vi sono tecnologie costruttive di murature faccia a vista che nel rivestimento esterno prevedono fori di ventilazione, disposti a un metro di distanza l'uno dall'altro e realizzati nel primo e nell'ultimo corso di mattoni di ogni piano dell'edificio, con un intero giunto verticale tra due elementi contigui senza malta. Secondo quanto riportato nel paragrafo 5.3.2 della UNI EN ISO 6946 (2008), aperture simili offrono un passaggio d'aria limitato, proveniente dall'ambiente esterno, verso un'intercapedine verticale, definita debolmente ventilata se la loro superficie è > 500 mm<sup>2</sup> e < 1500 mm<sup>2</sup> per metro lineare di parete.

<sup>6</sup> Le grandezze fisiche considerate nel calcolo in regime stazionario, infatti, vengono influenzate dal contenuto igrometrico dei materiali che costituiscono la chiusura esterna. Questa caratteristica viene valutata quantitativamente mediante un "coefficiente di resistenza al passaggio del vapore"  $\mu$ , adimensionale, che indica di quanto la resistenza al passaggio del vapore, di un certo materiale, sia superiore a quella dell'aria, a parità di spessore e di temperatura (norma UNI EN ISO 13788 : 2003).

## La determinazione del potere fonoisolante delle pareti

Il potere fonoisolante delle pareti viene generalmente misurato con prove di laboratorio eseguite secondo le indicazioni della norma UNI EN ISO 140-3. Tali dati sono però disponibili solo per alcune delle pareti presentate nelle schede tecniche; per le altre non è possibile determinare il potere fonoisolante per analogia poiché le diverse modalità di realizzazione possono renderne indeterminato il comportamento acustico. Pertanto, il potere fonoisolante è stato valutato, per tutte le pareti esaminate, sulla base delle relazioni di calcolo empiriche di seguito riportate [4]:

- per le pareti costituite da due paramenti massicci in elementi di laterizio pieni o forati con intercapedine riempita con materiale termoisolante fibroso:  $R_w = 20 \log M + 5$
- per le pareti costituite da due paramenti massicci in elementi di laterizio pieni o forati con intercapedine riempita con materiale termoisolante a celle chiuse:  $R_w = 20 \log M + 2$
- per le pareti costituite da un paramento massiccio in elementi di laterizio forati con cappotto termico rivestito in listelli di laterizio spessi 1 o 2 cm:  $R_w = 20 \log M + 2$
- per le pareti monolitiche:  $R_w = 20 \log M$

dove M rappresenta la massa areica dell'intera parete espressa in  $\text{kg}/\text{m}^2$ .

## La determinazione dell'isolamento acustico di facciata

L'isolamento acustico di facciata viene determinato, per le diverse tipologie di pareti, considerando quattro differenti tipi di facciate di un locale residenziale di  $4 \times 4 \text{ m}^2$  di superficie utile, alto 2,70 m, comprendenti un serramento e, per la facciata tipo D, un cassonetto (figura 1). La superficie complessiva della facciata è, per tutti i casi esaminati, pari a  $10,80 \text{ m}^2$ ; i serramenti (finestra o portafinestra) sono a due ante apribili, dotati di doppia guarnizione su tutte le battute (classe di tenuta all'aria non inferiore a 3) e sono perfettamente sigillati nel raccordo con la muratura. La vetrata è del tipo con camera d'aria e doppia lastra di vetro stratificato di spessore  $8/9 - 12 - 6/7$  (vetro stratificato 4+4 mm, camera da 12 mm, vetro stratificato 3+3 mm), caratterizzata da un indice di valutazione del potere fonoisolante pari a 41 dB. L'indice di valutazione del potere fonoisolante del serramento si calcola sulla base

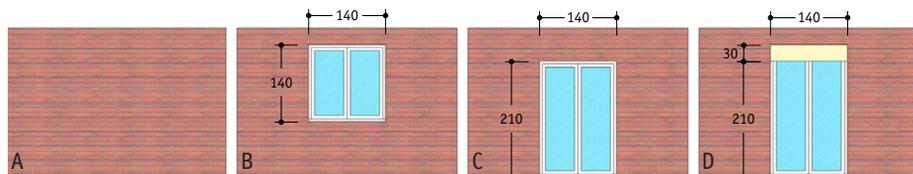


Figura 1 – Caratteristiche geometriche delle quattro tipologie di facciata ipotizzate (misure in cm).

del prospetto B.10 del rapporto tecnico UNI TR 11175 [3], assumendo  $K_p$  pari a  $-2$  dB per la finestra e  $-5$  dB per la portafinestra ed i termini  $K_{RA}$  e  $K_{DS}$  pari a 0 in tutti i casi. Si ipotizza, inoltre, che il cassonetto, presente nella soluzione D, sia caratterizzato da un indice di valutazione del potere fonoisolante pari a 36 dB. Le caratteristiche delle diverse facciate sono riassunte in tabella 2.

$S_{facciata}$ ( $m^2$ ) = 10,8	A	B	C	D
Tipo serramento	finestra assente	finestra a due ante	portafinestra a due ante	portafin. a due ante + cassonetto
$R_{w\text{ serramento}}$ (dB)	-	39	36	36
$S_{\text{serramento}}$ ( $m^2$ )	-	2	2,9	2,9
$R_{w\text{ cassonetto}}$ (dB)	-	-	-	36
$S_{\text{cassonetto}}$ ( $m^2$ )	-	-	-	0,4

Tabella 2 – Caratteristiche delle quattro tipologie di facciata ipotizzate.

### Avvertenze per la lettura delle schede

I valori di resistenza termica indicati nelle tabelle di ogni stratificazione sono stati calcolati a partire dai dati riportati nei cartigli CE dei prodotti (quindi dal valore di  $\lambda_{eq}$  o di R del singolo elemento) e sono stati corretti considerando il contributo dei giunti di malta sulle prestazioni termiche dello strato. Avendo come dato di base la conducibilità termica dell'elemento che la costituisce, per ottenere la prestazione termica di una muratura è stato messo a punto un metodo di calcolo per determinare l'incidenza dei giunti di malta su un metro quadrato di parete<sup>7</sup>. Per esempio, nel caso della muratura in mattoni (25 x 12 x 5,5 cm) con giunti in malta, la percentuale areica dei giunti incide per il 22,8% in un  $m^2$ . La percentuale, specifica per ogni dimensione di laterizi, è il risultato della procedura di seguito illustrata.

Si calcola il numero di giunti orizzontali e verticali, ricostruendo la geometria della parete. Nell'esempio citato, considerati 15 giunti orizzontali e 4 giunti verticali, si individua la percentuale areica complessiva dei giunti stessi rispetto a quella di laterizio, moltiplicando lo spessore dei giunti per il loro numero:

$0,012\text{ m} \times 1\text{ m} \times 15\text{ giunti} = 0,18\text{ m}^2$  per i giunti orizzontali;

$0,012\text{ m} \times 1\text{ m} \times 4\text{ giunti} = 0,048\text{ m}^2$  per i giunti verticali.

<sup>7</sup> Si fa riferimento a una procedura definita nella ricerca "Prestazioni termiche e comportamento ambientale di soluzioni tecniche di involucro in laterizio finalizzate all'efficienza energetica degli edifici", condotta nel 2006 dal Dipartimento BEST del Politecnico di Milano per ANDIL. Per un approfondimento relativo all'incidenza dei giunti di malta sulle prestazioni termiche delle murature e sulla modalità di calcolo della relativa incidenza si rimanda a "Ricette di chiusura", di A. Campioli, S. Ferrari, M. Lavaqna, C. Monticelli, E. Morello, in Costruire, n. 281, ott. 2006, pp. 165-180.

In definitiva si ha  $1 - (0,048 + 0,18) = 0,772 \text{ m}^2$ : ossia l'incidenza del laterizio su  $1 \text{ m}^2$  di parete è del 77,2% e quello della malta è del 22,8%.

Assumendo che da marcatura CE il mattone pieno abbia una conducibilità termica equivalente  $\lambda_{\text{eq}} = 0,472 \text{ W/mK}$  ( $R = s/\lambda = 0,12/0,472 = 0,254 \text{ m}^2\text{K/W}$ ) e che la malta abbia una conducibilità termica  $\lambda = 0,93 \text{ W/mK}$  ( $R = s/\lambda = 0,12/0,93 = 0,129 \text{ m}^2\text{K/W}$ ) con massa volumica  $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$ , per calcolare la resistenza termica della parete si procede per percentuale: 77,2% della resistenza del mattone + 22,8% della resistenza della malta =  $0,196 + 0,029 = 0,225 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Con riferimento alle schede, nella sezione relativa alle informazioni tecniche concernenti i prodotti sono indicate le caratteristiche relative alla specifica prestazione termica. La lettera P contrassegna blocchi portanti con una percentuale di foratura compresa tra 45 e 55% e spessore minimo di 25 cm; le lettere GV stanno per giunto verticale, semplice o, in due casi, ad incastro, mentre GO chiama in causa i giunti orizzontali.

Si evidenzia che il valore di conducibilità termica degli strati eseguiti con elementi di laterizio è quello della muratura risultante ed è comprensivo del contributo dei giunti.

Il valore della massa superficiale, riportato tra i risultati delle valutazioni, comprende anche il peso dei giunti di malta<sup>8</sup>. Viene fornito anche il valore di massa superficiale con l'esclusione degli intonaci, come richiesto dal D. Lgs. n. 192/05 e s.m.i.

Le valutazioni sono state condotte con valori di conducibilità termica equivalente degli elementi in condizioni a secco; pertanto, i risultati non considerano una eventuale influenza dell'umidità<sup>9</sup>. Tutte le specifiche tecniche relative agli strati superficiali interni, ai coefficienti liminari (interno ed esterno) sono state mantenute costanti. In una specifica sezione (in alto a sinistra) delle schede, si riportano le fasce climatiche in cui tali soluzioni costruttive sono consentite dalla normativa vigente. In realtà, ciascuna soluzione presentata risulta conforme ai limiti previsti per il 2010, indipendentemente dalla zona climatica in cui potrà essere adottata, e ciò a vantaggio del maggior risparmio energetico conseguibile.

Legenda dei simboli riportati nelle tabelle:

- $R_{\text{mur}}$  : resistenza termica della muratura;
- $C_{\text{mur}}$  : conduttanza termica della muratura;
- $R_{\text{lat}}$  : resistenza termica del singolo elemento in laterizio;
- $\lambda_{\text{eq lat}}$  : conducibilità termica equivalente del singolo elemento in laterizio;
- $\rho_{\text{lat}}$  : densità del laterizio;
- $\Phi_{\text{lat}}$  : percentuale di foratura del singolo elemento in laterizio.

<sup>8</sup> È obbligatorio che il valore di massa superficiale senza intonaco ( $\text{kg/m}^2$ ) delle pareti opache comprese nel quadrante S/O-S-S/E sia superiore a  $230 \text{ kg/m}^2$  (art. 4 comma 18 del DPR 59/09), per località con irradianza superiore a  $290 \text{ W/m}^2$ .

<sup>9</sup> In relazione alla quantità di umidità, presente in condizioni di esercizio, variano le prestazioni termiche nella muratura. La nuova norma UNI EN ISO 10456 (2008) fornisce i parametri per quantificare le correzioni da applicare ai valori termici della muratura calcolati allo stato secco.

# 1

## Muratura a doppio strato con isolante in intercapedine e mattoni estrusi faccia a vista

A	B	C	D	E	F	s spessore m	$\lambda$ conducibilità W/mK	$\rho$ densità kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ permeabilità vapore	R resistenza m <sup>2</sup> K/W
1/he										0,043
Laterizio estruso $\Phi = 35\%$ faccia a vista						0,120	0,285**	1100**	24,42	0,354
Intonaco di calce e cemento						0,010	0,930	1800	18,00	0,011
Opzione isolante	Sintetico a celle chiuse					0,060	0,030	45	1,80	2,000
	Fibra minerale					0,070	0,035	25	3,00	2,000
	Sughero					0,070	0,036	100	5,00	2,000
	Fibra di legno					0,080	0,038	45	5,00	2,000
Blocco in laterizio						0,120	0,186*	900**	21,85	0,645
Intonaco di calce e gesso						0,015	0,540	1500	18,00	0,028
1/hi										0,123

\*valore riferito alla muratura; \*\*valore riferito al singolo elemento

Tipologie di laterizio	Caratteristiche termiche	Elemento estruso 25x12x5,5 cm	Elemento a fori verticali 50x12x25 cm	Geometria
	$R_{mur}$ m <sup>2</sup> K/W	0,354	0,645	
$C_{mur}$ W/m <sup>2</sup> K	2,825	1,551		
$R_{lat}$ m <sup>2</sup> K/W	0,421	—	rettificato con GV ad incastro	
$\lambda_{eq\ lat}$ W/mK	0,285	—		
$\rho_{lat}$ kg/m <sup>3</sup>	1100	900		
$\Phi_{lat}$ %	35	55		



Tipologie di isolante		Sintetico a celle chiuse	Fibra minerale	Sughero	Fibra di legno
Spessore totale muratura	m	0,325	0,335	0,335	0,345
<b>Trasmittanza termica U muratura</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,312</b>	<b>0,312</b>	<b>0,312</b>	<b>0,312</b>
Formazione di condensa superficiale	Glaser	NO	NO	NO	NO
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	302,35	301,40	306,85	303,25
<b>Massa superficiale senza intonaco</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>279,85</b>	<b>278,90</b>	<b>284,35</b>	<b>280,75</b>
Capacità termica	kJ/ m <sup>2</sup> K	237,9	237,1	247,9	242,5
<b>Sfasamento onda termica</b>	<b>h</b>	<b>10,52</b>	<b>10,42</b>	<b>11,71</b>	<b>11,08</b>
<b>Fattore attenuazione</b>	<b>—</b>	<b>0,33</b>	<b>0,33</b>	<b>0,30</b>	<b>0,32</b>
Potere fonoisolante ( $R_w$ )	dB	51,6	54,6	51,7	54,6
<b>Isolam. acustico di facciata (<math>D_{2m,nT,w}</math>) (A)</b>	<b>dB</b>	<b>50,9</b>	<b>53,8</b>	<b>51,0</b>	<b>53,9</b>
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (B)	dB	44,7	45,2	44,7	45,2
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (C)	dB	40,6	40,7	40,6	40,7
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (D)	dB	40,1	40,2	40,1	40,2

Legenda: A parete cieca; B con finestra 1,4x1,4 m<sup>2</sup>; C con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup>; D con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup> e cassonetto (vedi tabella 2)

# 2

## Muratura a doppio strato con isolante in intercapedine e mattoni pieni faccia a vista

A	B	C	D	E	F	s spessore m	$\lambda$ conducibilità W/mK	$\rho$ densità kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ permeabilità vapore	R resistenza m <sup>2</sup> K/W	
1/he											
Laterizio pieno faccia a vista							0,120	0,472**	1540**	30,20	0,225
Intonaco di calce e cemento							0,015	0,930	1800	18,00	0,016
Opzione isolante	Sintetico a celle chiuse						0,070	0,030	45	1,80	2,330
	Fibra minerale						0,080	0,035	25	3,00	2,330
	Sughero						0,080	0,036	100	5,00	2,330
	Fibra di legno						0,090	0,038	45	5,00	2,330
Laterizio forato***							0,120	0,387*	690**	19,28	0,310
Intonaco di calce e gesso							0,015	0,540	1500	18,00	0,028
1/hi											

\*valore riferito alla muratura; \*\*valore riferito al singolo elemento; \*\*\*valori termici da norma UNI 10355

Tipologie di laterizio	Caratteristiche termiche	Elemento pieno 25x12x5,5 cm	Elemento a fori orizzontali 25x12x25 cm	Geometria 
	$R_{mur}$ m <sup>2</sup> K/W	0,225	0,310	
	$C_{mur}$ W/m <sup>2</sup> K	4,445	3,226	
	$R_{lat}$ m <sup>2</sup> K/W	0,254	—	
	$\lambda_{eq\ lat}$ W/mK	0,472	0,460	
	$\rho_{lat}$ kg/m <sup>3</sup>	1540	690	
$\Phi_{lat}$ %	0	60-72		

Tipologie di isolante		Sintetico a celle chiuse	Fibra minerale	Sughero	Fibra di legno
Spessore totale muratura	m	0,340	0,350	0,350	0,360
<b>Trasmittanza termica U muratura</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,325</b>	<b>0,325</b>	<b>0,325</b>	<b>0,325</b>
Formazione di condensa superficiale	Glaser	NO	NO	NO	NO
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	339,70	339,00	345,40	341,00
<b>Massa superficiale senza intonaco</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>317,20</b>	<b>316,50</b>	<b>322,90</b>	<b>318,50</b>
Capacità termica	kJ/ m <sup>2</sup> K	269,0	268,0	280,6	274,3
<b>Sfasamento onda termica</b>	<b>h</b>	<b>7,94</b>	<b>7,80</b>	<b>10,08</b>	<b>8,65</b>
<b>Fattore attenuazione</b>	<b>—</b>	<b>0,53</b>	<b>0,53</b>	<b>0,48</b>	<b>0,51</b>
Potere fonoisolante ( $R_n$ )	dB	52,6	55,6	52,8	55,7
<b>Isolam. acustico di facciata (<math>D_{2m,nT,w}</math>) (A)</b>	<b>dB</b>	<b>51,9</b>	<b>54,9</b>	<b>52,0</b>	<b>54,9</b>
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (B)	dB	44,9	45,3	44,9	45,3
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (C)	dB	40,7	40,8	40,7	40,8
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (D)	dB	40,1	40,2	40,1	40,2

Legenda: A parete cieca; B con finestra 1,4x1,4 m<sup>2</sup>; C con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup>; D con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup> e cassonetto (vedi tabella 2)

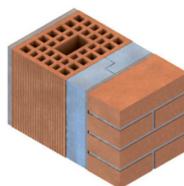
# 3

## Muratura a doppio strato con isolante in intercapedine e mattoni pieni faccia a vista

A	B	C	D	E	F	s spessore m	$\lambda$ conducibilità W/mK	$\rho$ densità kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ permeabilità vapore	R resistenza m <sup>2</sup> K/W	
1/1e											
Laterizio pieno faccia a vista							0,120	0,472**	1540**	30,20	0,225
Intonaco di calce e cemento							0,010	0,930	1800	18,00	0,011
Opzione isolante	Sintetico a celle chiuse						0,060	0,030	45	1,80	2,000
	Fibra minerale						0,070	0,035	25	3,00	2,000
	Sughero						0,070	0,036	100	5,00	2,000
	Fibra di legno						0,080	0,038	45	5,00	2,000
Blocco in laterizio							0,200	0,240*	820**	20,87	0,836
Intonaco di calce e gesso							0,015	0,540	1500	18,00	0,028
1/hi											

\*valore riferito alla muratura; \*\*valore riferito al singolo elemento

Tipologie di laterizio	Caratteristiche termiche		Elemento pieno 25x12x5,5 cm	Elemento a fori verticali 25x20x19 cm	Geometria
	$R_{mur}$ m <sup>2</sup> K/W	$C_{mur}$ W/m <sup>2</sup> K	0,225	1,196	
$R_{lat}$ m <sup>2</sup> K/W	$\lambda_{eq\ lat}$ W/mK	0,254	Giunti di malta termica		
$\lambda_{eq\ lat}$ W/mK	$\rho_{lat}$ kg/m <sup>3</sup>	0,472	0,840	0,238	
$\rho_{lat}$ kg/m <sup>3</sup>	$\Phi_{lat}$ %	1540	820	45	
$\Phi_{lat}$ %		0			



Tipologie di isolante		Sintetico a celle chiuse	Fibra minerale	Sughero	Fibra di legno
Spessore totale muratura	m	0,405	0,415	0,415	0,425
<b>Trasmittanza termica U muratura</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,306</b>	<b>0,306</b>	<b>0,306</b>	<b>0,306</b>
Formazione di condensa superficiale	Glaser	NO	NO	NO	NO
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	400,84	399,89	405,34	401,74
<b>Massa superficiale senza intonaco</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>378,34</b>	<b>377,39</b>	<b>382,84</b>	<b>379,24</b>
Capacità termica	kJ/m <sup>2</sup> K	329,3	328,5	339,3	334,2
<b>Sfasamento onda termica</b>	<b>h</b>	<b>12,5</b>	<b>12,4</b>	<b>13,64</b>	<b>13,13</b>
<b>Fattore attenuazione</b>	<b>—</b>	<b>0,2</b>	<b>0,21</b>	<b>0,19</b>	<b>0,19</b>
Potere fonoisolante ( $R_w$ )	dB	54,1	57,0	54,2	57,1
<b>Isolam. acustico di facciata (<math>D_{2m,nT,w}</math>) (A)</b>	<b>dB</b>	<b>53,3</b>	<b>56,3</b>	<b>53,4</b>	<b>56,3</b>
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (B)	dB	45,1	45,4	45,1	45,4
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (C)	dB	40,7	40,8	40,7	40,8
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (D)	dB	40,2	40,2	40,2	40,2

Legenda: A parete cieca; B con finestra 1,4x1,4 m<sup>2</sup>; C con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup>; D con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup> e cassonetto (vedi tabella 2)

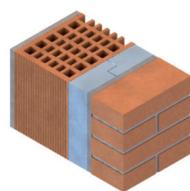
# 4

## Muratura a doppio strato con isolante in intercapedine e mattoni pieni faccia a vista

A	B	C	D	E	F	s spessore m	$\lambda$ conducibilità W/mK	$\rho$ densità kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ permeabilità vapore	R resistenza m <sup>2</sup> K/W
1/he										0,043
Laterizio pieno faccia a vista						0,120	0,472**	1540**	30,20	0,225
Intonaco di calce e cemento						0,015	0,930	1800	18,00	0,016
Opzione isolante	Sintetico a celle chiuse					0,060	0,030	45	1,80	2,000
	Fibra minerale					0,070	0,035	25	3,00	2,000
	Sughero					0,070	0,036	100	5,00	2,000
	Fibra di legno					0,080	0,038	45	5,00	2,000
Blocco in laterizio						0,200	0,210*	690**	21,00	0,952
Intonaco di calce e gesso						0,015	0,540	1500	18,00	0,028
1/hi										0,123

\*valore riferito alla muratura; \*\*valore riferito al singolo elemento

Tipologie di laterizio	Caratteristiche termiche	Elemento pieno 25x12x5,5 cm	Elemento a fori verticali 40x20x25 cm	Geometria
	$R_{mur}$ m <sup>2</sup> K/W	0,225	0,952	
$C_{mur}$ W/m <sup>2</sup> K	4,445	1,050		
$R_{lat}$ m <sup>2</sup> K/W	0,254	1,020		
$\lambda_{eq\ lat}$ W/mK	0,472	0,195		
$\rho_{lat}$ kg/m <sup>3</sup>	1540	690		
$\Phi_{lat}$ %	0	60		



Tipologie di isolante		Sintetico a celle chiuse	Fibra minerale	Sughero	Fibra di legno
Spessore totale muratura	m	0,410	0,420	0,420	0,430
<b>Trasmittanza termica U muratura</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,295</b>	<b>0,295</b>	<b>0,295</b>	<b>0,295</b>
Formazione di condensa superficiale	Glaser	NO	NO	NO	NO
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	398,10	397,15	402,60	399,00
<b>Massa superficiale senza intonaco</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>375,60</b>	<b>374,65</b>	<b>380,10</b>	<b>376,50</b>
Capacità termica	kJ/ m <sup>2</sup> K	316,1	314,2	325,0	319,6
<b>Sfasamento onda termica</b>	<b>h</b>	<b>12,42</b>	<b>12,20</b>	<b>13,25</b>	<b>12,84</b>
<b>Fattore attenuazione</b>	<b>—</b>	<b>0,21</b>	<b>0,21</b>	<b>0,19</b>	<b>0,20</b>
Potere fonoisolante ( $R_w$ )	dB	54,0	57,0	54,1	57,0
<b>Isolam. acustico di facciata (<math>D_{2m,nT,w}</math>) (A)</b>	<b>dB</b>	<b>53,2</b>	<b>56,2</b>	<b>53,3</b>	<b>56,3</b>
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (B)	dB	45,1	45,4	45,1	45,4
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (C)	dB	40,7	40,8	40,7	40,8
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (D)	dB	40,2	40,2	40,2	40,2

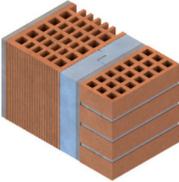
Legenda: A parete cieca; B con finestra 1,4x1,4 m<sup>2</sup>; C con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup>; D con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup> e cassonetto (vedi tabella 2)

# 5

## Muratura a doppio strato con isolante in intercapedine e mattoni estrusi faccia a vista

A	B	C	D	E	F	s spessore m	$\lambda$ conducibilità W/mK	$\rho$ densità kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ permeabilità vapore	R resistenza m <sup>2</sup> K/W	
1/he											
Laterizio estruso $\Phi = 35\%$ faccia a vista							0,120	0,285**	1100**	24,42	0,354
Intonaco di calce e cemento							0,015	0,930	1800	18,00	0,016
Opzione isolante	Sintetico a celle chiuse						0,060	0,030	45	1,80	2,000
	Fibra minerale						0,070	0,035	25	3,00	2,000
	Sughero						0,070	0,036	100	5,00	2,000
	Fibra di legno						0,080	0,038	45	5,00	2,000
Blocco in laterizio							0,200	0,210*	690**	21,00	0,952
Intonaco di calce e gesso							0,015	0,540	1500	18,00	0,028
1/hi											

\*valore riferito alla muratura; \*\*valore riferito al singolo elemento

Tipologie di laterizio	Caratteristiche termiche		Elemento estruso 25x12x5,5 cm	Elemento a fori verticali 40x20x25 cm	Geometria		
	$R_{mur}$	m <sup>2</sup> K/W	0,354	0,952			
	$C_{mur}$	W/m <sup>2</sup> K	2,825	1,050			
	$R_{lat}$	m <sup>2</sup> K/W	0,421	1,020			
	$\lambda_{eq\,lat}$	W/mK	0,285	0,195			
	$\rho_{lat}$	kg/m <sup>3</sup>	1100	690			
$\Phi_{lat}$	%	35	60				
Tipologie di isolante			Sintetico a celle chiuse	Fibra minerale	Sughero	Fibra di legno	
Spessore totale muratura			m	0,410	0,420	0,420	0,430
<b>Trasmittanza termica U muratura</b>			<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,284</b>	<b>0,284</b>	<b>0,284</b>	<b>0,284</b>
Formazione di condensa superficiale			Glaser	NO	NO	NO	NO
Massa superficiale			kg/m <sup>2</sup>	357,34	356,38	361,84	358,06
<b>Massa superficiale senza intonaco</b>			<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>334,84</b>	<b>333,89</b>	<b>334,34</b>	<b>335,56</b>
Capacità termica			kJ/m <sup>2</sup> K	271,8	269,9	280,6	275,2
<b>Sfasamento onda termica</b>			<b>h</b>	<b>12,92</b>	<b>12,70</b>	<b>13,96</b>	<b>13,35</b>
<b>Fattore attenuazione</b>			<b>—</b>	<b>0,19</b>	<b>0,19</b>	<b>0,17</b>	<b>0,18</b>
Potere fonoisolante ( $R_w$ )			dB	53,1	56,0	53,2	56,1
<b>Isolam. acustico di facciata (<math>D_{2m,nT,w}</math>) (A)</b>			<b>dB</b>	<b>52,3</b>	<b>55,3</b>	<b>52,4</b>	<b>55,3</b>
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (B)			dB	45,0	45,3	45,0	45,3
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (C)			dB	40,7	40,8	40,7	40,8
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (D)			dB	40,1	40,2	40,2	40,2

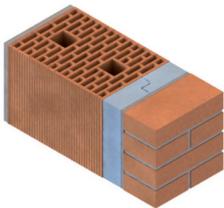
Legenda: A parete cieca; B con finestra 1,4x1,4 m<sup>2</sup>; C con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup>; D con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup> e cassonetto (vedi tabella 2)

# 6

## Muratura a doppio strato con isolante in intercapedine e mattoni pieni faccia a vista

A	B	C	D	E	F	s spessore m	$\lambda$ conducibilità W/mK	$\rho$ densità kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ permeabilità vapore	R resistenza m <sup>2</sup> K/W	
1/he											
Laterizio pieno faccia a vista							0,120	0,472**	1540**	30,20	0,225
Intonaco di calce e cemento							0,010	0,930	1800	18,00	0,011
Opzione isolante	Sintetico a celle chiuse						0,040	0,030	45	1,80	1,333
	Fibra minerale						0,050	0,035	25	3,00	1,333
	Sughero						0,050	0,036	100	5,00	1,333
	Fibra di legno						0,050	0,038	45	5,00	1,333
Blocco in laterizio							0,330	0,216*	790**	20,31	1,526
Intonaco di calce e gesso							0,015	0,540	1500	18,00	0,028
1/hi											

\*valore riferito alla muratura; \*\*valore riferito al singolo elemento

Caratteristiche termiche		Elemento pieno 25x12x5,5 cm	Elemento a fori verticali P 25x33x19 cm	Geometria	
Tipologie di laterizio	$R_{mur}$ m <sup>2</sup> K/W	0,225	1,526		
	$C_{mur}$ W/m <sup>2</sup> K	4,445	0,655		
	$R_{lat}$ m <sup>2</sup> K/W	0,254	1,765		
	$\lambda_{eq\ lat}$ W/mK	0,472	0,187		
	$\rho_{lat}$ kg/m <sup>3</sup>	1540	790		
	$\Phi_{lat}$ %	0	50		
Tipologie di isolante		Sintetico a celle chiuse	Fibra minerale	Sughero	Fibra di legno

Spessore totale muratura	m	0,515	0,525	0,525	0,525
<b>Trasmittanza termica U muratura</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,304</b>	<b>0,304</b>	<b>0,304</b>	<b>0,304</b>
Formazione di condensa superficiale	Glaser	NO	NO	NO	NO
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	524,24	523,69	527,44	524,69
<b>Massa superficiale senza intonaco</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>501,74</b>	<b>501,19</b>	<b>504,94</b>	<b>502,19</b>
Capacità termica	kJ/ m <sup>2</sup> K	409,8	409,2	416,4	412,7
<b>Sfasamento onda termica</b>	<b>h</b>	<b>17,74</b>	<b>17,69</b>	<b>18,33</b>	<b>18</b>
<b>Fattore attenuazione</b>	<b>—</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>
Potere fonoisolante ( $R_w$ )	dB	56,4	59,4	56,4	59,4
<b>Isolam. acustico di facciata (<math>D_{2m,nT,w}</math>) (A)</b>	<b>dB</b>	<b>55,6</b>	<b>58,6</b>	<b>55,7</b>	<b>58,6</b>
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (B)	dB	45,3	45,5	45,3	45,5
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (C)	dB	40,8	40,8	40,8	40,8
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (D)	dB	40,2	40,3	40,2	40,3

Legenda: A parete cieca; B con finestra 1,4x1,4 m<sup>2</sup>; C con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup>; D con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup> e cassonetto (vedi tabella 2)

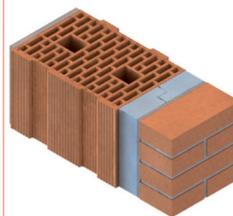
# 7

## Muratura a doppio strato con isolante in intercapedine e mattoni pieni faccia a vista

A	B	C	D	E	F	s spessore m	$\lambda$ conducibilità W/mK	$\rho$ densità kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ permeabilità vapore	R resistenza m <sup>2</sup> K/W	
1/he											
Laterizio pieno faccia a vista							0,120	0,472**	1540**	30,20	0,225
Intonaco di calce e cemento							0,010	0,930	1800	18,00	0,011
Opzione isolante	Sintetico a celle chiuse						0,040	0,030	45	1,80	1,333
	Fibra minerale						0,050	0,035	25	3,00	1,333
	Sughero						0,050	0,036	100	5,00	1,333
	Fibra di legno						0,050	0,038	45	5,00	1,333
Blocco in laterizio							0,380	0,243*	850**	21,21	1,565
Intonaco di calce e gesso							0,015	0,540	1500	18,00	0,028
1/hi											

\*valore riferito alla muratura; \*\*valore riferito al singolo elemento

Tipologie di laterizio	Caratteristiche termiche		Elemento pieno 25x12x5,5 cm	Elemento a fori verticali P 25x38x19 cm	Geometria
	$R_{mur}$ m <sup>2</sup> K/W	$C_{mur}$ W/m <sup>2</sup> K	0,225	1,565	
		4,445	GV a incastro		
$R_{lat}$ m <sup>2</sup> K/W	$\lambda_{eq\ lat}$ W/mK	0,254	1,638	0,232	
	$\rho_{lat}$ kg/m <sup>3</sup>	0,472	0,232	850	
	$\Phi_{lat}$ %	1540	50	50	



Tipologie di isolante		Sintetico a celle chiuse	Fibra minerale	Sughero	Fibra di legno
Spessore totale muratura	m	0,565	0,575	0,575	0,575
<b>Trasmittanza termica U muratura</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,300</b>	<b>0,300</b>	<b>0,300</b>	<b>0,300</b>
Formazione di condensa superficiale	Glaser	NO	NO	NO	NO
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	578,86	578,31	582,06	579,31
<b>Massa superficiale senza intonaco</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>565,37</b>	<b>555,81</b>	<b>559,56</b>	<b>556,81</b>
Capacità termica	kJ/ m <sup>2</sup> K	462,1	461,6	468,7	465,1
<b>Sfasamento onda termica</b>	<b>h</b>	<b>19,56</b>	<b>19,56</b>	<b>20,14</b>	<b>19,81</b>
<b>Fattore attenuazione</b>	<b>—</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>
Potere fonoisolante ( $R_w$ )	dB	57,3	60,2	57,3	60,3
<b>Isolam. acustico di facciata (<math>D_{2m,nT,w}</math>) (A)</b>	<b>dB</b>	<b>56,5</b>	<b>59,5</b>	<b>56,5</b>	<b>59,5</b>
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (B)	dB	45,4	45,5	45,4	45,5
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (C)	dB	40,8	40,9	40,8	40,9
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (D)	dB	40,2	40,3	40,2	40,3

Legenda: A parete cieca; B con finestra 1,4x1,4 m<sup>2</sup>; C con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup>; D con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup> e cassonetto (vedi tabella 2)

# 8

## Muratura a doppio strato con isolante e camera d'aria in intercapedine e mattoni estrusi faccia a vista

A	B	C	D	E	F	s spessore m	$\lambda$ conducibilità W/mK	$\rho$ densità kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ permeabilità vapore	R resistenza m <sup>2</sup> K/W	
1/1e											
Laterizio estruso $\Phi = 35\%$ faccia a vista							0,120	0,285**	1100**	24,42	0,354
Intonaco di calce e cemento							0,010	0,930	1800	18,00	0,011
Intercapedine d'aria****							0,040	—	—	193,00	0,160
Opzione isolante	Sintetico a celle chiuse						0,060	0,030	45	1,80	2,000
	Fibra minerale						0,070	0,035	25	3,00	2,000
	Sughero						0,070	0,036	100	5,00	2,000
	Fibra di legno						0,080	0,038	45	5,00	2,000
Laterizio forato***							0,120	0,387*	690**	19,28	0,310
Intonaco di calce e gesso							0,010	0,540	1500	18,00	0,019
1/1h											

\*valore riferito alla muratura; \*\*valore riferito al singolo elemento; \*\*\*valori termici da norma UNI 10355; \*\*\*\*rif. al prospetto 2 comma 5.3.1 della norma UNI EN ISO 6946

Tipologie di laterizio	Caratteristiche termiche	Elemento estruso 25x12x5,5 cm	Elemento a fori orizzontali 25x12x25 cm		Geometria 
	$R_{mur}$ m <sup>2</sup> K/W	0,354	0,310		
	$C_{mur}$ W/m <sup>2</sup> K	2,825	3,226		
	$R_{lat}$ m <sup>2</sup> K/W	0,421	—		
	$\lambda_{eq\,lat}$ W/mK	0,285	0,460		
$\rho_{lat}$ kg/m <sup>3</sup>	1100	690			
$\Phi_{lat}$ %	35	60-72			
Tipologie di isolante	Sintetico a celle chiuse    Fibra minerale    Sughero    Fibra di legno				
Spessore totale muratura	m	0,360	0,370	0,370	0,380
<b>Trasmittanza termica U muratura</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,331</b>	<b>0,331</b>	<b>0,331</b>	<b>0,331</b>
Formazione di condensa superficiale	Glaser	NO	NO	NO	NO
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	282,44	290,34	286,94	293,16
<b>Massa superficiale senza intonaco</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>267,44</b>	<b>275,34</b>	<b>271,94</b>	<b>268,16</b>
Capacità termica	kJ/ m <sup>2</sup> K	210,5	209,7	220,5	215,1
<b>Sfasamento onda termica</b>	<b>h</b>	<b>7,92</b>	<b>7,82</b>	<b>10,40</b>	<b>8,53</b>
<b>Fattore attenuazione</b>	<b>—</b>	<b>0,52</b>	<b>0,52</b>	<b>0,47</b>	<b>0,50</b>
Potere fonoisolante ( $R_w$ )	dB	51,0	54,3	51,2	54,3
<b>Isolam. acustico di facciata (<math>D_{2m,nT,w}</math>) (A)</b>	<b>dB</b>	<b>50,3</b>	<b>53,5</b>	<b>50,4</b>	<b>53,6</b>
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (B)	dB	44,6	45,1	44,6	45,1
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (C)	dB	40,6	40,7	40,6	40,7
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (D)	dB	40,0	40,2	40,0	40,2

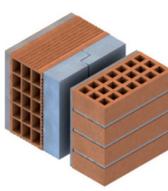
Legenda: A parete cieca; B con finestra 1,4x1,4 m<sup>2</sup>; C con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup>; D con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup> e cassonetto (vedi tabella 2)

# 9

## Muratura a doppio strato con isolante e camera d'aria in intercapedine e mattoni estrusi faccia a vista

A	B	C	D	E	F	s spessore m	$\lambda$ conducibilità W/mK	$\rho$ densità kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ permeabilità vapore	R resistenza m <sup>2</sup> K/W	
1/1e											
Laterizio estruso $\Phi = 45\%$ faccia a vista							0,120	0,330**	1085**	24,42	0,310
Intonaco di calce e cemento							0,010	0,930	1800	18,00	0,011
Intercapedine d'aria****							0,040	—	—	193,00	0,160
Opzione isolante	Sintetico a celle chiuse						0,060	0,030	45	1,80	2,000
	Fibra minerale						0,070	0,035	25	3,00	2,000
	Sughero						0,070	0,036	100	5,00	2,000
	Fibra di legno						0,080	0,038	45	5,00	2,000
Laterizio forato***							0,120	0,387*	690**	19,28	0,310
Intonaco di calce e gesso							0,020	0,540	1500	18,00	0,037
1/1i											

\*valore riferito alla muratura; \*\*valore riferito al singolo elemento; \*\*\*valori termici da norma UNI 10355; \*\*\*\*rif. al prospetto 2 comma 5.3.1 della norma UNI EN ISO 6946

Tipologie di laterizio	Caratteristiche termiche	Elemento estruso 25x12x5,5 cm	Elemento a fori orizzontali 25x12x25 cm	Geometria 
	$R_{mur}$ m <sup>2</sup> K/W	0,310	0,310	
	$C_{mur}$ W/m <sup>2</sup> K	3,220	3,226	
	$R_{lat}$ m <sup>2</sup> K/W	0,364	—	
	$\lambda_{eq\ lat}$ W/mK	0,330	0,460	
	$\rho_{lat}$ kg/m <sup>3</sup>	1085	690	
$\Phi_{lat}$ %	45	60-72		

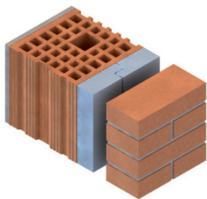
Tipologie di isolante		Sintetico a celle chiuse	Fibra minerale	Sughero	Fibra di legno
Spessore totale muratura	m	0,370	0,380	0,380	0,390
<b>Trasmittanza termica U muratura</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,334</b>	<b>0,334</b>	<b>0,334</b>	<b>0,334</b>
Formazione di condensa superficiale	Glaser	NO	NO	NO	NO
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	289,14	287,11	293,67	289,90
<b>Massa superficiale senza intonaco</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>259,14</b>	<b>257,11</b>	<b>263,67</b>	<b>259,90</b>
Capacità termica	kJ/ m <sup>2</sup> K	261,40	260,68	271,30	263,90
<b>Sfasamento onda termica</b>	<b>h</b>	<b>9,05</b>	<b>10,34</b>	<b>12,87</b>	<b>11,06</b>
<b>Fattore attenuazione</b>	<b>—</b>	<b>0,44</b>	<b>0,44</b>	<b>0,39</b>	<b>0,47</b>
Potere fonoisolante ( $R_w$ )	dB	51,2	54,2	51,4	54,2
<b>Isolam. acustico di facciata (<math>D_{2m,nT,w}</math>) (A)</b>	<b>dB</b>	<b>50,5</b>	<b>53,4</b>	<b>50,6</b>	<b>53,5</b>
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (B)	dB	44,6	45,1	44,7	45,1
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (C)	dB	40,6	40,7	40,6	40,7
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (D)	dB	40,0	40,2	40,0	40,2

Legenda: A parete cieca; B con finestra 1,4x1,4 m<sup>2</sup>; C con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup>; D con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup> e cassonetto (vedi tabella 2)

# 10 Muratura a doppio strato con isolante e camera d'aria in intercapedine e mattoni pieni faccia a vista

A	B	C	D	E	F	s spessore m	$\lambda$ conducibilità W/mK	$\rho$ densità kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ permeabilità vapore	R resistenza m <sup>2</sup> K/W
1/he										0,043
Laterizio pieno faccia a vista						0,120	0,472**	1540**	30,20	0,225
Intercapedine d'aria****						0,050	—	—	193,00	0,160
Opzione isolante	Sintetico a celle chiuse					0,060	0,030	45	1,80	2,000
	Fibra minerale					0,070	0,035	25	3,00	2,000
	Sughero					0,070	0,036	100	5,00	2,000
	Fibra di legno					0,080	0,038	45	5,00	2,000
Blocco di laterizio						0,250	0,308*	810**	21,00	0,810
Intonaco di calce e gesso						0,015	0,540	1500	18,00	0,028
1/hi										0,123

\*valore riferito alla muratura; \*\*valore riferito al singolo elemento; \*\*\*\*rif. al prospetto 2 comma 5.3.1 della norma UNI EN ISO 6946

Tipologie di laterizio	Caratteristiche termiche		Elemento pieno 25x12x5,5 cm	Elemento a fori verticali P 45x25x24 cm	Geometria 
	$R_{mur}$	m <sup>2</sup> K/W	0,225	0,810	
	$C_{mur}$	W/m <sup>2</sup> K	4,445	1,230	
	GV a incastro				
	$R_{lat}$	m <sup>2</sup> K/W	0,254	0,836	
	$\lambda_{eq\ lat}$	W/mK	0,472	0,299	
$\rho_{lat}$	kg/m <sup>3</sup>	1540	810		
$\Phi_{lat}$	%	0	50		

Tipologie di isolante		Sintetico a celle chiuse	Fibra minerale	Sughero	Fibra di legno
Spessore totale muratura	m	0,495	0,505	0,505	0,515
<b>Trasmittanza termica U muratura</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,295</b>	<b>0,295</b>	<b>0,295</b>	<b>0,295</b>
Formazione di condensa superficiale	Glaser	NO	NO	NO	NO
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	431,49	430,54	435,79	432,39
<b>Massa superficiale senza intonaco</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>408,99</b>	<b>408,04</b>	<b>413,29</b>	<b>409,89</b>
Capacità termica	kJ/ m <sup>2</sup> K	346,6	345,8	356,5	351,1
<b>Sfasamento onda termica</b>	<b>h</b>	<b>13</b>	<b>12,89</b>	<b>14,26</b>	<b>13,59</b>
<b>Fattore attenuazione</b>	<b>—</b>	<b>0,18</b>	<b>0,18</b>	<b>0,16</b>	<b>0,17</b>
Potere fonoisolante ( $R_w$ )	dB	54,7	57,7	54,8	57,7
<b>Isolam. acustico di facciata (<math>D_{2m,nT,w}</math>) (A)</b>	<b>dB</b>	<b>53,9</b>	<b>56,9</b>	<b>54,0</b>	<b>57,0</b>
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (B)	dB	45,2	45,4	45,2	45,4
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (C)	dB	40,7	40,8	40,7	40,8
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (D)	dB	40,2	40,3	40,2	40,3

Legenda: A parete cieca; B con finestra 1,4x1,4 m<sup>2</sup>; C con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup>; D con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup> e cassonetto (vedi tabella 2)

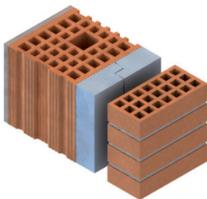
# 11

## Muratura a doppio strato con isolante e camera d'aria in intercapedine e mattoni estrusi faccia a vista

A	B	C	D	E	F	s spessore m	$\lambda$ conducibilità W/mK	$\rho$ densità kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ permeabilità vapore	R resistenza m <sup>2</sup> K/W	
1/he											
Laterizio estruso $\Phi = 35\%$ faccia a vista							0,120	0,285**	1100**	24,42	0,354
Intercapedine d'aria****							0,050	—	—	193,00	0,160
Opzione isolante	Sintetico a celle chiuse						0,060	0,030	45	1,80	2,000
	Fibra minerale						0,070	0,035	25	3,00	2,000
	Sughero						0,070	0,036	100	5,00	2,000
	Fibra di legno						0,080	0,038	45	5,00	2,000
Blocco di laterizio							0,250	0,308*	810**	21,00	0,810
Intonaco di calce e gesso							0,015	0,540	1500	18,00	0,028
1/hi											

\*valore riferito alla muratura; \*\*valore riferito al singolo elemento; \*\*\*\*rif. al prospetto 2 comma 5.3.1 della norma UNI EN ISO 6946

Tipologie di laterizio	Caratteristiche termiche		Elemento estruso 25x12x5,5 cm	Elemento a fori verticali P 45x25x24 cm	Geometria
	$R_{mur}$ m <sup>2</sup> K/W		0,354	0,810	
$C_{mur}$ W/m <sup>2</sup> K		2,825	1,230		
			GV a incastro		
$R_{lat}$ m <sup>2</sup> K/W		0,421	0,836		
$\lambda_{eq\ lat}$ W/mK		0,285	0,299		
$\rho_{lat}$ kg/m <sup>3</sup>		1100	810		
$\Phi_{lat}$ %		35	50		



Tipologie di isolante		Sintetico a celle chiuse	Fibra minerale	Sughero	Fibra di legno
Spessore totale muratura	m	0,495	0,505	0,505	0,515
<b>Trasmittanza termica U muratura</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,284</b>	<b>0,284</b>	<b>0,284</b>	<b>0,284</b>
Formazione di condensa superficiale	Glaser	NO	NO	NO	NO
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	390,73	389,78	395,03	391,63
<b>Massa superficiale senza intonaco</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>368,23</b>	<b>367,28</b>	<b>372,53</b>	<b>369,13</b>
Capacità termica	kJ/m <sup>2</sup> K	303,3	301,4	312,2	306,8
<b>Sfasamento onda termica</b>	<b>h</b>	<b>13,51</b>	<b>13,26</b>	<b>14,67</b>	<b>13,98</b>
<b>Fattore attenuazione</b>	<b>—</b>	<b>0,16</b>	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>	<b>0,16</b>
Potere fonoisolante ( $R_w$ )	dB	53,8	56,8	53,9	56,9
<b>Isolam. acustico di facciata (<math>D_{2m,nT,w}</math>) (A)</b>	<b>dB</b>	<b>53,1</b>	<b>56,1</b>	<b>53,2</b>	<b>56,1</b>
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (B)	dB	45,1	45,3	45,1	45,4
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (C)	dB	40,7	40,8	40,7	40,8
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (D)	dB	40,2	40,2	40,2	40,2

Legenda: A parete cieca; B con finestra 1,4x1,4 m<sup>2</sup>; C con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup>; D con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup> e cassonetto (vedi tabella 2)

# 12

## Muratura a doppio strato con isolante in intercapedine e listelli faccia a vista

		A	B	C	D	E	F	s spessore m	$\lambda$ conducibilità W/mK	$\rho$ densità kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ permeabilità vapore	R resistenza m <sup>2</sup> K/W	
1/he													0,043
Laterizio pieno faccia a vista (listello)								0,060	0,472**	1540**	30,20		0,112
Intonaco di calce e cemento								0,015	0,930	1800	18,00		0,016
Opzione isolante	Sintetico a celle chiuse							0,060	0,030	45	1,80		2,000
	Fibra minerale							0,070	0,035	25	3,00		2,000
	Sughero							0,070	0,036	100	5,00		2,000
	Fibra di legno							0,080	0,038	45	5,00		2,000
Blocco di laterizio								0,250	0,308*	810**	21,00		0,810
Intonaco di calce e gesso								0,015	0,540	1500	18,00		0,028
1/hi													0,123

\*valore riferito alla muratura; \*\*valore riferito al singolo elemento

Tipologie di laterizio	Caratteristiche termiche		Elemento pieno 25x6,0x5,5 cm	Elemento a fori verticali P 45x25x24 cm	Geometria
	$R_{mur}$ m <sup>2</sup> K/W		0,112	0,810	
$C_{mur}$ W/m <sup>2</sup> K		8,928	1,230		
			GV a incastro		
$R_{lat}$ m <sup>2</sup> K/W		0,127	0,836		
$\lambda_{eq\ lat}$ W/mK		1,97	0,299		
$\rho_{lat}$ kg/m <sup>3</sup>		1540	810		
$\Phi_{lat}$ %		0	50		



Tipologie di isolante		Sintetico a celle chiuse	Fibra minerale	Sughero	Fibra di legno
Spessore totale muratura	m	0,400	0,410	0,410	0,420
<b>Trasmittanza termica U muratura</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,319</b>	<b>0,319</b>	<b>0,319</b>	<b>0,319</b>
Formazione di condensa superficiale	Glaser	NO	NO	NO	NO
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	331,64	330,69	336,14	332,36
<b>Massa superficiale senza intonaco</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>309,14</b>	<b>308,19</b>	<b>313,64</b>	<b>309,86</b>
Capacità termica	kJ/ m <sup>2</sup> K	292,7	290,8	301,5	296,1
<b>Sfasamento onda termica</b>	<b>h</b>	<b>10,96</b>	<b>10,74</b>	<b>11,98</b>	<b>11,37</b>
<b>Fattore attenuazione</b>	<b>—</b>	<b>0,240</b>	<b>0,240</b>	<b>0,220</b>	<b>0,230</b>
Potere fonoisolante ( $R_w$ )	dB	52,4	55,4	52,5	55,4
<b>Isolam. acustico di facciata (<math>D_{2m,nT,w}</math>) (A)</b>	<b>dB</b>	<b>51,7</b>	<b>54,6</b>	<b>51,8</b>	<b>54,7</b>
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (B)	dB	44,8	45,2	44,9	45,2
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (C)	dB	40,6	40,8	40,6	40,8
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (D)	dB	40,1	40,2	40,1	40,2

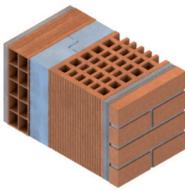
Legenda: A parete cieca; B con finestra 1,4x1,4 m<sup>2</sup>; C con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup>; D con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup> e cassonetto (vedi tabella 2)

# 13 Muratura a doppio strato con isolante in intercapedine e listelli faccia a vista

A	B	C	D	E	F	s spessore m	$\lambda$ conducibilità W/mK	$\rho$ densità kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ permeabilità vapore	R resistenza m <sup>2</sup> K/W	
1/he											
Laterizio pieno faccia a vista (listello)							0,033	0,472**	1540**	30,20	0,062
Collante di malta cementizia							0,010	1,400	2000	8,00	0,007
Intonaco di calce e cemento							0,015	0,930	1800	18,00	0,016
Blocco di laterizio							0,200	0,210*	690**	21,00	0,952
Opzione isolante	Sintetico a celle chiuse						0,060	0,030	45	1,80	2,000
	Fibra minerale						0,070	0,035	25	3,00	2,000
	Sughero						0,070	0,036	100	5,00	2,000
	Fibra di legno						0,080	0,038	45	5,00	2,000
Laterizio forato***							0,080	0,400*	680**	19,28	0,200
Intonaco di calce e gesso							0,015	0,540	1500	18,00	0,028
1/hi											

\*valore riferito alla muratura; \*\*valore riferito al singolo elemento; \*\*\*valori termici da norma UNI 10355

Tipologie di laterizio	Caratteristiche termiche	Elemento pieno 25x3,3x5,5 cm	Elemento a fori verticali 45x25x25 cm	Geometria
	$R_{mur}$ m <sup>2</sup> K/W	0,062	0,952	
$C_{mur}$ W/m <sup>2</sup> K	16,130	1,050		
$R_{lat}$ m <sup>2</sup> K/W	0,070	1,020		
$\lambda_{eq\ lat}$ W/mK	0,156	0,195		
$\rho_{lat}$ Kg/m <sup>3</sup>	1540	690		
$\Phi_{lat}$ %	0	60		



Tipologie di isolante		Sintetico a celle chiuse	Fibra minerale	Sughero	Fibra di legno
Spessore totale muratura	m	0,413	0,423	0,423	0,433
<b>Trasmittanza termica U muratura</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,291</b>	<b>0,291</b>	<b>0,291</b>	<b>0,291</b>
Formazione di condensa superficiale	Glaser	NO	NO	NO	NO
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	342,50	341,55	346,80	343,40
<b>Massa superficiale senza intonaco</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>320,00</b>	<b>319,05</b>	<b>324,30</b>	<b>320,90</b>
Capacità termica	kJ/ m <sup>2</sup> K	266,1	264,2	274,9	269,5
<b>Sfasamento onda termica</b>	<b>h</b>	<b>10,94</b>	<b>10,70</b>	<b>12,05</b>	<b>11,59</b>
<b>Fattore attenuazione</b>	<b>—</b>	<b>0,270</b>	<b>0,280</b>	<b>0,250</b>	<b>0,236</b>
Potere fonoisolante ( $R_w$ )	dB	52,7	55,7	52,8	55,7
<b>Isolam. acustico di facciata (<math>D_{2m,nT,w}</math>) (A)</b>	<b>dB</b>	<b>51,9</b>	<b>54,9</b>	<b>52,1</b>	<b>55,0</b>
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (B)	dB	44,9	45,3	44,9	45,3
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (C)	dB	40,7	40,8	40,7	40,8
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (D)	dB	40,1	40,2	40,1	40,2

Legenda: A parete cieca; B con finestra 1,4x1,4 m<sup>2</sup>; C con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup>; D con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup> e cassonetto (vedi tabella 2)

# 14 Muratura monostrato con rivestimento a cappotto e listelli a colla in laterizio

A	B	C	D	E	F	s spessore m	$\lambda$ conducibilità W/mK	$\rho$ densità kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ permeabilità vapore	R resistenza m <sup>2</sup> K/W
1/he										0,043
Laterizio pieno a listello faccia a vista						0,010/0,020	0,472**	1540**	30,20	0,018
Collante						0,010	1,400	2000	8,00	0,007
Opzione isolante	Sintetico a celle chiuse					0,060	0,030	45	1,80	2,000
	Fibra minerale					0,070	0,035	25	3,00	2,000
	Sughero					0,070	0,036	100	5,00	2,000
	Fibra di legno					0,080	0,038	45	5,00	2,000
Blocco di laterizio						0,300	0,233*	860**	21,21	1,288
Intonaco di calce e gesso						0,015	0,540	1500	18,00	0,028
1/hi										0,123

\*valore riferito alla muratura; \*\*valore riferito al singolo elemento

Tipologie di laterizio	Caratteristiche termiche	Listello pieno 25x1/2x5,5 cm	Elemento a fori verticali P 33x30x19 cm	Geometria	
	$R_{mur}$ m <sup>2</sup> K/W	0,018	1,288		
$C_{mur}$ W/m <sup>2</sup> K	55,560	0,776			
		GV a incastro			
$R_{lat}$ m <sup>2</sup> K/W	0,002	—			
$\lambda_{eq\ lat}$ W/mK	0,472	—			
$\rho_{lat}$ kg/m <sup>3</sup>	1540	860			
$\Phi_{lat}$ %	0	45			
Tipologie di isolante		Sintetico a celle chiuse	Fibra minerale	Sughero	Fibra di legno

Spessore totale muratura	m	0,395/0,405	0,405/0,415	0,405/0,415	0,415/0,425
<b>Trasmittanza termica U muratura</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,285</b>	<b>0,285</b>	<b>0,285</b>	<b>0,285</b>
Formazione di condensa superficiale	Glaser	NO	NO	NO	NO
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	336,11	335,16	340,41	337,01
<b>Massa superficiale senza intonaco</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>313,61</b>	<b>312,66</b>	<b>317,91</b>	<b>314,51</b>
Capacità termica	kJ/ m <sup>2</sup> K	268,7	266,8	277,6	272,2
<b>Sfasamento onda termica</b>	<b>h</b>	<b>12,65</b>	<b>12,45</b>	<b>13,63</b>	<b>13,05</b>
<b>Fattore attenuazione</b>	<b>—</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>
Potere fonoisolante ( $R_w$ )	dB	52,5	55,5	52,6	55,6
<b>Isolam. acustico di facciata (<math>D_{2m,nT,w}</math>) (A)</b>	<b>dB</b>	<b>51,8</b>	<b>54,8</b>	<b>51,9</b>	<b>54,8</b>
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (B)	dB	44,9	45,2	44,9	45,2
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (C)	dB	40,6	40,8	40,7	40,8
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (D)	dB	40,1	40,2	40,1	40,2

Legenda: A parete cieca; B con finestra 1,4x1,4 m<sup>2</sup>; C con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup>; D con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup> e cassonetto (vedi tabella 2)

# 15

## Muratura monostrato con rivestimento in listelli faccia a vista

A	B	C	D	E	F	s spessore m	$\lambda$ conducibilità W/mK	$\rho$ densità kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ permeabilità vapore	R resistenza m <sup>2</sup> K/W	
1/he											
Laterizio pieno a listello faccia a vista							0,033	0,472**	1540**	30,20	0,062
Collante in malta cementizia							0,010	1,400	2000	8,00	0,007
Intonaco di calce e cemento							0,015	0,930	1800	18,00	0,016
Opzione isolante	Sintetico a celle chiuse						—	—	—	—	—
	Fibra minerale						—	—	—	—	—
	Sughero						—	—	—	—	—
	Fibra di legno						—	—	—	—	—
Blocco di laterizio							0,450	0,154*	850**	21,21	2,923
Intonaco di calce e gesso							0,015	0,540	1500	18,00	0,028
1/hi											

\*valore riferito alla muratura; \*\*valore riferito al singolo elemento

Tipologie di laterizio	Caratteristiche termiche	Listello pieno 25x3,3x5,5 cm	Elemento a fori verticali P 25x45x22,5 cm	Geometria
	$R_{mur}$ m <sup>2</sup> K/W	0,062	2,923	
$C_{mur}$ W/m <sup>2</sup> K	16,130	0,342		
		GV a incastro, G0 con malta termica 12 mm		
$R_{lat}$ m <sup>2</sup> K/W	0,070	—		
$\lambda_{eq\ lat}$ W/mK	0,156	—		
$\rho_{lat}$ kg/m <sup>3</sup>	1540	850		
$\Phi_{lat}$ %	0	45		



Tipologie di isolante

Assente

Spessore totale muratura	m	0,523	—	—	—
<b>Trasmittanza termica U muratura</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,312</b>	—	—	—
Formazione di condensa superficiale	Glaser	NO	—	—	—
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	436,03	—	—	—
<b>Massa superficiale senza intonaco</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>413,53</b>	—	—	—
Capacità termica	kJ/ m <sup>2</sup> K	422,4	—	—	—
<b>Sfasamento onda termica</b>	<b>h</b>	<b>21,21</b>	—	—	—
<b>Fattore attenuazione</b>	<b>—</b>	<b>0,04</b>	—	—	—
Potere fonoisolante ( $R_w$ )	dB	52,8	—	—	—
<b>Isolam. acustico di facciata (<math>D_{2m,nT,w}</math>) (A)</b>	<b>dB</b>	<b>52,0</b>	—	—	—
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (B)	dB	44,9	—	—	—
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (C)	dB	40,7	—	—	—
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (D)	dB	40,1	—	—	—

Legenda: A parete cieca; B con finestra 1,4x1,4 m<sup>2</sup>; C con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup>; D con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup> e cassonetto (vedi tabella 2)

# 16

## Muratura a doppio strato con isolante e camera d'aria in intercapedine e mattoni pieni faccia a vista

A	B	C	D	E	F	s spessore m	$\lambda$ conducibilità W/mK	$\rho$ densità kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ permeabilità vapore	R resistenza m <sup>2</sup> K/W	
1/he											
Laterizio pieno faccia a vista							0,120	0,472**	1540**	30,2	0,225
Intonaco di calce e cemento							0,010	0,930	1800	18,0	0,011
Intercapedine d'aria****							0,040	—	—	193,0	0,160
Opzione isolante	Sintetico a celle chiuse						0,060	0,030	45	1,8	2,000
	Fibra minerale						0,080	0,035	25	3,0	2,000
	Sughero						0,080	0,036	100	5,0	2,000
	Fibra di legno						0,090	0,038	45	5,0	2,000
Laterizio forato							0,120	0,237*	541**	19,0	0,505
Intonaco di calce e gesso							0,015	0,540	1500	18,0	0,028
1/hi											

\*valore riferito alla muratura; \*\*valore riferito al singolo elemento; \*\*\*\*rif. al prospetto 2 comma 5.3.1 della norma UNI EN ISO 6946

Tipologie di laterizio	Caratteristiche termiche		Elemento pieno 25x12x5,5 cm	Elemento a fori orizzontali 25x12x25 cm	Geometria
	$R_{mur}$ m <sup>2</sup> K/W		0,225	0,505	
$C_{mur}$ W/m <sup>2</sup> K		4,445	1,980		
$R_{lat}$ m <sup>2</sup> K/W		0,254	0,550		
$\lambda_{eq\ lat}$ W/mK		0,472	0,220		
$\rho_{lat}$ kg/m <sup>3</sup>		1540	541		
$\Phi_{lat}$ %		0	69		

Tipologie di isolante		Sintetico a celle chiuse	Fibra minerale	Sughero	Fibra di legno
Spessore totale muratura	m	0,365	0,385	0,385	0,395
<b>Trasmittanza termica U muratura</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,323</b>	<b>0,323</b>	<b>0,323</b>	<b>0,323</b>
Formazione di condensa superficiale	Glaser	NO	NO	NO	NO
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	307,43	305,93	314,93	308,73
<b>Massa superficiale senza intonaco</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>284,93</b>	<b>283,43</b>	<b>292,43</b>	<b>286,28</b>
Capacità termica	kJ/ m <sup>2</sup> K	231,00	229,70	247,60	238,90
<b>Sfasamento onda termica</b>	<b>h</b>	<b>7,52</b>	<b>7,25</b>	<b>10,47</b>	<b>8,09</b>
<b>Fattore attenuazione</b>	<b>—</b>	<b>0,58</b>	<b>0,59</b>	<b>0,46</b>	<b>0,53</b>
Potere fonoisolante ( $R_w$ )	dB	51,8	54,7	52,0	54,8
<b>Isolam. acustico di facciata (<math>D_{2m,nT,w}</math>) (A)</b>	<b>dB</b>	<b>51,0</b>	<b>54,0</b>	<b>51,2</b>	<b>54,0</b>
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (B)	dB	44,7	45,2	44,8	45,2
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (C)	dB	40,6	40,7	40,6	40,7
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (D)	dB	40,1	40,2	40,1	40,2

Legenda: A parete cieca; B con finestra 1,4x1,4 m<sup>2</sup>; C con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup>; D con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup> e cassonetto (vedi tabella 2)

# 17

## Muratura a doppio strato con isolante e camera d'aria in intercapedine e mattoni pieni faccia a vista

A	B	C	D	E	F	s spessore m	$\lambda$ conducibilità W/mK	$\rho$ densità kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ permeabilità vapore	R resistenza m <sup>2</sup> K/W	
1/he											
Laterizio pieno faccia a vista							0,120	0,472**	1540**	30,2	0,225
Intonaco di calce e cemento							0,010	0,930	1800	18,0	0,011
Intercapedine d'aria****							0,040	—	—	193,0	0,160
Opzione isolante	Sintetico a celle chiuse						0,060	0,030	45	1,8	2,000
	Fibra minerale						0,080	0,035	25	3,0	2,000
	Sughero						0,080	0,036	100	5,0	2,000
	Fibra di legno						0,090	0,038	45	5,0	2,000
Laterizio forato											
Intonaco di calce e gesso							0,015	0,540	1500	18,0	0,028
1/hi											

\*valore riferito alla muratura; \*\*valore riferito al singolo elemento; \*\*\*\*rif. al prospetto 2 comma 5.3.1 della norma UNI EN ISO 6946

Tipologie di laterizio	Caratteristiche termiche		Elemento pieno 25x12x5,5 cm	Elemento a fori orizzontali 25x20x25 cm	Geometria
	$R_{mur}$ m <sup>2</sup> K/W	$C_{mur}$ W/m <sup>2</sup> K	0,225	4,445	
$R_{lat}$ m <sup>2</sup> K/W	$\lambda_{eq\ lat}$ W/mK	0,254	0,472	0,930	
$\rho_{lat}$ kg/m <sup>3</sup>	$\Phi_{lat}$ %	1540	0	539	
				69	

Tipologie di isolante		Sintetico a celle chiuse	Fibra minerale	Sughero	Fibra di legno
Spessore totale muratura	m	0,445	0,465	0,465	0,475
<b>Trasmittanza termica U muratura</b>	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,290</b>	<b>0,290</b>	<b>0,290</b>	<b>0,290</b>
Formazione di condensa superficiale	Glaser	NO	NO	NO	NO
Massa superficiale	kg/m <sup>2</sup>	346,85	344,01	353,37	344,01
<b>Massa superficiale senza intonaco</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>324,36</b>	<b>321,51</b>	<b>330,87</b>	<b>321,51</b>
Capacità termica	kJ/ m <sup>2</sup> K	267,00	265,70	283,70	275,00
<b>Sfasamento onda termica</b>	<b>h</b>	<b>10,55</b>	<b>10,29</b>	<b>13,41</b>	<b>12,07</b>
<b>Fattore attenuazione</b>	<b>—</b>	<b>0,32</b>	<b>0,32</b>	<b>0,25</b>	<b>0,28</b>
Potere fonoisolante ( $R_w$ )	dB	<b>52,8</b>	55,7	53,0	55,7
<b>Isolam. acustico di facciata (<math>D_{2m,nT,w}</math>) (A)</b>	<b>dB</b>	<b>52,1</b>	<b>55,0</b>	<b>52,2</b>	<b>55,0</b>
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (B)	dB	44,9	45,3	44,9	45,3
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (C)	dB	40,7	40,8	40,7	40,8
Isolam. acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) (D)	dB	40,1	40,2	40,1	40,2

Legenda: A parete cieca; B con finestra 1,4x1,4 m<sup>2</sup>; C con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup>; D con portafinestra 1,4x2,1 m<sup>2</sup> e cassonetto (vedi tabella 2)

### Considerazioni sui valori termici

Dalle valutazioni condotte sulle prestazioni termiche delle soluzioni considerate, possono essere tratte alcune considerazioni di larga massima, con una premessa sui risultati ottenuti: questi sono strettamente legati alle stratificazioni indicate e alla scelta di specifici elementi in laterizio. Gli stessi valori termici possono essere ottenuti anche con altri spessori, oppure si possono avere risultati differenti da quelli qui riportati, seppur con lo stesso spessore, qualora si utilizzino prodotti con prestazioni termiche, modalità e materiali per la posa in opera differenti. Ogni prodotto, infatti, può variare la propria prestazione termica in relazione a numerose variabili: densità e conducibilità termica dell'impasto di argilla, percentuale di foratura, geometria dei fori. Le murature, inoltre, possono differire per tipo di giunto (normale, a incastro, rettificato) e tipo di malta usato per i giunti (normale o isolante). I valori termici delle stratificazioni prese in considerazione si attengono ai limiti di trasmittanza della normativa e consentono di poter impiegare le stesse anche in località in zona climatica F, caratterizzata dal valore limite più restrittivo.

Complessivamente, tutte le soluzioni esaminate presentano valori di massa superficiale superiori ai  $230 \text{ kg/m}^2$ , limite indicato nel D.P.R. 59/09 con lo scopo di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di garantire un maggior comfort termico. Si può osservare, in particolare, come a fronte dell'aumento della massa superficiale corrisponda un aumento dello sfasamento e una riduzione dell'attenuazione.

La verifica di Glaser è positiva per tutte le murature valutate: quindi, non vi è il rischio di formazione di condensa interstiziale. Va comunque evidenziato che, in quasi tutti i casi, tra lo strato di isolante e l'intonaco, le due curve di pressione di vapore si avvicinano molto, per cui si rende necessaria una particolare attenzione nella esecuzione della muratura, per evitare cadute prestazionali che potrebbero portare alla formazione di condensa rispetto alle previsioni progettuali. L'ordine degli strati nella sezione muraria, in regime stazionario, non altera il comportamento termico, avendo significato solo per quanto riguarda la possibilità di formazione di condensa. Gli effetti sul comportamento dinamico possono invece essere rilevanti. È importante comprendere la corretta distribuzione degli strati, in particolare la posizione degli strati massivi, e valutare l'effetto combinato di questi con gli isolanti termici. La posizione dello strato isolante influisce sul comportamento in regime dinamico, soprattutto sul fattore di attenuazione, mentre ha poca influenza sul ritardo temporale<sup>10</sup>.

Dalla considerazione della variabile tempo emergono altri spunti di riflessione: pareti con trasmittanza termica uguale hanno un comportamento identico dal punto di vista della riduzione della dispersione di calore verso l'esterno, ma presentano un comportamento differente dal punto di vista della conservazione del calore accumulato. Tutte le soluzioni esaminate sono caratterizzate da fattori di attenuazione e sfasamenti interessanti. L'importanza di questi due parametri viene riconosciuta dalle Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici, che li introduce come parametri sostitutivi dell'indice di prestazione termica per il raffrescamento ( $EP_{e, \text{invol}}$ ) nel caso di edifici esistenti. Possibili valori di riferimento possono essere tratti anche dal Protocollo Itaca (al punto 1.3.2 – *Inerzia termica*, aprile 2007),

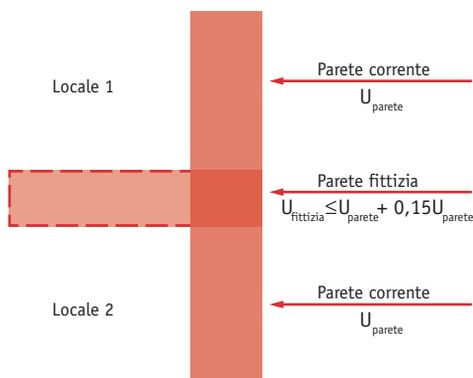
<sup>10</sup> Asan H., "Investigation of wall's optimum insulation position from maximum time lag and minimum decrement factor point of view", Energy and Buildings, n. 32, 2000, pp. 197–203.

in cui è consigliato un valore di sfasamento minimo di 8 ore e un fattore di attenuazione  $\leq$  di 0,35, per ottenere un punteggio corrispondente alla sufficienza. Per la situazione estiva, in letteratura, si riscontra che valori prossimi alle 12 ore di sfasamento sono raccomandabili e performanti: in estate, gli ambienti interni vengono raggiunti dalla temperatura esterna più elevata solo durante la notte, con un ritardo di 12 ore, quando ormai la temperatura esterna si è abbassata verso valori minimi.

## Accorgimenti per la costruzione di involucri termicamente efficaci

Vi sono alcuni aspetti nella realizzazione delle murature stratificate, spesso sottovalutati, determinanti per il corretto funzionamento dell'involucro come regolatore di flussi termici esterno-interno e causa di prestazioni di isolamento ben differenti dalle previsioni progettuali. Tali aspetti, spesso trascurati dalla normativa di riferimento, vanno invece attentamente considerati in una progettazione accurata e competente, soprattutto nella fase di messa in opera dei componenti edilizi in cantiere.

Alla scala del subsistema delle chiusure verticali, si fa spesso riferimento al solo valore di trasmittanza termica di una parte di involucro, senza considerare gli influssi dovuti agli effetti dei ponti termici. Il valore  $U$  rappresenta solo un dato relativo alla qualità termica e tecnica della soluzione costruttiva prospettata. Nella realtà, pesanti cadute di isolamento termico – ponti termici, appunto – possono verificarsi nei nodi di interfaccia fra la muratura e le parti dell'edificio aventi funzioni differenti e tra materiali diversi: la loro considerazione è indispensabile per svolgere correttamente il calcolo del fabbisogno energetico dell'edificio. Sono punti singolari in cui si verifica un andamento del flusso termico in più direzioni, con una conseguente deviazione delle isoterme che, nelle parti isolate "omogeneamente", si



*Il ponte termico è la discontinuità di isolamento termico che si può verificare in corrispondenza degli innesti di elementi strutturali (solai e pareti verticali, pareti verticali tra loro).*

*Il ponte termico risulta corretto quando la trasmittanza termica della parete fittizia (il tratto di parete esterna in corrispondenza del ponte termico) non supera per più del 15% la trasmittanza termica della parete corrente:*

$$U_{fittizia} \leq U_{parete} + (U_{parete} \times 0,15)$$

*Ad esempio, se  $U_{parete} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  allora  $U_{fittizia}$  deve essere minore del valore  $0,345 \text{ W/m}^2\text{K}$*

Figura 2 – Ponte termico (rielaborazione dalla tabella 3, Allegato A del D. Lgs. 192/2005).

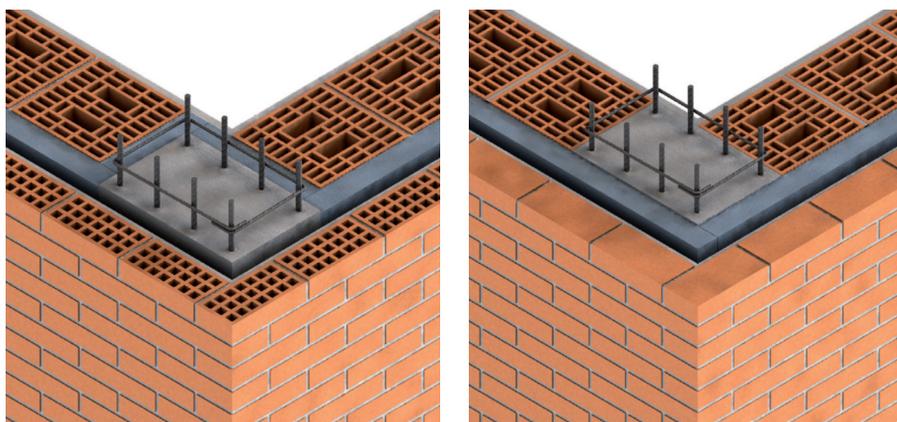


Figura 3 – Possibili soluzioni per l'eliminazione del ponte termico d'angolo.

presentano parallele; ad essi corrispondono sempre indesiderate dispersioni termiche e, nel periodo invernale, un abbassamento delle temperature delle superfici interne dell'edificio, con conseguenze negative sul comfort abitativo.

I ponti termici possono essere generati dalle seguenti circostanze: disomogeneità termica di materiali a contatto tra loro, con conduttività termiche anche molto differenti (ad esempio, all'interno di un solaio in latero-cemento o in corrispondenza di un pilastro di cemento armato in una parete di materiale diverso); disomogeneità geometrica, quando la superficie disperdente esterna è maggiore della superficie interna che riceve calore dall'interno (angoli di parete o incroci, ecc.). Nella maggior parte delle situazioni coesistono i ponti termici dovuti a entrambe le disomogeneità.

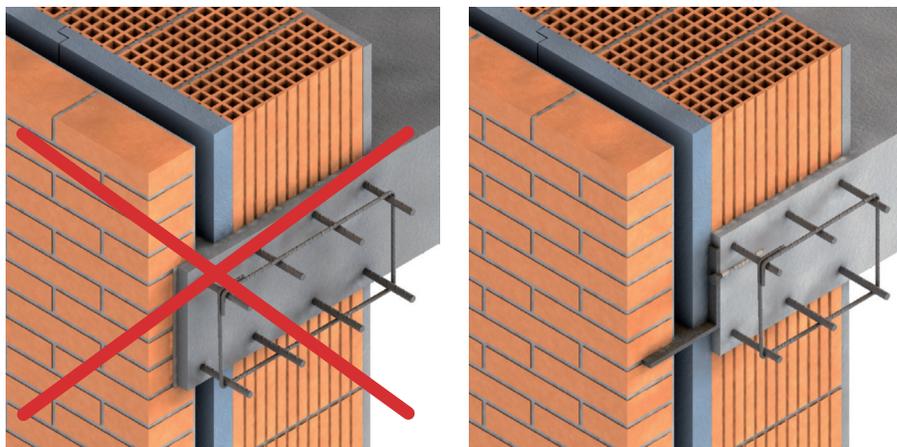


Figura 4 – Possibile soluzione per il ponte termico nell'interfaccia solaio interpiano – chiusura verticale opaca.

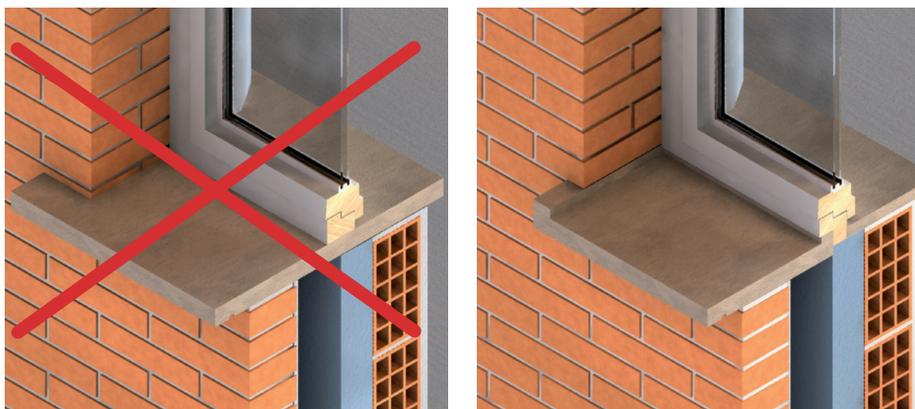


Figura 5 – Risoluzione del ponte termico nel punto di connessione fra serramento – davanzale – chiusura opaca mediante distacco del davanzale esterno in corrispondenza dello strato isolante.

Qualunque sia l'origine del ponte termico, risulta fondamentale capire come ridurlo (o addirittura, eliminarlo) gli effetti o, in casi estremi, come correggere, nel calcolo delle dispersioni termiche, i valori di trasmittanza, considerandone i contributi negativi.

È necessario intervenire preventivamente, durante la fase progettuale e nella fase di realizzazione, su questi punti particolari per garantire un edificio confortevole. Per evitare la formazione di ponti termici, bisogna che ci sia una perfetta continuità dell'isolamento tra la parete perimetrale e i nodi di interfaccia o di interruzione della stessa: per esempio, nel punto di imposta del solaio interpiano sulla chiusura verticale esterna, oppure nel perimetro di contatto fra un serramento e la chiusura verticale opaca.

Nel caso specifico di murature "stratificate", in cui ogni singolo componente viene messo in opera con una precisa specializzazione funzionale, una corretta progettazione e messa in opera risultano indispensabili per l'eliminazione, o quanto meno riduzione, dei ponti termici. Le murature stratificate, anche nel caso di utilizzazione di elementi "faccia a vista", prevedono, generalmente, uno strato di isolante intermedio. Un corretto posizionamento dello stesso, in corrispondenza della discontinuità dei materiali o di punti singolari, consente l'eliminazione dei ponti termici.

Nel caso di un edificio con struttura a telaio, è possibile eliminare il ponte termico tra i pilastri e la chiusura verticale esterna facendo, ad esempio, passare lo strato di materiale isolante all'interno dei pilastri stessi, seguendone la geometria; procedura più efficace è far continuare l'isolante sul lato esterno dei pilastri, lasciando al suo interno la struttura e lo strato resistente della stratificazione muraria (figura 3).

Nel caso dell'interfaccia solaio orizzontale e chiusura verticale esterna, bisogna evitare di lasciare il ponte termico che viene inevitabilmente a generarsi in corrispondenza della testa del solaio, causa di successivi cambi di colore o formazione di condensa. Si può eliminare questo ponte termico interrompendo il solaio interpiano, nella parte terminale verso l'esterno, con materiale isolante, che, anche in questo caso, deve poter continuare sopra e sotto nella stratificazione muraria. Tecnicamente, si possono inserire delle strisce di isolante nel cassero prima

del getto del calcestruzzo. Oppure si può seguire la strada di realizzare la struttura orizzontale e lo strato portante completamente staccati dal rivestimento esterno in elementi di laterizio, agganciando lo stesso mediante ancoraggi metallici posizionati puntualmente nella muratura (*figura 4*): l'incidenza di tali ancoraggi sulle proprietà termiche della stessa è comunque trascurabile. Per quanto attiene la loro influenza sull'isolamento acustico, si può manifestare un modesto calo di prestazioni alle medio-basse frequenze. Tale riduzione, normalmente contenuta all'interno dell'incertezza di misura, può essere ritenuta anch'essa trascurabile nel caso di una parete di facciata contenente serramenti [5].

Nel caso dell'interfaccia fra il perimetro del serramento con la chiusura verticale esterna, è fondamentale interrompere il davanzale esterno da quello interno all'edificio, in corrispondenza dello strato isolante che taglia il ponte termico (*figura 5*). È inoltre opportuno isolare in modo appropriato la chiusura verticale in prossimità dei termosifoni, solitamente posizionati sotto le chiusure trasparenti; analoga attenzione va posta per i cassonetti degli avvolgibili: in tal caso, si interviene sul lato esterno per impedire infiltrazioni d'aria e umidità.

### Accorgimenti per la costruzione di involucri acusticamente protetti

L'ottenimento di buone prestazioni di isolamento acustico da parte di componenti edilizi è un problema strettamente connesso con la qualità e la metodologia della realizzazione in opera dei medesimi componenti. In particolare, per quanto attiene le prestazioni acustiche delle facciate, è noto come errate procedure di realizzazione, installazione, montaggio o giunzione dei diversi componenti (murature, serramenti, dispositivi per l'oscuramento e

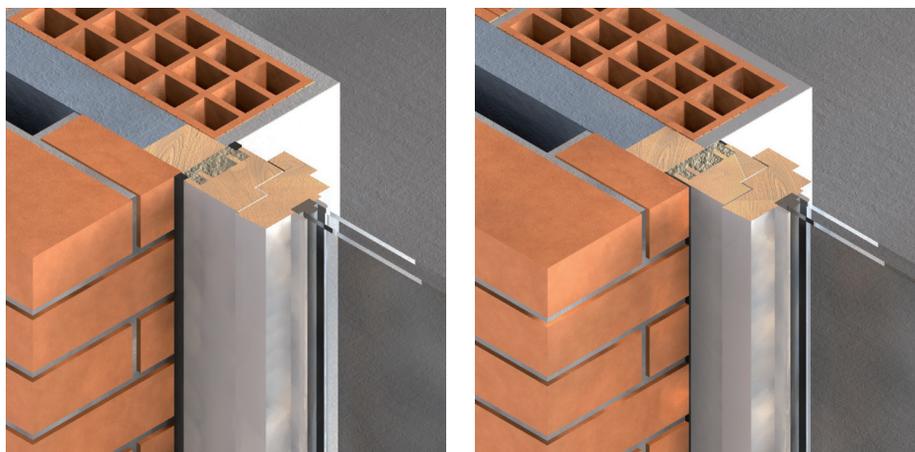


Figura 6 – Giunto “in luce” (a sinistra) e “a battuta” (a destra) per un serramento.

per il passaggio dell'aria, ecc.) possano ridurre fortemente le prestazioni acustiche attese. Vengono pertanto riportate di seguito alcune indicazioni per la corretta esecuzione in opera delle partizioni in muratura.

### *Giunzione tra i componenti di facciata*

La prestazione acustica delle facciate dipende fortemente dalle modalità di giunzione tra i vari componenti. Nel caso del montaggio dei serramenti, deve essere posta particolare attenzione al raccordo tra controtelaio (o telaio fisso) del serramento e vano murario. In generale sono possibili due modalità di giunzione: "in luce" o "a battuta" (figura 6).

In linea di massima, il giunto "a battuta", che può essere realizzato incrementando la dimensione del telaio della finestra di alcuni centimetri rispetto al vano finestra in corrispondenza del paramento esterno della muratura faccia a vista, offre migliori garanzie di tenuta acustica ed all'aria.

In ogni caso, la corretta realizzazione del giunto prevede le seguenti fasi operative [6]:

1. nel caso di finestre, si applica un cordolo di sigillante continuo (ad esempio silicone) in posizione di mezzzeria del traverso inferiore; sulle estremità del cordolo deve essere previsto un leggero eccesso di materiale, per garantire l'effetto barriera anche ai lati del davanzale; nel caso dei giunti "a battuta", il sigillante deve essere posto anche sulle due spallette verticali "a battuta" e, se presente, anche sulla battuta superiore;
2. se il giunto è "in luce", dopo aver posizionato e fissato il serramento, è necessario applicare il supporto di fondo-giunto (in genere di polietilene espanso), continuo e di diametro opportuno, che, inserito nella fuga, esercita sulle pareti una pressione tale da resistere all'iniezione del sigillante espandente e permette di fissare la profondità di inserimento del sigillante conferendo ad esso la libertà di dilatazione o di contrazione;
3. si effettua la chiusura del giunto con materiale espandente (generalmente schiuma poliuretana espandente o strisce di materiale autoespandente) con funzioni riempitive;
4. si sigilla l'esterno e l'interno del giunto con un cordolo di materiale sigillante (ad esempio silicone).

Analoga cura deve essere posta nel montaggio dei cassonetti porta-avvolgibili che rappresentano, frequentemente, punti critici di notevole rilevanza per la prestazione acustica della facciata.

### *Prese d'aria*

Forti problemi di isolamento acustico si riscontrano sempre nelle partizioni in cui siano presenti prese d'aria o forature di vario tipo. In particolare, ciò riguarda solitamente le facciate dei locali dove sono collocati apparecchi a fiamma libera (ad esempio, cucine a gas, bruciatori, ecc.). In base alla legislazione vigente (legge 46/90 e norme UNI CIG 7129), occorre che tali locali siano dotati di una presa d'aria in facciata avente una sezione libera non inferiore a 100 cm<sup>2</sup>. Inoltre, differenti normative raccomandano la presenza di aperture di ventilazione anche nelle facciate dei locali abitabili, per consentire un naturale ricambio dell'aria.

Per limitare la perdita di isolamento acustico, è necessario che tali prese d'aria siano dotate di dispositivi ad accorgimenti fonoisolanti.

### *Trasmissione laterale tra ambienti interni adiacenti*

Uno degli aspetti più problematici per l'ottenimento di buone prestazioni acustiche da parte di pareti in muratura è la trasmissione sonora laterale, ovvero la trasmissione di energia sonora che coinvolge le strutture laterali della parete di separazione (normalmente posta tra distinte unità immobiliari). Particolarmente interessante nella realizzazione delle pareti doppie in elementi di laterizio, è la modalità di giunzione laterale delle stesse con la parete stratificata "faccia a vista".

In figura 7, sono riportate alcune possibili configurazioni del giunto tra una partizione interna a doppio strato ed una parete di facciata.

La configurazione A, quella più frequentemente praticata nelle costruzioni edili, presenta una significativa trasmissione laterale. Il tavolato interno della parete di facciata, dotato spesso di ridotta massa superficiale e non interrotto in corrispondenza del giunto strutturale, costituisce un percorso efficace di trasmissione sonora. Inoltre, il medesimo tavolato crea un ponte acustico tra i due tramezzi della parete interna, contribuendo a ridurre le prestazioni di isolamento acustico.

La configurazione C risulta ottimale poiché elimina il ponte termico presente nella soluzione B e riduce fortemente la trasmissione sonora laterale attraverso la parete di facciata. Questa configurazione, inoltre, consente di eliminare il ponte acustico tra i due tramezzi della partizione interna.

La soluzione C, più vantaggiosa delle altre, può essere realizzata anche interrompendo la continuità del tavolato interno della parete di facciata dopo che questo è stato realizzato (tagliandolo, ad esempio, con un flessibile). Il taglio realizzato può essere eventualmente sigillato, poi, con materiale elastico.

### *Continuità dei giunti di malta e presenza di connessioni tra i tavolati*

La prestazione di potere fonoisolante di una parete doppia può essere fortemente compromessa dalla presenza di discontinuità nei giunti orizzontali o verticali tra i diversi elementi costituenti. In particolare, questo problema può essere ricorrente nelle pareti composte da mattoni ad elevata percentuale di foratura disposti a fori orizzontali. In questo caso, se l'ese-

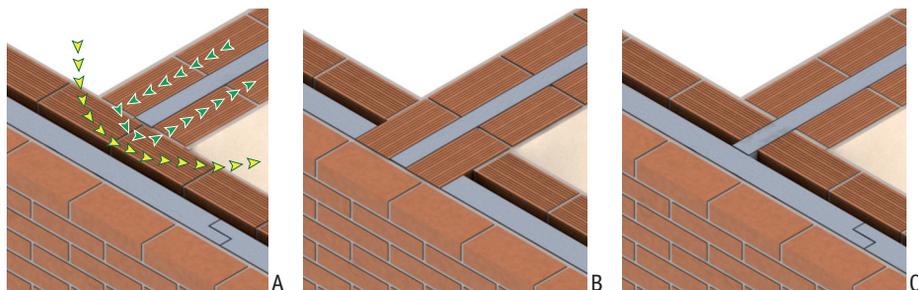


Figura 7 – Alcune configurazioni del collegamento tra parete divisoria interna e parete di facciata a doppio strato in elementi di laterizio.

cuzione non è condotta con cura, i giunti verticali possono risultare solo parzialmente riempiti di malta. Le discontinuità presenti, creando dei ponti acustici, riducono significativamente la prestazione acustica della parete.

Nel caso delle pareti doppie, l'aggiunta di uno strato di intonaco sulla faccia rivolta verso l'intercapedine di uno dei due tavolati contribuisce a migliorare la sigillatura di tutti i giunti, oltre ad incrementare positivamente la massa della parete.

Anche le connessioni rigide tra i due tavolati della parete doppia possono ridurne la prestazione acustica, creando punti di trasmissione delle vibrazioni e rendendo il comportamento della parete analogo a quello di una parete monolitica. Tuttavia, come già evidenziato per le pareti di facciata, l'influenza di tale calo di prestazione assume minore rilevanza, dal momento che la trasmissione dei rumori è attribuibile principalmente ai serramenti ed ai punti di connessione tra i vari componenti della facciata stessa.

### *Materiali fonoassorbenti*

Premesso che nella scelta dei materiali isolanti da collocare all'interno dell'intercapedine delle pareti faccia a vista prevalgono gli aspetti legati al comportamento termo - igrometrico della stratificazione complessiva, dal punto di vista acustico sarebbero da privilegiare i materiali caratterizzati anche da idonee proprietà fonoassorbenti.

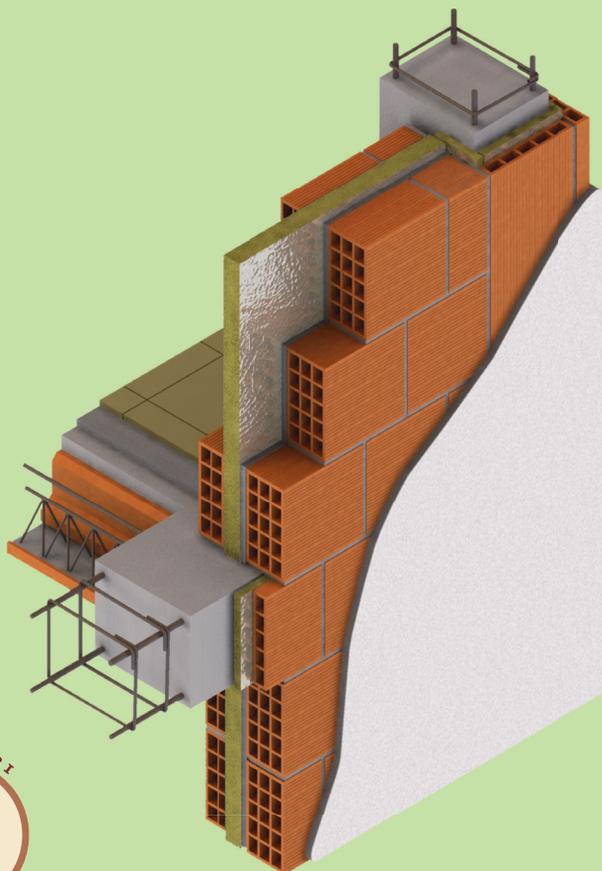
Le pareti doppie in laterizio hanno un comportamento acustico che è determinato principalmente dalla legge della massa complessiva, dal momento che il disaccoppiamento tra i due tavolati (e quindi la possibilità di funzionare secondo il principio del sistema doppio disaccoppiato) è normalmente influenzato negativamente dalle giunzioni laterali e dagli eventuali elementi di connessione tra gli stessi.

Per tale ragione, dal punto di vista dell'isolamento acustico, gli eventuali materiali (termoisolanti) posti all'interno dell'intercapedine hanno la funzione di attenuare le riverberazione acustica all'interno della medesima intercapedine, ma non quello di fungere da elemento elastico di disaccoppiamento strutturale tra gli strati della parete.

La natura e lo spessore del materiale da collocare all'interno di un'intercapedine devono essere scelti in funzione del coefficiente di assorbimento offerto. Materiali fibrosi o porosi a celle aperte garantiscono solitamente buoni valori di assorbimento acustico. Viceversa, i materiali a celle chiuse sono spesso caratterizzati da bassi valori del coefficiente di assorbimento e non sono pertanto idonei a fornire un contributo significativo ai fini della prestazione acustica.



# La corretta esecuzione delle pareti leggere in laterizio



## PREMESSA

Le prestazioni di una muratura dipendono dalle caratteristiche dei prodotti impiegati (elementi in laterizio, malta, intonaco, ecc.), dalla morfologia dell'insieme e dalle modalità di esecuzione.

Se le prime due variabili rimangono inalterate il risultato finale è pesantemente condizionato dall'esperienza del muratore.

L'attuale difficoltà nel reperire maestranze qualificate, adeguatamente organizzate e dirette, porta troppo spesso alla realizzazione di murature scarsamente efficienti. È proprio per questo motivo che uno degli aspetti più interessanti delle tendenze evolutive in atto riguarda la facilitazione della messa in opera, volta, da un lato, a ridurre i tempi necessari per consegnare la parete finita e, dall'altro, a rendere meno faticose, più pulite e più semplici le operazioni di cantiere.

## CARATTERISTICHE GENERALI

Le pareti non portanti possono essere concepite secondo diversi modelli funzionali:

- pareti semplici;
- pareti doppie con intercapedine, dette pareti a cassa vuota;
- pareti doppie con intercapedine isolata, dette pareti a cassetta;
- contropareti;
- contropareti con intercapedine vuota;
- contropareti con intercapedine isolata.

La parete semplice in elementi forati di laterizio è solitamente costituita dai seguenti strati funzionali:

- a. strato di supporto, costituito dagli elementi per muratura e dal legante;
- b. strati di regolarizzazione, protezione e finitura, costituiti da intonaco;
- c. strati di finitura superficiale e/o rivestimento, costituiti da tinteggiature, materiale rigido in lastre o piastrelle, materiale flessibile in rotoli.

La parete doppia in elementi forati di laterizio è costituita dai seguenti strati funzionali:

- a. due strati di supporto, costituiti dagli elementi per muratura e dal legante;
- b. intercapedine d'aria e/o isolante termico e/o acustico, quando necessario;
- c. strato di barriera al vapore, quando necessario;
- d. strato di tenuta all'acqua e all'aria (intonaco di stagnezza), quando necessario;
- e. strati di regolarizzazione, protezione e finitura, costituiti da intonaco;
- f. strati di finitura superficiale e/o rivestimento, costituiti da tinteggiature, materiale rigido in lastre o piastrelle, materiale flessibile in rotoli.

La parete composta con controparete in elementi forati di laterizio è costituita dai seguenti strati funzionali:

- a. strato di controparete, costituito dagli elementi per muratura e dal legante;

- b. strato di supporto principale, costituito secondo il tipo di tecnologia costruttiva adottata (muratura semplice o armata, setto in calcestruzzo armato, struttura prefabbricata, ecc.);
- c. strato o elementi di solidarizzazione fra controparete e parete di supporto, quando necessari;
- d. isolante termico e/o acustico, quando necessario;
- e. strato di barriera al vapore, quando necessario;
- f. strato di tenuta all'acqua e all'aria, quando necessario;
- g. strati di regolarizzazione, protezione e finitura, costituiti da intonaco;
- h. strati di finitura superficiale e/o rivestimento, costituiti da tinteggiature, materiale rigido in lastre o piastrelle, materiale flessibile in rotoli, ecc.

### GIACITURA DEGLI ELEMENTI

Una parete in elementi forati di laterizio è solitamente realizzata con un unico tipo di prodotto ad esclusione di eventuali pezzi speciali per la soluzione di punti critici nelle discontinuità della muratura stessa (angoli, innesti tra murature, aperture, ecc.).

Mantenendo l'orientamento della foratura orizzontale le possibili giaciture per la realizzazione di murature in elementi forati di laterizio sono essenzialmente due ovvero:

- appoggiando l'elemento secondo la faccia minore, si ottiene una giacitura detta, di volta in volta, di taglio, a coltello, in lista, ecc. (tali murature, quando di ridotto spessore, sono anche dette soprammattoni);
- appoggiando l'elemento secondo la faccia maggiore, si ottiene una giacitura detta, di volta in volta, ad una testa, in piano, in spessore.

Con la variazione del tipo di giacitura si ottengono da un unico elemento murature di differente spessore.

Non sempre gli elementi forati di laterizio possono essere posati indifferente secondo le due modalità, come accade, ad esempio, per i prodotti a migliorate prestazioni termiche a setti sfalsati, nei quali la giacitura è praticamente obbligata. Anche gli elementi forati in laterizio a fori verticali hanno una sola possibile giacitura.

Per ragioni estetiche, o per particolari soluzioni atte a creare pareti ad alto assorbimento delle onde sonore, è possibile posare gli elementi con i fori in direzione ortogonale all'andamento della parete: è il caso di parapetti o contropareti [figura 1].

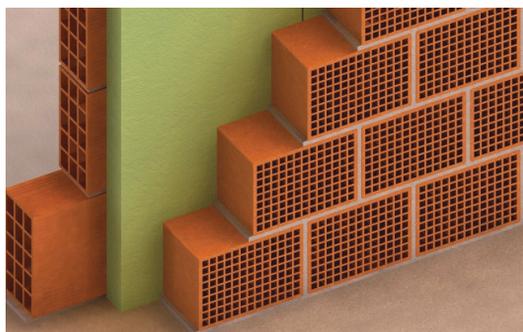


Figura 1 - Parete fonoassorbente con giacitura a fori ortogonali all'andamento della parete.

### TOLLERANZE DI VERTICALITÀ

Le tolleranze di verticalità sono da considerarsi in funzione dell'intonaco o del rivestimento previsto tenendo presente che ad opera ultimata si dovrebbero ottenere i seguenti risultati:

- planarità generale, scostamento minore dello 0,2% (scostamento rispetto al piano teorico identificato da un regolo di 2,0 m appoggiato in tutti i sensi sulla superficie da controllare);
- planarità locale, scostamento minore di 4,0 mm (scostamento rispetto al piano teorico identificato da un regolo di 1,0 m appoggiato in tutti i sensi sulla superficie da controllare);
- rettilineità degli spigoli e verticalità, scostamento minore di 5,0 mm, rispetto all'altezza di vano.

### MALTA PER GIUNTI

Nelle murature in laterizio la funzione principale della malta è quella di legare gli elementi fra di loro, di ripartire il carico su tutta la superficie dei giunti e di assicurare la continuità delle caratteristiche prestazionali, in particolare la tenuta, realizzando una muratura omogenea.

Per l'esecuzione di pareti in laterizio è consigliabile l'impiego di malte bastarde o composte con calce idraulica e cemento che, oltre a presentare una migliore lavorabilità, hanno proprietà meccaniche più simili al laterizio rispetto alle malte esclusivamente cementizie e contribuiscono ad una maggiore omogeneità di comportamento della parete nel suo insieme. La qualità della malta dipende dalla qualità delle materie prime e dal dosaggio delle stesse. La qualità delle materie prime è legata alla loro purezza. L'acqua deve essere limpida e non contenere sostanze estranee alla sua composizione quali limo, argilla, particelle in sospensione e composti chimici che possono compromettere il processo di indurimento della malta o provocare delle alterazioni indesiderate. Di norma l'acqua non deve essere aggressiva tanto meno contenere solfati o cloruri in percentuale dannosa (nel complesso non superiore allo 0,1%): deve essere esente da grassi e sostanze organiche. Relativamente al cemento, fino al 1993 in Italia vigeva una normativa che regolamentava la produzione dei cementi sul territorio nazionale. Con l'avvento delle regole comunitarie nell'Unione Europea, anche per il cemento è stata concordata una nuova normativa (EN 197/1) basata su una classificazione unica. La nuova norma accoglie tutte le tecniche consolidate nei singoli Paesi e le uniforma in un'unica classificazione europea: il risultato di questa complessa operazione è un numero di cementi molto elevato (circa 150). In Italia si calcola che siano presenti sul mercato solo 30-40 cementi dei 150 potenzialmente producibili secondo la norma UNI EN 197/1. Si tratta comunque di un aumento significativo se si pensa che con la vecchia normativa erano disponibili sul mercato italiano solo 7-8 tipi di cementi.

La normativa europea sui cementi è incentrata su due requisiti fondamentali: la classe di resistenza ed il tipo di cemento, questo ultimo inteso come composizione dei suoi ingredienti.

Classe di resistenza	Resistenza a compressione (N/mm <sup>2</sup> ) minima garantita a:		
	2 giorni	7 giorni	28 giorni
32,5	-	16,0	32,5
32,5R	10,0	-	32,5
42,5	-	10,0	42,5
42,5R	20,0	-	42,5
52,5	-	20,0	52,5
52,5R	30,0	-	52,5

Tabella 1 - Resistenza meccanica a compressione per le classi di resistenza dei cementi.

Esistono 25 diversi tipi (o sottotipi) di cemento e ciascuno può essere disponibile in 6 diverse classi di resistenza.

Ciascun tipo di cemento viene fornito dal produttore in una delle seguenti classi di resistenza: 32,5, 32,5R, 42,5, 42,5R, 52,5 e 52,5R. Il numero (32,5, 42,5 oppure 52,5) individua la soglia minima di resistenza meccanica a compressione, in N/mm<sup>2</sup>, misurata a 28 giorni, mentre la presenza della lettera R (rapido) indica il comportamento meccanico del cemento alle brevi stagionature: per esempio, sia il cemento di classe 32,5, sia quello di classe 32,5R debbono superare a 28 giorni la resistenza meccanica di 32,5 N/mm<sup>2</sup>; tuttavia il cemento di classe 32,5R deve anche superare la soglia di 10,0 N/mm<sup>2</sup> a 2 giorni, mentre quello di classe 32,5 deve garantire il raggiungimento di un limite prestazionale a 7 giorni [tabella 1].

Rispetto alla tradizionale nomenclatura (cemento Portland 425, cemento pozzolanico 325, ecc.) i cementi vengono individuati con codici alfa-numeric (CEM III B 32,5R, CEM II-A/L 42,5, ecc.).

La suddivisione dei cementi in base alla loro composizione prevede cinque tipi:

1. Cemento Portland (un solo tipo) con almeno il 95% di clinker;
2. Cementi Portland di miscela (17 sottotipi) dove il clinker è ancora predominante (almeno 79%) e dove gli altri costituenti (escluso il fumo di silice impiegabile solo nell'intervallo

**Il PORTLAND** è il cemento sul quale si basano quasi tutti i leganti idraulici moderni (ad eccezione del cemento alluminoso). La sua composizione chimica è circa la seguente: SiO<sub>2</sub> (20÷23%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3÷8%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,5÷5%), CaO (64÷68%), MgO (1÷3% massimo tollerato), SO<sub>3</sub> (1÷2,5% massimo tollerato), NA O+K O (0,5÷1,5% massimo tollerato).

È prodotto cuocendo un'opportuna miscela di terre naturali e/o artificiali (calcare, argilla, cenere di pirite, ecc.) e macinando successivamente il prodotto della cottura (clinker di cemento Portland). Poiché il clinker da solo presenterebbe dei limiti pratici di impiego nella miscelazione con acqua (presa troppo rapida e difficoltà nel trasporto e nella messa in opera), esso viene co-macinato con un quantitativo limitato (4-6% del totale) di minerali solfatici (gesso o anidride) che fungono da regolatori della presa.

Il tipo di cemento dipende dagli ingredienti impiegati e dalla loro proporzione: oltre all'ingrediente principale i vari tipi di cemento si distinguono per la presenza (in percentuali variabili) di costituenti minerale quali pozzolana vulcanica naturale, loppa d'altoforno, cenere volante, fumo di silice, ecc.

- 6-10%) possono oscillare tra 6-20% oppure 21-35%; nel primo caso apparirà nella sigla corrispondente la lettera A, mentre se l'intervallo compositivo è maggiore apparirà la lettera B. La sigla di questi cementi è formata da II, seguito dalla lettera A oppure B a seconda della quantità di costituente minerale, ed infine da una lettera che individua lo specifico costituente minerale: S per loppa, P per pozzolana naturale, L per calcare, ecc. Per esempio la sigla II/A-S sta ad indicare un cemento Portland di miscela (II), contenente loppa (S) in una proporzione variabile dal 6 al 20% (A), e prenderà il nome di Cemento Portland alla loppa. Se, invece, accanto al prevalente clinker di cemento Portland sono presenti più di un costituente minerale (loppa, pozzolana, cenere, ecc.) il legante risultante sarà chiamato Cemento Portland composito individuato dalla sigla M;
3. Cemento d'altoforno (3 sottotipi), per il quale sono previsti 3 livelli compositivi nel contenuto di loppa che vengono individuati nella sigla del cemento con: A (loppa 36-65%), B (loppa 66-80%), C (loppa 81-95%). Quest'ultimo rappresenta il cemento con il minor contenuto di clinker (che può scendere fino al 5%) e che proprio per questo si caratterizza per il bassissimo calore di idratazione (apprezzato nei getti di massa) oltre che per un'ottima resistenza all'attacco del solfato, dei sali disgelanti e dell'acqua di mare. Ovviamente questo specifico cemento d'altoforno (con sigla III/C) è disponibile nelle classi di resistenza più basse (32,5 o al massimo 32,5R);
  4. Cemento pozzolanico (2 sottotipi), dove il contenuto di clinker è compreso negli intervalli 65-89% (A) oppure 45-64% (B) e come costituente minerale è presente una miscela di microsilice, cenere silicica e pozzolana naturale o industriale. Il cemento pozzolanico (IV) propriamente detto, come del resto il cemento d'altoforno (III), si distingue rispettivamente dal cemento Portland alla pozzolana (II) e dal cemento Portland alla loppa II per il minor contenuto di clinker. Quindi, anche per il cemento pozzolanico, soprattutto quello B con maggior contenuto di pozzolana (36-55%), sarà difficile prevedere la disponibilità nelle classi di resistenza più elevate (42,5R, 52,5 e 52,5R);
  5. Cemento composito (2 sottotipi), con un contenuto di clinker ridotto (40-64% oppure 20-39%) e con una miscela di loppa, pozzolana e cenere silicica come costituenti minerali. Non va confuso con il cemento Portland composito (II/M) più ricco in clinker

*La **POZZOLANA** da sola, ancorché finemente macinata, non indurisce al contatto con acqua: non si tratta quindi di un legante idraulico. Tuttavia in presenza di calce (almeno 20-30%) si comporta come un ottimo legante idraulico con prestazioni superiori (per resistenza meccanica e durabilità) rispetto alla sola calce. Questo comportamento (denominato "attività pozzolanica") è dovuto ad un complesso di interazioni con la calce e con l'acqua d'impasto. Su questo principio i Romani svilupparono una tecnologia innovativa per la confezione di malte e calcestruzzi, a base di calce e pozzolana, destinati alla realizzazione di opere edili e soprattutto idrauliche o marittime.*

*La combinazione della pozzolana con il cemento Portland (40-50% del totale) è dovuta alla fortunata circostanza che quest'ultimo, a contatto con l'acqua d'impasto, libera progressivamente la calce che diventa disponibile per attivare l'indurimento della pozzolana.*

*Il successo del cemento pozzolanico è legato alle migliori prestazioni conseguibili in alcune circostanze (minor sviluppo di calore, preferito soprattutto in getti massivi quali quelli necessari per la realizzazione di dighe, platee di grosso spessore, ecc.; migliore resistenza offerta all'attacco chimico dei solfati e delle acque marine; maggiore resistenza offerta alla penetrazione dei cloruri).*

*La LOPPA granulata di origine industriale (scoria nella lavorazione dell'acciaio e della ghisa), purché raffreddata rapidamente allo stato vetroso, presenta la peculiare caratteristica di poter indurire sia pure lentamente, se finemente macinata e mescolata con acqua, anche in assenza di calce. In realtà, piccole aggiunte di clinker (e quindi della relativa calce liberata) ne accelerano l'indurimento; cosicché nella miscelazione della loppa con il cemento Portland è possibile far variare entro una gamma molto ampia (da 0 a 95%) la percentuale di loppa nel legante. Ovviamente i leganti con quantità differenti di loppa non saranno prestazionalmente equivalenti, soprattutto nella resistenza meccanica alle brevi stagionature (2-7 giorni) dove il contributo della loppa (lenta a indurire) è modesto (per tale motivo è impossibile produrre un cemento d'altoforno con 90% di loppa nelle classi di resistenza 42,5R, 52,5 e 52,5R).*

*Le prestazioni dei calcestruzzi con cemento d'altoforno sono simili a quelle dei conglomerati con cemento pozzolanico.*

e più povero in costituenti minerali. Oltre agli ingredienti tradizionali (pozzolana naturale e loppa d'altoforno) altri prodotti minerali (quasi tutti di recupero da processi industriali) sono stati introdotti nel processo produttivo dei cementi. Questi, tra gli altri, includono:

- la cenere volante (di tipo calcico o silicico), residuo della combustione nelle centrali termiche a carbone, si presenta in forma di particelle pressoché sferiche (5-90  $\mu\text{m}$ ), piene o più spesso cave, capaci di favorire, proprio per la loro forma tondeggiante, la lavorabilità dei calcestruzzi;
- il fumo di silice, sottoprodotto del processo produttivo del silicio metallico o delle leghe metalliche ferro-silicio, si presenta in forma di microsferiche con dimensioni prevalentemente al di sotto di 0,1  $\mu\text{m}$ , capaci di allocarsi negli interstizi tra i granuli di cemento (1-50  $\mu\text{m}$ ). Tuttavia, la elevata finezza del fumo di silice non ne consente una percentuale d'impiego maggiore del 10% per il conseguente aumento nella richiesta d'acqua di impasto. Di fatto, il fumo di silice (quasi sempre abbinato ad un superfluidificante per compensare la eccessiva richiesta d'acqua) viene per lo più impiegato come additivo in polvere per calcestruzzi impermeabili e ad alta resistenza meccanica a compressione (>60,0 N/mm<sup>2</sup>);
- la pozzolana industriale, scoria vetroso delle lavorazioni di leghe metalliche non-ferrose;
- lo scisto calcinato, residuo della torrefazione di scisti argillosi impregnati di bitume.

La sabbia è caratterizzata dalla provenienza, dalla purezza e dalla granulometria. Per il confezionamento delle malte le sabbie migliori sono quelle provenienti da cave subacquee, oppure da fiumi e da laghi, purché siano state lavate e prive di sali, sostanze organiche, terrose o argillose.

La prova di decantazione in acqua non deve dare una perdita in peso superiore al 2%. Sono preferibili sabbie silicee, senza elementi calcarei teneri o chimicamente alterabili. Per quanto riguarda la granulometria, il diametro massimo è solitamente fissato nella misura di 5,0 mm con una forma dei grani che deve essere arrotondata e non lamellare o allungata.

La massa volumica apparente di un mucchio sciolto e non assestato di sabbia per malta, allo stato umido, è orientativamente di 1.300 kg/m<sup>3</sup>.

Un sistema per fissare il dosaggio della malta è quello di esprimere in volume le quantità di tutti i componenti della malta stessa. L'inconveniente di questo sistema sta nel fatto che il volume dei materiali varia in relazione al contenuto di umidità e al grado di assestamento, per cui è opportuno fissare anche tali condizioni.

Altro sistema utilizzato è quello della espressione dei leganti in chilogrammi per metro cubo di sabbia, mentre l'acqua è dosata in litri; resta sempre la necessità di fissare per la sabbia il grado di umidità e di assestamento. Generalmente si fa riferimento a mucchi di sabbia e di legante in polvere non costipati e ad una umidità della sabbia del 2÷5%. Per passare da un dosaggio in parti, espresse come rapporti in volume, ad un dosaggio in pesi si potranno utilizzare i seguenti valori della massa volumica apparente dei leganti:

- cemento: 1.100÷1.200 kg/m<sup>3</sup>;
- calce idraulica: 800÷900 kg/m<sup>3</sup>;
- sabbia umida: 1.300 kg/m<sup>3</sup>.

In alcuni casi, come ad esempio nella effettuazione del computo metrico ed estimativo, può essere utile riferirsi al metro cubo di malta da impiegarsi per la realizzazione di una muratura. Si dovrà allora tenere presente che il rendimento volumetrico è di poco inferiore ad 1: ovvero per un metro cubo di sabbia non si ottiene un metro cubo di malta perché leganti e acqua determinano un assestamento dell'inerte.

La quantità di acqua non è precisata; essa deve essere tale da permettere l'idratazione dei leganti e la lavorabilità della malta tenendo conto che ogni eccesso ne aumenta la porosità e il ritiro durante l'indurimento.

Le malte bastarde hanno resistenza meccanica a compressione variabile da 10,0 a 2,5 N/mm<sup>2</sup>, a seconda del maggiore o minore dosaggio in cemento. La loro maggiore lavorabilità dipende dalla plasticità, dalla capacità di trattenere l'acqua, dalla coesione e dal potere adesivo conferito dalla calce idraulica.

Le malte bastarde hanno, a parità di contenuto di legante, una maggiore elasticità e sono meno soggette a ritiro delle malte cementizie, per cui è più difficile che si manifestino fessurazioni in corrispondenza dei giunti con conseguente perdita di resistenza e di tenuta della muratura.

In particolare, per le pareti in muratura di elementi forati di laterizio, debolmente sollecitate da carichi, quali le pareti divisorie e di tamponamento, la malta più idonea presenta un dosaggio in parti uguali o quasi in cemento e calce idraulica. Per le mura- ture realizzate con elementi forati di laterizio di ridotto spessore (4,5÷5,0 cm) l'impiego di malte cementizie è assolutamente sconsigliato.

*Il CEMENTO ALLUMINOSO non è stato classificato nella norma UNI EN 197/1.*

*Prodotto cuocendo fino a fusione una miscela di calcare e bauxite, il cemento alluminoso presenta un tenore di silice ridotto ad un massimo del 9÷10% mentre l'allumina e la calce sono presenti in quantità di circa il 35÷45%.*

*L'indurimento dei calcestruzzi confezionati con tali cementi è molto rapido e avviene con sviluppo di notevoli quantità di calore di idratazione, cosa che lo rende utile per gettate in climi freddi ma ne impedisce l'uso per gettate di notevoli dimensioni che si creperebbero vistosamente nella fase di raffreddamento. Questo cemento ha una buona resistenza alle acque marine e solfatiche.*

La norma UNI EN 998-2 distingue due tipi di malta: la malta da muratura a prestazione garantita, quando la composizione e il metodo di produzione sono scelti dal produttore per ottenere le proprietà specificate, e la malta da muratura a composizione prescritta, quando le proprietà risultano dalla proporzione dichiarata dei costituenti.

Una seconda distinzione è basata sull'uso: si hanno malte di Tipo G, per scopi generali e quindi senza caratteristiche speciali; di Tipo T, per la posa di blocchi rettificati (malta per muratura a strato sottile); di Tipo L, quando si tratta di malta leggera (con massa volumica non superiore a 1.300 kg/m<sup>3</sup>) e a prestazioni termiche migliorate.

Una terza distinzione è fra malta prodotta in fabbrica, che può essere umida, se già pronta all'uso, o secca; malta semifinita, prodotta in fabbrica, alla quale possono essere o meno aggiunti ulteriori componenti specificati o forniti dal fabbricante; malta prodotta in cantiere, che tuttavia non è normata dalla UNI EN 998-2. Definiamo sette classi di malta, in funzione della resistenza a compressione che la malta deve superare [tabella 2].

Classe	M1	M2,5	M5	M10	M15	M20	Md
Resistenza compressione N/mm <sup>2</sup>	1	2,5	5	10	15	20	d

Tabella 2 - Classi delle malte secondo la UNI EN 998-2.

La norma specifica che la tabella si applica a malte a prestazione garantita. Per le malte a prestazione garantita va dichiarata anche la forza di adesione della malta all'elemento per muratura, con riferimento a prove sperimentali sulla base della EN 1052-3 o con riferimento a valori tabulati.

Per tutte le malte destinate a impieghi esterni, ed esposte direttamente alle intemperie, va valutato e dichiarato l'assorbimento d'acqua, secondo la EN

1015-18; analogamente per la permeabilità al vapore d'acqua, il cui valore va però dichiarato secondo i valori riportati nella tabella A.12 della EN 1745. Sempre al prospetto A 12 della EN 1745 si deve fare riferimento quando si tratti di malte destinate a essere utilizzate in elementi soggetti a requisiti termici, e per le quali quindi si debba dichiarare il valore della conduttività  $\lambda_{10, \text{secco}}$ .

Le malte per posa a strato sottile sono poi soggette a requisiti sulla dimensione massima dell'aggregato (2,0 mm) e al tempo di correzione, ossia il tempo entro il quale è possibile eseguire aggiustamenti sulla posizione degli elementi per muratura.

È normata anche la reazione al fuoco, che, nel caso il contenuto di organico in massa o in volume sia inferiore all'1%, è sempre A1, senza necessità di prove. Malte leggere nelle quali siano, ad esempio, presenti sfere di polistirene in quantità superiore all'1% andranno quindi opportunamente provate e classificate.

L'Appendice B della normativa fornisce alcuni esempi (è chiaramente specificato che si tratta di esempi che "dovrebbero solo essere considerati come tali") di costruzioni soggette a esposizione severa, moderata e passiva. L'esposizione passiva non è altro che quella di pareti esterne di muratura, provviste di protezione adatta, come, ad esempio, uno strato spesso di intonaco (lo spessore non è definito, ma è lasciato alla valutazione delle condizioni climatiche del luogo).

L'Appendice C fissa la resistenza caratteristica a taglio iniziale delle malte a prestazione garantita in:

- 0,15 N/mm per la malta per scopi generali e per la malta leggera;
- 0,30 N/mm<sup>2</sup> per la malta in strato sottile.

Tale resistenza può essere assunta come valore di adesione malta-elemento per muratura in assenza di prove sperimentali.

L'Appendice AZ1 individua le caratteristiche essenziali che devono essere oggetto di dichiarazione da parte del produttore.

Si rileva pertanto che per malte da muratura a prestazione garantita devono essere dichiarati i valori di:

- resistenza a compressione;
- aderenza, in base a prove o a valori tabulati;
- contenuto di cloruri, nel caso di malte destinate a opere di muratura armata;
- reazione al fuoco, per malte destinate a essere impiegate in murature soggette a requisiti antincendio;
- assorbimento d'acqua, per malte destinate a impieghi esterni;
- permeabilità al vapore d'acqua, per murature esterne;
- conducibilità termica, per malte destinate a murature soggette a requisiti di isolamento termico;
- durabilità;
- sostanze pericolose.

Nel caso di prestazioni non obbligatorie, si potrà utilizzare l'opzione N.P.D. (prestazione non determinata).



*Figura 2 - Posa in opera di elementi leggeri in laterizio a giunti sfalsati.*

### SFALSAMENTO DEI GIUNTI

Indipendentemente dal tipo di muratura che si vuole realizzare, i giunti verticali di connessione tra elemento ed elemento devono essere sempre opportunamente sfalsati e riempiti con malta con continuità, così come avviene per i giunti orizzontali, per garantire la collaborazione degli elementi dei differenti corsi.

In caso di cattiva esecuzione e posa in opera non corretta si ha una sensibile riduzione delle prestazioni della parete, in particolare della resistenza meccanica.

Lo spessore dei giunti di malta fra elementi forati deve essere compreso fra 5,0 e 15,0 mm. Nel passato alcuni manuali consigliavano spessori minori per ridurre il calo ovvero l'assottigliamento della muratura dovuto alla compressione dei giunti di malta.

Per realizzare murature omogenee è necessario che lo sfalsamento dei giunti verticali sia il maggiore possibile: in una parete realizzata a regola d'arte, i giunti verticali del corso superiore coincidono con la mezzeria dell'elemento in laterizio del corso inferiore. In generale, per lo sfalsamento S dei giunti verticali si può assumere il seguente riferimento:

$$S \geq 0,4 h \geq 4,5 \text{ cm}$$

dove:

S = sfalsamento del giunto verticale;

h = altezza dell'elemento.

La sovrapposizione  $S$  deve quindi essere maggiore di 0,4 volte l'altezza dell'elemento ( $h$ ) e comunque maggiore di 4,5 cm.

Pertanto, per un elemento in laterizio di 25,0x25,0 cm di dimensione la sovrapposizione dovrà essere non inferiore a 10,0 cm [figura 3].

Ciò consente, al fine della stabilità della muratura stessa, di utilizzare al meglio la malta posta nei giunti orizzontali per realizzare la coesione fra gli elementi del corso inferiore e gli elementi del corso superiore.

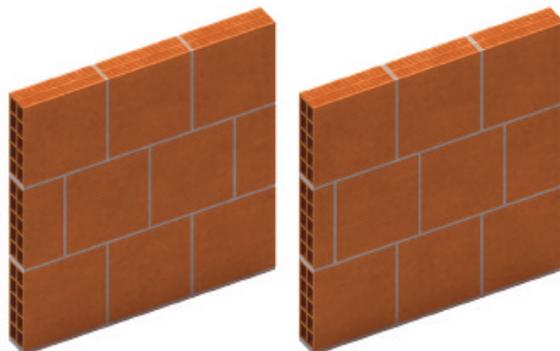


Figura 3 - Sfalsamento dei giunti verticali:

a) soluzione corretta;

b) soluzione non corretta

(sfalsamento del giunto verticale inferiore a 10,0 cm).

## GLI INTONACI

Ad eccezione delle murature faccia a vista, le superfici murarie sono sempre regolarizzate mediante uno strato di intonaco la cui aderenza al supporto è fondamentale, sia ai fini della integrità dello strato, sia ai fini della funzione di protezione che questo deve svolgere, in particolare sulle facce a contatto con l'esterno.

L'intonaco può costituire rivestimento di pareti esterne e di pareti interne in locali in condizioni ambientali normali o particolari (servizi igienici, cucine, lavanderie, ecc.).

Le principali funzioni svolte dall'intonaco sono di:

- regolarizzazione delle superfici del supporto;
- decorazione;
- irrigidimento;
- protezione dagli agenti ambientali e di utenza;
- tenuta all'aria;
- impermeabilità all'acqua.

La impermeabilità all'acqua assume gradi diversi a seconda che si tratti di intonaci propriamente impermeabili o meno.

La tenuta all'aria è particolarmente importante anche dal punto di vista acustico; l'intonaco migliora notevolmente il potere fonoisolante della parete, non solo per un au-

**L'INTONACO** (derivazione di tonaca, atta a rivestire) è un limitato spessore di malta che si distribuisce sulla superficie delle murature a scopo protettivo e per consentire l'applicazione di rivestimenti.

mento di massa della stessa, ma soprattutto per la eliminazione di zone permeabili all'aria e quindi al rumore.

L'intonaco risponde anche ad un'esigenza igienica dell'edilizia.

Alcuni tipi di intonaco svolgono, inoltre, specifiche funzioni integrative delle prestazioni delle pareti quali l'isolamento termico (intonaci isolanti), la protezione al fuoco (intonaci antincendio) e la fonoassorbenza (intonaci fonoassorbenti).

### STRATIFICAZIONE DELL'INTONACO

Gli elementi di laterizio sono compatibili con tutti i tipi di intonaco, poiché l'aderenza con le malte è elevata; occorre evitare di utilizzare intonaci troppo rigidi, in particolare per le murature più leggere e di ridotto spessore e ancor più per le contropareti che sono intonacate solo su di una faccia.

Gli intonaci tradizionali sono realizzati per strati che garantiscono la compatibilità dell'intonaco con il supporto, da un lato, e con l'ambiente, dall'altro, evitando le patologie proprie di questi strati di rivestimento (fessurazioni, distacchi, cavillature, ecc.).

Ogni strato assolve funzioni diverse e perciò è realizzato con malte a differente composizione e a diverso dosaggio.

Il primo strato, rinzaffo, rabboccatura o strato di aderenza, serve a regolarizzare il supporto e ad assicurare l'aderenza degli strati successivi. In genere la malta presenta inerti a granulometria più grossa e maggiore dosaggio di leganti ad elevata resistenza e rigidità (cemento).

Il secondo strato, arriccio o stabilitura, ha la funzione di assorbire i movimenti dello strato sottostante in fase di indurimento, mantenendo la consistenza omogenea del rivestimento e offrendo una superficie regolare, ma ancora abbastanza ruvida, allo strato finale. Questo strato costituisce il corpo dell'intonaco e ne assicura, con la sua compattezza, le funzioni di tenuta all'aria e l'impermeabilità; la granulometria degli inerti è più fine e il contenuto in leganti ad alta resistenza meccanica è minore rispetto allo strato precedente per assicurare una buona elasticità dello strato stesso. Negli intonaci a due strati costituisce anche lo strato di finitura.

Il terzo strato, velo o finitura, ha spessore ridotto e assolve a funzioni estetiche e protettive [figura 4].

Per abbreviare i tempi di esecuzione dell'intonaco o per ottenere particolari rese estetiche può essere realizzato con leganti diversi da quelli utilizzati negli strati sottostanti (resine acriliche, gesso su malta a legante idraulico, ecc.). L'intonaco tradizionale, comunemente denominato intonaco civile, può assumere, in funzione della finitura, diverse caratterizzazioni:

- finito a velo, quando lo strato finale è liscio e ottenuto con una malta di sabbia finissima;
- finito a rustico, quando si applica solo uno strato di rinzaffo spianandolo grossolanamente con una cazzuola;
- finitura al grezzo, quando si termina con lo strato di arriccio spianandolo grossolanamente con una cazzuola, un regolo o una staggia (asta di legno o alluminio).

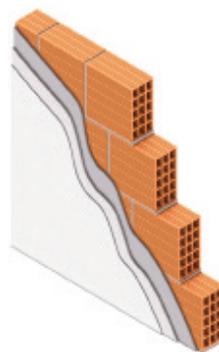


Figura 4 - L'intonaco tradizionale viene eseguito in più strati.

La finitura al grezzo costituisce anche il supporto per l'applicazione di rivestimenti ceramici.

Gli intonaci pronti all'uso (miscela secca dosata in stabilimento) o premiscelati (che presentano anche l'acqua e che quindi possono essere messi direttamente in opera) non presentano la stratificazione propria degli intonaci tradizionali; grazie agli additivi e al controllo sulle miscele è infatti possibile realizzare intonaci monostrato o, più raramente, a due strati.

Questo può apparire in contraddizione con quanto detto a proposito della funzione dei differenti strati, ma, sotto il controllo di una produzione industriale, miscele di leganti e additivi permettono di modificare alcune caratteristiche delle malte cui sono attribuibili i più rilevanti fenomeni di degrado.

### POSA IN OPERA

La corretta esecuzione dell'intonaco sulle superfici della parete, dell'ordine di 1,5÷2,0 cm per esterni e di 1,0÷1,5 cm per interni, risulta fondamentale per garantire le migliori prestazioni della parete stessa.

La muratura in laterizio, prima della stesura dell'intonaco, deve essere pulita e resa esente da tracce di sostanze estranee; deve risultare sufficientemente asciutta (assenza di fenomeni di umidità per condensa, risalita dal terreno, ecc.) e deve essere bagnata senza eccedere prima della esecuzione dell'intonaco, lasciando un'umidità sufficiente nella parete al fine di evitare l'assorbimento, da parte di quest'ultima, dell'acqua di impasto dell'intonaco. L'eventuale malta debordante dai giunti della muratura deve essere asportata. Per la regolarità dell'esecuzione dell'intonaco civile, dopo la posa dello strato di rinzaffo si predispongono dei capisaldi di malta ben allineati e complanari e si realizzano delle fasce verticali a malta a congiungere i capisaldi in modo che costituiscano le guide di riferimento per la posa dello strato di arriccio.

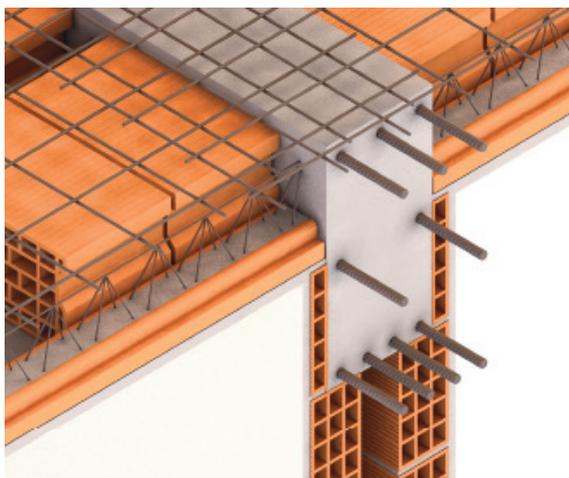
Gli intonaci pronti all'uso vengono consegnati in cantiere in sacchi o in silos, impastati a macchina con acqua e spruzzati tramite un tubo ad aria compressa sulla superficie muraria.

Tradizionali o premiscelati, la finitura superficiale degli intonaci è solitamente liscia a fratazzo (finitura grezza) o a fratazzino (finitura liscia). Difetti localizzati sulla superficie muraria, quali non planarità, tracce, ecc., devono essere eliminati con malta dello stesso tipo di quella dell'intonaco e con il ricorso ad armature di rinforzo in fibra di vetro o metalliche trattate con procedimenti anticorrosione. Le armature sono necessarie quando lo spessore della ripresa supera i 3,0 cm.

Gli intonaci non devono essere realizzati in periodo di gelo, su supporti surriscaldati o troppo asciutti e in presenza di vento secco.

La parte superiore dell'intonaco deve essere protetta da infiltrazioni d'acqua e gli intonaci esterni, ad eccezione di quelli a cemento, devono essere arrestati prima di terra (al di sopra della zona che può essere soggetta a spruzzi), ad una altezza di almeno 15,0 cm, senza essere al di sopra della eventuale impermeabilizzazione.

Quando sono previsti dei profili metallici di rinforzo e protezione degli angoli, questi devono essere preventivamente fissati al supporto con malta ed essere di acciaio trattato anticorrosione.



*Figura 5 - Rivestimento di una struttura in calcestruzzo armato per ottenere un supporto omogeneo per l'intonaco.*

Il principio operativo di base per la realizzazione delle murature consiste nel mirare il più possibile a non creare discontinuità nelle cortine murarie, pur trovandosi in presenza di elementi o parti di edificio realizzati con altri materiali o altre tecnologie dalle caratteristiche differenti da quelle dei laterizi.

Quando una parete in elementi forati di laterizio è contigua a travi o pilastri in calcestruzzo armato, come nel caso di interruzione di murature di tamponamento, per evitare fessurazioni nell'intonaco e ridurre il ponte termico relativo, se le dimensioni in spessore degli elementi lo permettono, è opportuno rivestire le strutture in calcestruzzo armato con tavelle di laterizio al fine di realizzare la continuità del supporto [figura 5].

Nel caso in cui tale accorgimento non possa essere adottato è possibile rinforzare in queste zone l'intonaco con una rete d'armatura di idonea larghezza, in corrispondenza del giunto fra i due diversi materiali.

Tutto ciò a prescindere dagli eventuali ponti termici che, come già detto, dovranno essere risolti in ogni caso.

Nel caso di pareti doppie di tamponamento è consigliabile la posa di uno strato di intonaco sulla faccia interna del tavolato esterno (intonaco di stagnezza), che consente un netto miglioramento delle prestazioni complessive: lo strato di intonaco viene steso sulle superfici con funzione di potenziamento della tenuta della muratura all'acqua, all'aria e ai rumori aerei. Per il tavolato interno, se di ridotto spessore, si devono tenere presenti le raccomandazioni relative alle pareti semplici.

Per gli intonaci interni si usano ordinariamente malte di calce aerea o idraulica o anche di gesso, composte da scagliola, usata da sola oppure in miscela con sabbia.

Per gli intonaci esterni, a causa della diretta esposizione agli agenti atmosferici si usano malte di calce eminentemente idraulica o di cemento o malte bastarde.

Le due facce di ogni parete dovrebbero avere, soprattutto nel caso di spessori ridotti, lo stesso tipo di intonaco onde evitare il verificarsi di sollecitazioni superficiali nelle fasi di presa e ritiro, che potrebbero interessare la stessa integrità della parete e delle finiture.

Nel caso di pareti semplici è da evitarsi la posa dell'intonaco su una sola delle due facce

se non a scapito delle prestazioni della parete: qualora risultasse necessario intonacare una sola faccia è consigliabile l'impiego di un intonaco a base di leganti idraulici.

Nel caso di rilevanti sollecitazioni, come quelle derivanti dalla deformazione dei solai o dai sovraccarichi orizzontali, potrà essere verificata la necessità di rinforzare la parete con un intonaco armato [figura 6].

L'armatura è realizzabile con rete in fibre di vetro, in fibre sintetiche o in acciaio, inglobata nello spessore del rinzafo dell'intonaco e ben aderente alla muratura. Il tipo di armatura deve essere scelto in funzione delle sollecitazioni meccaniche previste, delle condizioni ambientali e della compatibilità fra i materiali impiegati. In commercio esistono armature con caratteristiche diverse di resistenza a trazione, resistenza agli alcali e alla corrosione. Quando la necessità di rinforzo dell'intonaco deriva da sovraccarichi orizzontali rilevanti, ortogonali alla parete, in particolare per pareti di altezza comune (2,80 m), l'armatura può essere posta su una fascia a cavallo della quota di applicazione dei suddetti carichi [figura 7].

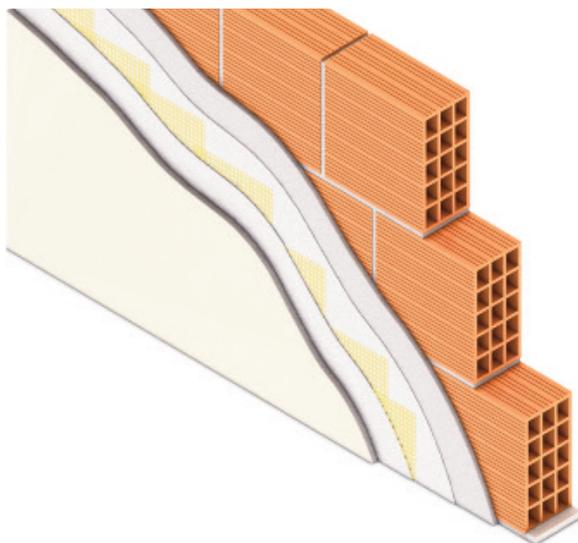
Il soddisfacimento delle prescrizioni di norma dovrà comunque essere documentato per via di calcolo o sperimentale.

### TIPI DI INTONACO

Le soluzioni di intonaco comunemente utilizzate per pareti interne e tamponamenti sono le seguenti:

a. *intonaco tradizionale a calce con aggiunta di leganti idraulici*

Si tratta di una soluzione nella quale la moderata aggiunta di leganti idraulici permette di ovviare ad alcuni svantaggi presentati dall'intonaco di sola calce aerea, in particolare migliorandone la resistenza meccanica e la resistenza alla saturazione d'acqua e riducendone i tempi necessari all'indurimento;



*Figura 6 - Intonaco armato con rete immersa in uno strato di rasante collante (2,5-5,0 mm secondo il tipo di rete).*

### b. intonaco tradizionale a calce

Presenta ottime prestazioni in ambienti interni e ambienti esterni non particolarmente esposti alla pioggia. È un intonaco eseguito con malta di calce aerea spenta in pasta (grassello) e inerte fine (sabbia passante 0,8 mm per gli strati di rinzafo e arriccio, 0,3 mm per lo strato di finitura), realizzato in tre o quattro strati, per uno spessore complessivo di 1,5÷2,0 cm. Ha ottime prestazioni di permeabilità al vapore e scarsa fessurabilità;

### c. intonaco tradizionale a calce con aggiunta di leganti idraulici

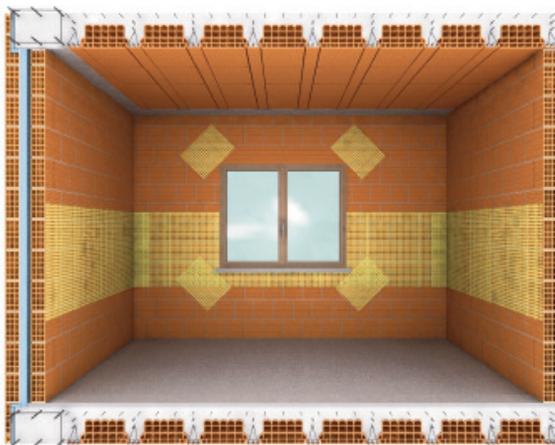
Si tratta di una soluzione nella quale la moderata aggiunta di leganti idraulici permette di ovviare ad alcuni svantaggi presentati dall'intonaco di sola calce aerea, in particolare migliorandone la resistenza meccanica e la resistenza alla saturazione d'acqua e riducendone i tempi necessari all'indurimento;

### d. intonaco tradizionale al civile a base di leganti idraulici

È un intonaco idoneo per ambienti esterni e interni, a base di leganti idraulici (cemento e calce idraulica), comunemente utilizzato per la maggiore facilità di esecuzione rispetto agli intonaci di calce area.

Pur presentando buona resistenza meccanica ed impermeabilità all'acqua, l'eccesso di leganti cementizi ad alta resistenza meccanica su supporti in muratura di laterizio risulta essere la principale causa di rischio di fessurazioni e distacchi, cui concorre la scarsa permeabilità al vapore delle malte cementizie. È eseguito con malta di calce idraulica o malta composta da calce idraulica e cemento, con eventuale aggiunta di calce aerea idrata in polvere o in pasta, inerti fini (sabbia passante 0,8 mm per gli strati di rinzafo e arriccio, 0,3 mm per lo strato di finitura), realizzato in tre strati, per uno spessore complessivo di 1,5 cm circa e avente massa volumica di 1.400÷1.800 kg/m<sup>3</sup>.

Nel dosaggio il criterio fondamentale è quello di limitare progressivamente la quantità di cemento dallo strato di aderenza o rinzafo verso gli strati superficiali: così facendo si ottiene un intonaco aderente ma anche in grado di deformarsi senza fessurarsi;



*Figura 7 - Rete posta in corrispondenza delle zone maggiormente sollecitate. Le giunzioni della rete si effettuano per sovrapposizione (almeno 10,0 cm).*

### e. *intonaco tradizionale a base di leganti idraulici con rasatura a gesso*

Questo tipo di intonaco è impiegato per ambienti interni in quanto la rasatura a gesso su intonaco di tipo tradizionale al civile, tirato in piano, permette di avere superfici lisce e traspiranti al vapore.

È costituito da un impasto di gesso scagliola e calce adesiva steso e levigato per uno spessore di 2,0÷5,0 mm (la scagliola è un minerale da gesso di qualità superiore);

### f. *intonaco tradizionale e intonaco premiscelato a base di gesso*

Generalmente per interni, ha la capacità di assorbire e restituire il vapore d'acqua oltre a presentare una bassa conducibilità termica e una alta permeabilità al vapore. È disponibile in tipi diversi: a base di gesso emidrato con o senza additivi ritardanti; a base di gesso anidro; premiscelato a base di gesso emidrato ed anidro, con aggiunta di calce, perlite e additivi; a base di gesso scagliola per rasatura e lisciatura di intonaco a gesso o a leganti cementizi. Gli intonaci a gesso sono applicati a mano o a macchina in uno o due strati per uno spessore medio di 1,0 cm e presentano una massa volumica pari a 1.000÷1.200 kg/m<sup>3</sup>. In presenza di gesso non cotto sotto forma di biidrato, esiste la possibilità che si formino muffe ed efflorescenze, mentre eventuali parti metalliche a contatto possono venire corrose. La scarsa resistenza all'acqua può essere migliorata con opportuni additivi;

### g. *intonaco resino-plastico o rivestimento plastico ad applicazione continua*

Soluzione di finitura utilizzata prevalentemente all'esterno allo scopo di conferire particolari prestazioni estetiche e di protezione all'acqua, realizzata su supporto di intonaco grezzo di tipo tradizionale (cementizio, a malta bastarda, a calce, a gesso). Si tratta di un prodotto premiscelato costituito da resine sintetiche, grani-glie di marmo, silicati, farine (creta, caolino, ecc.), pigmenti coloranti, additivi vari atti a facilitare l'applicazione e la filmazione, additivi battericidi e fungicidi. Applicato a mano o a macchina generalmente in un solo strato con eventuale trattamento superficiale successivo per ottenere diversi tipi di effetti, l'applicazione deve avvenire in condizioni ambientali e atmosferiche controllate, su supporti di dimensioni tali da permettere un'applicazione senza soluzione di continuità. Presenta scarsa permeabilità al vapore, un'elevata rigidità e una notevole instabilità se messo in opera in condizioni atmosferiche non controllate;

### h. *intonaco isolante a base di leganti idraulici*

Soluzione utilizzata per integrare l'isolamento termico di pareti esterne o verso ambienti non riscaldati. Intonaco composto da leganti idraulici e aerei, additivi aeranti, additivi chimici con funzione fluidificante, di miglioramento della lavorabilità, antiritiro, traspirante, ecc., sabbia e inerti leggeri caratterizzanti la resistenza termica dell'intonaco. Gli inerti leggeri sono costituiti da polistirolo in granuli, inerti espansi minerali artificiali e naturali. La massa volumica dello strato isolante una volta seccato è di 200,0÷250,0 kg/m<sup>3</sup>.

Presenta la spiacevole tendenza alla fessurazione (in particolare in corrispondenza dei vani nelle pareti): per ovviare a tale inconveniente alcuni produttori prevedono rinforzi d'angolo con tessuto in fibra di vetro incorporato nell'intonaco o intonaci

con fibre. Ha il vantaggio di eliminare o ridurre notevolmente i ponti termici (resistenza termica variabile fra 0,35 e 0,90 m<sup>2</sup>K/W secondo i tipi e per spessori fra 3,0 e 8,0 cm);

### i. *intonaco antincendio*

Si tratta di un intonaco a base di prodotti forniti premiscelati sul mercato per la realizzazione di rivestimenti atti a migliorare il comportamento di resistenza al fuoco delle pareti. Sono premiscelati costituiti da leganti idraulici, vermiculite espansa, argilla espansa, alluminio silicati precipitati e fossili, esenti da amianto e altri materiali tossici in condizioni normali e in presenza di incendio. La massa volumica apparente varia a seconda dei tipi da 300,0 a 800,0 kg/m<sup>3</sup>. L'efficacia di tali prodotti deve essere certificata da laboratori accreditati dal Ministero degli Interni, secondo metodi e procedure conformi alle disposizioni della Circolare del Ministero degli Interni n. 91 del 14.09.1961;

### j. *intonaco fonoassorbente*

Anche questo tipo di intonaco è a base di prodotti premiscelati forniti sul mercato per la realizzazione di rivestimenti di pareti caratterizzati, grazie alla struttura fibrosa o alla porosità aperta, da un buon assorbimento acustico. Il coefficiente di assorbimento acustico deve essere indicato dal produttore in funzione di intervalli di frequenza e in funzione dello spessore dell'intonaco.

Gli intonaci fonoassorbenti sono prodotti pastosi, con leganti inorganici o resine, a base di fibre o particelle minerali (alluminio silicati precipitati o fossili, schiume laviche, cristobalite amorfa, ecc.) per spessori complessivi da 1,0 a 4,0 cm. La massa volumica apparente dell'intonaco in opera è estremamente variabile (da 80,0 a 400,0 kg/m<sup>3</sup>).

Tali rivestimenti presentano generalmente anche una bassa conduttività termica, contribuendo all'isolamento termico della parete, e sono per lo più certificati anche dal punto di vista della reazione al fuoco, dato il loro principale impiego in ambienti adibiti al pubblico.

## LE PARETI DI TAMPONAMENTO ESTERNE

La muratura in elementi forati di laterizio deve essere eseguita rispettando le regole comuni per tutti i tipi di muratura.

Il tamponamento di strutture intelaiate con pareti leggere avviene con la realizzazione di pareti doppie con prestazioni tali da renderle idonee a costituire superfici di frontiera.

La parete leggera è composta da due strati di muratura semplice in elementi forati di laterizio con interposta intercapedine.

A seconda delle condizioni ambientali che di volta in volta caratterizzano il luogo di intervento e che sono richieste per gli ambienti interni (riscaldati o non riscaldati), l'intercapedine può essere vuota o completamente o parzialmente riempita con materiale isolante.

La parete a cassa vuota è costituita da due pareti con interposta intercapedine d'aria; la parete a cassetta è composta da due pareti con interposto isolante termico e, in alcuni casi, intercapedine d'aria.

Nelle murature di tamponamento la foratura non deve essere mai rivolta verso l'esterno, ovvero con i fori in direzione ortogonale al piano della parete, per non perdere l'efficacia dell'isolamento termico ed evitare le infiltrazioni di acqua.

Le pareti di tamponamento possono dare luogo a ponti termici in corrispondenza degli angoli, delle aperture e delle strutture portanti.

Relativamente alle aperture, il giunto tra muratura e telaio dell'infisso deve essere eseguito in modo che i pannelli termoisolanti affiorino dall'intercapedine lungo l'intero riquadro del vano.

La tenuta all'aria può essere migliorata con l'iniezione di schiume isolanti fra muratura e controtelaio.

In corrispondenza dei nodi della parete con la struttura portante l'isolante termico deve essere rivestito con delle tavelle forate in laterizio: in alcuni casi l'isolante termico può essere anche oMESSO.

Teoricamente la tavella di laterizio dovrebbe essere posta contro la cassatura prima del getto: nella realtà, a causa delle difficoltà esecutive, questo non avviene quasi mai e la tavella viene fissata a malta successivamente. Sono sconsigliate le soluzioni che prevedono il rivestimento delle strutture con materiale isolante ad alte prestazioni termiche direttamente sotto intonaco.

Per ridurre le dispersioni termiche ed evitare gli effetti conseguenti ai ponti termici, sul lato interno della struttura in calcestruzzo armato può essere opportuno disporre uno strato di isolante termico (sughero o altro) sotto l'intonaco con l'interposizione di una rete portaintonaco.

Laddove la parete leggera confina con gli elementi in calcestruzzo armato, qualora si prevedano deformazioni rilevanti delle strutture, per impedirne gli effetti negativi sulle pareti si può realizzare un giunto, stabile ma non rigido, con una striscia di materiale resiliente posta all'intradosso del solaio e fatta ricadere in verticale per circa 120,0 cm, fissandola alla parete e alla struttura con malta e coprendola con una banda angolare coprigiunto, posta sotto intonaco.

La striscia resiliente utilizzata nei giunti verticali può avere uno spessore minore di quella utilizzata nel giunto orizzontale.

I giunti perimetrali devono comunque assicurare la continuità fra muratura in elementi forati e opere contigue rispetto a determinate azioni quali, per esempio, la penetrazione dell'acqua, dell'aria e il passaggio dei rumori aerei, mentre devono costituire una interruzione rispetto ad altre azioni quali, per esempio, il trasferimento di energia sonora per vibrazioni meccaniche e il trasferimento di energia termica per conduzione.

Per ridurre le sollecitazioni dovute alla deformazione delle travi sulle pareti perimetrali è preferibile procedere alle operazioni di posa delle pareti di tamponamento dai piani più alti a quelli più bassi. Così facendo, ad ogni piano intermedio, si potrà operare in una struttura in cui, a causa del peso dell'esistente parete sovrastante, la deformazione è già avvenuta.

In effetti tale operazione può incidere negativamente sui tempi di realizzazione di un

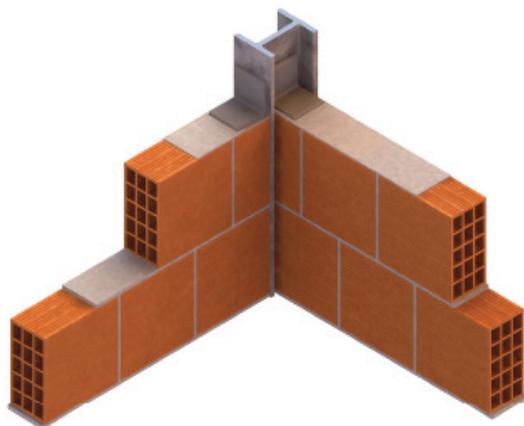


Figura 8 - Collegamento alla struttura metallica tramite staffe di acciaio disposte nei giunti orizzontali.

cantiere: per iniziare a tamponare dai piani superiori è necessario aver terminato l'intera struttura intelaiata del fabbricato mentre, molto più frequentemente e soprattutto in edifici con più di tre piani, le operazioni di tamponamento dei piani inferiori iniziano anche quando le strutture dei piani superiori non sono ancora terminate.

Una parete in elementi forati di laterizio può essere collegata ad una struttura verticale metallica tramite staffe di acciaio nei giunti orizzontali e con l'interposizione di malte o altro materiale non rigido [figura 8].

Nel caso di pareti doppie è possibile utilizzare staffe di collegamento sia per ancorare le murature con le strutture intelaiate in calcestruzzo armato, o in acciaio, sia per rendere solidali le due murature in maniera da dare maggiore stabilità alla parete. Tale soluzione è consigliata soprattutto qualora si realizzi la parete interna, intonacata su uno solo dei due lati, con elementi di spessore particolarmente ridotto. Per pareti di tamponamento le graffe devono essere posate con inclinazione verso l'esterno e la loro morfologia deve essere tale da impedire il passaggio di eventuale acqua verso la parete interna.

Relativamente agli inserimenti di elementi metallici nella parete, nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20.03.2003, n. 3274, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", si richiedono delle misure atte a evitare il collasso delle pareti di tamponamento e la possibile espulsione di elementi di muratura in direzione perpendicolare al piano della muratura stessa.

In particolare, la suddetta prescrizione risulta soddisfatta, ad esempio, con:

- l'inserimento di reti in acciaio sui due lati della muratura, collegate tra loro a distanza non superiore a 50,0 cm sia in direzione orizzontale sia in direzione verticale;
- l'inserimento di elementi di armatura orizzontale nei letti di malta, a distanza non superiore a 50,0 cm [figura 9].

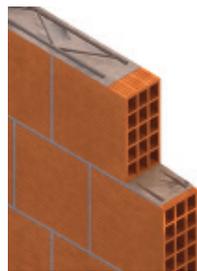


Figura 9 - Elementi di armatura nei giunti orizzontali di malta.

## MATERIALI ISOLANTI

Le pareti realizzate con elementi forati di laterizio, sia semplici che doppie, possono essere integrate con uno strato di isolamento termico e/o acustico aggiuntivo, generalmente posto nell'intercapedine delle pareti doppie e come controparete a rivestimento delle pareti semplici.

Tale strato è realizzato con materiali caratterizzati da bassa conducibilità termica e da alta capacità di fonoassorbenza.

Gli isolanti termici e acustici più comunemente utilizzati nelle pareti realizzate con elementi forati di laterizio sono i seguenti:

### a. *polistirene espanso*

Il polistirene o polistirolo espanso sinterizzato (EPS), il più conosciuto dei materiali isolanti in edilizia, è un isolante termico a base di resina termoplastica, ottenuto per polimerizzazione dello stirene monomero, importante materia plastica derivante dal petrolio che, in fase di produzione viene additivato con agenti espandenti (pentano) e sostanze che gli conferiscono una buona resistenza al fuoco.

Il polistirene espanso può essere ottenuto per sinterizzazione o estrusione. La sinterizzazione consistente nella pre-espansione delle perle di polistirene, precedentemente miscelate con un agente espandente, e nello stampaggio in blocchi o lastre a temperature tali da provocare la saldatura fra di loro (sinterizzazione) delle perle di polistirene pre-espanso. La massa volumica apparente delle lastre di polistirene espanso sinterizzato varia da 15,0 a 30,0 kg/m<sup>3</sup>; con riferimento alla massa sono definite classi di prodotto cui corrispondono diverse caratteristiche di comportamento. Nelle pareti doppie, quale isolante termico nell'intercapedine, è consigliato l'impiego di pannelli a maggiore densità che riducono il rischio di condensa interstiziale.

Nell'isolamento a cappotto si utilizzano in genere pannelli di media densità (20,0 kg/m<sup>3</sup>) e di classe di reazione al fuoco pari a 1 (tipi denominati RF poiché, a differenza del normale polistirolo di classe 5, ritardano la propagazione della fiamma); le lastre devono avere tolleranze dimensionali molto ridotte e devono essere stagionate per almeno 6 settimane. L'estrusione conferisce al pannello una struttura porosa a cellule chiuse dalla quale essenzialmente dipende una maggiore stabilità morfologica dimensionale, una maggiore resistenza al vapore e un minore assorbimento di acqua, a fronte di un costo più elevato.

*Sono definiti **ISOLANTI TERMICI** quei prodotti (lastre, pannelli o feltri) che hanno essenzialmente funzione di isolamento termico e che presentano una conduttività termica indicativa di riferimento a 20°C inferiore o uguale a 0,065 W/mK, ovvero, se del tipo sfuso per riempimento, una conduttività termica di riferimento, sempre a 20°C, inferiore o uguale a 0,090 W/mK.*

*Comunemente si definiscono **ISOLANTI ACUSTICI** quei prodotti che hanno capacità di assorbimento delle onde sonore per effetto della porosità aperta e della resistenza specifica al flusso d'aria.*

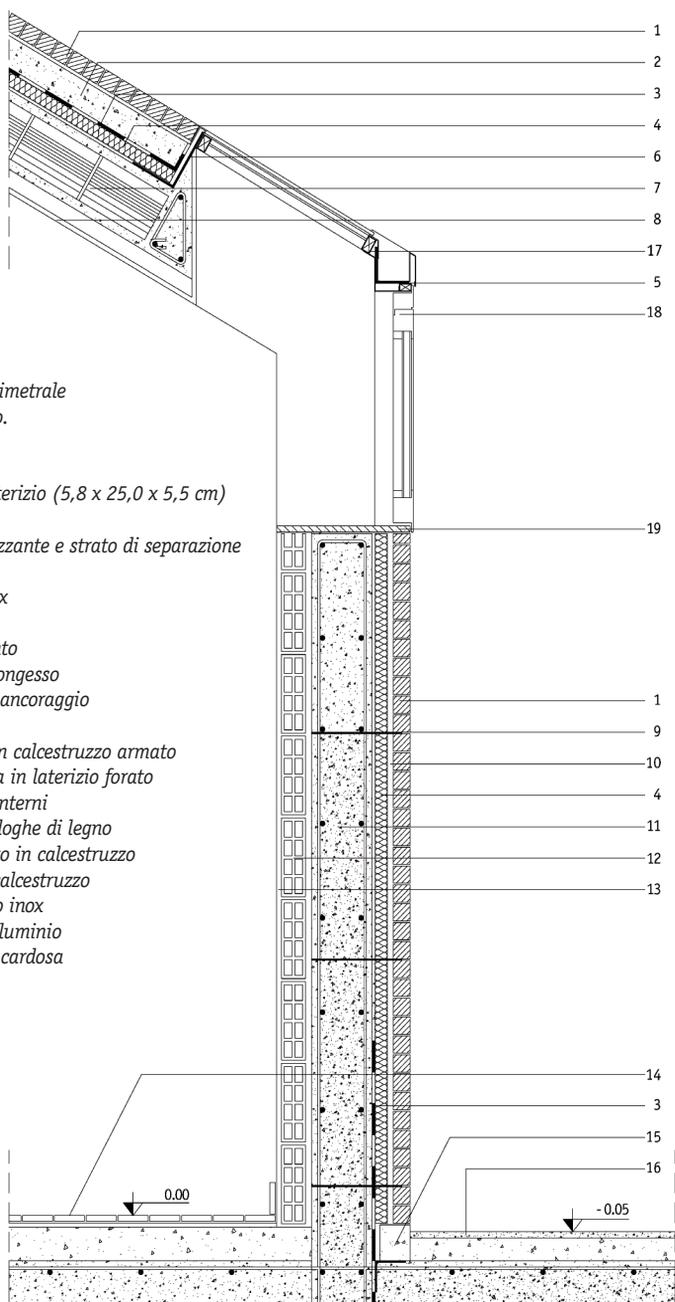


Figura 10  
Sezione della parete perimetrale  
in prossimità dell'infisso.

Legenda:

1. Elemento pieno in laterizio (5,8 x 25,0 x 5,5 cm)
2. Massetto alleggerito
3. Guaina impermeabilizzante e strato di separazione
4. Isolante termico
5. Gronda in acciaio inox
6. Profilo metallico ad L
7. Solaio in laterocemento
8. Controsoffitto in cartongesso
9. Elementi metallici di ancoraggio
10. Intercapedine d'aria
11. Struttura portante in calcestruzzo armato
12. Controparete interna in laterizio forato
13. Intonaco civile per interni
14. Pavimentazione in doghe di legno
15. Cordolo prefabbricato in calcestruzzo
16. Pavimentazione in calcestruzzo
17. Scossalina in acciaio inox
18. Infisso esterno in alluminio
19. Davanzale in pietra cardosa

La massa volumica apparente delle lastre di polistirolo espanso estruso varia da 25,0 a 35,0 kg/m<sup>3</sup>.

Impiegati nelle pareti doppie, possono essere rivestiti con una pellicola compatta e impermeabile;

### b. *poliuretano espanso*

Il poliuretano espanso, prodotto a celle chiuse, è un materiale ottenuto dalla reazione di poliisocianati con composti poliossidrilici. Per l'isolamento termico è impiegato sotto forma di schiume espanse rigide anche se il tipo più comunemente utilizzato per pareti perimetrali è quello a lastre prodotte mediante laminazione continua con rivestimento. Sperimentazioni recenti per la produzione di schiume di poliuretano senza CFC hanno permesso di ottenere un poliuretano che unisce, alle prestazioni termiche, buone prestazioni acustiche.

La massa volumica apparente delle lastre attualmente in commercio è maggiore di 30,0 kg/m<sup>3</sup>.

In caso di incendio il poliuretano può produrre acido cianidrico (HCN);

### c. *argilla espansa*

L'argilla espansa è un inerte, sotto forma di granuli a struttura interna alveolata, a bassa massa volumica ottenuto mediante espansione ad alta temperatura (superiore a 1.100°C) di particolari tipi di argilla mescolati con additivi. Il materiale acquista una notevole leggerezza, una buona proprietà termoisolante e un'ottima resistenza al fuoco. Il riempimento di intercapedini avviene con elementi di granulometria da 3,0÷8,0 mm con massa volumica apparente pari a circa 280÷300 kg/m<sup>3</sup>;

### d. *perlite espansa*

Viene prodotta in forma di granuli tondeggianti (diametro di 5,0 mm ca.) mediante trattamento di espansione della riolite, roccia vulcanica classificata come lava di recente effusione, ad una temperatura di circa 1.000°C. Può essere utilizzata in granuli o pannelli, ovvero agglomerata con leganti asfaltici o cellulósici.

La perlite espansa, leggera e traspirante, presenta un'ottima resistenza al fuoco, è inattaccabile dagli insetti ed è riciclabile come inerte per la produzione di calcestruzzi;

### e. *fibre di cellulosa*

Prodotte dalla trasformazione della carta di riciclata e successivamente impregnate con sali minerali (sali di boro), le fibre di cellulosa possono essere utilizzate come scudo termico contenendo, all'interno della loro struttura in fibre medio-corte, microscopiche celle d'aria che favoriscono una perfetta resistenza al flusso di calore.

La cellulosa è impiegata all'interno delle intercapedini mediante insufflaggio oppure applicata a spruzzo con l'aggiunta di collanti per formare rivestimenti superficiali isolanti.

Le fibre di cellulosa, invero poco utilizzate nel nostro Paese, sono traspiranti, inattaccabili dagli insetti, resistenti al fuoco e riciclabili;

### f. *lana e fibre di legno*

I pannelli di lana di legno sono ricavati da sottili strisce di legno impregnate con

sostanze antiputrescenti, antiparassitarie e ignifughe e successivamente agglomerate con materiale legante e compresse in stampi.

Si ottengono così dei pannelli rigidi caratterizzati da un fitto intrigo di piccole cavità che, oltre a garantire un buon isolamento termico, possono essere impiegati anche come elementi fonoassorbenti.

La norma UNI 9714, "Pannelli in lana di legno. Tipi, caratteristiche e prove", definisce gli impieghi, le prestazioni e le tipologie dei pannelli a base di lana di legno.

Esistono inoltre pannelli in lana di legno combinati con strati di materiali isolanti differenti per migliorarne la coibenza.

I pannelli in fibre di legno sono ricavati da trucioli di legno direttamente provenienti da scarti di lavorazione non trattati e di segheria.

L'essenza più utilizzata è quella del poppo.

I pannelli in fibre presentano una conducibilità leggermente maggiore rispetto a quella di pannelli di lana di legno;

### g. sughero

I granuli di sughero, ottenuti dalla corteccia della quercia da sughero per successive fasi di frantumazione e macinazione, sono posti in forno a pressione e riscaldati fino a 380°C circa: l'incollaggio tra i granuli avviene per un naturale fenomeno di agglutinamento e saldatura tramite proprie resine (suberina).

Il sughero può essere utilizzato in forma granulata, con diverse pezzature in relazione all'impiego, oppure in pannelli con spessori variabili da 3,0 a 60,0 mm: gli spessori minori sono impiegati come isolanti acustici mentre quelli maggiori fungono da isolante termico.

Il sughero agglomerato compresso, elastico e traspirante, ha una massa volumica apparente compresa tra 70,0 e 130,0 kg/m<sup>3</sup>;

### h. fibre di vetro

Confezionate in pannelli semirigidi e rigidi, le fibre di vetro per isolamento termico e acustico sono prodotte a partire dal vetro fuso per fibraggio, feltratura e trattamento con resine termoindurenti. La massa volumica apparente varia da 15,0 a 100,0 kg/m<sup>3</sup>: le migliori caratteristiche termiche e acustiche si hanno per i tipi a massa volumica maggiore.

I pannelli, di varie dimensioni (la più diffusa è di 60,0x120,0 cm), possono essere completati con rivestimenti di carta kraft, velo vetro bitumato, ecc., e possono presentare grado di reazione al fuoco 0 oppure 1 e caratteristiche di idrorepellenza a seconda delle condizioni di impiego;

### i. lana di roccia

La lana di roccia è ottenuta dalla fusione, a 1.600°C, della roccia di origine vulcanica ridotta, mediante filiere, a fibre lunghe e sottili. In un secondo momento le fibre vengono trattate con leganti organici, quali la resina fenolica o l'olio di lino, così da trasformare le fibre in feltri e in pannelli rigidi.

Nel caso di pannelli a celle aperte, la lana di roccia oltre ad avere un buon isolamento termico, un'ottima resistenza al fuoco e una assoluta incombustibilità, può essere impiegata anche per le sue buone doti di fonoassorbenza.

## LE PARETI INTERNE

Anche per le pareti interne valgono molte delle considerazioni fatte sulle pareti di tamponamento.

Dopo avere tracciato la posizione della parete, si procede all'esecuzione del primo corso della muratura.

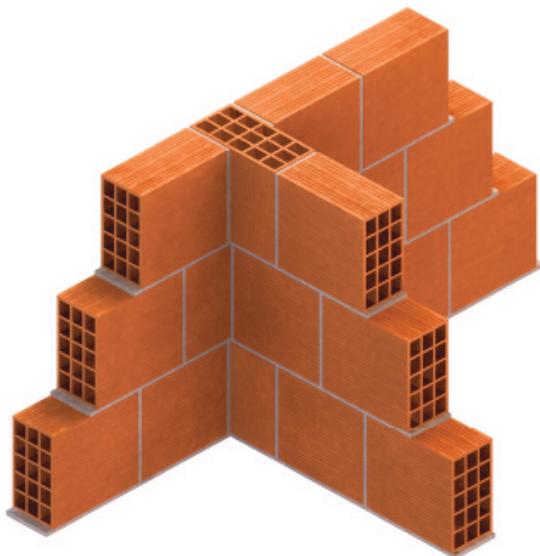
Durante la realizzazione si effettua periodicamente il controllo della verticalità e degli allineamenti dei corsi.

Nel caso di connessioni, innesti, angoli o intersezioni tra pareti leggere interne, per l'ammorsatura della parete di testa è opportuno realizzare delle tasche sulla parete di appoggio (almeno tre su un'altezza di vano  $2,80 \div 3,00$  m) [figura 11].

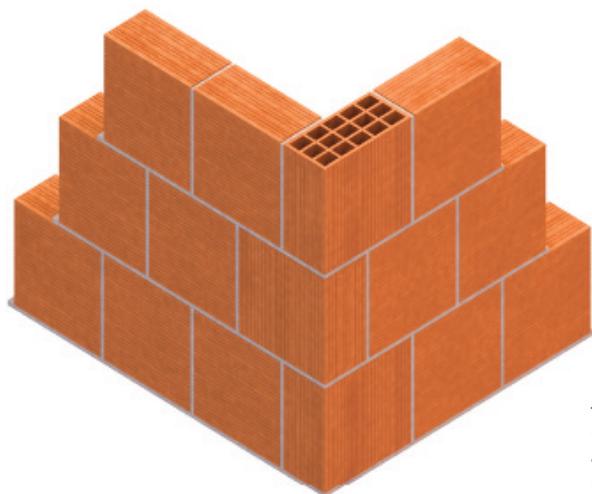
In corrispondenza di angoli o di pareti con un lato libero, per evitare che i fori degli elementi risultino in vista, si possono usare gli stessi elementi componenti con i fori in posizione verticale verificandone la compatibilità dimensionale: nel caso di elementi con altezza e lunghezza di identiche dimensioni questa disposizione è facilmente adottabile; negli altri casi si utilizzeranno elementi di laterizio a fori verticali, con dimensioni uguali a quelle degli elementi forati [figura 12].

Qualora fosse inevitabile la presenza di fori in vista, al fine di mantenere inalterate le prestazioni della parete finita è necessario curare la chiusura dei fori facendovi penetrare a fondo la malta.

Per eseguire la connessione a T fra una parete in elementi forati di laterizio e una parete in muratura in elementi di tipo diverso, se i corsi orizzontali non hanno la stessa altezza, diventa piuttosto complicato realizzare l'angolo con un'ammorsatura ben organizzata.



*Figura 11 - Nel caso di connessioni tra pareti leggere interne, per l'ammorsatura della parete di testa è opportuno realizzare delle tasche sulla parete di appoggio (almeno tre su un'altezza di vano  $2,80 \div 3,00$  m).*

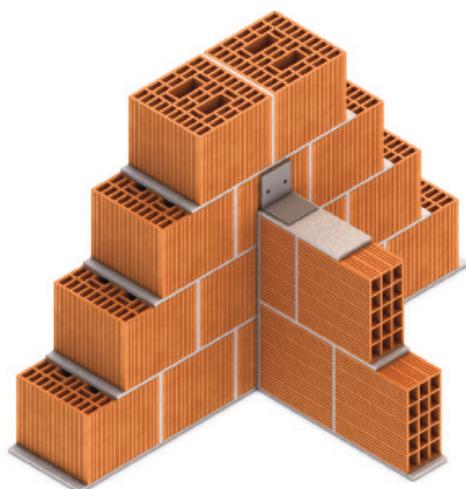


*Figura 12 - Per evitare che i fori degli elementi risultino in vista, si possono ruotare gli stessi elementi posandoli a fori verticali.*

Si ricorrerà allora a staffe metalliche poste nei letti di malta, adattabili rispetto alle diversità di quota dei rispettivi corsi nelle due pareti [figura 13].

Al fine di salvaguardare l'integrità della parete e dei suoi strati superficiali i giunti fra muratura in elementi forati e opere edilizie contigue devono essere realizzati tenendo presenti le possibili differenze di deformazione sotto sollecitazioni meccaniche e termoigrometriche degli elementi edilizi connessi (strutture in calcestruzzo armato, muratura in elementi forati e muratura in elementi pieni, ecc.).

Nel caso di pareti di ridotto spessore può essere utile desolidarizzare la parete in elementi forati dalle altre parti dell'organismo edilizio, quali strutture verticali ed orizzontali, per assorbitarne ai giunti eventuali movimenti ed evitare, quindi, lesioni alla muratura.



*Figura 13 - Per eseguire la connessione a T fra una parete in elementi forati di laterizio e una parete in muratura in elementi di tipo diverso si ricorre a staffe metalliche poste nei letti di malta.*

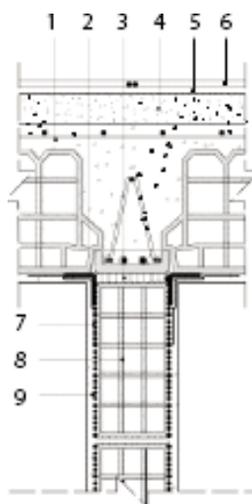


Figura 14 - Legenda:

1. Solaio in latero-cemento
2. Angolare metallico
3. Giunto desolidarizzante
4. Massetto alleggerito con argilla espansa
5. Malta di allettamento
6. Pavimentazione in cotto (30,0 x 30,0 cm)
7. Rete aggrappante portaintonaco
8. Elemento forato in laterizio
9. Intonaco

La desolidarizzazione avviene interponendo del materiale resiliente (feltro di fibre vegetali, gomma, elastomero poliuretano cellulare, ecc.), di spessore 1,0÷2,0 cm, lungo la linea di appoggio della parete in corrispondenza dell'estradosso del solaio inferiore, lungo la linea di contatto all'intradosso del solaio superiore ed, eventualmente, lungo le linee di giunzione verticale [figura 14]. Generalmente lo strato viene fissato utilizzando collanti.

Ai fini acustici l'esecuzione di giunti non rigidi su tutto il perimetro serve ad interrompere la trasmissione delle vibrazioni attraverso le strutture laterali. Lo stesso vale per le doppie pareti interne (sono diffuse quelle di separazione), dove la trasmissione laterale delle vibrazioni produrrebbe la perdita dell'effetto benefico dovuto alla parete doppia: in questo caso è sufficiente eseguire un giunto cedevole anche soltanto in uno dei due tavolati. Terminata la posa del giunto si procede alla costruzione della parete semplice in modo tradizionale, stendendo il primo letto di malta sul giunto stesso e proseguendo nella posa dei corsi in successione.

Il sigillante cedevole può essere coperto da due angolari metallici, poi coperti dall'intonaco, eventualmente rinforzato con rete, così da assicurare la richiesta stabilità della parete in senso ortogonale e idonee prestazioni di resistenza al fuoco.

È buona regola, anche per le pareti interne, procedere alla posa dei divisori dai piani più alti a quelli più bassi in modo da poter operare in presenza di deformazioni del solaio già avvenute.

## I PARAPETTI

I parapetti sono gli elementi di protezione che impediscono la caduta nel vuoto di persone o di oggetti da balconi, terrazze, logge, coperture piane e in ogni luogo dove si presentino dislivelli tra differenti piani di calpestio.

I parapetti devono avere un'altezza di almeno 1,0 m dal piano di calpestio.

I parapetti in muratura costituiti da una parete di forati in laterizio da 12,0 cm di spessore intonacata da entrambi i lati sono solitamente irrigiditi con pilastri in calcestruzzo armato collegati superiormente da traversa sempre in calcestruzzo armato.

Il parapetto è completato superiormente da un elemento, detto copertina o cimasa, destinato a proteggere la parte superiore dagli agenti atmosferici, ed eventualmente dotati anche di un corrimano.

Gli irrigidimenti verticali sono realizzati per getto fra gli elementi di muratura prece-

dentemente montati; è meglio prevedere un'ammorsatura fra muratura e getto con lo sfalsamento, a corsi alternati, degli elementi di laterizio per alcuni centimetri. Questa soluzione non richiede l'armatura successiva dell'intonaco al fine di evitare la formazione di fessurazioni.

Se non sono eseguiti a regola d'arte, i parapetti in muratura possono presentare delle lesioni orizzontali alla base, all'attacco con la soletta, dovute a differenti dilatazioni termiche e all'umidità, oppure delle fessurazioni alla sommità causate da una cattiva protezione della testa: in quest'ultimo caso, l'ingresso di acqua all'interno del muretto può determinare il degrado da gelo del parapetto, distacchi di intonaci e macchie.

### LE APERTURE E GLI INFISSI

Nella realizzazione di aperture di forma rettangolare, con rapporto fra larghezza e altezza variabile da  $1/3$  a  $1/2$ , la chiusura del lato orizzontale alto dovrà essere realizzata con architravi, in modo da trasmettere ai piedritti le azioni verticali dovute al peso da sostenere [figura 15].

L'architrave si considera in generale semplicemente appoggiato o semincastrato; la parte della muratura sovrastante che agisce sull'architrave è quella compresa entro l'arco parabolico di freccia pari ad  $1/2 \div 3/4$  della luce del vano. Tale carico, insieme a quello dell'architrave, si scarica sui piedritti che devono presentare una buona resistenza; pertanto è bene mantenere la giacitura orizzontale dei fori degli elementi, curando il riempimento con malta degli eventuali fori in vista.

Per accrescere la superficie di muratura interessata dal carico, l'architrave deve appoggiare su ciascun piedritto per una lunghezza minima di 20,0 cm. Gli architravi saranno in ogni caso indipendenti dagli eventuali controtelai dei serramenti.

Per gli architravi, oltre all'utilizzo di elementi in calcestruzzo armato o metallo, pos-



Figura 15 - Architrave in laterizio e posa in opera del telaio fisso di una porta interna.

sono essere impiegati, altrettanto efficacemente, elementi in laterizio ottenendo così una maggiore omogeneità della muratura anche nei suoi punti di discontinuità.

Per luci inferiori a 90,0 cm si possono realizzare architravi in laterizio impiegando direttamente elementi forati (tavelloni). Per luci superiori, volendo mantenere la continuità del laterizio si possono utilizzare elementi, sempre in laterizio, di conformazione tale da costituire cassaforma per il getto di un travetto in calcestruzzo armato (in genere questi ultimi si dimensionano tagliando elementi di normale produzione). Per le aperture ad arco, in genere, possono essere utilizzati gli stessi elementi forati in laterizio impiegati per la realizzazione della muratura corrente, opportunamente tagliati con flessibile.

Per aperture nelle pareti di larghezza non superiore a 100,0 cm, la soluzione migliore per la realizzazione degli architravi è rappresentata dall'impiego di tavelloni, di spessore uguale alla muratura e altezza 25,0 cm, appoggiati su ciascuna spalla del vano per almeno 20,0 cm. Per vani di luce maggiore si può ricorrere ad architravi prefabbricati in latero-cemento con armatura. L'impiego di architravi che utilizzano altri materiali (legno, acciaio, calcestruzzo armato) richiede l'armatura dell'intonaco in corrispondenza dei giunti con la muratura.

Per il montaggio di finestre, porte e portefinestre in legno si deve predisporre nel vano un controtelaio in legno o metallo, ancorato con zanche e malta nella muratura (almeno tre zanche su ciascuna spalla).

Per infissi in lega di alluminio o in pvc il controtelaio metallico viene murato nella parete in modo da costituire un piano di fissaggio sicuro per il telaio fisso. Il fissaggio avviene mediante appositi accessori, denominati blocchetti di regolazione e fissaggio, che mettono a piombo il serramento. Tale operazione avviene prima dell'esecuzione dell'intonaco in modo da poter assorbire le piccole imperfezioni dimensionali dell'apertura, da non compromettere il telaio con l'umidità e gli spruzzi di malta e per permettere lo smontaggio degli infissi per successivi interventi di manutenzione.

Nei serramenti montati senza controtelaio il telaio fisso viene ancorato mediante zanche murate direttamente nelle spalle delle aperture. In questo caso la posa dovrebbe avvenire quando le pareti non sono ancora rivestite: esiste però il rischio di danneggiamento superficiale dell'infisso al momento dell'intonacatura.

Nelle finestre il davanzale ha la funzione di fornire una sede di appoggio alla traversa inferiore del telaio fisso e di proteggere dalle intemperie la zona di parete sottostante l'apertura: per questo motivo il davanzale, solitamente in materiale lapideo, è leggermente inclinato verso l'esterno ed è dotato di un gocciolatoio e, in alcuni casi, di risvolti laterali.

Anche per il montaggio di una porta interna in una parete in forati di laterizio si deve predisporre nel vano un controtelaio in legno o metallo, ancorato con zanche e malta nella muratura (almeno tre zanche su ciascuna spalla). Il controtelaio dovrà avere una larghezza pari allo spessore della muratura, più lo spessore degli strati di intonaco.

Quando una porta deve essere inserita a filo parete, le zanche di fissaggio del controtelaio sono poste nella parete laterale: è comunque meglio prevedere sempre una spalla di almeno 10,0 cm.

## L'INTEGRAZIONE CON GLI IMPIANTI

Caratteristica saliente della parete in elementi forati di laterizio, oltre la leggerezza, è la facilità alla integrazione impiantistica mediante la realizzazione di tracce e successivo ripristino delle superfici con malta.

A tal fine la parete deve essere dimensionata in spessore in modo tale da permettere l'inserimento delle reti impiantistiche [figura 16].

Anche in questo caso le ridotte dimensioni della parete (a favore della sua leggerezza) possono portare a conseguenze negative una volta effettuata la posa delle reti degli impianti, modificando le caratteristiche del prodotto e rendendo irraggiungibili i livelli prestazionali previsti a seguito di una corretta progettazione e realizzazione della parete.

Il passaggio di reti elettriche, in tubi di materiale plastico, può avvenire all'interno di elementi con Spessore contenuto senza che ciò provochi gravi ricadute sull'integrità della parete nel suo complesso avendo cura di interrompere il minor numero di cartelle verticali.

Sono comunque disponibili sistemi per la messa in opera di impianti elettrici, telefonici, ecc., da posare a vista, formati da canalette attrezzate, in materiale plastico, corredate dai relativi accessori. La posa di tali sistemi avviene a parete finita, senza dover fornire assistenza muraria all'impiantista. L'esecuzione delle tracce per le reti impiantistiche può essere eseguita con l'ausilio di scanalatrici. Dopo l'inserimento delle tubazioni e la chiusura a malta delle tracce si procede all'applicazione dell'intonaco, eventualmente armandolo con una rete nel primo strato di malta, in corrispondenza delle tracce.

Quando però la traccia è realizzata per accogliere reti di adduzione o scarico di dimensioni maggiori si rischiano "demolizioni" consistenti dell'elemento fino ad arrivare, in casi estremi ma ricorrenti, alla rimozione totale dell'elemento stesso. In questi casi è

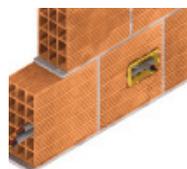
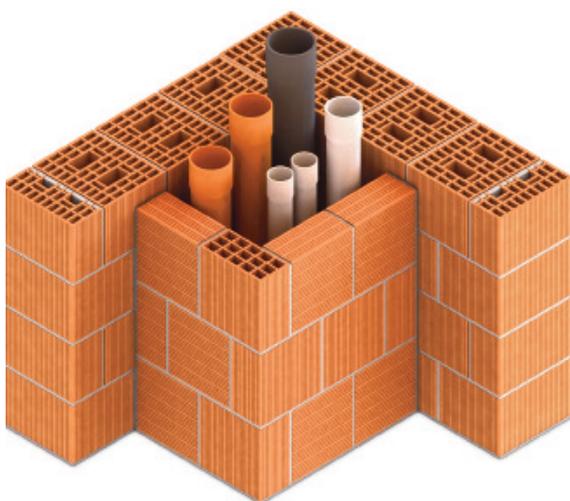


Figura 16 - Integrazione degli impianti nelle pareti di forati in laterizio.

Figura 17 - Cavedio per l'integrazione impiantistica.

consigliabile cambiare la dimensione del prodotto aumentando lo spessore della parete al grezzo, o prevedere, nella fase di progettazione, la realizzazione di intercapedini e cavedi coibentati acusticamente rispetto agli ambienti confinanti.

Nel caso di pareti doppie le canalizzazioni possono essere alloggiate predisponendo un vano isolato e chiuso con tamponatura in tavelle di laterizio. Per le pareti doppie si dovrà porre attenzione affinché la realizzazione del cavedio non riduca l'isolamento termico provocando, di conseguenza, la formazione di condensa [figura 17].

Anche per la realizzazione degli impianti igienico-sanitari sono disponibili soluzioni che non richiedono, durante le operazioni di messa in opera, assistenza muraria per l'impiantista, una volta a disposizione negli ambienti le tubazioni verticali generali. Sono disponibili pareti attrezzate realizzate in elementi modulari e mobili tecnici, mobili contenitore, provvisti all'interno di tutta l'impiantistica necessaria: tali componenti possono essere posati in opera negli ambienti finiti.

Nel caso di posa di radiatori dell'impianto di riscaldamento lungo pareti di tamponamento in corrispondenza di aperture è da evitare la riduzione dello spessore delle pareti per creare l'alloggiamento dei corpi scaldanti: in corrispondenza delle fonti di calore si avrebbe infatti la minore resistenza termica della parete di frontiera verso l'esterno.

### INDICAZIONI GENERALI PER IL CANTIERE: DEPOSITO E CERNITA

Generalmente in un cantiere deve essere predisposta una zona adibita al deposito e alla lavorazione dei materiali.

Il materiale, giunto in cantiere, viene depositato in questa area di stoccaggio, solitamente a piè d'opera, prima di essere portato alla quota di lavoro. Gli elementi in laterizio non dovrebbero essere posati direttamente sul terreno preservandoli dal contatto con erbe, detriti e scorie di vario genere: l'eventuale contatto e conseguente assorbimento di liquidi potrebbe produrre efflorescenze e difetti di adesione con la malta.

Soprattutto nella stagione invernale è necessario proteggere il materiale dalle intemperie al fine di evitare che sotto l'azione degli agenti atmosferici, in particolare nel caso di gelate, lo stesso possa essere in qualche modo danneggiato. Questa attenzione è tanto più necessaria nel caso degli elementi forati rispetto a mattoni e blocchi pieni e semipieni.

Prima della posa in opera deve essere eseguita una cernita degli elementi eventualmente difettosi presenti nei pallet. Infatti, anche nel caso di prodotti di elevata qualità, può succedere che alcuni elementi presentino dei difetti dovuti alla produzione (nei limiti di accettabilità garantiti dai marchi di qualità) o, molto più frequentemente, causati dalle movimentazioni durante le fasi di carico, trasporto e scarico.

Prima dell'impiego gli elementi devono essere puliti e bagnati, così da impedire un assorbimento troppo rapido dell'acqua d'impasto della malta; in tal modo si evita la cosiddetta "bruciatura" della malta poiché gli elementi in laterizio vanno a sottrarre l'acqua necessaria per la presa idraulica, causando una drastica riduzione della sua resistenza e della sua capacità di aderire al supporto.

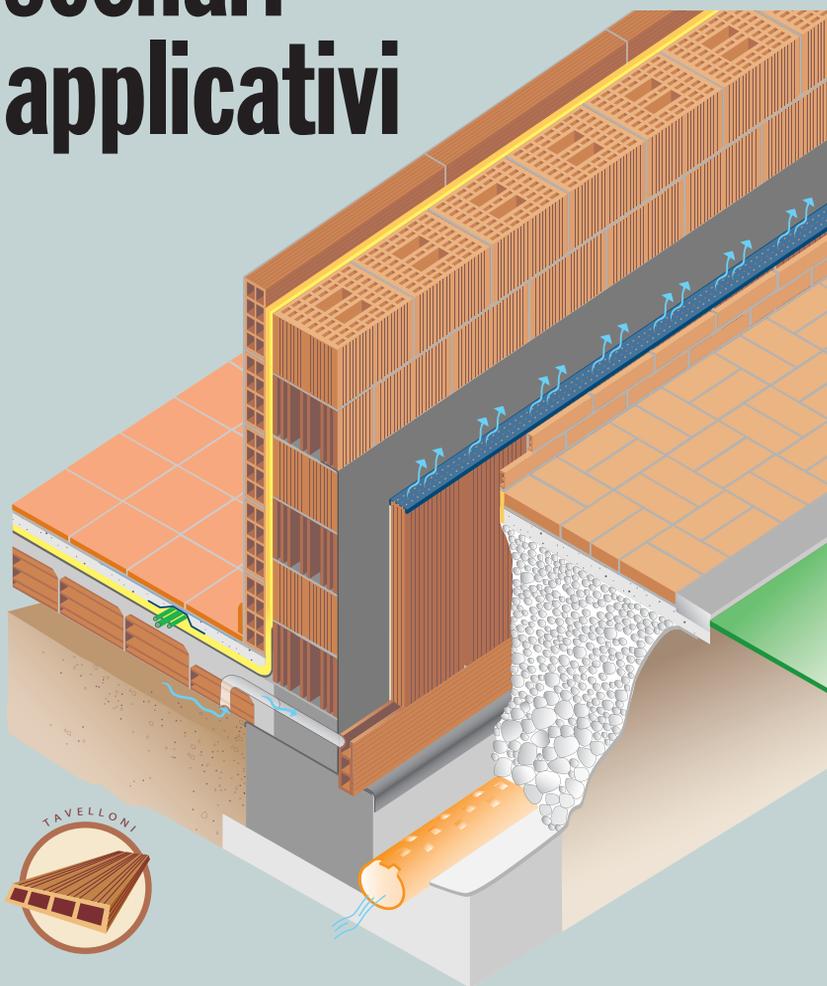
Allo stesso tempo però l'uso di elementi troppo bagnati può causare trasudazione e arricciatura della malta compromettendone l'aderenza tra i differenti elementi che costituiscono la parete: è pertanto inutile compensare l'insufficiente bagnatura del laterizio aumentando la presenza di acqua nella malta.

Dato che non tutti i laterizi hanno la stessa capacità di assorbimento d'acqua, dipenderà dalla sensibilità dell'operatore garantirne la quantità necessaria: la buona regola suggerisce che ogni elemento, una volta bagnato, al momento della posa risulti quasi saturo d'acqua e asciutto in superficie.

Le murature in corso di realizzazione, o da poco terminate, vanno protette dal caldo eccessivo, dalla pioggia e da eventuali gelate.

La muratura deve essere protetta per almeno 24 ore dal sole diretto e dal clima secco con frequenti irrorazioni a pioggia, per evitare un rapido impoverimento d'acqua con conseguenze negative sulla presa della malta. In caso la parete abbia raggiunto una temperatura eccessiva (50÷60°C) è meglio non effettuare la bagnatura per evitare uno shock termico che, causando bruschi ritiri della malta, potrebbe provocare fessurazioni nella parete.

# Tavelloni e tavelle in laterizio: scenari applicativi



## Caratteristiche prestazionali

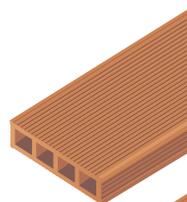
### Requisiti morfologico - dimensionali

Secondo la normativa UNI 11128/2004 ai tre prodotti: *tavelloni*, *tavelle* e *tavelline* corrisponde un elemento forato in laterizio, piano e di forma parallelepipedica, costituito da *pareti* (le superfici esterne) e *setti sottili* (le superfici interne delimitanti i fori), ottenuto per estrusione, essiccazione e cottura di materiale argilloso con o senza l'aggiunta di additivi (sabbia, ossido di ferro, sostanze orizzontali naturali ecc.). I punti nei quali, in una qualsiasi sezione ortogonale alla foratura, si uniscono due setti o un setto ed una parete vengono definiti *nodi*.

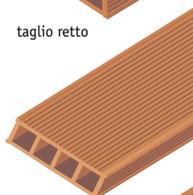
Caratteristica morfologica principale è la prevalenza di una dimensione, quella parallela ai fori (*lunghezza*, 'L'), rispetto alle altre (*larghezza*, 'b' e *spessore* 'h').

<sup>1</sup> Nella norma UNI 11128 non sono presenti indicazioni relative alla larghezza b se si esclude la tabella (Prospetto 3) sulla resistenza a flessione degli elementi non divisibili dove si fa esplicito riferimento alla larghezza nominale b=25 cm.

#### A destra. Nomenclatura.



taglio retto

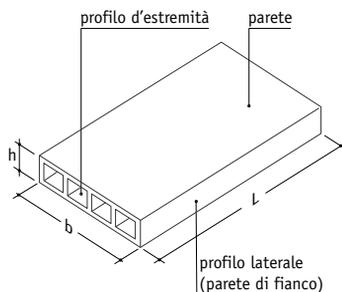
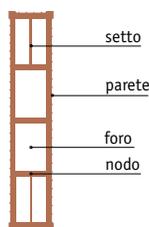


taglio obliquo



taglio a gradino

#### Sopra. Principali profili di estremità.



Ed è proprio rispetto alle dimensioni di lunghezza e di spessore che si distinguono i tre prodotti prima citati:

- *tavelloni*, quando  $h \geq 5,0$  cm e  $L \geq 50$  cm
- *tavelle*, quando  $3,5$  cm  $< h < 5,0$  cm e  $L \geq 35$  cm
- *tavelline*, quando  $h \leq 3,5$  cm e  $L \geq 25$  cm.<sup>1</sup>

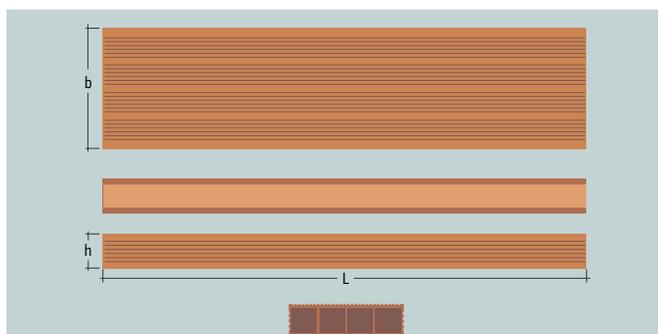
Assieme alle dimensioni, la forma dei *profili d'estremità* (tipo di taglio) e dei *profili laterali* (tipo di conformazione della parete di fianco) contribuisce ad una ulteriore caratterizzazione dei prodotti presenti sul mercato.

Si possono così distinguere elementi a *taglio retto* (tr), a *taglio obliquo* (to) o a *taglio a gradino* (tg), senza alcuna particolare prescrizione per angolazioni e dimensioni dei profili.

Allo stesso modo, per i profili laterali si potrà distinguere tra profili a *fianchi retti* (fr), *divisibili* (fd), a *fianchi sagomati maschio-femmina* (mf) e a *fianchi sagomati femmina-femmina* (ff).

#### Principali profili laterali.





*Tavelloni e tavelle a taglio retto: aspetti morfologici e dimensionali.*

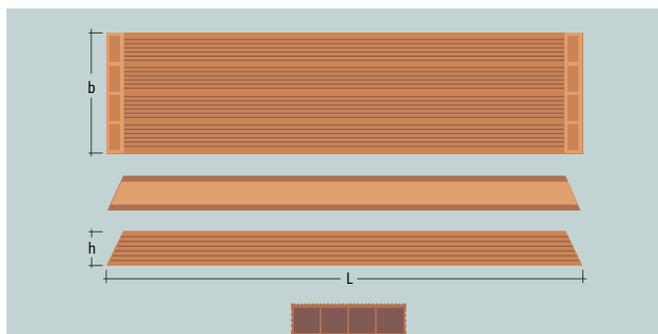
**TAVELLONI A TAGLIO RETTO (principali misure in cm presenti sul mercato)**

Spessore (h)	Lunghezza (L) <sup>2</sup>	Larghezza (b)
6	50-60-70-80-90-100-110-120-130-140 150-160-170-180-200-220	25
8	70-80-90-100-110-120-130-140 150-160-180-200	25
10	80-90-100-110-120-130-140 150-160-180-200	25

<sup>2</sup> A rigore, i tavelloni che superano i 140 cm di lunghezza andrebbero ascritti ai manufatti innovativi.

**TAVELLE A TAGLIO RETTO (principali misure in cm presenti sul mercato)**

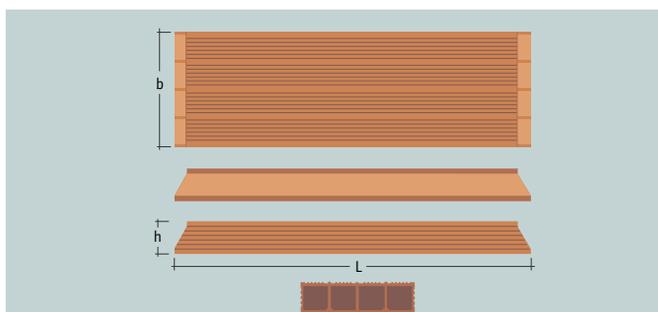
Spessore (h)	Lunghezza (L)	Larghezza (b)
3	40-50-60	25
4	60-70-80-90-100-120	25
4,5	30	25



*Tavelloni a taglio obliquo: aspetti morfologici e dimensionali.*

**TAVELLONI A TAGLIO OBLIQUO (principali misure in cm presenti sul mercato)**

Spessore (h)	Lunghezza (L) <sup>2</sup>	Larghezza (b)
6	60-70-80-90-100-110-120-130-140 150-160-170-180-200-220	25
8	70-80-90-100-110-120-130-140 150-160-180-200	25
10	70-80-90-100-110-120-140 160-180-200	25



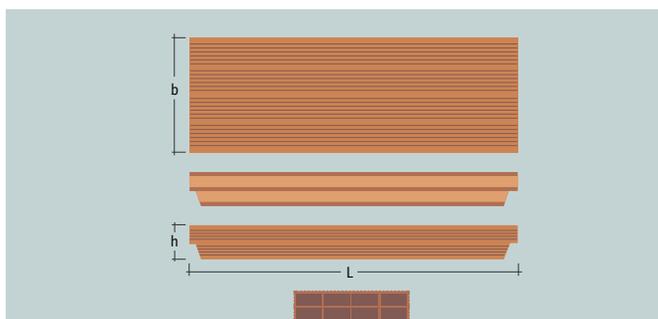
**TAVELLONI A TAGLIO OBLIQUO A GRADINO (principali misure in cm presenti sul mercato)**

Spessore (h)	Lunghezza (L)	Larghezza (b)
6	42-52	25

**TAVELLE A TAGLIO OBLIQUO A GRADINO (principali misure in cm presenti sul mercato)**

Spessore (h)	Lunghezza (L)	Larghezza (b)
4	50-60-70-80-90-100-110-120	25

*Varianti dei tavelloni e delle tavelle a taglio a gradino: aspetti morfologici e dimensionali.*

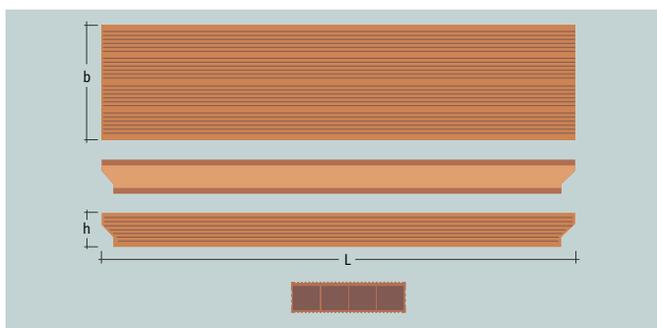


**TAVELLONI A TAGLIO RETTO A GRADINO (principali misure in cm presenti sul mercato)**

Spessore (h)	Lunghezza (L)	Larghezza (b)
6	40-50-80-90-100	25
8	50-80	25

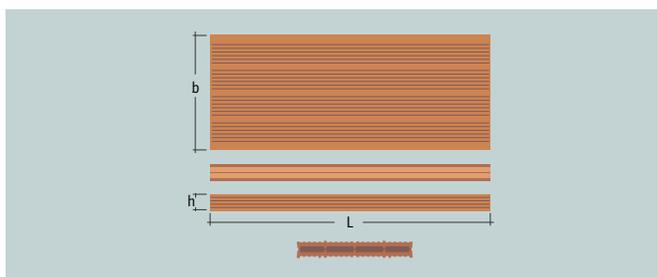
Convenzionalmente, le dimensioni del prodotto vengono indicate in centimetri con un ordine che individua per prima la tipologia (*tavellone* = T; *tavella* = Tv; *tavelline* = t), poi, in sequenza, *spessore*, *larghezza*, *lunghezza*, *profilo di estremità*, *profilo laterale*.

Secondo questo schema, un tavellone con spessore di 8 cm, larghezza di 25 cm e lunghezza di 60 cm, con taglio obliquo e fianchi retti, ha la seguente designazione: T8x25x60/to/fr.



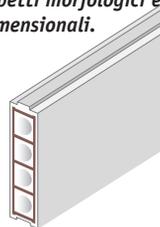
TAVELLONI A TAGLIO VARESE (principali misure in cm presenti sul mercato)		
Spessore (h)	Lunghezza (L)	Larghezza (b)
5	60-70-80-90-100-110-120	25
6	60-70-80-90-100-110-120-130	25
TAVELLE A TAGLIO VARESE (principali misure in cm presenti sul mercato)		
Spessore (h)	Lunghezza (L)	Larghezza (b)
4	60-70-80-90-100-110-120	25

*Tavelloni e tavelle a taglio Varese: aspetti morfologici e dimensionali.*

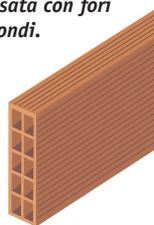


TAVELLE DIVISIBILI (principali misure in cm presenti sul mercato)		
Spessore (h)	Lunghezza (L)	Larghezza (b)
3	40-50	25

*Tavelle divisibili: aspetti morfologici e dimensionali.*

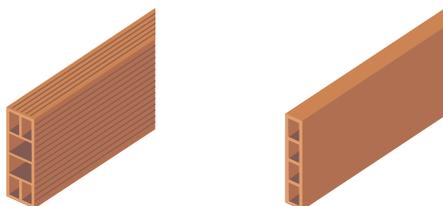


*Esempio di tavella gessata con fori rotondi.*



*Esempio di tavellone con doppia fila di fori.*

Finiture superficiali, numero e forma dei fori, disposizione dei setti e raggi di curvatura dei profili laterali non sono mai stati oggetto di normazione e questo ha consentito una libertà creativa che ha portato a soluzioni innovative nella concezione e nella conformazione degli elementi.



*A sinistra. Tavelloni con setti verticali ed orizzontali; a destra tavelloni con pareti lisce.*

### ATTACCHI A TERRA

#### Solai contro-terra

##### Descrizione

La realizzazione dei solai contro-terra, al di là degli aspetti legati alla resistenza fisico-meccanica e alla limitazione dei flussi termici, pone un problema specifico: il controllo del fenomeno di risalita dell'acqua contenuta nel terreno che, alla ricerca di una condizione di minor pressione, vince la forza di gravità risalendo attraverso i condotti capillari dei materiali da costruzione.

Poiché tale fenomeno avviene in assenza d'aria, la maniera più efficace per contrastarlo consiste nel separare il primo orizzontamento dal terreno mediante un'intercapedine, possibilmente ventilata.

L'intercapedine ventilata svolge anche l'utile funzione di disperdere il gas radon, eventualmente presente, che risale dal sottosuolo attraverso le soluzioni di continuità delle strutture, alcuni materiali da costruzione e gli impianti tecnici.

Nell'edilizia tradizionale, i vespai ventilati e, in misura maggiore, i *gattaiolati* hanno da sempre rappresentato soluzioni efficaci per affrontare e risolvere il problema.

A causa della complessità realizzativa, queste soluzioni sono cadute gradualmente in disuso, sostituite da solai laterocementizi a travetti prefabbricati o da cassaforme a perdere in materiale plastico.

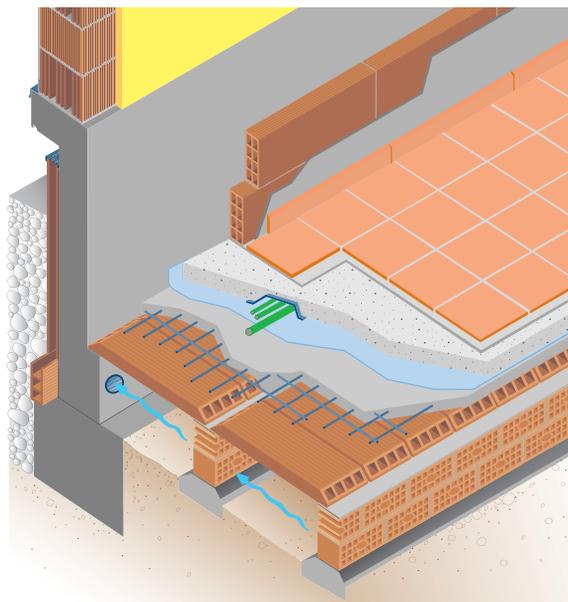
Il loro interesse permane per taluni interventi di ristrutturazione e in caso di solai con notevoli irregolarità planimetriche.

##### Ruolo del tavellame

Il tipo più comune di gattaiolato è quello con tavelloni su muricci. Il tavellone, in questo caso, funge da cassaforma a perdere per il successivo getto di cls.

Le dimensioni del tavellone permettono un congruo distanziamento dei muricci senza la necessità di eccedere nello spessore del pacchetto finito: impiegando tavelloni 'normali', l'interasse è intorno a 80-100 cm; impiegando *tavelloni nervati o armati*, per sovraccarichi fino a 300 kg/m<sup>2</sup>, si possono raggiungere interassi fino a 150 cm; per sovraccarichi minori l'interasse può essere aumentato.

##### Schema costruttivo



*Gattaiolato in tavelloni su muricci in laterizio.*

**ATTACCHI A TERRA****Pareti contro-terra****Descrizione**

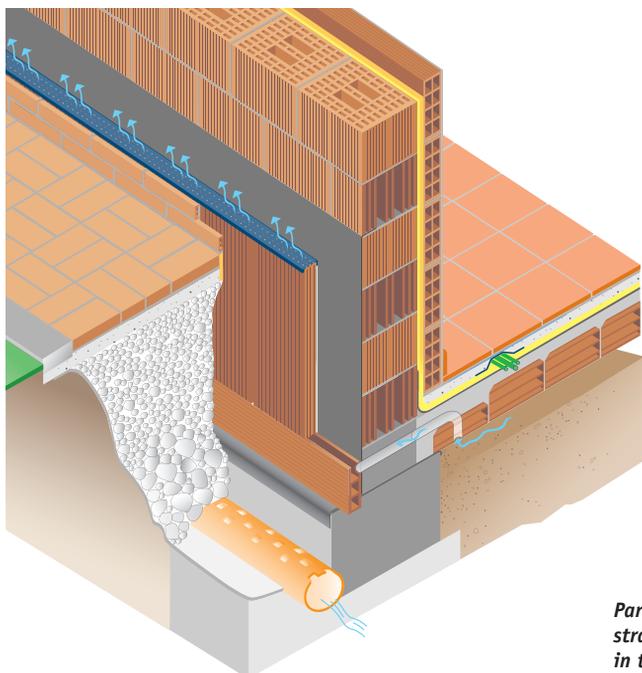
Le pareti contro-terra devono essere protette principalmente da tre forme di degrado idrico: l'umidità del terreno adescata lateralmente, quella che risale per capillarità dalla fondazione e l'acqua piovana che, in caso di pavimentazione esterna permeabile, dilavando lungo le pareti fuori terra, raggiunge il piede del muro.

In alternativa allo scannafosso, una soluzione conforme consiste nella previsione di uno strato drenante, per consentire un rapido allontanamento dell'acqua piovana, e nell'impermeabilizzazione della superficie esterna e della base della parete a partire dallo spiccato delle fondazioni.

Per garantire la durata nel tempo dello strato di tenuta da disporre sulla superficie esterna della parete, è necessario proteggerlo dall'azione punzonante esercitata sia dal materiale inerte costituente lo strato drenante che dalle radici delle piante.

Lo strato di protezione che occorre interporre tra strato di tenuta e strato drenante può essere realizzato mediante una parete in tavelloni.

Questa modalità costruttiva, efficace ma laboriosa, può risultare vantaggiosa se lo strato di protezione svolge anche funzioni di aerazione.

**Schema costruttivo****Ruolo del tavellame**

L'uso dei tavelloni è suggerito, oltre che dal ridotto peso e dalle dimensioni dei manufatti, dalla possibilità di realizzare uno *strato di protezione aerato*.

La disposizione del tavellame a fori verticali consente, infatti, di creare dei piccoli ma diffusi canali di aerazione utili per favorire lo smaltimento dell'umidità del terreno e, se presente, del gas radon. In questo modo non è necessario prevedere tubi di aerazione che si sviluppino in verticale lungo la parete per fuoriuscire al di sopra del piano di campagna.

*Parete contro-terra con strato di protezione aerato in tavelloni.*

## INVOLUCRO DEGLI EDIFICI

### Rivestimento delle strutture in cls armato per il controllo dei ponti termici

#### Descrizione

Nel periodo invernale, discontinuità di tipo costruttivo o di tipo geometrico determinano nelle chiusure dispersioni termiche localizzate dette comunemente *ponti termici*.

I ponti termici svolgono un ruolo rilevante nel bilancio energetico degli edifici, se si pensa che sono responsabili di una maggiorazione delle dispersioni termiche fino al 20-30%. In tali zone, la concentrazione del flusso termico determina, inoltre, un abbassamento della temperatura radiante con conseguenze fortemente negative sul comfort degli utenti.

Quando la diminuzione della temperatura superficiale interna scende al di sotto del "punto di rugiada", possono, infine, generarsi fenomeni di condensa superficiale, che si manifestano attraverso la presenza di macchie dovute all'attrazione ad al successivo fissaggio del pulviscolo. Tali fenomeni, in condizioni estreme, possono portare alla formazione di muffe dannose alla salute e ad alterazioni fisico-chimiche dei materiali di finitura.

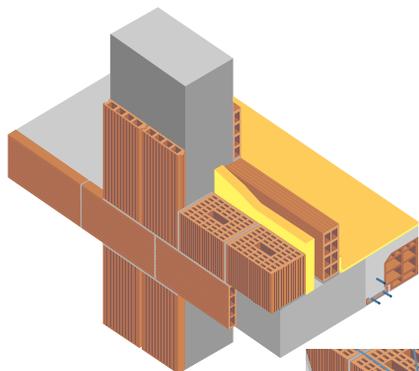
Operativamente, il 'controllo dei ponti termici' (cioè la loro riduzione ai valori minimi compatibili con i vincoli morfologico-costruttivi) può avvenire mediante il rivestimento 'a cappotto' delle zone caratterizzate da maggiore conduttività termica rispetto alla rimanente parte della chiusura.

#### Ruolo del tavellame

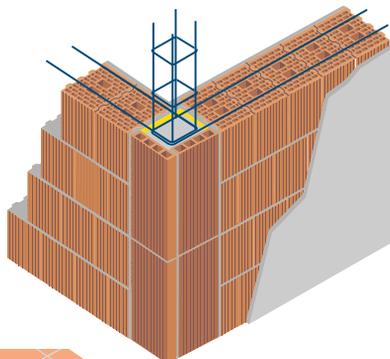
Rivestimenti di tavelle in laterizio costituiscono soluzioni solitamente efficaci per elevare la resistenza termica delle chiusure in corrispondenza dei ponti termici costruttivi e/o geometrici. L'ordine di grandezza di riduzione del ponte termico varia in media dal 10 al 20%, in funzione della soluzione adottata.

Se la chiusura è realizzata con manufatti in laterizio, il loro impiego quale rivestimento degli elementi in cls armato consente, inoltre, di ottenere una superficie esterna omogenea per la successiva stesura dello strato di finitura.

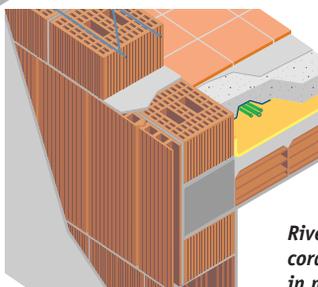
#### Schemi costruttivi



*Rivestimento mediante tavelle di telaio strutturale in cls armato.*



*Rivestimento mediante tavelle di pilastro in cls armato collaborante in muratura armata.*



*Rivestimento mediante tavelle di cordolo in cls armato in edificio in muratura monostrato.*

**INVOLUCRO DEGLI EDIFICI****Architravi in pareti non portanti****Descrizione**

Per la realizzazione della parte sommitale delle aperture nelle pareti non portanti - tramezzi o tamponamenti - è necessario impiegare manufatti con una resistenza a flessione idonea a sostenere il peso della parte di parete sovrastante il vano e che, nel contempo, consentano una semplice e rapida esecuzione.

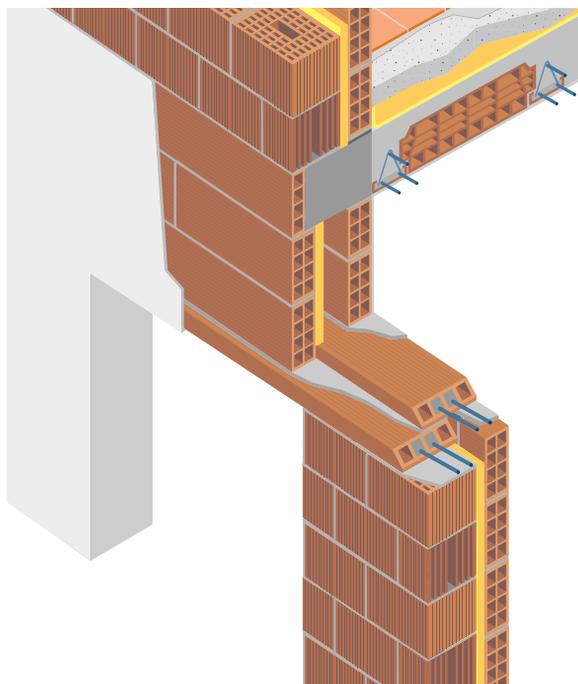
I tavelloni, grazie alle peculiari caratteristiche morfologico-dimensionali (sono disponibili sul mercato italiano elementi fino a 220 cm di lunghezza) e ad una resistenza a flessione che può raggiungere i 25 kg/cm<sup>2</sup>, rappresentano semilavorati che, normalmente, si prestano bene allo scopo.

Per le pareti in laterizio, la previsione di elementi per architrave dello stesso materiale risolve alla fonte il problema del controllo delle dilatazioni differenziali di origine termica, aspetto che, viceversa, andrebbe attentamente considerato in caso di architravi in acciaio o in cls armato.

**Ruolo del tavellame**

Nei tramezzi, comunemente si ricorre a tavelloni posati in foglio; nelle pareti di tamponamento, dove i carichi che gravano sull'architrave sono normalmente maggiori, i tavelloni hanno prevalentemente il ruolo di cassaforma a perdere. Quando si prevedano carichi verticali elevati sussiste sempre la possibilità di alloggiare all'interno dei fori un'armatura in tondini d'acciaio o di impiegare tavelloni rinforzati o da armare.

Se necessario, i fori possono anche essere utilmente sfruttati per il passaggio degli impianti tecnici.

**Schema costruttivo**

*Architrave in tavelloni parzialmente sovrapposti in parete di tamponamento con intercapedine.*

## INVOLUCRO DEGLI EDIFICI

### Facciate ventilate

#### Descrizione

Il ruolo fondamentale dello strato di ventilazione è di offrire un importante contributo al comfort igro-termico degli spazi abitati.

In periodo estivo, mentre lo strato di rivestimento riduce per riflessione gli effetti dell'irraggiamento solare, il flusso d'aria ascendente nell'intercapedine, sfruttando l'effetto camino, impedisce la trasmissione all'interno del calore per convezione.

In periodo invernale, la lama d'aria in movimento consente lo smaltimento del vapore acqueo prodotto negli ambienti interni evitando fenomeni di condensa interstiziale (sempre che nella parete non siano presenti strati funzionali impermeabili al vapore) e l'isolamento termico 'a cappotto', naturale complemento dello strato di ventilazione, impedisce la formazione di ponti termici (con l'eventuale eccezione dei punti di fissaggio alla sottostruttura).

Altri vantaggi della soluzione riguardano la sollecita evaporazione dell'umidità di costruzione (umidità in eccesso presente nei leganti o nei materiali da costruzione), un miglioramento della tenuta all'aria della facciata, più elevate doti di riduzione del disturbo acustico e rese estetiche fortemente caratterizzate.

#### Ruolo del tavellame

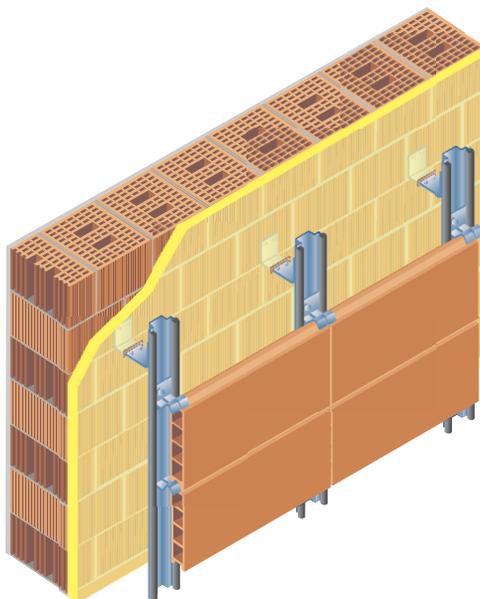
La prima soluzione proposta (*a sinistra*) mostra una facciata ventilata di impostazione tradizionale nella quale speciali tavelle in laterizio, con fianchi orizzontali sagomati e fianchi verticali rettificati, svolgono il ruolo di pannelli di rivestimento.

La seconda (*a destra*) è una facciata definibile 'microventilata' nella quale i tavelloni - disposti a fori verticali - sono fissati alla struttura portante mediante assemblaggio umido.

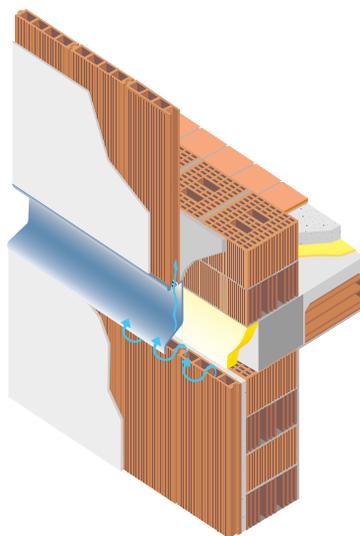
In questo caso, si sfruttano le forature dell'elemento laterizio per realizzare la camera di ventilazione.

Le due soluzioni sono applicabili tanto nelle nuove costruzioni quanto nella riqualificazione di edifici esistenti.

#### Schemi costruttivi



*Facciata ventilata con rivestimento in tavelle faccia a vista assemblate a secco.*



*Facciata micro-ventilata con rivestimento in tavelloni posati a umido e intonacati.*

## INVOLUCRO DEGLI EDIFICI

### Schermature ai raggi solari

#### Descrizione

In periodo estivo, le schermature frangisole possono offrire un importante contributo per impedire il surriscaldamento degli ambienti e ridurre, così, il carico termico globale dell'edificio.

Il modo più semplice per proteggere dall'illuminazione naturale un'apertura consiste nel disporre elementi aggettanti di profondità tale da non impedire la penetrazione dei raggi solari nel periodo invernale.

In caso di *brise-soleil* ad elementi fissi, la posizione e la tipologia della schermatura e l'inclinazione degli elementi schermanti devono essere stabilite in relazione all'orientamento dell'apertura; in particolare, per aperture esposte a sud è preferibile prevedere schermature con elementi disposti orizzontalmente; per aperture esposte a est o ad ovest è più conveniente adottare schermature con elementi posti in verticale.

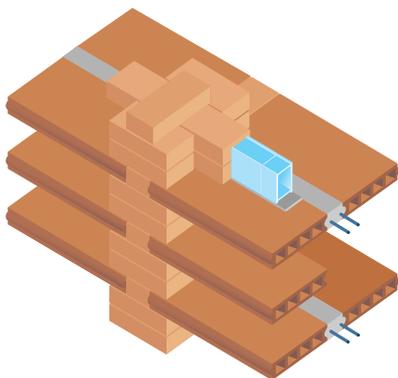
Per il dimensionamento della profondità degli elementi schermanti esistono strumenti di facile impiego (calcolatori delle ombre e diagrammi solari) che, in rapporto alla latitudine e all'esposizione (angolo azimutale), consentono di calcolare, nei diversi periodi dell'anno, le condizioni di illuminazione.

#### Ruolo del tavellame

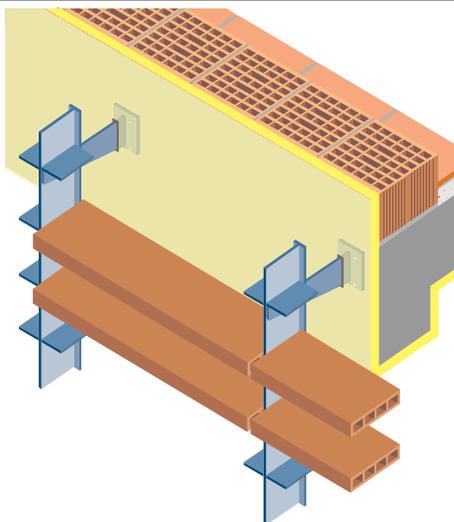
Le caratteristiche morfologiche e dimensionali rendono le tavelle e i tavelloni particolarmente adatti all'impiego in sistemi schermanti fissi. Infatti:

- il ridotto spessore e la loro leggerezza consentono una facile messa in opera a sbalzo, con incastro su sottostrutture di diverso tipo;
- la superficie può essere lasciata a vista o intonacata per rispondere alle diverse necessità di riflessione/assorbimento/diffusione dei raggi solari incidenti;
- la presenza di forature ne facilita il montaggio su telai metallici;
- la posa in opera può essere sia in verticale, sia in orizzontale.

#### Schemi costruttivi



*Frangisole orizzontale in tavelle faccia a vista con assemblaggio a umido.*



*Sistema frangisole in tavelle faccia a vista assemblate a secco.*

## COPERTURE DEGLI AMBIENTI

### Solai laterocementizi

#### Descrizione

I solai laterocementizi con travetti prefabbricati hanno nel nostro Paese una grandissima diffusione.

Al di là della tipologia dell'elemento portante principale, essi hanno diverse qualità: sono leggeri e garantiscono una buona coibenza termo-acustica; hanno una notevole rigidezza flessionale e ripartiscono uniformemente i carichi sugli appoggi; non necessitando di impegnative opere di cassetatura, risultano di veloce e semplice esecuzione.

Normalmente i travetti si associano a pignatte (collaboranti o meno), ma quando è necessario realizzare solai ad intercapedine può essere vantaggioso il ricorso al solaio con travi tipo "Varese" con elementi di alleggerimento in tavelloni e tavelle.

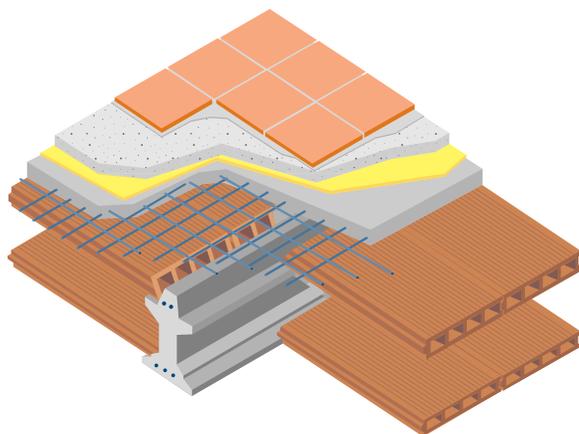
Prevedendo elementi di plafonatura rimovibili, la camera d'aria può essere ispezionabile.

#### Ruolo del tavellame

Nei solai con travi tipo "Varese" il tavellone ha, sostanzialmente, una funzione di cassero a perdere per il getto di cls; talvolta, quando si voglia creare una camera d'aria, anche ispezionabile, è impiegato insieme alle tavelle.

All'ala superiore della trave possono prevedersi tavelloni a taglio obliquo, per favorire la penetrazione del conglomerato nelle forature e migliorare la solidità dell'assemblaggio; in corrispondenza delle ali dell'intradosso trovano impiego le tavelle con taglio a gradino tipo "Varese".

#### Schema costruttivo



*Solaio ad intercapedine con travi tipo "Varese", tavelloni e tavelle.*

## COPERTURE DEGLI EDIFICI

### Solai in acciaio e laterizio

#### Descrizione

Storicamente, i solai misti in acciaio, laterizio e getto di conglomerato in cls hanno costituito l'originario e principale campo d'impiego dei tavelloni.

Soluzione diffusissima fino all'avvento dei solai laterocementizi, i solai in travi a 'doppio T' e tavelloni oggi sono impiegati prevalentemente nelle piccole ristrutturazioni in ragione della facilità esecutiva anche con mezzi d'opera modesti (per luci intorno a 5 m sono autoportanti anche in fase di getto).

Rispetto al risultato da conseguire, si possono impiegare diverse alternative tipologiche che variano essenzialmente per il posizionamento dei tavelloni rispetto alla struttura portante. Questi possono essere disposti alla sommità dell'ala superiore della trave, lasciandola a vista od occultandola con elementi di plafonatura (soluzioni idonee per il contenimento impiantistico nel senso dell'orditura), o su quella inferiore (soluzione vantaggiosa per il modesto spessore dell'impalcato). In questo caso, quando si voglia procedere all'intonacatura dell'intradosso, è opportuno prevedere copriferrò in laterizio, in modo da predisporre, per la stesura dell'intonaco, una superficie omogenea in laterizio.

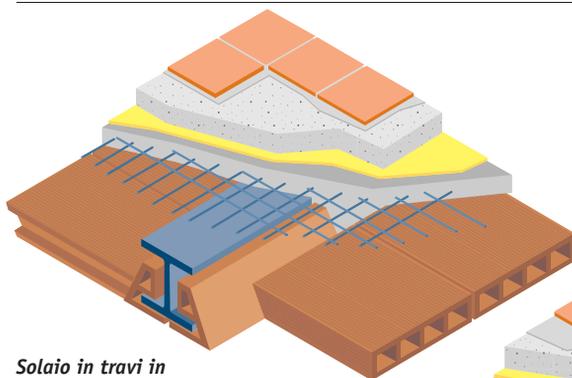
#### Ruolo del tavellame

Nel solaio misto in acciaio e laterizio il tavellone può adempiere a diverse funzioni: alleggerimento, cassetta, plafonatura, strato di finitura (ricorrendo al tipo faccia a vista).

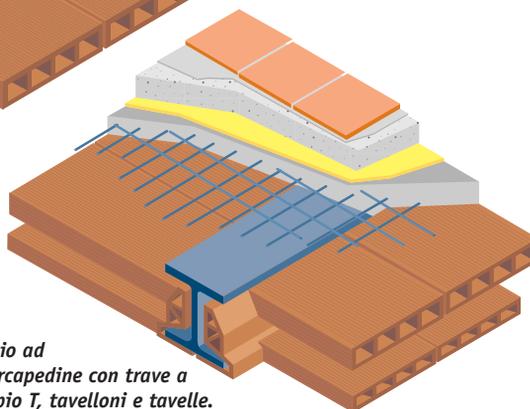
Grazie al ridotto spessore, associato a tavelle o ad altri materiali per controsoffittatura, può dar vita ad intercapedini utili per l'ispezionabilità impiantistica.

I solai con intercapedine hanno ulteriori qualità: conferiscono una grande leggerezza all'impalcato, consentono di coprire luci significative e garantiscono buone prestazioni termo-acustiche.

#### Schemi costruttivi



*Solaio in travi in acciaio a doppio T e tavelloni.*



*Solaio ad intercapedine con trave a doppio T, tavelloni e tavelle.*

### COPERTURE DEGLI AMBIENTI

#### Solai in legno e laterizio

##### Descrizione

I solai misti in legno, tavelloni e getto di completamento in cls sono stati, nel passato, piuttosto diffusi nell'edilizia rurale, sia per la realizzazione di solai interpiano, sia per la realizzazione di solai di copertura. In ambito residenziale, la necessità estetica di dover procedere all'intonacatura d'intradosso dei tavelloni, tra l'orditura principale e quella secondaria del solaio, ne rendeva l'utilizzo più problematico.

Oggi, la disponibilità di tavelle faccia a vista con bordi sagomati amplia notevolmente le possibilità applicative sia nel campo delle nuove costruzioni che in quello delle ristrutturazioni. Esse potranno essere impiegate insieme a tradizionali travi di legno o all'interno di sistemi concepiti industrialmente, che solitamente impiegano travi in legno lamellari e connettori metallici, puntiformi o lineari.

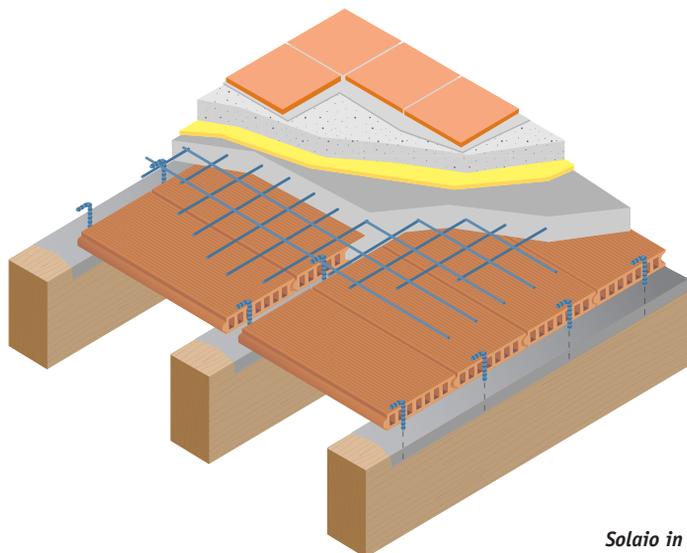
In entrambi i casi, la realizzazione dell'impalcato viene completata con un getto in cls armato con rete elettrosaldata.

##### Ruolo del tavellame

Tradizionalmente, nei solai misti in legno e laterizio i tavelloni (in genere, a taglio obliquo) garantiscono funzioni di cassetta per il getto in cls e luci tra gli elementi portanti fino a un metro.

Le attuali tavelle faccia a vista possono svolgere anche funzione di strato di finitura d'intradosso. Esse presentano fianchi sagomati maschio-femmina che permettono una maggiore uniformità, planarità e rigidità dell'impalcato mentre, con le loro dimensioni (intorno ai 50 cm) evocano le tradizionali campigiane in cotto.

##### Schema costruttivo



*Solaio in travi di legno e tavelle faccia a vista.*

## SUDDIVISIONE DEGLI AMBIENTI

### Tramezzi monostrato

#### Descrizione

I tramezzi monostrato in muratura sono comunemente impiegati quando si vogliono realizzare pareti leggere ed economiche.

Mentre l'isolamento termico è da considerarsi normalmente trascurabile, quello acustico può rappresentare, in talune circostanze, una prestazione di notevole portanza.

Oltre alla trasmissione dei suoni per via diretta (funzione del potere fono-isolante della parete che per i tramezzi monostrato in laterizio è intorno ai 42-43 dB), occorre considerare anche le trasmissioni, dovute alla vibrazione delle strutture laterali (pareti e solai), normalmente piuttosto penalizzanti per le pareti leggere in muratura. Quando si debba ridurre l'incidenza delle trasmissioni laterali occorre desolidarizzare il tramezzo: tanto meno le connessioni perimetrali con gli elementi costruttivi contigui saranno rigide - grazie all'utilizzazione di strisce resilienti- tanto più le trasmissioni laterali risulteranno ridotte.

Ai fini del controllo dei rumori aerei occorre rilevare l'influenza negativa sul comportamento acustico dei tramezzi delle canalizzazioni impiantistiche e delle soluzioni di continuità dei giunti di malta.

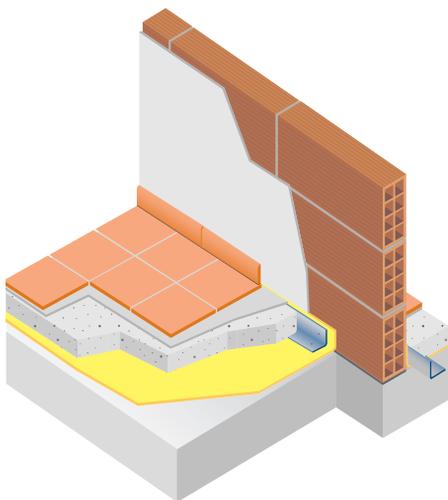
#### Ruolo del tavellame

I tavelloni -normali o gessati- uniscono le generose dimensioni longitudinali con la caratteristica leggerezza degli elementi forati in laterizio, garantendo la realizzazione di tramezzi dalla facile e veloce messa in opera senza sovraccaricare eccessivamente i solai.

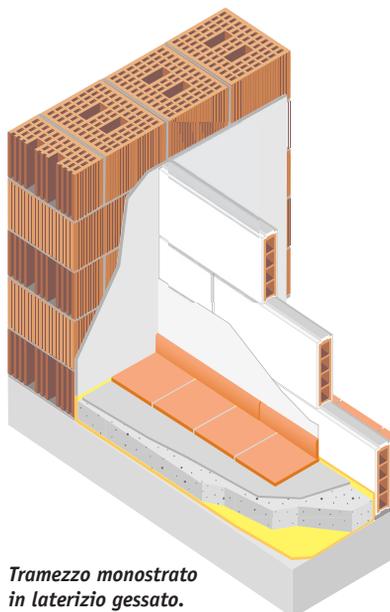
I manufatti in laterogesso, che presentano superfici laterali perfettamente piane e teste sagomate con incastro maschio-femmina, semplificano l'allineamento e gli appiombi.

I vantaggi in termini di rapidità di messa in opera che i tavelloni possono assicurare rispetto ai tradizionali mattoni forati valgono soprattutto quando si debbano realizzare pareti estese di forma regolare con pochi angoli o aperture.

#### Schema costruttivi



*Tramezzo monostrato desolidarizzato in tavelloni.*



*Tramezzo monostrato in laterizio gessato.*

## SUDDIVISIONE DEGLI AMBIENTI

### Tramezzi stratificati

#### Descrizione

I tramezzi stratificati possono essere adottati per suddividere ambienti interni quando il controllo dei fattori termo-acustici sia preminente: ad esempio, quando si debbano separare ambienti con diverse condizioni termiche o acustiche o diverse unità immobiliari.

A parità di elementi laterizi impiegati nella realizzazione dei due tavolati costituenti il tramezzo, se la resistenza al passaggio del calore varia quasi esclusivamente in rapporto al tipo e allo spessore del materiale isolante impiegato, la trasmissione laterale del rumore dipende da una molteplicità di fattori, primi fra tutti la desolidarizzazione del tramezzo rispetto agli elementi costruttivi contigui e la completa assenza di contatto tra i due tavolati.

Per migliorare il fono-isolamento è opportuno che le pareti di separazione fra due unità immobiliari siano prive di canalizzazioni impiantistiche e che i tavolati costituenti le pareti abbiano diversa massa.

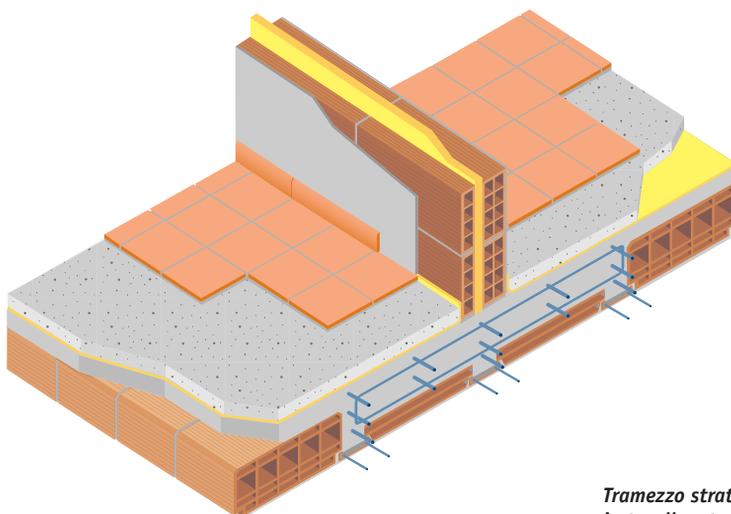
A causa del loro peso, i tramezzi stratificati, in particolare quando agiscono parallelamente all'orditura del solaio, possono determinare, su questo, zone localizzate di maggiore inflessione e azioni di punzonamento. Per ovviare a tali sollecitazioni improprie, occorre incrementare la rigidità del solaio, aumentando lo spessore della soletta, e prevedere, al di sotto dei tramezzi, nervature trasversali di ripartizione del carico.

#### Ruolo del tavellame

Per prevenire la formazione di vibrazioni acustiche moleste è opportuno realizzare il tramezzo stratificato mediante due tavolati di diverso spessore, utilizzando, ad esempio, per uno delle tavelle da 4-5 cm e per l'altro tavelloni da 8-10-12 cm.

I due tavolati devono essere tra loro indipendenti affinché non si creino cammini di trasmissione del suono per via strutturale con conseguente riduzione del potere fonoisolante dell'insieme.

#### Schema costruttivo



*Tramezzo stratificato  
in tavelle e tavelloni.*

## SUDDIVISIONE DEGLI AMBIENTI

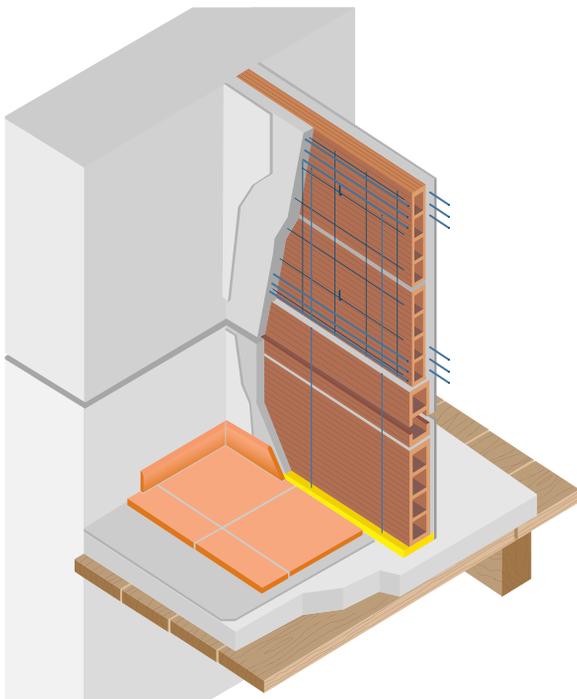
### Tramezzi semplici

#### Descrizione

I tramezzi pensili in muratura sono delle partizioni interne verticali che scaricano il loro peso sui muri portanti anziché sui solai. Trovano tipicamente impiego negli interventi di riqualificazione e consolidamento strutturale degli edifici in muratura portante e solai in carpenteria lignea o metallica nei seguenti casi:

- quando un orizzontamento non è ritenuto in grado di sostenere il peso di un nuovo tramezzo e non è possibile o opportuno consolidarlo per ragioni artistiche, tecniche o economiche;
- quando il tramezzo non corrisponderebbe agli elementi strutturali del solaio;
- quando il tramezzo andrebbe costruito sopra un solaio troppo deformabile che finirebbe per danneggiarlo;
- quando è necessario 'scaricare' un orizzontamento fatiscente dal peso di un tramezzo senza rinunciare alla separazione tra gli ambienti mediante un tramezzo in muratura.

#### Schema costruttivo



#### Ruolo del tavellame

I tramezzi pensili rappresentano, storicamente, il primo elemento tecnico in cui trovarono impiego, in ragione della loro leggerezza, le tavelle in laterizio. Nelle prime esperienze, il tramezzo era 'appeso' alla struttura portante verticale mediante sistemi, più o meno complessi, costituiti da travi (di legno o di acciaio) e tiranti d'acciaio. Quando non era necessario prevedere aperture, le tavelle erano disposte ad arco oppure il tramezzo era impostato su un arco di scarico gravante sui muri portanti. Successivamente sono state sperimentate soluzioni con elemento portante in cls armato che, opportunamente realizzate, possono contribuire a migliorare l'efficienza del reticolo strutturale riducendo la vulnerabilità dell'edificio agli eventi sismici.

In corrispondenza delle piastre, le tavelle, mentre svolgono la funzione di cassero a perdere, impediscono l'insorgenza di fenomeni di svergolamento, altrimenti possibili per la snellezza delle piastre stesse.

**Tramezzo pensile in tavelle con piastra in cls armato.**

## COPERTURE DEGLI EDIFICI

### Tetti ventilati

#### Descrizione

La ventilazione si basa sulla spinta ascensionale termica dovuta al surriscaldamento dell'aria nell'intercapedine rispetto all'aria esterna in ingresso (effetto camino) e, in misura minore, per l'azione del vento, quando presente.

Per impedire ristagni di umidità nel sottomanto, nei tetti con manti di copertura in laterizio è indispensabile prevedere uno *strato di micro-ventilazione*, realizzato fissando gli elementi di manto 'a secco' su elementi di sostegno lineari (listelli o cordoletti precostituiti di malta) paralleli alla linea di gronda o su pannelli termo-isolanti preformati.

L'adozione di uno *strato di ventilazione* sotto il manto di una copertura a falde risponde, invece, a scopi diversi: nel periodo estivo permette di ridurre il flusso di calore in entrata dovuto ai raggi solari incidenti sul tetto; nel periodo invernale, evita i rischi di condensa interstiziale e il fenomeno del disgelo differenziale della neve in corrispondenza dei coronamenti.

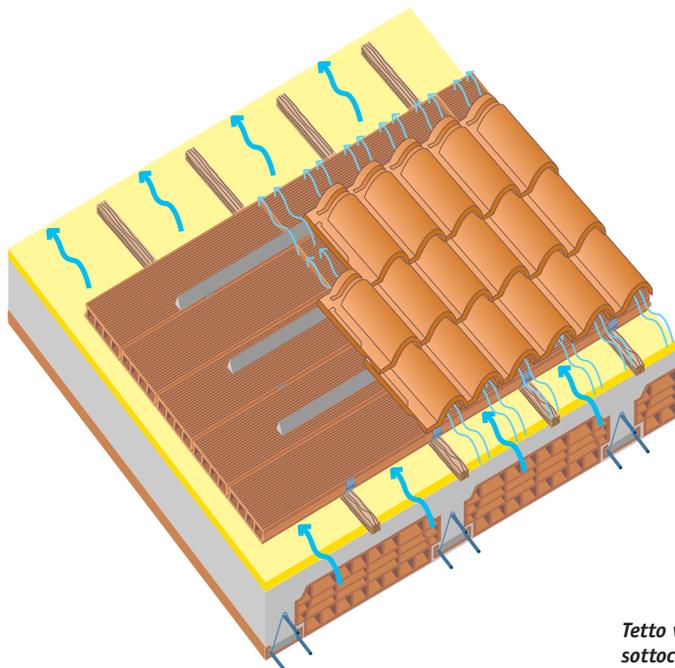
Lo strato di ventilazione può realizzarsi ad intercapedine unica (sovrapponendo due orditure ortogonali di listelli) o ad intercapedine doppia mediante uno strato di sottocopertura che separa lo strato di micro-ventilazione da quello di ventilazione.

#### Schema costruttivo

#### Ruolo del tavellame

Le tavelle possono essere impiegate, in alternativa al tavolato di legno, per la realizzazione del tetto ventilato con sottocopertura. Questa soluzione è più efficace di quella ad intercapedine unica poiché pone meno ostacoli ai moti convettivi. Inoltre, consente di smaltire il vapor d'acqua proveniente dal sottotetto anche in presenza di eventuali membrane di tenuta all'acqua, che potranno essere poste al di sopra della sottocopertura in tavelle.

Le tavelle assicurano, infine, rispetto al tavolato, una maggiore durabilità della soluzione tecnica.



*Tetto ventilato con sottocopertura in tavelle.*

## COPERTURE DEGLI EDIFICI

### Coperture inclinate leggere

#### Descrizione

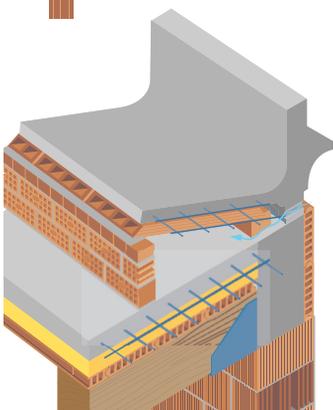
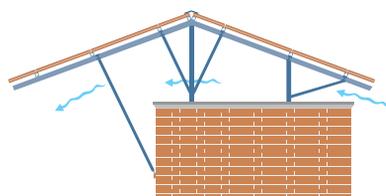
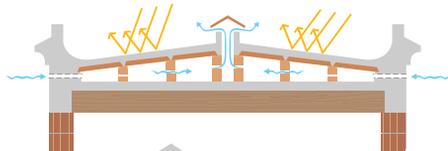
Per copertura 'leggera' si intende una chiusura superiore portata dall'ultimo solaio di un fabbricato.

Ad essa si ricorre tipicamente negli interventi di riqualificazione di edifici con coperture piane non più efficienti che non si desidera bonificare, o in quei contesti in cui è interdetta la realizzazione dei tetti, ma non si vuole rinunciare ad una copertura inclinata occultabile da parapetti.

La scelta di una doppia copertura, tuttavia, risponde non solo alla necessità di protezione dalle precipitazioni atmosferiche, ma anche alla possibilità di sfruttare l'elemento superiore, completamente indipendente dal volume sottostante, come volano termico, passaggio protetto di canalizzazioni impiantistiche, camera di ventilazione. L'intercapedine ventilata, oltre a ridurre i fenomeni di sbalzo termico e surriscaldamento della copertura con miglioramento delle condizioni di comfort negli ambienti sottostanti, permette di smaltire il vapore interno.

Affinché si generino 'naturalmente' i moti convettivi è necessario che la congiungente tra la bocchetta di ingresso dell'aria e quella di uscita abbia una pendenza rispetto all'orizzontale di almeno il 10%. Per pendenze inferiori è necessario prevedere idonei sistemi per l'aspirazione meccanica dell'aria.

#### Schemi costruttivi



*In alto, schema della ventilazione e della protezione dall'irraggiamento; in basso, copertura leggera in tavelloni su muricci.*

*In alto, schema della ventilazione; in basso, copertura leggera con manto di tavelle su orditura metallica.*

## COPERTURE DEGLI EDIFICI

### Abbaini

#### Descrizione

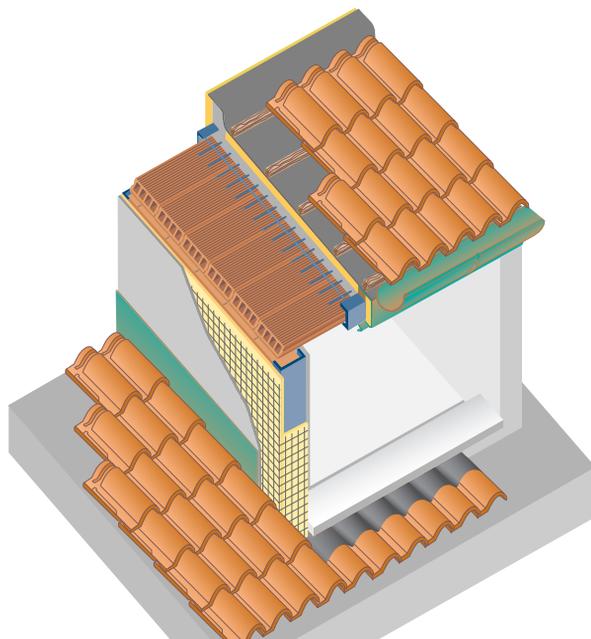
La previsione di abbaini consente di conseguire diversi obiettivi: l'illuminazione e la ventilazione naturale negli spazi sottotetto, la possibilità di interagire visivamente con l'esterno e l'accessibilità al manto di copertura per i necessari interventi manutentivi. Quest'ultimo aspetto assume oggi una grande importanza in ragione della sempre più diffusa presenza di terminazioni impiantistiche sui tetti.

Gli abbaini, spesso, sono realizzati mediante elementi leggeri gravanti sui solai di copertura. La loro realizzazione - nelle nuove costruzioni come negli interventi sull'esistente - necessita di grande accuratezza poiché essi costituiscono elementi di ostacolo al normale deflusso dell'acqua piovana e ai moti convettivi del sottomanto (micro-ventilazione e ventilazione).

Se ben progettati ed eseguiti garantiscono, rispetto a sistemi alternativi quali le finestre a tetto, una più efficace protezione dalle infiltrazioni d'acqua e dai raggi solari, i quali possono essere opportunamente diffusi nel sottotetto attraverso strati di finitura riflettenti.

Se orientati secondo la direzione prevalente dei venti estivi, possono svolgere, inoltre, un ruolo significativo per il raffrescamento del sottotetto.

#### Schema costruttivo



#### Ruolo del tavellame

I tavelloni risultano idonei ad essere impiegati per la realizzazione di questi piccoli volumi, in cui, generalmente, le luci di copertura non superano i due metri, con grande risparmio di costo e di tempo. La leggerezza caratteristica dei tavelloni ne rende particolarmente vantaggioso l'impiego soprattutto nel caso di interventi su manti di copertura già esistenti.

## COPERTURE DEGLI EDIFICI

### Coronamenti

#### Descrizione

Il coronamento deve rispondere a svariate necessità compositive e prestazionali: contenere il sistema di intercettazione e allontanamento delle precipitazioni atmosferiche provenienti dal tetto; preservare la chiusura verticale dalla pioggia battente riducendo il fenomeno del ruscellamento, fungere da schermatura orizzontale nei riguardi dei raggi solari nel periodo estivo; proteggere dalle precipitazioni atmosferiche il percorso pedonale sottostante.

In caso di sottotetti abitati, il coronamento rappresenta un nodo di particolare interesse ai fini del controllo dei ponti termici e della prevenzione del fenomeno di disgelo differenziale della neve, causa di infiltrazioni d'acqua di fusione al di sotto del manto e di caduta rovinosa dei cumuli di neve ghiacciata depositatisi sullo sporto.

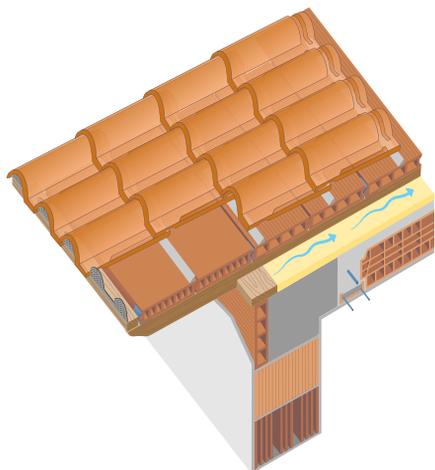
Nei coronamenti, la riduzione dei ponti termici, come per tutti gli elementi aggettanti, può risultare complessa; in caso di cornicione in cls armato si può ricorrere al rivestimento della trave di bordo (con materiale coibente o con tavelle in laterizio) e alla contestuale desolidarizzazione dello sporto. Il disgelo differenziale della neve si evita, nella maniera più efficace, mediante uno strato di ventilazione che crea pari condizioni termiche all'intradosso e all'estradosso del manto.

#### Ruolo del tavellame

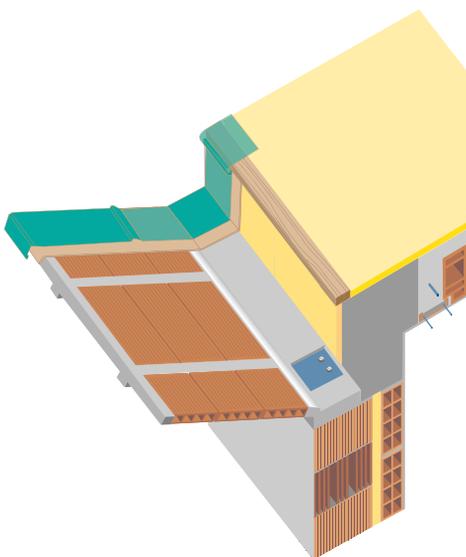
Tavelle e tavelloni in laterizio rappresentano elementi congeniali per la realizzazione dei cornicioni, associati tipicamente ad elementi con idonea resistenza flessionale, nei nuovi edifici come nelle ristrutturazioni.

La prima soluzione mostra uno sporto di gronda in legno con uso di tavelloni faccia a vista; la seconda propone un cornicione prefabbricato in cls armato con tavelle faccia a vista intercluse.

#### Schemi costruttivi



*Sporto di gronda in travetti di legno e tavelloni faccia a vista.*

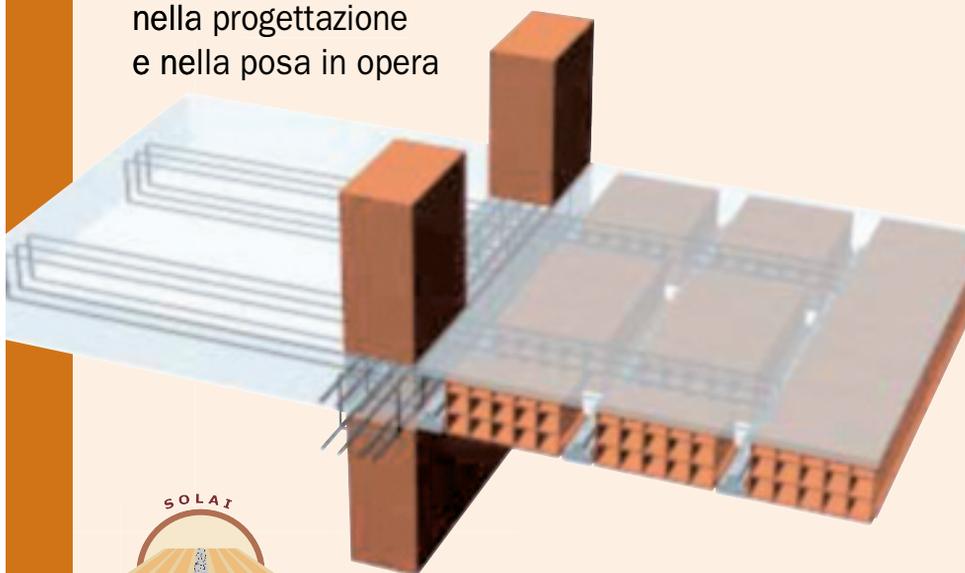


*Coronamento assemblato a secco in cls armato e tavelle intercluse in laterizio faccia a vista.*



# La corretta esecuzione dei solai in laterizio

Attenzioni da porre  
nella progettazione  
e nella posa in opera



## Premessa

I solai in laterocemento rappresentano la quasi totalità delle strutture piane orizzontali adoperate sul territorio nazionale. Sono classificabili come strutture miste ottenute dall'assemblaggio di due tipi di materiale che hanno fra loro buona affinità: il cemento armato, con funzioni prevalentemente resistive-struttu-

rali; il laterizio, con funzioni prevalentemente di alleggerimento. Il laterizio viene usato per delimitare, con le sue pareti, i canali all'interno dei quali viene disposta l'armatura di acciaio e che, successivamente, vengono riempiti di calcestruzzo. Questi canali, a calcestruzzo indurito, rappresenteranno le

nervature resistenti dell'intera struttura. La funzione resistiva può essere assunta in parte anche dal laterizio che, per l'occasione, presenterà particolari requisiti e forme. Nel caso di solai parzialmente o totalmente prefabbricati, l'armatura è contenuta all'interno dei componenti prefabbricati.

## I blocchi in laterizio per solai

La norma Uni 9730 del 1990 *Blocchi in laterizio per solai* classifica i blocchi, tenendo presenti le modalità di impiego, secondo due criteri:  
– modalità di posa in opera;  
– funzione statica.

### Tipologie e classificazione dei blocchi

Con il primo criterio si individuano tre possibili tipi di blocchi in laterizio:  
– tipo 1: blocchi destinati ai solai da cassera-

re e gettare in opera (fig. 1);  
– tipo 2: blocchi destinati al confezionamento dei pannelli (fig. 2);  
– tipo 3: blocchi destinati a solai realizzati con travetti prefabbricati (fig. 3).

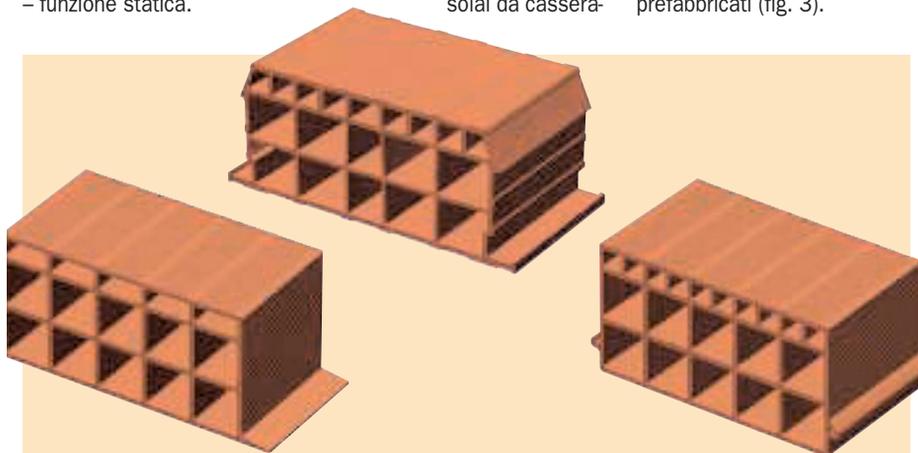


Fig. 1 - Blocco per solaio da getto in opera.

Fig. 2 - Blocco per solaio a pannelli.

Fig. 3 - Blocco per solaio a travetti.

Con il secondo criterio si individuano due categorie a seconda della funzione statica esplicata dal blocco nel solaio:

– categoria a): blocchi aventi funzioni principali di alleggerimento;

– categoria b): blocchi aventi funzione statica in collaborazione con il conglomerato.

La definizione completa di un blocco è, ad esempio, del tipo: *Blocco per solaio 3/b Uni 9730-20x38x25*, ovvero: blocco per solaio di tipo 3 (destinato a solai realizzati con travetti preconfezionati), di categoria b) (con funzione statica in collaborazione con il conglomerato), alto 20 cm, largo 38 cm (ingombro del blocco in opera) e lungo 25 cm (lunghezza di taglio).

È opportuno ricordare che questa norma, nella seconda parte, introduce anche alcuni concetti concernenti la qualità.

Definisce e caratterizza, per esempio, le possibili fessure riscontrabili in un blocco, limitandone il numero in funzione della posizione delle fessure stesse (fig. 4).

A livello europeo, le caratteristiche dei blocchi, in laterizio e in altri materiali, al momento sono allo studio del gruppo Cen/Tc 229 (Comitato europeo di normazione/ Comitato tecnico n. 229).

### Caratteristiche dei blocchi

Le caratteristiche dei blocchi in laterizio per solaio sono fissate, in modo cogente, anche dai decreti attuativi della legge

1086 del 15 novembre 1971 che, periodicamente, vengono emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici (ufficialmente con cadenza biennale). Il più recente decreto, che porta la data del 9 gennaio 1996, ripete le indicazioni che già erano presenti nei decreti del 14 febbraio 1992 e del 27 luglio 1985 e, con alcune aggiunte e modifiche, nei decreti ancora precedenti, il primo dei quali risale al 1972. Gli altri decreti attuativi della legge 1086 risalgono al 30 maggio 1974, al 16 giugno 1976 e al 28 dicembre 1980.

Queste precisazioni, sebbene possano sembrare di scarsa utilità, hanno tuttavia lo scopo di evidenziare come da molto tempo il blocco da solaio sia soggetto a indicazioni

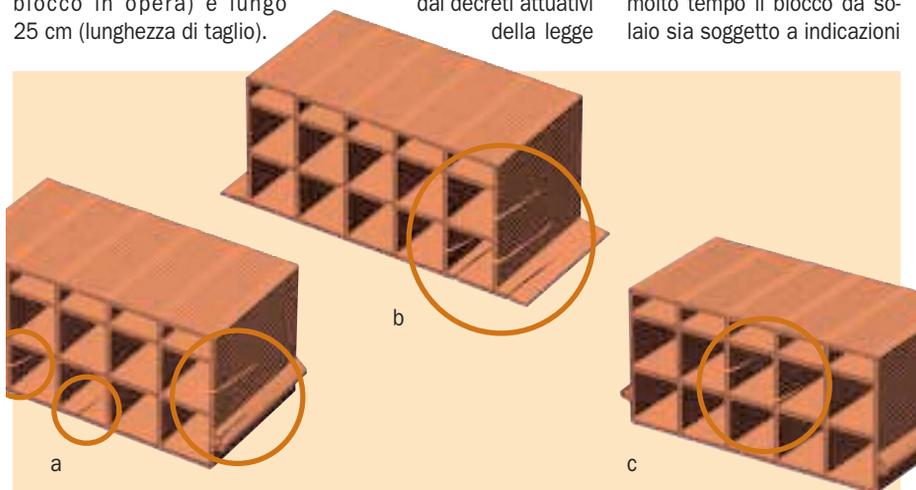


Fig. 4 - Per fessura si intende una lesione interessante tutto lo spessore di un setto o di una parete e lunga più di  $1/4$  della dimensione dell'elemento. In a e b sono indicate fessure non ammesse; in c è indicato un esempio di fessure ammesse. Altri setti possono essere fessurati purché il numero totale delle fessure di un blocco non sia maggiore di 2. Altri difetti (protuberanze, scagliature ecc.) sono ammessi purché non influiscano negativamente sulle caratteristiche meccaniche (norma Uni 9730, parte 2<sup>a</sup>).

**Tabella 1**

Altezza del blocco cm	Foratura %
12	67,5
14	68,7
16	70,0
18	71,2
20	72,5
22	73,7
24	75,0
26 e oltre	75,0

precise e inderogabili che oggi non ne definiscono soltanto le dimensioni o i valori minimi di resistenza meccanica, ma anche la geometria del disegno e le caratteristiche che deve avere la materia prima impiegata nella produzione.

Anche secondo il decreto del 9 gennaio 1996, i blocchi per solaio possono essere di due tipi:

– blocchi di categoria a) se hanno funzione principale di alleggerimento;

– blocchi di categoria b) se collaborano staticamente con il conglomerato sostituendosi, grazie alla loro conformazione e resistenza, al calcestruzzo della soletta.

Questa suddivisione è fondamentale e non può assolutamente essere ignorata.

È infine il caso di ricordare che riferimenti dimensionali e prestazionali concernenti le strutture di solaio si trovano anche nella Circolare 91 del 1961 *Norme di sicurezza per la protezione contro il fuoco dei fabbricati a struttura in acciaio destinati a uso civile* e nella norma Uni 10355 del 1995 *Comportamento termico delle strutture in muratura e dei solai*.

#### Caratteristiche comuni

Numerosi sono, pertanto, i requisiti ai quali i blocchi in laterizio per solaio devono rispondere.

I blocchi devono essere caratterizzati da un disegno semplice, con setti rettilinei e allineati, soprattutto in direzione orizzontale.

Il decreto ribadisce il concetto indicando anche che il rap-

porto fra lo spessore e la lunghezza dei setti deve essere il più possibile costante.

Questo significa che il disegno, oltre che semplice, deve essere ben equilibrato, con fori di dimensioni non troppo dissimili tra loro.

È fissata la percentuale di foratura, ossia il rapporto fra l'area totale dei fori e l'area della sezione del blocco, mediante la formula:

$$F/A \leq 0,6 + 0,625 h \leq 75\%$$

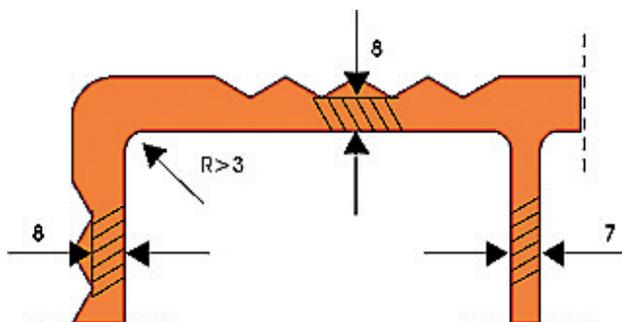
(dove h è l'altezza del blocco espressa in metri).

In pratica, quindi, i blocchi da solaio possono avere al massimo la percentuale di foratura riportata in tabella 1.

Le pareti orizzontali compresse devono avere spessore non minore di 8 mm; le pareti perimetrali devono avere anch'esse spessore non inferiore a 8 mm, mentre i setti non devono avere spessore minore di 7 mm.

Le intersezioni fra i setti e fra i setti e le pareti devono essere raccordate con un raggio di curvatura maggiore di 3 mm (fig. 5).

Fig. 5 - Requisiti geometrici dei blocchi.



**Tabella 2**

	Resistenza caratteristica a compressione dei blocchi			
	in direzione dei fori		in direzione trasversale ai fori e nel piano del solaio	
	N/mm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
categoria a)	15	150	5	50
categoria b)	30	300	15	150

**Tabella 3**

	Resistenza caratteristica a trazione per flessione su listello	
	N/mm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
categoria a)	7	70
categoria b)	10	100

Le caratteristiche della materia prima, ovvero le caratteristiche fisiche del “cotto”, sono definite dal coefficiente di dilatazione termica lineare  $\alpha$ , che deve essere maggiore di  $6 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , e dalla dilatazione all’umidità, che non può superare il valore  $4 \cdot 10^{-4}$  ( $400 \text{ } \mu\text{m/m} = 0,4 \text{ mm/m}$ ). Questi

vincoli hanno lo scopo di assicurare la compatibilità del laterizio con il calcestruzzo, in modo che in esercizio, variando la temperatura o l’umidità, il comportamento della struttura sia il più possibile omogeneo.

Sempre legato alle caratteristiche della materia prima

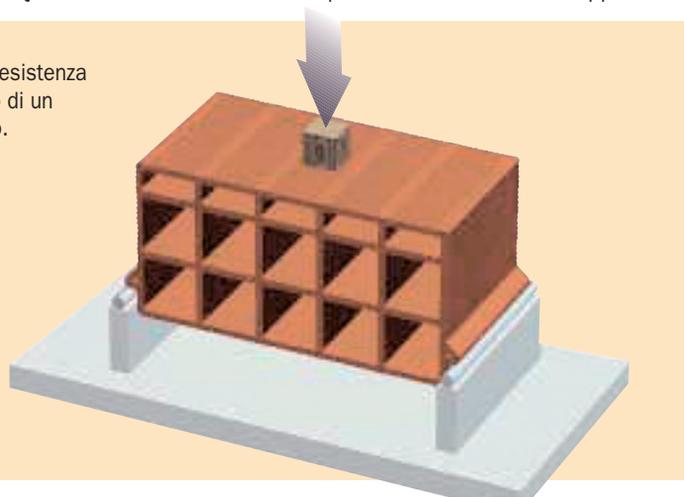
(ma anche al disegno del blocco), è il valore del modulo elastico, fissato per legge a un massimo di  $25 \text{ kN/mm}^2$  ( $250.000 \text{ kg/cm}^2$ ), allo scopo di garantire al blocco una deformabilità sufficiente ad assorbire le variazioni dimensionali indotte da sollecitazioni sia meccaniche che termiche senza subire danneggiamenti.

**Le differenze**

La resistenza meccanica è invece differenziata a seconda che si tratti di blocco di categoria a), non collaborante, o di categoria b), collaborante. Le tabelle 2 e 3 sintetizzano le richieste di legge.

Si tratta naturalmente di resistenze caratteristiche (e non di resistenze medie), valutate sulla superficie netta della sezione del blocco, a differenza di quanto avviene per gli elementi resistenti per muratura (mattoni e blocchi), nei quali la resistenza a compressione è ricavata dal rapporto fra

Fig. 6 - Prova di resistenza al punzonamento di un blocco interposto.



carico di rottura applicato e superficie lorda (area racchiusa dal perimetro, vuoto per pieno). Esiste ancora un obbligo per i blocchi interposti (il significato di “interposti” sarà chiarito in seguito): devono resistere a un carico concentrato, applicato al centro della faccia superiore su di un’area di 5x5 cm, di almeno 1,5 kN (150 kg) (fig. 6).

Questi blocchi, infatti, vengono posti in opera senza impalcato inferiore continuo; devono essere pertanto in grado di resistere a un carico concentrato equivalente al peso di una persona e delle attrezzature a corredo. Tutte le modalità di esecuzione delle prove sopra richiamate sono fissate dall’Allegato 7 del decreto 9 gennaio 1996.

Si è detto in precedenza che i blocchi di categoria b) collaborano staticamente con il conglomerato (blocchi “colla-

boranti”), mentre quelli di categoria a) hanno funzione principale di alleggerimento. La differenza consiste esclusivamente nella geometria del blocco (fig. 7).

Il blocco di categoria b) deve, infatti, avere la cosiddetta “zona rinforzata”: la parte superiore del blocco, per uno spessore non inferiore a 1/5 dell’altezza nel caso di elementi alti fino a 25 cm, e per almeno 5 cm per quelli di maggiore altezza, dev’essere caratterizzata da una percentuale di foratura non superiore al 50 per cento.

A stretto rigore, quindi, l’estradosso del blocco, coincidente con la parete superiore della zona rinforzata, deve essere piano e parallelo alla parete inferiore della zona rinforzata e, nel complesso, quest’ultima deve rispettare il limite sulla percentuale di foratura. Non sembra comunque

**Tabella 4**

Altezza minima della zona rinforzata (blocchi di categoria b)	
altezza blocco	altezza minima soletta
cm	cm
12	2,4
14	2,8
16	3,2
18	3,6
20	4,0
22	4,4
24	4,8
25 e oltre	5,0

in contrasto con la norma la presenza di incavi longitudinali sulla parete superiore, da rasare in opera con calcestruzzo, in modo che, con tale riempimento, sia possibile raggiungere la percentuale di foratura prescritta.

Questa soluzione è comunque sconsigliabile nei solai realizzati o completati in opera, per il rischio che la rasatura sia male eseguita se non, addirittura, non eseguita; mentre invece è accettabile nei pannelli prefabbricati, per i quali la produzione in serie può garantire il corretto riempimento degli incavi.

Lo spessore minimo della zona rinforzata in funzione dell’altezza del blocco è indicato in tabella 4.

Se vengono rispettate le indicazioni previste nel decreto, se è assicurata la trasmissione degli sforzi di

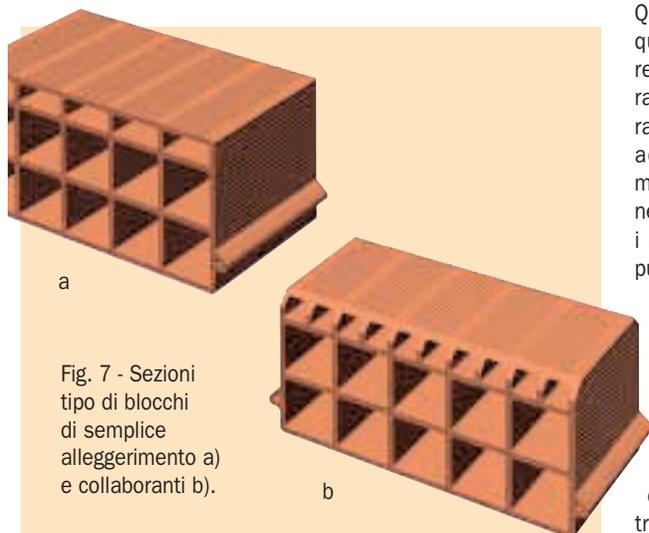


Fig. 7 - Sezioni tipo di blocchi di semplice alleggerimento a) e collaboranti b).

compressione (fig. 8) e se si opera in zona non sismica, la soletta in calcestruzzo può quindi essere omessa (in zona sismica infatti il decreto del 16 gennaio 1996, pur non rendendolo esplicitamente obbligatorio, praticamente impone una soletta in calcestruzzo di almeno 4 cm di spessore a garanzia della corretta ripartizione delle azioni orizzontali tra i muri maestri).

### Prescrizioni particolari

Altre prescrizioni di legge riguardano la larghezza e l'interasse delle nervature da riempire con il conglomerato e la dimensione massima dei blocchi (fig. 9).

Nei solai gettati in opera, o completati in opera, le nervature devono avere larghezza maggiore di  $1/8$  dell'interasse e comunque non possono essere inferiori a 8 cm. Quindi un solaio con interasse di

**Tabella 5**

Interasse massimo per solai in blocchi di categoria b) in funzione dell'altezza del blocco per solaio a travetti		
altezza blocco cm	interasse massimo cm	larghezza massima del blocco interposto con travetti da 12 cm cm
12	36	28
14	42	34
16	48	40
18	54	46
20	60	52
22	66	52
24	72	52
25 e oltre	75	52

50 cm avrà necessariamente nervature di almeno 8 cm (e non di 6,25 cm).

L'interasse delle nervature deve, inoltre, essere minore, o al più uguale, a 15 volte lo spessore della soletta. Pertanto un solaio realizza-

to con blocchi di categoria a) con soletta in calcestruzzo di 4 cm (valore minimo previsto dalla norma) potrà avere un interasse massimo di 60 cm. Diverso è invece il caso dei blocchi collaboranti di categoria b). In questa circo-

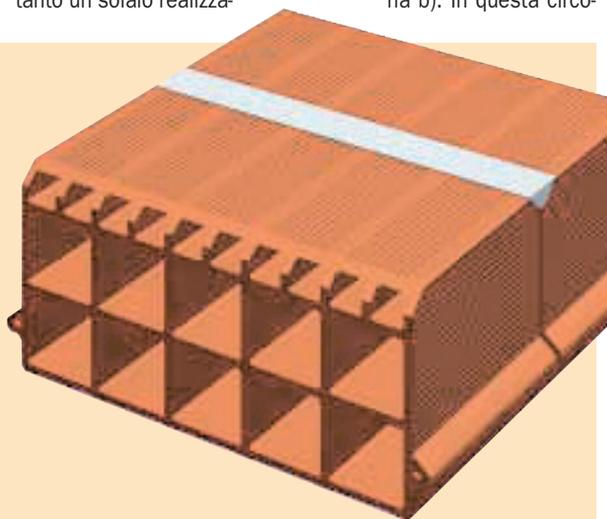


Fig. 8 - Corretto riempimento in opera degli smussi dei blocchi di categoria b) per assicurare la trasmissione degli sforzi di compressione.

stanza, infatti, il solaio è privo della soletta in calcestruzzo, sostituita dalla soletta in cotto del blocco.

Se l'altezza della soletta in cotto è stata dimensionata secondo le altezze minime riportate in tabella 4, un solaio realizzato con blocchi di categoria b), alti 12 cm, senza quindi soletta in calcestruzzo, non potrà avere interasse maggiore di 36 cm; se i blocchi sono alti 16 cm non potrà avere interasse maggiore di 48 cm e così via. Naturalmente questi limiti non valgono nel caso si realizzi la soletta in calcestruzzo, ignorando l'esistenza della soletta in cotto. In presenza di carichi perma-

nenti o accidentali particolarmente elevati può essere necessario aumentare la larghezza della nervatura (ad esempio distanziando i blocchi sulla carpenteria dell'impalcato o affiancando due travetti prefabbricati).

In questi casi, qualora si impieghino blocchi di categoria a), bisognerà dimensionare opportunamente la soletta in calcestruzzo (un interasse di cm 68 richiederà una soletta di almeno  $68/15 = 4,53$  cm di spessore). Qualora invece si usino blocchi di categoria b) si dovrà verificare che la soletta rinforzata in cotto abbia la necessaria altezza. In caso contrario anche su que-

sti blocchi si dovrà realizzare una soletta in calcestruzzo di spessore adeguato.

La larghezza massima dei blocchi è, in ogni caso e per tutte le tipologie, limitata a 52 cm. Nel decreto, infatti, viene espressamente precisato che «...il blocco interposto deve avere dimensione massima inferiore a 52 cm». Nella pratica corrente il termine "interposto" è attribuito ai blocchi che vengono posizionati fra i travetti prefabbricati. Nel decreto, invece, il termine "interposto" ha il significato di blocco posizionato fra i getti (o nervature) di calcestruzzo, e ha quindi validità generale.

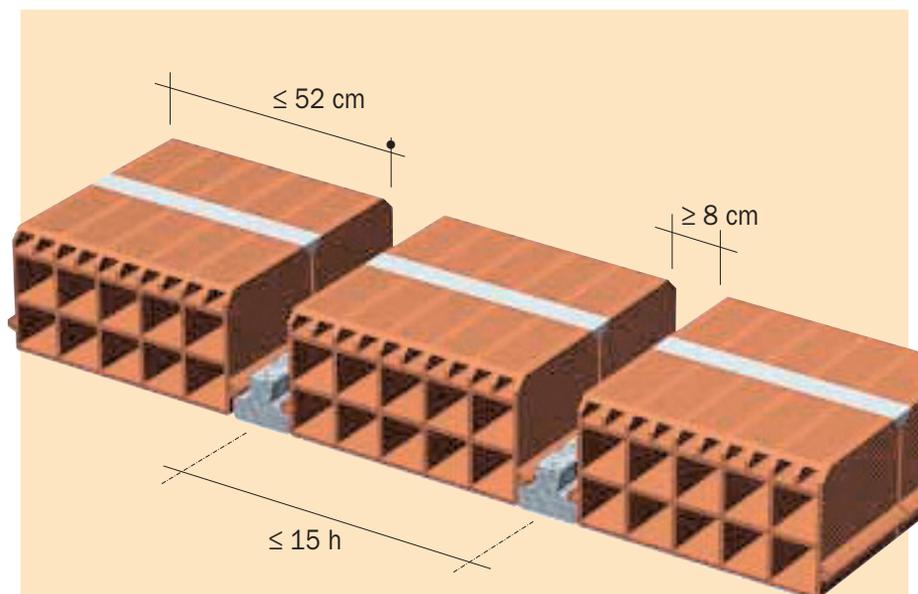


Fig. 9 - Dimensione e interasse delle nervature.

Dimensione massima dei blocchi ( $h$  = altezza della soletta in cotto o in calcestruzzo).

## I diversi tipi di solaio

Come si è accennato, esistono diverse modalità di esecuzione delle strutture di solaio in laterocemento, che sinteticamente si possono riassumere in:

- solaio realizzato in opera;
- solaio a pannelli prefabbricati:
  - in cemento armato normale;
  - in cemento armato precompresso;
- solaio a travetti:
  - con travetti in lateroce-

mento e blocchi interposti;

- con travetti a traliccio e blocchi interposti;
- con travetti in calcestruzzo precompresso e blocchi interposti;
- con travetti accostati;

- solaio a lastra in cemento armato con elementi di alleggerimento in laterizio.

### Solaio realizzato in opera

I blocchi, che presentano alette laterali atte a delimitare inferiormente il getto di

conglomerato, vengono posizionati su di un impalcato di sostegno provvisorio (fig. 10), che viene successivamente smontato non appena il conglomerato ha raggiunto la sufficiente resistenza meccanica (comunque non prima di 28 giorni).

In passato ha rappresentato l'unico tipo di solaio misto in laterizio e cemento armato.

Oggi è usato quando la pianta del fabbricato presenta forti irregolarità o quando, per

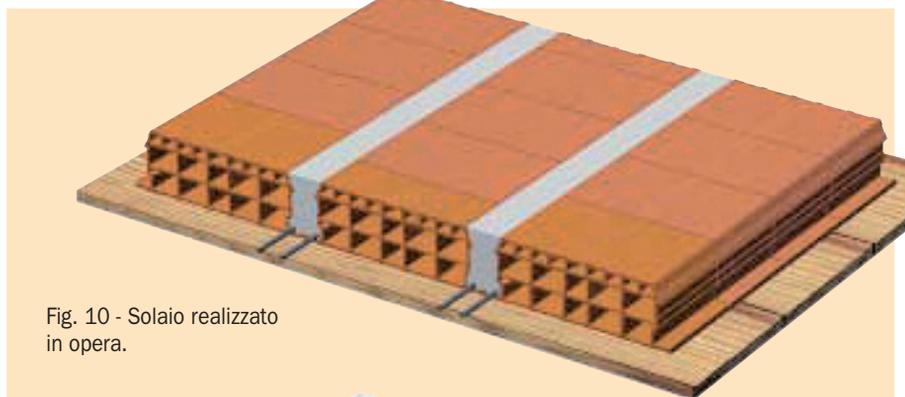


Fig. 10 - Solaio realizzato in opera.

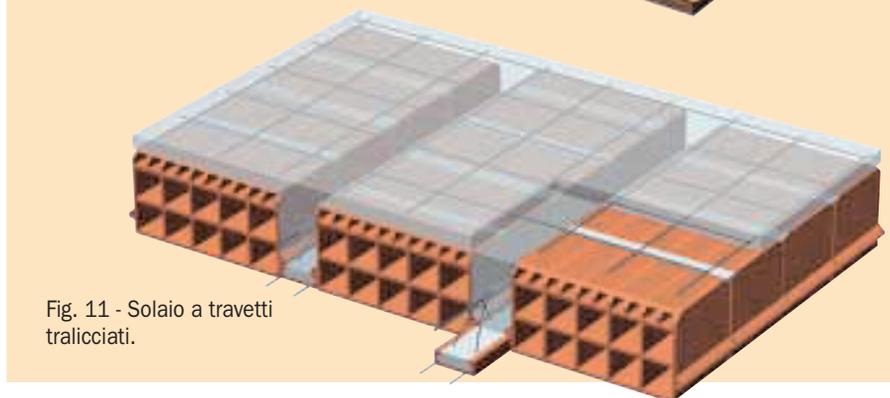


Fig. 11 - Solaio a travetti tralicciati.

mancanza di spazio o di mezzi di sollevamento, non è possibile impiegare travetti o pannelli prefabbricati.

Dopo avere posizionato tutti i blocchi in laterizio, si procede alla posa delle barre di armatura, ricorrendo all'uso di distanziatori o di sistemi equivalenti in modo da assicurare che, nella successiva fase di getto, i ferri mantengano una corretta disposizione.

### Solaio a travetti e blocchi interposti

Un buon compromesso fra solaio in opera e solaio a pannelli è costi-

tuito dal solaio a travetti e blocchi interposti (fig. 11). Del solaio in opera conserva la flessibilità di adattamento anche a fabbricati di pianta complessa, mentre del solaio a pannelli mantiene, seppure in parte, la minore incidenza di carpenteria di impalcato. Se si usa il travetto a traliccio, i rompitratta vanno posti a una distanza compresa tra 1 e 1,5 m. Poiché il peso è di circa 10 kg/m, si ha anche un'ottima maneggevolezza. Se invece si usa il travetto precompresso, che assicura un corretto copriferro delle armature e l'as-

senza di fessure all'intradosso, i rompitratta vanno posti a distanza di 1,5÷2 m. I solai a travetti in laterocemento sono ora meno impiegati rispetto al passato, se non addirittura in disuso (fig. 12).

### Solaio a pannelli prefabbricati e a lastra in cemento armato

Rappresentano l'industrializzazione del solaio tradizionale. I pannelli preconfezionati, ad armatura lenta o precompressi, hanno modulo pari a uno, due, tre o più blocchi (fig. 13). Rendono decisamente più veloce la posa in

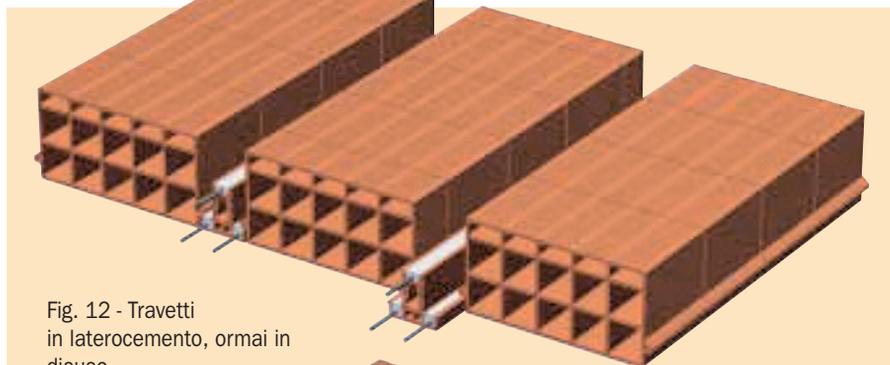


Fig. 12 - Travetti in laterocemento, ormai in disuso.

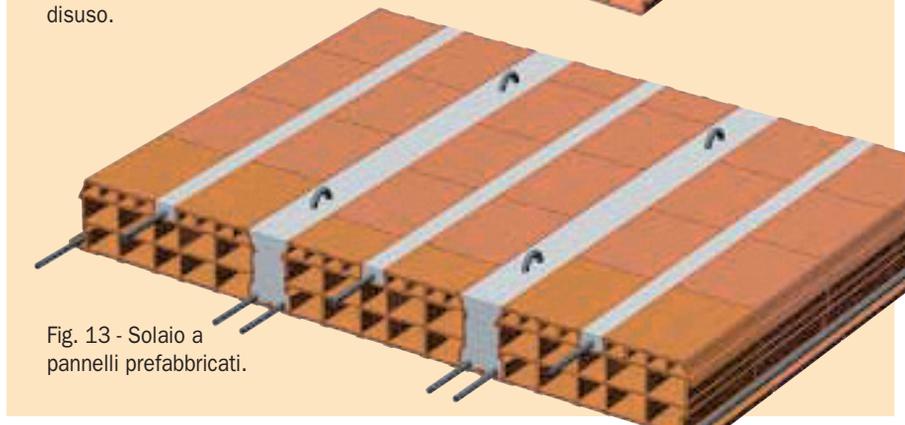


Fig. 13 - Solaio a pannelli prefabbricati.

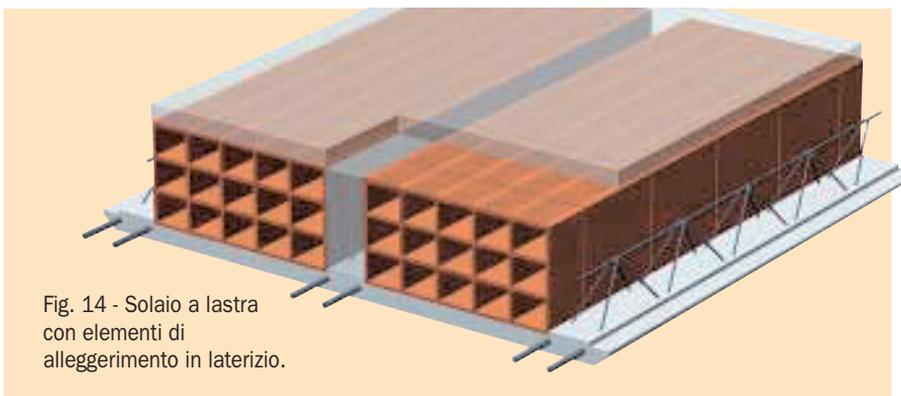


Fig. 14 - Solai a lastra con elementi di alleggerimento in laterizio.

opera, ma, ovviamente, possono essere impiegati con successo in fabbricati a pianta regolare e in cantieri dotati di apparecchiature di sollevamento di adeguata portata.

Poiché possono essere prodotti in serie "dichiarata" o "controllata" (decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 3 dicembre 1987 *Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate*) e quindi possono assicurare elevata qualità sia della confezione che dei materiali impiegati, il decreto del 9 gennaio 1996 (punto 7.1.4.5) consente che la larghezza delle nervature gettate in stabilimento possa essere ridotta da 8 fino a un minimo di 5 cm. La dimensione delle nervature realizzate in stabilimento condiziona, per la forma simmetrica del laterizio, anche la dimensione delle nervature gettate in opera. Pertanto, qualora si riscontrassero nervature prefabbricate inferiori a 8 cm, si dovrà

utilizzare un calcestruzzo di granulometria, composizione e qualità del tutto simile a quello impiegato in stabilimento.

In alternativa bisognerà distanziare i pannelli in modo che le nervature di collegamento, gettate in opera, abbiano larghezza non inferiore a 8 cm.

Ulteriore vantaggio del solai a pannelli consiste nella possibilità di realizzare manufatti autoportanti, che non richiedono cioè la puntellatura nemmeno durante la fase di getto del calcestruzzo di completamento.

Le lastre in calcestruzzo armato, normale o precompresso, sono concettualmente analoghe ai pannelli prefabbricati. Generalmente hanno uno spessore di 4 cm e su di esse vengono posati, con varie modalità, elementi di alleggerimento in laterizio (fig. 14).

È importante ricordare che, in tutti i tipi di solai in laterocemento, deve essere assicurata una distanza minima di

8 mm fra parete in laterizio e armatura e di almeno 10 mm fra armatura e armatura (decreto del 9 gennaio 96, punto 7.1.5.1).

Il ricoprimento può essere ridotto da 8 a 5 mm soltanto per le armature collocate in scanalature predisposte nel corpo del blocco (e non nelle nervature!), modalità esecutiva oggi poco diffusa, ma frequente in passato sia per le armature all'estradosso che all'intradosso dei pannelli prefabbricati. Inoltre, prima del getto di calcestruzzo, che per legge deve avere resistenza caratteristica minima di 25 N/mm<sup>2</sup> (250 kg/cm<sup>2</sup>) (decreto del 9 gennaio 96, punto 7.1.5.3), i blocchi devono essere accuratamente e abbondantemente bagnati (decreto del 9 gennaio 1996, punto 7.1.5.2).

Il getto andrà eseguito quando il velo d'acqua superficiale sarà stato assorbito e il laterizio si presenterà nella condizione di "saturo con superficie asciutta".

## La corretta esecuzione

I blocchi di laterizio giungono in cantiere confezionati in pacchi.

Vanno scaricati dai mezzi di trasporto e posizionati in una zona preventivamente livellata, in modo che l'appoggio sia sicuro e non si manifestino fenomeni di instabilità.

### Stoccaggio e movimentazione in cantiere

Il materiale dovrà essere posato non a contatto con il terreno per evitare che assorba sostanze che, una volta in opera, possano causare efflorescenze o scarsa adesione con il calcestruzzo.

Durante la stagione invernale bisogna anche evitare che i blocchi si impregnino d'acqua, con rischio di danneggiamento da gelo.

È buona norma di prudenza non sovrapporre un numero elevato di pacchi (comunque mai più di quattro), ma anzi, compatibilmente con la disponibilità di spazio, rendere minima la sovrapposizione.

Il sollevamento al piano sarà fatto mediante forche e cassoni metallici in modo da evitare qualunque rischio di caduta dall'alto di elementi o di parte di elementi in laterizio (d.p.r. 7 gennaio 1956 n. 164 e decreto legislativo 19 settembre 1994 n. 626). Nel caso siano presenti elementi difettosi, essi vanno eliminati prima della posa in opera.

I travetti, se il tipo di solaio li prevede, vanno disposti in cassette costituite indicativa-

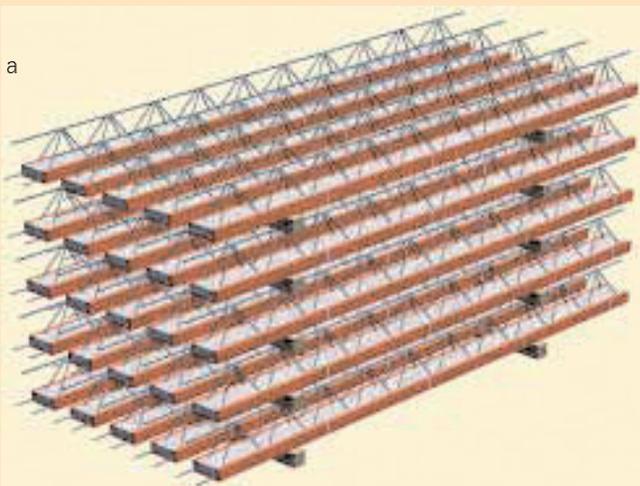
mente da un massimo di dieci strati successivi, interponendo listelli, di legno o di altro materiale, in modo da ripartire il carico.

I listelli devono essere sulla stessa verticale, in corrispondenza dei punti di sollevamento e, nel caso di travetti tralicciati, vanno tassativamente posti in corrispondenza del nodo fra staffe e corrente superiore (fig. 15).

Le movimentazioni vanno eseguite attenendosi alle prescrizioni del fornitore, soprattutto per quanto riguarda gli sbalzi che, generalmente, sono pari a 1/4 della lunghezza totale del travetto.

Bisogna in ogni caso evitare posizioni inclinate o addirittura rovesciate: i travetti devo-

Fig. 15 - Modalità di stoccaggio dei travetti a traliccio.



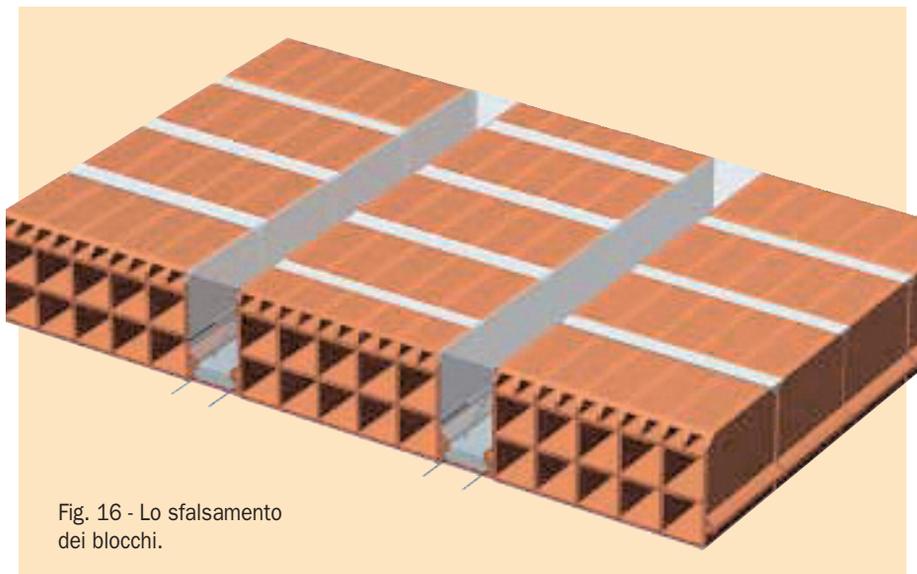


Fig. 16 - Lo sfalsamento dei blocchi.

no avere anche in stoccaggio la stessa giacitura che avranno in opera.

Analoghe attenzioni, seppure facilitate dalla presenza dei ganci, dovranno essere poste nella movimentazione e nello stoccaggio dei pannelli prefabbricati.

#### Supporto provvisorio

L'impalcato di supporto cambia a seconda delle tipologie di solaio da realizzare.

Deve comunque essere costruito tenendo presente la sua provvisorietà (deve essere facilmente rimovibile), ma anche la necessità che sia indeformabile e sufficientemente resistente in modo da sopportare i carichi dovuti alla posa dei componenti e al getto di calcestruzzo.

Per i solai di tipo tradizionale, da gettare in opera, sarà ne-

cessario un tavolato continuo sul quale allineare i blocchi.

Per i solai a travetti saranno sufficienti i "rompitratta", disposti trasversalmente all'orditura del solaio, e le tavole di contenimento del getto delle eventuali nervature trasversali, quando le nervature stesse non siano realizzate introducendo una fila di blocchi di minore altezza, e in corrispondenza delle zone di appoggio, qualora sia prevista una fascia piena a tutela delle sollecitazioni taglianti. Per i pannelli prefabbricati, nel caso non siano autoportanti, sono sufficienti i rompitratta poiché le nervature trasversali, quando necessarie, possono essere realizzate inserendo una fila di blocchi di minore altezza in fase di produzione. Le lastre richiedono soltanto i rompitratta, poiché le nerva-

ture sono realizzate distanziando opportunamente gli elementi di alleggerimento.

#### Impiego e modalità di posa dei blocchi

Nei solai da gettare in opera i blocchi vanno semplicemente allineati sull'impalcato, secondo la prevista orditura delle nervature.

Nel caso di solai a travetti, questi vengono appoggiati alle strutture verticali e distanziati fra loro con l'interposizione di due blocchi alle estremità. Posati tutti i travetti, si inseriscono via via tutti i blocchi, senza forzarli. Nel caso si usino blocchi collaboranti (categoria b), ai quali venga richiesto il concorso alla resistenza agli sforzi tangenziali, la posa dei blocchi deve essere "a giunti sfalsati" (fig. 16), ossia i giunti fra i

blocchi di due file adiacenti non devono corrispondere (decreto del 9 gennaio 96, punto 7.1.2). Inoltre non si possono usare, per raggiungere l'altezza di solaio richiesta, blocchi cosiddetti "da sovrizzo" (è obbligatorio usare elementi monoblocco).

Queste prescrizioni non si applicano ai blocchi di categoria a), con prevalente funzione di alleggerimento.

Se si vuole sovrapporre una soletta in calcestruzzo staticamente collaborante con la soletta in laterizio, il blocco dev'essere conformato in modo da assicurare la solidarietà ai fini della trasmissione degli sforzi tangenziali. È quindi opportuno usare blocchi che presentino un estradosso conformato in modo da garantire un solidale collegamento con la soletta in calcestruzzo (fig. 17).

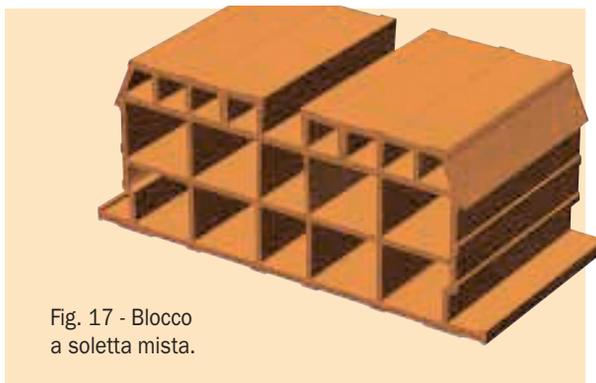


Fig. 17 - Blocco a soletta mista.

Il solaio non deve iniziare con blocchi appoggiati direttamente sul muro (o sulla trave) parallelo all'orditura delle nervature (se ne parlerà in seguito al paragrafo *Interazione ai bordi*): si deve invece partire con un travetto o con una nervatura.

Come accennato in precedenza, le nervature trasversali di irrigidimento possono essere realizzate, sia nei solai in

opera che nei solai a travetti prefabbricati, omettendo la posa di una fila trasversale di blocchi o utilizzando blocchi di minore altezza.

Durante le operazioni di posa dei blocchi e dei ferri di armatura è opportuno camminare su tavole disposte lungo i necessari percorsi, allo scopo di evitare pericolose concentrazioni di carico (fig. 18).

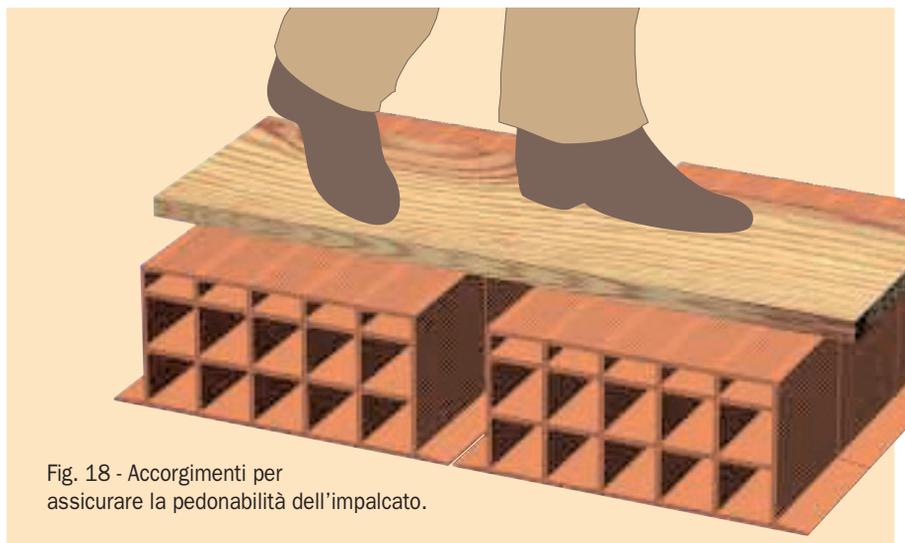


Fig. 18 - Accorgimenti per assicurare la pedonabilità dell'impalcato.

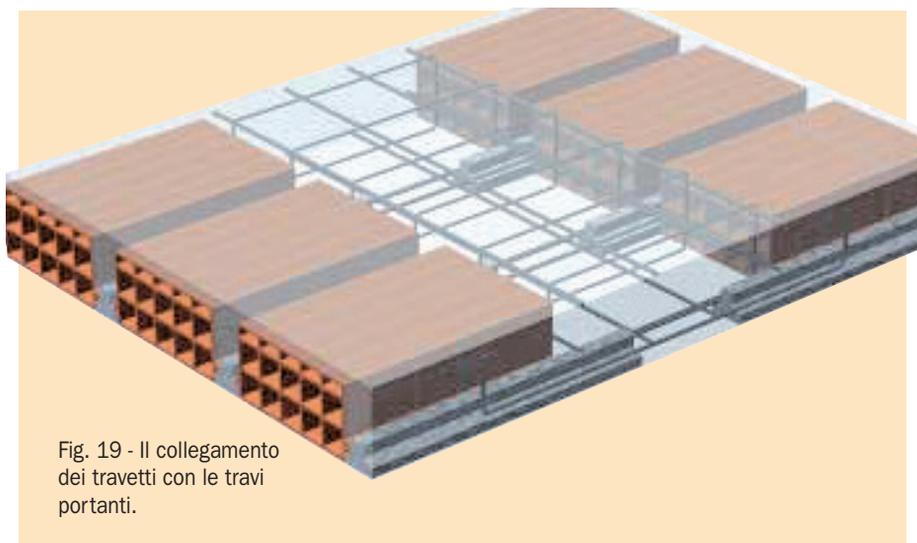


Fig. 19 - Il collegamento dei travetti con le travi portanti.

### Armature integrative di acciaio

Si dispone prima l'armatura delle travi principali; successivamente, se si opera con solai tradizionali, si posano i ferri delle nervature.

Nei solai a travetti, a pannelli o a lastre, l'armatura delle nervature generalmente è già presente nel componente prefabbricato.

È infatti sconsigliabile l'aggiunta di ferro integrativo: i componenti prefabbricati dovrebbero già contenere tutta l'armatura necessaria per resistere a flessione.

Nelle nervature, in corrispondenza della zona di appoggio, si dispone l'armatura determinata dal calcolo, ed esattamente:

- spezzoni inferiori (che possono essere anche già inseriti nel prefabbricato);
- armatura superiore.

Se necessario, sull'estradosso dei blocchi viene posata l'armatura di ripartizione (generalmente rete elettrosaldata), che verrà successivamente inglobata nella soletta in calcestruzzo.

Particolare cura e attenzione dovrà essere posta all'unione degli elementi prefabbricati con le travi portanti per garantire un efficace ancoraggio, secondo le indicazioni fornite dalle aziende produttrici (fig. 19).

### Cure esecutive

Prima del getto del calcestruzzo di completamento è necessario inserire nel solaio tutti i particolari che serviranno, poi, per l'effettivo uso, evitando così (o quantomeno semplificando) le successive operazioni di finitura.

Queste, infatti, potrebbero comportare perforazioni o de-

molizioni del calcestruzzo già indurito.

Bisognerà quindi, ad esempio, individuare le zone ribassate, le forature per il passaggio delle tubazioni, le asole di aerazione, le eventuali armature di ripresa; posare gli ancoraggi per i manufatti da inserire successivamente; prevedere smussi, scuretti, gocciolatoi ecc.

### Getto del calcestruzzo di completamento

Analogamente a quanto avviene per le murature, bisogna evitare che il laterizio assorba l'acqua di impasto del calcestruzzo.

Un'insufficiente bagnatura priva il calcestruzzo dell'acqua di idratazione, lo indebolisce, ne riduce la lavorabilità e rende difficoltoso, se non impossibile, il ricoprimento dei ferri di armatura.

Il comportamento della struttura ne risentirà sia nelle prestazioni meccaniche (aumento della deformabilità sotto carico, indebolimento alle azioni trasversali), sia, mancando il copriferro, nella resistenza al fuoco.

Questo difetto esecutivo è molto spesso la causa di deformazioni inattese e non congruenti con l'altezza del solaio, apparentemente sufficiente e in regola con le indicazioni di norma.

Il corretto ricoprimento dei ferri di armatura si otterrà prevedendo opportuni distanziatori e vibrando il calcestruzzo in modo da limitare il più possibile la formazione di vuoti (fig. 20).

Il getto del calcestruzzo inizierà riempiendo per prime le

parti strutturali (travi, cordoli, fasce piene ecc.). Quindi proseguirà con il riempimento delle nervature e la formazione contemporanea della soletta, per fasce di solaio simmetriche rispetto alla tessitura dei travetti, partendo dai bordi e progredendo verso il centro.

Sono da evitare interruzioni del getto. Nel caso siano assolutamente necessarie, dovranno essere effettuate su disposizione del Direttore dei lavori soltanto nelle zone in cui sono previste le minori sollecitazioni.

La soletta in calcestruzzo, quando richiesta, dovrà poi essere protetta dall'irraggiamento solare diretto o comunque dovrà essere bagnata a sufficienza per i primi

giorni dopo il getto in modo da contenere l'entità finale del ritiro.

### Disarmo

Il disarmo può avvenire quando il calcestruzzo ha raggiunto la resistenza necessaria per accettare le sollecitazioni previste nelle fasi successive del lavoro.

Deve quindi essere autorizzato dal Direttore dei lavori.

L'operazione deve avvenire con gradualità, in modo da evitare azioni dinamiche e ogni sollecitazione non prevista. In genere si procede prima alla eliminazione dei puntelli intermedi del solaio; poi si toglieranno i puntelli più vicini alle travi e successivamente le puntellature delle travi e degli sbalzi.

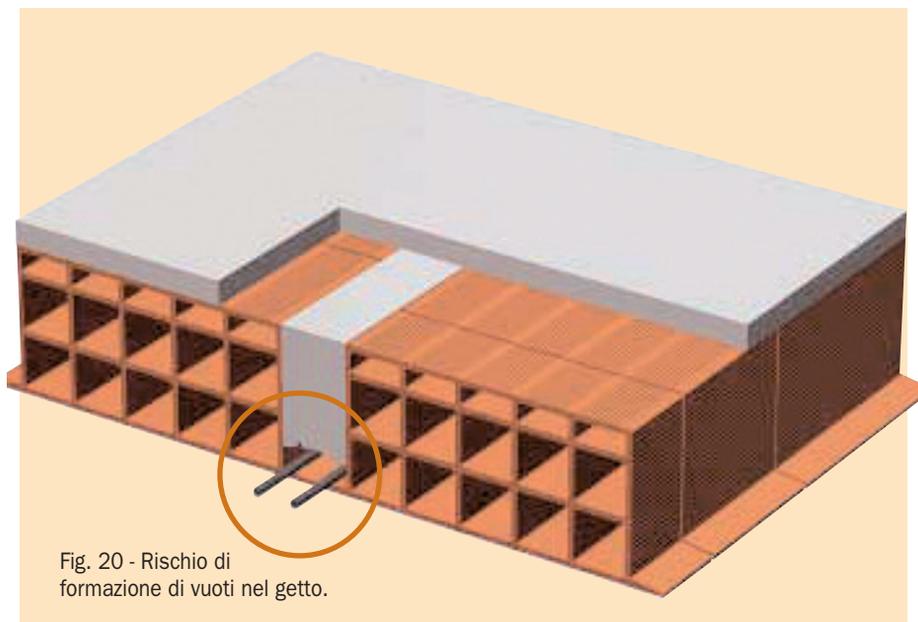


Fig. 20 - Rischio di formazione di vuoti nel getto.

## Accorgimenti e precauzioni

Nelle strutture portanti in cemento armato, i travetti devono entrare nella trave per almeno 5 cm.

Nelle strutture in muratura portante (e obbligatoriamente in zona sismica, decreto del 16 gennaio 1996) i travetti devono appoggiare per non meno della metà dello spessore del muro e, comunque, per almeno 12 cm.

I pannelli e le lastre, che non possono penetrare nel corpo delle travi e dei cordoli a causa della presenza delle staffe, o i travetti previsti in luce di solaio, dovranno avere dimensione pari alla luce netta fra le strutture portanti, e si collegheranno a queste mediante ferri sporgenti e saranno sorretti da banchinaggi perimetrali.

Nelle ristrutturazioni, la penetrazione nelle murature esistenti dovrà essere di almeno 20 cm.

Se la soletta collaborante in calcestruzzo è armata con rete elettrosaldata, i tondini di diametro maggiore (o, nel caso di rete a maglia rettangolare con tondini di uguale diametro, il maggiore numero di tondini) devono essere disposti in senso perpendicolare all'orditura del solaio.

Va anche ricordato che quando un solaio ha luce superiore a 4,50 m ed è realizzato con blocchi di categoria a), la soletta (con spessore minimo

di 4 cm) dev'essere armata. Se si usano blocchi di categoria b) (solaio semplicemente rasato) dovrà essere prevista almeno una nervatura trasversale armata di irrigidimento.

Dal punto di vista esecutivo, la nervatura può essere realizzata togliendo una fila trasversale di blocchi, ovvero inserendo una fila di blocchi di minore altezza (fig. 21).

I solai di interpiano a struttura monodirezionale devono avere uno spessore minimo non inferiore a 1/25 della luce di calcolo (pari all'interasse delle strutture portanti), se realizzati con getti di calcestruzzo armato normale, o di 1/30 della luce di calcolo se si usano travetti in calcestruzzo precompresso, o pannelli precompressi in laterocemento. In ogni caso non possono avere uno spessore minore di 12 cm.

Queste limitazioni non valgono nel caso di solai di semplice copertura o per solai a struttura bidirezionale.

Gli stessi limiti valgono naturalmente anche per i solai a lastra alleggeriti con laterizio, o altri materiali, nei quali le nervature e la soletta superiore siano gettate in opera.

Una deroga è ammessa soltanto per i pannelli in calcestruzzo, come previsto al punto 7.3 del decreto del 9 gennaio 1996.

Gli spessori indicati rappresentano il limite inferiore tassativo e non sono da intendere, come invece molto spesso accade nella pratica, come valori da non superare.

Maggiore è l'altezza del solaio, infatti, minore è la sua deformabilità, a tutto vantaggio del comportamento del complesso struttura verticale-struttura orizzontale.

L'agevolazione concessa ai solai realizzati con travetti in calcestruzzo precompresso, o ai pannelli precompressi in laterocemento, è dovuta al fatto che, sotto carico, la precompressione riduce fortemente la formazione di fessurazioni nei travetti e quindi assicura una maggiore protezione ai ferri di armatura.

Per quanto riguarda gli intonaci all'intradosso, va ricordato che già dal 1985 i decreti attuativi della legge 1086 suggeriscono particolari cautele. Prescrivono infatti che, qualora si utilizzino intonaci cementizi con resistenza caratteristica a trazione maggiore di 1 N/mm<sup>2</sup> (10 kg/cm<sup>2</sup>), questi debbano avere spessore minore di 1 cm, ovvero si debbano prevedere armature di sostegno e di diffusione opportunamente ancorate alle nervature.

Infatti, se l'intonaco ha una elevata resistenza a trazione scaricherà sul laterizio le tensioni dovute al ritiro idraulico,

generando trazioni sull'intradosso dei blocchi, con possibile rottura dei setti e distacco di porzioni di laterizio.

### Attenzioni da porre nel progetto

Non si può dimenticare che le deformazioni delle travi, soprattutto delle travi in spessore, generano tensioni trasversali non previste che, se di elevata intensità, possono portare al serio danneggiamento del solaio. Quest'ultimo, infatti, viene dimensiona-

to estraendone idealmente una striscia, considerata libera da ogni collegamento trasversale.

Si ipotizza quindi che, sotto carico, abbia una deformazione cilindrica, a semplice curvatura.

In realtà non si verifica mai un comportamento simile, ma si determina una doppia curvatura, ancora più evidente se le strutture di appoggio sono deformabili, come può ad esempio succedere nel caso di travi in spessore.

Queste deformazioni, indotte dalla deformazione delle strutture portanti, possono causare forti compressioni trasversali all'intradosso del solaio in corrispondenza dei pilastri.

Quasi mai, inoltre, in sede di progetto si valutano le deformazioni viscosive.

Tutto questo dovrebbe portare a scegliere altezze strutturali che cautelino da fenomeni deformativi e, quindi, da quadri fessurativi di elevata intensità.

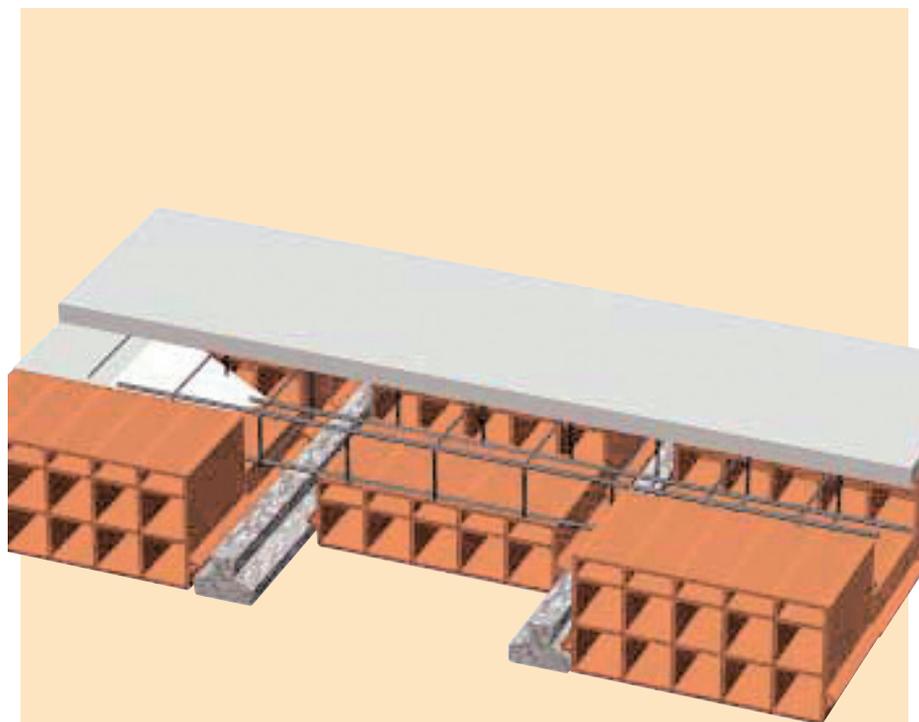


Fig. 21 - Formazione della nervatura trasversale.

In figura 22 è schematizzato il comportamento del solaio su strutture deformabili.

Nel caso di travi in spessore è consigliabile non avere rapporti fra la luce libera L e l'altezza h della trave superiori a  $18 \div 20$ .

In figura 23 è rappresentato

un solaio che, a causa della propria eccessiva deformabilità, si appoggia a una tramezzatura costruita parallelamente all'orditura del solaio stesso. La tramezzatura assume il ruolo di un vincolo, modifica così lo stato deforma-

tivo previsto e quindi determina l'insorgere di azioni trasversali. Analogamente, quando si hanno solai di luci sensibilmente diverse, si determinano sforzi taglianti e torsioni a causa della maggiore deformabilità del solaio di luce maggiore.



Fig. 22 - Inflessione del solaio appoggiato su strutture eccessivamente deformabili.

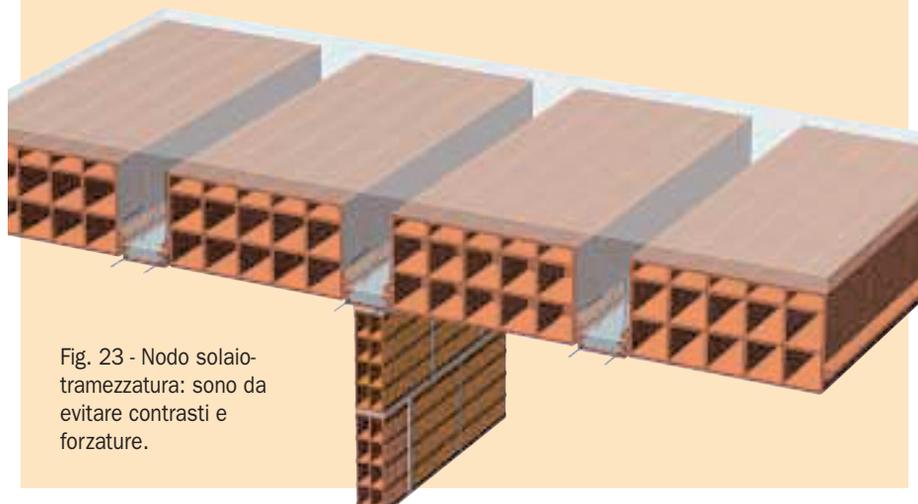


Fig. 23 - Nodo solaio-tramezzatura: sono da evitare contrasti e forzature.

Se non si possono variare le altezze, si dovranno inserire nervature trasversali armate o, meglio ancora, si realizzerà un giunto strutturale (fig. 24).

### Interazioni ai bordi

Bisogna porre attenzione alla interazio-

ne solaio-strutture di bordo. I muri paralleli all'orditura del solaio non possono essere utilizzati per dare appoggio alla prima fila di blocchi. Infatti, messi in opera in questo modo, i blocchi non possono seguire le deformazioni delle nervature (o dei travetti) in

calcestruzzo e si formerà certamente una lesione. Si deve quindi partire con una nervatura (o con un travetto) e, possibilmente, irrigidire localmente il solaio o, quando le sollecitazioni siano particolarmente elevate, inserire un giunto strutturale (fig. 25).



Fig. 24 - Attenzioni da porre in corrispondenza di sensibile variazione di luce dei solai.

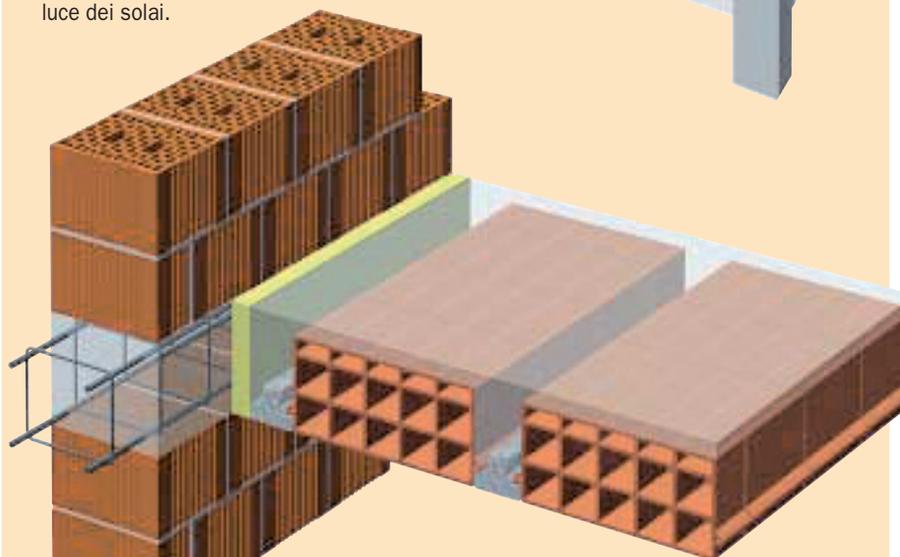


Fig. 25 - Interazione con le strutture di bordo.

Allo stesso modo sono da evitare sbalzi perpendicolari all'orditura del solaio.

Se non sarà possibile ordire diversamente il solaio, si dovranno realizzare nervature trasversali per assorbire gli sforzi e per consentire il corretto ancoraggio delle armature evitando così possibili lesioni (fig. 26).

### Carichi concentrati

È consuetudine aumentare il sovraccarico permanente sui solai allo scopo di compensare il carico dovuto ai tramezzi per i quali non sia possibile fissare a priori la posizione in pianta. In realtà i carichi dei

tramezzi sono difficilmente assimilabili a sovraccarichi distribuiti. Vanno tenuti in conto sia la diversa inflessione del solaio rispetto alle zone contigue, sia il rischio del punzonamento, particolarmente presente nel caso in cui il carico agisca parallelamente all'orditura del solaio stesso.

Bisognerà pertanto incrementare la rigidezza aumentando lo spessore della soletta e distribuendo il carico mediante nervature trasversali (fig. 27).

È anche opportuno che i solai siano orditi in modo da caricare le strutture, soprattutto

in muratura, nel modo più uniforme possibile, alternandone la direzione di orditura ai vari piani.

### Prescrizioni a cura del progettista

Per una corretta esecuzione del solaio è essenziale che il progettista prescriva almeno:

- l'altezza e il tipo di blocco da impiegare, categoria a) o categoria b), ricorrendo preferibilmente alla codifica Uni 9730;
- lo spessore e l'armatura dell'eventuale soletta superiore;
- la resistenza caratteristica del calcestruzzo per il getto

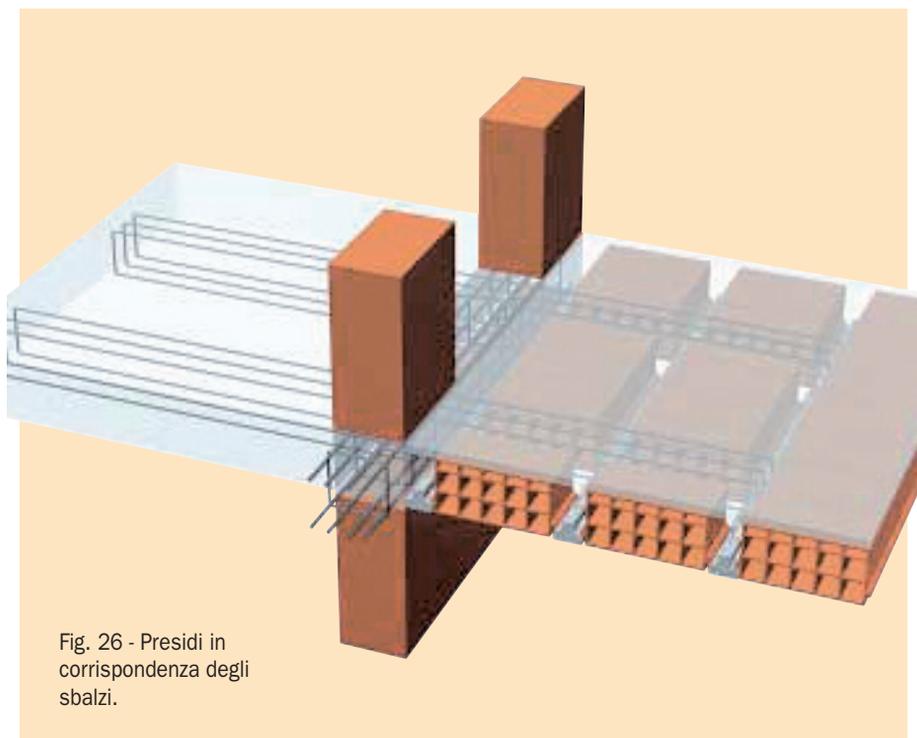


Fig. 26 - Presidi in corrispondenza degli sbalzi.

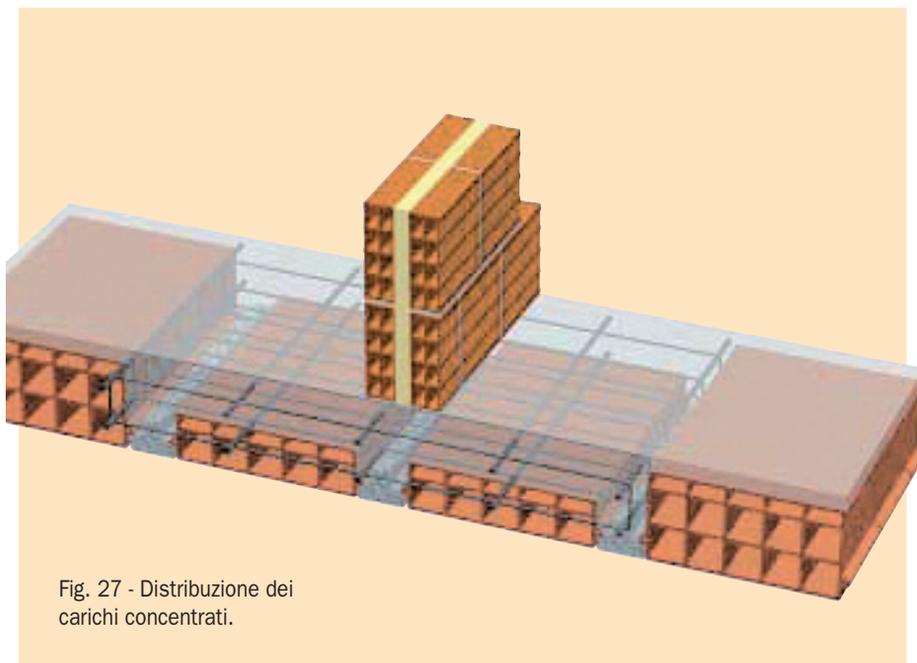


Fig. 27 - Distribuzione dei carichi concentrati.

delle nervature e della eventuale soletta, o per i soli getti di completamento nel caso di solai in tutto o in parte prefabbricati;

– la posizione e il numero dei cordoli di ripartizione trasversale.

#### **Compiti del Direttore dei lavori**

Il Direttore dei lavori deve assicurarsi che le prescrizioni di progetto siano rispettate dall'impresa.

Deve verificare che le certificazioni fornite dal produttore siano relative al materiale inviato al cantiere e che tali certificazioni siano aggiornate (il rinnovo è previsto attualmente con cadenza almeno annuale, decreto del 9

gennaio 1996, punto 7.2.5). Deve anche verificare che, nella fase di getto, sia assicurato un sufficiente copriferro, e che il corretto copriferro sia presente anche negli eventuali elementi prefabbricati; che non si formino vuoti o segregazioni nel getto, ma soprattutto dovrà verificare l'accettabilità della partita di blocchi da solaio consegnati, facendo riferimento alla norma Uni 9730.

#### **Collaudo**

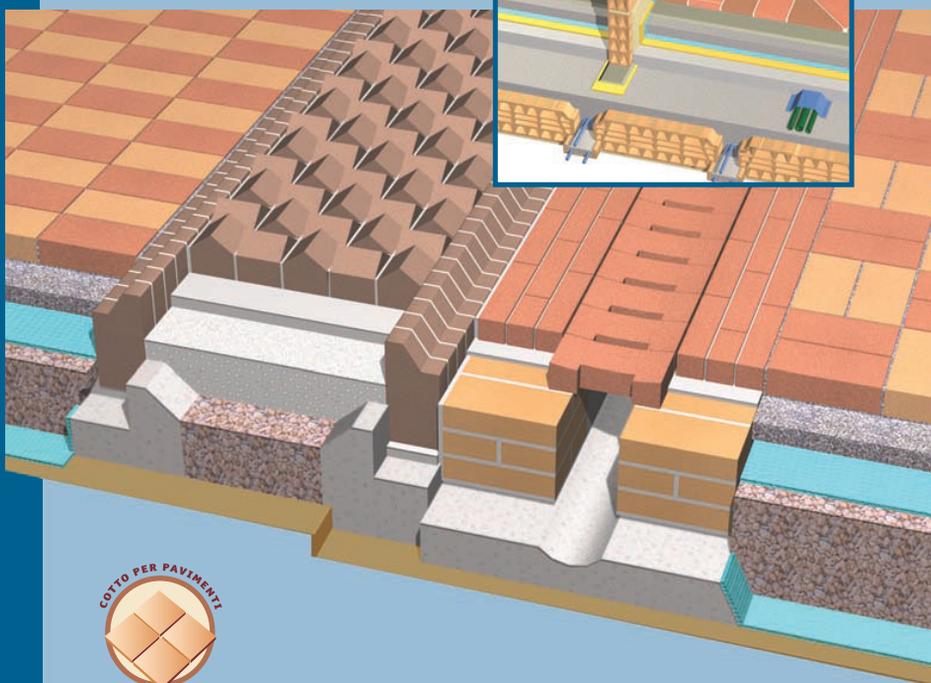
Il collaudatore, oltre ad accertarsi che siano state rispettate tutte le prescrizioni relative al calcolo, controllerà l'esecuzione dei lavori, esaminerà i campioni dei blocchi impiegati, verificherà la resistenza del

calcestruzzo dei getti in opera, si accerterà delle effettive dimensioni del copriferro, verificherà i risultati delle prove di laboratorio.

Nel caso in cui il solaio sia stato eseguito con elementi prefabbricati, si assicurerà che questi siano stati accompagnati dal certificato di origine e dalla documentazione sul controllo di resistenza dei calcestruzzi.

Qualora la produzione di elementi prefabbricati non sia in serie dichiarata o controllata, ma occasionale, essa dovrà essere accompagnata anche dai relativi calcoli statici e dalle prove di resistenza dei calcestruzzi impiegati per la produzione relativa a quello specifico cantiere.

# Le pavimentazioni in laterizio: prodotti e scenari applicativi



## I PAVIMENTI IN LATERIZIO

**Nella vasta famiglia dei manufatti in laterizio, i pavimenti (mattoni, sestini e pianelle di cotto), grazie alle loro intrinseche qualità estetiche, alle eccellenti prestazioni tecniche ed alla proverbiale affidabilità nel tempo, rappresentano da sempre soluzioni congeniali per il rivestimento di ambienti interni ed esterni. Rappresentano materiali familiari, elementi caratteristici e fattori d'identità del paesaggio italiano.**

Gli elementi per pavimentazioni rappresentano, insieme ai mattoni faccia a vista, la componente più nobile del laterizio. Sono tra i prodotti più versatili, destinati non solo agli spazi esterni (arredo urbano, piazze, marciapiedi, pavimentazioni drenanti, ecc.), ma anche agli ambienti interni (pavimenti, corrimani, zoccolini, ecc.). Spesso, diventano "pelle" dell'edificio (rivestimenti di balconi, terrazze, coperture, ecc.), venendo di volta in volta inseriti in realizzazioni complesse, dettagli di pregio, nelle nuove realizzazioni così come negli interventi di restauro e ristrutturazione.

I pavimenti in laterizio donano stabilità e bellezza alle superfici che l'uomo vive, caratterizzano gli spazi, proteggono dal clima e dalle diverse sollecitazioni gli strati sottostanti.

Relativamente alle caratteristiche tecniche, possono menzionarsi :

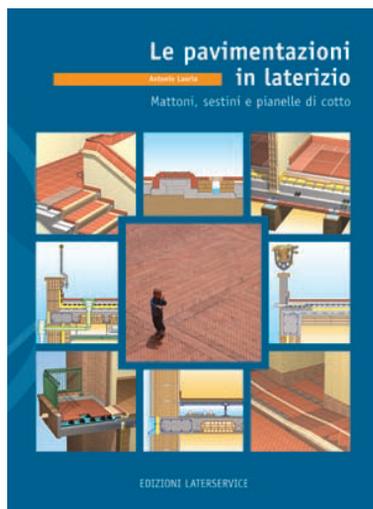
- resistenza allo scivolamento;
- controllo dei rumori da calpestio e comfort termico, legati alle proprietà massive;
- permeabilità al vapore;
- bio ed ecocompatibilità;
- durabilità;
- nessuna reazione tossica al fuoco;
- varietà cromatica e dimensionale.

Tali requisiti sono assicurati grazie all'attenta selezione delle materie prime impiegate in fase di produzione, attraverso l'utilizzo di "argille" pregiate e all'accurata fase produttiva costantemente in controllo di qualità.

Gli elementi per le pavimentazioni in laterizio si suddividono, in base ai formati ed alle tipologie, in *pianelle di cotto*, *mattoni*, *sestini*, elementi di completamento e speciali, potendo scegliere all'interno di una vasta gamma di colori e dimensioni.

A seconda delle modalità di formatura, possono essere classificati in:

- estrusi;
- a stampo (fatti a mano o meccanicamente).



A. Lauria, "Le pavimentazioni in laterizio. Mattoni, sestini e pianelle di cotto", edizioni Laterervice, Roma 2008.

## TERMINOLOGIA E DEFINIZIONI

### Nomenclatura

Non è difficile constatare che, come per altri prodotti di fornace, anche per i manufatti da pavimento la ricerca di identità e di visibilità ha condotto le singole aziende ad immettere sul mercato prodotti designati da terminologia piuttosto incerta, per non dire ambigua. È il caso, per esemplificare, dell'uso improprio di espressioni quali "fatto a mano" (spesso senza nemmeno il virgolettato) o il più prudente "tipo a mano" per prodotti in pasta molle formati in stampo secondo procedure altamente meccanizzate; per non parlare delle piastrelle ceramiche non smaltate, commercializzate con nomi che utilizzano la parola "cotto", o dell'attribuzione del termine "tavella" o, addirittura, "tavellone" ad elementi per pavimentazione a sezione piena e di forma quadrata. Una certa confusione è ingenerata anche dai numerosi termini impiegati per indicare gli elementi di piccolo spessore e dalla mancanza di una nomenclatura condivisa relativa ai formati minori; né semplifica le cose la duplice espressione - "pavimenti in laterizio" e "pavimenti in cotto" - ad indicare lo stesso tipo di prodotto dal punto di vista della materia prima e del ciclo produttivo.

Per finire, le stesse norme UNI definiscono terminologia e tipologie dei prodotti con un certo margine di aleatorietà che non favorisce, né orienta, verso una repertoriazione sistematica. Esse, tuttavia, anche se in termini non espliciti, distinguono tra i prodotti "a lastra" e quelli "tozzi".

Alla luce di un contesto così sfaccettato, si ritiene utile, prima di procedere alla descrizione delle diverse tipologie di elementi per pavimentazioni in laterizio, elaborare una proposta terminologica che, partendo dalle richiamate norme UNI, sia in grado di parametrare in maniera più soddisfacente i diversi prodotti in funzione di fattori identificabili con immediatezza dal progettista.

Per prima cosa, si possono individuare due grandi famiglie:

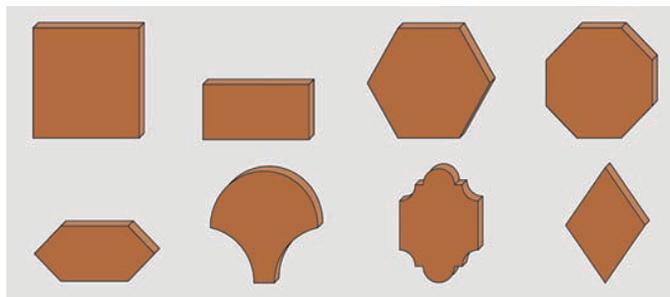
- a) piastrelle di cotto;
- b) mattoni da pavimento.

### Piastrelle di cotto

Con il termine "piastrella" si intendono elementi per pavimentazione a forma di "lastra" (aventi, cioè, lunghezza e larghezza prevalenti rispetto allo spessore), con lato di usura di varia forma, posati con modalità rigida, a secco, su strato drenante o su supporti puntiformi (vedere il paragrafo sulla posa in opera), usati tanto per gli interni che per gli esterni. Rientrano in questa classe tipologica anche due formati speciali: il *tozzetto* ed il *listello*. Il *tozzetto* è una piastrella di piccole dimensioni di forma quadrata, normalmente impiegata insieme ad altre forme, solitamente ottagonali; il *listello* è una piastrella di forma molto allungata e di sezione rettangolare, spesso con 'classico' rapporto tra larghezza e lunghezza di 1 a 4.

Il ricorso al complemento di qualità ("di cotto") a rigore non sarebbe strettamente necessario poiché il termine "piastrella" designa già in maniera sufficientemente chiara manufatti in laterizio a forma di lastra impiegati nelle pavimentazioni.

## TERMINOLOGIA E DEFINIZIONI



*Principali forme di piastrelle di cotto. Da sinistra a destra (in alto): quadrata, rettangolare, esagonale, ottagonale; (in basso) losanga, giglio, provenzale, rombo.*

Tuttavia, in considerazione dell'ampia diffusione, nazionale ed internazionale, del termine "cotto" ad indicare il materiale impiegato per realizzare manufatti in laterizio di pregio, da lasciare a vista, e, più in particolare, manufatti da pavimento ("pavimento in cotto"), e anche della esigenza dei produttori di tutelare tale termine dall'uso improprio "dal punto di vista commerciale" che talvolta ne viene fatto da altri settori, si ritiene opportuno, nel seguito, di accostarlo, quale fattore di qualificazione, al nome che designa il manufatto.

Si è preferito adottare il complemento "cotto" piuttosto che "laterizio", poiché nell'opinione comune (e, spesso, anche in quella degli addetti ai lavori) quest'ultimo termine viene più facilmente associato a semilavorati quali mattoni pieni e forati, blocchi, pignatte, tavelloni, ecc.

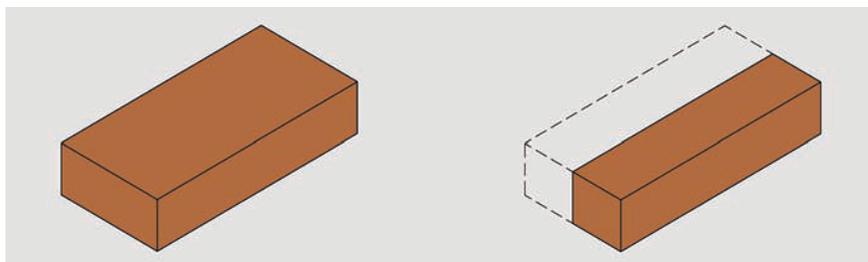


*P. Tacci. Pavimentazione in piastrelle di cotto fatto a mano all'Archivio di Stato di Mantova.*

### **Mattoni da pavimento**

Questa tipologia di prodotti individua elementi per pavimentazione di forma 'tozza', con lato di usura di forma rettangolare o assimilabile, posati con modalità flessibile o rigida e usati prevalentemente per ambienti esterni, anche interessati da traffico veicolare.

## TERMINOLOGIA E DEFINIZIONI



*Mattone da pavimento (a sinistra) e sestino (a destra). Nel primo caso, il rapporto tra i lati della superficie d'usura è tipicamente di 1 a 2; nel secondo è di 1 a 4.*

La tipologia include il formato minore *sestino*, la cui forma deriva dal taglio longitudinale dell'elemento base, di norma con sezione trasversale quadrata o prossima al quadrato. In questo caso, si è preferito specificare il campo applicativo ("da pavimento"), per distinguere questi manufatti da quelli utilizzati per la realizzazioni di pareti ("da cortina" o ordinari), piuttosto che il materiale poiché il termine "mattone" designa univocamente - senza, cioè, la necessità di ulteriori specificazioni - ed eloquentemente elementi in laterizio.



*N. Korteweg e N. Zimmerman. Pavimentazione laterizia dell'entrata dell'ospedale di Bergen op Zoom (NL).*

## NORMATIVE DI RIFERIMENTO

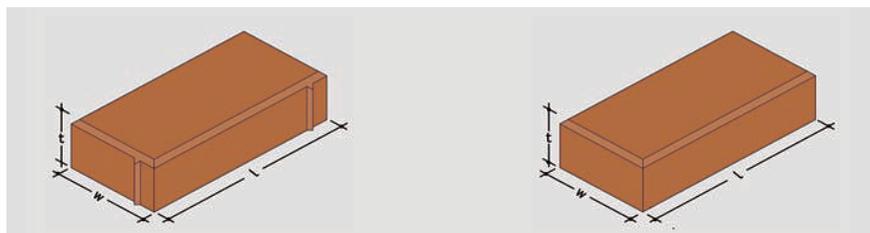
### *Le normative di riferimento*

I requisiti tecnici e le procedure per la verifica di rispondenza dei prodotti in laterizio per pavimentazione sono regolamentati da due norme UNI EN:

1. la 1344/2004 (“Elementi per pavimentazione di laterizio. Requisiti e metodi di prova”);
2. la 14411/2004 (“Piastrelle di ceramica. Definizioni, classificazione, caratteristiche e marcatura”).

La prima disciplina gli “elementi per pavimentazione e accessori in laterizio” in rapporto allo spessore, alla tecnica di posa in opera e al settore d’impiego.

La UNI EN 1344/2004 definisce “elemento per pavimentazione in laterizio” una “unità in grado di soddisfare una determinata forma e requisiti dimensionali utilizzata per lo strato superficiale di pavimentazioni e fabbricata principalmente in laterizio o altro materiale argilloso, con o senza additivi, sottoposta a sagomatura, essiccazione e cottura ad una temperatura sufficientemente alta da far ottenere un prodotto ceramico durevole”; per “accessorio”, si intende, invece, una “unità sagomata in modo speciale tale da soddisfare una particolare funzione nella pavimentazione finita (...)”.



*Dimensioni degli elementi per pavimentazione. A sinistra, per posa in opera esclusivamente flessibile; a destra, per posa in opera rigida e flessibile (da UNI EN 1344/2004).*

In particolare, si tratta di:

- elementi di forma rettangolare o di altra forma da utilizzarsi principalmente in ambienti esterni;
- elementi di spessore non inferiore a 40 mm e con rapporto della lunghezza rispetto allo spessore non maggiore di 6, posati su letto di sabbia con giunti stretti riempiti anch’essi di sabbia, destinati al traffico pedonale e veicolare (forma flessibile di costruzione);
- elementi di spessore non inferiore a 30 mm posati su letto di malta cementizia su supporto rigido con giunti riempiti di malta, solitamente destinati al traffico pedonale (forma rigida di costruzione).

## NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Sono escluse esplicitamente dal campo di applicazione della norma le “piastrelle in ceramica”, disciplinate dalla norma UNI EN 14411/2004.

Le misure di lunghezza, larghezza e spessore sono designate, rispettivamente, dalle sigle *l*, *w*, *t* e sono espresse in millimetri seguendo quest'ordine.

Gli elementi possono presentare una smussatura (bisellatura) sugli spigoli attorno ad una o più superfici dell'elemento per pavimentazione destinate a formare il lato di usura. I naselli distanziatori - piccoli profili sporgenti sulla faccia laterale dell'elemento per pavimentazione che occupano lo spessore del giunto - sono previsti solo per la modalità di posa flessibile. Per la posa rigida, gli elementi costituenti la pavimentazione devono, secondo la norma, essere separati solamente “da un giunto in malta cementizia di 10 mm nominali”.

La norma UNI EN 14411/2004 definisce e fornisce termini, requisiti e criteri di marcatura per le “piastrelle di ceramica” prodotte esclusivamente mediante le tecniche di estrusione e di pressatura a secco.

Le “piastrelle di ceramica” sono, poi, suddivise in gruppi in base al metodo di formatura e al grado di assorbimento d'acqua.

In particolare, i prodotti in laterizio per pavimentazione formati mediante estrusione possono essere ascritti ai gruppi AII e AIII, in virtù di tenori di assorbimento d'acqua che oscillano dal 3÷4% al 15%; quelli prodotti a stampo appartengono al gruppo CIII. In relazione alle denominazioni tecnico-commerciali correnti e ai gruppi relativi alla classe di assorbimento medio AII (AII<sub>a</sub> e AII<sub>b</sub>), nella UNI EN 14411/2004 non vi è alcuna perimetrazione dei campi applicativi delle diverse tipologie di prodotto.

Metodo di formatura	Classi di assorbimento d'acqua (E) (ISO 10545-3)			
	basso GRUPPO I E ≤ 3%	medio		alto GRUPPO III E > 10%
		GRUPPO II <sub>a</sub> (*) 3% < E ≤ 6%	GRUPPO II <sub>b</sub> (*) 6% < E ≤ 10%	
A estrusione	gruppo AI (appendice A)	gruppo AII <sub>a,1</sub> (appendice B)	gruppo AII <sub>b,1</sub> (appendice D)	gruppo AIII (appendice F)
		gruppo AII <sub>a,2</sub> (appendice C)	gruppo AII <sub>b,2</sub> (appendice E)	
B pressatura	gruppo BI <sub>a</sub> E ≤ 0,5% (appendice G) gruppo BI <sub>b</sub> 0,5% < E ≤ 3% (appendice H)	gruppo BII <sub>a</sub> (appendice J)	gruppo BII <sub>b</sub> (appendice K)	gruppo BIII (°) (appendice L)
C (#) altri processi di formatura	gruppo CI	gruppo CII <sub>a</sub>	gruppo CII <sub>b</sub>	gruppo CIII

Legenda:  
 (\*) I gruppi AII<sub>a</sub> e AII<sub>b</sub> sono divisi in due parti con differenti specifiche di prodotto  
 (°) Il gruppo BIII riguarda solo le piastrelle smaltate  
 (#) Categoria non trattata dalla UNI EN 14411/2004 in cui rientrano i manufatti a stampo in pasta molle

*Classificazione delle piastrelle di ceramica secondo l'assorbimento d'acqua ed il metodo di formatura secondo UNI EN 14411/2004. In celeste è evidenziato il campo di applicazione dei prodotti in laterizio. Le specifiche di prestazione sono indicate nelle appendici C, E ed F della norma.*

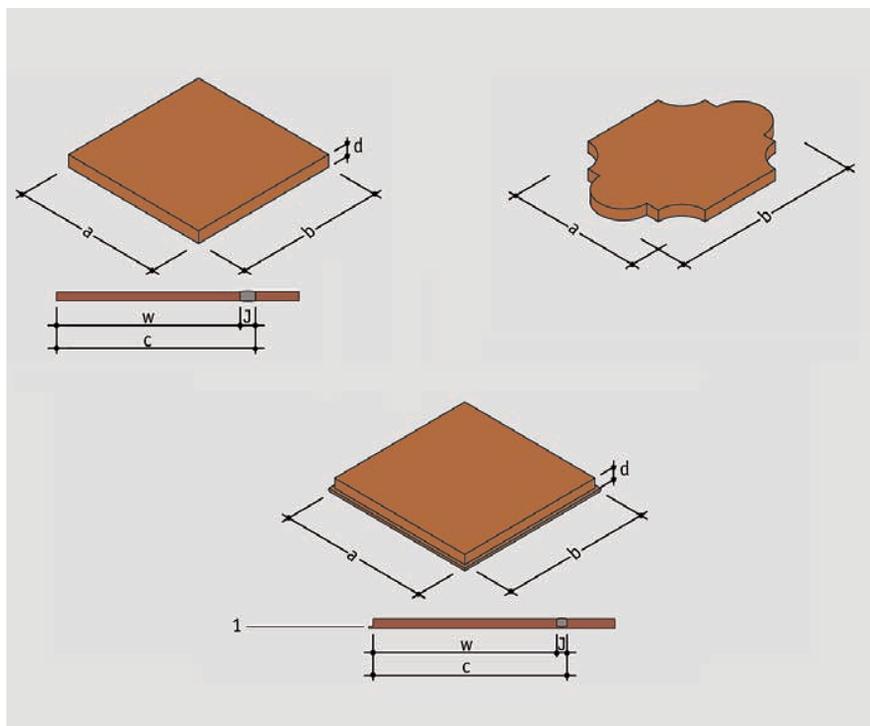
## NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Relativamente agli aspetti morfologici, la norma si occupa di prodotti di piccolo spessore, rettangolari o di altra forma.

Le misure di lunghezza, larghezza e spessore sono designate, rispettivamente, dalle sigle  $a$ ,  $b$ ,  $d$  e sono espresse in millimetri seguendo questo ordine.

La descrizione delle dimensioni è definita solo per piastrelle rettangolari; se vengono richieste per piastrelle non rettangolari, queste sono espresse mediante il più piccolo rettangolo ad esse circoscrivibile.

Le piastrelle possono essere dotate di sporgenze poste su alcuni bordi (distanziatori laterali) in modo che, nella fase di posa, le separino di una distanza non minore della larghezza del giunto.



(In alto a sinistra) Descrizione della dimensione di coordinazione ( $C$ ), data dalla somma della specifica dimensione e dello spessore del giunto ( $J$ ), e della dimensione di fabbricazione ( $W$ ) nel caso di elementi privi di distanziatori laterali (da UNI EN 14411/2004).

(In alto a destra) Descrizione delle dimensioni per elementi non rettangolari (da UNI EN 14411/2004). (In basso) Descrizione della dimensione di coordinazione ( $C$ ) e della dimensione di fabbricazione ( $W$ ) per elementi con distanziatori laterali (1) (da UNI EN 14411/2004).

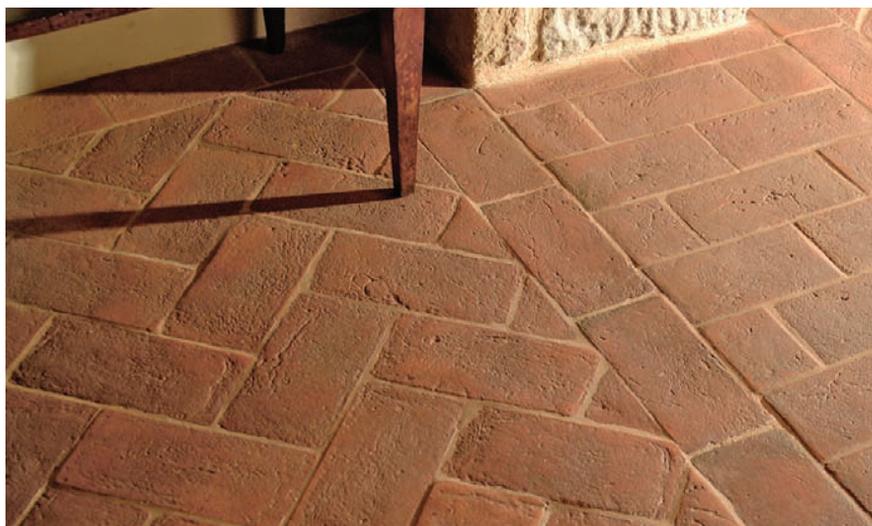
## NORMATIVE DI RIFERIMENTO

### Considerazioni

Dalla lettura incrociata degli ambiti di interesse della UNI EN 1344/2004 e della UNI EN 14411/2004, si evince che i prodotti in laterizio non estrusi - quali i prodotti a stampo in pasta molle (a mano o a macchina) -, aventi spessore inferiore ai 30 mm, non risultano disciplinati; inoltre, si deduce che le "piastrelle in ceramica" (oltre che dalla tecnica di formatura e dal grado di assorbimento d'acqua) sono definite anche da uno spessore inferiore ai 30 mm, poiché per spessori superiori l'elemento andrebbe ascritto alla classe degli "elementi di laterizio" per i quali vigono, come si è visto, regole e requisiti diversi.

Tipologia di prodotto / Parametri di norma				Normativa
Spessore	Posa	Ambientazione	Formatura	
≥ 40 mm	flessibile	pedonale/veicolare	estrusione a stampo	UNI EN 1344/2004
≥ 30 mm	rigida	solitamente pedonale	estrusione a stampo	
< 30 mm	rigida	solitamente pedonale	<b>estrusione</b>	UNI EN 14411/2004
< 30 mm	rigida	solitamente pedonale	a stampo	-

*Quadro riepilogativo degli ambiti d'interesse dei prodotti in laterizio per pavimentazione alla luce delle norme UNI EN 1344/2004 e 14411/2004 e della letteratura scientifica: in grassetto, le indicazioni normative; in grigio, le specifiche non indicate in termini espliciti dalle norme; nell'ultima riga, i prodotti non disciplinati dalle norme.*



*Pavimentazione in piastrelle di cotto fatte a mano.*

## TIPOLOGIE E FORMATI

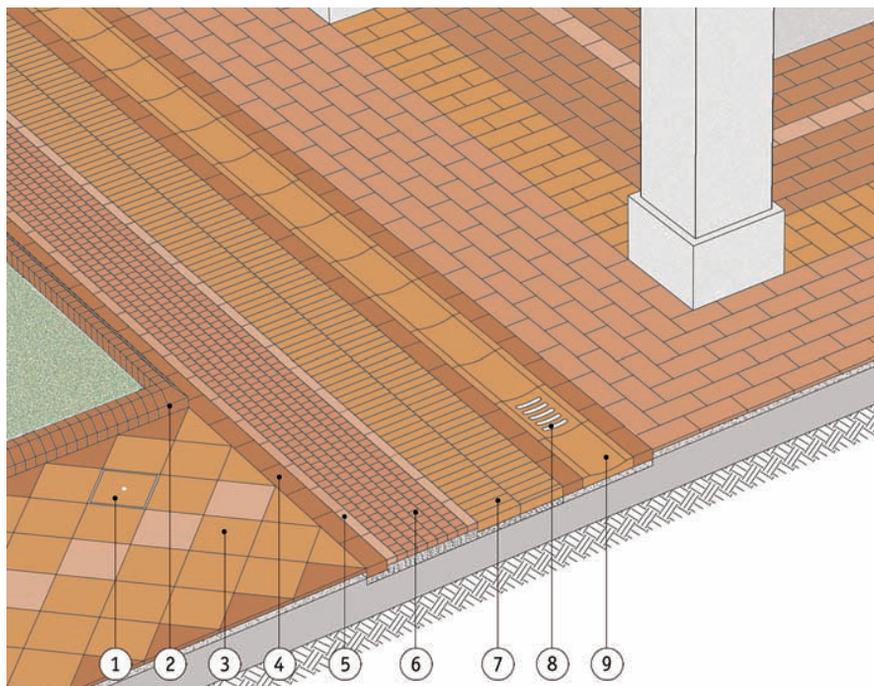
### Tipologie e formati tradizionali

Partendo dalle due tipologie individuate - piastrelle di cotto e mattoni da pavimento -, di seguito si presentano delle tabelle che riuniscono le principali forme presenti sul mercato italiano con i formati prevalenti.

Tali tabelle costituiscono la sintesi di un lavoro più ampio condotto sulla documentazione tecnica (cataloghi e siti internet) reperita presso alcune aziende nazionali. Le dimensioni, espresse in millimetri, sono riportate nel seguente ordine: spessore [s], lunghezza [L], larghezza [l].

Per le piastrelle di forma diversa dalla quadrata e dalla rettangolare, le dimensioni riportate si riferiscono al più piccolo quadrilatero regolare circoscrivibile. In questo caso, non avendo riscontrato sul mercato italiano formati prevalenti, sono stati elencati tutti i prodotti individuati.

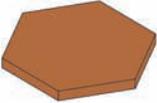
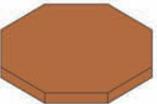
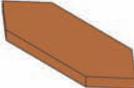
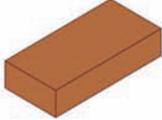
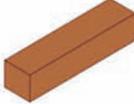
Tra le piastrelle ottagonali, sono state inserite anche quelle ottenute smussando ai quattro angoli elementi di forma quadrata o rettangolare.



Diverse tipologie di elementi in laterizio per pavimentazioni.

Legenda: **1)** chiusino; **2)** cordolo; **3)** piastrella di cotto; **4)** mattone da pavimento; **5)** listello; **6)** tozzetto; **7)** sestino; **8)** caditoia; **9)** canaletta.

## TIPOLOGIE E FORMATI

Elemento	Formati [mm]			Elemento	Formati [mm]					
	s	L	l		s	L	l			
<b>PIANELLA ESAGONALE</b> 	12	290	250	<b>PIANELLA QUADRATA</b> 	13	300	300			
	13	290	350		200	200				
	13	350	300		13	300	300			
	14	290	250		200	200				
	20	290	290		14	250	250			
	20	350	350		300	300				
	25	290	290		15	300	300			
	25	350	350		300	300				
	25	220	70		25	200	200			
	25	140	120		300	300				
	30	230	130		30	200	200			
	30	255	145		30	300	300			
	33	300	250		40	400	400			
	35	300	250		45	400	400			
<b>PIANELLA OTTAGONALE</b> 	12	300	300	<b>PIANELLA RETTANGOLARE</b> 	13	300	150			
	13	300	300		14	300	150			
	14	300	300		14	360	180			
	15	300	300		15	300	150			
	16	400	400		360	180				
	20	300	300		300	150				
	24	400	400		25	300	150			
	25	300	300		360	180				
	400	400	30		300	150				
	30	320	260		34	400	200			
	33	265	265		25	100	100			
35	310	310	35	130	130					
<b>PIANELLA A LOSANGA</b> 	13	200	--	<b>TOZZETTO</b> 	<b>LISTELLO</b> 	13	280	60		
	200	---	---			15	270	70		
	25	250	---			25	280	70		
	300	---	---			30	270	60		
	25	230	110			<b>MATTONE DA PAVIMENTO</b> 	<b>SESTINO</b> 	55	250	120
	25	280	130					70	250	120
	200	135	30					250	70	
	250	70	33					365	175	
	30	320	250					300	150	
	330	200	33					340	140	
33	365	175	20	180	100					
35	300	150	25	230	140					
340	140	33	395	108						
20	180	100	<b>PIANELLA A ROMBO</b> 	<b>PIANELLA PROVENZALE</b> 	40			280	70	
25	280	200			40	295	70			
25	245	185			60	260	60			
33	270	185	<b>PIANELLA A GIGLIO</b> 	33	320	320				
48	240	240		48	240	240				

Formati ricorrenti delle principali tipologie presenti sul mercato italiano: pianelle, tozzetti, listelli, mattoni e sestini.

## ELEMENTI DI COMPLETAMENTO E SPECIALI



Abaco dei principali colori naturali del laterizio.

### Elementi di completamento e speciali

In genere, nei diversi laterifici, la gamma dei prodotti è ampliata con elementi di completamento in grado di rifinire le pavimentazioni, sia esterne che interne, e di evitare cadute prestazionali in corrispondenza di punti critici o, comunque, bisognosi di particolare cura. Tali elementi possono essere suddivisi in tre gruppi principali:

- elementi per battiscopa;
- elementi per scale;
- elementi per esterni/arredo urbano.

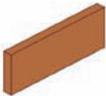
Relativamente agli elementi per scale, a fronte della considerevole variabilità dei formati disponibili riscontrata nel corso dell'analisi (non è stato possibile individuare due sole aziende che producono manufatti delle stesse dimensioni), si è riportato, per i diversi parametri dimensionali (spessore, lunghezza, larghezza), l'intervallo tra la misura minima e quella massima.

Anche nel caso degli elementi di completamento per esterni/arredo urbano, non si è ritenuto opportuno indicare i formati, in quanto ogni azienda coordina dimensionalmente questi elementi con quelli base della pavimentazione. Circa gli elementi di arredo urbano, occorre osservare che, a livello nazionale, l'offerta si presenta ancora piuttosto limitata, sia in termini di tipologie che di formati, se paragonata a quella britannica, tedesca o spagnola, solo per limitare il confronto allo scenario europeo.

Battiscopa	Tecnica di formatura	Formati [mm]		Colori
		s	l	
	estrusione	15	300÷400	- paglierino
	a stampo	18	320 ÷ 330	- rosato
	a stampo	20	300 ÷ 310	80÷135

Battiscopa: formati prevalenti per tecnica di formatura e colori più comuni.

## ELEMENTI DI COMPLETAMENTO E SPECIALI

Elementi per scale	Tecnica di formatura	Formati [mm]			Colori
		s	L	l	
<b>GRADO</b> 	estrusione	13÷50	250÷1400	330÷360	- paglierino
	a stampo	30÷55	120÷1150	280÷370	- rosato - rosso
<b>SOTTOGRADO</b> 	estrusione	14÷25	250÷300	120÷140	- paglierino
	a stampo	30	240÷300	120	- rosato - rosso
<b>BATTISCOPIA PER GRADINO</b> 	estrusione	10÷17	180÷200	120÷140	- paglierino
	a stampo	18÷25	182÷185	440÷445	- rosato - rosso

Elementi per il rivestimento di scale: range dei parametri dimensionali e caratteristiche prevalenti.

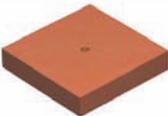
Sistema coordinato: grado, sottogrado, battiscopa, in laterizio estruso arrotato.



Elementi per grado intermedio (a destra) e angolare (a sinistra), in laterizio a stampo fatto a mano.



## ELEMENTI DI COMPLETAMENTO E SPECIALI

Elementi per esterno / arredo urbano				
Elementi	Tecnica di formatura	Funzione	Colori	
<b>CHIUSINO</b> 	a stampo	elemento posto a copertura dei pozzetti; può essere o meno di tipo ispezionabile	- rosato - tabacco	
<b>CANALETTA</b> 	estrusione a stampo	elemento utilizzato per la raccolta delle acque piovane e di lavaggio; può essere completato da aperture aventi la funzione di caditoia	- paglierino - rosato - rosso - tabacco	
<b>CADITOIA</b> 	a stampo	elemento che consente l'immissione dell'acqua piovana o di lavaggio nelle fognature	- paglierino - rosato - rosso - tabacco	
<b>CANALETTA CON CADITOIA</b> 	estrusione a stampo	elemento che ingloba le funzioni di canaletta e di caditoia	- paglierino - rosato - rosso - tabacco	
<b>RACCORDO CANALETTA</b> 	a stampo	elemento collocato nei punti di cambiamento di direzione delle canalette; può essere a due o a tre vie	- rosato - rosso - tabacco	
<b>CORDOLO</b> 	estrusione a stampo	elemento usato per delimitare camminamenti, strade, slarghi, aiuole, ecc., che forma un lieve rialzo rispetto al piano di calpestio	- paglierino - rosato - rosso - tabacco	
<b>ELEMENTO TERMINALE</b> 	estrusione a stampo	elemento impiegato per raccordare il dislivello della pavimentazione	- rosato - rosso - tabacco	
<b>BORDO PISCINA</b> 	estrusione a stampo	elemento impiegato per delimitare la pavimentazione dallo specchio d'acqua	- rosato - rosso - tabacco	

Principali elementi di completamento per esterni: funzioni e caratteristiche prevalenti.

## LA POSA IN OPERA

In termini generali, la posa in opera dello strato di rivestimento di una pavimentazione prevede una successione di attività tecnico-pratiche e operative che, a partire dal progetto, consentono di arrivare al pavimento finito, pronto per l'uso. Inoltre, nel caso dei pavimenti in laterizio, solitamente, tra la fase di posa vera e propria e la messa in esercizio, si colloca un'ulteriore fase operativa: il trattamento.

La figura principale che gestisce la programmazione delle fasi di posa ed esegue il pavimento è un operatore professionale specializzato: il *posatore*. Sia prima che durante le fasi esecutive, il posatore di un pavimento in laterizio dovrà interagire con le altre figure del processo edilizio (il committente, il progettista, il direttore dei lavori, il direttore di cantiere, il costruttore, il coordinatore della sicurezza, i rivenditori di manufatti da pavimento e materiali edili, ecc.) e, quando necessario, con i tecnici che si occuperanno del trattamento.

Non è raro, poi, il coinvolgimento degli stessi produttori dei manufatti da pavimento. Questa eventualità risulta peraltro indispensabile nei delicati interventi di restauro ed auspicabile quando, di fronte a estese superfici da pavimentare, si renda necessaria una fornitura di materiale con caratteristiche di omogeneità di aspetto o quando siano presenti ingenti quantitativi di pezzi speciali su misura. In merito, è da sottolineare come il dialogo con i produttori - che dovrebbe avere inizio già in fase di progetto - sia favorito, nel nostro Paese, dalla spiccata vocazione artigianale che ancora qualifica il settore dei pavimenti in laterizio; esso rappresenta un importante valore aggiunto che, unito alla versatilità del materiale e dei processi produttivi (si pensi alla flessibilità produttiva del *fatto a mano*), consente virtualmente al progettista di *inventare* soluzioni limitate unicamente dalle disponibilità economiche, dalla fattibilità produttiva e, naturalmente, dalla fattibilità tecnica legata all'esecuzione.

I manufatti per pavimentazione in laterizio si posano secondo due principali tecniche:

- a) la tecnica flessibile (tipicamente impiegata per pavimentazioni esterne);
- b) la tecnica rigida (adatta per pavimentazioni sia interne che esterne).

Fasi	Attività
preliminari	1. Analisi del progetto e verifica della geometria delle superfici
	2. Verifica delle condizioni ambientali
	3. Organizzazione del cantiere, stoccaggio e controllo dei materiali
	4. Controllo e preparazione della superficie di posa
	5. Tracciamento
	6. Preparazione del materiale per lo strato di compensazione e per i giunti
esecutive	7. Posa dei manufatti da pavimento
	8. Installazione dei giunti di deformazione
	9. Esecuzione delle fughe
	10. Pulizia e protezione della superficie pavimentale

*Quadro sintetico delle attività che caratterizzano la posa in opera di un pavimento.*

## LA POSA SU STRATO FLESSIBILE

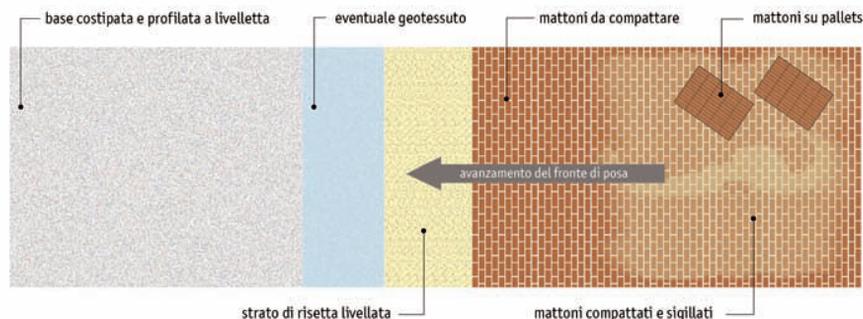
La posa in opera su strato flessibile consiste nel posizionare manualmente mattoni da pavimento o sestini su di un letto di sabbia e ghiaio (*risetta*) di spessore costante e adeguata granulometria, procedendo poi alla costipazione della superficie pavimentale e alla saturazione dei giunti con sabbia. La miscela inerte impiegata per la realizzazione dello strato di allettamento deve essere protetta dalle intemperie, in modo da evitarne sia l'eccessiva asciugatura, sia una eccessiva umidificazione. Il suo grado di umidità deve

Crivello [mm]	Passante in massa [%]	
	traffico non canalizzato	traffico canalizzato
9,50	100	100
4,75	95÷100	95÷100
2,36	80÷100	75÷100
1,18	50÷85	55÷90
0,60	25÷60	35÷70
0,30	5÷30	0÷35
0,15	0÷10	0÷5
0,075	< 3	0÷0,3

*Composizione granulometrica dello strato di allettamento.*

essere costante per tutta la superficie di posa che si intende pavimentare nella giornata lavorativa. Un valore ottimale del grado di umidità è di circa il 6%. Lo spessore della risetta allo stato soffice varia tra i 35 e i 50 mm. A seguito della costipazione, la miscela inerte subirà una riduzione di volume dal 20 al 30%; per effetto di questo *calo*, lo spessore dell'allettamento si assesterà intorno ai 25÷40 mm. Qualora si debba eseguire il raccordo con una pavimentazione esistente, la quota della nuova pavimentazione, a seguito della costipazione, dovrebbe risultare più alta di quella della pavimentazione esistente, per 'correggere' l'assestamento che essa subirà successivamente a causa dei carichi d'esercizio. Lo strato di allettamento deve avere uno spessore costante e omogeneo per tutta la superficie da pavimentare: è assolutamente sconsigliato correggere eventuali scostamenti dalla planarità del piano di posa agendo sul suo spessore. Il materiale inerte costituente lo strato di allettamento deve essere steso parallelamente a quella che sarà la linea di avanzamento del fronte di posa, senza subire alcuna compattazione. La stesura della risetta, così come le operazioni di staggiatura-livellatura, avviene, di norma, manualmente.

Lo strato di allettamento, una volta posato e livellato, non dovrà subire alterazioni di sorta: per questo è assolutamente da evitare il transito di operai sulla sua superficie.

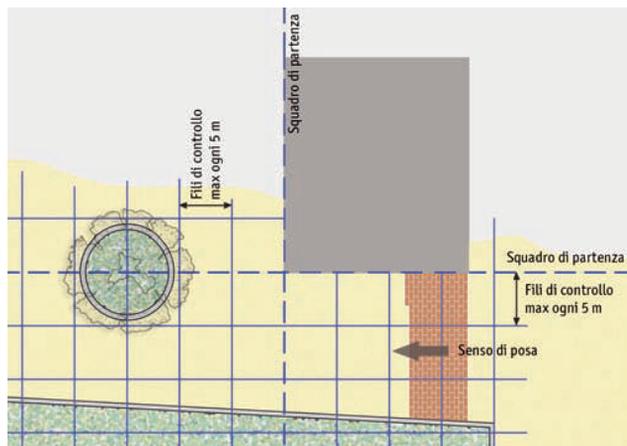


*Nelle pavimentazioni di tipo flessibile, l'avanzamento della posa degli elementi avviene per fasi esecutive complete.*

## LA POSA SU STRATO FLESSIBILE

Il posizionamento della prima fila di manufatti segue la linea di riferimento generatrice della trama di posa che va eseguita con molta accuratezza.

Le parti di pavimentazione non ancora compattate devono essere riservate al solo



*Esempio di griglia ortogonale per la verifica della regolarità della posa in una pavimentazione per esterni.*

transito dei posatori per l'approvvigionamento dei manufatti necessari per l'avanzamento del fronte di posa. Le scorte di manufatti, occorrenti per la giornata lavorativa, vanno stoccate su parti di pavimentazione già completate e costipate; da qui, tramite carriere o carrelli, verranno portate dai posatori - in piccole quantità - in prossimità del fronte di posa. Sottoporre la pavimentazione a carichi di esercizio elevati prima della operazione di compattazione e dell'intasatura dei giunti può causare l'affondamento localizzato di singoli elementi o anche generare la loro dislocazione orizzontale, con conseguente rischio di scheggiatura degli spigoli.



Per ottenere una adeguata uniformità cromatica del pavimento, è opportuno prelevare contemporaneamente i manufatti da almeno tre unità di confezionamento stoccate in cantiere, procedendo in verticale, da uno spigolo, e non per strati orizzontali (visto che la posizione degli elementi, in ogni unità di confezionamento, corrisponde, più o meno, alla loro posizione nel forno di cottura).

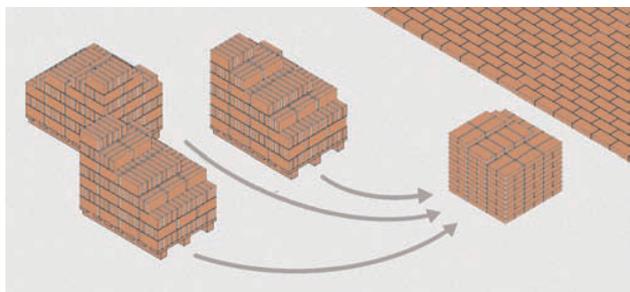


*Tecniche per conseguire una regolare larghezza delle fughe.*

*A sinistra, in alto, pavimento in mattoni con naselli distanziatori.*

*A sinistra, in basso, sestini posati su letto di sabbia con l'ausilio di crocette "a perdere" a "T" in plastica poste alla base degli elementi.*

## LA POSA SU STRATO FLESSIBILE



La mescolatura dei manufatti da pavimentazione, di un medesimo lotto, in cantiere è un efficace rimedio per compensare le piccole differenze di calibro e/o tono conseguenti al processo produttivo.

Il posatore, dopo aver terminato il posizionamento dei manufatti, stenderà un primo sottile strato di sabbia con l'ausilio di scope.

Lo spargimento della sabbia va fatto con cura, evitando brusche azioni che potrebbero causare lo spostamento dei manufatti. Con questa prima operazione, i manufatti vengono bloccati, seppur blandamente, nella loro sede scongiurando così il rischio di scheggiarsi durante la successiva operazione di compattazione. Questa viene effettuata con mezzi meccanici come piastre o rulli vibranti; per evitare il danneggiamento della superficie in vista del manufatto laterizio, è indispensabile utilizzare rulliere ricoperte di gomma e piastre vibranti dotate di lastra non metallica o, se metallica, ricoperta con un tappetino di gomma o plastica. Per evitare che le vibrazioni alterino la geometria dei corsi per effetto della mancanza di contrasto sul lato 'libero', la compattazione deve arrestarsi ad almeno 2 metri dal fronte di posa aperto.

Prima della compattazione, i manufatti da pavimento dovranno avere, in corrispondenza delle linee di interfaccia con pavimentazioni preesistenti e con soluzioni di continuità quali tombini o caditoie, un sovrassessore che corrisponda al calo della sabbia una volta costipata; questo valore andrà incrementato di 5÷10 mm considerando l'assessamento che la pavimentazione subirà per effetto dei carichi di esercizio. Si ricorda, inoltre, che rispetto alla quota delle zanelle (piccole fosse per lo scolo di acqua piovana e/o di rifiuto e simili), la superficie pavimentale, a seguito della compattazione, deve presentare un dislivello di + 3÷6 mm.

Crivello [mm]	Passante in massa [%] sabbia naturale
4,75	100
2,36	95÷100
1,18	70÷100
0,60	40÷75
0,30	10÷35
0,15	2÷15
0,075	0÷5

Composizione granulometrica della sabbia per l'intasatura dei giunti.

Terminata la compattazione, si procederà all'intasatura vera e propria dei giunti, cospargendo di nuovo sabbia sulla superficie pavimentale, stendendola omogeneamente con scope e ripetendo ogni volta dei passaggi con le macchine vibranti per favorirne l'assessamento nelle fughe. Verificata la perfetta intasatura delle fughe, si effettuerà la rimozione della sabbia in eccesso spazzando la superficie e irrorandola con acqua in modo da provocare l'allontanamento della polvere che vi si è depositata durante le operazioni di posa.

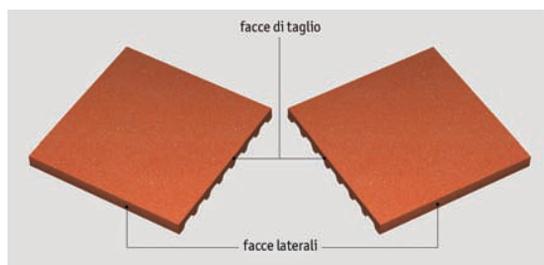
Eseguita la pulitura della superficie, la pavimentazione è pronta per essere messa in esercizio.

## LA POSA SU STRATO RIGIDO

La posa rigida di un pavimento in laterizio consiste nel posizionare manualmente i singoli manufatti su di un letto di malta, o di colla, di spessore costante (strato di allettamento), eseguendo successivamente l'intasatura dei giunti con boiaccia, malta molto liquida, malta a cocciopesto o sigillanti preconfezionati.

Con la posa rigida, i mattoni da pavimento e le piastrelle in cotto sono resi solidali al supporto, attraverso lo strato di allettamento, in maniera irreversibile.

La posa a malta necessita di un letto con uno spessore mediamente compreso tra i 30 e i 40 mm; la posa a colla necessita di un letto di spessore variabile da 2÷5 mm (adesivi in strato "sottile") fino a 10÷15 mm (adesivi in strato "spesso") in funzione dello spessore degli elementi da posare.



*Nella posa a correre, le piastrelle di cotto estruso di formato quadrato vanno sempre posate accostando le facce di taglio dei manufatti.*

giungono in cantiere accoppiate ("spaccatelle") oppure già separate, nel caso di formato quadrato, nelle trame a correre devono essere posate sempre nel verso del taglio.

### La posa a malta

La malta viene generalmente preparata in cantiere, ma sono disponibili in commercio malte preosate a cui basta aggiungere l'acqua necessaria per l'impasto.

Gli inerti devono essere caratterizzati da una curva granulometrica ampia ed assortita, in modo da garantire una buona compattazione della malta rispetto all'unità di volume; non devono contenere tenori apprezzabili di frazione fine argillosa e di sostanze organiche. Per quanto riguarda i leganti da utilizzare per la composizione delle malte, si può osservare che quelle a base cementizia sono caratterizzate da elevate prestazioni e maggiori ritiri in fase di maturazione rispetto ad una malta di calce idraulica o bastarda. In particolare, esse presentano un rapido sviluppo alle resistenze meccaniche e hanno una buona durabilità; sono adatte ad ambienti sottoposti a carichi di esercizio gravosi e hanno una bassa porosità. Le malte di calce idraulica, da parte loro, grazie alla loro elasticità, hanno una particolare attitudine ad assorbire le piccole deformazioni dovute agli sbalzi termici e alla flessibilità dei supporti. Le malte bastarde sono formate tipicamente, per la parte legante, da una miscela di cemento e calce idraulica allo scopo di combinarne e sfruttarne le rispettive qualità.

A parità di condizioni ambientali, una pavimentazione posata a malta asciuga più lentamente rispetto ad una eseguita a colla; questa differenza si riflette fatalmente sui tempi di attesa che intercorrono tra l'ultimazione della posa e l'esecuzione del trattamento in opera.

Relativamente ai manufatti, occorre specificare che le piastrelle di cotto estruse, che

## LA POSA SU STRATO RIGIDO

Nella pratica, in ambiente interno i manufatti laterizi sono solitamente posati a malta bastarda; in ambiente esterno si ricorre, invece, alla malta cementizia miscelando, in funzione della tecnica di posa e della severità delle condizioni d'esercizio, 150÷250 kg di cemento R325 per metro cubo di sabbia.

La posa su letto di malta può impiegarsi tanto per i mattoni e i sestini che per le piastrelle di cotto; in particolare, è indicata per quei manufatti a stampo (fatti a mano o "tipo mano") caratterizzati da più sensibili irregolarità geometriche.

La posa su letto di malta può essere eseguita secondo due tecniche:

- a) "a spolvero";
- b) "a muratura".

La tecnica *a spolvero* consiste nel formare uno strato di malta di spessore costante sulla superficie da pavimentare; la malta, avente una consistenza tipo "sabbia umida", sarà battuta e livellata con il regolo, in modo da ottenere una superficie perfettamente piana.



Pavimento in sestini posato con la tecnica "a spolvero".

Il dosaggio di cemento sarà intorno ai 150 kg per metro cubo di sabbia.

Questa dovrà avere, preferibilmente, la seguente granulometria: frazione grossolana (4÷6 mm) pari al 40-60% dell'unità di volume; frazione media (3÷4 mm) pari al 25÷45% del volume e quella fine (0÷3 mm) pari al 20÷25% del volume; per favorire l'adesione, la superficie deve essere preventivamente umidificata. Dopo aver steso e livellato lo strato di malta, e dopo averlo inumidito con acqua spruzzata con pennellina da pittore o nebulizzata, si

procede allo spargimento di polvere di cemento sulla superficie di posa. Successivamente, si passa alla posa del pavimento. I manufatti in laterizio caratterizzati da elevata porosità (quali, ad esempio, quelli formati a stampo) andranno preventivamente bagnati con acqua pulita, preferibilmente per immersione totale, con l'accortezza di eliminare l'acqua superficiale in eccesso mediante spugne o stracci umidi.

Una volta posti sul letto di malta, i manufatti vengono battuti singolarmente utilizzando preferibilmente martelli con testa in gomma o in materiale plastico. Questa operazione serve ad assestare e far aderire i manufatti al supporto e ad ottenere la massima complanarità con gli elementi adiacenti.

## LA POSA SU STRATO RIGIDO

La posa a spolvero consente l'esecuzione di comparti di pavimento fino a 30 m<sup>2</sup>; in virtù di questa prerogativa, è possibile integrare, al termine della posa dei manufatti di un comparto, la battitura manuale dei manufatti con quella meccanica.

Dopo aver eseguito la battitura, il pavimento posato va bagnato con acqua; questa operazione è indispensabile per idratare la malta di allettamento e lo spolvero di cemento e innescare il fenomeno di presa.

Eseguita la bagnatura del pavimento e rimossi, quando impiegati, gli elementi distanziatori in plastica, il pavimento è pronto per l'esecuzione dell'intasatura dei giunti.



Tecnica di posa "a muratura".

La tecnica di posa *a muratura* consiste nel murare con malta ogni singolo elemento da pavimento in laterizio sulla superficie di posa; il lavoro avanza puntualmente, elemento dopo elemento, eseguendo parallelamente le operazioni di formatura dell'allettamento e di posa del manufatto. Rispetto alla posa a spolvero, la malta avrà un maggior dosaggio di legante (200÷250 kg di cemento per metro cubo di sabbia), mentre la sabbia sarà di pezzatura minore (da 0÷3 mm).

Analogamente a quanto avviene con la realizzazione di una tradizionale muratura in mattoni, questa tecnica di posa prevede di bagnare ogni elemento in acqua pulita, di 'caricare' la malta sulla sua faccia tergo e, infine, di eseguire la battitura di ogni singolo manufatto contestualmente al suo posizionamento.

Poiché, a seguito della battitura, la malta in eccesso risale nelle fughe, con questa tecnica l'intasatura dei giunti viene - almeno in parte - eseguita contestualmente alle operazioni di posa e con lo stesso materiale impiegato per lo strato di allettamento. La malta che, viceversa, dovesse debordare, va rimossa prontamente con la cazzuola e con spugnette morbide.

La posa *a muratura* è la più idonea per l'esecuzione di pavimenti realizzati con elementi formati a stampo, caratterizzati da alto spessore ed elevata porosità e non di rado, soprattutto nei grandi formati, da apprezzabili irregolarità morfologico-dimensionali. Essa, infatti, da una parte consente ampi margini di aggiustaggio dei manufatti e di compensazione delle maggiori difformità geometriche, dall'altra semplifica molto le operazioni di ripulitura della superficie laterizia grazie al particolare sistema di intasatura dei giunti che può evitare il ricorso alla copertura totale della superficie pavimentata con boiacca.

### La posa a colla

Nella posa su letto di colla - impiegata per la posa delle piastrelle -, lo strato di allettamento viene realizzato con adesivi chimici (detti collanti). Gli adesivi (o collanti) sono miscele preconfezionate formate da diversi costituenti, messe in commercio sotto forma di varie tipologie di prodotto. Come le malte, gli adesivi assicurano l'adesione completa del manufatto da pavimento al supporto, attraverso la fase di presa e indurimento.

## LA POSA SU STRATO RIGIDO



*Posa di piastrelle fatte a mano su letto "di colla".*

Poiché il ridotto spessore dello strato adesivo consente una limitata compensazione dei difetti morfologico-dimensionali dei manufatti, la tecnica a colla è indicata per prodotti caratterizzati da una soddisfacente regolarità geometrica. L'alta capacità adesiva dei collanti può essere sfruttata opportunamente anche per la posa di manufatti in laterizio che hanno subito trattamenti idrorepellenti.

Le principali tipologie di adesivi per la posa dei pavimenti laterizi (e delle piastrelle ceramiche in genere) disponibili in commercio sono (UNI EN 12004/2003):

1. adesivi cementizi in polvere (i più diffusi);
2. adesivi in dispersione;
3. adesivi reattivi.

Le tre tipologie sono impiegabili in ambientazione sia interna che esterna. Nella posa a colla, sia in strato "sottile" che "spesso", i manufatti da pavimento in laterizio necessitano solo di una leggera bagnatura per asperzione.

Le principali fasi esecutive di un pavimento su letto di colla possono così riassumersi:

1. stesura di uno strato uniforme di collante sulla superficie di posa utilizzando apposite spatole dentate. Per aumentare la coesione tra supporto e rivestimento, è possibile stendere uno strato di colla anche sulla faccia di adesione della piastrella di cotto, usando spatole dentate con spessore dei denti pari a poco più della metà dello spessore totale dello strato di colla; questa tecnica è sempre consigliabile per i manufatti di grande formato;
2. posizionamento dei manufatti in laterizio sulla superficie da pavimentare nei tempi correlati al tempo di presa dei collanti impiegati. Per evitare che i collanti "filmino" superficialmente a causa di un contatto prolungato con l'aria, va seguita scrupolosamente la tempistica indicata dai produttori e riportata sulla confezione del collante. Per ottenere una regolare ampiezza delle fughe si possono impiegare, come nel caso della posa a spolvero, distanziatori in materiale plastico;
3. battitura dei manufatti in laterizio, dopo che questi sono stati posizionati sul letto di colla, in modo uniforme, singolarmente con un martello dotato di testa di gomma o materiale plastico, in modo da eliminare i vuoti nello strato di allettamento e limitare i risalti tra gli elementi sulla superficie di calpestio.

## INTASATURA DEI GIUNTI E PULIZIA

Dopo aver posato i manufatti sullo strato di allettamento e averli battuti, il pavimento è pronto per l'intasatura dei giunti. Questa, nel caso di posa rigida, va eseguita trascorse almeno 24 ore dalla posa completa del pavimento, tempo necessario affinché il materiale di allettamento raggiunga una consistenza tale da evitare l'affondamento dei manufatti causato dal transito dei posatori. Prima di dare inizio alle operazioni, è buona norma bagnare abbondantemente la superficie pavimentale.

L'intasatura dei giunti, nei pavimenti laterizi, viene eseguita con boiaccia, miscela molto liquida di sabbia e cemento, malte a cocciopesto e sigillanti confezionati. Operativamente, è possibile realizzare questa operazione mediante:

1. *copertura totale* della superficie pavimentale (la tecnica più diffusa);
2. *riempimento lineare*, versando la miscela direttamente all'interno delle fughe.

L'intasatura dei giunti tramite copertura totale si esegue stendendo la miscela su tutta la superficie, avendo cura di farla colare nelle fughe fino a totale saturazione, spargendola mediante racchette con terminale gommato o spugnoso-compatto, del tipo utilizzate per la pulizia dei pavimenti. I passaggi sulla superficie con le racchette devono ripetersi fino a quando le fughe non 'rifiutino' la miscela, segno evidente del loro completo riempimento.

Il riempimento lineare delle fughe, limitando la sporatura della superficie ai soli bordi degli elementi, è consigliabile per manufatti più porosi, ma richiede tempo e accuratezza nell'esecuzione e può essere adottato solo nel caso di giunti aperti, prossimi ai 10 mm di larghezza. Operativamente, la colatura viene effettuata manualmente tramite colini dotati di beccuccio, imbuti o, in alternativa, con siringhe tipo sacche da pasticciere. La ripulitura delle tracce di materiale di riempimento dalla superficie laterizia deve avvenire contestualmente all'operazione di intasatura. La pulitura delle tracce di materiale di riempimento va eseguita con immediatezza, ad esempio con sabbia silicea fine ed asciutta, cospargendola a spaglio sulla superficie pavimentale e sfregandola successivamente in modo energico, sia manualmente che meccanicamente, essendo quest'ultimo il metodo più efficace. La sfregatura con sabbia garantisce una radicale pulitura della superficie del laterizio e l'asportazione dei residui lasciati dai materiali impiegati per l'intasatura dei giunti. Al contempo, rafforza le fughe in virtù del fatto che la sabbia, penetrando al loro interno, solidarizza con il materiale impiegato per l'intasatura; l'azione di 'rinforzo' risulta particolarmente efficace quando l'intasatura è stata eseguita con sola boiaccia o miscela di cemento e polvere di laterizio. Per ottenere un lavoro accurato, dopo la pulitura è consigliabile passare sulla superficie del pavimento una spugna o un tampone umido, in modo da verificare subito la buona riuscita della sigillatura delle fughe. La pulitura delle pavimentazioni in laterizio con segatura è vivamente sconsigliata perché questa può rilasciare sostanze oleose e tannini che possono macchiare i manufatti e stonalizzare le fughe in modo irrimediabile. Ultimata la pulitura del pavimento, è buona regola proteggerlo, fino alla messa in opera o in attesa del trattamento, dal danneggiamento o sporatura mediante presidi che non ne compromettano la traspirabilità, quali teli di lana o cotone decolorati. È sconsigliato l'uso di cartoni che, se inumiditi, possono rilasciare sostanze in grado di creare macchie e alonature poi difficilmente rimovibili.

## IL TRATTAMENTO

Il laterizio è, per sua natura, un materiale con una marcata attitudine ad interagire, in maniera diretta ed indiretta, con l'ambiente e con i materiali e le sostanze con cui entra in contatto, manifestando inevitabilmente e severamente sulla sua superficie accidimenti ed errori progettuali ed esecutivi. Questa 'sensibilità' alle azioni esterne dipende fondamentalmente dalla sua caratteristica di essere materiale poroso a "tutta massa", privo, cioè, di strati protettivi, quali le smaltature, che mirano, sostanzialmente, a nascondere substrati meno nobili. Nel laterizio, apparenza e sostanza coincidono e donano al materiale una insuperata capacità di invecchiare e la possibilità di essere rigenerato rimuovendo la patina superficiale usurata.

Nella sua 'sincerità' risiedono le sue principali caratteristiche, che - in funzione del punto di vista - possono dare luogo a giudizi di diverso segno; possono, cioè, essere considerati tanto fattori di forza che di debolezza, sia *plus* che *minus*.

Le pavimentazioni laterizie per interni, che uniscono alto livello di igienizzazione, elevata esposizione ad agenti macchianti e rilevanti aspettative estetiche da parte degli utenti, esigono, così, oltre ad un progetto competente e ad una condotta accurata e responsabile da parte del posatore e di tutti gli altri operatori che intervengono nella loro esecuzione, un'ulteriore fase di lavorazione: il *trattamento*.

I manufatti laterizi - con l'eccezione di quelli pre-trattati, di cui può prevedersi in futuro una maggiore diffusione - non possono, così, essere considerati prodotti "finiti", pronti per l'uso, ma come altri materiali da pavimentazione della tradizione storica, quali il legno, le pietre ed i marmi o le graniglie, necessitano di un intervento di completamento, di finitura in opera.



*Prova di macchiabilità su una pianella di cotto non trattata formata per estrusione. In alto, al momento dell'inizio della prova; in basso, dopo circa tre ore di permanenza dell'agente macchiante.*

*Come può notarsi, alcune sostanze sono state totalmente assorbite dal materiale; nel tempo, una certa riduzione dell'alone riguarderà anche le altre.*

## LE FASI OPERATIVE

### **Premessa**

Il trattamento delle pavimentazioni in laterizio si attua attraverso le seguenti fasi:

1. analisi della pavimentazione;
2. pulitura del campo pavimentale;
3. correzione dell'assorbimento d'acqua (antimacchia) e finitura.

Di seguito, queste fasi vengono sinteticamente descritte.

### **Analisi della pavimentazione**

Una volta che il pavimento sia stato posato secondo le corrette modalità esecutive, è necessario preservarlo da ogni danneggiamento che potrebbe verificarsi in cantiere. Allo scopo - in attesa che siano terminati i lavori di finitura che interessano pareti e soffitti, e che il laterizio raggiunga il tasso di umidità desiderato - il pavimento deve essere adeguatamente protetto con teli che non ne compromettano la traspirabilità. L'impiego di manufatti con protezione idrofoba (oli vegetali molto diluiti o emulsioni silossaniche a base acqua) apposta prima della posa, riducendo l'aderenza con agenti estranei, sicuramente garantisce una maggiore protezione alle macchie (di sigillanti, di pittura, di intonaco, ecc.) e una loro più sicura e spedita rimozione.

Essendo l'ultima lavorazione che interessa la pavimentazione, il trattamento svolge un ruolo ambivalente: è *condizionato* dalle fasi che l'hanno preceduto (dalle scelte di progetto alla cura realizzativa, alle misure di prevenzione e protezione applicate) e *condiziona* sensibilmente le caratteristiche estetiche e funzionali dello strato di rivestimento.

Attraverso il trattamento si può solo in alcuni casi e, in genere, assai parzialmente supplire ad eventuali carenze e difetti del sistema di pavimentazione. È più facile, purtroppo, che un trattamento incompatibile con la natura e le caratteristiche specifiche della pavimentazione diventi causa scatenante o concomitante di fenomeni di degrado. Ecco perché, al di là delle criticità manifeste, risulta comunque essenziale che il trattatore, se diverso dal posatore, si informi da questi circa le caratteristiche intrinseche della pavimentazione in modo da orientare il proprio lavoro in maniera consapevole. Sarebbe inoltre auspicabile che, in caso di dubbi sulle caratteristiche del manufatto laterizio, il trattatore si rivolgesse direttamente all'azienda produttrice.

I possibili interventi correttivi da attuare durante il trattamento interessano tanto i manufatti da pavimento che i giunti. Quando, ad esempio, le piastrelle danno vita ad una superficie con stonalizzazioni indesiderate (perché giudicate troppo vistose o perché, a causa di una posa non accurata, si presentano concentrate localmente) è possibile mitigarne l'effetto mediante prodotti di finitura scurenti. Prodotti con tonalizzazione media o scura possono essere utilizzati anche in presenza di fughe con macchie di colore (in questo caso, il reticolo delle fughe può essere poi ritoccato con tamponanti pigmentati).

## LE FASI OPERATIVE

***Lavaggio e pulizia della pavimentazione***

Il lavaggio della superficie pavimentale - fase con cui ha inizio il trattamento - ha lo scopo di rimuovere i residui di malta, colla o boiaccia e le altre macchie di cantiere. Tra la posa ed il lavaggio occorre che trascorra il tempo necessario per ridurre l'umidità superficiale dei manufatti laterizi a valori intorno al 25% (l'azione detergente, infatti, è molto più efficace se avviene su una pianella con il più basso tenore possibile di umidità) e per far affiorare in superficie le efflorescenze saline. La determinazione dei tempi di attesa è influenzata da molti fattori: dal materiale impiegato per lo strato di allettamento e dal suo spessore, dal tipo di formatura, dalla natura della superficie d'usura (se ordinaria o protetta con sostanze idrofobe traspiranti), dalla presenza di strati di tenuta all'acqua e dalle condizioni di temperatura e di umidità del luogo d'intervento. Nella pratica, per manufatti posati a colla o a malta con leganti sintetici a basso rilascio d'acqua, indipendentemente dal tipo di formatura, si attendono mediamente 7÷10 giorni in base alle condizioni climatiche; per manufatti posati a malta, sono da prevedere 10 giorni per ogni centimetro di spessore del manufatto per ambienti caldo-asciutti e 15 giorni per ambienti freddo-umidi. La presenza nel sistema di pavimentazione di strati funzionali impermeabili impone tempi di attesa più lunghi, anche doppi rispetto a quelli indicati.

Tradizionalmente, il lavaggio viene eseguito con acido cloridrico - commercialmente conosciuto come acido muriatico, una sostanza nota per la sua tossicità e la sua aggressività - diluito in acqua (nel rapporto da 1 a 10 a 1 a 5, in caso di acido alla massima concentrazione). A causa dell'alta reattività dell'acido cloridrico ai carbonati, è bene che la soluzione acida non permanga sul pavimento troppo a lungo (possibilmente, non più di 2÷3 minuti) onde evitare che danneggi o stonalizzi le fughe.

Sebbene il lavaggio acido sia efficace sulla gran parte delle sostanze sporcanti depositatesi sul pavimento laterizio in fase di cantiere (boiaccia di cemento, residui calcarei, tinteggiature a calce, efflorescenze saline, ruggine, ecc.), nondimeno vi sono alcuni tipi di sporco che necessitano di altri reattivi. Ad esempio, nel caso di macchie prodotte da inquinamento, muffe o alghe, è solitamente efficace la soda caustica in soluzione acquosa; nel caso di residui di intonaco contenenti componenti sintetici, sono indicati l'acqua ragia o diluenti alla nitro; in presenza di macchie scure di solfatazione, occorre impiegare specifici estrattori alcalini. Al lavaggio segue il risciacquo con acqua pura; entrambe le lavorazioni possono avvenire a mano o, preferibilmente, mediante monospazzola ed aspiraliquidi. Alcuni dei reattivi citati hanno il vantaggio di essere particolarmente economici, ma sono molto nocivi dal punto di vista tossicologico e dell'impatto ambientale. Inoltre, se l'acqua di risciacquo non è allontanata con immediatezza (ad esempio, mediante aspiraliquidi), essa può provocare un certo riassorbimento dello sporco rimosso. Per queste ragioni, sono stati realizzati detergenti in soluzione acquosa più innocui per l'operatore e per l'ambiente e di efficacia quasi assimilabile; essi, peraltro, grazie a particolari tensioattivi, mantengono in sospensione le particelle di sporco rimosso facilitandone l'eliminazione in fase di risciacquo e riducendo, così, il consumo d'acqua necessaria.

## LE FASI OPERATIVE

Occorre, infine, ricordare che l'impiego di alcuni reattivi può avere delle conseguenze indesiderate in fase di trattamento. Ad esempio, qualora si volesse eseguire il trattamento con oli vegetali, occorre evitare il lavaggio della superficie pavimentale con soda caustica. Questa - la sostanza chimica alcalina per eccellenza -, alzando il pH del pavimento, può condurre alla saponificazione dell'olio, compromettendo il lavoro.

### **Correzione dell'assorbimento di acqua**

Dopo il lavaggio, è prudente attendere almeno 10÷15 giorni prima di procedere con il trattamento. Questo intervallo di tempo (durante il quale il pavimento non deve essere calpestato, né subire lavorazioni di sorta) è necessario per verificare l'eventuale comparsa di efflorescenze; qualora queste dovessero manifestarsi, occorre ripetere il lavaggio; in caso contrario, il lavoro può proseguire.

Per rispettare la natura porosa del laterizio, goderne la tessitura e scongiurare taluni fenomeni degenerativi, è necessario che la correzione dell'assorbimento d'acqua avvenga mediante prodotti "traspiranti", capaci, cioè, di impedire l'ingresso dei liquidi ma, nel contempo, di consentire, seppure in misura ridotta rispetto alla condizione originaria, la fuoriuscita di vapore. Si tratta, in pratica, di conferire al laterizio la *repellenza* all'acqua e alle sostanze macchianti, ma non l'*impermeabilità*.

I trattamenti filmogeni, creando sul pavimento una patina continua sono, pertanto, da sconsigliare: essi, infatti, pur essendo in grado di assicurare al laterizio una resistenza alle macchie eccellente e ben superiore a quella ottenibile mediante i prodotti traspiranti, lo snaturerebbero irrimediabilmente.

I *trattamenti traspiranti* possono essere divisi in due grandi categorie:

1. trattamenti tradizionali;
2. trattamenti innovativi.

I primi consistono, principalmente, in miscele a base di oli vegetali.

All'ambito dei trattamenti di tipo tradizionale, si possono ascrivere anche i trattamenti a base di cere, neutre o pigmentate. Solitamente, ad un primo strato di cera liquida, si aggiungono - trascorse 24 ore - 2 ulteriori strati (a 2÷3 ore di distanza l'uno dall'altro) di cera in pasta. Il lavoro si termina con uno strato rinnovabile di cera liquida.

Il dosaggio dei componenti e le procedure di stesura di questi ritrovati artigianali hanno sempre rappresentato segreti da custodire gelosamente, ma le antiche miscele, pur con le naturali differenze da zona a zona, erano tipicamente composte dai seguenti componenti: olio di lino crudo, sostanze essiccatrici, sostanze diluenti, più, eventualmente, sostanze indurenti (resine naturali). Una delle soluzioni tramandate dal passato prevedeva di miscelare l'olio di lino crudo con trementina naturale di pino, più essiccativi a base di piombo, verderame e lisciva di cenere.

Oggi, sono in commercio composti ispirati a questa antica ricetta, ma che utilizzano come essiccativi percentuali modeste (minori, solitamente, del 5%) di metalli meno pesanti quali calcio, cobalto e manganese.

## LE FASI OPERATIVE

Il sapere degli antichi, frutto di esperienze secolari fatte di errori, ripensamenti e avanzamenti millesimali, è stato, purtroppo, frettolosamente accantonato e delle antiche ricette si sono gradualmente perse le tracce. Così, delle miscele a base di olio di lino è rimasto solo il componente principale (come dimostrano, ad esempio, alcuni preziosi del Genio Civile), talvolta proposto diluito con acqua ragia o trementina. Solo negli ultimi anni, nell'ambito di un approccio al costruire maggiormente attento alle interazioni dell'uomo con l'ambiente, si notano timidi segnali di recupero e di attenzione verso le antiche composizioni, ma la strada da compiere è solo agli inizi e, per produrre risultati efficaci e attendibili scientificamente, andrebbe percorsa insieme dagli ultimi artigiani ancora attivi, dagli storici, dai restauratori e dai chimici.



*Prova di macchiabilità su una pianella di cotto estrusa trattata con due passaggi di una soluzione di olio di lino crudo e acqua ragia al 50%. In alto, al momento dell'inizio della prova; in basso, dopo circa tre ore di permanenza dell'agente macchiante. Come può notarsi, al termine della prova la superficie appare del tutto priva di macchie e di aloni.*



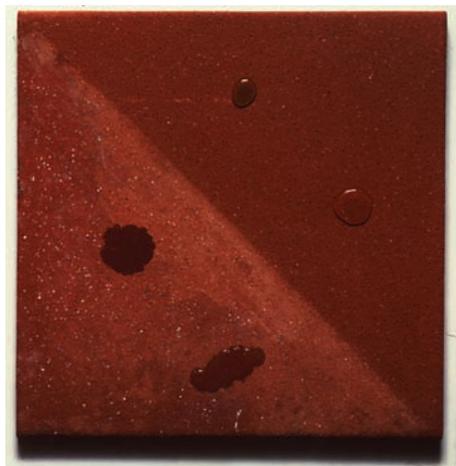
Le miscele a base di oli vegetali vanno stese (con pennelli o con stracci) mediante più passaggi (solitamente due o tre, in funzione della loro viscosità e della porosità del laterizio), fino al completo rifiuto. Gli intervalli tra una stesura e l'altra dipendono dal tipo d'olio impiegato (quello cotto è molto più viscoso di quello crudo) e dalla presenza e dalla percentuale di solventi o di essiccativi: in termini generali, si può dire che l'olio di lino crudo, essiccando in profondità molto lentamente, necessita di tempi di attesa molto più lunghi rispetto a quello cotto (almeno 48 ore, contro le 8 ore dell'olio di lino cotto). D'altro canto, l'elevata velocità di resinificazione dell'olio di lino cotto impone una certa esperienza da parte dell'operatore nella fase di stesura, onde evitare la formazione di striature e di sovrapposizioni moleste difficilmente rimosibili.

## LE FASI OPERATIVE

Il principio antimacchia dei trattamenti tradizionali può così esemplificarsi: unendo preventivamente e uniformemente la superficie laterizia con una sostanza oleosa in grado di saturare i pori più superficiali (gli oli penetrano per alcuni decimi di millimetro, in funzione della porosità del manufatto), ulteriori sostanze macchianti e la stessa acqua non penetrano e/o non risultano visibili. Tali trattamenti prevedono, spesso, una finitura superficiale che consiste, tipicamente, in due o più strati di cere naturali, liquide o in pasta, con o senza pigmenti. La scelta dipende principalmente dagli orientamenti estetici (se si desidera un aspetto più naturale e più opaco è bene, indubbiamente, rinunciare alle cere), anche se ha dei riflessi importanti sulla resistenza alle macchie (la funzione protettiva delle cere è particolarmente utile nei primi tempi d'esercizio del pavimento), sulla funzionalità (aumento della scivolosità), sulla durabilità (riduzione dell'usura) e, soprattutto, sulla manutenibilità del pavimento (le cere devono essere periodicamente rigenerate). Le cere, infine, riducono inevitabilmente e sensibilmente la permeabilità al vapore del manufatto laterizio e, anche per questo, il loro uso è da limitare alle sole pavimentazioni interne interpiano. La finitura a cera d'api (nella versione più tradizionale) si può applicare dopo 10 giorni dalla stesura della soluzione a base di olio di lino; il numero dei passaggi dipende dalla porosità del manufatto e dall'effetto che si desidera ottenere.

I prodotti traspiranti innovativi sono basati su sostanze che offrono potenzialità di utilizzo molto ampie consentendo all'operatore di calibrare l'intervento in base alle criticità e alle caratteristiche dello scenario.

In relazione alla soluzione in cui sono dispersi, si dividono in due principali categorie: prodotti a *base solvente* e prodotti a *base acqua*. Rispetto ai secondi, i prodotti a base solvente garantiscono una più profonda capacità di penetrazione e, quindi, una superiore durabilità.



*Pianella di cotto che mostra, nella parte trattata (triangolo a destra), il caratteristico "effetto perla".*

## LE FASI OPERATIVE

I prodotti a base acqua, da parte loro, sono più innocui per l'ambiente e per l'operatore; possono essere stesi anche in caso di superfici pavimentali non perfettamente asciutte e, essiccandosi più lentamente, si stendono più facilmente e vengono assorbiti più omogeneamente dal laterizio.

Il principio antimacchia su cui si basano i prodotti innovativi è totalmente diverso rispetto a quello dei prodotti tradizionali. Essi, penetrando nel laterizio, rivestono le cavità più superficiali formando una barriera che inibisce il passaggio d'acqua per effetto della forte tensione superficiale che tali sostanze hanno a contatto con essa, pur consentendo la diffusione del vapore.

L'alta tensione superficiale d'interfaccia fa sì che la sostanza macchiante assuma, a contatto con la superficie laterizia trattata, una caratteristica forma sferoide ("effetto perla"). Tra i prodotti in commercio possono indicarsi i copolimeri fluorurati e i composti silossanici.

I primi possono svolgere anche funzione di finitura o, più comunemente, devono essere protetti mediante uno strato di completamento, rinnovabile. In questo secondo caso, per migliorare l'aderenza dello strato di completamento, può essere necessario stendere al di sopra dell'antimacchia un aggrappante.

I composti silossanici fungono da idrorepellenti di profondità e, pertanto, la funzione antimacchia si consegue solo con la stesura di uno strato protettivo superficiale; il lavoro si completa mediante uno strato rinnovabile di cera liquida. Essi, una volta penetrati all'interno del materiale, danno luogo a reazioni chimiche (grazie all'umidità interna residua e ai silicati presenti nella struttura del laterizio) che garantiscono un tenace fissaggio alle pareti dei fori e dei meati interni.

Tipo di trattamento		Prodotti	Principio antimacchia
<b>Impermeabilizzante</b>		Resine sintetiche (poliuretaniche, epossidiche, poliestere, ecc.)	Creazione di una patina superficiale impermeabile all'acqua, alle sostanze macchianti e al vapore
<b>Traspirante</b>	tradizionale	Miscela a base di oli vegetali + finitura con cere naturali (opzionale)	Saturazione dei pori superficiali e ottenimento dell'idro-oleo repellenza
	innovativo	Copolimeri fluorurati + strato aggrappante + finitura con emulsioni di cere dure e resine Composti silossanici + strato antimacchia in miscela di cere in pasta, naturali e sintetiche, al solvente + finitura con cere liquide	Impregnazione superficiale e ottenimento dell'idro-oleo repellenza

*Quadro sinottico dei principi antimacchia e dei prodotti impiegati per tipo di trattamento.*

La capacità di penetrazione dei composti silossanici dipende dal tipo di molecola, dalla soluzione (se a base acqua o a base solvente) e dalla porosità del laterizio, variando da pochi decimi di millimetro per i prodotti estrusi, meno assorbenti, a 1÷2 millimetri per i prodotti a stampo più porosi. Quando, in questo secondo caso, anche per ragioni economiche, si desidera limitare la penetrazione del prodotto all'interno del materiale, può valutarsi la possibilità di stendere, prima dell'idrorepellente, un fondo contenitivo.

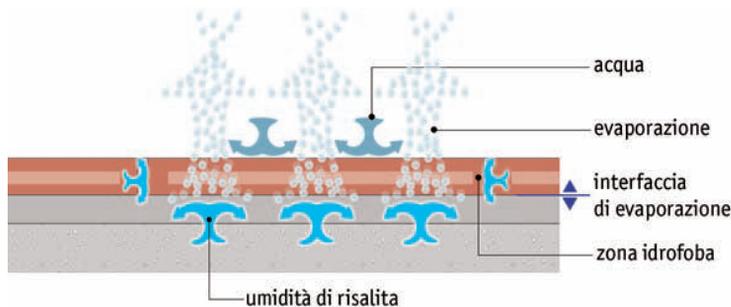
## IL TRATTAMENTO IN RAPPORTO ALLE TIPOLOGIE DI PAVIMENTAZIONE

Le fasi operative del trattamento analizzate precedentemente non valgono per tutte le pavimentazioni. La problematica del trattamento in opera, infatti, è circoscritta alle sole pavimentazioni con strato di rivestimento posato con tecnica rigida; inoltre, risulta influenzata dalle caratteristiche microstrutturali del laterizio e deve essere modulata in rapporto all'ambientazione e alla tipologia di pavimentazione poiché da questi fattori dipendono la natura degli agenti aggressivi e la loro direzione di penetrazione nei manufatti laterizi.

Questi, nelle *pavimentazioni esterne su suolo*, sono interessati dall'infiltrazione di sostanze aggressive provenienti dall'esterno (dall'alto) e dall'interno (dal basso e lateralmente). Dall'*alto* giungono le sostanze macchianti (oli, grassi, vernici, inquinanti ecc.), ma anche l'acqua piovana che può imbibire i manufatti più porosi con il duplice effetto di mobilitare i sali minerali in essi presenti, portandoli in superficie, e di provocare rotture da gelo; l'acqua piovana può essere assorbita dal materiale anche *lateralmente*, attraverso le fughe, in base alla loro porosità. Dal *basso* e *lateralmente* penetra nei manufatti anche l'umidità che risale per capillarità con concentrazioni più o meno elevate di sali sottratti al terreno e agli strati funzionali costituenti la pavimentazione, ivi compreso lo strato di rivestimento.

Evidentemente, nelle pavimentazioni esterne su suolo, un trattamento idrorepellente limitato esclusivamente alla superficie d'usura del manufatto lascerebbe vulnerabili alla penetrazione di soluzioni saline gli altri lati del perimetro. Per quanto traspiranti, tali trattamenti rallentano l'evaporazione dell'acqua risalita per capillarità o assorbita attraverso i giunti, col rischio di innescare fenomeni di gelività. E non solo. Essi possono, in alcune circostanze, determinare la cristallizzazione "sotto pelle" dei sali mobilitati dall'acqua (criptoefflorescenza), fenomeno che genera sulla superficie laterizia tensioni meccaniche elevate che possono provocare rotture e sfaldamenti.

Gli stessi fenomeni degenerativi possono interessare anche le *pavimentazioni esterne di unità tecnologiche* (balconi, terrazzi, logge, scale, ecc.), per effetto della risalita



*Negli scenari dove c'è il rischio che si verifichi la risalita di umidità dal basso e/o lateralmente, la protezione antimacchia (idro-oleo repellente) deve essere coadiuvata da una protezione di profondità che interessi tutti i lati dei manufatti, effettuata prima della posa del pavimento. Nelle pavimentazioni su solai interpiano, invece, è sufficiente prevedere la sola protezione antimacchia.*

## IL TRATTAMENTO IN RAPPORTO ALLE TIPOLOGIE DI PAVIMENTAZIONE

dell'acqua eventualmente penetrata al di sotto dello strato di rivestimento e trattata dallo strato di tenuta, e le *pavimentazioni interne su suolo*, nelle quali l'umidità di risalita può raggiungere lo strato di rivestimento non solo attraverso la superficie a contatto col suolo, ma anche attraverso i muri portanti.

*Pertanto, quando non si è assolutamente sicuri che l'acqua non possa avere accesso al manufatto da lati diversi da quello d'usura, è preferibile astenersi dall'effettuare qualsiasi tipo di trattamento circoscritto alla sola superficie pavimentale, atto ad inibire o a ritardare l'evaporazione dell'acqua.*

Qualora si desiderasse apporre sulla pavimentazione una protezione antimacchia (ad esempio, negli spazi a cielo aperto dove si cucinano o si consumano cibi, nei vialetti d'ingresso, nelle scale esterne, ecc.), l'unico sistema veramente sicuro consiste nel sottoporre *preventivamente in fase di produzione* i manufatti ad una protezione idrofobica che interessi *l'intero elemento*

Essa, peraltro, assicura evidenti vantaggi anche ai manufatti posati a secco (su piedini distanziatori o su strato drenante).

Circa i prodotti, attualmente si utilizzano prevalentemente emulsioni silossaniche a base acquosa date per immersione o mediante aerografo (la prima tecnica si applica prevalentemente in stabilimento; la seconda prevalentemente in cantiere), ma analoghi risultati possono essere conseguiti con soluzioni molto diluite di olio di lino crudo.



*Pavimento in sestini estrusi con protezione idrorepellente a base di silossani in soluzione acquosa.*

## SCENARI APPLICATIVI

Il repertorio a schede presentato in questa sezione compendia, attraverso descrizioni di testo e grafiche (icone, prospettive e sezioni trasversali) rivolte al progettista, il complesso delle informazioni tecniche delle possibili soluzioni applicative. Sono riportati, sinteticamente, alcuni degli scenari più significativi dove trovano utilizzazione le piastrelle in cotto e i mattoni da pavimento.

Ciascuna scheda è strutturata in due parti: nella prima - introduttiva - viene sinteticamente descritta la tematica tecnica analizzata (dandone la definizione, indicando dove e quando può essere impiegata e come si realizza); viene poi indicato il contributo positivo che i manufatti da pavimento in laterizio possono offrire alla stessa e le loro caratteristiche prestazionali intrinseche. Infine è presentato un disegno esplicativo tridimensionale della specifica soluzione tecnica.

18 Le pavimentazioni in laterizio: prodotti e scenari applicativi

**Pavimentazioni interne**

**PAVIMENTAZIONI GALLEGGIANTI**

**Descrizione**

Una *pavimentazione galleggiante* è caratterizzata dalla previsione di uno *strato elastico smorzante* atto a *desolidarizzare* ("disaccoppiare") il trionomio *massetto di irrigidimento - strato di allettamento - rivestimento* dalle superfici di contatto inferiore e laterali. Trova applicazione in tutte quelle ambientazioni interne dove le esigenze legate all'isolamento di rumori di origine impattiva (come quelli da calpestio sui solai interplanetari) risultano preminenti.

Essa consente, se accuratamente progettata ed eseguita, un'attenuazione dello strato intorno a 15÷20 dB riducendo sensibilmente la propagazione del rumore. La soluzione più efficace ed affidabile prevede un *doppio massetto*: all'esterno si realizza il massetto di implementazione impiantistica e sopra di questo lo strato resiliente - si predispone il massetto di irrigidimento ad alta densità. Segue la posa del pavimento.

**Ruolo dei manufatti in laterizio**

Nel controllo dei rumori di calpestio, i manufatti da pavimento in laterizio, in particolare quelli formati a stampo, possono fornire un utile contributo. Rispetto ai materiali laterizi, i manufatti in laterizio presentano, infatti, una naturale inerzia acustica. La naturale inerzia acustica, inoltre, un'utile attenuazione dei rumori aerei.

**Prestazioni connotanti**

**Prestazioni richieste (evidenziate in blu)**

**Tematica tecnica**

**Descrizione sintetica della tematica tecnica**

**Ruolo dei manufatti in rapporto ai requisiti tecnologici**

**Disegno esplicativo della soluzione tecnica**

*Pavimentazione galleggiante con doppio massetto e rivestimento in piastrelle di cotto.*

Layout della prima parte della scheda.

## SCENARI APPLICATIVI

Nella seconda parte della scheda, è approfondita la soluzione tecnica; sono riportati indicazioni operative e suggerimenti rivolti al progettista, al direttore dei lavori e all'esecutore, oltre ad un particolare costruttivo in scala corredato dalla legenda dei materiali impiegati.



Legenda delle principali prestazioni attese dei manufatti in laterizio impiegati nella soluzione tecnica.

19

Le pavimentazioni in laterizio: prodotti e scenari applicativi

Pavimentazioni interne

### PAVIMENTAZIONI GALLEGGIANTI

**Suggerimenti per il progetto e per la realizzazione**

- La posa del pacchetto funzionale costituito da materiale elastico, massetto di irrigidimento, allettamento e pavnimento, deve avvenire successivamente alla realizzazione delle partizioni impiantistiche, in modo da consentire l'intonacatura delle prime e pavnimento nel massetto porta-impianti.
- Il materiale elastico deve essere posato su un piano perfettamente livellato e privo di asperità; dopo la sua stesura, occorre controllare che non abbia interruzione alcuna, verificando l'adeguatezza dei sormonti (3-4 cm) e dei risvolti verticali. Per proteggere il materiale elastico da eventuali stress meccanici conseguenti alla realizzazione del massetto, è buona norma prevedere fogli protettivi (fretro bitumato, polipropilene, polietilene, ecc.) posti all'estradosso, anch'essi adeguatamente sormontati; questo accorgimento è indispensabile qualora si impieghino materiali elastici ad alto assorbimento d'acqua quali quelli di tipo fibroso o poroso.
- Il massetto di irrigidimento in cls deve avere una densità di almeno di 1800 kg/m<sup>3</sup> e spessore costante minimo di 5-6 cm. È consigliabile armare leggermente il massetto con rete metallica in modo da consentire l'assorbimento delle tensioni da ritiro, ripartire meglio i carichi ed evitare fenomeni di punzonamento e/o schiacciamento del materiale resiliente e, al contempo, da evitare ripercussioni sulla stabilità dello strato di rivestimento.
- Il bordo superiore del risvolto verticale del materiale resiliente va rifilato a filo pavnimento.
- I collegamenti rigidi tra pavnimento e pareti laterali vanno assolutamente evitati. Allo scopo, occorre distaccare i zoccolini battiscopa (o i rivestimenti a piastrelle delle pareti dei bagni e delle cucine) dall'estradosso del pavnimento di qualche millimetro; lo spazio che si crea può essere sigillato con materiali elastici (ad esempio, silicone o polietilene).

**Particolare costruttivo in scala**

Pavimentazioni interne

**Legenda**

1. Pavnimento in piastrelle di cotto con fughe saturate con bolacca; 2. Letto di malta; 3. Massetto in cls ad alta densità, eventualmente rinforzato con rete metallica; spessore min. 5+6 cm; 4. Foglio protettivo anticalpestio; 5. Massetto di implementazione impiantistica in cls sopra il cavo più emergente; 6. Striscia elastica ad alta densità; 7. Giunto elastico in situazione; 8. Giunto elastico in situazione; 9. Zoccolino battiscopa; 10. Intonaco; 11. Mattone forato in laterizio.

Layout della seconda parte della scheda.

## PAVIMENTAZIONI GALLEGGIANTI

**Descrizione**

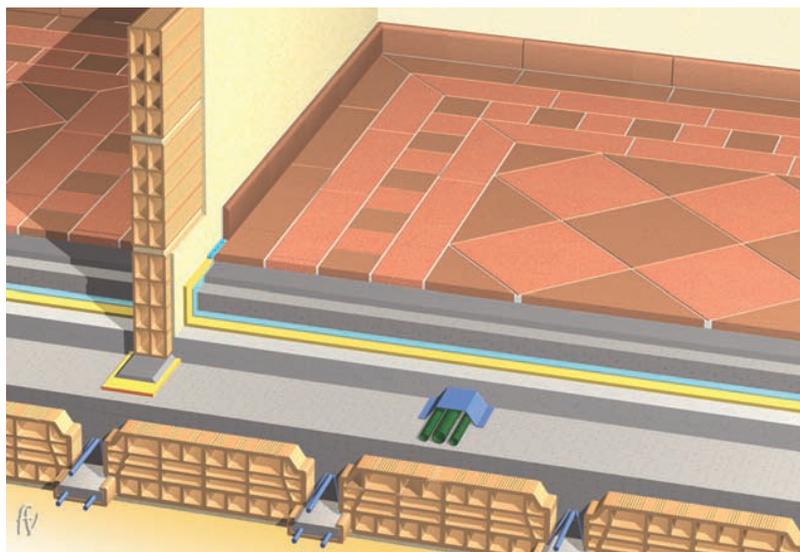
Una *pavimentazione galleggiante* è caratterizzata dalla previsione di uno *strato elastico smorzante* atto a desolidarizzare (“disaccoppiare”) il trinomio *massetto di irrigidimento - strato di allettamento - rivestimento* dalle superfici di contatto inferiore e laterali.

Trova applicazione in tutte quelle ambientazioni interne dove le esigenze legate all’isolamento di rumori di origine impattiva (come quelli da calpestio sui solai interpiano) risultano preminenti.

Essa consente, se accuratamente progettata ed eseguita, un’attenuazione dei rumori di calpestio intorno a 15÷20 dB riducendo sensibilmente la propagazione del rumore per vie laterali. La soluzione più efficace ed affidabile prevede un *doppio massetto*: all’estradosso del solaio si realizza il massetto di implementazione impiantistica e sopra di questo - previa stesura dello strato resiliente - si predispose il massetto di irrigidimento ad alta densità. Segue la posa del pavimento.

**Ruolo dei manufatti in laterizio**

Nel controllo dei rumori di calpestio, i manufatti da pavimento in laterizio, in particolare quelli formati a stampo, possono fornire un utile contributo. Rispetto ai materiali lapidei e ad altri materiali ceramici, essi presentano, infatti, minori valori di durezza e di impedenza acustica. La naturale microporosità del laterizio unitamente alla massa, relativamente elevata negli alti spessori, garantisce, inoltre, un’utile attenuazione dei rumori aerei.

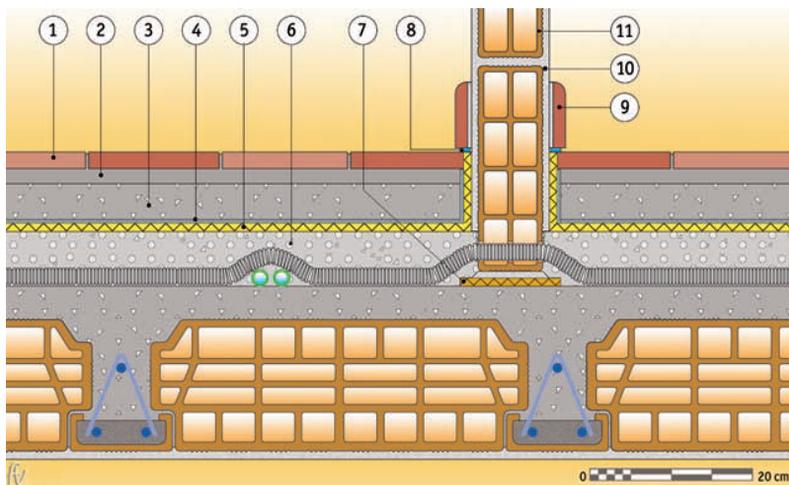
**Prestazioni connotanti**

*Pavimentazione galleggiante con doppio massetto e rivestimento in piastrelle di cotto.*

## PAVIMENTAZIONI GALLEGGIANTI

**Suggerimenti per il progetto e per la realizzazione**

- La posa del pacchetto funzionale costituito da *materiale elastico*, *massetto di irrigidimento*, *allettamento* e *pavimento*, deve avvenire successivamente alla realizzazione delle partizioni interne e alla posa delle reti impiantistiche, in modo da consentire l'intonacatura delle prime e il bloccaggio dei cavidotti a pavimento nel massetto porta-impianti.
- Il materiale elastico deve essere posato su un piano perfettamente livellato e privo di asperità; dopo la sua stesura, occorre controllare che non abbia interruzione alcuna, verificando l'adeguatezza dei sormonti (3÷4 cm) e dei risvolti verticali. Per proteggere il materiale elastico da eventuali stress meccanici conseguenti alla realizzazione del massetto, è buona norma prevedere fogli protettivi (feltro bitumato, polipropilene, polietilene, ecc.) posti all'estradosso, anch'essi adeguatamente sormontati; questo accorgimento è indispensabile qualora si impieghino materiali elastici ad alto assorbimento d'acqua quali quelli di tipo fibroso o poroso.
- Il massetto di irrigidimento in cls deve avere una densità di almeno di 1800 kg/m<sup>3</sup> e spessore costante minimo di 5÷6 cm. È consigliabile armare leggermente il massetto con rete metallica in modo da consentire l'assorbimento delle tensioni da ritiro, ripartire meglio i carichi ed evitare fenomeni di punzonamento e/o schiacciamento del materiale resiliente e, al contempo, da evitare ripercussioni sulla stabilità dello strato di rivestimento.
- Il bordo superiore del risvolto verticale del materiale resiliente va rifilato a filo pavimento.
- I collegamenti rigidi tra pavimento e pareti laterali vanno assolutamente evitati. Allo scopo, occorre distaccare i zoccolini battiscopa (o i rivestimenti a piastrelle delle pareti dei bagni e delle cucine) dall'estradosso del pavimento di qualche millimetro; lo spazio che si crea può essere sigillato con materiali elastici (ad esempio, silicone o polietilene).



Sezione trasversale in corrispondenza di una partizione verticale interna.

**Legenda:** 1. Pavimento in piastrelle di cotto con fughe saturate con boiacca; 2. Letto di malta; 3. Massetto in cls ad alta densità, eventualmente rinforzato con rete metallica, spessore min. 5÷6 cm; 4. Foglio protettivo in polietilene; 5. Strato elastico anticalpestio; 6. Massetto di implementazione impiantistica in cls alleggerito, spessore min. 2÷3 cm sopra il cavo più emergente; 7. Striscia elastica ad alta densità; 8. Giunto elastico in silicone; 9. Zoccolino battiscopa; 10. Intonaco; 11. Mattone forato in laterizio.

## PAVIMENTAZIONI RADIANTI

**Descrizione**

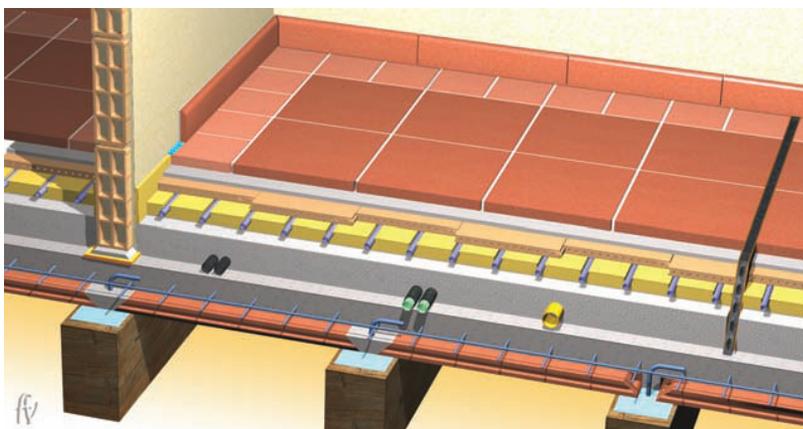
Una *pavimentazione radiante* è caratterizzata dall'integrazione dell'impianto riscaldante (serpentine o tubi) nel pacchetto funzionale costituente la pavimentazione.

Trova applicazione dove, per motivi estetici o antinfortunistici, si vuole evitare la presenza di apparecchi radianti a parete e, soprattutto, quando si mira ad una maggiore efficienza energetica. Infatti, rispetto ai sistemi di riscaldamento tradizionale, la soluzione consente di mantenere una temperatura più bassa di  $1\div 2^{\circ}\text{C}$ . La bassa temperatura d'ingresso dell'acqua ( $35\div 40^{\circ}\text{C}$ ) risulta inoltre compatibile con l'uso dell'energia solare, generata da comuni collettori, e geotermica. La soluzione è consigliata per ambienti di notevole altezza, poiché consente di mantenere con costanza l'aria più calda in prossimità del pavimento.

Lo strato funzionale che accoglie i condotti radianti viene posto sempre al disopra dello strato termo-isolante al fine di contenere le dispersioni termiche verso il basso. Eventuali massetti di implementazione impiantistica sono ubicati al disotto dello strato termo-isolante. I condotti possono essere integrati nel pannello termo-isolante, oppure fissati sopra di esso tramite dispositivi fermatubo; il tutto viene completato tradizionalmente con uno strato di irrigidimento realizzato in cls additivato e armato con rete o, in alternativa, con una sottopavimentazione.

**Ruolo dei manufatti in laterizio**

I manufatti in laterizio, oltre a costituire lo strato di rivestimento, possono rappresentare una valida alternativa al cls per la realizzazione dello strato di irrigidimento, con evidenti vantaggi in termini di spessori, di peso e di rapidità di messa in opera. La sottopavimentazione laterizia consente di trasmettere più rapidamente il calore dai condotti radianti all'ambiente e risulta un'opzione tecnica interessante nel caso di ambienti usati in maniera discontinua.

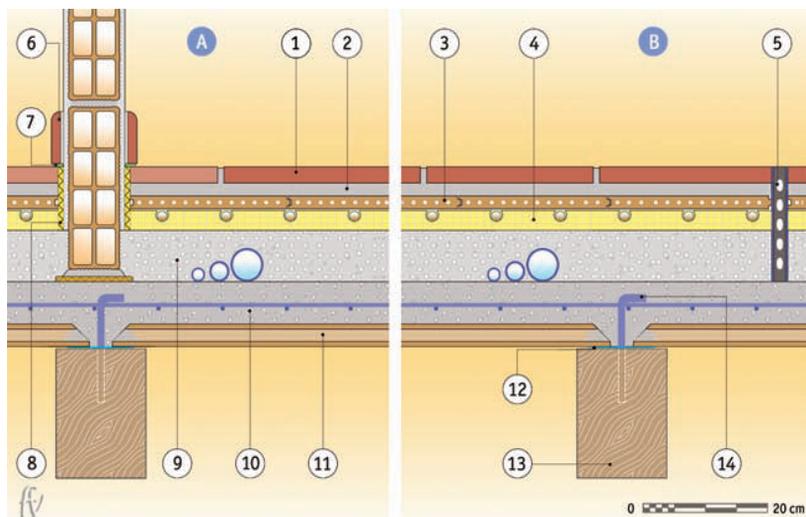
**Prestazioni connotanti**

*Pavimentazione radiante con sottopavimentazione in laterizio e rivestimento in piastrelle di cotto.*

## PAVIMENTAZIONI RADIANTI

### Suggerimenti per il progetto e per la realizzazione

- In caso di struttura portante discontinua (in carpenteria metallica o di legno), per favorire la solidarizzazione dell'assemblaggio è bene collegare l'armatura del massetto portante alle travi mediante connettori metallici.
- La posa del pacchetto funzionale costituente la pavimentazione radiante deve avvenire successivamente al getto del massetto di implementazione impiantistica, al completamento degli intonaci e alla realizzazione della striscia di materiale resiliente prevista lungo le pareti perimetrali (per evitare che i rumori di calpestio si trasmettano per vie laterali).
- Il piano di posa del pannello termo-isolante che contiene i condotti radianti deve essere perfettamente livellato e privo di asperità e detriti.
- Gli elementi radianti vanno posizionati ad almeno 5 cm dalle chiusure e dalle strutture verticali e ad almeno 20 cm dalle canne fumarie e dai vani ascensore.
- Le tavelle in laterizio vanno posate a secco al di sopra del pannello termo-isolante contenente l'impianto radiante previa interposizione di uno strato di protezione; devono essere messe a contrasto della striscia di materiale resiliente perimetrale.
- Nel caso in cui si volesse conferire alla soluzione tecnica maggiore inerzia termica, potrebbero impiegarsi piastrelle di cotto spessorate posate a sottofondo.
- Il funzionamento dell'impianto può iniziare subito dopo la presa dello strato di allettamento del pavimento.



Particolare "A", sezione in corrispondenza di una partizione interna (a sinistra). Particolare "B", sezione in corrispondenza di un giunto di frazionamento (a destra).

**Legenda:** 1. Pavimento in piastrelle di cotto spessorate (> 2 cm); 2. Letto di malta; 3. Tavole in laterizio a bordi sagomati posate a secco; 4. Pannello termo-isolante preformato con tubi radianti inseriti; 5. Giunto di frazionamento e controllo in gomma EPDM; 6. Zoccolino battiscopa in laterizio; 7. Giunto elastico in stucco siliconico; 8. Giunto perimetrale in polietilene espanso; 9. Massetto in cls alleggerito per alloggiamento impiantistico; 10. Massetto in cls armato; 11. Tavola in laterizio faccia a vista a taglio obliquo e bordi sagomati maschio-femmina; 12. Foglio di polietilene; 13. Trave in legno massello o lamellare; 14. Connettore metallico.

## PAVIMENTAZIONI DI SCALE

### Descrizione

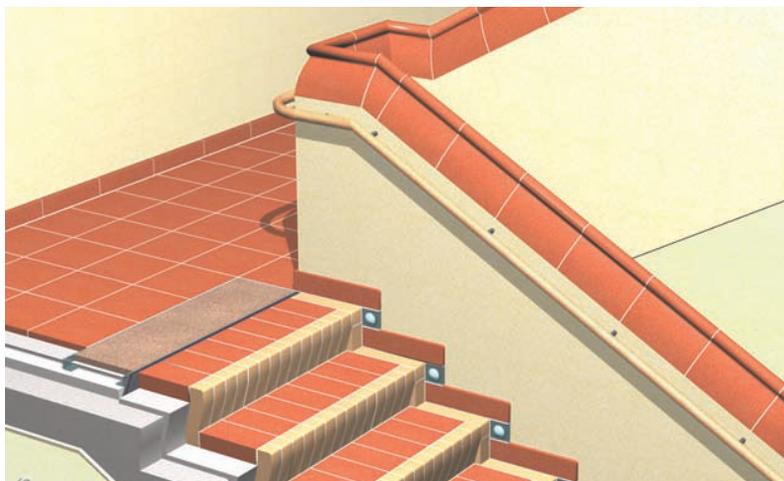
Le *pavimentazioni delle scale* devono rispondere ad una pluralità di requisiti tecnologici: dall'antisdrucchiolezza al comfort, dalla comunicatività ambientale alla resistenza all'abrasione. Un corretto rapporto alzata/pedata garantisce una confortevole praticabilità della scala e riduce l'affaticamento; sagomando opportunamente il gradino (grazie, ad esempio, a profili di tipo continuo e inclinati verso l'interno), si può ampliare la pedata, ridurre il pericolo d'inciampo e l'entità del danno in caso di caduta; la superficie di appoggio del piede deve assicurare un'alta resistenza allo scivolamento in condizioni asciutte e bagnate; un adeguato progetto del rivestimento può favorire l'individuazione delle rampe e la leggibilità della geometria della scala da parte delle persone con deficit visivo; una corretta illuminazione del piano di calpestio, mediante luci segnapasso poste lateralmente alla traiettoria di percorrenza, può contribuire a scongiurare il rischio di cadute.

In caso di struttura portante in cls armato, in opera o prefabbricata, i gradini sono generalmente eseguiti di getto, insieme alla soletta; i rivestimenti sono, di norma, posati a umido.

### Ruolo dei manufatti in laterizio

I manufatti laterizi (pianelle, prevalentemente, ma anche mattoni), in virtù delle doti di antisdrucchiolezza, versatilità e componibilità, sono impiegati da sempre per il rivestimento di scale: le pianelle per il solo rivestimento di grado e sottogrado; i mattoni anche per conformare i gradini. La resistenza all'usura e la colorazione in pasta ne raccomandano l'impiego anche in scale di edifici pubblici o di uso pubblico; l'ampia gamma cromatica consente di soddisfare le diverse esigenze estetiche e legate alla leggibilità morfologica ai fini antinfortunistici.

### Prestazioni connotanti

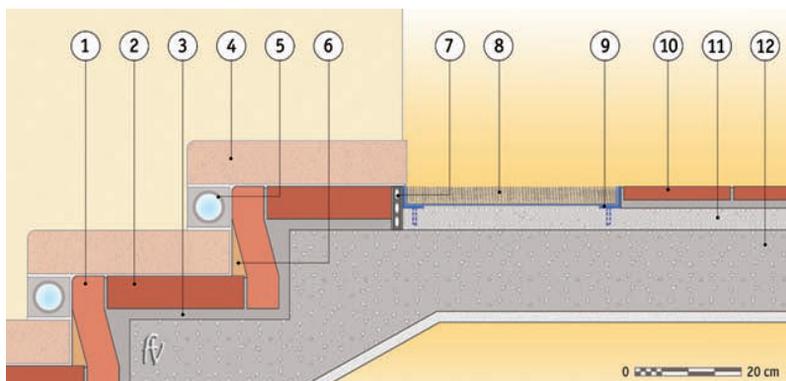


*Pavimentazione di scala con gradino in mattoni a profilo continuo e marcagradino.*

## PAVIMENTAZIONI DI SCALE

**Suggerimenti per il progetto e per la realizzazione**

- Nel dimensionamento delle scale di edifici pubblici o di uso pubblico occorre applicare le prescrizioni presenti nelle normative per l'abbattimento delle barriere architettoniche e nella normativa antincendio. Secondo la prima, il rapporto alzata/pedata deve essere regolato dalla formula di Blondel ( $2a + p = 62 \div 64$  cm) con pedata minima di 30 cm (di 24 cm per le scale di edifici privati); per la seconda, l'alzata minima deve essere di 17 cm, la pedata minima di 30 cm. Per ragioni di sicurezza, è preferibile che il gradino abbia un profilo continuo con alzata inclinata tale da formare, rispetto alla pedata sottostante, un angolo di  $75 \div 80^\circ$ .
- In caso di gradini con profili sagomati, perimetralmente possono essere previsti elementi di regolarizzazione (in laterizio, in pietra o in marmo) ad angolo retto e profilo continuo, in modo da semplificare la posa dello zoccolino.
- Per favorire la percezione dei gradini durante la discesa, in particolare da parte delle persone deboli della vista, occorre prevedere un marcagradino altamente contrastato rispetto al rivestimento della pedata; a beneficio delle persone non vedenti, a 30 cm dall'inizio di ciascuna rampa deve prevedersi una fascia a pavimento rilevabile mediante i sensi extravisivi. Il marcagradino deve presentare un'elevata resistenza allo scivolamento anche ottenuta mediante adeguate lavorazioni superficiali.
- Il rivestimento delle pedate, allo scopo di evitare possibili ristagni di acqua di lavaggio, deve avere una lieve pendenza ( $0,3 \div 0,5\%$ ) verso l'esterno ('acquatura').
- I collanti o le malte di allettamento, così come i materiali impiegati per la sigillatura dei giunti, devono avere un certo grado di elasticità, allo scopo di evitare un regime vincolistico troppo forte che potrebbe provocare lesioni nel pavimento indotte dall'elasticità della struttura portante.
- Quando la struttura al rustico della scala presenta irregolarità non compensabili con lo spessore dell'allettamento, il piano di posa per grado e sottogrado deve essere regolarizzato.
- Quando la struttura al rustico della scala presenta irregolarità non compensabili con lo spessore dell'allettamento, il piano di posa per grado e sottogrado deve essere regolarizzato.



Sezione trasversale in corrispondenza del pianerottolo.

**Legenda:** 1. Marcagradino-sottogrado in mattoni sagomati (pezzo speciale) di colore giallo paglierino; 2. Grado in mattoni di colore rosso; 3. Letto di malta; 4. Zoccolino in laterizio di colore rosso; 5. Luce segnapasso; 6. Mattone da pavimento di regolarizzazione di colore giallo paglierino; 7. Giunto perimetrale in gomma EPDM; 8. Stuoio da incasso in fibra di cocco; 9. Angolari in alluminio per la creazione del vano di incasso dello stuoio; 10. Pavimento del pianerottolo in piastrelle di cotto su letto di malta con fughe in boiaccia di cemento bianco; 11. Massetto in cls alleggerito; 12. Struttura portante in cls armato.

## PAVIMENTAZIONI DI COPERTURE PRATICABILI

### Descrizione

Le *coperture praticabili* devono garantire il soddisfacimento di numerosi requisiti di sicurezza, di fruibilità, di aspetto, di benessere e di gestione. Come in tutte le coperture, tuttavia, il problema principale è legato alla tenuta all'acqua e al suo allontanamento. Se eventuali infiltrazioni d'acqua compromettono la funzionalità stessa degli ambienti sottostanti e possono innescare gravi patologie, i ristagni hanno un'influenza assai negativa sui manufatti da pavimento: possono determinare alterazioni d'aspetto (in particolare nei manufatti più porosi), ridurre la loro resistenza al gelo e allo scivolamento e creare - per effetto della compressione, nello stesso elemento, di zone bagnate e asciutte - tensioni interne foriere, non di rado, di rotture e sfaldamenti.

Dal punto di vista realizzativo, il pavimento - che deve essere antisdrucchiolevole e antigelivo - può essere posato a secco, su letto di ghiaia o su dischetti distanziatori, o a umido, su letto di malta o a colla. In entrambi i casi, lo strato di tenuta all'acqua può essere posto *sopra* (stratificazione 'classica') o *sotto* ('tetto rovescio') lo strato termo-isolante. I pavimenti posati con tecnica umida, essendo particolarmente vulnerabili alle deformazioni dovute alle variazioni termiche e al ritiro dei conglomerati, è opportuno che siano "a giunti aperti"; inoltre è indispensabile che siano dotati di dispositivi idonei (giunti di deformazione e strati di scorrimento) in grado di ridurre il regime vincolistico tra gli strati funzionali e assorbire le tensioni conseguenti alle variazioni dimensionali.

### Ruolo dei manufatti in laterizio

La microporosità dei manufatti laterizi rappresenta una grande qualità ai fini della sicurezza d'uso e dell'affidabilità complessiva del sistema di pavimentazione: una volta bagnati, si asciugano rapidamente evitando, nella brutta stagione, la formazione del velo di umidità di condensa, uno dei principali responsabili delle cadute da scivolamento; nelle pavimentazioni posate con tecnica umida, l'acqua eventualmente penetrata al di sotto dello strato di rivestimento e trattenuta dallo strato di tenuta può essere smaltita rapidamente, allo stato di vapore.

### Prestazioni connotanti

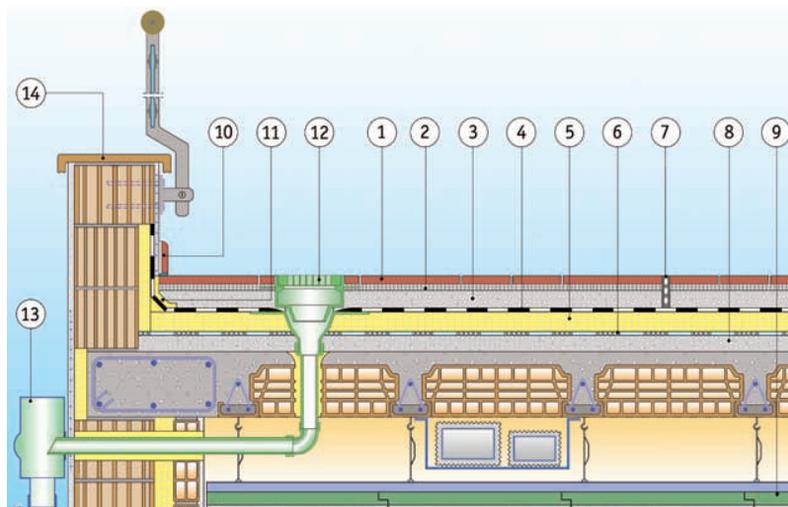


*Pavimentazione di copertura continua isolata e praticabile in piastrelle di cotto.*

## PAVIMENTAZIONI DI COPERTURE PRATICABILI

### Suggerimenti per il progetto e per la realizzazione

- Il sistema di allontanamento dell'acqua deve essere studiato accuratamente in maniera da evitare ristagni che potrebbero innescare patologie e alterazioni d'aspetto del pavimento laterizio e aumentarne la scivolosità. Pendenze dell'ordine dell'1% possono ritenersi adeguate per i manufatti estrusi, mentre per quelli a stampo, più porosi, si suggerisce (sempre che non vi siano ostacoli normativi) almeno mezzo punto percentuale in più.
- Lo strato di tenuta all'acqua, per ridurre il regime vincolistico con gli strati funzionali contigui, può essere posato in indipendenza o fissato termicamente per punti o linee (nel caso di guaine bituminose); in corrispondenza di elementi emergenti, va risvoltato per un'altezza pari al massimo livello prevedibile raggiungibile dalla pioggia o dall'acqua di fusione della neve; deve essere, inoltre, accuratamente raccordato alle flange del pozzetto di scarico.
- La barriera al vapore deve essere posata sempre al di sotto dello strato termo-isolante.
- I pannelli termo-isolanti devono essere ad alta densità ( $> 25 \text{ kg/m}^3$ ) e con una resistenza a compressione  $> 2 \text{ kg/cm}^2$ .
- Per limitare gli effetti delle variazioni dimensionali di origine termica o da ritiro, occorre prevedere giunti di frazionamento e controllo, centrali e/o perimetrali. I primi devono essere posti ad una distanza da 3 a 5 m nelle due direzioni, in funzione delle condizioni al contorno; i secondi, in corrispondenza degli elementi emergenti.
- È fortemente sconsigliato il ricorso a trattamenti idrorepellenti limitati alla sola superficie d'usura della pavimentazione laterizia allo scopo di salvaguardare la traspirabilità del materiale e di evitare le tensioni meccaniche determinate dal gelo e dal fenomeno della criptoeflorescenza.



Sezione di dettaglio in corrispondenza del parapetto e di un giunto di frazionamento.

**Legenda:** 1. Pavimento in piastrelle di cotto; 2. Strato di colla; 3. Massetto in cls alleggerito; 4. Guaina bituminosa; 5. Pannello termo-isolante ad alta densità; 6. Barriera al vapore in fogli di polietilene posati su strato di compensazione in tessuto sintetico; 7. Giunto di frazionamento e controllo in alluminio con inserto vulcanizzato in EPDM; 8. Massetto delle pendenze in cls alleggerito; 9. Controsoffitto in pannelli prefiniti in fibre di legno mineralizzato; 10. Zoccolino battiscopa desolidarizzato; 11. Giunto di deformazione perimetrale; 12. Pozzetto e tubo di scarico in PVC; 13. Pidria in rame; 14. Cimasa in laterizio.

## PAVIMENTAZIONI DI SPAZI PEDONALI E CICLABILI

**Descrizione**

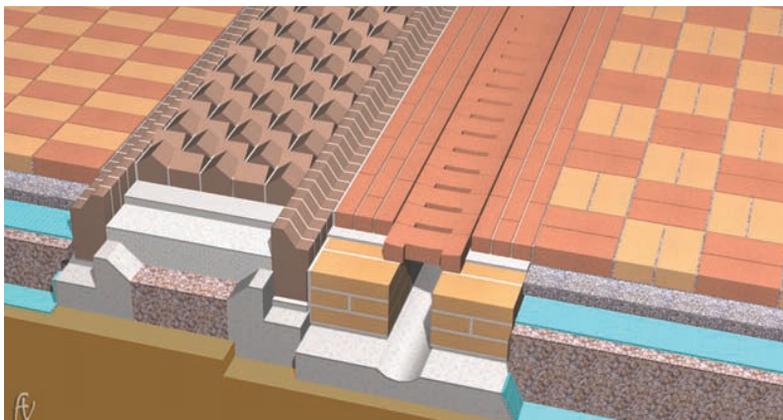
Le pavimentazioni di *spazi pedonali e ciclabili* sono caratterizzate dal dover sostenere carichi di traffico modesti in quanto ad intensità, ma comunque in grado di produrre, nel tempo, un'azione usurante significativa sullo strato di rivestimento. Occorre, peraltro, considerare la possibilità che tali pavimentazioni possano essere cementate anche dal passaggio di automezzi di soccorso e di servizio.

Relativamente alle pavimentazioni discontinue, la scelta tra le possibili alternative dipende da ragioni estetiche (ambientazione, carattere del luogo, colore, tradizioni locali, ecc.), tecniche (prestazioni da soddisfare) ed economiche. Circa le seconde, risultano preminenti la resistenza alle azioni superficiali, la resistenza al gelo, l'antisdruciolevolezza in condizioni asciutte e bagnate, la durabilità, la manutenibilità.

Il sistema di pavimentazione è impostato direttamente sopra il suolo, profilato a livelletta. Le principali opzioni tecniche sono tre: se lo strato portante è di tipo rigido, lo strato di rivestimento può essere posato tanto con tecnica rigida (letto di malta) che flessibile (su strato di sabbia e ghiaio); se lo strato portante è di tipo flessibile, lo strato di rivestimento dovrà essere necessariamente posato con tecnica flessibile. La posa flessibile segue le regole delle pavimentazioni autobloccanti.

**Ruolo dei manufatti in laterizio**

Se già le caratteristiche tecniche rappresentano ragioni più che sufficienti per suggerire l'impiego di manufatti in laterizio per la pavimentazione degli spazi pedonali urbani sono, forse, le motivazioni estetiche a risultare le più pregnanti. L'ampia gamma di tessiture e colori consente di dar luogo a bellissime apparecchiature che conferiscono pregio all'ambiente che le ospita e che il passare del tempo, grazie anche alla colorazione in pasta del materiale, non vulnera, ma valorizza.

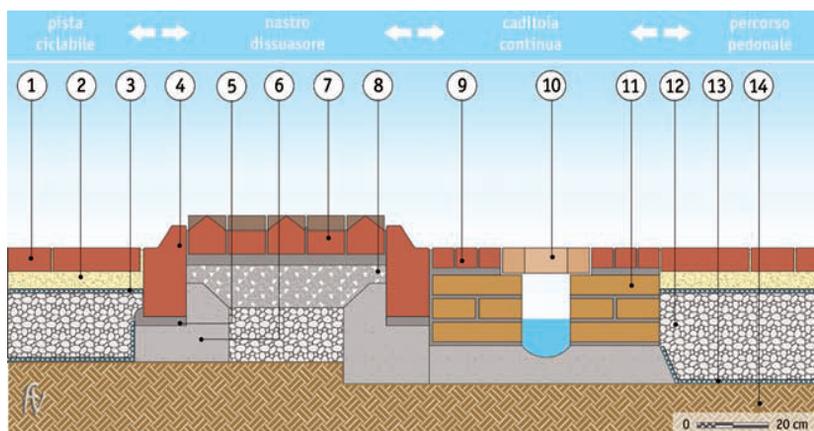
**Prestazioni connotanti**

*Pavimentazione autobloccante in mattoni per spazi pedonali e ciclabili.*

## PAVIMENTAZIONI DI SPAZI PEDONALI E CICLABILI

**Suggerimenti per il progetto e per la realizzazione**

- Il suolo deve essere costipato energicamente in modo da renderlo omogeneamente compatto in tutti i punti e profilato a livelletta secondo le sezioni di progetto.
- La pendenza della pavimentazione deve essere funzionale al rapido allontanamento dell'acqua piovana e conforme a quanto prescritto dalla normativa in materia di accessibilità; occorre evitare la formazione di ristagni d'acqua che potrebbero ingenerare gravi patologie e alterazioni di aspetto nei manufatti laterizi.
- È consigliabile posare la massiciata sopra una geogriglia accoppiata a tessuto non tessuto e predisporre uno strato di tessuto non tessuto tra di essa e la risetta, per evitare la migrazione del materiale inerte per gravità.
- Per garantire una compattazione ottimale, la miscela costituente la massiciata deve seguire corrette curve granulometriche. Essa deve essere realizzata per sovrapposizione di strati di 10 cm (solo dopo aver costipato il primo strato si procede alla stesura del successivo) e adeguatamente umidificata (tramite innaffatura). Lo spessore della massiciata va calcolato tenendo conto della portanza del terreno e dei carichi previsti.
- Lo strato di allettamento deve essere realizzato con sabbia mista a ghiaino; la granulometria deve essere compresa tra 0,3 e 5 mm; gli inerti devono essere preferibilmente di tipo siliceo provenienti da depositi alluvionali. Lo spessore, una volta costipato, non deve superare i 25÷40 mm.
- I giunti di sabbia devono avere una larghezza da 3 a 5 mm; la sabbia deve essere naturale (quella di cava può causare macchie e alonature sui manufatti laterizi); la granulometria del materiale inerte deve essere compresa tra 0 e 2 mm.
- La pavimentazione va contenuta lateralmente tramite cordoli perimetrali posati su letto di malta sopra una base di calcestruzzo: questo accorgimento impedisce l'allargamento dei giunti.
- Per il dimensionamento del sistema di raccolta dell'acqua va tenuto conto dei carichi idrici attesi per la zona di intervento e della superficie da drenare.



Sezione trasversale in corrispondenza di un nastro dissuasore e di una cunetta.

**Legenda:** 1. Mattoni da pavimento con fughe saturate con sabbia; 2. Letto di sabbia mista a ghiaino (risetta); 3. Tessuto non tessuto; 4. Cordolo perimetrale in laterizio; 5. Letto di malta; 6. Base di appoggio in calcestruzzo; 7. Dissuasori in laterizio su letto di malta; 8. Base in cls magro; 9. Sestini posati su letto di malta con fughe saturate con boiaccia; 10. Caditoia in laterizio semplicemente appoggiata; 11. Mattoni pieni ordinari su base di calcestruzzo; 12. Massiciata; 13. Tessuto non tessuto accoppiato a geogriglia 14. Terreno ben costipato.

## PAVIMENTAZIONI DRENANTI

### Descrizione

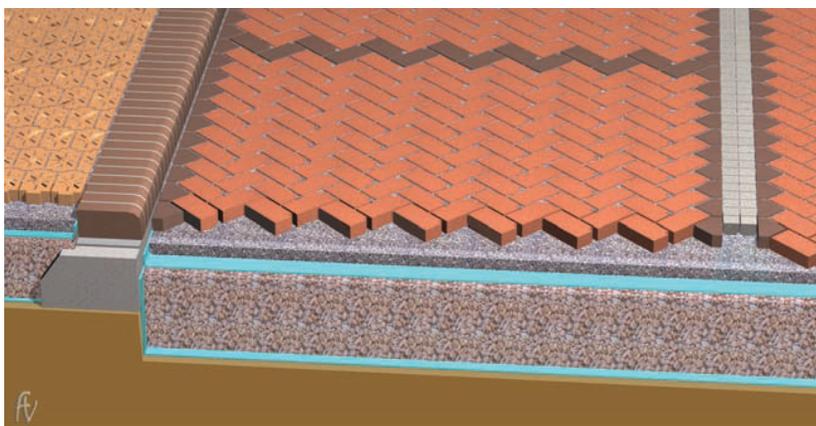
Le *pavimentazioni drenanti* sono un particolare tipo di pavimentazione flessibile finalizzato a ridurre la percentuale di acqua piovana che ruscella superficialmente; sono basate sull'infiltrazione dell'acqua e sul suo stoccaggio nella massicciata il tempo necessario per consentire al terreno, o a speciali dispositivi di captazione, di assorbirla. La loro progettazione necessita di una fase istruttoria volta a conoscere la permeabilità del terreno, e l'intensità delle precipitazioni nella zona d'intervento e di un approccio strutturale totalmente diverso rispetto alle tradizionali pavimentazioni flessibili: la resistenza dello strato portante non è più basato sulla compattezza granulometrica, ma sul reciproco incastro di inerti di grossa pezzatura.

Le pavimentazioni drenanti sono prevalentemente impiegate in aree pedonali e interessate da traffico veicolare leggero. Le principali tipologie sono due: a *dispersione*, se l'acqua penetrata viene gradualmente assorbita dal terreno; ad *accumulo*, se l'acqua, intercettata da serpentine di tubi drenanti, viene conferita a bacini di accumulo (e, se necessario, di decantazione) e, successivamente, rilasciata lentamente alla fognatura pubblica o utilizzata per scopi irrigui e per usi domestici non alimentari. La prima soluzione viene impiegata quando il terreno ha idonee doti di permeabilità e l'acqua non presenta sostanze che potrebbero inquinare le falde freatiche.

### Ruolo dei manufatti in laterizio

Possono impiegarsi tanto mattoni da pavimento ordinari che mattoni con speciali forature che coadiuvano i giunti nella loro funzione drenante. Con l'aumentare della percentuale di foratura, diminuisce la resistenza degli elementi alle azioni verticali; tuttavia, l'uso di elementi forati, consentendo una certa riduzione dello spessore dei giunti, può garantire un autobloccaggio più efficace dello strato di rivestimento. Per supplire alla minore resistenza meccanica dei manufatti forati, si può intervenire sul loro spessore e sulla loro morfologia.

### Prestazioni connotanti

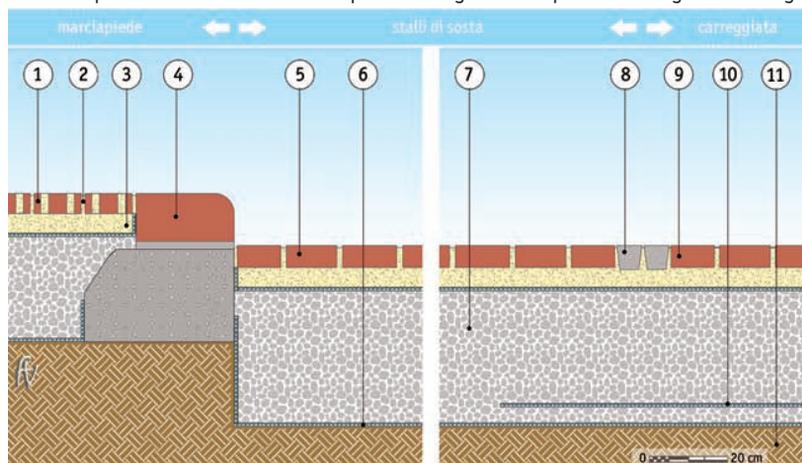


*Pavimentazione di tipo drenante a dispersione con rivestimento in mattoni.*

## PAVIMENTAZIONI DRENANTI

**Suggerimenti per il progetto e per la realizzazione**

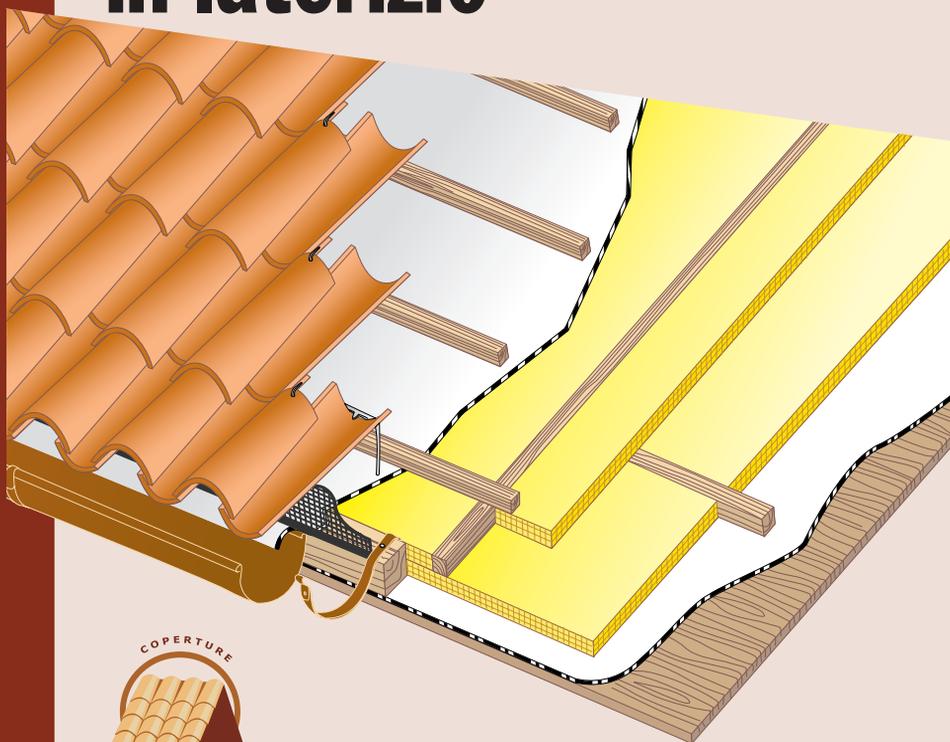
- Le pavimentazioni drenanti non sono adatte a superfici con un'inclinazione  $> 2\%$ ; quelle a dispersione, in particolare, non sono consigliabili per terreni a bassa portanza (con indice CBR inferiore al  $2\%$ ).
- Il suolo deve essere costipato energeticamente in modo da renderlo omogeneamente compatto.
- Per garantire una buona resistenza e una adeguata capacità di accumulo, la massiccata deve contenere una frazione ridotta di componente fine; la composizione granulometrica deve essere compresa tra 2,36 e 20 mm.
- La massiccata deve essere realizzata per sovrapposizione di strati di 10 cm (solo dopo aver costipato il primo strato si procede alla stesura del successivo) e adeguatamente umidificata.
- Lo spessore della massiccata va calcolato tenendo conto della portanza del terreno, dei carichi previsti e della massima quantità di acqua che dovrà contenere in relazione all'intensità e ciclicità dei fenomeni piovosi estremi.
- Nel caso in cui nell'area pavimentata drenante confluiscono acque di scolo da superfici adiacenti impermeabili, va considerato il carico aggiuntivo di acqua che dovrà essere stoccato nella massiccata.
- Le membrane geotessili e gli strati di tenuta all'acqua devono avere i giunti sormontati.
- Sia per lo strato di allettamento che per la sigillatura dei giunti si utilizza la stessa miscela inerte; la granulometria deve essere compresa tra 2,63 e 6,3 mm; gli inerti per l'allettamento devono essere preferibilmente di tipo siliceo, provenienti da depositi alluvionali; quelli dei giunti devono essere naturali.
- Lo spessore del letto di posa, una volta costipato, non deve superare i 5 cm. I giunti devono avere una larghezza intorno a 8÷10 mm.
- La pavimentazione va sempre contenuta lateralmente tramite cordoli perimetrali posati su letto di malta sopra una base di calcestruzzo: questo accorgimento impedisce l'allargamento dei giunti.



Sezioni trasversali in corrispondenza del marciapiede e della carreggiata.

**Legenda:** 1. Mattoncino con alta capacità filtrante (per aree pedonali); 2. Strato di allettamento in ghiaia; 4. Cordolo di contenimento laterale in mattoni di costa murati su base in cls; 5. Mattoni da pavimento con capacità filtrante migliorata; 6. Tessuto non tessuto; 7. Massiccata drenante a dispersione totale; 8. Cubetti di porfido grigio di demarcazione tra carreggiata e area di parcheggio; 9. Mattoni da pavimento ordinari; 10. Geogriaglia per rinforzo strutturale; 11. Terreno ben costipato.

# La corretta posa in opera dei manti di copertura in laterizio



*'Tetto'*: ovvero una breve e semplice parola che da sempre, evocando un complesso articolato di funzioni, quali riparo, protezione, sicurezza, comfort, individua con precisione una parte essenziale di ogni edificio.

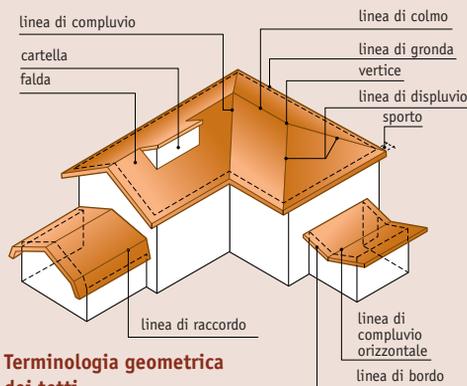
Il *'tetto'* viene spesso dato per scontato, come se si potesse semplicemente e magicamente concretizzare con due tratti inclinati di matita su di un foglio bianco.

Questa banalizzazione può comportare serie conseguenze sulla durabilità, sui costi di manutenzione, sulle prestazioni e, non ultimo, sull'estetica dell'edificio.

La maggiore sensibilità riscontrabile in questi ultimi anni nei confronti del risparmio energetico, dell'isolamento acustico, del comfort abitativo, del rispetto dell'ambiente, in poche parole della funzionalità del *'sistema tetto'*, ne ha determinato una inevitabile rilettura, dando luogo ad una sua attenta e puntuale rivalutazione. Ne consegue un arricchimento della gamma dei prodotti disponibili sul mercato, sia di base che di complemento, la proposizione di nuove soluzioni di assemblaggio, la corretta definizione e sequenza degli strati componenti, quindi l'aggiornamento delle regolamentazioni di riferimento.

In proposito, si è lavorato molto, in ambito europeo, mettendo a punto delle normative sui materiali da copertura in grado di fornire chiari riferimenti sulle prestazioni dei prodotti e sulla loro corretta posa in opera. Queste norme, elaborate dal CEN (Comitato Europeo per la Normazione) a seguito dell'emanazione della Direttiva 89/106 *'Prodotti da costruzione'*, hanno assunto una forte valenza legislativa, ricoprendo tutte quelle lacune ancora in essere, a tutto vantaggio di una maggior chiarezza e, quindi, di una rapida soluzione in caso di contestazione dei materiali.

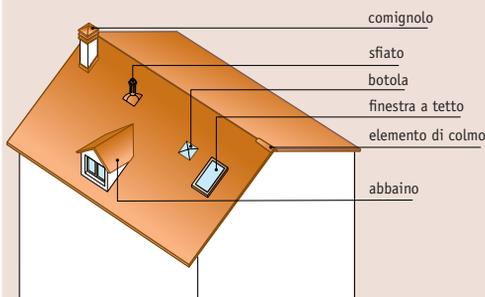
## Terminologia



**Terminologia geometrica dei tetti.**



**Terminologia degli elementi complementari.**



**Terminologia delle soluzioni di continuità.**

**Falda:** superficie di copertura inclinata e geometricamente piana

**Pendenza di falda:** inclinazione della falda rispetto al piano orizzontale misurata in gradi o in percentuale

**Pendenza d'esercizio:** pendenza effettiva del manto di copertura che, a causa della sovrapposizione degli elementi, risulta sempre inferiore a quella di falda di qualche grado percentuale

**Linea di displuvio:** linea, orizzontale o inclinata, risultante dall'intersezione di due falde con pendenze divergenti

**Linea di compluvio:** linea, orizzontale o inclinata, risultante dall'intersezione di due falde con pendenze convergenti

**Linea di gronda:** linea perimetrale inferiore della falda su cui insiste l'elemento di raccolta delle acque meteoriche

**Linea di colmo:** linea risultante dall'intersezione delle falde alla sommità del tetto

**Linea di raccordo:** linea risultante dall'intersezione di due falde di pendenza diversa ma non opposta

**Linea di bordo:** linea ad andamento inclinato che costituisce il limite laterale del tetto

**Vertice:** punto di incontro di linee di colmo orizzontali e/o inclinate

**Sporto o cornicione:** parte sporgente del tetto rispetto alla parete dell'edificio

**Cartella:** elemento di raccordo tra l'intradosso di una falda e l'estradosso di un'altra

**Grembiule:** elemento che garantisce la tenuta all'acqua nel raccordo tra manto di copertura e corpi emergenti

**Conversa:** elemento che garantisce la tenuta all'acqua in corrispondenza dei compluvi

**Scossalina:** elemento che garantisce la tenuta all'acqua in corrispondenza delle linee di bordo

**Canale di gronda:** elemento per la raccolta dell'acqua piovana corrispondente alla linea di gronda

**Pluviale:** elemento per lo scarico incanalato dell'acqua piovana

**Doccione:** elemento per lo scarico a dispersione dell'acqua piovana

**Comignolo, sfiato, portantenna:** elementi accessori normalmente raccordati al manto mediante grembiuli

**Botola o passo d'uomo e finestra a tetto:** elementi che consentono l'accessibilità, l'illuminazione naturale del sottotetto e l'accessibilità al tetto

**Abbaino:** elemento che consente l'illuminazione e l'aerazione naturale del sottotetto, permettendo l'affaccio

## Fattori caratteristici dei tetti

### Prescrizioni particolari

Per climi mediamente piovosi e con modeste precipitazioni nevose si adottano comunemente pendenze intorno al 30-35%; per

climi asciutti e senza precipitazioni temporalesche possono risultare idonee pendenze di poco inferiori; per climi dove abbonda la neve si raggiungono e

superano pendenze dell'ordine del 150%.

La pendenza è influenzata anche dal tipo di manto di copertura.

Pendenza	Tegole		Coppi	
	In percentuale	Sovrapposizione	Sovrapposizione	Consigli per la posa
> 60%	Per incastro	Fissaggio integrale		
45 - 60%	Per incastro	Fissaggio della fila di gronda e di 1 tegola ogni 5 nel resto della copertura	7 cm	Fissaggio necessario
35 - 45%	Per incastro		7 - 9 cm	
35% Pendenza minima marsigliesi	Per incastro	Nessun fissaggio		Fissaggio opportuno
30% Pendenza minima	Per incastro		9 cm	

### La regolarità geometrica e la lunghezza della falda

Quando la linea di gronda e quella di colmo hanno la stessa lunghezza, sono parallele ed orizzontali, il canale di gronda raccoglie in ogni tratto una pari quantità di acqua.

Se la regolarità *geometrica della falda* è elusa, come nel caso dei compluvi in-

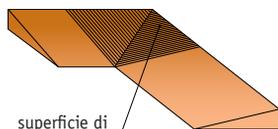
clinati, possono crearsi problemi, più o meno gravi, di deflusso.

In questi casi si prevede, in corrispondenza dei compluvi, una *conversa*.

Quando la *lunghezza di falda* è considerevole (10÷12 m), la pioggia che scorre può oltrepassare i bordi di tenuta delle tegole infiltrandosi al di sotto del manto.

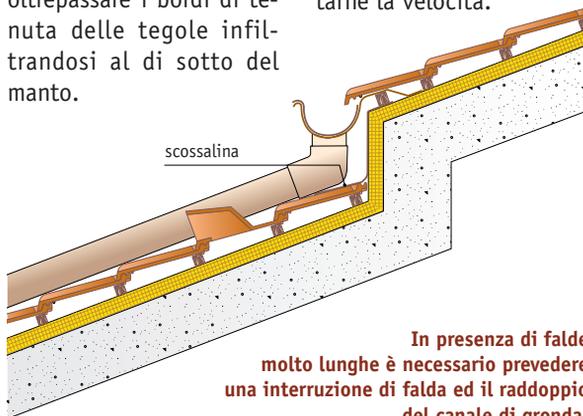
### Pendenze di falda in rapporto al tipo di manto.

L'*interruzione di falda* rappresenta una valida soluzione poiché permette di intercettare, mediante un secondo canale di raccolta, l'acqua caduta sul primo tratto di falda e di rallentarne la velocità.



superficie di raccolta della pioggia che confluisce nella sezione terminale della conversa

**I compluvi determinano nella falda una discontinuità geometrica.**

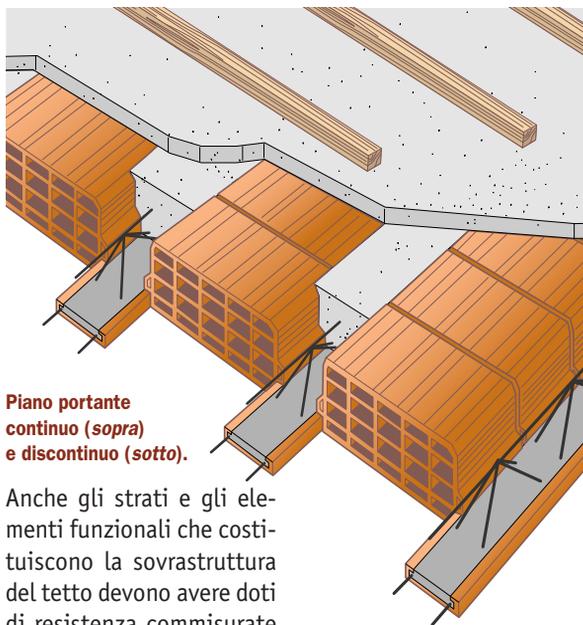


**In presenza di falde molto lunghe è necessario prevedere una interruzione di falda ed il raddoppio del canale di gronda.**

## Resistenza ai carichi

La struttura portante del tetto, che di norma ha la funzione di sostenere i *carichi permanenti* (il peso proprio più il peso della sovrastruttura) e i sovraccarichi accidentali di qualsiasi natura (dovuti agli agenti atmosferici, alla presenza di attrezzature, alle variazioni igrotermiche, al passaggio di operai...), può essere ricondotta a due principali tipologie:

1. a *piano portante continuo*, se la funzione portante si esplica lungo l'intero piano della falda;
2. a *piano portante discontinuo*, se la funzione portante si esplica unicamente lungo delle linee.

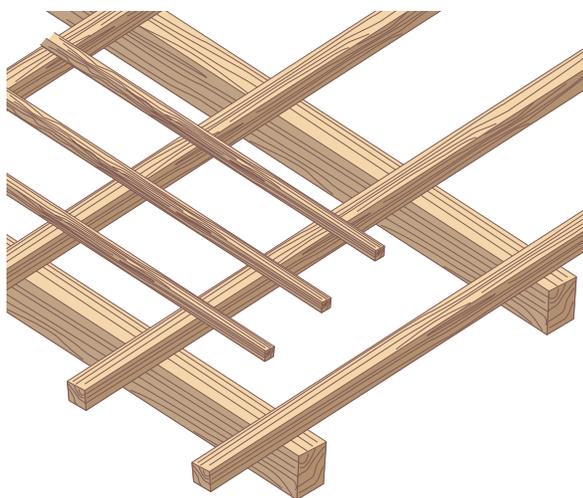


**Piano portante continuo (sopra) e discontinuo (sotto).**

Anche gli strati e gli elementi funzionali che costituiscono la sovrastruttura del tetto devono avere doti di resistenza commisurate alle funzioni che devono assolvere. In particolare, i manti di copertura devono resistere ai carichi dovuti

al passaggio di installatori e manutentori rispetto ai quali assume una specifica rilevanza la resistenza alla sollecitazione di flessione. Una prerogativa del tetto è, naturalmente, la resistenza alle precipitazioni atmosferiche e, in particolare, ai carichi dovuti alla grandine, alla neve, al ghiaccio e alla spinta del vento.

Ai fini del dimensionamento strutturale, i valori di tali sovraccarichi sono stabiliti dal D.M. 14.01.08 che divide l'Italia in quattro zone climatiche di nevosità e in nove zone climatiche di ventosità.

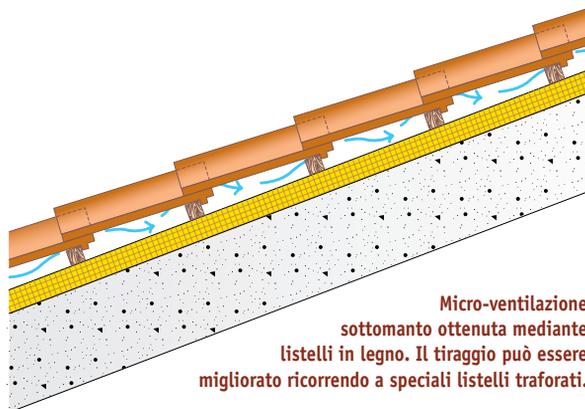


## Micro-ventilazione del sottomanto

La *micro-ventilazione del sottomanto* è essenziale per l'efficienza e l'affidabilità del tetto e consente di tenere asciutto l'intradosso del manto impedendo l'impudimento e il degrado degli elementi di supporto.

Si attua posando a secco gli elementi del manto su supporti posti, nella maggior parte dei casi, parallelamente alla linea di gronda.

Affinché la circolazione dell'aria abbia luogo, è indispensabile che la linea di gronda e quella di colmo



**Micro-ventilazione sottomanto ottenuta mediante listelli in legno. Il tiraggio può essere migliorato ricorrendo a speciali listelli traforati.**

siano il più possibile libere da ostruzioni.

In corrispondenza della linea di gronda, per impedire l'accesso di volatili

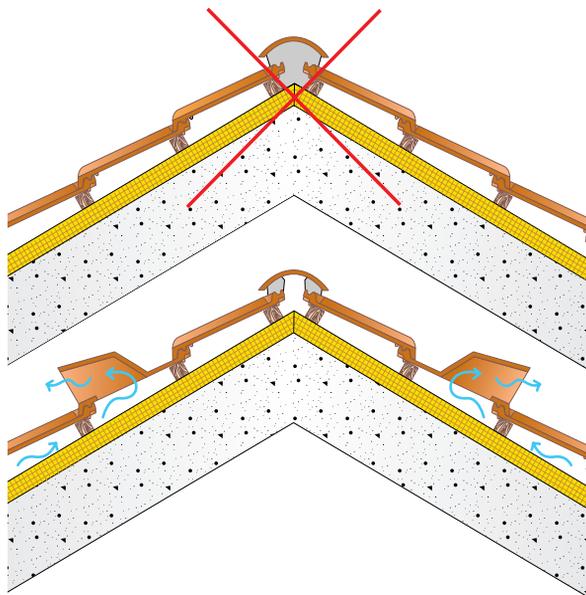
nell'intercapedine, si prevedono reti *parapasseri*.

Per incrementare la micro-ventilazione, possono adottarsi particolari *tegole d'aerazione*.

Dovendo ricorrere al fissaggio 'umido' degli elementi costituenti la *linea di colmo*, è indispensabile che:

- la malta sia posta solo sulle parti marginali del coppo o della tegola;
- nella seconda fila dal colmo siano previste delle tegole d'aerazione.

La posa del manto mediante allettamento di malta è assolutamente da evitare, poiché, oltre ad impedire la circolazione dell'aria e creare zone in cui l'acqua è più facilmente trattenuata, impedisce le naturali variazioni dimensionali di origine termica dei manufatti laterizi del manto.



**Fissaggio "umido" del colmo: esempio errato (in alto) e corretto (in basso).**

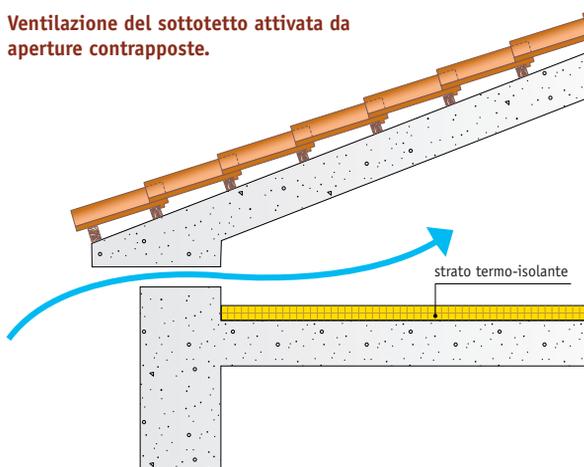
## Ventilazione

In periodo estivo, il tetto deve avere la capacità di accumulare calore e di sfalsarne la trasmissione verso l'interno in modo che i valori massimi di temperatura superficiale d'intradosso si verifichino quando i vani sottostanti non sono utilizzati o nelle ore notturne, quando, mediante la ventilazione naturale, l'aria può essere più efficacemente raffreddata.

Se il sottotetto non è abitato, la ventilazione può essere attivata da una struttura portante discontinua oppure da aperture contrapposte nelle chiusure verticali.

Quando il sottotetto è abitato, la limitazione del flusso di calore entrante si può garantire mediante la ventilazione sottomanto. Questa può realizzarsi me-

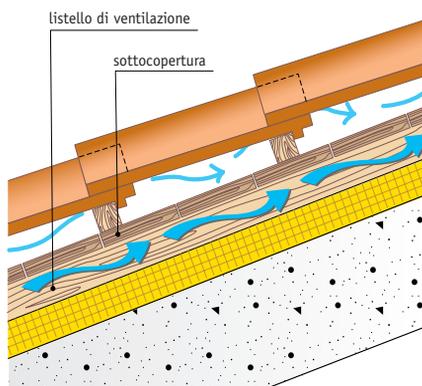
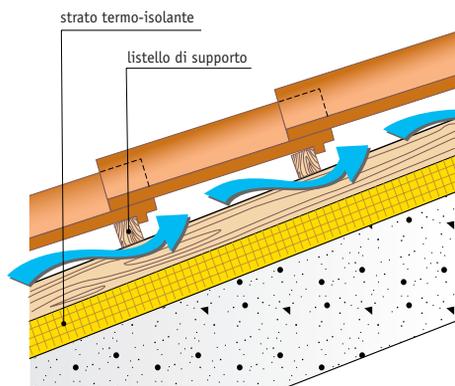
**Ventilazione del sottotetto attivata da aperture contrapposte.**



dante una doppia orditura di listelli: la prima - di ventilazione - perpendicolare alla linea di gronda; la seconda - di supporto delle tegole - parallela alla linea di gronda. Le orditure possono anche essere separate da uno strato di supporto continuo (*sottocopertura*): in questo caso, lo

strato di *micro-ventilazione* è separato da quello di *ventilazione*.

La camera di ventilazione per manti in tegole deve essere  $\geq 550 \text{ cm}^2$  per metro di larghezza della falda ( $\geq 275 \text{ cm}^2$  per manti in coppi) ed essere sgombra da ostruzioni in corrispondenza delle linee di gronda e di colmo.



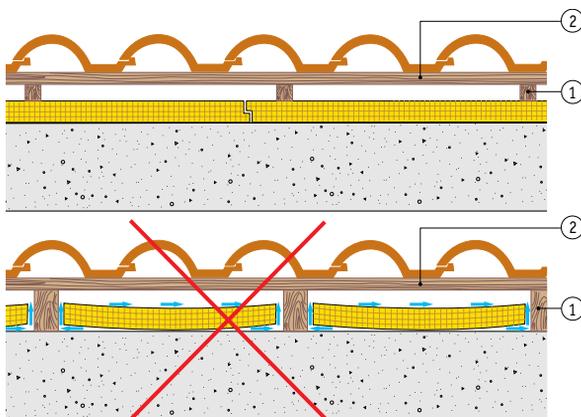
**Ventilazione del sottotetto mediante intercapedine unica (a sinistra) e doppia (a destra).**

## Isolamento termico

Per una buona efficienza termica del tetto (basse dispersioni, alta capacità di accumulo di calore) è bene posizionare lo strato termo-isolante sempre al di sopra del solaio di copertura; se è presente lo strato di ventilazione, lo strato termo-isolante va posto *sempre al di sotto* di esso.

Lo strato termo-isolante si può collocare al di sotto o interposto ai listelli di ventilazione.

Nel primo caso, per garantire un'adeguata resistenza a compressione, è opportuno utilizzare pannelli termo-isolanti ad alta densità ( $\geq 25 \text{ kg/m}^3$ ), possibilmente con giunto ad incastro o a battente. Nel secondo caso, se l'interposizione si attua per semplice ac-



1. listello di ventilazione

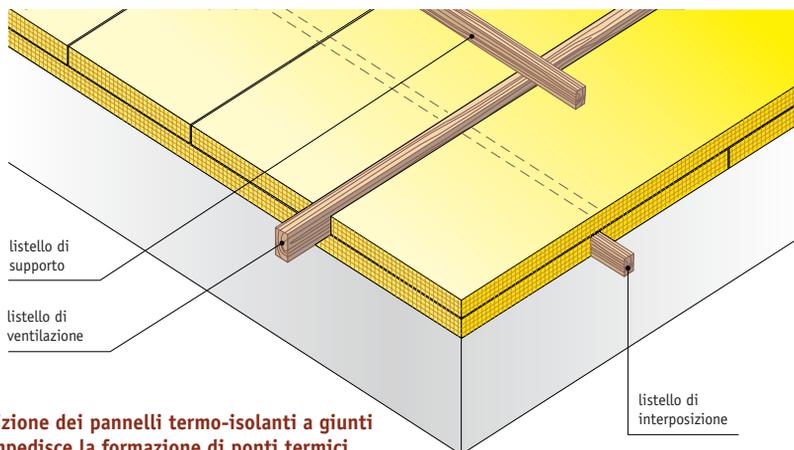
2. listello di supporto

**Disposizione corretta (sopra) ed errata (sotto) dello strato termo-isolante.**

costamento dei pannelli isolanti ai listelli, possono crearsi zone di dispersione termica localizzata (ponti termici).

La perdita di efficienza termica si riduce drasticamente ricorrendo a pannelli sfalsati in doppio strato: al

primo strato (con eventuale interposizione di listelli dello stesso spessore, se non si impiegano pannelli termo-isolanti ad alta densità) ne viene sovrapposto un secondo a giunti sfalsati con interposizione dei listelli di ventilazione.



**La disposizione dei pannelli termo-isolanti a giunti sfalsati impedisce la formazione di ponti termici.**

## Permeabilità al vapore

Nei tetti sono spesso presenti strati integrativi di tenuta all'acqua (e al vapore) di tipo *continuo* posti negli strati 'freddi' della copertura (al di sopra dello

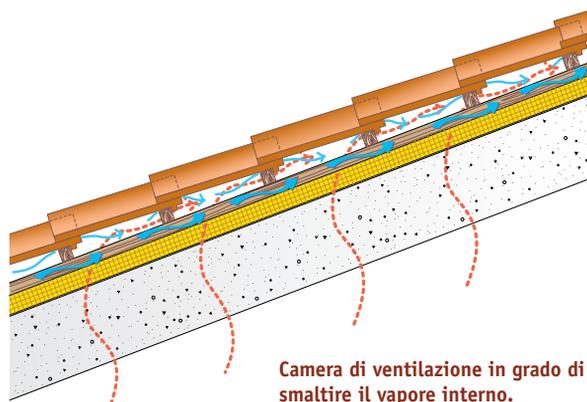
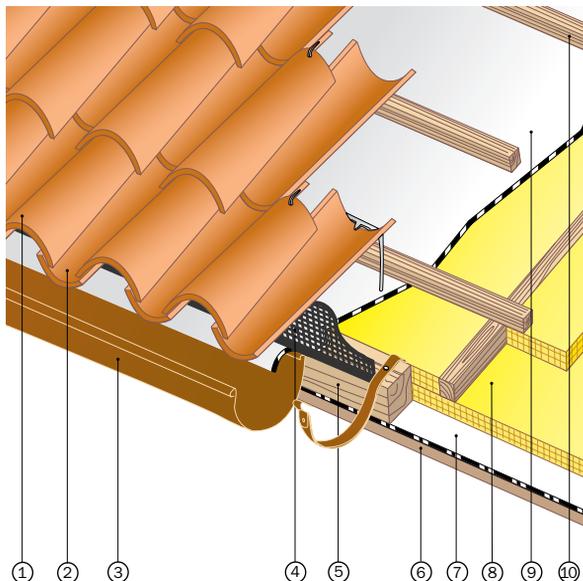
strato con funzione termo-isolante).

Una elevata impermeabilità della soluzione adottata, in periodo invernale, può dare luogo alla formazione

di condensa del vapore proveniente dagli strati interni, causando il rapido degrado e la perdita di prestazioni termiche della copertura stessa.

**Tetto isolato e micro-ventilato con uso di barriera al vapore.**

1. coppi di coperta
2. coppi di canale con nasello
3. gronda
4. griglia parapasseri con funzione di aerazione e rialzo della prima fila di coppi
5. listello di battuta
6. supporto
7. barriera al vapore
8. doppio strato di pannelli termo-isolanti posti a giunti sfalsati e interposti a listelli
9. strato di tenuta all'acqua
10. listello di supporto



Camera di ventilazione in grado di smaltire il vapore interno.

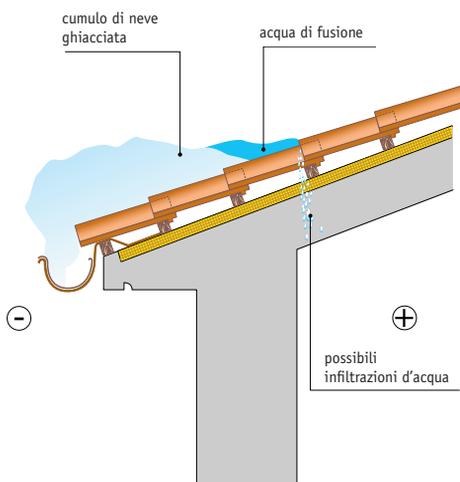
Poichè, le *barriere al vapore* compromettono la traspirabilità del tetto e, conseguentemente, la purezza dell'aria interna, è sempre preferibile *allontanare* il vapore d'acqua anziché *bloccarlo*. A tale scopo, si può ricorrere ad una camera di ventilazione secondo le indicazioni della norma UNI 9460 sulla progettazione e l'esecuzione delle coperture "discontinue".

## Tenuta all'acqua

In alcune specifiche condizioni ambientali o in presenza di attrezzature che necessitano di periodiche manutenzioni, è prudente prevedere al di sotto del manto uno *strato di tenuta all'acqua complementare* di tipo continuo (ad esempio, membrane bituminose o sintetiche). Lo strato di tenuta all'acqua continuo è da considerarsi indispensabile: nella parte bassa

della falda per un'altezza di almeno 150 cm dalla gronda verso il colmo, poiché questa è la parte del tetto che riceve l'acqua di tutta la falda; in corrispondenza delle soluzioni di continuità della falda, quando questa incontra elementi emergenti; più in generale, in tutte quelle situazioni in cui possono prevedersi ristagni d'acqua o di neve.

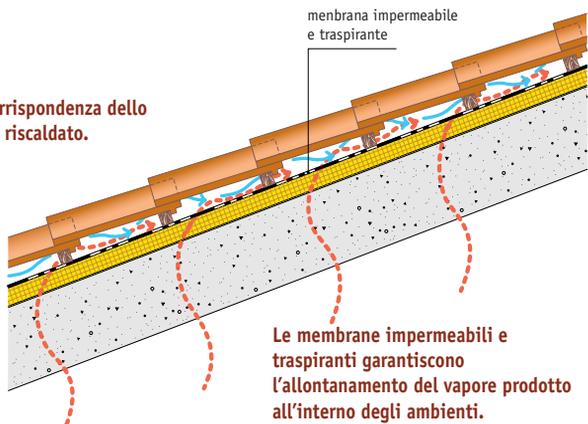
La posa degli strati impermeabili deve avvenire per sovrapposizioni orizzontali, con lo strato superiore che sormonta quello inferiore di circa 10 cm. In ogni caso, è bene impiegare *membrane impermeabili traspiranti* le quali consentono il passaggio del vapore, ma bloccano l'infiltrazione dell'acqua meteorica.



Effetti del disgelo differenziale in corrispondenza dello sporto in caso di sottotetto abitato e riscaldato.



Schematizzazione del comportamento delle membrane impermeabili e traspiranti.



Le membrane impermeabili e traspiranti garantiscono l'allontanamento del vapore prodotto all'interno degli ambienti.

## Raccolta e allontanamento dell'acqua

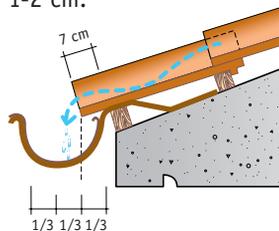
Il più diffuso sistema di raccolta e smaltimento dell'acqua piovana è basato sul binomio canale di gronda-pluviale.

Raggiunta per gravità la gronda, l'acqua, grazie ad un'inclinazione del canale compresa tra 0.3-0.5%, è diretta ai pluviali.

Normalmente si prevedono sezioni di gronde e pluviali di 0.8-1.0 cm<sup>2</sup> per m<sup>2</sup> della proiezione, sul piano orizzontale, della falda.

La linea di gronda è un punto delicato poichè qui l'acqua può insinuarsi sotto il manto anche grazie all'azione del vento e per questo motivo è consigliabile che la prima fila di tegole abbia una sporgenza sul canale di gronda pari a circa 1/3 della sua larghezza.

Per evitare che l'acqua tracimi verso la parete, il canale di gronda deve avere il bordo esterno più basso di quello interno di 1-2 cm.



**Sporgenza della prima fila di tegole sul canale di gronda.**



Elementi di raccolta e allontanamento dell'acqua.

### Sezione dei pluviali e del canale di gronda in relazione alla superficie della falda

Area del tetto in proiezione orizzontale (m <sup>2</sup> )	Diametro del canale di gronda (cm)	Diametro del pluviale (cm)
Fino a 10	8	4
Da 11 a 25	10	5
Da 26 a 50	12	7
Da 51 a 100	15	10
Da 101 a 200	18	10

Criteria di dimensionamento dei canali di gronda e dei pluviali.

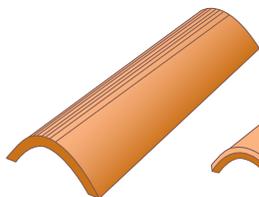
## Coppi e tegole

Gli elementi in laterizio per coperture si ascrivono a due specifiche tipologie: i *coppi* e le *tegole*.

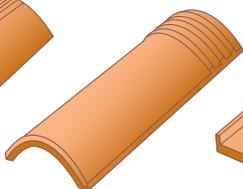
Per ciascuna tipologia sono poi disponibili *elementi speciali*, elementi *accessori* ed elementi *innovativi*

per migliorare l'aspetto e l'affidabilità del tetto e per facilitare la posa in opera.

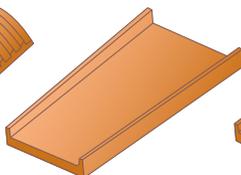
*Coppo estruso*



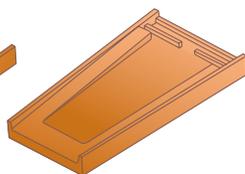
*Coppo stampato*



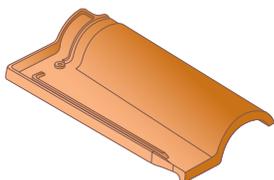
*Tegola piana estrusa*



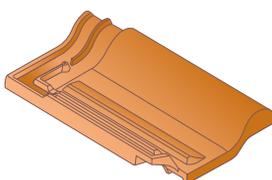
*Tegola piana stampata*



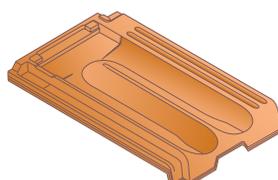
*Tegola portoghese*



*Tegola olandese*



*Tegola marsigliese*



### Esempi di elementi standard.

I *coppi*, prodotti con la tecnica dell'estrusione o dello stampaggio, possono essere dotati di dentelli d'arresto.

La *tegola piana* (o *embrice* o *romana*) è impiegata solitamente insieme al coppo, più raramente insieme ad altre tegole piane soprappresse; quelle prodotte tramite stampaggio sono dotate di speciali risalti per la battuta del coppo di coperta.

La *tegola portoghese* e quella *olandese* inglobano morfologicamente le caratteristiche del coppo e dell'embrice: la parte piana consente il rapido deflusso dell'acqua, mentre la parte curva conferisce all'elemento un'adeguata resistenza meccanica.

La tegola olandese differisce da quella portoghese principalmente per il profilo della parte curva. Sono disponibili elementi

con la parte curva a destra oppure a sinistra.

La *tegola marsigliese*, grazie alla sua particolare forma, è molto versatile e si può utilizzare anche per coperture con andamento leggermente curvo. I particolari incastri di sovrapposizione, di cui sono dotate tutte le tegole (ad eccezione di quella piana), garantiscono efficacemente la tenuta all'acqua del manto.

## Elementi speciali

Gli *elementi speciali* sono necessari per risolvere specifici problemi in corrispondenza di punti critici del manto. Di seguito sono indicati alcuni esempi.

*Colmo a una via*



*Colmo a due vie*



*Colmo a tre vie*



*Colmo a quattro vie*



*Terminale di colmo*



*Elemento di testata del colmo*



*Profili laterali*



*Coppo d'aerazione*



*Marsigliese d'aerazione*



*Mezzategola marsigliese*



*Coppo fermaneve*



*Portoghese fermaneve*



*Marsigliese laterale*



*Portoghese doppia onda*



### **Gli elementi di colmo**

Garantiscono la continuità di tenuta all'acqua del manto lungo le linee di displuvio.

In funzione del numero delle falde congiunte, possono essere a due, tre e quattro vie.

### **Gli elementi di testata**

Sono impiegati per rifinire le linee di colmo in corrispondenza dei bordi di falda.

### **I profili laterali**

Quando necessario sono adottati per rivestire i bordi laterali della falda.

### **Gli elementi di aerazione**

Vengono impiegati per migliorare la circolazione d'aria all'intradosso del manto.

Non devono essere mai usati quali sfianti di bagni o di caldaie, poiché non progettati per quest'uso.

### **Gli elementi fermaneve**

Ostacolano lo scivolamento verso il basso dei cumuli di neve ghiacciata accumulati sul tetto.

### **Gli elementi laterali di bordo**

Consentono la chiusura e la protezione della congiun-

gente laterale tra piano di falda e chiusura verticale evitando il ricorso a elementi di tenuta e protezione integrativi (ad esempio, scossaline metalliche).

### **La tegola a doppia onda**

Consente la messa in opera della tegola laterale di bordo garantendo un corretto raccordo con la tegola standard.

### **La mezzategola marsigliese**

Viene utilizzata in corrispondenza delle linee di bordo per la posa del manto a giunti sfalsati.

## Elementi accessori

Gli elementi *accessori* sono utilizzati in corrispondenza di soluzioni di continuità del manto.

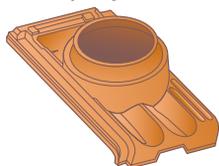
Per evitare problemi di inte-

grabilità (colore, dimensioni, morfologia, sistema di ancoraggio...) è opportuno utilizzare elementi accessori prodotti dalla stessa

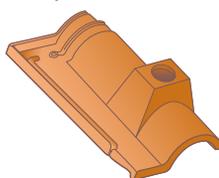
azienda fornitrice degli elementi standard.

Di seguito sono riportati alcuni esempi puramente indicativi.

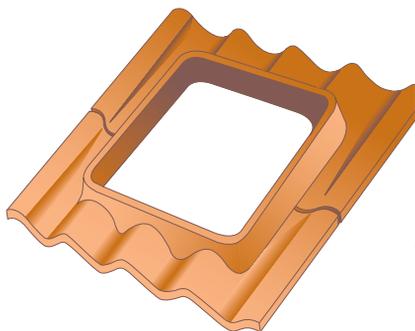
*Marsigliese per sfiato*



*Portoghese per antenna*



*Elemento base per camino*



*Elemento base per lucernario*



### **Elemento per sfiato**

Consente la fuoriuscita in copertura di elementi terminali di sfiati.

L'utilizzo di sfiati o comignoli in laterizio è sconsigliato.

### **Elemento per antenna**

Consente l'installazione di antenne per ricezione radiotelevisiva o simili.

### **Elemento per camino**

Permette la posa della canna fumaria.

È un elemento di dimensioni multiple rispetto a quelle degli elementi del manto. È prodotto in calcestruzzo colorato in pasta ed è conformato in modo da adattarsi agli elementi del manto.

### **Elemento per lucernario**

Permette l'illuminazione e la ventilazione del sottotetto e l'accessibilità al manto. Consiste in un elemento, dotato di un lucernario, di dimensioni multiple rispetto a quelle degli elementi del manto. È prodotto in calcestruzzo colorato in pasta.

## Elementi innovativi

Attualmente il mercato propone anche alcuni elementi innovativi per dimensioni, morfologia dei profili, tecniche di connessione e finitura superficiale.

Tra gli *elementi innovativi* si possono citare:

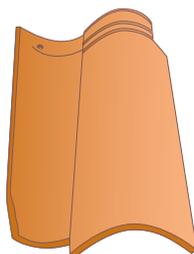
1. le speciali tegole che riproducono l'aspetto di un tradizionale manto di copertura in coppi e che, grazie alle particolari ali che fungono

da elemento di raccolta e allontanamento dell'acqua, superano la tradizionale posa doppia (coppo di canale più coppo di coperta);

2. gli elementi anticati che, con le loro gradazioni cromatiche (marroni, nere, giallo ocra, rosse...) opportunamente miscelate ed alternate, favoriscono un più misurato inserimento nei

contesti, rurali o urbani, antichi. Normalmente, i produttori forniscono gli elementi di diversa sfumatura già mescolati nei singoli pacchi;

3. sono state sviluppate "tegole di grandi dimensioni", le quali, mantenendo l'aspetto e la funzionalità di quelle tradizionali, permettono la riduzione di tempi e costi di posa in opera.



**Esempi di elementi innovativi:**

*a sinistra*, manufatti con aletta ad incastro che coniugano l'aspetto di un manto di copertura in coppi sovrapposti con la semplicità esecutiva di un manto in tegole;

*sotto*, manufatti con strato di finitura anticato.



## Elementi lineari e piani

Gli elementi di supporto del manto devono garantire la micro-ventilazione sottomanto e la stabilità dei suoi componenti (tegole e coppi).

Il passo degli elementi di supporto deve tener conto della sovrapposizione degli elementi del manto che, mentre per le tegole è fissa, per i coppi varia fra 7 e 9 cm, in funzione dell'inclinazione della falda.

### Listellatura in legno

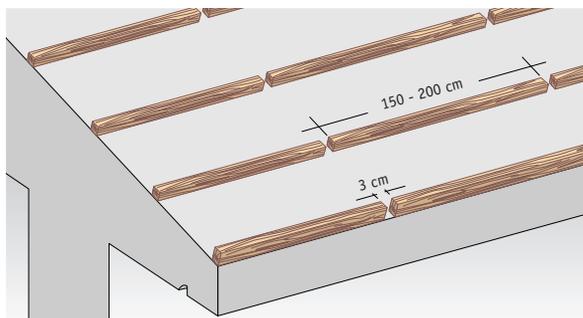
Questa è normalmente costituita da listelli di sezione 4x4 cm.

Ogni 150-200 cm circa, vanno interrotti per 2-3 cm. È opportuno che le interruzioni siano allineate.

In caso di strato portante discontinuo, le sezioni dei listelli sono in relazione alla luce libera tra gli appoggi, ai carichi d'esercizio della copertura e ai sovraccarichi accidentali.

### Listellatura in metallo e in plastica

Anche in questo caso, le regole di posa in opera coincidono con quelle dei tradizionali listelli in legno. Per favorire la micro-ventilazione, gli elementi possono essere forati.



Interruzione dei supporti.

### Cordoletti precostituiti di malta

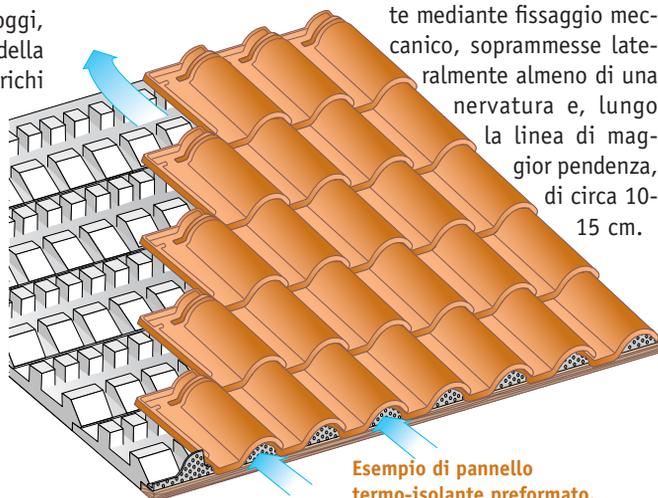
Impiegabile in presenza di uno strato portante continuo, complanare ed omogeneo, è di fatto una soluzione sconsigliata in quanto può dare luogo a pericolosi ponti idraulici tra il manto di copertura e gli strati sottostanti.

### Pannelli termo-isolanti preformati

Si tratta di manufatti modulari disponibili in materiali, sagome e spessori diversi, distinti anche in funzione del tipo di manto da adottare.

### Lastre nervate

Generalmente le lastre sono ancorate allo strato portante mediante fissaggio meccanico, soprammesse lateralmente almeno di una nervatura e, lungo la linea di maggior pendenza, di circa 10-15 cm.



Esempio di pannello termo-isolante preformato.

## Supporti per tegole

Le tegole, di qualunque tipo, sono conformate in modo da dover poggiare su una orditura di listelli *parallela* alla linea di gronda ('*alla lombarda*').

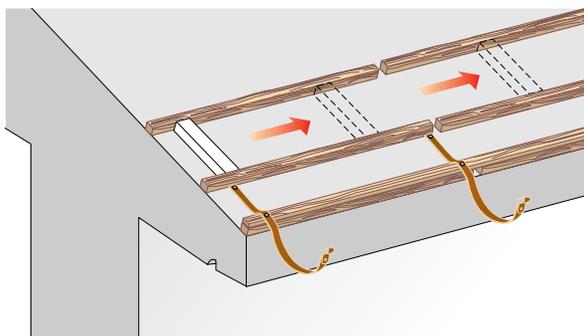
Per garantire la corretta inclinazione della prima fila di tegole, il listello di gronda deve essere più alto di 2 cm dei successivi, in modo da compensare la mancanza della tegola inferiore.

Ad esempio, utilizzando listelli di sezione 4x4 cm, la prima operazione da compiere è il fissaggio di un listello di gronda di dimensioni 6x4 cm, col lato maggiore in verticale, oppure di 4x4 cm con un secondo listello di 2x4 cm da fissare successivamente alla posa delle staffe che reggeranno il canale di gronda.

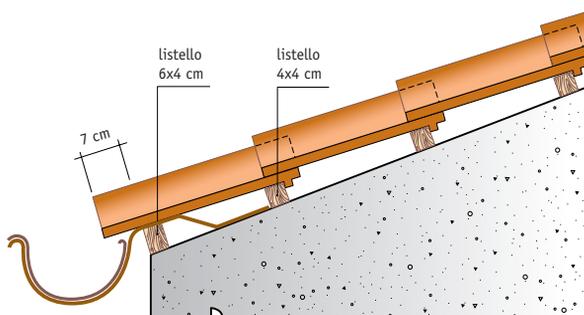
Il listello di gronda deve sempre incorporare la rete parapasseri.

Se è presente lo strato con funzione termo-isolante, occorre prevedere, in corrispondenza della linea di gronda, un sopralzo di battuta lungo quanto la gronda stessa e di altezza pari allo spessore dei pannelli.

I listelli successivi a quello di gronda devono essere posizionati ad una distanza pari a quella fra i naselli di arresto delle tegole; per



**Esempio di realizzazione del listello (doppio) di gronda e modalità d'uso della dima.**



**Listello di gronda e listello standard.**



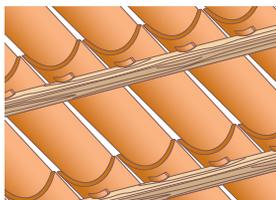
**Esempio di sopralzo di battuta.**

facilitare la posa dei successivi listelli, l'operatore può adoperare una dima.

La distanza fra primo e secondo listello è diversa dalle altre poiché la prima fila di tegole deve sporgere dal bordo della falda di una misura pari a circa 1/3 del diametro del canale di gronda e comunque non superiore a 7 cm.

## Supporti per coppi

Se i coppi di canale sono dotati di *dentelli di arresto* sporgenti all'intradosso, l'orditura dei supporti è del tutto simile a quella descritta per le tegole. La distanza fra i listelli deve

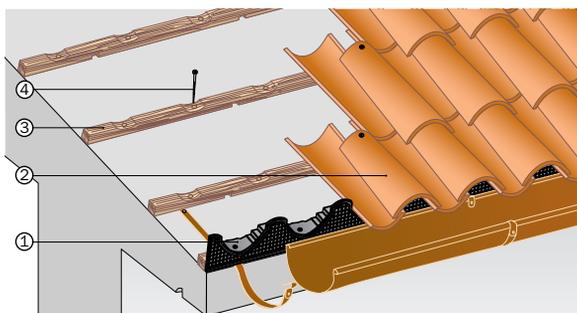
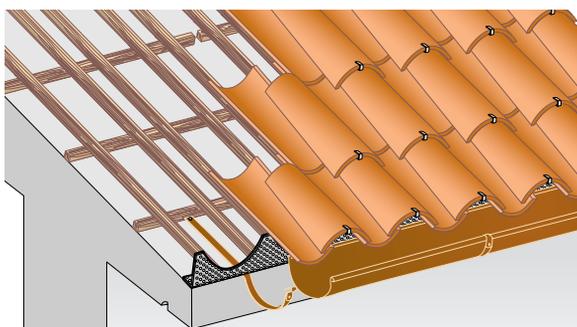


Intradosso di coppi di canale con dentello d'arresto.

garantire la necessaria sovrapposizione dei coppi e, al contempo, il raggiungimento della linea di colmo della copertura con una fila di coppi di canale interi.

Se i coppi di canale sono privi di dentelli di arresto, possono attuarsi due metodi di posa:

1. la realizzazione di una sede stabile per i coppi di canale mediante doppia orditura di listelli;
2. il fissaggio a secco di

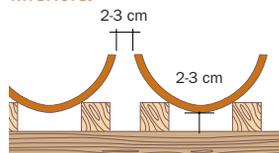


1. parapasseri forato
2. coppo di coperta trequarti

3. listello sagomato di legno
4. vite per il fissaggio dei listelli

Due sistemi per la posa di coppi privi di dentello d'arresto.

La distanza tra i listelli deve essere tale da evitare il contatto dei coppi tra loro e con i listelli dell'orditura inferiore.



tutti i coppi di coperta con i coppi di canale appoggiati a speciali listelli sagomati.

Nel primo caso, l'orditura inferiore sarà composta da listelli *paralleli* alla linea di gronda posti ad interasse adeguato; quella superiore prevede, invece, *coppie di listelli* di sezione di 5x5 cm *perpendicolari* alla linea di gronda, distanziati in modo tale da evitare punti di contatto dei coppi tra di loro e con i listelli dell'orditura inferiore. È opportuno sfruttare la tolleranza del passo in modo da avere un numero intero di coppi uniformemente distribuiti sulla larghezza della falda.

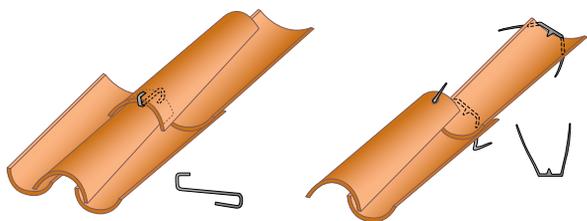
Nel secondo caso, il fissaggio dei coppi di coperta può essere effettuato mediante viti o ganci.

Anche per i coppi, come per le tegole, è necessario rialzare la prima fila in corrispondenza della linea di gronda.

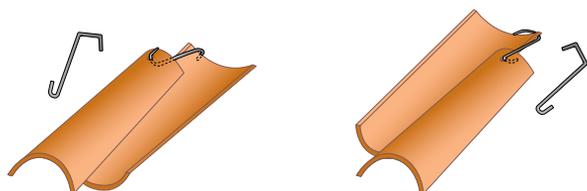
## Tipologie e dimensionamento

Il fissaggio del manto deve sempre avvenire "a secco" mediante tecniche che favoriscano la semplice smontabilità e sostituibilità degli elementi danneggiati.

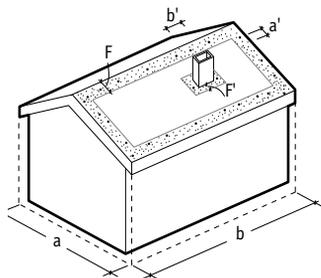
Se la copertura è fortemente esposta al vento, è opportuno fissare anche tutti gli elementi in corrispondenza dei bordi della falda, delle linee di gronda e di colmo e del perimetro degli elementi emergenti.



Esempi di ganci per il fissaggio dei coppi.



### Dimensionamento delle zone di fissaggio.



Se  $a < 30$  m

$F = a/8$

comunque:  $1 \text{ m} \leq F \leq 2 \text{ m}$

Se  $a/8 \leq 1 \text{ m}$   $F = 1 \text{ m}$

Se  $a/8 > 2 \text{ m}$   $F = 2 \text{ m}$

Se  $a \geq 30$  m

$F = a/8$

Se  $0,50 \text{ m} < b' \leq 2 \text{ m}$

$F' = 1 \text{ m}$

Se  $b' > 2 \text{ m}$

$F' = b'/2$

comunque:  $1 \text{ m} \leq F' \leq 2 \text{ m}$

Se  $b'/2 \leq 1 \text{ m}$   $F' = 1 \text{ m}$

Se  $b'/2 > 2 \text{ m}$   $F' = 2 \text{ m}$

Gli elementi per il fissaggio del manto di copertura si possono dividere in due tipologie:

1. *ganci, staffe e fili metallici*, per i quali non è sempre necessaria la presenza del foro di fissaggio sull'elemento in laterizio.

2. *chiodi e viti*, che prevedono il posizionamento dell'elemento del manto e successivamente il suo bloccaggio attraverso il

foro predisposto presente sul bordo superiore dell'elemento stesso. Nelle zone molto piovose, prima di chiodare o avvitare l'elemento del manto è utile inserire una guarnizione in corrispondenza del foro per impedire possibili infiltrazioni.

## Manti alla 'romana' e con embrici

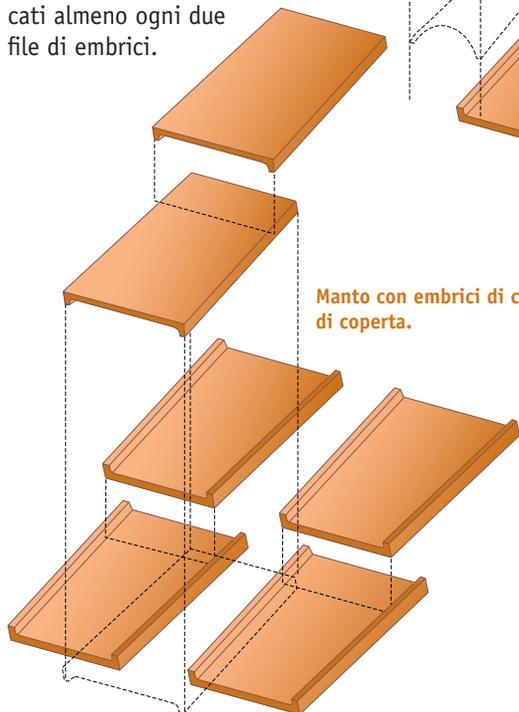
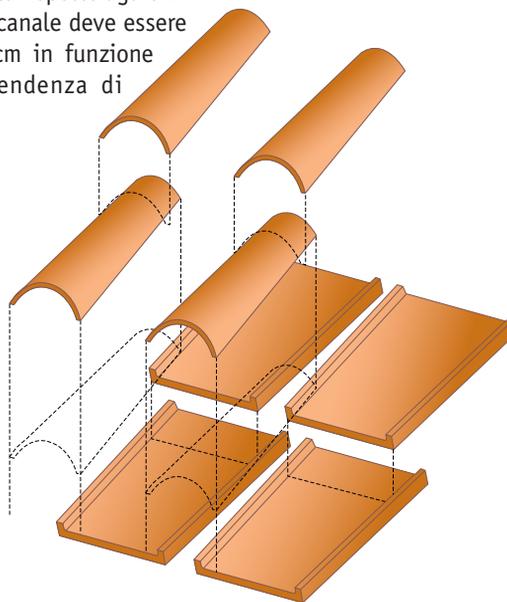
### Manto di copertura 'alla romana'

È costituito da uno strato inferiore di embrici, con funzione di canale, e da uno strato superiore di coppi di coperta posizionati a cavallo fra le file parallele.

I primi si pongono in opera col lato corto verso il basso; i secondi col lato corto verso l'alto. La posa avviene, procedendo dalla gronda verso il colmo, per file in direzione della linea di massima pendenza: i coppi possono essere collocati almeno ogni due file di embrici.

L'allineamento degli elementi deve essere controllato con una staggia. La sovrapposizione dei coppi di coperta rispetto agli embrici di canale deve essere di 7-9 cm in funzione della pendenza di falda.

Manto 'alla romana' con embrici di canale e coppi di coperta.



Manto con embrici di canale e di coperta.

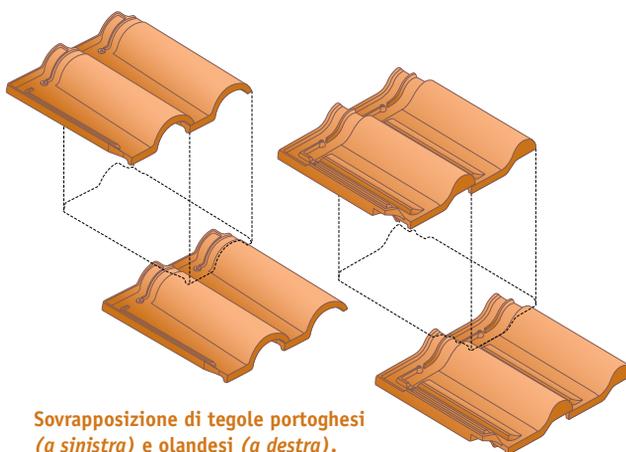
### Manto di copertura con embrici

La disposizione è analoga a quella precedente ('alla romana'), con la variante dell'uso degli embrici anche per lo strato di coperta.

È questa una soluzione adottata meno frequentemente, anche se altrettanto valida.

## Manti con tegole olandesi e portoghesi

La messa in opera viene eseguita realizzando tre file in direzione della linea di massima pendenza della falda, posando gli elementi secondo uno schema diagonale, controllandone l'allineamento, per poi passare alle tre file successive.

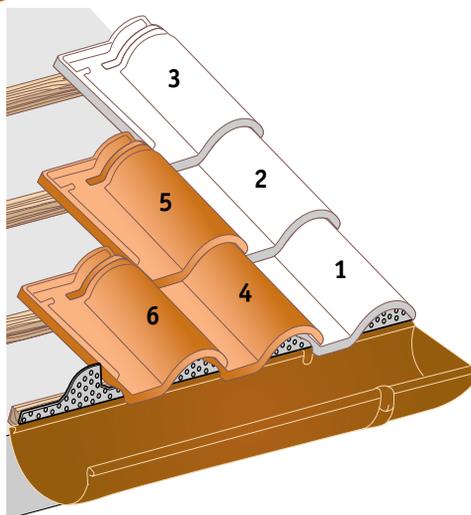


Sovrapposizione di tegole portoghesi (a sinistra) e olandesi (a destra).



Successione della posa delle tegole portoghesi secondo lo schema diagonale.

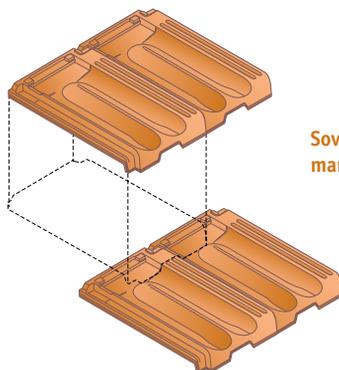
Per le tegole con la parte curva a destra, la disposizione degli elementi procede da destra verso sinistra; se la parte curva è a sinistra occorre invertire la direzione di montaggio degli elementi.



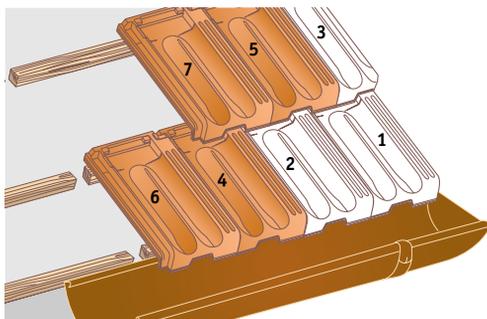
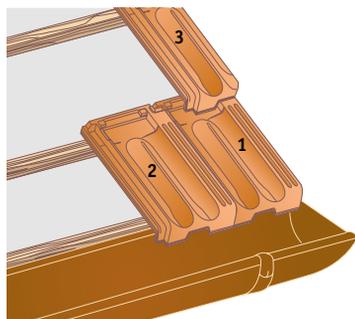
## Manti con tegole marsigliesi

Normalmente le tegole marsigliesi vengono posate per file parallele alla linea di gronda, una alla volta, oppure procedendo con due o tre file contemporaneamente, iniziando dalla linea di gronda e procedendo verso l'alto.

Per realizzare le file a giunti sfalsati, una fila si ed una no deve essere iniziata con l'elemento speciale mezza tegola.

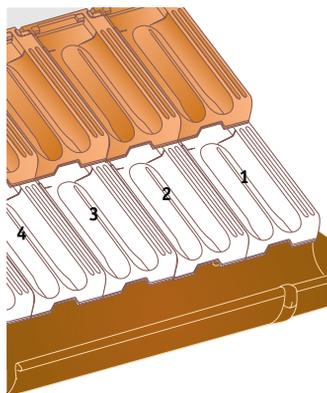
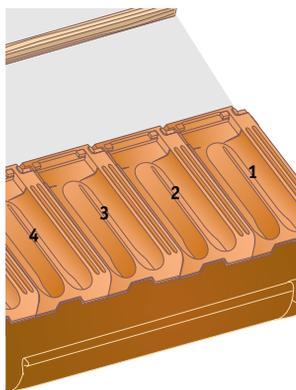


Sovrapposizione di tegole marsigliesi.



Posa delle tegole marsigliesi a giunti sfalsati per file parallele alla linea di gronda.

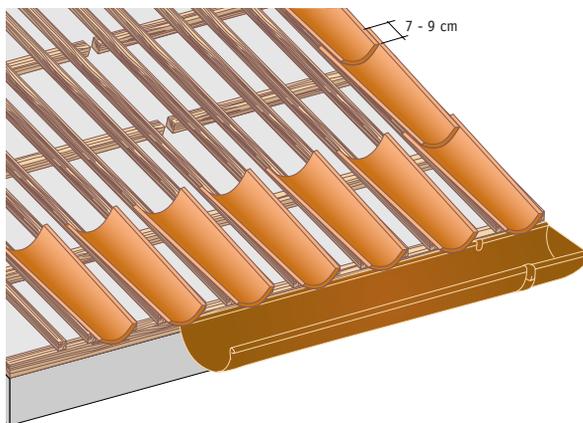
Per realizzare un manto di marsigliesi a giunti non sfalsati, si può procedere per file orizzontali o verticali: in quest'ultimo caso però la pratica realizzativa è più complessa.



Posa delle tegole marsigliesi a giunti non sfalsati per file orizzontali.

## Manti con coppi

La posa dei coppi su listelli di supporto *'alla piemontese'* avviene disponendo una intera fila verticale di coppi di canale, dalla gronda fino al colmo: i canali di una stessa fila devono essere sovrapposti di 7-9 cm, in funzione della pendenza di falda, ma modeste deroghe sono possibili per cercare di raggiungere la sommità della falda con un coppo intero.

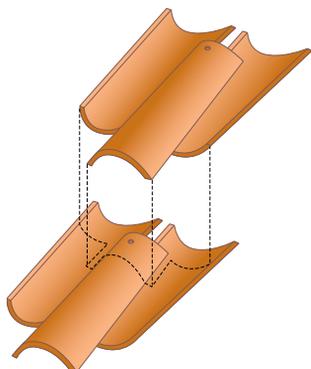


### Posa dei coppi *'alla piemontese'*.

Questa disposizione offre una maggiore garanzia contro le infiltrazioni di acqua e consente, fissando i coppi di coperta, di fissare anche quelli di canale.

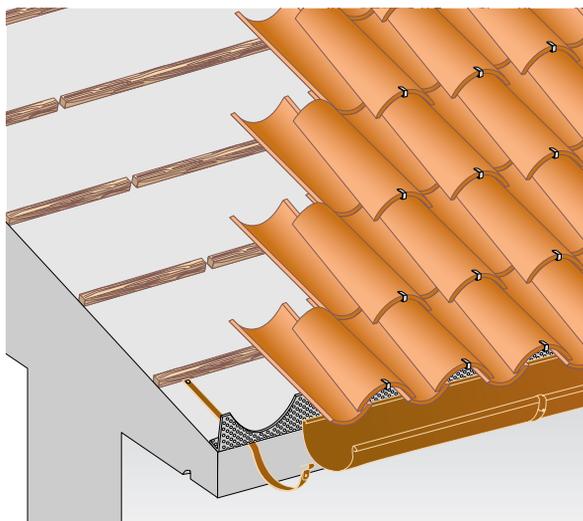
La posa dei coppi muniti di

dentello di arresto avviene, su una orditura di listelli *'alla lombarda'*, secondo lo schema diagonale analogo a quello già descritto per le tegole.



### Sovrapposizione tra coppo di canale e di coperta.

Successivamente inizia la posa della prima fila orizzontale di coppi di canale, sulla quale si dispongono i coppi di coperta iniziando con una prima fila di coppi tre quarti: mediante lo sfalsamento, nelle file successive la parte superiore del coppo di coperta costituisce battuta per quello di canale.

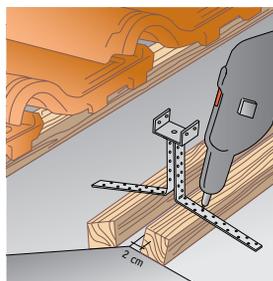
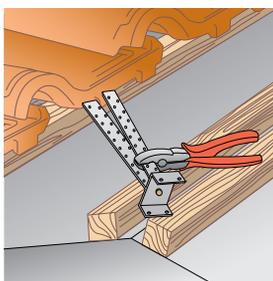


### Posa dei coppi (muniti di dentelli di arresto) *'alla lombarda'*.

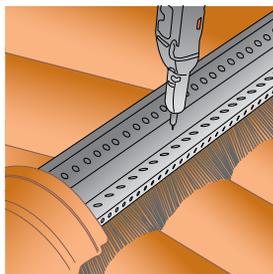
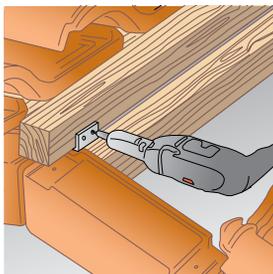
## Displuvi

I *displuvi - orizzontali* (colmi) o inclinati - sono linee di raccordo tra falde con pendenza divergente. Possibilmente devono essere 'ventilati'.

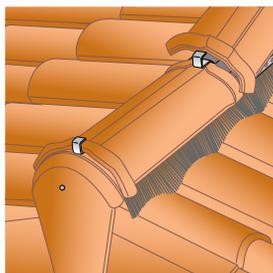
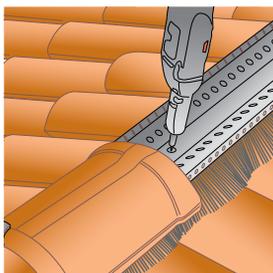
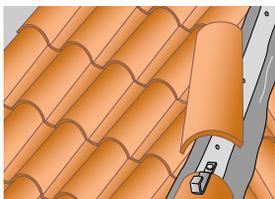
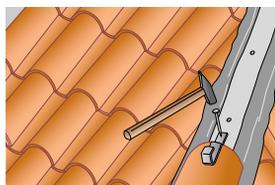
I dispositivi in commercio per la corretta esecuzione dei displuvi ventilati sono normalmente integrati con uno strato di tenuta all'acqua di larghezza sufficiente a sormontare in modo appropriato gli elementi del manto in corrispondenza della intersezione delle due falde. Per la realizzazione dei displuvi inclinati occorre tagliare gli elementi del manto in prossimità del displuivio; gli elementi di colmo si posizionano sovrapponendoli e procedendo dal basso verso l'alto.



Dopo aver disposto, per ogni falda, l'ultima fila di listelli a 2 cm dalla linea di colmo e dopo aver verificato l'altezza del listello di supporto degli elementi di colmo, si piegano le ali della forcella portalistelli e si fissano all'orditura. Le forcelle vanno poste ad un interasse di circa 1 metro.



Dopo aver completato il manto (compresa la linea di bordo), si fissano i listelli di colmo, di sezione 5x5 cm, alla forcella. Si dispone l'elemento terminale del colmo e si posiziona, fissandolo, l'elemento sottocolmo di aerazione in maniera che vada a sovrapporsi adeguatamente al manto.



Nei displuvi inclinati gli elementi di colmo si posano dal basso verso l'alto.

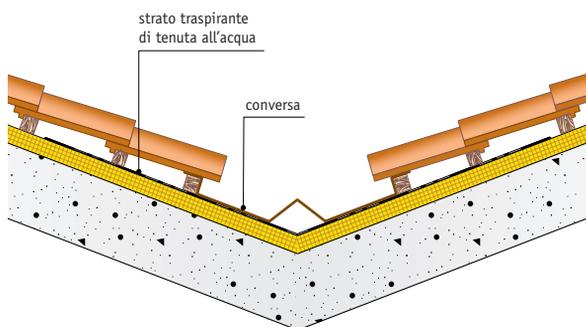
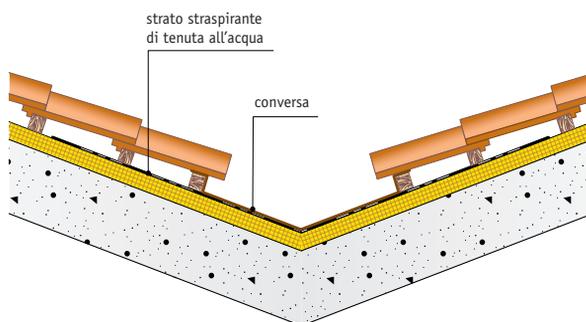
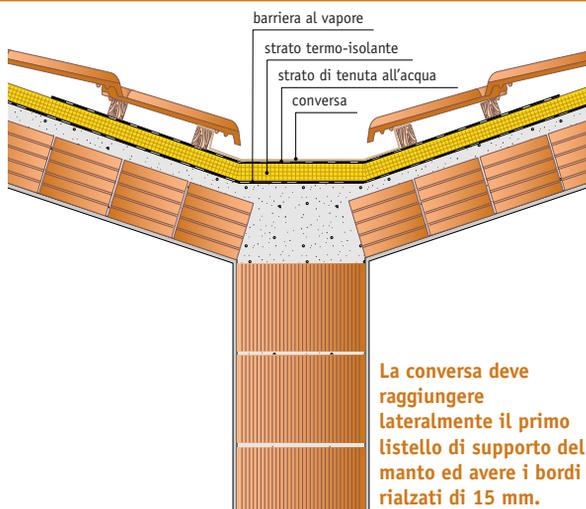
Si dispone il primo elemento di colmo con l'ausilio di ganci metallici i quali, da un lato, vengono fissati al listello di supporto del colmo. Il successivo elemento di colmo viene incastrato da una parte nel gancio dell'elemento di colmo precedente, dall'altra nel gancio successivo.

## Compluvi

I compluvi rappresentano linee di giunzione di falde con pendenza convergente: oltre a raccogliere e convogliare le acque meteoriche all'incontro di due piani di falda, possono essere interessati nel periodo invernale (in particolare se orizzontali) anche da accumuli di neve. Nel caso di compluvi inclinati, l'acqua può raggiungere una certa velocità di scorrimento e, coadiuvata dal vento o deviata dalla linea di scorrimento sulla massima pendenza da qualche ostacolo lungo il percorso (*foglie, rami, muschio*), può infiltrarsi nel sottomanto.

I compluvi necessitano di una conversa in lamiera di acciaio (zincato o inox) o in rame, di spessore 8/10 di millimetro, che raggiunga lateralmente il primo listello di supporto del manto. È sempre opportuno prevedere al di sotto della conversa un ulteriore strato di tenuta all'acqua (ad esempio, una membrana bituminosa) che, bilateralmente, si inoltri al di sotto del manto per almeno 50 cm.

Le converse sono poste in opera subito dopo aver terminato la listellatura, insieme alle scossaline ed ai canali di gronda.



Quando si prevede un forte ruscellamento può essere utile prevedere una conversa con rompiflusso centrale.

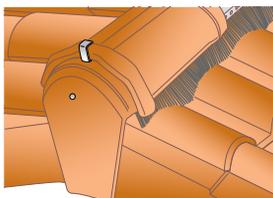
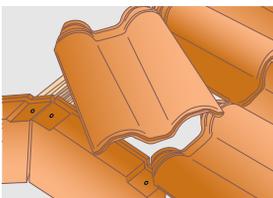
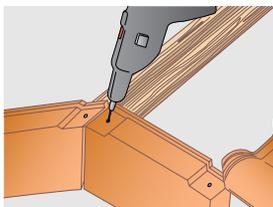
## Linee di raccordo

I bordi liberi, oppure le linee di raccordo con pareti che non superano la quota del manto di copertura, possono realizzarsi mediante *profili laterali* in laterizio (più elemento di sormonto), *tegole laterali di bordo* o *scossaline* in metallo o plastica.

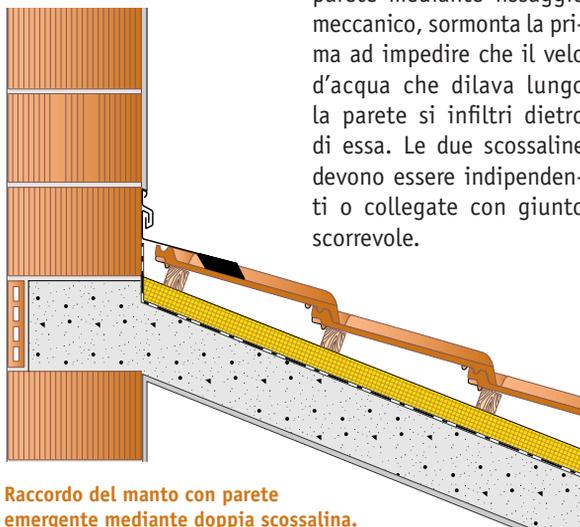
I profili laterali in laterizio vanno posti in opera partendo dalla linea di gronda dopo la posa in opera del manto; devono essere sempre fissati, con chiodi o viti, ai listelli di supporto ed essere sormontati opportunamente dagli elementi del manto; la sovrapposizione deve essere finalizzata ad impedire le infiltrazioni d'acqua e il taglio degli elementi standard del manto. Per facilitare il raccordo tra profilo laterale e manto può adottarsi la tegola doppia onda.

In corrispondenza della linea di intersezione di due falde, gli elementi di bordo possono essere coperti mediante *elementi di testata* i quali andranno sempre fissati al supporto mediante viti o tasselli ad espansione.

Le tegole laterali di bordo sono elementi che inglobano il profilo laterale e si posano come una tegola standard, salvo il fatto



Profilo laterale, tegola doppia onda ed elemento di testata.



Raccordo del manto con parete emergente mediante doppia scossalina.

che vanno sempre fissate meccanicamente ai listelli di supporto.

Volendo adottare scossaline (di metallo o plastica) si può ricorrere a sistemi con canalina, che raccolgono l'acqua e la conferiscono al canale di gronda, o con aletta di sormonto del manto. I raccordi con pareti emergenti dalla copertura, perpendicolari o paralleli alla linea di gronda, devono impedire infiltrazioni d'acqua sia verso la copertura stessa che verso la parete.

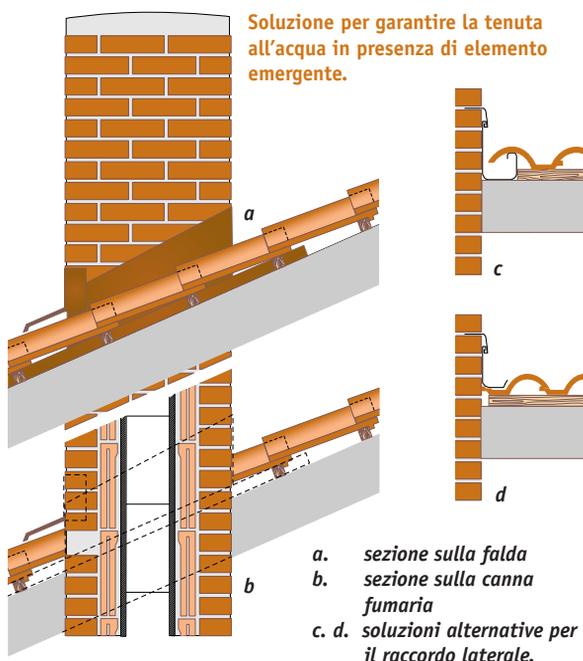
Normalmente si adotta una doppia scossalina: quella inferiore, solo appoggiata, ricopre parzialmente la prima fila di tegole (o coppi) e risale in verticale; quella superiore, assicurata alla parete mediante fissaggio meccanico, sormonta la prima ad impedire che il velo d'acqua che dilava lungo la parete si infiltri dietro di essa. Le due scossaline devono essere indipendenti o collegate con giunto scorrevole.

## Soluzioni di continuità

Nel caso in cui un elemento emergente (ad esempio, un abbaino o una canna fumaria) ostacoli il normale deflusso dell'acqua, occorre impiegare un grembiule che, sul lato a monte, si prolunghi al di sotto della prima fila di tegole (o coppi) al pari di una conversa e, sul lato a valle, sormonti la prima fila di tegole (o coppi).

La realizzazione di una finestra-tetto è normalmente eseguita mediante un infisso completo di uno speciale grembiule di raccordo in lamiera metallica. La finestra è collocata nel vano preventivamente predisposto e l'opera morta fissata alla struttura.

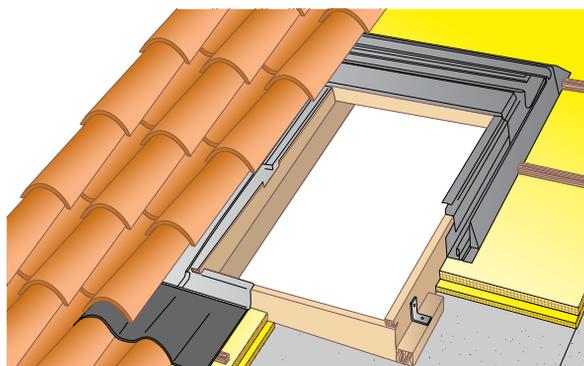
Il vano deve avere dimensioni maggiori di 1 cm rispetto a quelle della finestra: in presenza dello



strato termo-isolante la lunghezza aumenterà di conseguenza.

Successivamente, il manto di laterizio viene posato

sormontando il grembiule sul lato superiore e sulle fasce laterali; la lamiera sporgente sul bordo inferiore, invece, sormonta gli elementi del manto e viene sagomata sul loro profilo. Circa gli elementi base per camino, occorre aggiungere che le dimensioni del foro dell'elemento devono essere maggiori di quelle della sezione della canalizzazione di scarico dei fumi per consentire l'adattabilità dell'elemento stesso agli allineamenti orizzontali e verticali degli elementi standard del manto.



Raccordo tra finestra a tetto e manto in caso di struttura portante continua.

## Posa degli elementi fermaneve

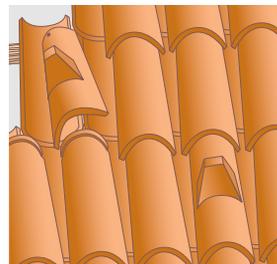
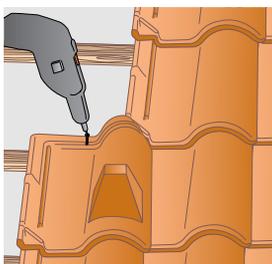
La necessità di ricorrere a speciali elementi fermaneve si pone per tetti con falde di pendenza compresa tra il 36 e il 176%. Per queste pendenze, infatti, la neve si accumula sul tetto in blocchi che possono scivolare verso il basso. Lo scopo degli elementi fermaneve è proprio quello di impedire che questo avvenga.

Gli elementi fermaneve in laterizio, a causa delle sollecitazioni cui sono soggetti, devono essere fissati meccanicamente alla listellatura di supporto. Il foro va sigillato.

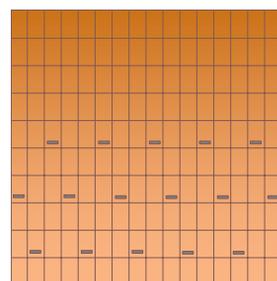
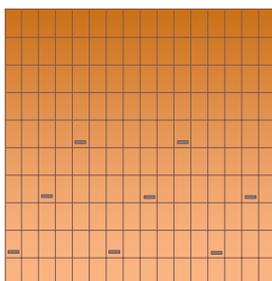
Gli elementi fermaneve si dispongono per file parallele alla linea di gronda; gli interassi e la distanza tra le file parallele dipendono dalla criticità della situazione.

Un ulteriore elemento di valutazione è dato dall'eventuale presenza sulla falda di soluzioni di continuità o di elementi emergenti; in questo caso, gli elementi fermaneve andranno posizionati a protezione degli stessi.

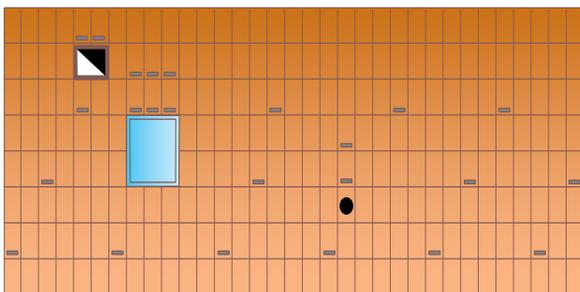
In caso di falde di pendenza tra il 30-35% e lunghezza intorno ai 6 m, per siti con altitudine inferiore a 750 m sul livello del mare, è sufficiente un elemento



**Fissaggio meccanico di elementi fermaneve in laterizio.**



**Schema di disposizione di elementi fermaneve in laterizio per siti di altitudine posti a 750 m sul livello del mare (a sinistra) e fino a 1200 m sul livello del mare (a destra).**



**Esempio di disposizione di elementi fermaneve per proteggere soluzioni di continuità e corpi emergenti.**

fermaneve ogni 5 elementi standard per tre file sfalsate in prossimità della linea di gronda; per siti con altitudine fino a 1200 m sul livello del mare è necessario un elemento ogni 2 standard,

sempre su tre file.

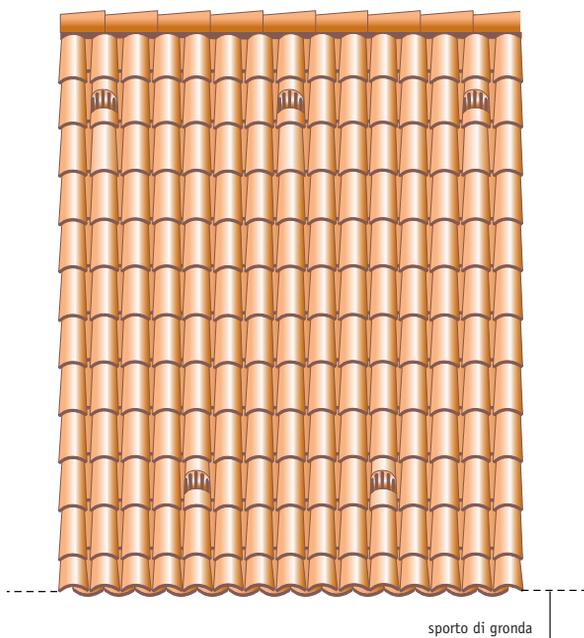
In alternativa agli elementi fermaneve in laterizio, possono usarsi speciali dispositivi metallici da fissare direttamente ai listelli di sostegno del manto.

## Posa degli elementi di aerazione

Gli elementi d'aerazione vanno posati, rispetto alla linea di massima pendenza, sfalsati tra loro allo scopo di estendere i benefici della circolazione dell'aria sottostante alla maggior superficie possibile di tetto. Gli elementi d'aerazione si dispongono per file orizzontali contestualmente alla posa delle tegole standard.

Su falde di forma regolare sono normalmente sufficienti due file: una sulla terza fila della linea di gronda e una sulla penultima fila prima della linea di colmo.

Elementi d'aerazione posti nella parte media della falda si rivelano di una certa utilità solo se quest'ultima supera i 6 m di lunghezza. Il numero degli elementi d'aerazione di ogni fila varia da 1 ogni 3 a 1 ogni 6 tegole standard, in funzione delle caratteristiche del tetto, della tipologia del manto e delle condizioni di contesto. Ulteriori elementi d'aerazione possono impiegarsi quando la geometria del tetto (cambiamenti di pendenza, presenza di compluvi, displuvi...) o la presenza di elementi emergenti ostacolano la circolazione d'aria nel sottostante.



Posizionamento delle tegole di aerazione.



Esempi di elementi di aerazione.

## Requisiti di accettazione

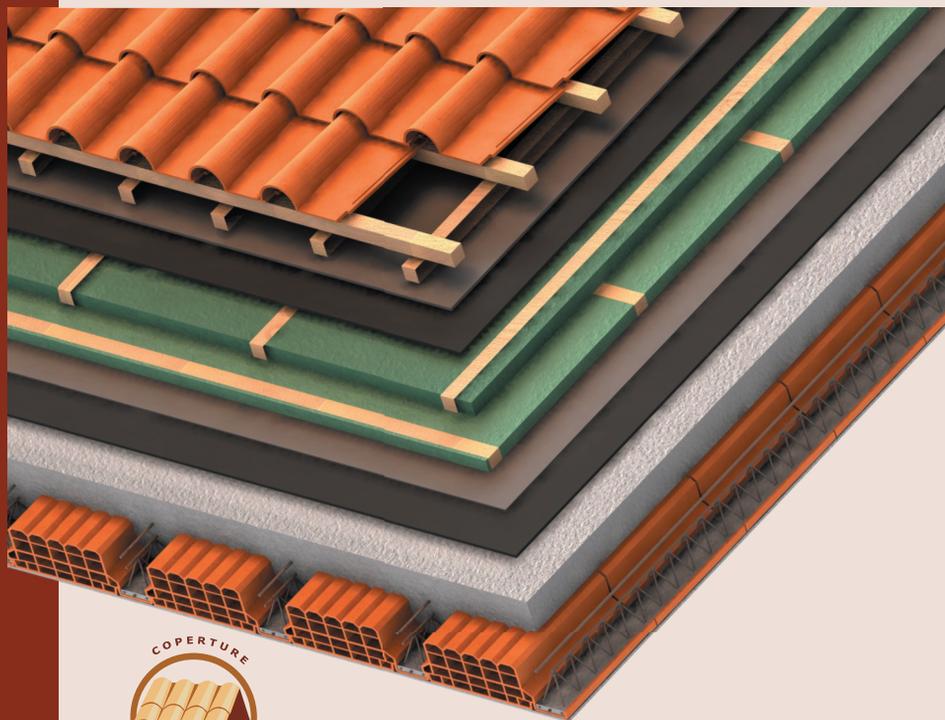
Prova	N. provini	Requisiti di accettazione previsti dalla norma UNI EN 1304	Metodo di prova
ASPETTO	almeno 100	Non sono ammessi più del 5% dei provini non conformi	UNI EN 1304
DIMENSIONI INDIVIDUALI	10	$L_A \leq \pm 2\%$ rispetto al valore dichiarato dal produttore $L_U \leq \pm 2\%$ rispetto al valore dichiarato dal produttore	UNI EN 1024
RETTILINEITA'	10	<b>Tegole ad incastro laterale e frontale, tegole con solo incastro laterale, tegole a sovrapposizione, tegole convesse e concave (coppi)</b> $R_L \leq \pm 1.5\%$ per le tegole la cui lunghezza totale dichiarata è > 300 mm $R_T \leq \pm 2\%$ per le tegole la cui lunghezza totale dichiarata è ≤ 300 mm  <b>Tegole piatte</b> $R_L, R_T \leq \pm 1.5\%$ per le tegole la cui lunghezza totale dichiarata è > 300 mm $R_L, R_T \leq \pm 2\%$ per le tegole la cui lunghezza totale dichiarata è ≤ 300 mm	UNI EN 1024
PLANARITA' (solo tegole)	10	<b>Tegole piatte</b> $C_p \leq \pm 1.5\%$ per le tegole la cui lunghezza totale dichiarata è > 300 mm $C_p \leq \pm 2\%$ per le tegole la cui lunghezza totale dichiarata è ≤ 300 mm  <b>Tegole ad incastro laterale e frontale, tegole con solo incastro laterale, tegole a sovrapposizione</b> $C_p \leq \pm 1.5\%$ per le tegole la cui lunghezza totale dichiarata è > 300 mm $C_p \leq \pm 2\%$ per le tegole la cui lunghezza totale dichiarata è ≤ 300 mm	UNI EN 1024
UNIFORMITA' DEL PROFILO TRASVERSALE (solo coppi)	10	$\Delta E_1 \leq 15$ mm $\Delta E_2 \leq 15$ mm	UNI EN 1024
CARICO DI ROTTURA A FLESSIONE	10	<b>Tegole piatte</b> $F_1 \geq 0.6$ kN  <b>Tegole convesse e concave (coppi), embrici (tegole romane)</b> $F_1 \geq 1.0$ kN  <b>Altri tipi di tegole (marsigliesi, portoghesi, olandesi)</b> $F_1 \geq 1.2$ kN	UNI EN 538
IMPERMEABILITA' ALLACQUA (Metodo 1: passaggio di acqua attraverso la tegola totalmente immersa, sotto un determinato battente di acqua)	10	<b>Categoria 1</b> $IF_s \leq 0.6$ cm <sup>3</sup> cm <sup>-2</sup> g <sup>-1</sup> $IF_m \leq 0.5$ cm <sup>3</sup> cm <sup>-2</sup> g <sup>-1</sup>  <b>Categoria 2</b> $IF_s \leq 0.9$ cm <sup>3</sup> cm <sup>-2</sup> g <sup>-1</sup> $IF_m \leq 0.8$ cm <sup>3</sup> cm <sup>-2</sup> g <sup>-1</sup>	UNI EN 539-1
RESISTENZA AL GELO	13	Livello 1= minimo 150 cicli Livello 2= minimo 90 cicli Livello 3= minimo 30 cicli Nota: in Italia è richiesto minimo il livello 2	UNI EN 539-2

**Numerosità dei provini, requisiti di accettazione e riferimenti normativi previsti dalla norma UNI EN 1304 per i prodotti in laterizio per coperture.**

### Legenda

- $L_A$ : larghezza media
- $L_U$ : lunghezza media
- $R_L$ : rettilineità media longitudinale
- $R_T$ : rettilineità media trasversale
- $C_p$ : coefficiente di planarità
- $\Delta E_1$ : scarto tra valore massimo e minimo misurato sulla parte stretta della tegola
- $\Delta E_2$ : scarto tra valore massimo e minimo misurato sulla parte larga della tegola
- $F_1$ : valore singolo del carico di rottura a flessione
- $IF_s$ : fattore di impermeabilità singolo
- $IF_m$ : fattore di impermeabilità medio

# Manti di copertura in laterizio: soluzioni per il comfort termoigrometrico



### Premessa

Le coperture in laterizio hanno subito, negli ultimi anni, fortissime trasformazioni: da un lato, sono mutate e si sono ampliate le forme che le caratterizzano per il ruolo che hanno acquisito nella composizione dell'edificio; dall'altro, si sono modificate ed affinate le tecnologie costruttive, sempre più complesse, per adattarsi alle nuove e più stringenti richieste prestazionali, oltre che formali. Le coperture hanno visto evolvere rapidamente la loro funzione: da semplice elemento di protezione, sono divenute un componente fortemente connotante l'immagine dell'edificio; nello stesso tempo, complice l'incremento del costo degli spazi residenziali, costituiscono oggigiorno, sempre più frequentemente, una stratigrafia di chiusura sommitale di spazi abitativi e, pertanto, ad esse sono richieste, oltre che le tradizionali prestazioni di tenuta, anche elevatissime caratteristiche termiche (per via delle nuove, sempre più pressanti, richieste normative) per assicurare necessarie riduzioni dei consumi e idonei livelli di comfort interno.

La conseguenza è che le coperture in laterizio, per rispondere alle mutate esigenze, si sono trasformate in un sistema estremamente complesso nel quale, sotto il manto in "cotto", si nasconde e partecipa dinamicamente una molteplicità di strati, aventi ciascuno una specifica funzione (dissipazione di calore, isolamento termico, tenuta all'aria, barriera al vapore, schermatura radiativa, ecc.).

Nelle pagine che seguono, nell'intento di fornire un quadro di soluzioni tecniche coerenti con le nuove richieste normative, vengono analizzate diverse soluzioni di copertura, caratterizzate da manti in laterizio, in grado di rispondere pienamente alle necessità tecniche attuali, evidenziando come proprio l'utilizzo di materiali della tradizione, noti e collaudati, possa garantire anche il pieno rispetto del contesto ambientale. La capacità delle coperture in laterizio di mediare tra isolamento e massa permette, in particolare, di ottenere, oltre ad una ormai imperativa riduzione dei consumi energetici, duratura protezione dall'umidità, isolamento dai rumori, inerzia termica, valenza architettonica, bassi costi di manutenzione, eccellente inserimento del "nuovo" nell' "esistente".

Ognuna delle diverse "stratigrafie" presentate è corredata da una sintetica scheda tecnica che ne traccia il profilo prestazionale, soprattutto dal punto di vista termico ed igrometrico (trasmissione termica stazionaria e periodica, sfasamento e attenuazione, capacità termica periodica). Alcune delle soluzioni costruttive prese in esame, inoltre, sono state anche analizzate sperimentalmente al fine di suffragare, con dati di laboratorio, quanto proposto.

Al raggiungimento di questi obiettivi, significativo è stato il contributo assicurato dalle aziende produttrici in termini di innovazione dei prodotti offerti al mercato e di livelli prestazionali assicurati nel lungo periodo.

Così, controlli continuativi in stabilimento certificati da "parte terza", marcatura CE dei materiali, miglioramento dei dispositivi di tenuta, ampliamento della gamma cromatica, perfezionamento della modalità di fissaggio, sviluppo e valorizzazione delle tipologie "ventilate", insieme concorrono a configurare un moderno "tetto in laterizio" come un sistema tecnologico multifunzionale, completo e affidabile.

## I modelli di funzionamento delle coperture

### *Il contenimento dei consumi energetici e la sostenibilità ambientale*

La necessità di ridurre gli effetti dell'inquinamento, ed in particolar modo la quantità di CO<sub>2</sub> immessa in atmosfera, ha determinato, a valle del protocollo di Kyoto e della Direttiva comunitaria SAVE, l'emanazione in Italia di un quadro normativo specifico (DLgs 192/05, DLgs 311/06, DPR 59/09) e di Linee Guida nazionali per la certificazione energetica con lo scopo di promuovere il contenimento dei consumi energetici per la climatizzazione degli edifici. L'energia necessaria al settore edilizio (circa il 40% del fabbisogno annuo nazionale) viene, infatti, prodotta principalmente per processi di combustione e pertanto è causa di emissione di CO<sub>2</sub> in atmosfera.

I Decreti e le Leggi regionali derivati, oltre ad imporre un contenimento globale dei consumi energetici per l'edificio, hanno fissato valori limite di trasmittanza termica (stazionaria e/o dinamica) sia per le soluzioni dell'involucro che per le coperture.

Su queste ultime in particolare, essendo responsabili mediamente tra il 25 ed il 35% delle dispersioni complessive di un edificio, si è appuntata fortemente l'attenzione del legislatore.

Ne consegue che oggi una soluzione di copertura, correttamente progettata ed eseguita, dal punto di vista delle prestazioni termoigrometriche deve adottare spessori di materiali isolanti molto più consistenti di quelli ai quali il contesto edilizio era finora avvezzo, oltre a stratificazioni aggiuntive (di ventilazione, di tenuta all'aria, di barriera al vapore) non sempre presenti nelle realizzazioni del passato.

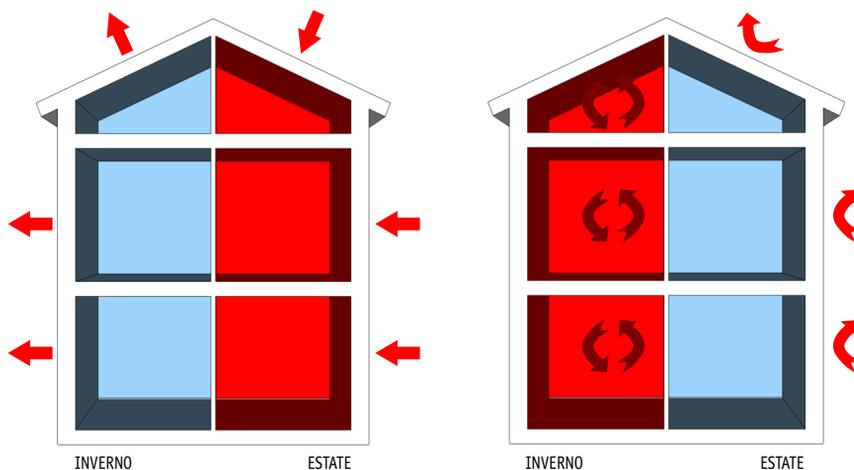


Figura 1 - Differenze di isolamento tra ieri (sinistra) e oggi (destra) con l'eliminazione dei flussi termici attraverso l'involucro dell'edificio.

### *I modelli di funzionamento delle coperture nell'attuale contesto*

Una copertura in laterizio è un sistema costruttivo particolarmente complesso, in termini prestazionali, per la caratteristica permeabilità all'aria del manto esterno. La presenza di uno strato di ventilazione sotto-manto, associato a tegole o coppi permeabili all'aria (grazie ai giunti tra gli stessi), dà luogo, infatti, a comportamenti termici ed igrometrici della "stratificazione" la cui dinamica è associata al modo in cui l'aria circola nell'intercapedine.

Per spiegare tale moto, viene utilizzata in linea di principio la teoria classica della ventilazione: l'aria, riscaldandosi, riduce la propria densità spostandosi verso l'alto e creando l'effetto normalmente detto "camino". Tale teoria, tuttavia, basandosi sull'assunzione di un'assoluta impermeabilità del manto, tende a favorire soluzioni costruttive basate su grandi altezze di intercapedine di ventilazione: maggiore è l'area di ingresso dell'aria, maggiore sarà, infatti, la portata. In realtà, occorre considerare che un manto in laterizio, rispetto ad un manto continuo, è fortemente permeabile all'aria e la superficie complessiva dei giunti di contatto tra gli elementi assemblati (tegole e coppi) eguaglia, e facilmente supera, quella che è necessario realizzare per garantire l'ingresso di aria in gronda. Pertanto, una soluzione costruttiva in laterizio possiede, come dimostrato sperimentalmente, capacità dissipative (termiche e igrometriche) decisamente superiori a quelle che la teoria classica della ventilazione è in grado di prevedere, assicurando effetti benefici già con modeste portate di aria.

Anche dal punto di vista normativo, le coperture, in termini di prestazioni termoigrometriche, vengono oggi distinte in *microventilate* e *ventilate*.

Le prime presentano una intercapedine di ventilazione costituita dal manto semplicemente appoggiato sui listelli ortogonali (o paralleli) alla pendenza della falda. Le seconde, invece, sono caratterizzate da una ventilazione assicurata dal raddoppio del listello (uno parallelo alla pendenza della falda ed uno sovrapposto ortogonalmente) o da dispositivi di sollevamento del manto (in materiali metallici, plastici o ottenuti con isolanti sagomati). E' possibile realizzare anche coperture nelle quali il canale di ventilazione viene fisicamente separato, mediante tavolati lignei, dallo spazio microventilato sottomanto.

Nel periodo estivo, l'ingresso di aria esterna (con temperature difficilmente superiori ai



Figura 2 - Ventilazione sotto-manto mediante intercapedine unica.

a  
b  
c  
d

Legenda:

a listelli di appoggio del manto,  
b listello per la creazione del canale di ventilazione, c sistema di tenuta all'acqua e/o all'aria, d isolante.

30÷35°C), sia dalla gronda che attraverso i giunti tra i diversi elementi del manto, riesce a favorire l'abbattimento delle temperature dei differenti strati componenti la copertura, raffreddando, anche sul lato inferiore, il manto stesso, il quale, per effetto della radiazione solare, può raggiungere anche temperature di 50÷55°C. Il passaggio di aria esterna (in fase invernale, con bassi contenuti di vapor d'acqua) nell'intercapedine ventilata ha anche il vantaggio di ridurre i contenuti di umidità negli isolanti. E' questo un aspetto particolarmente importante visto che la conducibilità termica degli strati coibenti tende a ridursi con l'innalzamento dei contenuti d'acqua negli stessi. Ogni materiale posto in un ambiente ad una certa umidità relativa "adsorbe", infatti, molecole di vapore sulla superficie dei pori che lo costituiscono e, vista la rilevante conducibilità dell'acqua rispetto all'isolante (100 a 1), perde rapidamente in capacità prestazionale.

Come noto, le norme vigenti sul risparmio energetico in edilizia hanno incrementato enormemente le richieste di isolamento termico delle coperture dissociando i comportamenti termoigrometrici del manto superiore da quelli del solaio di appoggio. La presenza di un isolante in forte spessore comporta, infatti (come verrà puntualmente illustrato in seguito, sulla base di risultanze sperimentali), una riduzione significativa dei flussi termici, in fase estiva, trasmessi all'interno dell'ambiente abitato attraverso gli elementi di copertura, comportando, nello stesso tempo, un innalzamento delle temperature degli elementi del manto e della superficie esterna dello strato isolante.

Da ciò conseguono alcune significative modifiche ai criteri in base ai quali, fino ad oggi, sono state progettate e realizzate le coperture: ad esempio, la ventilazione ridurrà la sua importanza ai fini del comfort termico; saranno sufficienti camere di ventilazione di minori dimensioni; la ventilazione stessa garantirà comunque la durabilità del "pacchetto" in quanto permetterà di regolare le temperature del manto e dell'isolante termico posto nel "pacchetto" della copertura; quest'ultimo, se igroscopico, dovrà prevedere una barriera all'aria posta superiormente e una barriera al vapore sul lato caldo (inferiormente); il solaio, vista la riduzione dei flussi termici che lo attraversano, anche dall'interno verso l'esterno, dovrà essere dimensionato, in relazione al suo impiego, anche come volano termico per l'accumulo di calore eventualmente entrato attraverso gli elementi trasparenti o prodotto da carichi termici interni.

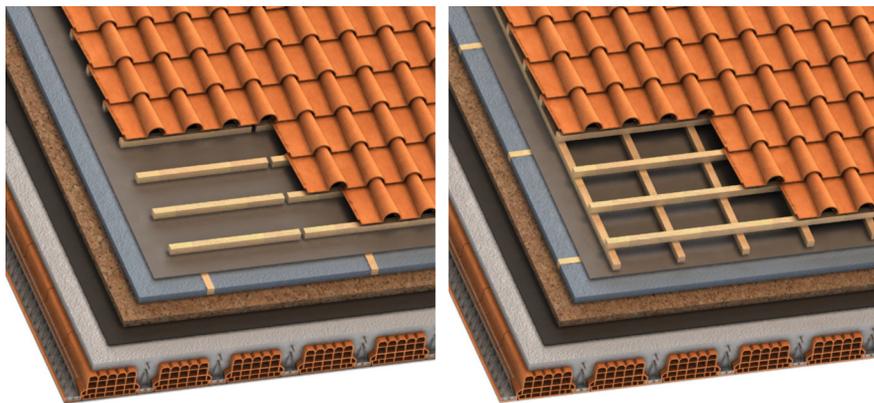


Figura 3 - Manto di copertura microventilato, a sinistra, e ventilato (con doppio listello), a destra.

### *Il supporto dei dati sperimentali*

Per verificare le affermazioni precedentemente riportate, sono state condotte delle attività sperimentali consistenti nella realizzazione di un edificio con alcune soluzioni di copertura (dettagliate nelle schede a corredo), poste a confronto nelle stesse condizioni ambientali. L'edificio, di 80 m<sup>2</sup>, è dotato di una copertura composta da 6 diverse tipologie di "stratificazioni", con orientamento sud (con leggera rotazione di 10° a ovest) ai fini dell'analisi delle relative prestazioni termoigrometriche in fase estiva, ed altrettante con orientamento nord (per l'analisi invernale). Le coperture a sud sono inclinate di circa 17° e sono lunghe 6 m. Le coperture poste verso nord sono lunghe 3 m. La ricerca condotta ha permesso di dimostrare come, a dispetto della teoria classica della ventilazione, esistano forti differenze di comportamento termico tra i diversi sistemi di copertura presi in considerazione, evidenziando come le soluzioni in "cotto" presentino dei concreti vantaggi, legati alle peculiari caratteristiche (radiative e di permeabilità all'aria) dei materiali utilizzati per il manto.

La sperimentazione svolta ha, in effetti, dimostrato come i manti "discontinui" in laterizio diano luogo in periodo estivo, a parità di ventilazione, a flussi termici entranti pari alla metà di quelli con manto continuo (ad esempio, metallico). Ciò perché il laterizio è caratterizzato da coefficienti di assorbimento medi (minore surriscaldamento per irraggiamento) e di emissività elevati (possono essere cedute per reirraggiamento grandi quantità di calore). Inoltre, poiché nelle coperture in "cotto" è predominante l'effetto di permeabilità del manto (giunti tra gli elementi componenti) rispetto all'effetto camino (ventilazione sottomanto), si è registrato un flusso dell'aria prevalente tra le tegole (o i coppi) piuttosto che tra gronda e colmo, testimoniando che queste tipologie di coperture posseggono capacità dissipative non possibili nei sistemi di copertura con manto continuo (o a perfetta tenuta).

Va evidenziato, tuttavia, come l'elevato spessore di isolante oggi richiesto in tutte le coperture, riduca, rispetto al passato, l'influenza del manto e della sua permeabilità sul comfort interno: le differenze di comportamento riscontrate con l'adozione di camere di ventilazione con altezze pari a 6÷8 cm rispetto ai 3÷4 cm del solo listello di appoggio (microventilazione) sono limitatissime e concentrate alle pochissime ore del giorno con massimo irraggiamento.



*I diversi manti di copertura (da sinistra a destra):*

- metallico ventilato (6 cm) su solaio in latero-cemento;
- laterizio ventilato (6 cm) su solaio in latero-cemento;
- laterizio ventilato su solaio ligneo;
- laterizio microventilato su solaio ligneo;
- metallico ventilato su solaio ligneo;
- metallico non ventilato su solaio ligneo.

*Figura 4 – L'edificio sperimentale e le coperture continue e discontinue oggetto di studio.*

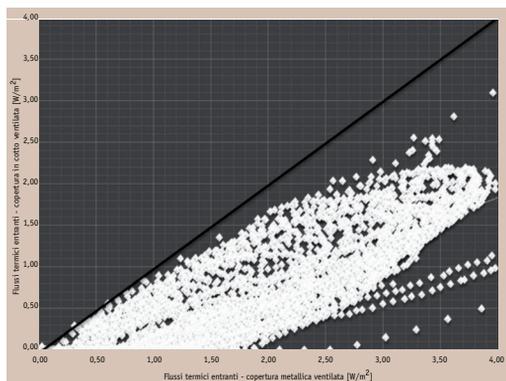


Figura 5 - Flussi termici passanti attraverso una copertura a parità di trasmittanza e di camera di ventilazione: ogni punto sul grafico è individuato da due valori ( $x$  ed  $y$ ) che sono, rispettivamente, i flussi termici passanti attraverso una copertura metallica ed una in laterizio. Se il punto si trova sotto la retta (luogo dei punti per i quali i flussi passanti sono identici) significa che sono maggiori quelli passanti attraverso la copertura metallica. In fase estiva, si evidenziano per le coperture metalliche flussi pari a circa il doppio di quelli entranti in una copertura in laterizio a parità di condizioni climatiche.

La sperimentazione, infine, ha dimostrato l'importante funzione della ventilazione anche ai fini della durabilità del sistema tetto.

In particolare, le soluzioni con manto metallico e assenza di ventilazione, per via dell'elevato spessore di isolamento (che, riducendo la trasmissione del calore verso l'ambiente interno, causa l'innalzamento delle temperature di ciò che gli sta sopra), hanno raggiunto nel manto e nell'isolante, nei momenti di maggiore irraggiamento, elevate temperature che potrebbero compromettere la durabilità, in particolare, dei materiali di natura sintetica. Si sono registrate, inoltre, per coperture non ventilate con manto continuo -non in laterizio-, temperature sulla superficie superiore dell'isolante maggiori di 60÷65°C rispetto ai 40÷45°C di una soluzione con manto in laterizio.

Si è rilevato, infine, il ruolo positivo del solaio in latero-cemento, rispetto al solaio in legno, nel comportamento inerziale del sistema di copertura rispetto ai carichi termici interni (riscaldamento invernale): la presenza di massa attenua l'oscillazione delle temperature superficiali (maggior comfort) e minimizza i carichi termici necessari per il riscaldamento (fino al 25%). Va precisato che ci si riferisce alla sola massa posta internamente (solaio), in quanto l'elevato isolamento delle soluzioni costruttive, oggi adottate, minimizza il ruolo della massa esterna (manto) ai fini dello sfasamento termico. Passando agli aspetti di natura igrometrica, i dati sperimentali confermano come la ventilazione riesca, anche con sistemi ad alto spessore di coibente, a garantire il mantenimento nel tempo delle prestazioni della copertura, impedendo accumuli igroscopici anomali negli isolanti, mentre, nelle soluzioni non ventilate (a manto continuo) si registrano negativi (per prestazioni e durata) incrementi progressivi di acqua negli isolanti igroscopici.

In conclusione, si riassumono le principali caratteristiche prestazionali del "sistema tetto", in termini di:

- *benessere interno*: la discontinuità tra gli elementi del manto in laterizio consente, in fase estiva, una capacità di dissipazione aggiuntiva del calore rispetto ad altre tipologie con sistemi ventilati, garantendo adeguate condizioni di comfort nell'ambiente abitato e limitando l'impiego di impianti di climatizzazione;
- *controllo igrometrico del sistema costruttivo*: la particolare modalità di ventilazione consente la riduzione dei contenuti d'acqua nei materiali posti sotto il manto, migliorando le prestazioni termiche degli isolanti e riducendo il rischio di formazione di muffe tossiche per l'uomo;

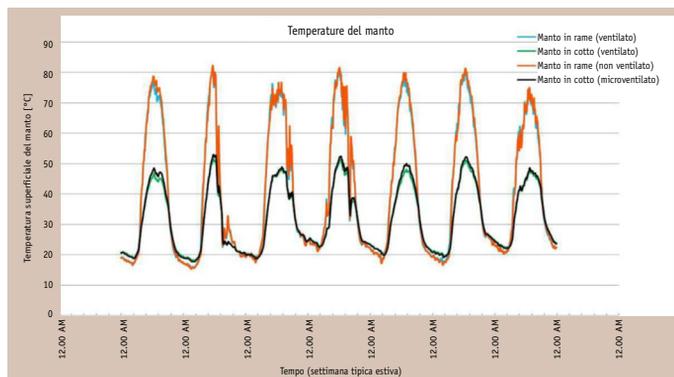


Figura 6 - Temperature rilevate su manti di copertura in laterizio ed in metallo in fase estiva (le 4 coperture sono identiche in termini di trasmittanza stazionaria).

- *corretto funzionamento del sistema di copertura*: la conformazione del sistema di ventilazione accoppiato al manto in laterizio impedisce che a carico degli isolanti si raggiungano, soprattutto in estate, temperature eccessivamente elevate e, inoltre, mantiene i materiali in condizioni di esercizio ottimali. L'elevato livello di isolamento oggi richiesto spinge a sistemi "iperisolati" che registrano, come conseguenza, il raggiungimento di elevate temperature a carico della superficie esterna dell'isolante;
- *durabilità*: i centri storici delle città italiane sono dominati dal colore rosso delle coperture in "cotto", testimoniando in modo incontestabile come il laterizio, a differenza di altre tipologie di manti, possiede la capacità di mantenersi inalterato attraverso gli anni.

Inoltre, si possono aggiungere ulteriori considerazioni dal punto di vista ambientale: il laterizio del manto è inerte; non ha cessioni di sostanze (metalli pesanti, ecc.) che possono causare inquinamento delle acque, a differenza di altre tipologie di materiali per coperture; infine, è totalmente riciclabile a fine vita.

### Le soluzioni tecniche ed i criteri di scelta

Per agevolare il progettista nell'individuazione di una soluzione di copertura adeguata alle sue esigenze, sono state redatte 12 sintetiche schede tecniche che riportano informazioni descrittive e prestazionali relative a sistemi di copertura discontinui, con elementi di tenuta in laterizio (tegole e coppi). All'interno di ogni scheda, sono anche indicate le possibili alternative alla soluzione tecnica proposta, in relazione alla tipologia di materiale isolante e alla presenza o meno di strati accessori, quali barriera al vapore, guaina impermeabilizzante e strato di tenuta all'aria. Le soluzioni prospettate sono tecnicamente utilizzabili sia negli interventi di recupero che per le nuove costruzioni.

In 3 "stratigrafie", il solaio viene realizzato con elementi lignei e tavelle (L1, L2 e L3) o tavolato ligneo (L4, L7 e L8), con una intercapedine di ventilazione singola o doppia (può essere presente sia un canale sottomanto che un canale aggiuntivo, separato dal primo). In queste soluzioni, essendo il solaio di tipo leggero, viene proposto (ai fini del comfort termico

e del rispetto del limite di massa areica piuttosto che di quello di trasmittanza periodica) un doppio isolamento costituito dalla sovrapposizione di un isolante a media ed uno a bassa densità.

La soluzione L4 mantiene, come in L1, L2 e L3, il doppio strato di isolamento. Il solaio in latero-cemento viene previsto in 6 soluzioni (LC5, LC6, LC9, LC10, LC11, LC12). Queste soluzioni si differenziano tra loro nel seguente modo: LC12 per un doppio canale di ventilazione;

SOLAIO		VENTILAZIONE				ISOLAMENTO TERMICO		SOLUZIONE		
Tipo	h (cm)	Modalità	Sottomanto		Con canale separato		Modalità	Natura	Num.	Sigla
			Tipo	h (cm)	Tipo	h (cm)				
Solaio in legno con tavelle	3,3	doppia (sottomanto + canale)	doppio listello	6-8	canale sotto tavolato ligneo	2	doppio isolante per incremento massa areica	EPS o similari + fibra mineralizzata o similari	1	L1
Solaio in legno con tavelle e cappa collaborante	3,3+5	doppia (sottomanto + canale)	listello	3-4	canale sotto tavolato ligneo	2			3	L2
				tavelloni	5	L3				
Solaio in legno con tavolato	2,5	doppia (sottomanto + canale)	doppio listello	6-8	canale sotto tavolato ligneo	2	doppio isolante per incremento massa areica	EPS o similari + fibra mineralizzata o similari	4	L4
	5	singola (sottomanto)			assente				-	singolo (bassa massa)
			listello	3-4	assente	-			8	
Solaio in latero-cemento	20+6	doppia (sottomanto + canale)	listello	3-4	canale sotto tavolato ligneo	6	singolo (bassa massa)	EPS o similari	12	LC12
			doppio listello	6-8	assente	-	singolo (bassa massa)	EPS o lana di roccia o sughero o lana di legno o similari	5	LC5
	16+6	listello	3-4	assente	-	singolo (bassa massa)	poliuretano	11	LC11	
	20+6	singola (sottomanto)	doppio listello	6-8	assente	-	doppio isolante per incremento massa areica	EPS o similari + fibra mineralizzata o similari	9	LC9
			listello	3-4	assente	-	singolo (bassa massa)	EPS o lana di roccia o sughero o lana di legno o similari	6	LC6
			appoggio diretto	-	assente	-		EPS o isolanti similari sagomati	10	LC10

Tabella 1 - Quadro sinottico delle "stratigrafie" di coperture in laterizio proposte.

LC5 e LC11 con canale di ventilazione sottomanto realizzato, rispettivamente, con listello doppio e singolo; LC9 come LC5, ma con doppio isolamento per innalzare la massa areica; LC6 con ventilazione sottomanto a listello singolo; LC10 con ventilazione sottomanto, ma con tegole e/o coppi in appoggio diretto su isolante sagomato. Il quadro riepilogativo delle soluzioni proposte è riportato nella tabella 1.

### Accorgimenti per la progettazione ed esecuzione

Vi sono alcuni aspetti nella realizzazione dei sistemi di copertura, spesso sottovalutati, determinanti per il corretto funzionamento dell'involucro, sia come regolatore dei flussi termoisolometrici che di protezione dagli agenti atmosferici, che possono dare luogo a prestazioni ben differenti dalle previsioni progettuali. Tali aspetti vanno attentamente considerati in una progettazione accurata e competente, soprattutto nella fase di messa in opera in cantiere. Con riferimento alla fig. 7, l'isolante deve essere posato con continuità, evitando riduzioni di spessore, per evitare brusche variazioni di trasmittanza, in alcune zone, che causerebbero inefficienza energetica e problemi di condensazione localizzati (1).

La barriera all'aria, preferibile soprattutto su isolanti di tipo igroscopico (fibrosi), svolge importanti funzioni: impedire la condensazione a carico dell'isolante; limitare i fenomeni di *air-washing* (intrusione di aria fredda) nell'isolante; ridurre le perdite di calore attraverso il passaggio di aria tra i giunti del sistema (2).

La barriera all'aria, oltre a possedere determinati requisiti igrometrici ( $S_d$ ), deve essere resistente allo strappo in quanto costituisce il punto di appoggio delle lavorazioni successive (3). Se si posiziona uno strato impermeabilizzante sopra l'isolante, occorre verificare il rischio di condensa che può originarsi a ridosso dell'isolante stesso. E' consigliabile nel caso di limitate pendenze o per particolari condizioni ambientali/progettuali inserire uno strato di tenuta all'acqua. In ogni caso è preferibile farla risvoltare nel canale di gronda (4).

Nel caso di isolanti igroscopici, si deve posizionare una barriera al vapore sul lato caldo (sotto l'isolante); nel caso di isolanti scarsamente igroscopici, la barriera al vapore perde la sua funzione (5).

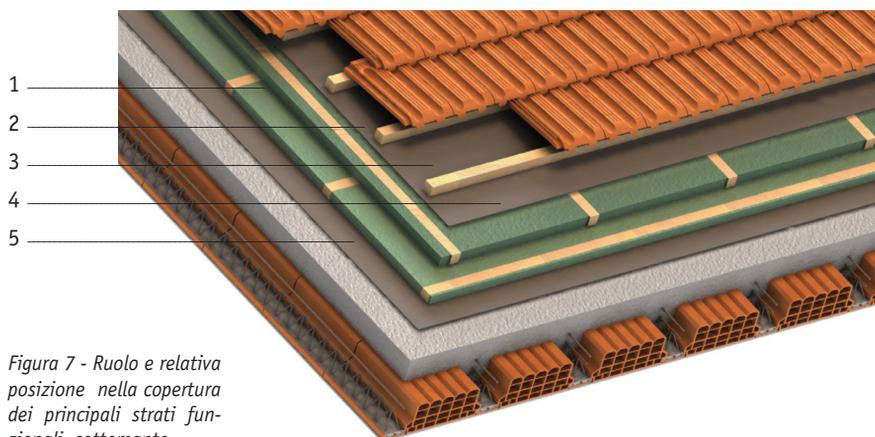


Figura 7 - Ruolo e relativa posizione nella copertura dei principali strati funzionali sottomanto.

## Il quadro normativo di riferimento

Al fine di progettare correttamente una copertura in laterizio, da un punto di vista termoigrometrico, occorre far riferimento alla normativa tecnica di settore che può essere suddivisa in tre ambiti. Sono riconducibili ad un primo ambito tutte le norme che riportano la terminologia, l'analisi degli strati funzionali, le regole di progettazione generale e i criteri di esecuzione delle coperture con manto discontinuo, in cui l'elemento di tenuta è costituito da tegole e coppi di laterizio. Definizioni funzionali e geometriche di tutti i possibili elementi della copertura sono riportate nelle norme UNI 8089 (1980), UNI 8090 (1980) e UNI 8091 (1980). La norma UNI 8178 (1980) fornisce un'analisi della funzione svolta dagli elementi del manto e dai diversi strati da considerare nella progettazione delle coperture. La norma UNI 9460 (2008), infine, riporta le istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione di coperture discontinue; il testo contiene, inoltre, una classificazione di schemi funzionali per le coperture, già presente nella UNI 8627 (1984).

Un secondo ambito normativo riguarda le procedure per il calcolo e la verifica delle prestazioni termiche ed igrometriche delle strutture di involucro. La legge italiana in materia di efficienza energetica degli edifici prescrive valori limite per la trasmittanza termica in regime stazionario  $U$  e per la trasmittanza termica periodica  $Y_{TE}$ , oltre alla verifica igrometrica dell'involucro. La norma UNI EN ISO 6946 (2008) fornisce il metodo per il calcolo della trasmittanza termica  $U$  e della resistenza termica dei componenti e degli elementi per edilizia, escluse porte, parti vetrate e componenti che scambino calore con il terreno.

Il calcolo delle prestazioni termiche dinamiche, quali trasmittanza periodica  $Y_{TE}$ , sfasamento e attenuazione dell'onda termica, va eseguito secondo il metodo riportato in UNI EN ISO 13786 (2008); la norma precisa, in particolare, quali sono le informazioni sul componente edilizio necessarie per il calcolo. La procedura per la verifica termoigrometrica è riportata in UNI EN ISO 13788 (2003), che definisce un metodo di riferimento per determinare la temperatura superficiale interna minima dei componenti edilizi tale da evitare la crescita di muffe, in corrispondenza a valori prefissati di temperatura e umidità relativa interna; inoltre, indica il metodo per la valutazione del rischio di condensazione interstiziale dovuta alla diffusione del vapore acqueo.

Un ultimo ambito normativo, di forte interesse per chi affronta il progetto di una copertura e più in generale il progetto di una qualsiasi struttura di involucro, riguarda l'insieme di norme tecniche che contengono le principali caratteristiche dei materiali. Tali caratteristiche infatti, non sempre dichiarate dai produttori, sono indispensabili per il calcolo delle trasmittanze termiche e per la verifica termoigrometrica delle varie soluzioni costruttive oggetto di analisi. La norma UNI 10355 (1994), ad esempio, riporta i valori delle resistenze termiche unitarie relative alle tipologie di murature e solai maggiormente diffuse in Italia; la norma UNI EN ISO 10456 (2008) specifica i metodi per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto per materiali e prodotti per l'edilizia che siano termicamente omogenei (in essa è contenuta, inoltre, una banca dati con valori di progetto in funzione della densità, conducibilità termica, calore specifico e fattore di resistenza alla diffusione del vapore, per prodotti comunemente utilizzati nelle costruzioni); allo stesso modo, in UNI EN 1745 (2005), sono trattate in modo decisamente più attuale ed aggiornato le murature e i prodotti per muratura.

### ***Come contenere i consumi energetici in fase invernale***

Tutte le soluzioni di copertura presentate permettono di ottenere i valori di trasmittanza termica stazionaria e periodica ( $U$  e  $Y_{IE}$ ) imposti dal legislatore. Mentre il rispetto di tali livelli (2010) appare adeguato al contenimento dei consumi energetici in fase invernale, non è tuttavia opportuno cercare di ridurle ulteriormente l'entità, in quanto potrebbero generarsi problematiche che possono penalizzare in modo significativo il comfort abitativo: una soluzione costruttiva "fortemente" isolata, infatti, impedisce tanto l'ingresso quanto la fuoriuscita del calore; di conseguenza, in fase estiva, un eventuale apporto termico attraverso una superficie vetrata non potrà essere dissipato verso l'esterno e, conseguentemente, si avrà il surriscaldamento dell'aria interna. Peraltro, occorre ricordare che per produrre l'isolante, che sarà utilizzato in un edificio, è necessario impiegare energia: se questa risultasse vicina quantitativamente a quella che si può risparmiare nel corso della vita utile dello stesso edificio, sarà clamorosamente mancato l'obiettivo di risparmio energetico.

### ***Come contenere i consumi energetici in fase estiva***

Per contenere i consumi energetici in fase estiva (raffrescamento), è indispensabile evitare l'innalzamento delle temperature dell'aria interna e delle superfici che delimitano l'ambiente abitativo (specialmente la copertura). Per ottenere questo, il legislatore ha introdotto, per alcune zone, un limite sulla trasmittanza termica periodica ( $Y_{IE}$ ), allo scopo di ridurre il flusso termico entrante a valori talmente bassi tali da minimizzare al massimo gli effetti delle sollecitazioni termiche esterne (irraggiamento). Tuttavia, il raggiungimento di bassi valori di  $Y_{IE}$  attraverso il ricorso all'"iperisolamento", come specificato, oltre ad un problema di equilibrio energetico complessivo della soluzione adottata (produzione, risparmio conseguibile nell'arco della vita utile), potrebbe ingenerare anche condizioni inaccettabili di comfort interno (se non ricorrendo ad energivori condizionatori) in presenza di significativi carichi termici interni.

### ***Come migliorare il comfort termico interno***

L'attuale normativa impone forti limiti sulla trasmittanza termica (periodica e stazionaria), specialmente per le coperture. Il rispetto di questi limiti rende modestissimi i flussi termici trasmessi verso l'interno, annullando ogni possibile considerazione sull'utilità di uno sfasamento termico dell'onda esterna. Nello stesso tempo, però, il rispetto di questi limiti, se attuato con soluzioni senza massa (sul lato interno della copertura), rischia di provocare l'incapacità delle soluzioni costruttive impiegate di attenuare l'oscillazione delle temperature negli spazi abitati in caso di carichi termici interni, provenienti, ad esempio, da superfici finestrate. Pertanto, per ottenere il maggior comfort termico interno possibile occorre, contemporaneamente, minimizzare il valore della trasmittanza periodica ( $Y_{IE}$ ) e innalzare il più possibile il valore della capacità interna periodica  $C_{ip}$  (grandezza che esprime la capacità del sistema costruttivo di attenuare le temperature superficiali sul lato interno).

La grandezza  $Y_{IE}$  è sicuramente più piccola per quelle soluzioni di copertura che presentano canali di ventilazione, in quanto l'aria attenua l'oscillazione provocata dall'irraggiamento; la grandezza  $C_{ip}$  è più grande, invece, in presenza, ad esempio, di una consistente massa interna, quale quella di un solaio in latero-cemento, con alta capacità di accumulo termico, condizione questa indispensabile per contenere negli ambienti inaccettabili differenze di temperatura superficiale (*discomfort*).

## Schede tecniche: legenda interpretativa

### **Organizzazione**

Le schede delle "stratificazioni" di copertura esaminate sono organizzate secondo quanto appresso indicato.

### *Codice alfanumerico*

Ogni soluzione tecnica è contrassegnata da un codice alfanumerico così articolato:

- sigla indicante la tipologia di solaio [solaio in legno (L), solaio in latero-cemento (LC)];
- codice numerico costituito dal numero progressivo della scheda.

### *Descrizione del sistema di copertura e indicazioni degli strati funzionali che lo compongono*

Si fornisce una descrizione sintetica della copertura analizzata nella scheda, indicandone:

- altezza e tipologia dell'intercapedine di ventilazione;
- modello e spessore del solaio;
- massa areica.

### *Caratteristiche del sistema di copertura*

Per ogni soluzione, sono riportati:

- il valore approssimato, o l'intervallo di valori, che la massa areica può assumere;
- lo spessore dello strato di isolante necessario affinché il sistema di copertura verifichi le disposizioni normative relative alle trasmittanze termiche  $U$  e  $Y_{IE}$ .

### *Aspetti termici e igrometrici*

Per ogni soluzione tecnica, in relazione a ciascuna zona climatica e al materiale isolante utilizzato, sono riportati i livelli prestazionali in merito a:

- trasmittanza termica in regime stazionario ( $U$ );
- trasmittanza termica periodica ( $Y_{IE}$ );
- fattore di decremento ( $f_d$ );
- sfasamento dell'onda termica ( $\varphi$ );
- capacità termica areica lato interno ( $C_{IP}$ );
- valore massimo di spessore equivalente d'aria, per la diffusione del vapore acqueo, che lo strato di tenuta all'aria può assumere ( $Sd_T$ ).

### **Caratteristiche delle soluzioni tecniche contenute nelle schede**

#### *Massa areica [kg/m<sup>2</sup>]*

Viene dato un unico valore approssimato nel caso in cui le variazioni di spessore dell'isolante siano trascurabili; altrimenti, sono forniti gli estremi dell'intervallo di valori che la massa areica può assumere. Nel calcolo non sono stati computati i pesi dei listelli di supporto degli elementi di tenuta e degli strati accessori, quali la guaina impermeabilizzante, la barriera al vapore e lo strato di tenuta all'aria.

### *Caratteristiche dell'elemento termoisolante*

Per tutte le zone climatiche, è indicato lo spessore, in funzione del materiale scelto, che lo strato o gli strati di isolamento devono avere affinché il sistema di copertura risponda ai requisiti di  $U$  e  $Y_{IE}$  indicati nel DLgs 311/2006 e nel DPR 59/09, con riferimento al 2010. L'analisi ha messo in evidenza che, nella maggior parte dei casi, è sufficiente dimensionare l'isolamento in funzione dei limiti previsti per la trasmittanza termica  $U$ . Per masse areiche molto basse (inferiori a  $90 \text{ kg/m}^2$ ), il dimensionamento, eseguito in funzione della trasmittanza termica periodica  $Y_{IE}$ , porta all'abbattimento ulteriore della trasmittanza stazionaria.

### **Aspetti termici**

#### *Trasmittanza termica $U$ [ $W/m^2K$ ]*

Tutti i sistemi di copertura analizzati sono riconducibili allo schema funzionale di copertura dotata di strato termoisolante e di ventilazione. La procedura utilizzata per il calcolo del parametro  $U$  è quella che la norma UNI EN ISO 6946 (2008) indica per gli elementi fortemente ventilati. In questo caso, la trasmittanza termica si ottiene trascurando il contributo dell'intercapedine e di tutti gli strati compresi tra l'intercapedine stessa e l'ambiente esterno; come resistenza superficiale esterna, si applica il valore corrispondente all'aria immobile.

#### *Trasmittanza termica periodica $Y_{IE}$ [ $W/m^2K$ ]*

La normativa internazionale (UNI EN ISO 13786: 2008) fornisce un metodo semplificato per il calcolo delle caratteristiche termiche dinamiche; il metodo è applicabile per componenti edilizi costituiti da strati piani di materiali omogenei. Nel caso di intercapedini d'aria piane, per determinare la resistenza termica dello strato d'aria, utile ai fini del calcolo di  $Y_{IE}$ , si rimanda alla norma UNI EN ISO 6946. La trasmittanza termica periodica, quindi, è stata calcolata trascurando il contributo dell'intercapedine e di tutti gli strati tra l'intercapedine stessa e l'ambiente esterno e applicando la resistenza superficiale esterna propria dell'aria immobile.

#### *Fattore di decremento $f_d$ [-]*

Come indicato nella norma UNI EN ISO 13786 (2008), tale parametro è dato dal rapporto tra la trasmittanza termica periodica  $Y_{IE}$  e la trasmittanza termica in condizioni stazionarie  $U$ .

#### *Sfasamento $\varphi$ [h]*

Tale grandezza è definita come il periodo di tempo tra l'ampiezza massima di un fenomeno variabile e periodico e la massima ampiezza dei suoi effetti in un determinato contesto. In questo caso, il fenomeno è l'onda termica applicata sul lato esterno della copertura; l'effetto, invece, è il flusso termico entrante all'interno degli spazi abitati.

#### *Capacità termica areica lato interno $C_{ip}$ [ $kJ/m^2K$ ]*

Calcolata secondo la norma UNI EN ISO 13786 (2008), è il valore per unità di superficie della capacità termica. Tale parametro prende in considerazione anche i carichi interni ed esprime la capacità che il sistema costruttivo ha di attenuare le oscillazioni di temperatura superficiale sul lato interno, contribuendo in modo determinante al comfort abitativo.

### Aspetti igrometrici

La valutazione del rischio di condensazione interstiziale, dovuta alla diffusione del vapore acqueo, richiede che siano note le condizioni al contorno di temperatura e umidità relativa (UR), sia sul lato interno che sul lato esterno. Le condizioni interne, in particolare, dipendono dalla destinazione d'uso. In merito, il DPR 59/09, qualora non esista un sistema di controllo dell'umidità relativa interna, prescrive di adottare le seguenti condizioni:  $T=20^{\circ}\text{C}$  e  $UR=65\%$ . Le condizioni esterne vengono fornite, per ogni capoluogo di provincia, dalla UNI 10349 (1994). In sede di analisi, si è deciso di valutare il rischio di condensazione interstiziale per un solo capoluogo rappresentativo della specifica zona climatica, selezionato in base alle temperature più basse e, a parità di temperatura, con valori di UR più alti. In particolare, vengono riportati i valori limite, come spessore di aria equivalente ( $S_d = \mu \times$  spessore prodotto), degli strati complementari, quali la guaina impermeabilizzante, la barriera al vapore e l'elemento di tenuta all'aria, che impediscono la condensazione interstiziale. Il rischio di condensazione interstiziale, infatti, è funzione del valore  $S_d$  dello strato complementare e della posizione che esso occupa nella stratigrafia complessiva. La grandezza  $S_d$  esprime, nello specifico, la permeabilità al vapore di un materiale in termini di rapporto con l'aria (UNI EN ISO 13788: 2008). Un valore di  $S_d$  pari ad 1 m significa, in particolare, che il materiale (in un certo spessore) ha la stessa permeabilità al vapore che avrebbe uno strato di aria di spessore pari ad 1 metro. Nelle schede è fornito in particolare il seguente parametro:

$S_{d_T}$  [m]:  $S_d$  massimo che può avere lo strato di tenuta all'acqua e/o all'aria, in assenza di guaine/barriere al vapore poste sul lato caldo dell'isolante, in modo che non avvengano fenomeni di condensazione interstiziale. Valori superiori richiedono necessariamente una opportuna verifica da parte del progettista.

Per fare un esempio, si prenda la soluzione L2 di pag. 19 (zona climatica C). Se si impiega come strato di tenuta superiore (strato c nella legenda) una guaina impermeabilizzante e se questa ha un  $S_{d_T} > 2$  ci sarà sicuramente condensazione negli strati sotto la guaina. In tal caso, occorre inserire una barriera al vapore sul lato caldo dell'isolante per evitare che la condensazione riduca le capacità coibenti dell'isolante stesso. Se  $S_{d_T} < 2$  non occorre inserire ulteriori strati, né fare verifiche.

### Schede tecniche: specifiche dei materiali

Le procedure per il calcolo delle prestazioni termiche e per la valutazione del rischio di condensazione interstiziale richiedono che siano noti, per ogni elemento della stratigrafia, i seguenti valori: densità ( $\rho$ ), conducibilità termica ( $\lambda$ ), calore specifico ( $C_{\text{lat}}$  per il laterizio,  $C_{\text{cls}}$  per il calcestruzzo,  $C_i$  per l'isolante,  $C_l$  per gli elementi in legno e  $C$  per gli altri prodotti), resistenza termica ( $R$ ) e fattore di resistenza alla diffusione del vapore acqueo ( $\mu$ ). Nel caso di elementi non omogenei, si introducono i valori equivalenti delle stesse grandezze; ad esempio, per i solai in latero-cemento il valore della conducibilità termica è ricavato dalla resistenza termica complessiva e dallo spessore. Di seguito, sono indicate le specifiche di tutti i materiali o strati che compongono i sistemi di copertura analizzati nelle schede.

## I laterizi: impieghi, prestazioni e corretta posa in opera

### Solai in latero-cemento

	$\rho_{eq}$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda_{eq}$ W/mK	R m <sup>2</sup> K/W	$C_{lat}$ J/kgK	$C_{cls}$ J/kgK	$\mu$ -
Solaio 16+6 cm	1110	0,667	0,33	1000	1000	15
Solaio 20+6 cm	1150	0,743	0,35	1000	1000	15
Solaio 24+6 cm	1050	0,732	0,41	1000	1000	15

### Prodotti in laterizio

	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ W/mK	$C_{lat}$ J/kgK	$\mu$ -
Tavelle piene in laterizio (UNI 10355)	1800	0,72	1000	10
Tegole e coppi in laterizio (UNI EN 1745)	1600 ÷ 2000	0,47 ÷ 0,64	1000	10

### Materiali isolanti

	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ W/mK	$C_i$ J/kgK	$\mu$ -
EPS	25	0,036	1470	60
Lana di legno	350	0,063	2100	3
Poliuretano	35	0,024	1400	60
Sughero	110	0,040	1700	5
Lana di roccia	100	0,035	1030	1
Fibra di legno mineralizzata	350	0,063	2100	1

### Prodotti in legno

	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ W/mK	$C_l$ J/kgK	$\mu$ -
Tavolato in abete	550	0,120	2700	20
Pannello OSB	630	0,130	220	30

### Altri prodotti

	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ W/mK	C J/kgK	$\mu$ -
Cappa collaborante (cls armato)	2400	1,910	1000	80
Intonaco (calce - cemento)	1800	0,900	1000	10

L1

Descrizione

Sistema di copertura con doppia camera di ventilazione, struttura portante in legno, massa areica (esclusa la struttura portante) pari a 150 kg/m<sup>2</sup>

Prestazioni

		A	B	C	D	E	F
Massa areica	kg/m <sup>2</sup>	150					
Spessore <sub>EPS</sub>	cm	4	4	4	6	7	7
Spessore <sub>FLM</sub>	cm	8	8	8	8	8	8
U	W/m <sup>2</sup> K	0,38	0,38	0,38	0,31	0,29	0,29
Y <sub>TE</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,17	0,17	0,17	0,13	0,11	0,11
f <sub>d</sub>	-	0,45	0,45	0,45	0,41	0,39	0,39
φ	h	10,2	10,2	10,2	10,5	10,8	10,8
C <sub>TP</sub>	kJ/m <sup>2</sup> K	85					
Sd <sub>T</sub> *	m	1	1	0	0	0	0

\* In caso di isolanti igroscopici prevedere sempre una barriera al vapore



Legenda: a manto in laterizio, b intercapedine ventilata 6 - 8 cm, c guaina impermeabilizzante 0,4 cm, d tavolato 2,5 cm, e intercapedine sotto-tavolato 2 cm, f elemento di tenuta all'aria (eventuale) Sd<sub>r</sub>, g isolante: polistirene espanso (EPS), h isolante: fibra di legno mineralizzata (FLM), i barriera al vapore, l tavelle in laterizio 3,3 cm

# L2

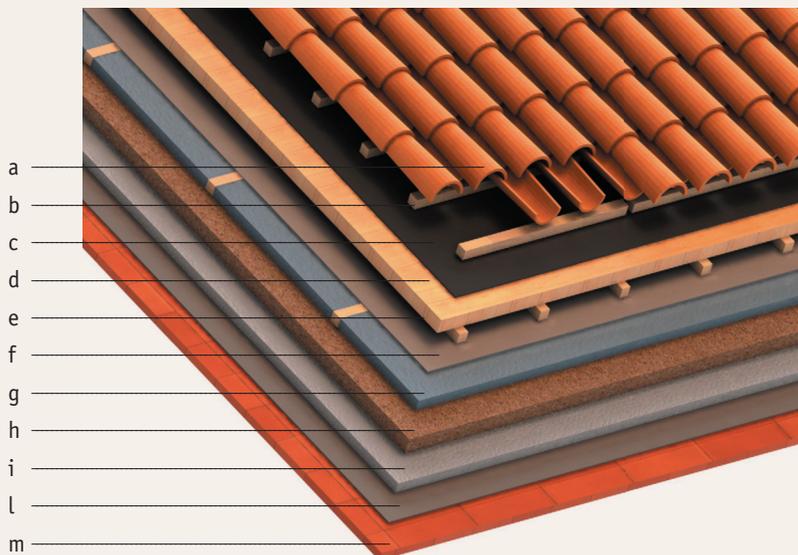
## Descrizione

Sistema di copertura con doppia camera di ventilazione, struttura portante in legno, massa areica (esclusa la struttura portante) pari a 270 kg/m<sup>2</sup>

## Prestazioni

		A	B	C	D	E	F
Massa areica	kg/m <sup>2</sup>	270					
Spessore <sub>EPS</sub>	cm	4	4	4	6	7	7
Spessore <sub>FLM</sub>	cm	8	8	8	8	8	8
U	W/m <sup>2</sup> K	0,38	0,38	0,38	0,31	0,29	0,29
Y <sub>IE</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,10	0,10	0,10	0,07	0,07	0,07
f <sub>d</sub>	-	0,26	0,26	0,26	0,24	0,23	0,23
φ	h	7,7	7,7	7,7	8,0	8,2	8,2
C <sub>IP</sub>	kJ/m <sup>2</sup> K	190					
Sd <sub>v</sub> *	m	2	2	2	1	0	0

\* In caso di isolanti igroscopici prevedere sempre una barriera al vapore



Legenda: *a* manto in laterizio, *b* intercapedine ventilata 3 - 4 cm, *c* guaina impermeabilizzante 0,4 cm, *d* tavolato 2,5 cm, *e* intercapedine sotto-tavolato 2 cm, *f* elemento di tenuta all'aria (eventuale) Sd<sub>v</sub>, *g* isolante: polistirene espanso (EPS), *h* isolante: fibra di legno mineralizzata (FLM), *i* massetto collaborante in cls 5 cm, *l* barriera al vapore, *m* tavelle in laterizio 3,3 cm

**L3**

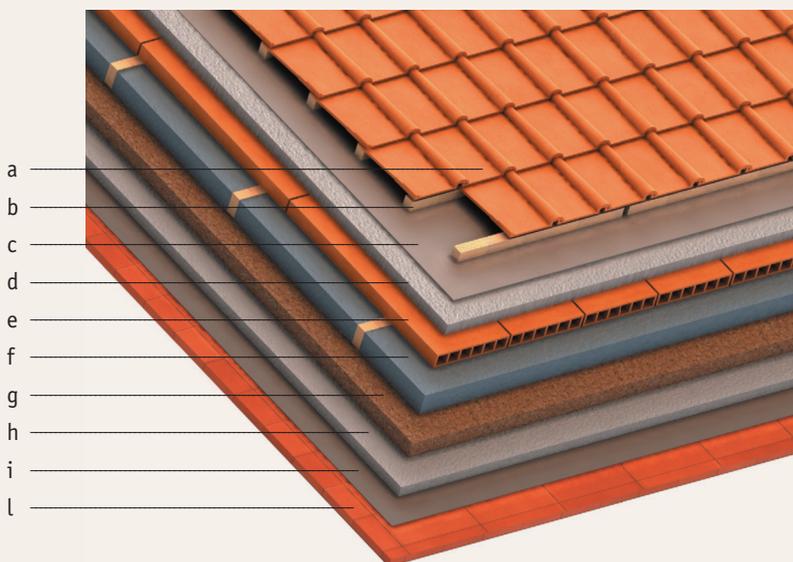
**Descrizione**

Sistema di copertura con doppia camera di ventilazione (le tavelle sono impiegate per la ventilazione, in alternativa al tavolato), struttura portante in legno, massa areica (esclusa la struttura portante) pari a 300 kg/m<sup>2</sup>.

**Prestazioni**

		A	B	C	D	E	F
Massa areica	kg/m <sup>2</sup>	300					
Spessore <sub>EPS</sub>	cm	7	7	7	8	9	9
Spessore <sub>FLM</sub>	cm	4	4	4	4	4	4
U	W/m <sup>2</sup> K	0,35	0,35	0,35	0,32	0,29	0,29
Y <sub>TE</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,14	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12
f <sub>d</sub>	-	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40	0,40
φ	h	7,3	7,3	7,3	7,4	7,5	7,5
C <sub>TP</sub>	kJ/m <sup>2</sup> K	190					
Sd <sub>T</sub> *	m	0	0	0	0	0	0

\* In caso di isolanti igroscopici prevedere sempre una barriera al vapore



Legenda: *a* manto in laterizio, *b* intercapedine ventilata 3 - 4 cm, *c* telo impermeabile traspirante Sd<sub>T</sub>, *d* massetto alleggerito per il fissaggio dei listelli 3-4 cm, *e* tavelloni con fori perpendicolari alla linea di gronda, *f* isolante: polistirene espanso (EPS), *g* isolante: fibra di legno mineralizzata (FLM), *h* massetto collaborante in cls, *i* telo polietilene, *l* tavelle in laterizio 3,3 cm

# L4

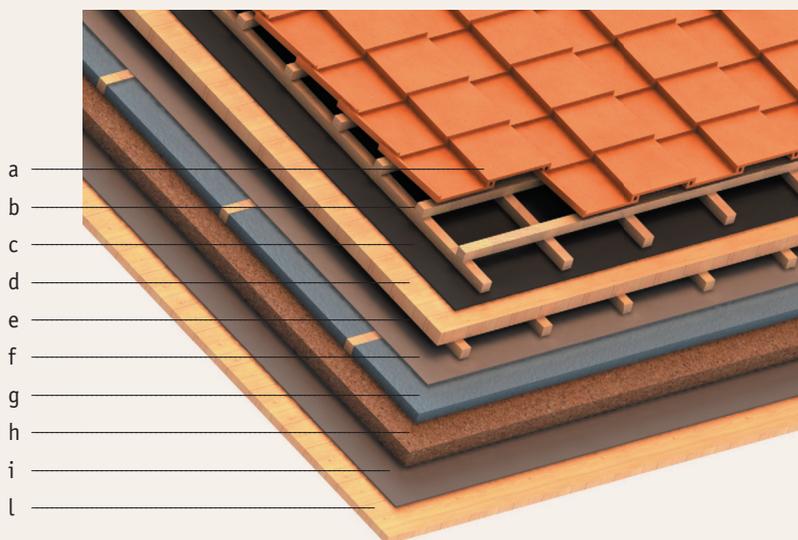
## Descrizione

Sistema di copertura con doppia camera di ventilazione, struttura portante in legno, massa areica (esclusa la struttura portante) pari a 110 kg/m<sup>2</sup>

## Prestazioni

		A	B	C	D	E	F
Massa areica	kg/m <sup>2</sup>	110					
Spessore <sub>EPS</sub>	cm	4	4	4	6	7	7
Spessore <sub>FLM</sub>	cm	8	8	8	8	8	8
U	W/m <sup>2</sup> K	0,36	0,36	0,36	0,30	0,28	0,28
Y <sub>IE</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,14	0,14	0,14	0,11	0,09	0,09
f <sub>d</sub>	-	0,40	0,40	0,40	0,35	0,34	0,34
φ	h	8,1	8,1	8,1	8,4	8,6	8,6
C <sub>IP</sub>	kJ/m <sup>2</sup> K	55					
Sd <sub>v</sub> *	m	0	0	0	0	0	0

\* In caso di isolanti igroscopici prevedere sempre una barriera al vapore



Legenda: *a* manto in laterizio, *b* intercapedine ventilata 6-8 cm, *c* guaina impermeabilizzante 0,4 cm, *d* tavolato 2,5 cm, *e* intercapedine sotto-tavolato 2 cm, *f* elemento di tenuta all'aria (eventuale) Sd<sub>v</sub>, *g* isolante: polistirene espanso (EPS), *h* isolante: fibra di legno mineralizzata (FLM), *i* barriera al vapore, *l* tavolato 2,5 cm

# LC5

## Descrizione

Sistema di copertura ventilato, con solaio in latero-cemento (spessore 20 + 6 cm), massa areica variabile in funzione del materiale isolante, compresa tra 380 e 440 kg/m<sup>2</sup>

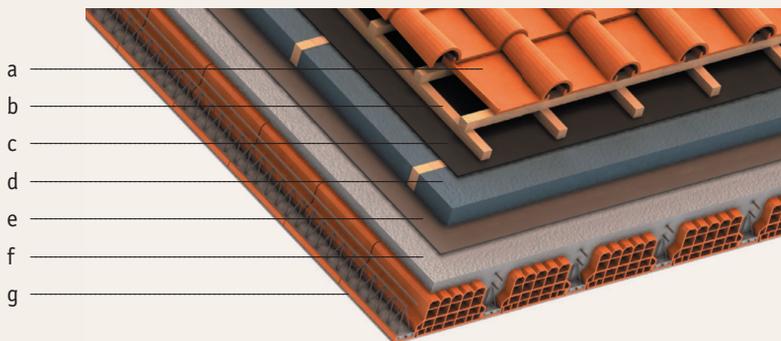
## Prestazioni

		EPS						lana di roccia					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Massa areica	kg/m <sup>2</sup>	380						390					
Spessore <sub>ISO</sub>	cm	8	8	8	10	11	11	8	8	8	9	10	10
U	W/m <sup>2</sup> K	0,36	0,36	0,36	0,30	0,28	0,28	0,35	0,35	0,35	0,32	0,29	0,29
Y <sub>TE</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
f <sub>d</sub>	-	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16
φ	h	9,6	9,6	9,6	9,8	9,9	9,9	10,2	10,2	10,2	10,5	10,7	10,7
C <sub>TP</sub>	kJ/m <sup>2</sup> K	165						165					
Sd <sub>T</sub> *	m	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0

		sughero						lana di legno					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Massa areica	kg/m <sup>2</sup>	390						430 - 440					
Spessore <sub>ISO</sub>	cm	9	9	9	11	11	12	14	14	14	16	18	18
U	W/m <sup>2</sup> K	0,36	0,36	0,36	0,30	0,30	0,28	0,36	0,36	0,36	0,32	0,29	0,29
Y <sub>TE</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
f <sub>d</sub>	-	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,06	0,06	0,06	0,05	0,03	0,03
φ	h	11,2	11,2	11,2	12,0	> 12	> 12	> 12	> 12	> 12	> 12	> 12	> 12
C <sub>TP</sub>	kJ/m <sup>2</sup> K	165						160					
Sd <sub>T</sub> *	m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

\* In caso di isolanti igroscopici prevedere sempre una barriera al vapore



Legenda: a manto in laterizio, b intercapedine 6 - 8 cm, c elemento di tenuta all'aria (eventuale) Sd<sub>T</sub>, d isolante (ISO), e guaina impermeabilizzante (eventuale), f solaio in latero-cemento 20 + 6 cm, g intonaco

# LC6

## Descrizione

Sistema di copertura microventilato, con solaio in latero-cemento (spessore 20 + 6 cm), massa areica variabile in funzione del materiale isolante, compresa tra 380 e 440 kg/m<sup>2</sup>

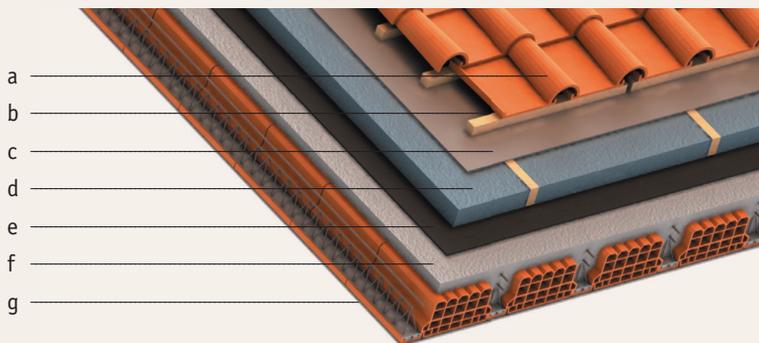
## Prestazioni

		EPS						lana di roccia					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Massa areica	kg/m <sup>2</sup>	380						390					
Spessore <sub>ISO</sub>	cm	8	8	8	10	11	11	8	8	8	9	10	10
U	W/m <sup>2</sup> K	0,36	0,36	0,36	0,30	0,28	0,28	0,35	0,35	0,35	0,32	0,29	0,29
Y <sub>TE</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
f <sub>d</sub>	-	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16
φ	h	9,6	9,6	9,6	9,8	9,9	9,9	10,2	10,2	10,2	10,5	10,7	10,7
C <sub>IP</sub>	kJ/m <sup>2</sup> K	165						165					
Sd <sub>T</sub> *	m	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0

		sughero						lana di legno					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Massa areica	kg/m <sup>2</sup>	390						430 - 440					
Spessore <sub>ISO</sub>	cm	9	9	9	11	11	12	14	14	14	16	18	18
U	W/m <sup>2</sup> K	0,36	0,36	0,36	0,30	0,30	0,28	0,36	0,36	0,36	0,32	0,29	0,29
Y <sub>TE</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
f <sub>d</sub>	-	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,06	0,06	0,06	0,05	0,03	0,03
φ	h	11,2	11,2	11,2	12,0	> 12	> 12	> 12	> 12	> 12	> 12	> 12	> 12
C <sub>IP</sub>	kJ/m <sup>2</sup> K	165						160					
Sd <sub>T</sub> *	m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

\* In caso di isolanti igroscopici prevedere sempre una barriera al vapore



Legenda: a manto in laterizio, b intercapedine 3 - 4 cm, c elemento di tenuta all'aria (eventuale) Sd<sub>T</sub>, d isolante (ISO), e guaina impermeabilizzante (eventuale), f solaio in latero-cemento 20 + 6 cm, g intonaco

**L7**

**Descrizione**

Sistema di copertura ventilato, struttura portante in legno, massa areica variabile in funzione del materiale isolante, compresa tra 80 e 140 kg/m<sup>2</sup>

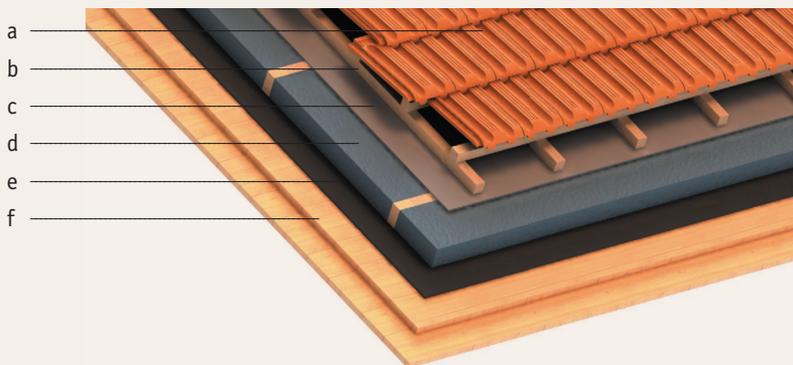
**Prestazioni**

		EPS						lana di roccia					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Massa areica	kg/m <sup>2</sup>	80						90					
Spessore <sub>ISO</sub>	cm	9	9	9	9	10	11	9	9	9	9	10	10
U	W/m <sup>2</sup> K	0,32	0,32	0,32	0,32	0,30	0,27	0,31	0,31	0,31	0,31	0,29	0,29
Y <sub>TE</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,20	0,20	0,20	0,20	0,18	0,17	0,19	0,19	0,19	0,19	0,17	0,17
f <sub>d</sub>	-	0,62	0,62	0,62	0,62	0,61	0,61	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58
φ	h	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,1	5,8	5,8	5,8	5,8	6,1	6,1
C <sub>TP</sub>	kJ/m <sup>2</sup> K	65						65					
Sd <sub>T</sub> *	m	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

		sughero						lana di legno					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Massa areica	kg/m <sup>2</sup>	90						120 - 140					
Spessore <sub>ISO</sub>	cm	9	9	9	9	11	12	13	13	13	16	17	18
U	W/m <sup>2</sup> K	0,35	0,35	0,35	0,35	0,30	0,28	0,37	0,37	0,37	0,32	0,30	0,29
Y <sub>TE</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,13	0,08	0,08	0,08	0,04	0,04	0,03
f <sub>d</sub>	-	0,56	0,56	0,56	0,56	0,51	0,48	0,22	0,22	0,22	0,14	0,12	0,10
φ	h	6,5	6,5	6,5	6,5	7,4	7,9	> 12	> 12	> 12	> 12	> 12	> 12
C <sub>TP</sub>	kJ/m <sup>2</sup> K	70						70					
Sd <sub>T</sub> *	m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

\* In caso di isolanti igroscopici prevedere sempre una barriera al vapore



Legenda: a manto in laterizio, b intercapedine 6 - 8 cm, c elemento di tenuta all'aria (eventuale) Sd<sub>T</sub>, d isolante (ISO), e guaina impermeabilizzante (eventuale), f doppio tavolato ligneo 5 cm

# L8

## Descrizione

Sistema di copertura microventilato, struttura portante in legno, massa areica variabile in funzione del materiale isolante, compresa tra 80 e 140 kg/m<sup>2</sup>

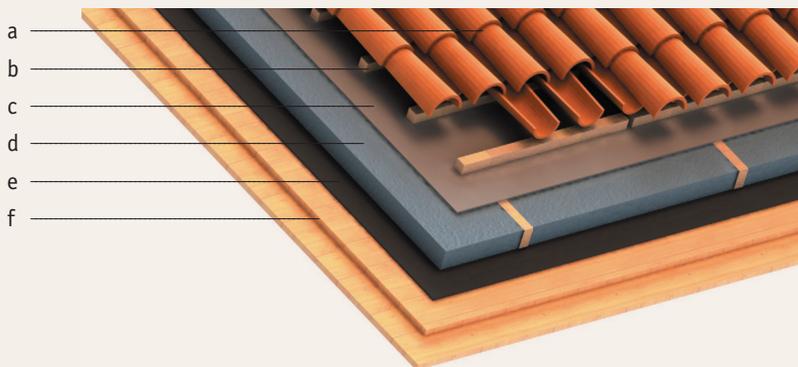
## Prestazioni

		EPS						lana di roccia					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Massa areica	kg/m <sup>2</sup>	80						90					
Spessore <sub>ISO</sub>	cm	9	9	9	9	10	11	9	9	9	9	10	10
U	W/m <sup>2</sup> K	0,32	0,32	0,32	0,32	0,30	0,27	0,31	0,31	0,31	0,31	0,29	0,29
Y <sub>IE</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,20	0,20	0,20	0,20	0,18	0,17	0,19	0,19	0,19	0,19	0,17	0,17
f <sub>d</sub>	-	0,62	0,62	0,62	0,62	0,61	0,61	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58
φ	h	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,1	5,8	5,8	5,8	5,8	6,1	6,1
C <sub>IP</sub>	kJ/m <sup>2</sup> K	65						65					
Sd <sub>T</sub> *	m	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

		sughero						lana di legno					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Massa areica	kg/m <sup>2</sup>	90						120 - 140					
Spessore <sub>ISO</sub>	cm	9	9	9	9	11	12	13	13	13	16	17	18
U	W/m <sup>2</sup> K	0,35	0,35	0,35	0,35	0,30	0,28	0,37	0,37	0,37	0,32	0,30	0,29
Y <sub>IE</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,13	0,08	0,08	0,08	0,04	0,04	0,03
f <sub>d</sub>	-	0,56	0,56	0,56	0,56	0,51	0,48	0,22	0,22	0,22	0,14	0,12	0,10
φ	h	6,5	6,5	6,5	6,5	7,4	7,9	> 12	> 12	> 12	> 12	> 12	> 12
C <sub>IP</sub>	kJ/m <sup>2</sup> K	70						70					
Sd <sub>T</sub> *	m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

\* In caso di isolanti igroscopici prevedere sempre una barriera al vapore



Legenda: a manto in laterizio, b intercapedine 3 - 4 cm, c elemento di tenuta all'aria (eventuale) Sd<sub>T</sub>, d isolante (ISO), e guaina impermeabilizzante (eventuale), f doppio tavolato ligneo 5 cm

**LC9**

**Descrizione**

Sistema di copertura ventilato, struttura portante in latero-cemento (spessore 20 + 6 cm), massa areica 400 kg/m<sup>2</sup>

**Prestazioni**

		A	B	C	D	E	F
Massa areica	kg/m <sup>2</sup>	400					
Spessore <sub>EPS</sub>	cm	5	5	5	7	7	8
Spessore <sub>FLM</sub>	cm	5	5	5	5	5	5
U	W/m <sup>2</sup> K	0,36	0,36	0,36	0,30	0,30	0,28
Y <sub>IE</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03
f <sub>d</sub>	-	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
φ	h	> 12	> 12	> 12	> 12	> 12	> 12
C <sub>IP</sub>	kJ/m <sup>2</sup> K	160					
Sd <sub>v</sub> *	m	2	2	1	1	0	0

\* In caso di isolanti igroscopici prevedere sempre una barriera al vapore



Legenda: *a* manto in laterizio, *b* intercapedine ventilata 6 - 8 cm, *c* membrana impermeabile traspirante "a corda blanda" Sd<sub>v</sub>, *d* isolante: polistirene espanso (EPS), *e* isolante: fibra di legno mineralizzata (FLM), *f* elemento di tenuta all'aria e/o all'acqua (eventuale), *g* solaio in latero-cemento 20 + 6 cm, *h* intonaco

# LC10

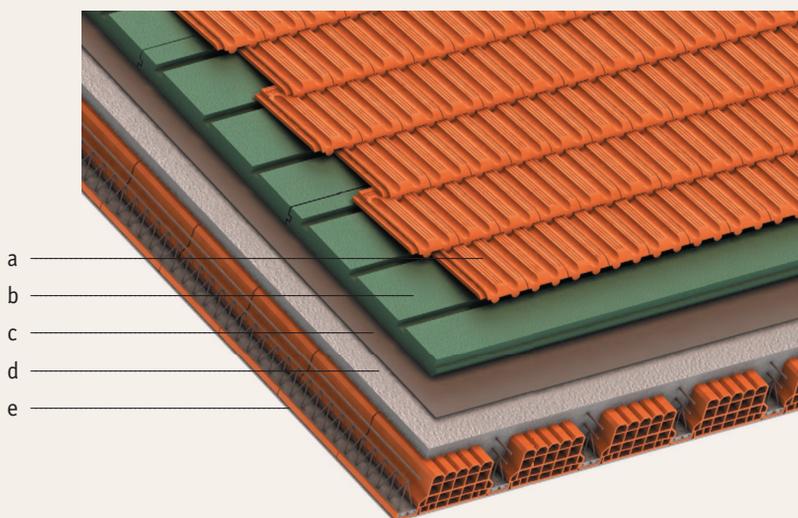
## Descrizione

Sistema di copertura con ventilazione sottomanto, con solaio in latero-cemento (spessore 20 + 6 cm), massa areica pari a 380 kg/m<sup>2</sup>

## Prestazioni

		A	B	C	D	E	F
Massa areica	kg/m <sup>2</sup>	380					
Spessore <sub>EPS</sub>	cm	8	8	8	10	11	11
U	W/m <sup>2</sup> K	0,36	0,36	0,36	0,30	0,28	0,28
Y <sub>IE</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
f <sub>d</sub>	-	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17
φ	h	9,6	9,6	9,6	9,7	9,9	9,9
C <sub>IP</sub>	kJ/m <sup>2</sup> K	165					
Sd <sub>T</sub> *	m	2	2	1	1	0	0

\* In caso di isolanti igroscopici prevedere sempre una barriera al vapore



Legenda: *a* manto in laterizio, *b* isolante: EPS - pannelli sagomati per l'aggancio delle tegole, *c* strato di tenuta all'aria e/o all'acqua (eventuale) Sd<sub>v</sub>, *d* solaio in latero-cemento 20 + 6 cm, *e* intonaco

# LC11

## Descrizione

Sistema di copertura con ventilazione sottomanto, con solaio in latero-cemento (spessore di 16 + 6 cm), massa areica pari a 380 kg/m<sup>2</sup>

## Prestazioni

		A	B	C	D	E	F
Massa areica	kg/m <sup>2</sup>	380					
Spessore <sub>PIR</sub>	cm	5	5	5	7	7	7
U	W/m <sup>2</sup> K	0,38	0,38	0,38	0,29	0,29	0,29
Y <sub>IE</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,07	0,07	0,07	0,05	0,05	0,05
f <sub>d</sub>	-	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17
φ	h	9,5	9,5	9,5	9,8	9,8	9,8
C <sub>IP</sub>	kJ/m <sup>2</sup> K	165					
Sd <sub>v</sub> *	m	1	1	1	1	0	0

\* In caso di isolanti igroscopici prevedere sempre una barriera al vapore



Legenda: *a* manto in laterizio, *b* listelli (lignei, metallici o incorporati con l'elemento di tenuta e l'isolante), *c* elemento di tenuta all'aria e/o all'acqua (eventuale) Sd<sub>v</sub>, *d* isolante: poliuretano (PIR), *e* barriera al vapore, *f* solaio in latero-cemento 16 + 6 cm, *g* intonaco

# LC12

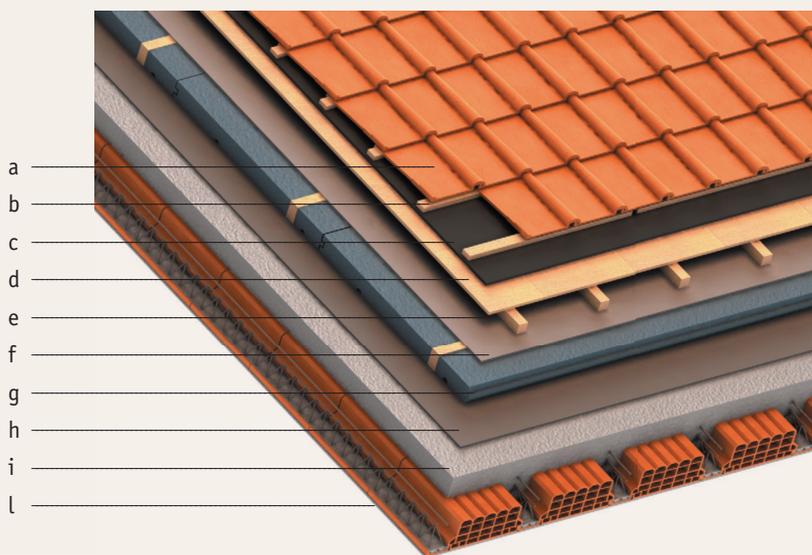
## Descrizione

Sistema di copertura ventilato, con solaio in latero-cemento (spessore di 20 + 6 cm), massa areica pari a 390 kg/m<sup>2</sup>

## Prestazioni

		A	B	C	D	E	F
Massa areica	kg/m <sup>2</sup>	390					
Spessore <sub>EPS</sub>	cm	8	8	8	10	11	11
U	W/m <sup>2</sup> K	0,36	0,36	0,36	0,30	0,28	0,28
Y <sub>IE</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
f <sub>d</sub>	-	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17
φ	h	9,6	9,6	9,6	9,7	9,9	9,9
C <sub>IP</sub>	kJ/m <sup>2</sup> K	165					
Sd <sub>T</sub> *	m	2	2	1	1	0	0

\* In caso di isolanti igroscopici prevedere sempre una barriera al vapore



Legenda: *a* manto in laterizio, *b* listelli, *c* strato impermeabilizzante, *d* pannello in OSB, *e* intercapedine ventilata 6 cm, *f* elemento di tenuta all'aria (eventuale) Sd<sub>T</sub>, *g* isolante: polistirene espanso (EPS), *h* barriera al vapore, *i* solaio in latero-cemento 20 + 6 cm, *l* intonaco





# EDIL Trophy

**E**diltrophy è la gara di arte muraria, promossa dal **FORMEDIL** in collaborazione con **ANDIL**, che premia la qualità del costruire e la professionalità di chi lavora. Ediltrophy è organizzata sul modello di una gara sportiva: nel minor tempo possibile, alcune squadre composte da coppie di muratori, realizzano un manufatto "a regola d'arte". Il progetto, nato nel 2008, veicola l'idea della competizione sportiva e ludica tra squadre di muratori per sottolineare il valore dell'edilizia e per ribadire il ruolo centrale della formazione professionale. Ediltrophy si svolge in due fasi: una prima tornata di selezioni viene organizzata, a livello regionale o interregionale, dalle Scuole Edili che spesso attivano accordi con le amministrazioni locali per svolgere la manifestazione nelle principali piazze cittadine. I manufatti realizzati dai concorrenti vengono spesso donati alle amministrazioni pubbliche come arredi urbani.

Le squadre sono divise in due categorie a seconda dell'età e dell'esperienza professionale raggiunta: mastri muratori (senior) e giovani apprendisti (junior). Le migliori squadre accedono alla finale di Bologna, organizzata nell'ambito del **SAIE** in collaborazione con **IIPLE Bologna**, dove la valutazione dei manufatti è affidata ad una giuria tecnica. Ediltrophy si caratterizza per l'attenzione ai temi dell'antisismica e del risparmio energetico con l'obiettivo di declinare il tema della sicurezza sul lavoro in modo più attuale e tecnologicamente avanzato in un mercato che si evolve rapidamente verso un'edilizia verde e rispettosa dell'ambiente ma soprattutto capace di garantire edifici stabili e resistenti.

Ediltrophy ha il patrocinio nazionale dell'**INAIL**



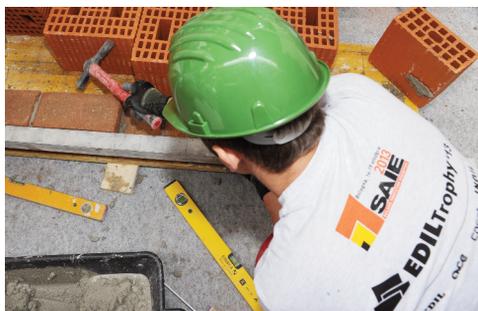
**EDILIZIA SICURA & SOSTENIBILE**

# EDILTrophy '13

GARA DI ARTE MURARIA  
**FINALE NAZIONALE**  
Sabato 19 ottobre 2013 al SAIE BOLOGNA

IL FORMEDIL VI ATTENDE PER LA FINALE NAZIONALE ALL'INGRESSO PIAZZA DELLA COSTITUZIONE

SAIE ANCE CNCPPT



EDIZIONE 2014

Stampato da Formedil presso Arti Grafiche Favia

Il materiale presente in questa pubblicazione è di proprietà di LATERSERVICE srl

Tutti i diritti riservati. La riproduzione in qualsiasi forma di parti scritte e illustrate del presente volume, se non espressamente autorizzata, è rigorosamente vietata

**FORMEDIL**  
ENTE NAZIONALE PER LA  
FORMAZIONE E L'ADDESTRAMENTO  
PROFESSIONALE NELL'EDILIZIA

 FORMEDIL.it



LATERIZIO.it

Formedil e Andil, in occasione di **EDILTROPHY 2014**, con l'obiettivo di promuovere la cultura del laterizio per il suo corretto impiego e posa in opera, hanno curato la pubblicazione del Manuale - *I laterizi: impieghi, prestazioni e corretta posa in opera*.

Uno strumento approfondito ma di facile utilizzo tanto nelle attività di formazione delle Scuole Edili che come supporto al personale operativo e tecnico di cantiere.

 **EDILTrophy**'14