

8

A cura di Giorgio Zanarini

# **Vocabo**Later

Le murature dalla A alla Z

Tutti i termini ricorrenti sui laterizi e sulle murature e il loro significato



Realizzazione: Martina Zanarini SOFTEC

Stampa: Faenza Industrie Grafiche, 2008

© Copyright Consorzio Alveolater<sup>®</sup> viale Aldo Moro, 16 - 40127 Bologna tel. 051509873 - fax 051509816 Internet: http://www.alveolater.com http://www.muraturaarmata.it

E-mail: consorzio@alveolater.com



In copertina: blocco forato per tamponamento spessore cm 35

# Indice

Dizionario Italiano Tedesco pag.	3
/ocabolater	
A	11
В	25
C	29
D	49
E	56
F	60
G	63
I	71
M	76
N	95
P	105
Q	116
R	118
S	129
T	133
U	143
Z	150
/oci di capitolato	
Alveolater 45	153
Alveolater 50 - 55	154
Alveolater 60	155
Alveolater BSS	156
Perlater S	157
Perlater P	158
Perlater T	159
Alveolater BMA	160

# Dizionario Italiano Tedesco

# A

Adobe	Adobe	Pag. 11
Albasi	Leichtgebrannter Ziegel	11
Alleggerimento	Porosierung	11
Altezza delle costruzioni in muratura	Hoehe des Gebuaedes in Mauerwerk	12
Alveolo	Wabe	14
Alveolato	Leichthochlochziegel	14
Ammettenza	Wärmeaustausch	15
Analisi dinamica - Analisi statica	Dynamische und statiche Analyse	15
Ancoraggi (Collegamenti fra due pareti realizzati con fili metallici)	Drahtanker	17
Architrave	Sturz	18
Argilla	Ton	19
Aspetto	Aussehen	21
Assorbanza	Absorption	23
Assorbimento d'acqua	Wasseraufnahme	24
Autocontrollo	Selbstkontrolle	25
	В	
Bagnatura del laterizio	Befeuchten des Ziegels	25
Barriera al vapore	Dampfsperre	26
Blocco	Blockziegel	27
Blocco a setti sottili	Leichthochlochziegel mit dünnen Stegen	27

# C

Calore latente	Latente Wärme	29
Calore specifico	Waermespeicherkoeffizient	29
Caloria	Kalorie	30
Calpestio	Trittschall	30
Capacità termica	Wärmekapazität	30
Carta di controllo	Kontrolliste	30
Cartiglio CE	CE Datenblatt	31
Categoria I e Categoria II	Kategorie I e II	33
Certificato di origine	Garantie der Herkunft	35
Classe	Klasse	36
Classe di esecuzione	Klasse der Herstellung	36
Classificazione secondo UNI 8942:1986	Klassifikation nach UNI 8942:1986	37
Classificazione e definizioni secondo UNI EN 771-1	Klassifikation nach UNI 771-1	38
Clinker	Klinker	38
Coefficiente di adduzione	Wärmekonduktanzzahl	39
Coibentazione	Daemmung	4(
Collaudo di accettazione	Abnahmeprüfung	4(
Colore	Farbe	4(
Condensa	Kondensat	4]
Conduttanza termica	Wärmeleitwert	42
Conduttività termica	Wärmeleitfähigkeit	42
Conduttività termica equivalente di un blocco	Equivalente Wärmeleitfähigkeit des Ziegels	43
Conduttività termica equiva- lente della parete	Equivalente Wärmeleitfähigkeit der Wand	44
Conduzione	Wärmeleitung	44
Controllo di qualità	Güteprüfung	44

Convezione	Konvektion	45	Quaderni Alveolater®
Cordolo	Ringbalken	46	
•	Schwarzer Koerper (auch: Schwarzer Strahler, planckscher Strahler)	47	
Cottura	Brennen	48	
Cuore nero	Schwarzer Kern	49	
	D		
Deformazone	Verformung	49	
Degasaggio	Entgasung	50	
Dichiarazione di conformita	Konformitätserklärung	50	
Diffusione del vapore	Wasserdampfdiffusion	52	
Diffusività termica	Koeffizient der Wärmediffusion	52	
Dilatazione termica	Wärmeausdehnung	53	
Dilatazione all'umidità (vedi anche rigonfiamento)	Feuchtigkeitsdehnung (auch: Quellen)	54	
Dilavamento	Ausschwemmung/ Auslaugung	55	
Dimensionamento semplificato	Vereinfachte Bemessung	55	
Disposizione dei mattoni	Ziegelverlegung	55	
Durabilità	Durabilitaet	56	
	E		
Ecologia	Oekologie	56	
Edificio ecologico- bioecologico	Bauoekologisches Gebauede	56	
Efflorescenza	Ausblühung	56	
Effusività termica	Thermische Effusion	58	
Emissività	Thermische Emission	59	

Essiccazione	Trocknung	59
Estrusione	Strangziehen	60
	F	
Ferrigni	Hartbrandziegel	60
Fessure - Fessurazioni	Risse - Rißbildung	61
Fonoassorbente	Schallabsorbierung	61
Fonoisolante	Schallschutz	61
Fonometria	Schallmessung	62
Forato	Langlochziegel	62
Foratura	Lochanteil	62
	G	
Gelività (Restenza al gelo)	Frostbeständigkeit	63
Giunto di dilatazione	Dehnungsfugen	64
Giunto di malta	Mörtelfuge	65
Giunto di malta sottile	Duennbettfuge	69
Gradi Celsius e Gradi Kelvin	Grad Celsius und Grad Kelvin	69
Gradi Giorno	Referenzeitraum fuer die Beheizung von Gebaueden	69
Granulometría	Korngrösse	70
	1	
Imbibizione	Durchtränkung	71
Inclusioni calcaree	Kalkeinschlüsse	71
Industria (L') dei laterizi	(Die) italienische Ziegelindustrie	72
Inerzia termica	Wärmespeicherfähigleit	72
Intonaco esterno	Außenputz	73
Irraggiamento	Strahlung	76

Malta	Mörtel	76
Malta termica Alveolater°	Alveolater° Wärmedäm- mörtel	77
Marcatura CE	CE Markierung	79
Massa frontale	Flächenbezogene Masse	80
Massa volumica	Rohdichte	80
Mattone	Ziegel	81
Mazzetta	Maueranschlag	82
Mezzani	Exakt gebrannter Ziegel	82
Modulo elastico	Elastizitätsmodul	82
Muratura	Mauerwerk	83
Muratura a cortina	Verblendmauerwerk	84
Muratura a doppia parete	Doppelschaliges Mauerwerk	84
Muratura a faccia vista	Sichtmauerwerk	85
Muratura armata	Bewehrtes Mauerwerk	86
Muratura cava	Hohlmauerwerk	91
Muratura di tamponamento	Ausfachungsmauerwerk	92
Muratura in blocchi rettificati	Planziegelmauerwerk	92
Muratura listata	Ziegelverstärktes Stein- mauerwerk	94
Muratura mista	Mischmauerwerk	95
Muratura monostrato	Einschaliges Mauerwerk	95
	N	
Normativa	Normvorschrift	95
Normativa sismica (Storia della-)	Evolution der erdbeben Norm	102

#### Pasta molle Handformziegel 105 (maschinell) Permeabilità al vapore Wasserdampfdurchlässi-106 gkeit Permeanza Wasserdampfschichtdicke 108 Peso della parete Gewicht des Mauerwerks 108 Piattabanda Sturz 108 Pieno Vollziegel 109 Poisson (coefficiente di -) Poisson Koeffizient 109 Ponte termico Wärmebrücke 110 Ponte termico corretto Korrigierte Wärmebrücke 111 Pressione parziale di vapo-Wasserdampfteildruck 111 Wärmeschutz im stationä-Prestazioni termiche in re-112 gime stazionario ren Zustand Prestazioni termiche in re-Wärmeschutz im dynami-112 schen Zustand gime dinamico Processo di produzione del 113 Ziegelproduktion laterizio Qualità Qualität 116 Reazione al fuoco Feuerreaktion 118 Remissività Remission 118 Resistenza a compressione Druckfestigkeit 118 Resistenza a taglio Scherfestigkeit 120 Resistenza al fuoco Feuerfestigkeit 120 Resistenza termica Wärmedurchgangswider-126 stand

P

Rinzaffo	Rauhputz	126
Rumore	Schall	126
Rumore aereo	Luftschall	128
Rumore impattivo	Trittschall	129
	S	
Semipieno	Hochlochziegel	129
Sfalsamento dei giunti (Legatura del muro)	Überbindmass	129
Sistema 2+ e Sistema 4	System der Konformitätsbescheinigung 2+ und 4	130
Sfasamento	Phasenverschiebung	131
Stati limite	Grenzzustand der Tragfähigkeit	132
	Т	
Tagliafuoco	Brandmauer	133
Tagliola o traccia	Schlitze	133
Temperatura della superficie interna	Innere Wandtemperatur	134
Tensioni ammissibili	Zulaessiger Spannungsna- chweis	135
Tessitura del muro	Mauertextur	136
Tolleranze dimensionali	Maßtoleranzen	136
Trafilatura	Extrusion	139
Tramezzatura	Zwischenwand	139
Trasmissione del calore	Wärmeübertragung	140
Trasmittanza in regime sta- zionario	Wärmerdurchgang im stationären Zustand	141
Trasmittanza in regime dinamico	Wärmerdurchgang im dynamischen Zustand	142

	U	
Umidità dell'aria	Luftfeuchtigkeit	143
Umidità di costruzione	Baufeuchtigkeit	143
Umidità di equilibrio	Feuchtigkeitsgehalt	145
U.N.I.	Italienisches Normungsinstitut U.N.I.	145
Unità di misura	Maßeinheit	147
	Z	
Zona sismica	Erdbebenzone	150

Quader<u>ni Alveolater®</u>

#### **ADOBE**

Elemento costruttivo in terra cruda, costituito da un impasto di argilla, paglia o altre fibre vegetali. Il nome deriva dal termine egizio thobe o dall'arabo ad-tub, entrambi con il significato di mattone.

Il termine è usato anche per indicare la tecnica costruttiva che utilizza mattoni in terra cruda.

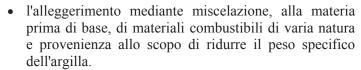
#### **ALBASI**

Denominazione impiegata in passato per definire i laterizi poco cotti, porosi e friabili e con sonorità cupa.

#### **ALLEGGERIMENTO**

Si possono distinguere due modalità di alleggerimento dei prodotti in laterizio:

- l'alleggerimento mediante foratura, che consente di ottenere materiali pieni (con foratura minore del 15 per cento), semi
  - pieni o forati con riferimento alle norme e ai decreti di legge;



L'alleggerimento mediante foratura è applicato a tutti i prodotti in laterizio ad esclusione di tegole, coppi e mattoni pieni tradizionali. E' quindi applicato a blocchi per solaio, per tramezzature, per pareti di tamponamento, per murature portanti ecc.

La riduzione del peso specifico dell'argilla è applicata generalmente a laterizi di grande formato, semipieni o forati.



Un vecchio fabbricato in terra cruda.





Sfere di polistirene e segatura utilizzati per alleggerire l'argilla.

Questi laterizi furono definiti "alveolati" dalla norma Uni 8942, ritirata nel 2004 o "alleggeriti in pasta" dal Decreto Ministeriale 20 Novembre 1987. Sono anche detti, genericamente, "porizzati".

I materiali combustibili (segatura, polistirolo) dopo cottura lasciano cavità (alveoli) vuote, fra loro non comunicanti, che alleggeriscono il manufatto e migliorano le caratteristiche termiche dell'argilla. E' possibile miscelare all'argilla anche materiali inorganici (ad esempio perlite). In questo caso non si hanno più

alveoli, ma inclusioni di materiali leggeri. A questi laterizi va applicata esclusivamente la definizione di "laterizi alleggeriti in pasta" poiché non sono presenti alveoli e, quindi, non possono essere definiti "alveolati".

### ALTEZZA DELLE COSTRUZIONI IN MURATU-RA

Il Decreto 16 Gennaio 1996 e l'Ordinanza P.C.M. 3274 ponevano un limite di altezza alle costruzioni in muratura, il D.M. 14 gennaio 2008 non pone limiti di altezza in zona 4, 3 e 2. Limita a due piani dal piano di campagna, ovvero dal ciglio stradale, l'altezza dei fabbricati in muratura ordinaria in zona 1. Se è consentita la progettazione non sismica e nel caso si ricorra al dimensionamento semplificato, il numero di piani è limitato a 3 (entro e fuori terra) per costruzioni in muratura ordinaria e a 4 per costruzioni in muratura armata (Punto 4.5.6.4). Gli stessi limiti valgono per la progettazione sismica, con ulteriori vincoli sulla percentuale minima di muratura nelle due direzioni ortogonali (Punto 7.8.1.9).

Limiti di altezza secondo D.M. 16 Gennaio 1996 e Ordinanza 3274

Zona sismica	4	3	2	1
Altezza massima	Nessuna limitazione	25 m	19 m	13 m

#### Vedi anche NORMATIVA

### **ALVEOLATER®**

Alveolater<sup>®</sup> è un sistema completo di elementi in laterizio alveolato che si articola in categorie o classi in funzione della percentuale di foratura del laterizio e del campo di impiego dei blocchi.

Alveolater<sup>®</sup> 45: blocchi con percentuale di foratura non superiore al 45 per cento Sono pertanto blocchi artificiali semipieni (così definiti in passato dal D.M. 20 Novembre 1987, dal D.M. 16 Gennaio 1996 e ora dalle Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 Gennaio 2008) con classificazione BSA 11-31 secondo Uni 8942, o LD secondo Uni EN 771-1, idonei per murature portanti, anche in zone di qualunque grado di sismicità.

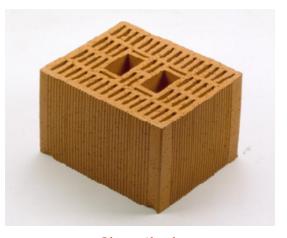
Alveolater<sup>®</sup> 50: blocchi con percentuale di foratura compresa fra il 45 e il 50 per cento. Sono blocchi artificiali forati (D.M. 14 gen-

naio 2008) con classificazione Uni BSB 11-31, o LD secondo Uni EN 771-1, idonei per murature portanti in zone a bassa e bassissima sismicità, in funzione di specifiche delibere regionali, o per murature di tamponamento ad elevata inerzia termica, con posa a fori verticali.

Alveolater<sup>®</sup> 55: blocchi con percentuale di foratura compresa fra il 50 e il 55 per cento.

Blocchi artificiali forati (D.M. 14 gennaio 2008). Hanno ancora classificazione BSB 11-31 o LD secondo Uni EN 771-1, e sono idonei sia per muratura portante in zone a bassa e bassissima sismicità, in funzione di specifiche delibere regionali, sia per muratura di tamponamento ad elevata inerzia termica, con posa in opera a fori verticali.

Alveolater<sup>®</sup> 60: blocchi con percentuale di foratura superiore al 55 per cento, fino a un massimo di 70 per cento. Classificazione Uni BF 11-31 (impiego esclusivo per tamponamento, a fori verticali) ovvero BF 00-31 (impiego



Blocco Alveolater semipieno 30x25x19 cm Classe 45 a disegno termico ottimizzato.



La superficie di un blocco alleggerito con sfere di polistirene.

esclusivo per tamponamento, a fori orizzontali) o LD secondo Uni EN 771-1.

La norma Uni 8942 è stata ritirata nel 2004 ma può ancora costituire un utile riferimento

#### **ALVEOLO**

Cavità vuota all'interno del laterizio, contenente solo aria, e generata dalla combustione dei materiali di alleggerimento mescolati all'argilla durante la lavorazione.

Gli alveoli dovuti alla gasificazione del polistirolo hanno forma sostanzialmente sferica.

Gli alveoli prodotti dalla combustione di segatura hanno forma generalmente allungata.

#### **ALVEOLATO**

La norma Uni 8942, ritirata nel 2004, definiva prodotto di laterizio alveolato per muratura, o prodotto con massa alveolata, un laterizio realizzato con argilla di peso specifico  $\leq 1450~{\rm kg/m^3}$ , alleggerita mediante la presenza di alveoli vuoti non comunicanti fra loro, diffusi uniformemente nella massa, con diametro massimo minore di 2,5 mm. Assumendo quindi una densità di 1450 kg/m³ la massa volumica dei blocchi varierebbe, in funzione della percentuale di foratura, da 870 kg/m³ (percentuale di foratura F/A = 40-%) a 800 kg/m³ (F/A = 45%) a 725 kg/m³ (F/A = 50%) a 580 kg/m³ (F/A=60%)

La norma prevedeva anche una tolleranza sulla massa volumica e sulla percentuale di foratura: tolleranze da considerare congiuntamente, in modo da rispettare sempre la densità di 1450 kg/m<sup>3</sup>.

Quindi secondo la Uni 8942, un blocco 30x25x19 con il 45 per cento di foratura, con densità di  $1450 \text{ kg/m}^3$ , avrebbe avuto un peso di [1450x0.25x0.30x0.19x(1-0.45)] = 11,36 kg. Un aumento di 2 punti della foratura, avrebbe fatto diminuire il peso a kg 10,95, circa pari all'8 per cento in meno; una riduzione di 5 punti della foratura avrebbe portato ad un peso di kg 12,40 (+ 8%).

Le definizioni utilizzate, richiamate nella tabella 4 della norma, non erano tuttavia corrette, e differivano dalle definizioni date al punto 7 parte 3°, nel quale era correttamente definita massa volumica il valore 1450 kg/m³ (peso specifico dell'impasto cotto) e densità apparente il valore vuoto per pieno (vedi anche MASSA VOLUMICA).

Dall'anno 2004 è in vigore la norma Uni EN 771-1, successivamente recepita nel nostro ordinamento ai fini della marcatura CE.

Questa norma non dà più indicazioni sul valore massimo della massa volumica per definire un prodotto "alveolato" o "alleggerito in pasta", ma si limita alla classificazione LD per tutti i laterizi con massa volumica apparente minore di 1000 kg/m³ e HD per tutti i laterizi con massa volumica apparente maggiore di 1000 kg/m³ o per i laterizi che devono rimanere a vista, indipendentemente dalla loro massa volumica.

#### **AMMETTENZA**

Si definisce Ammettenza (Y<sub>T</sub>) il flusso di calore scambiato tra l'ambiente interno e l'involucro per ogni variazione unitaria della temperatura interna.

#### **ANALISI DINAMICA - ANALISI STATICA**

Secondo l'Ordinanza 3274 della Protezione Civile (Punto 4.5.2), l'analisi statica lineare del comportamento di un edificio, soggetto a sollecitazioni, consiste nell'applicazione di un sistema di forze distribuite lungo l'altezza dell'edificio stesso, assumendo una distribuzione lineare degli spostamenti. La forza da applicare a ciascun piano è data dalla formula:

$$F_i = F_h (z_i W_i) / \sum (z_i W_i)$$

dove:

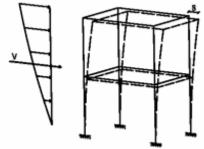
$$F_h = Sd(T_1) W \lambda/g$$

con g accelerazione di gravità.

F<sub>i</sub> è la forza da applicare al piano i-esimo;

 $W_i$  e  $W_j$  sono i pesi delle masse ai piani i e j rispettivamente;

 $z_i$  e  $z_j$  sono le altezze dei piani i e j rispetto alle fondazioni;  $Sd(T_1)$  è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto; W è il peso complessivo della costruzione, calcolato secondo quanto indicato per ogni tipo strutturale;  $\lambda$  è un coefficiente pari a 0,85 se l'edificio ha almeno tre piani e se  $T_1 < 2$   $T_C$ ; pari a 1,0 in tutti gli altri casi ( $T_C =$  parametro dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali).



Sempre secondo l'Ordinanza 3274 l'analisi statica non lineare "consiste nell'applicare all'edificio i carichi gravitazionali ed un sistema di forze orizzontali che, mantenendo invariati i rapporti relativi tra le forze stesse, vengano tutte scalate in modo da fare crescere monotonamente lo spostamento orizzontale di un punto di controllo sulla struttura (es. un punto in sommità dell'edificio) fino al raggiungimento delle condizioni ultime".

Poiché il danno strutturale comporta l'uscita della struttura dal campo elastico, appare evidente come le tradizionali analisi elastiche (lineari) siano in grado di valutare la prestazione solo in maniera indiretta e convenzionale, al contrario delle analisi non-lineari che, invece, hanno come scopo proprio la valutazione del comportamento della struttura anche nelle sue escursioni al di fuori del campo elastico.

L'Ordinanza 3274 (e successive integrazioni) prevede anche due tipi di analisi non-lineari: l'analisi dinamica non lineare e l'analisi statica non lineare.

Nell' analisi dinamica non lineare, l'edificio viene schematizzato con un modello tridimensionale in cui sono definite le curve di comportamento isteretico (curve cicliche carico-spostamento, con escursioni in campo plastico sino alla rottura) degli elementi strutturali sotto carichi ciclici. Al modello tridimensionale vengono applicati gli accelerogrammi al suolo ottenendo la soluzione inelastica in termini di spostamenti per i vari gradi di libertà del modello ed in termini di forze. Questo tipo di analisi appare come il più raffinato, ma sul piano dei fatti risente delle tante incertezze e della grande complessità dell'analisi. I risultati, di non facile utilizzo, rischiano quindi di essere non così precisi come dovuto, soprattutto in proporzione agli oneri richiesti dall'analisi.

Nella analisi statica non lineare, il comportamento dinamico dell'edificio viene semplificato attraverso l'equivalenza con un oscillatore elementare (a un grado di libertà) e l'evento sismico viene rappresentato non mediante il moto sismico del terreno, come l'analisi dinamica non lineare, ma mediante la risposta dell'oscillatore elementare. Tale risposta è descritta mediante gli spettri di risposta, forniti dalla normativa. Le modifiche introdotte rispetto all'analisi dinamica non lineare comportano sicuramente maggiori incertezze nella stima degli spostamenti attesi per effetto del sisma ma semplificano la realizzazione dell'analisi. Di fatto l'analisi statica non lineare è quella che, al momento, ha trovato maggiore applicazione nei programmi di calcolo strutturale per uso progettuale.

# ANCORAGGI (Collegamenti fra due pareti realizzati con fili metallici)

Nelle murature a doppia parete con intercapedine, è necessario che lo strato esterno venga collegato a quello interno mediante ancoraggi costituiti da fili metallici di diametro non inferiore a 3 mm, in acciaio inossidabile.

Il numero di tali collegamenti non deve essere inferiore a 5 (cinque) per m² di parete. La distanza in verticale fra i collegamenti non deve essere superiore a 30 cm; in orizzontale non deve superare i 75 cm.

I collegamenti metallici devono avere forma tale da evitare che la condensa, eventualmente formatasi, raggiunga la parete interna.

Possono essere impiegate anche graffe rigide o semirigide, realizzate con spessori piuttosto consistenti e annegate nel giunto di malta per almeno 5 cm. In questo caso la distan-

za in verticale fra i collegamenti non deve essere superiore a 45 cm; in orizzontale non deve superare i 90 cm. E' anche possibile utilizzare tralicci piani, in modo da collegare i giunti orizzontali delle due murature.

#### **ARCHITRAVE**

Si definisce architrave un elemento strutturale posto al di sopra delle aperture per porte e finestre. L'architrave trasferisce il carico della muratura, sovrastante le aperture, sopra le "spalle" delle aperture stesse. L'architrave deve appoggiare sulle murature per una lunghezza tale da assicurare una buona distribuzione dei carichi, indicativamente non meno di 10÷20 cm ovvero di 2/3 dello spessore del muro.

La norma Uni EN 845-2:2004 "Specifica per elementi complementari per muratura" fornisce le indicazioni per la qualificazione degli architravi prefabbricati in laterizio.

Tale norma di prodotto definisce le caratteristiche in termini di dimensioni, massa, prestazioni meccaniche (ad esempio, flessione e taglio), durabilità, penetrazione dell'acqua e installazione, proprietà termiche, resistenza al gelo/disgelo e al fuoco, assorbimento d'acqua e, infine, permeabilità al vapore acqueo.

Vengono definiti, altresì, i criteri per la designazione degli elementi, il controllo di produzione in fabbrica e, tramite l'allegato ZA, le modalità per l'apposizione della marcatura CE.

La norma si riferisce, in particolare, a componenti idonei per luci su passaggi liberi, in una parete di muratura, fino a un massimo di 4.5 m.

Per ciò che concerne l'appoggio minimo dell'architrave sulle spalle, secondo il paragrafo 5.2.3 della UNI EN 845-2: 2004, la lunghezza portante minima richiesta non deve essere minore di 100 mm; inoltre, "la natura del materiale sul quale deve poggiare l'architrave può richiedere una lunghezza portante maggiore". Questa indicazione, tenuto conto anche delle possibili inesattezze esecutive in cantie-

re, sono i motivi per cui molte aziende consigliano un appoggio minimo di 250 mm per parte.

Gli architravi in laterizio armato con completamento in calcestruzzo hanno consentito di sostituire quasi totalmente i semplici architravi di calcestruzzo. Gli architravi in laterizio armato rientrano fra gli architravi in cemento armato descritti nel paragrafo C.5.2. del D.M. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" dedicato agli edifici in muratura ordinaria. Le norme britanniche BS 5628 ammettono sforzi locali maggiorati rispetto alle tensioni ammesse nella muratura e variabili da 1,25  $f_k/c$  a  $2f_k/c$  (dove  $f_k$  è la resistenza caratteristica della muratura e c il coefficiente di sicurezza) in funzione delle soluzioni adottate.

#### **ARGILLA**

Si indica comunemente con "argilla" la materia prima per la produzione dei laterizi.

In effetti l'argilla è uno dei componenti delle terre per la produzione di laterizi e terrecotte in genere.

Le terre, o materiali argillosi, sono composte da:

- a) argilla propriamente detta;
- b) scheletro di materiale a dimensione granulometrica più grossolana, che si comporta come inerte;
- c) impurità di varia origine;
- d) sostanze chimiche diverse;
- e) acqua.

Le argille vere e proprie sono costituite da composti complessi di silice, allumina e acqua e sono caratterizzate dalla estrema finezza delle particelle, mai superiori a 20  $\mu$ m e in parte inferiori a 2  $\mu$ m.

Nelle materie prime per laterizi, la frazione < 2  $\mu m$  è generalmente variabile dal 15 al 30 per cento, eccezionalmente può raggiungere il 45 per cento in peso.

Lo scheletro è costituito da:

- quarzo, comunemente conosciuto come silice libera SiO<sub>2</sub> o sabbia silicea, in percentuale variabile dal 15 al 30 per cento, con granulometria per la massima parte superiore a 20 μm fino a un massimo di 200 μm. Durante la cottura, sia in fase di riscaldamento che di raffreddamento, a 570 °C circa il quarzo trasforma il reticolo cristallino con sensibile variazione di volume, rispettivamente in aumento e in contrazione;
- carbonati di calcio e magnesio CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub>. Più frequente è la presenza di carbonati di calcio. I carbonati possono essere presenti in granulometria molto fine, più grossolana (calcinelli) o come resti di fossili. Le percentuali di carbonati variano dal 5 al 25 per cento;
- ossidi metallici: ferrico (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>); ferroso (FeO); ossidi di sodio e potassio (Na<sub>2</sub>O K<sub>2</sub>O). All'ossido ferrico è dovuta la particolare colorazione (generalmente rossacfr. anche la voce "Colore") dei laterizi;
- feldspati (composti a base silico-alluminosa) e miche.

Fra le sostanze chimiche diverse sono frequenti i composti facilmente solubili (solfati di sodio, magnesio, potassio, calcio). Le efflorescenze sul prodotto cotto (sottile patina biancastra che compare sulla superficie dei laterizi) sono generalmente dovute a solfati solubili. Eccezionalmente possono essere presenti anche Fluoro e Cloro.

Anche l'acqua è un componente essenziale.

### Si distinguono:

- l'acqua di impasto o di idratazione, che si elimina durante l'essiccamento (fase che precede la cottura);
- l'acqua di costituzione, che si elimina solo ad alte temperature, in cottura;
- l'acqua zeolitica, racchiusa nei vuoti del reticolo di alcune strutture cristalline;
- l'acqua di cristallizzazione, che fa parte del reticolo cristallino delle particelle argillose. La sua eliminazione costituisce una trasformazione irreversibile.

### **ASPETTO (PROVA DI -)**

In seguito al ritiro della norma Uni 8942, e la sua sostituzione con la norma Uni EN 771-1, non sono più disponibili criteri per l'accettazione del materiale o per un giudizio di qualità della fornitura. La norma Uni 8942 prevedeva una "prova di aspetto" per laterizi comuni o con massa alveolata, consistente nel sottoporre a esame visivo 125 elementi prelevati con criterio di casualità dalle giacenze di magazzino (nel caso di controllo di accettazione effettuato alla consegna del materiale) o al termine del ciclo di produzione (nel caso di autocontrollo).

Ai fini dell'accettazione, nei prodotti a fori verticali, pieni e semipieni, erano ammesse:

- 1 fessura interna nella direzione dei fori interessante tutta la dimensione dell'elemento per elementi con sezione fino a 700 cm²; due fessure per sezioni maggior di 700 cm²;
- 4 fessure nella direzione dei fori sulle pareti esterne, non maggiori del 20 per cento della dimensione dell'elemento misurata secondo la direzione della fessura stessa;
- 2 fessure ortogonali alla direzione dei fori sulle pareti e sulle facce esterne, non maggiori del 10 per cento della dimensione dell'elemento misurata secondo la direzione della fessura stessa (con l'avvertenza che due fessure concorrenti in uno spigolo, ai fini del computo, erano da considerarsi come una sola).

In ogni caso il numero totale delle fessure ammesse sulla superficie esterna complessiva dell'elemento non doveva superare il valore di 4.

Inoltre non erano da considerarsi nel computo lesioni aventi una estensione  $\leq 5$  % della lunghezza dell'elemento, misurata secondo la direzione della lesione stessa.

Nei prodotti a fori orizzontali, blocchi semipieni, mattoni e blocchi forati, fessure aventi una estensione ≤ 20% della lunghezza dell'elemento, misurata secondo la direzione della fessura stessa, non costituivano motivo di rifiuto.

Il numero delle fessure interne di lunghezza maggiore (> 20%) ammesso dalla norma per ciascun elemento è riportato nel prospetto. Sulla superficie esterna non erano ammesse fessure con estensione maggiore del 20% della lunghezza dell'elemento, misurata secondo la direzione delle fessura stessa.

setti tagliati da un piano orizzontale (***)	numero max. fessure* interne trasversali	numero max. fessure* interne longitudinali**	numero totale max. fessure interne
2	1	0	1
3	1	1	1
4	1	1	2
5 e più	1	2	3

<sup>\*</sup> Due fessure interessanti due facce contigue e concorrenti nello spigolo comune alle due facce, ai fini del computo, sono da considerarsi come una sola.

La prima colonna del prospetto III Appendice B della norma riportava, tra parentesi, anche l'intestazione "numero di file parallele a quello di posa" dove "quello" è da correlare con "piano", e quindi "numero di file di setti parallele al piano di posa del blocco". Evidentemente quindi un blocco con posa in opera a fori orizzontali andava esaminato sia per il numero di setti verticali sia per il numero di file di setti orizzontali. Pertanto un blocco con 2 setti verticali e 5 file di setti orizzontali poteva avere al massimo 1 fessura trasversale e 2 fessure longitudinali.

Va precisato che le indicazioni erano relative ai "setti" e non alle "pareti".

Non erano poi tollerate, sulla superficie degli elementi, protuberanze o scagliature di diametro medio maggiore di

<sup>\*\*</sup> Il numero figurante nella quarta colonna non è necessariamente uguale alla somma dei numeri figuranti nella seconda e nella terza.

<sup>\*\*\*</sup> Per "setti tagliati da un piano orizzontale" si intende il numero di setti che vengono intersecati da un piano ideale parallelo al piano di posa del blocco stesso.

30 mm; mentre protuberanze e scagliature di diametro minore non dovevano essere sistematiche.

La prova di aspetto dava risultato positivo se il numero dei elementi non conformi ammesso globalmente nel campione esaminato, sia per fessure che per scagliature e protuberanze, risultava:

$$NA \le 21$$
 (NA = numero di accettazione)

Per materiali a vista, e per le facce effettivamente a vista, i difetti superficiali non potevano superare i 5 mm (6 mm negli spigoli) o 10 mm (12 mm negli spigoli) rispettivamente per materiali lisci o rigati, sabbiati ecc. Per tutti, il numero di accettazione NA era ridotto a 14.

Poiché Uni non ha ancora provveduto ad emanare una norma integrativa della 771-1, proprio sui limiti di accettazione, in caso di necessità e in accordo fra le parti, si può ancora fare riferimento alla Uni 8942.

#### **ASSORBANZA**

Quando una radiazione luminosa investe la materia, una parte della sua energia viene assorbita. Il rapporto fra l'intensità I della luce emergente e l'intensità  $I_0$  della luce incidente è definito tramittanza T.

$$T = I/I_0$$

La trasmittanza esprime la frazione di energia luminosa che riesce ad attraversare il corpo in esame e può assumere valori da 0 a 1, ovvero da 0 (completo assorbimento) a 100 (nessun assorbimento) se la trasmittanza è espressa come trasmittanza percentuale. In alternativa alla trasmittanza, la quantità di radiazione assorbita può essere espressa in termini di assorbanza A:

$$A = log 1/T$$

Il valore massimo T = 1 corrisponde ad un'assorbanza A = 0; mentre al valore T = 0 corrisponde un'assorbanza  $A = \infty$  (infinito).

#### **ASSORBIMENTO D'ACQUA**

Rappresenta la quantità di acqua che un blocco in laterizio può assorbire ed è espresso in percentuale sul peso del blocco stesso.

Secondo la norma Uni EN 772-7 "Metodi di prova per elementi in muratura. Determinazione dell'assorbimento d'acqua di strati impermeabili all'umidità di elementi di muratura di laterizio mediante bollitura in acqua", il blocco deve essere essiccato fino a massa costante  $(m_d)$  in stufa a temperatura di  $105 \pm 5$  °C e quindi immerso completamente in acqua portata ad ebollizione per 1 ora circa; proseguire l'ebollizione per 5 ore e raffreddare naturalmente in non meno di 16 ore. Estratto dal'acqua, il provino va asciugato superficialmente con un panno umido e pesato entro 2 minuti  $(m_s)$  con bilancia con precisione di 1 grammo. Devono essere sottoposti a prova almeno 6 provini. I risultati sono espressi dalla formula:

$$W_s = \frac{m_s - m_d}{m_d} \times 100 \%$$

Si esegue quindi la media dei risultati, arrotondando allo 0,1 % più vicino.

La precedente norma Uni 8942 prevedeva l'immersione in acqua a temperatura ambiente per 24 ore e fissava i limiti di accettabilità.

I prodotti in laterizio normale, estrusi, pressati o da rivestimento erano accettabili se l'assorbimento era compreso fra 10 e 25%; con massa alveolata se l'assorbimento era compreso fra il 15 e il 40%

In realtà l'assorbimento del laterizio alveolato non supera generalmente per più di 2-3 punti percentuali l'assorbimento del laterizio normale prodotto con la stessa argilla.

Attraverso la stessa prova secondo Uni 8942 era possibile determinare anche il rischio di gelività (vedi GELIVITÀ).

#### **AUTOCONTROLLO**

La serie di controlli che il produttore attua sul ciclo di produzione e sul prodotto finito, direttamente o tramite strutture esterne autorizzate, costituisce l'Autocontrollo.

Il Consorzio Alveolater<sup>®</sup>, al punto 2.3 del Regolamento, stabilisce che l'Autocontrollo deve essere effettuato sia come Controllo di Processo, mediante l'esame della qualità e dei dosaggi delle materie prime utilizzate, la rilevazione di alcuni dati del ciclo produttivo e il controllo dei semilavorati, sia come Controllo sul Prodotto Finito, con riferimento ai valori riportati nelle Schede Tecnologiche di Prodotto che ogni produttore associato deve redigere per conoscere in modo approfondito ogni suo prodotto.

Con l'entrata in vigore della marcatura CE a partire dall'aprile 2006, l'autocontrollo è diventato obbligatorio e viene eseguito sulla base della norma Uni EN 771-1. Vedi, con maggiore dettaglio, la voce MARCATURA CE.

#### **BAGNATURA DEL LATERIZIO**

Allo scopo di avere buona aderenza fra malta e laterizio e quindi ottenere la migliore impermeabilità della parete in muratura, è necessario che il laterizio, prima della posa in opera, sia bagnato. In caso contrario la malta, al contatto con il laterizio poco bagnato, viene privata dell'acqua necessaria per l'idratazione del cemento. Bisogna tuttavia evitare anche un eccesso di bagnatura. Se la bagnatura è eccessiva, il ristagno di acqua sulla superficie del laterizio impedisce la penetrazione della malta all'interno dei pori: l'aderenza malta-laterizio viene fortemente ridotta.

Il laterizio deve essere quindi saturo di acqua ma a superficie asciutta.

Una insufficiente esperienza nella posa può indurre a compensare la scarsa bagnatura del laterizio con l'aumento dell'acqua di impasto della malta. In realtà una malta troppo fluida cola all'interno dei fori o sulla superficie degli elementi con la conseguenza di aumentare inutilmente i consumi. Inoltre può verificarsi che i laterizi del corso inferio-

re assorbano l'acqua in eccesso, rendendo la malta troppo secca per la posa del corso superiore.

Indicazioni di letteratura consentono di non bagnare il laterizio soltanto qualora l'assorbimento specifico sia inferiore a 20 g/dm² al minuto, valutato immergendo l'elemento in acqua per un minuto per un altezza di un centimetro.

La necessità di bagnare il laterizio è prevista dal Regio Decreto 2233 del 1939, e le prove eseguite dal Consorzio presso il laboratorio del Dipartimento di Architettura, Costruzioni e Strutture della facoltà di Ingegneria dell'Università Politecnica delle Marche di Ancona, mediante le quali si è confrontato il comportamento di muretti realizzati con blocchi bagnati e con blocchi asciutti, hanno rilevato, a parità di altre condizioni, una riduzione della resistenza a carico verticale del 15% e una riduzione della resistenza a compressione diagonale del 33 %.

Blocchi a facce piane	Carico di rottura dei muretti di prova (kN)		
Carico verticale			
giunti continui verticali e orizzontali, blocchi bagnati	3385 2658 2890 media 2978		
giunti continui verticali e orizzontali, blocchi asciutti	2451 2634 2567 media 2550		
Compressione diagonale			
giunti continui verticali e orizzontali, blocchi bagnati	441,5 451,2 316,6 media 403,1		
giunti continui verticali e orizzontali, blocchi asciutti	248,4 336,7 226,3 media 270.5		

#### BARRIERA AL VAPORE

È un impedimento al passaggio del vapore realizzato generalmente con fogli di plastica o metallo (e quindi con resistenza al passaggio del vapore praticamente infinita) o con carte catramate.

La barriera al vapore è utilizzata quando si vuole impedire la penetrazione del vapore all'interno delle pareti o dei solai di una costruzione. In linea di principio, la barriera al vapore si applica sui lati caldi della costruzione (e quindi generalmente sulle superfici interne).

#### **BLOCCO**

Secondo la norma Uni 8942, si definisce "blocco" un prodotto di laterizio per muratura, di forma generalmente parallelepipeda, con volume maggiore di 5500 cm<sup>3</sup>. Le normative più recenti (Ordinanza PCM 3274 e 3431; D.M. 14 gennaio 2008) non portano questa distinzione e parlano genericamente di "elementi".

Vedi anche "CLASSIFICAZIONE E DEFINIZIONI SE-CONDO UNI 8942:1986".

#### **BLOCCO A SETTI SOTTILI - B.S.S.**

Nel mese di Settembre 2005 sono state pubblicate sia la norma Uni EN 1745, in lingua italiana, dal titolo

"Muratura e prodotti per muratura. Metodi per determinare i valori termici di proget-

to", sia il Decreto 192 sul contenimento dei consumi energetici in edilizia. Successivamente è stato pubblicato il Decreto 311 "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 Agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia" (GU n. 26 del 1-2-2007

- Suppl. Ordinario n. 26), entrato in vigore il 2 febbraio 2007.

Questi decreti hanno generato una rinnovata attenzione dei produttori verso le prestazioni termiche delle murature in laterizio, attenzione che si era attenuata nel corso degli ultimi anni, complice anche l'incertezza e la lentezza normativa. Basta a questo proposito ricordare

Blocco a setti sottili Classe 60 per tamponamento.

che i decreti attuativi della Legge 10/1991, previsti entro 180 giorni dalla pubblicazione della legge, sono stati emanati nel 2005, con quattordici anni di ritardo (Decreto 14 luglio 2005) e subito annullati dal Decreto 192.

Come si può rispondere ai nuovi limiti di trasmittanza imposti dal Decreto 311? Una delle strade che oggi sono viste, e percorse, con particolare attenzione è quella dei blocchi cosiddetti "a setti sottili".

È noto che l'aria in quiete è un ottimo isolante.

La conduttività delle lame d'aria è tuttavia funzione della dimensione della cavità: aumentando la dimensione, l'aria

non può più essere considerata in quiete e la sua capacità isolante diminuisce.

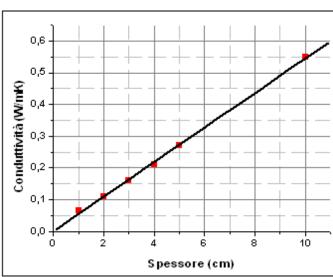
Progettare blocchi in laterizio a setti di spessore ridotto significa quindi sfruttare al meglio le proprietà dell'aria in quiete realizzando elementi con un elevato numero di file di fori nel senso perpendicolare al flusso termico.

Una prima applicazione pratica di questi concetti si ebbe nel 19-95, anno in cui fu sperimentato un blocco, risultato di una ricerca condotta dal Consorzio Alveolater<sup>®</sup> in collaborazione con il Dipartimento di Energetica dell'U-

partimento di Energetica dell'Università Politecnica delle Marche (Prof. Principi, Arch. Ruffini).

Oggi sono prodotti blocchi a setti sottili di grande formato, per murature di spessore di 35, 38, 40 e 48 cm.

Dimensionando opportunamente gli spessori della muratura si possono raggiungere valori di trasmittanza in grado di rispettare le indicazioni dell'allegato C, Tabella 2.1 del Decreto 311, fino ad avere valori di estremo interesse con murature realizzate con blocchi di 48 cm di spessore, ac-



Andamento delle conduttività dell'aria in funzione dello spessore delle cavità che la contengono.

creditate di una trasmittanza di 0,30 W/m<sup>2</sup>K (valore di calcolo secondo Uni EN 1745, con argilla di conduttività 0,33 W/mK).

Lo studio del disegno del blocco, associato alla ricerca su materie prime più leggere e a malte e intonaci isolanti può quindi consentire, in un'ottica di "sistema muratura", e con la possibilità di svincolare lo spessore della muratura dalla volumetria del fabbricato, il raggiungimento di prestazioni di sicuro interesse anche alla luce delle più rigorose normative sui consumi energetici.

#### **CALORE LATENTE**

Quantità di calore da fornire all'unità di massa di una sostanza per produrre un cambiamento di stato (fusione, evaporazione, sublimazione ecc.) senza variazione di temperatura della sostanza stessa.

#### **CALORE SPECIFICO**

Il calore specifico (o Capacità termica specifica) definisce la quantità di calore necessaria per innalzare di un grado la temperatura di un chilogrammo di materiale e si misura in kJ/kg K. In sostanza, rappresenta la capacità di un materiale di accumulare calore in relazione all'unità di massa e alle variazioni di temperatura.

I materiali che hanno buona capacità termica possono immagazzinare, e rilasciare lentamente nel tempo, elevate quantità di calore per unità di massa.

In tabella valori di calore specifico (o capacità termica specifica) di alcuni materiali.

Calore specifico di alcuni materiali [kJ/kg K]		
alluminio	0,80	
laterizio, anche alleggerito	1,00	
intonaco	1,00	
calcestruzzo	$0,84 \div 1,00$	
aria	1,00	
fibre tessili	1,30	
polistirene espanso	1,20	
legno	1,20 ÷ 1,60	
legno (conifere e latifoglie)	0,42	
fibra di legno	2,40	
acqua	4,20	
lana di roccia	0,84	
lana di vetro	0,85	
perlite	1,30	
vetro	0,84	

#### **CALORIA**

Unità di misura della quantità di calore necessaria per innalzare di un grado (da 14,5 a 15,5 °C) la temperatura di un grammo di acqua distillata alla pressione di una atmosfera (ovvero di un bar).

#### **CALPESTIO**

Vedi RUMORE IMPATTIVO.

# CAPACITÀ TERMICA di una parete

È una caratteristica física che indica la quantità di calore che una parete può immagazzinare ed è definita come il rapporto tra il calore fornito e l'aumento di temperatura corrispondente:  $C = Q/\Delta T$  [J/K].

Tanto più la capacità termica è elevata, tanto meno cambiano le temperature dell'ambiente interno al variare delle temperature esterne, delle variazioni di funzionamento degli impianti e delle attività interne all'edificio.

La capacità termica areica o frontale  $C_f$  di una parete si può calcolare con la formula

$$C_f = \rho cs$$
 [kJ/m<sup>2</sup> K]

dove:

s = spessore della parete;

 $\rho$  = peso specifico della parete (densità);

c = calore specifico del materiale costituente la parete.

La capacità termica volumica  $C_v$  di un materiale si ottiene moltiplicando il calore specifico c per la densità:

$$C_v = \rho c$$
 [kJ/m<sup>3</sup> K]

#### **CARTA DI CONTROLLO**

Le carte di controllo, definite nelle Uni 4727 e 4728, consistono in diagrammi nei quali le ascisse sono rappresentative del tempo in cui sono avvenute le osservazioni e le

ordinate rappresentano i valori assunti dalle caratteristiche in esame.

L'andamento della curva rappresentativa di una caratteristica permette di cogliere in tempo utile una tendenza e di intervenire per eventuali correzioni.

Una linea orizzontale rappresenta il valore medio della caratteristica che deve essere controllata; una linea superiore e una inferiore (linea superiore e linea inferiore di controllo) delimitano una banda entro la quale devono trovarsi i punti rappresentativi delle osservazioni.

Sono previsti due tipi di carte di controllo:

- per variabili, quando la caratteristica sotto controllo può variare con continuità;
- per attributi, quando la caratteristica può assumere solo due configurazioni (accettabile o non accettabile).

#### **CARTIGLIO CE**

Dal mese di aprile 2006 i prodotti in laterizio per murature sono soggetti all'obbligo della marcatura CE sulla base della norma Uni EN 771-1.

Il produttore è tenuto ad apporre sul blocco, sull'imballo o sui documenti di consegna il simbolo CE e deve rilasciare un documento (il cosiddetto Cartiglio CE) nel quale devono essere riportati esclusivamente i valori delle grandezze previste nell'Allegato ZA della norma e obbligatorie nel paese di destinazione, esclusa ogni altra caratteristica. È evidente quindi che nel caso di esportazione, così come nel caso di importazione, i cartigli (e, ovviamente, le verifiche e i controlli che consentono la redazione del cartiglio) devono essere adeguati alle normative in vigore nel paese nel quale i prodotti sono commercializzati.

È opportuno chiarire che il cartiglio fornisce i valori relativi al solo blocco, di cui il produttore è responsabile, e non della muratura.

È anche necessario ribadire che il professionista dovrà basare i calcoli statici sui valori di resistenza dichiarati dal

produttore e non più, come è consuetudine, sui valori ricavati dai rapporti di prove eseguite presso laboratori ufficiali. Eventuali prove presso laboratori ufficiali (non più previste nelle nuove Norme tecniche per le costruzioni, D.M. 14 Gennaio 2008) serviranno al produttore per avere un valore di raffronto periodico con i risultati delle prove eseguite nel laboratorio interno. I rapporti di prova dovranno essere conservati fra i documenti di controllo, non dovranno essere forniti ai professionisti, e non potranno costituire documento sul quale basare le valutazioni statiche.

Nel caso di elementi semipieni, il professionista dovrà ricavare la resistenza della muratura sulla base della tabella 11.9.VI riportata al punto 11.9.5.1.2 Stima della resistenza a compressione delle Norme tecniche, prima richiamate, in funzione della malta adottata e della resistenza dei laterizi riportata sul cartiglio CE.

Nel caso di progettazione non sismica, e qualora si impieghino elementi forati (con percentuale di foratura minore del 55%), la resistenza della muratura dovrà essere verificata sperimentalmente in funzione del tipo di malta che si vorrà impiegare. Poiché le Norme tecniche specificano che "i provini (muretti) devono avere le stesse caratteristiche della muratura in esame....", e poiché il produttore di laterizi è ovviamente responsabile dei soli mattoni o blocchi, per i quali rilascia l'attestazione CE, le prove dovrebbero essere eseguite cantiere per cantiere a cura dell'Impresa e della Direzione Lavori, al fine di verificare la corrispondenza del risultato al valore di resistenza assunto nei calcoli statici dal professionista calcolatore. Ma i valori di resistenza dei laterizi potrebbero non coincidere con i valori dichiarati dal produttore e quindi potrebbero nascere perplessità sul valore da assumere per la resistenza della muratura. È quindi opportuno che le prove vengano eseguite dal produttore il quale, a richiesta e in documento diverso dal cartiglio CE, indicherà la resistenza della muratura in funzione del tipo di malta.

#### CATEGORIA I E CATEGORIA II

La norma Uni EN 771-1, ai punti 3.33 e 3.34 introduce la definizione di laterizi di Categoria I e di Categoria II.

- 3.33 Elementi di categoria I: elementi con resistenza a compressione dichiarata con probabilità di non raggiungere il valore dichiarato non superiore al 5%. La resistenza può essere determinata come valore medio o valore caratteristico.
- 3.34 Elementi di categoria II: elementi per i quali non è previsto di raggiungere il livello di confidenza stabilito per gli elementi di categoria I.

La categoria di un prodotto si stabilisce sulla base di tre verifiche, riferite esclusivamente alla resistenza meccanica a carico verticale.

Sulla base delle prove iniziali di tipo e sul risultato dei controlli periodici, il produttore dichiarerà un valore di resistenza meccanica, precisando se si tratta di un valore medio o caratteristico. Nel corso delle attività di controllo, prelevati alcuni campioni dal ciclo di produzione, e sottoposti a prova, dovranno essere verificate le condizioni di seguito elencate.

Condizione 1: il valore medio dei valori di resistenza rilevati nei controlli di prodotto deve essere maggiore del valore dichiarato.

Condizione 2: il valore più basso deve essere maggiore dell' 80% del valore dichiarato.

Condizione 3: il "valore di controllo" = valore medio – (deviazione standard • costante di accettabilità) deve essere maggiore del valore dichiarato.

Il prodotto di Categoria II deve rispettare la condizione 1 e la condizione 2; il prodotto di Categoria I deve rispettare anche la condizione 3.

Un esempio potrà chiarire meglio l'argomento.

Si supponga che il produttore abbia dichiarato sulla propria documentazione (documento CE, depliant, sito internet ecc.) un valore di resistenza meccanica a carico

verticale di 10 N/mm<sup>2</sup> e su di un lotto di controllo di sei pezzi abbia riscontrato questi valori:

Blocco 1 = 12,5 N/mm<sup>2</sup> Blocco 2 = 11,9 N/mm<sup>2</sup> Blocco 3 = 11,1 N/mm<sup>2</sup> Blocco 4 = 10,8 N/mm<sup>2</sup> Blocco 5 = 8,5 N/mm<sup>2</sup> Blocco 6 = 9,0 N/mm<sup>2</sup>

Valore medio:  $m = 10.6 \text{ N/mm}^2$ 

La Condizione 1 è rispettata (il valore medio è maggiore del valore dichiarato).

Anche la Condizione 2 è rispettata, perché il valore più basso (8,5 N/mm²) è maggiore dell'80 % del valore dichiarato (0,8 •10 N/mm² = 8 N/mm²).

Se i blocco è di Categoria II, il lotto è accettato e il produttore vede confermati i valori dichiarati.

Se il blocco è commercializzato come blocco di Categoria I, il produttore dovrà verificare anche la condizione 3), ossia che il valore dichiarato sia minore, o al più uguale, al valore medio – (deviazione standard • costante di accettabilità). Dalle tabelle delle analisi statistiche si hanno questi valori, per un campione di 6 elementi:

Deviazione standard:  $\sigma = 3,17$ 

Costante di accettabilità:  $k_n = 0.82$ 

Quindi  $10,6 \text{ N/mm}^2 - (3,17 \cdot 0,82) = 8,0 \text{ N/mm}^2$ .

(I valori 3,17 e 0,82, parametri statistici, variano in funzione del numero di campioni esaminati).

Nel caso dei valori prima elencati, per affermare che il prodotto è di Categoria I si dovrà abbassare il valore dichiarato, e portarlo a 8,0 N/mm².

Quindi, a parità di valori rilevati e di numerosità di campioni provati, la Categoria I impone di dichiarare un valore inferiore rispetto alla Categoria II.

È comunque sempre opportuno dichiarare un valore prudenziale. Infatti, se si dichiara un valore elevato, periodicamente si potrebbero rilevare valori inferiori al valore dichiarato. Si dovrebbe modificare, riducendolo, il valore riportato sulla scheda di prodotto (cosiddetto "cartiglio") e

Quaderni Alveo<u>later<sup>®</sup></u>

sui documenti forniti al professionista. Il prodotto sarebbe ancora di Categoria I, ma si potrebbero avere conseguenze negative nel caso di cantieri già iniziati, e comunque si avrebbe incongruenza con il valore riportato sui depliant, che non possono essere modificati con tempestività.

Il D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" stabilisce che le resistenze di progetto da impiegare per le verifiche, a compressione, pressoflessione e taglio, devono essere ridotte mediante il coefficiente  $\gamma_M$  che assumerà il valore di tabella, in funzione anche della classe di esecuzione della muratura.

Materiale	Classe 1 di esecuzione	Classe 2 di esecuzione
Muratura con elementi di categoria I, malta a prestazione garantita	2,0	2,5
Muratura con elementi di categoria I, malta a composizione prescritta	2,2	2,7
Muratura con elementi di categoria II, ogni tipo di malta	2,5	3,0

Analoga posizione è espressa anche dall'Eurocodice 6.

Una ulteriore e importante conseguenza dell'applicazione della marcatura CE consiste nel fatto che il progettista non dovrà più fare riferimento alle prove eseguite presso un laboratorio ufficiale, autorizzato ai sensi della Legge 1086, ma al valore dichiarato dal produttore (vedi CARTIGLIO CE).

### **CERTIFICATO DI ORIGINE**

La Circolare n. 65/AA.GG. del 10 aprile 1997 "Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche» di cui al D.M. 16 gennaio 1996" chiariva il punto C.5.1 del paragrafo C.5 Edifici in muratura spe-

cificando "In particolare, il direttore dei lavori è tenuto a verificare che ciascuna fornitura, riguardante tanto gli elementi per la muratura (mattoni o blocchi), quanto le barre di acciaio nel caso della muratura armata, sia accompagnata dal relativo certificato di origine, controllando che le caratteristiche certificate corrispondano a quanto richiesto dal progetto e dalle norme". In seguito all'obbligo di marcatura CE (Aprile 2006), e alla relativa documentazione prescritta, si può ritenere che il Certificato di origine sia sostituito dal Cartiglio CE (Vedi CARTIGLIO CE).

#### **CLASSE**

### (Vedi anche Alveolater®)

Secondo la terminologia Alveolater<sup>®</sup>, i mattoni e i blocchi si dividono in classi, ciascuna identificata da un numero che rappresenta la percentuale di foratura dell'elemento.

CLASSE 45: raggruppa tutti i blocchi con percentuale di foratura ≤ 45 per cento. Possono essere impiegati per murature strutturali in zone di qualunque grado di sismicità.

CLASSE  $50 \div$  CLASSE 55: comprende i blocchi con percentuale di foratura  $45 \% < F/A \le 55 \%$ , per costruzioni progettate e calcolate in zone a bassa o bassissima sismicità, qualora consentito da specifiche delibere regionali.

CLASSE 60: comprende tutti gli elementi destinati esclusivamente alla costruzione di pareti di tamponamento, con percentuale di foratura massima del 70 per cento.

## **CLASSE DI ESECUZIONE**

Il D.M. 14 Gennaio 2008, punto 4.5.6.1, stabilisce che per le murature di Classe di esecuzione 2 si debba avere:

- disponibilità di specifico personale qualificato e con esperienza, dipendente dell'impresa esecutrice, per la supervisione del lavoro (capocantiere);
- disponibilità di specifico personale qualificato e con esperienza, indipendente dall'impresa esecutrice, per il controllo ispettivo del lavoro (direttore dei lavori).

La Classe di esecuzione 1 è attribuita qualora siano previste questi ulteriori controlli:

- controllo e valutazione in loco delle proprietà della malta e del calcestruzzo:
- dosaggio dei componenti della malta "a volume" e controllo delle operazioni di miscelazione, o uso di malta premiscelata certificata dal produttore.

# CLASSIFICAZIONE E DEFINIZIONI SECONDO UNI 8942:1986

Per quanto sia stata ritirata nel 2004, è il caso di ricordare come la norma Uni 8942 classificava i prodotti in laterizio, in base alla dimensione e alla percentuale di foratura.

Mattoni: prodotti di laterizio per muratura, di forma generalmente parallelepipeda, con volume  $\leq 5500$  cm<sup>3</sup>:

Blocchi: prodotti di laterizio per muratura, di forma generalmente parallelepipeda, con volume > 5500 cm<sup>3</sup>;

Mattoni pieni (F/A  $\leq$  15%) sigla MP oppure MPR se per rivestimento;

Mattoni e blocchi semipieni di tipo A (15% <F/A  $\le$  45%) sigla MSA o BSA, sigla R se per rivestimento;

Mattoni e blocchi semipieni di tipo B ( $45\% < F/A \le 55\%$ ) sigla MSB o BSB, sigla R se per rivestimento;

Mattoni e blocchi forati (F/A > 55%) sigla MF o BF; MFR o BFR se per rivestimento;

Mattoni e blocchi con posa in opera a fori verticali, e cioè con foratura ortogonale al piano di posa, codificati con la sigla 11;

Mattoni e blocchi con posa in opera a fori orizzontali, e quindi con foratura parallela al piano di posa, codificati con la sigla 00.

In funzione della tecnologia di produzione si distinguevano prodotti estrusi con massa normale (sigla 21) e con massa alveolata (sigla 31); pressati in pasta (sigla 41) o in

# Quaderni Alveolater®







Nell'ordine: un blocco Alveolater Classe 45 classificazione BSA 11 31; un blocco Alveolater Classe 50 classificazione BSB 11 31; un blocco Alveolater Classe 60 classificazione BF 00 31

polvere (sigla 51). I prodotti formati a mano erano classificati con sigla 91.

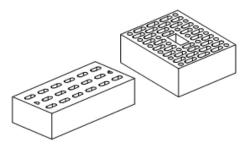
Se rettificati o calibrati avevano rispettivamente la sigla R o C

Un blocco Alveolater<sup>®</sup> 45, formato 30 x 25 x 19 cm, posa in opera a fori verticali, era quindi classificato

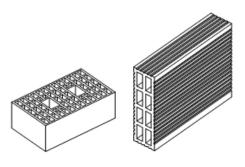
#### BSA 11 31

Nota: la qualifica di "forato" secondo la norma Uni 8942 differiva dalla qualifica "forato" allora prevista dal Decreto ministeriale 20 Novembre 1987.

Il Decreto infatti classificava "forati", e non "semipieni di tipo B", i laterizi con percentuale di foratura  $45\% \le F/A < 55\%$ . Questa stessa classificazione è prevista sia dall'Ordinanza 3274 che dal Decreto 14 Gennaio 2008.



Elementi HD secondo Uni EN 771-1



Elementi LD secondo Uni EN 771-1

## CLASSIFICAZIONE E DEFINIZIONI SE-CONDO UNI EN 771-1

La norma prevede due tipologie di laterizi:

- HD = High Density ovvero elementi ad alta densità. Comprende tutti gli elementi in laterizio per muratura di massa volumica lorda superiore a 1000 kg/m³ previsti per un impiego in murature protette nonché tutti gli elementi in laterizio da utilizzarsi in murature non protette;
- LD = Low Density ovvero elementi a bassa densità. Comprende gli elementi in laterizio con massa volumica lorda inferiore o uguale a 1000 kg/m³ previsti per un impiego in murature protette.

#### **CLINKER**

Il clinker è un particolare laterizio cotto a temperature superiori a 1000 °C e dotato di bassissimo assorbimento d'acqua  $(0.5 \pm 1\% \text{ in peso})$ .

Il peso specifico dell'argilla cotta deve essere superiore a 1900 kg/m³ mentre la resistenza al gelo, ca-

ratteristica di questi materiali, deve essere garantita sulla base di prove di laboratorio.

# COEFFICIENTI DI ADDUZIONE (o Coefficienti liminari)

All'interno di un ambiente, lo scambio di calore fra l'aria e la faccia interna della parete esterna è regolato dalla relazione

$$Q = \alpha_i S(t_i - t_{si})$$

La faccia esterna della parete esterna cede calore all'aria esterna secondo la relazione

$$Q = \alpha_e S(t_{se}-t_e)$$

 $\alpha_i$  è detto Coefficiente di adduzione interno, ed esprime la quantità di calore ceduto dall'aria interna nell'unità di tempo all'unità di superficie della parete per ogni grado di differenza di temperatura, ed è espresso in  $W/m^2K$ .

 $\alpha_e$  è il Coefficiente di adduzione esterno, ed esprime la quantità di calore ceduto all'aria esterna nell'unità di tempo dall'unità di superficie della parete per ogni grado di differenza di temperatura, ed è espresso in  $W/m^2K$ .

I coefficienti di adduzione sono influenzati dalle caratteristiche superficiali della parete e dalla velocità dell'aria. La norma Uni EN ISO 6946:1999 fissa i seguenti valori:

Parete	$\alpha_i (W/m^2K)$	$\alpha_{\rm e}~({\rm W/m^2K})$
Pareti verticali	7,7	25
Pareti orizzontali flusso ascendente	10,0	25
Pareti orizzontali flusso discendente	5,9	25

Negli angoli, il valore  $\alpha_i$  può scendere a 5 W/m²K , mentre con vento molto forte  $\alpha_e$  può raggiungere un valore pari a  $100 \div 120~\text{W/m²K}$ .

#### COIBENTAZIONE

Separazione di due ambienti o trattamento di un ambiente mediante l'impiego di materiali con elevata capacità isolante acustica o termica (materiali coibenti).

#### COLLAUDO DI ACCETTAZIONE

La Norma Uni 8942 prevedeva la possibilità di un collaudo di accettazione da effettuare presso lo stabilimento di produzione o in cantiere, al momento della consegna dei prodotti.

Le prove erano le stesse previste per l'autocontrollo, e andavano eseguite sostanzialmente sullo stesso numero di provini, assicurando la casualità del prelevo (la casualità si poteva ottenere suddividendo la fornitura in parti uguali al numero di provini da prelevare, con prelievo casuale di un provino da ogni parte di fornitura così ottenuta).

Il collaudo di accettazione può essere fatto anche sulla base della documentazione fornita per l'attestazione di marcatura CE (Cartiglio), verificando la completezza delle informazioni, la corrispondenza del disegno al prodotto effettivamente fornito, la corrispondenza della massa volumica, l'assenza di significative lesioni ecc.

# COLORE (dei laterizi)

I laterizi possono presentare una grande varietà di colori, dovuti prevalentemente ai composti ferrosi e alle sostanze carboniose presenti nelle argille.

Anche la quantità di aria di combustione, e quindi di ossigeno, e il tipo di combustibile impiegato possono influire sulla colorazione del cotto.

Nelle argille si può avere ferro sotto forma di

- ossido ferrico Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- ossido ferroso FeO
- idrato di ferro Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4H<sub>2</sub>O
- carbonato di ferro FeCO<sub>3</sub>

- solfuro di ferro FeS<sub>2</sub>
- fosfato di ferro Fe<sub>3</sub>P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 8H<sub>2</sub>O

che può dare origine a tutte le sfumature di colore comprese fra il giallo, il rosso e il bruno.

Elevate quantità di carbonato di calcio, poiché la calce forma con il ferro un silicato doppio di ferro e calcio di colore biancastro, porteranno a tonalità chiare.

Analogamente una cottura troppo rapida in ambiente scarsamente ossidante darà origine a cotti di colore rosato. Se manca ossido ferrico, o se sono presenti alte percentuali di titanio, si avranno laterizi di colore giallo.

Il colore dei laterizi può essere modificato introducendo nell'argilla ossidi metallici.

Il biossido di manganese dà colori bruni; l'ossido di ferro colorazioni rosse; l'ossido di cromo colorazioni verdi.

## **CONDENSA** (formazione di -)

La condensazione del vapore contenuto nell'aria (condensa) può avvenire sia sulla superficie interna di una parete esterna sia all'interno della parete stessa.

Nel primo caso si hanno danneggiamenti degli strati superficiali di finitura con formazione di depositi di polvere per elettroforesi; nel secondo caso si ha degradamento delle caratteristiche di isolamento dei materiali interessati, particolarmente se si tratta di isolanti puri.

 Condensazione superficiale: si ha condensa quando la temperatura della superficie interna della parete esterna scende al di sotto della temperatura di rugiada, ovvero al di sotto del valore della temperatura per la quale, in quelle condizioni di temperatura e di umidità dell'aria ambiente, si ha condensazione del vapore.

Le cause quindi non sono mai da imputare al materiale (spesso si sentono affermazioni del tipo: "Quel materiale fa condensa") ma esclusivamente a errate previsioni termoigrometriche della vita del fabbricato. Questo natural-

mente purché il materiale fornito abbia le caratteristiche richieste e promesse.

 Condensazione negli strati interni del muro: si ha quando le pressioni relative di vapore raggiungono le pressioni di saturazione.

Anche in questo caso la condensa è dovuta a errori commessi nella valutazione delle condizioni termoigrometriche o delle caratteristiche dei materiali usati o nella collocazione di tali materiali o anche nelle modalità di posa in opera.

La presenza di condensa superficiale è espressamente esclusa dal Decreto 311/2006, mentre è consentita la condensazione interstiziale, se limitata alla quantità rievaporabile, in conformità alla norma Uni EN ISO 13788:2003.

#### CONDUTTANZA TERMICA

La conduttanza esprime la quantità di calore che si trasmette in un'ora attraverso 1 m<sup>2</sup> di superficie per una differenza di temperatura di 1 °C (o di 1 K) tra le facce opposte e parallele di una parete di materiale omogeneo con spessore s e conduttività lambda ( $\lambda$ ).

$$C = \lambda / s$$
 [W/m<sup>2</sup>°C; W/m<sup>2</sup>K]

# CONDUTTIVITÀ (o conducibilità) TERMICA

Per conduttività o conducibilità di un materiale omogeneo si intende la quantità di calore che, in regime stazionario, si trasmette nell'unità di tempo attraverso 1 m² di superficie di uno strato del materiale in esame, di spessore 1 metro, quando la temperatura fra le due superfici opposte piane e parallele dello strato differisce di 1 grado Celsius (°C) o 1 grado Kelvin (K). Il valore della conduttività, espresso in W/m°C (o W/mK in gradi Kelvin) e indicato dalla lettera λ (lambda), è sensibilmente influenzato dal tenore di umidità presente nel materiale e aumenta con l'aumentare dello stesso.

Per gli elementi in argilla cotta, i valori per la materia prima riportati nel Prospetto A1, Appendice A della norma Uni EN 1745, probabilità 90%, aumentati del 6% per tene-

re conto (punto 5.1) dell'umidità di equilibrio pari all'1% in volume, sono i seguenti:

Densità (kg/m³)	λ (W/mK)	$\lambda + 6\% \text{ (W/mK)}$
1000	0,27	0,29
1200	0,33	0,35
1400	0,40	0,42
1600	0,47	0,50
1800	0,55	0,58

Questi valori, piuttosto prudenziali e superiori a quelli sperimentali generalmente adottati, coincidono sostanzialmente con i valori indicati dalle Uni 7357 e 10351.

# CONDUTTIVITÀ (o conducibilità) TERMICA EQUIVALENTE DI UN BLOCCO

Un mattone pieno può essere considerato, con ottima approssimazione, un elemento omogeneo, e quindi può essere accreditato della stessa conduttività della materia prima di cui è composto. Non è così per gli elementi forati, nei quali, oltre alla materia prima (argilla), sono presenti cavità macroscopiche (fori) nelle quali è presente aria in quiete.

	Mattone pieno	Mattone a 3 fori
Massa argilla (kg)	1800	1800
Conduttività argilla (W/mK)	0,50	0,50
Conduttività eq. mattone spess. cm 12 (W/mK)	0,50	0,45
Conduttività eq. mattone spess. cm 25 (W/mK)	0,50	0,40
Conduttività eq. parete cm 12 (W/mK)	0,56	0,50
Conduttività eq. parete cm 25 (W/mK)	0,58	0,48

Pertanto la conduttività sarà variabile in funzione della numerosità e delle caratteristiche geometriche dei fori (fori stretti nella direzione del flusso termico hanno conduttività minore). Si dovrà quindi parlare di conduttività equivalente del blocco.

A titolo di esempio, un mattone 12 x 25 x 5,5 cm, privo di fori, di massa 1600 kg/m³, avrà una conduttività pari a 0,50 W/mK (vedi tabella precedente) mentre lo stesso elemento, dotato di tre fori di 3 centimetri di diametro, ha una conduttività equivalente di 0,40 W/mK sullo spessore di 25 cm e di 0,45 W/mK sullo spessore di cm 12.

# CONDUTTIVITÀ (o Conducibilità) TERMICA EQUIVALENTE DELLA PARETE

La parete è composta di laterizi e di malta, e di conseguenza si dovrà parlare di conduttività equivalente di parete. Considerando giunti di malta di spessore 1 centimetro, conduttività della malta 0,93 W/mK (Norma Uni EN 1745, Appendice A, Prospetto A 12 per massa di 1800 kg/m³), la parete costruita con i mattoni dell'esempio precedente ha conduttività equivalente di 0,56 (spessore cm 12) e di 0,58 W/mK (spessore cm 25) in mattoni pieni e di 0,50 (spessore cm 12) e di 0,48 W/mK (spessore cm 25) in mattoni a tre fori. Una malta termica di buona qualità porta ad una riduzione non trascurabile (8 ÷ 15 per cento) della conduttività equivalente della parete.

#### CONDUZIONE

Vedi TRASMISSIONE DEL CALORE.

## **CONTROLLO DI QUALITÀ**

In passato il controllo di qualità aveva esclusivamente il significato di controllo della rispondenza del prodotto finito alle specifiche di progetto. Oggi si tende a dare a questa attività un significato più ampio, coinvolgendo non solo il prodotto, verificandone la rispondenza alle norme naziona-

li o comunitarie vigenti, ma anche il processo di produzione e l'organizzazione aziendale.

La direttiva Cee 89/106, recepita fra le norme italiane dal D.P.R. n° 246 del 21 aprile 1993 "Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/Cee relativa ai prodotti da costruzione", e le norme Uni En della serie 9000 costituiscono il riferimento fondamentale.

La norma Uni 9002, al punto 4.1, parla espressamente di "Politica della qualità", indicando che la Direzione dell'azienda produttrice deve definire e documentare gli obiettivi e gli impegni previsti per la qualità, assicurando che questa impostazione sia compresa, recepita, attuata e sostenuta a tutti i livelli aziendali.

La direttiva Cee 89/106 parla dei requisiti essenziali che i prodotti devono avere (resistenza meccanica e stabilità; sicurezza in caso di incendio; igiene, salute e ambiente; sicurezza di impiego; protezione dal rumore; risparmio energetico e ritenzione del calore) per poter circolare all'interno della Comunità con il marchio CE. Pur con le procedure meno onerose compatibilmente con la sicurezza, prodotti o famiglie di prodotti possono avere l'attestazione di conformità CE soltanto se preventivamente sottoposti a prova. Nel caso di cicli di produzione complessi, anche la fabbrica deve essere preventivamente ispezionata e tenuta sotto controllo.

Poiché dal primo aprile 2006 i laterizi per muratura sono soggetti all'obbligo della marcatura CE secondo la norma Uni EN 771-1, dalla attenta valutazione di tutti i dettati normativi prima ricordati e di questa norma Uni EN scaturiscono le linee guida che ogni produttore di laterizi deve seguire per rispondere alla crescente attesa di qualità.

#### CONVEZIONE

Vedi TRASMISSIONE DEL CALORE.

#### **CORDOLO**

Già il D.M. 20 Novembre 1987 prescriveva che tutti i muri portanti dovessero essere collegati a livello delle fondazioni e dei solai mediante cordoli, generalmente in cemento armato, di larghezza pari ad almeno 2/3 dello spessore della muratura sottostante e comunque mai minore di 12 cm, e di altezza almeno pari a quella del solaio e mai inferiore

alla metà dello spessore del muro. Il punto 1.3.1.1. prescriveva anche le armature minime, il valore minimo dei diametri dei ferri correnti e delle staffe (in funzione dell'altezza del fabbricato), e l'interasse delle staffe.

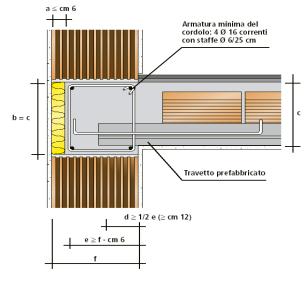
c Lo stesso argomento era ripreso nella Circolare illustrativa 30787 del 1989.

Prescrizioni analoghe erano riportate al punto C.5.1 comma d) D.M. 16 Gennaio 96 per le costruzioni in zona sismica.

L'Ordinanza P.C.M. 3274 del Marzo 2003 al punto 8.2.3 Particolari costruttivi conferma che "Ad ogni piano deve essere realizzato un cordolo continuo all'intersezione tra solai e pareti.

I cordoli avranno larghezza almeno pari a quella del muro. È consentito un arretramento massimo di 6 cm dal filo esterno.

L'altezza minima dei cordoli sarà pari all'altezza del solaio. L'armatura corrente non sarà inferiore a 8 cm², le staffe avranno diametro non inferiore a 6 mm ed interasse non superiore a 25 cm. Travi metalliche o prefabbricate costituenti i solai dovranno essere prolungate nel cordolo per almeno la metà della sua larghezza e comunque per non meno di 12 cm ed adeguatamente ancorate ad esso". Le "Norme tecniche per le Costruzioni" D.M. 14 Gennaio 2008, al punto 4.5.4. Organizzazione strutturale confermano che "Per garantire un comportamento scatolare, muri e



- a = riduzione della larghezza del cordolo per l'arretramento dal filo esterno
- b = altezza del cordolo
- c = spessore del solaio d = prolungamento dei travetti del solaio nel cordolo
- e = larghezza del cordolo
- f = larghezza della muratura

orizzontamenti devono essere opportunamente collegati fra loro.

Tutte le pareti devono essere collegate al livello dei solai mediante cordoli di piano di calcestruzzo armato e, tra di loro, mediante ammorsamenti lungo le intersezioni verticali. I cordoli di piano devono avere adeguata sezione e armatura". Al capitolo 7.8 relativo alla progettazione sismica, il punto 7.8.5.1 prevede che "Ad ogni piano deve essere realizzato un cordolo continuo all'intersezione tra solai e pareti", e riprende integralmente le indicazioni dell'Ordinanza citata. A questi decreti si rimanda per una più esauriente informazione.

#### **CORPO NERO**

Un corpo, che si trova ad una data temperatura, è sorgente di una radiazione elettromagnetica. Alla stessa temperatura, corpi diversi emanano energie diverse, ma tali energie non possono superare un valore limite. Il corpo nero, che non esiste in natura, è una sorgente teorica in grado di raggiungere tale emissione limite.

In laboratorio è possibile costruire un oggetto concavo, con una piccola cavità interna, di colore scuro (quasi nero), realizzato con materiale scabro ed opaco, la cui caratteristica di emissività si avvicina a quella di un corpo nero.

Un raggio di luce entra nella cavità, colpisce la superficie interna e viene riflesso più volte. Cedendo una parte della sua energia ad ogni riflessione, il raggio di luce viene interamente assorbito.

Se ora si considera una cavità di forma qualsiasi, con la superficie interna mantenuta a temperatura costante e vi si introduce un corpo nero, esso, per unità di superficie, riceverà la potenza  $q_i$  ed emetterà la potenza  $q_{e0}$ .

A regime, una volta raggiunto l'equilibrio termico tra il corpo nero e la cavità, si avrà:

$$q_i = q_{e0}$$

A regime, il corpo nero assorbe tanto calore, a tutte le frequenze, quanto ne riceve.

Se al posto del corpo nero si introduce un corpo qualsiasi colorato, pur rimanendo uguale la potenza incidente q<sub>i</sub>, la potenza assorbita per unità di superficie q'<sub>i</sub> dipenderà dal *coefficiente di assorbimento a* secondo la legge

$$q'_i = a . q_i$$

e non sarà più la stessa a tutte le frequenze.

Il *coefficiente di remissività*  $\varepsilon$  rappresenta il rapporto tra il potere emissivo integrale di un corpo qualsiasi e quello di un corpo nero  $q_0$ 

ovvero:

$$\varepsilon = q/q_0$$

(Il potere emissivo integrale q è la potenza emessa per metro quadrato di superficie . L'unità di misura è Watt su metro quadrato).

Il corpo nero, oltre ad essere il corpo con il potere assorbente massimo, è anche quello con il coefficiente d'emissione maggiore.

#### COTTURA

La cottura, o stabilizzazione ad alta temperatura, trasforma la miscela argillosa in laterizio, attraverso variazioni fisiche e reazioni chimiche dei minerali presenti.

Fino a circa 100 °C si elimina l'acqua che residua dall'essiccazione;

intorno ai 200 ÷ 250 °C si ha l'eliminazione dell'acqua zeolitica;

dai 400 ai 650 °C si ha la decomposizione della caolinite, la trasformazione del quarzo con aumento di volume e il completamento della combustione delle sostanze organiche:

a 800 °C si decompone il calcare con eliminazione di anidride carbonica che termina a 950 °C circa.

Dopo la permanenza di alcune ore alla temperatura di 950 °C, ha inizio la fase di raffreddamento.

Proseguendo nel riscaldamento si avrebbe dapprima (1000 °C) il rammollimento, quindi a 1050 ÷ 1100 °C la fusione con formazione di pasta di vetro.

#### **CUORE NERO**

La presenza di sostanze organiche nell'argilla, e soprattutto di sostanze carboniose, può causare colorazioni nerastre all'interno del corpo ceramico se la vetrificazione superficiale della massa ha inizio prima che il carbonio presente abbia potuto completare la combustione. Questo fatto si verifica tanto più facilmente quanto più è rapido l'innalzamento della temperatura nel forno, ed è facilitato da un ambiente non sufficientemente ossidante.

#### **DEFORMAZIONE**

La terza legge della dinamica (principio di azione e reazione) afferma che, quando esiste un'interazione tra due corpi, la forza esercitata dal primo sul secondo è ad ogni istante eguale ed opposta alla forza esercitata dal secondo sul primo.

Nel 1679 Robert Hooke (1635-1702) trovò che:

- ogni solido si deforma (accorciandosi o allungandosi) quando è sollecitato e la deformazione si annulla se si rimuove la sollecitazione;
- è proprio questa deformazione (tensio) che consente al solido di sviluppare l'azione opposta (vis) alla sollecitazione.

Hooke sintetizzò la sua scoperta con l'aforisma «ut tensio, sic vis», (tanta la deformazione, tanta la forza). Se si sollecita a trazione un elemento di gomma, la forza applicata (vis) si rileva attraverso la deformazione (tensio). Se invece la stessa sollecitazione è applicata ad un muro, la deformazione non è visibile, ma esiste. La differenza tra la deformazione della gomma e quella del muro sta nella diversa qualità (cioè elasticità) dei due materiali. Ma per cogliere questo significativo aspetto del problema si dovrà atten-

dere Thomas Young, più di un secolo dopo (vedi MODU-LO ELASTICO – MODULO DI YOUNG).

#### **DEGASAGGIO**

Durante la produzione del laterizio per estrusione, la terra presente all'interno della mattoniera viene privata dell'aria mediante una pompa (pompa del vuoto) che genera una depressione di circa 0,8 bar, conferendo quindi al prodotto una struttura decisamente più compatta rispetto a quella del laterizio in pasta molle. Se la massa volumica di un laterizio in pasta molle è di circa 1600 kg/m³, la massa volumica di un laterizio estruso, a parità di argilla, è indicativamente di 1.800 kg/m³.

## **DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ**

La Dichiarazione di conformità era prevista dalla norma Uni 8942 (ritirata nel 2004) che, al punto 5, parte 2°, prescriveva che ogni fornitura fosse accompagnata da una dichiarazione del produttore attestante la rispondenza della fornitura stessa ai limiti di accettazione previsti dalla norma. Successivamente, ai fini della marcatura CE, è entrata in vigore la norma Uni EN 771-1, che, al punto ZA.2.2 "Certificato CE e dichiarazione di conformità", prevede la predisposizione di una dichiarazione di conformità per i laterizi, sia prodotti in Sistema 2+ sia in Sistema 4.

Per il Sistema 2+ stabilisce che, una volta raggiunta la conformità alle condizioni prescritte, e una volta che l'ente di certificazione abbia rilasciato il certificato CE, il produttore, o il suo agente residente nella Comunità Europea, deve predisporre e conservare una dichiarazione di conformità, che lo autorizza ad apporre il marchio CE. La dichiarazione deve comprendere:

- nome e indirizzo del produttore, o del suo rappresentante autorizzato, e luogo di produzione;
- descrizione del prodotto (tipo, identificazione, uso...) e copia della informativa che accompagna la marcatura CE;

- specifiche alle quali il prodotto risponde (Allegato ZA della EN 771-1);
- particolari prescrizioni in funzione dell'uso del prodotto (ad esempio prescrizioni per l'uso in particolari condizioni ecc.);
- numero del Certificato di controllo della produzione in stabilimento;
- nome, e posizione ricoperta, della persona autorizzata alla firma della dichiarazione da parte del produttore o del rappresentante autorizzato.

La dichiarazione deve essere accompagnata da un certificato di controllo della produzione in stabilimento, rilasciato dall'organismo notificato, che dovrà contenere in aggiunta alle informazioni sopra specificate, le seguenti:

- nome e indirizzo dell'organismo notificato;
- numero del certificato di controllo della produzione in stabilimento;
- limiti e durata di validità del certificato, quando applicabile;
- nome, e posizione ricoperta, della persona autorizzata alla firma del certificato.

Analogamente per il Sistema 4, quando viene raggiunta la conformità alle condizioni prescritte, il produttore, o il suo agente, deve predisporre e conservare una dichiarazione di conformità (Dichiarazione di Conformità CE), che lo autorizza ad apporre il marchio CE. Questa dichiarazione dovrà comprendere:

- nome e indirizzo del produttore, o del suo rappresentante autorizzato, e luogo di produzione;
- descrizione del prodotto (tipo, identificazione, uso...) e copia della informativa che accompagna la marcatura CE;
- specifiche alle quali il prodotto risponde (Allegato ZA della EN 771-1);

- particolari prescrizioni in funzione dell'uso del prodotto (ad esempio prescrizioni per l'uso in particolari condizioni ecc.);
- nome, e posizione ricoperta, della persona autorizzata alla firma della dichiarazione da parte del produttore o del rappresentante autorizzato.

Le dichiarazioni sopra richiamate devono essere predisposte nelle lingua ufficiale o nella lingua degli Stati membri nei quali il prodotto viene impiegato.

La Dichiarazione di conformità rimane a disposizione nel caso di controlli o di richieste specifiche.

#### **DIFFUSIONE DEL VAPORE**

In funzione della temperatura, l'aria è in grado di assorbire differenti quantità di vapore d'acqua. Aumentando la temperatura, aumenta la quantità massima di acqua che può essere contenuta nell'aria. Indipendentemente dalla pressione dell'aria, il vapore contenuto nell'aria possiede una pressione parziale di vapore legata alla temperatura.

Se si dividono due ambienti, con diverse pressioni parziali di vapore, mediante una parete porosa, le due pressioni parziali tenderanno a compensarsi e pertanto le molecole d'acqua si muoveranno verso l'ambiente con pressione parziale bassa; mentre le molecole d'aria si muoveranno in senso inverso.

Normalmente la pressione complessiva, somma di pressione parziale di vapore e pressione parziale dell'aria, è uniforme da entrambi i lati delle pareti divisorie.

Il vapore si diffonde sempre verso l'ambiente in cui c'è minore pressione di vapore e sempre verso l'ambiente più asciutto.

# **DIFFUSIVITÀ TERMICA**

La diffusività termica  $\alpha$  è definita come rapporto fra la conduttività termica  $\lambda$  del materiale e la sua densità e capacità termica specifica (calore specifico).

$$\alpha = \lambda/\rho c \quad [m^2 \text{ s}^{-1}]$$

Indica la rapidità con la quale il calore si diffonde in profondità nel materiale. In una muratura, quanto più è basso il suo valore, tanto più lentamente il calore esterno si propagherà all'interno dell'edificio.

Bassi valori diffusività termica delle strutture fanno sì che il calore in estate entri nell'edificio con un rilevante sfasamento (almeno 10 ore). In tal modo il calore entrerà nelle ore notturne durante le quali può essere smaltito con ricambi di aria.

Al contrario, tanto maggiore è la diffusività termica, tanto più rapidamente si propaga, in un corpo, l'onda termica.

La diffusività è di grande influenza soprattutto nel determinare il comfort termico estivo e quindi ha notevoli ripercussioni anche sul risparmio energetico.

#### **DILATAZIONE TERMICA**

È la variazione dimensionale che un materiale subisce per effetto della temperatura. Il coefficiente  $\alpha$  di dilatazione termica quantifica questa variazione ma, dipendendo dalla temperatura, può variare a seconda dell'intervallo di temperatura considerato.

Per i laterizi da solaio, il Decreto ministeriale 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche" imponeva un valore di  $\alpha \ge 6~10^{-6}~{\rm °C^{-1}}$ , in modo che fosse il più possibile simile al valore del calcestruzzo (1,2  $10^{-6}~{\rm °C^{-1}}$ ), da valutare in fase di raffreddamento, fra le temperature di 70 e 20 °C, in ambiente con umidità relativa Ur 25% a 70 °C.

Le "Norme tecniche per le costruzioni" D.M. 14 Gennaio 2008 non riportano indicazioni al riguardo, rinviandole probabilmente ad una successiva Circolare esplicativa.

L'Eurocodice 6, al punto 3.7.4 prevede che il coefficiente di dilatazione termica possa variare da 4 a  $8 \cdot 10^{-6}$  K<sup>-1</sup> (ovvero da 4 a  $8 \cdot 10^{-6}$  °C<sup>-1</sup>).







### DILATAZIONE ALL'UMIDITÀ

È definita anche post-dilatazione all'umidità o espansione o rigonfiamento per umidità e indica la variazione dimensionale che un materiale subisce per assorbimento di umidità.

Per il laterizio si possono individuare due fasi: una fase reversibile, che si può rilevare effettuando cicli di bagnatura e di essiccamento, e una fase irreversibile dovuta all'assorbimento di vapore d'acqua da parte dell'argilla cotta dopo l'uscita dal forno.

La componente reversibile è di modesta entità (< 0,02 % della dimensione dell'elemento) mentre la componente irreversibile è più elevata, può raggiungere il valore 0,2 %, si esplica in aria ambiente in tempi lunghi ed è quasi certamente dovuta al tenore di minerali micacei contenuti nell'argilla. Una efficace bagnatura del laterizio prima della posa in opera fa avvenire, ed esaurisce, la fase irreversibile dell'espansione.

Il Decreto ministeriale 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche", al punto 7 relativo ai solai in laterizio, limitava a 400  $\mu$ m/m il limite massimo ammesso di dilatazione (reversibile). Anche in questo caso, il D.M. 14 Gennaio 2008 non riporta indicazioni al riguardo.

L'Eurocodice 6, al punto 3.7.4 limita la dilatazione all'umidità fra - 0,2 e + 1,0 mm/m. Vedi anche RIGONFIA-MENTO.

La norma Uni EN 771-1 prevede che, nel caso di prodotti in laterizio con perforazioni orizzontali, che abbiano una dimensione uguale o maggiore di 400 mm e spessore delle pareti esterne minore di 12 mm, destinati ad essere intonacati, l'espansione media convenzionale all'umidità non deve superare 0,6 mm/m. La verifica deve essere eseguita con una prova condotta secondo la norma Uni EN 772-19.

#### **DILAVAMENTO**

L'acqua piovana, agendo sui giunti delle murature, può portare in superficie la calce ancora libera, che si combina con il  $CO_2$  dell'aria e forma carbonato di calcio insolubile, assumendo un aspetto simile alle efflorescenze.

#### **DIMENSIONAMENTO SEMPLIFICATO**

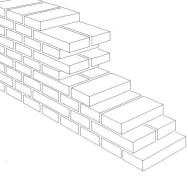
Vedi NORMATIVA.

#### DISPOSIZIONE DEI MATTONI E DEI BLOCCHI

Le più tradizionali disposizioni dei laterizi, fondamentali nella realizzazione di murature a faccia a vista, sono:

- la disposizione "di punta", in cui rimane in vista la dimensione minore (detta "testa" o "punta"), mentre lo spessore del muro è pari alla dimensione massima dell'elemento (detta "lista");
- la disposizione "a blocco", che presenta un corso di mattoni di testa e il corso successivo di lista:
- la disposizione "a croce", simile alla precedente, ma con gli elementi dei corsi di lista sfalsati fra di loro di una testa;
- la disposizione "gotica", in cui in ogni corso si alternano elementi di lista e di punta;
- la disposizione "fiamminga", che alterna a un filare con elementi di punta e lista un filare con solo elementi di punta;
- la disposizione "in spessore" in cui gli elementi presentano soltanto la lista in ogni corso (caso tipico delle murature di rivestimento a vista, di spessore cm 12);
- la disposizione "in foglio" o "in taglio", in cui il mattone presenta in vista la faccia mentre la lista costituisce lo spessore del muro.

# Quaderni Alveolater®



Disposizione fiamminga



## **DURABILITÀ**

Capacità di un materiale di mantenere inalterate nel tempo le sue proprietà fisiche, tecnologiche funzionali ed estetiche.

È una delle tante caratteristiche positive delle murature e che si esplica al meglio nelle costruzioni in muratura portante.

#### **ECOLOGIA**

L'ecologia è la disciplina che studia le relazioni fra gli organismi viventi e l'ambiente. Un materiale ecologico è quindi un materiale che si relaziona positivamente con l'ambiente (non inquina, richiede un modesto impiego di energia per la produzione) e con gli utilizzatori (crea un ambiente ben vivibile).

#### EDIFICIO ECOLOGICO - BIOECOLOGICO

È un edificio che assicura un adeguato livello di salubrità e comfort per gli occupanti mediante l'impiego di materiali atossici, biodegradabili, facilmente recuperabili o riciclabili e che pone particolare attenzione al contenimento dei consumi energetici, anche attraverso l'impiego di energie rinnovabili (energia solare, energia termica naturale ecc.).

#### **EFFLORESCENZA**

Per efflorescenza (dal latino efflorescere, cominciare e fiorire, venire fuori) si intende il deposito di sostanze di colore biancastro e aspetto cristallino, polverulento o filamentoso che si manifesta sulle murature a causa dei sali solubili che migrano in superficie. L'efflorescenza può essere originata sia dalla presenza nel laterizio di sali e/o ossidi solubili, sia dall'apporto esterno di sali (ad esempio contenuti nelle malte, nelle acque di risalita capillare ecc.).

L'efflorescenza più diffusa è dovuta a depositi di carbonato di calcio insolubile.

In fase di cottura del laterizio, infatti, il Carbonato di Calcio CaCO<sub>3</sub> presente nell'argilla subisce la trasformazione reversibile

$$CaCO_3 = CaO + CO_2 - 42.500 \text{ kcal/kg}$$

L'ossido di calcio, in presenza di umidità atmosferica, si idrata secondo la relazione

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

L'idrato di calcio, trasportato dall'acqua che evapora, si deposita sulla superficie, reagisce con l'anidride carbonica dell'aria e forma carbonato di calcio insolubile

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

L'efflorescenza causata da carbonato di calcio può essere eliminata lavando le superfici con soluzioni diluite (5 ÷ 10%) di acido cloridrico e risciacquando abbondantemente con acqua pulita.

Altre efflorescenze possono essere causate da solfati di Magnesio, Sodio, Potassio, Calcio, sia contenuti nella materia prima, sia originati nella fase di cottura del laterizio per ossidazione delle piriti (fra 400 e 900 °C), per dissociazione dei solfati (sopra gli 850 °C), sia per la presenza di zolfo nei combustibili impiegati nel forno.

Spesso l'efflorescenza viene chiamata "salnitro", che in realtà è una particolare forma di efflorescenza, combinazione di nitrato di potassio, calcio e magnesio, che si forma in seguito alla decomposizione di materie organiche.

La norma Uni 8942, ritirata nel 2004, classificava l'efflorescenza in:

- efflorescenza nulla = nessun apprezzabile deposito di sali in superficie;
- efflorescenza leggera = apparizione di una sottile patina bianca distribuita non uniformemente;
- efflorescenza media = apparizione di una patina sottile uniforme;

• efflorescenza forte = apparizione di un grosso strato di sale, di spessore e distribuzione uniformi, con cristallizzazioni superficiali che si staccano facilmente.

L'efflorescenza forte non era mai accettabile.

La prova per la determinazione del grado di efflorescenza era rapida (quattro giorni) e semplice (immersione di tre campioni fino a un quarto dell'altezza in acqua distillata e con i fori, se presenti, in direzione verticale). Eseguita come prova di accettazione della fornitura avrebbe potuto sollevare da successivi imprevisti e onerosi interventi di pulizia. Le efflorescenze possono anche essere causate dalla malta per la posa dei laterizi. In questo caso le efflorescenze partono dai giunti e coinvolgono il laterizio e sono causate da elevata presenza di zolfo nel cemento. La norma Uni EN 771-1, che ha sostituito la Uni 8942, non prevede criteri di accettazione per le efflorescenze, ma indica soltanto le massime percentuali ammesse di Sali solubili attivi (Sodio, Potassio e Magnesio) al fine di evitare soprattutto le cosiddette "criptoefflorescenze" ossia le efflorescenze che si verificano all'interno dell'elemento e possono causare il distacco delle parti superficiali per l'aumento di volume dei cristalli in seguito all'aumento dell'umidità relativa dell'aria. Il fenomeno, reversibile, innesca una sollecitazione di fatica.

La norma per la determinazione dei Sali solubili attivi è la Uni EN 772-5.

# **EFFUSIVITÀ TERMICA**

L'effusività termica (coefficiente di penetrazione termica) è definita come:

$$e = \sqrt{\lambda c \rho}$$
 [W s<sup>0,5</sup>/m<sup>2</sup> K]

dove:

 $\lambda$  = conduttività del materiale

c = calore specifico

 $\rho$  = densità del materiale

Caratterizza la rapidità con cui cambia la temperatura di una superficie se sottoposta a un flusso termico. Tanto maggiore è l'effusività, tanto più lentamente varia la temperatura superficiale.

## **EMISSIVITÀ**

L'emissività di un materiale, generalmente indicata con  $\varepsilon$ , è la frazione di energia irraggiata rispetto all'energia irraggiata da un corpo nero alla stessa temperatura. Un corpo nero (teorico) ha una emissività pari a 1; un oggetto reale ha una emissività compresa fra 0 e 1 ( $0 < \varepsilon < 1$ ).

L'emissività dipende dalla temperatura, dall'angolo di emissione, dalla lunghezza d'onda e dalla finitura superficiale. I metalli hanno generalmente emissività bassa e crescente all'aumentare della temperatura. Viceversa i non metalli e gli ossidi metallici hanno emissività relativamente elevata e decrescente al crescere della temperatura. Con finitura superficiale si intende sia la rugosità della superficie (valore medio, forma e direzione delle asperità) del corpo sia l'eventuale presenza di inclusioni estranee. Una rugosità elevata e senza direzioni preferenziali aumenta l'emissività.

Come semplificazione si può considerare che per una stessa superficie l'emissività e il coefficiente di assorbimento non dipendano dalla lunghezza d'onda, cosicché l'emissività sia una costante (ipotesi del corpo grigio). In questo modo un oggetto che non assorbe tutta la luce incidente emetterà anche meno radiazione rispetto a un corpo nero.

#### **ESSICCAZIONE**

All'atto dell'estrusione o della formatura, la terra per laterizi contiene una percentuale d'acqua compresa fa il 18 e il 30 per cento. L'essiccazione, e cioè l'evaporazione di tutta l'acqua di impasto o di idratazione contenuta nella terra, avviene in due fasi. Nella prima fase si ha essiccazione con diminuzione di volume (ritiro) rilevante e pari mediamente al  $5 \div 7$  per cento, con punte massime per alcune terre fino al 12 per cento. Il ritiro termina quando è stato espulso dal

40 al 60 per cento dell'acqua di impasto. Ha quindi inizio la seconda fase in cui si ha essiccazione a volume costante. L'essiccazione deve avvenire con gradualità, evitando che gli strati più esterni si essicchino, e quindi si ritirino, e si induriscano, troppo rapidamente rispetto alla massa più interna, ancora di volume pari a quello iniziale. Se infatti la velocità di evaporazione dell'acqua all'esterno è molto elevata, diventano sensibili anche le differenze di ritiro fra strato e strato, facendo insorgere delle tensioni che, se risultano superiori alle forze di coesione dell'impasto, rompono il prodotto a partire dalle superfici esterne.

#### **ESTRUSIONE**



L'estrusione del laterizio

L'estrusione è la tecnologia usata per la produzione della totalità dei prodotti laterizi forati e semipieni. Consiste nel far passare attraverso una forma (filiera) l'argilla caricata in mattoniera (estrusore). Nella produzione dei mattoni pieni, oltre all'estrusione, può essere utilizzata la tecnologia cosiddetta "in pasta molle", che simula la tradizionale produzione dei mattoni fatti a mano e che consiste nel far cadere l'argilla molto umida in casseforme di dimensioni opportune. In questo caso

si ha "formatura", non si ha la compattazione prodotta dalla spinta e dal degasaggio che si verifica in mattoniera, ma l'assestamento dell'argilla avviene in modo naturale o, al più, favorita da una modesta pressatura.

La tecnica di estrusione è impiegata anche per la produzione di coppi (coppi estrusi) e, nelle tegole, per la preparazione delle gallette, successivamente formate per stampaggio.

#### **FERRIGNI**

Definizione, ormai in disuso, per indicare mattoni troppo cotti, duri, fragili e dal suono metallico.

#### **FESSURE - FESSURAZIONI**

Le fessurazioni sono causate da spostamenti (deformazioni) che non possono essere evitati e ai quali la struttura si adegua.

Sono state proposte diverse classificazioni in funzione della larghezza. A titolo di esempio si riporta una possibile classificazione:

• fessure molto sottili fino a 1 mm

sottili da 1 a 2 mm
moderate da 2 a 5 mm
rilevanti da 5 a 15 mm
gravi oltre 15 mm

Le fessure particolarmente sottili vengono anche chiamate "cavillature".

Fessure di larghezza pari o inferiore a 0,1 mm non causano infiltrazioni di acqua in quanto 0,1 mm è la minima ampiezza attraverso la quale può penetrare la pioggia battente.

Le fessure possono avere origine da movimenti o cedimenti delle fondazioni, da deformazione eccessiva delle strutture portanti, da variazioni dell'umidità contenuta nei materiali da costruzione, da difetti di esecuzione, da diverso comportamento dei materiali usati, da variazioni di temperatura, da vibrazioni di qualsiasi natura (traffico, sisma ecc.).

Ogni causa genera un quadro fessurativo abbastanza definito e interpretabile.

#### **FONOASSORBENTE**

Vedi RUMORE

#### **FONOISOLANTE**

Vedi RUMORE

#### **FONOMETRIA**

Tecnica di misurazione dell'intensità del suono. La misurazione consente di valutare il livello acustico in un ambiente e di stabilire la necessità o meno di effettuare interventi di correzione acustica allo scopo di migliorare il comfort acustico dell'ambiente.

#### **FORATO**

Vedi FORATURA

#### **FORATURA**

La percentuale di foratura è il dato che maggiormente caratterizza i prodotti in laterizio.

Ne individua infatti i campi di impiego; inoltre la giacitura dei fori, in opera, ne determina la classificazione.

Le Norme tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 Gennaio 2008) al punto 4.5.2.2. suddividono i laterizi per murature portanti a seconda della percentuale di foratura, in:

- pieni, quando la percentuale di foratura F/A è  $\leq 15\%$  (dimensione massima di un foro f  $\leq 9$  cm<sup>2</sup>)
- semipieni, quando  $15\% < F/A \le 45\%$  (dimensione massima di un foro  $f \le 12$  cm<sup>2</sup>)
- forati, quando  $45\% < F/A \le 55\%$ (dimensione massima di un foro  $f \le 15 \text{ cm}^2$ )

Lo stesso decreto, al punto 7.8.1.2. relativo ai laterizi per edifici in zona sismica, stabilisce che la percentuale volumetrica degli eventuali vuoti deve essere non superiore al 45% del volume totale del blocco. Nei laterizi estrusi, la percentuale di foratura valutata sulla sezione e sul volume coincidono e pertanto, pur se la definizione è diversa, nulla cambia nella sostanza

Va rilevato che il Decreto 14 Gennaio 2008 non fissa limiti allo spessore delle pareti e dei setti degli elementi, in precedenza rispettivamente di 10 mm (al netto della rigatura) e 8 mm.

I laterizi per murature di tamponamento, generalmente a fori orizzontali con percentuale di foratura superiore al 55%, non hanno una suddivisione secondo norme o decreti: sono indicati genericamente con il nome di forati e hanno nomi commerciali del tipo:

- tavella, per spessori di 4 ÷ 6 cm
- tramezza, per spessori di 8 ÷ 10 cm
- foratone, per spessori di 12 ÷ 14 cm

#### **FUOCO**

Vedi RESISTENZA e REAZIONE AL FUOCO

## **GELIVITÀ**

La valutazione della gelività viene generalmente effettuata in via sperimentale.

Il metodo più conosciuto è il metodo dei cicli di gelo e disgelo. Le tegole devono essere provate secondo la norma Uni EN 539:2006; i laterizi per pavimentazione vanno provati secondo la norma Uni EN 1344:2003; i laterizi per muratura secondo la norma Uni CEN/TS 772-22:2006 "Metodi di prova per elementi di muratura - Parte 22: Determinazione della resistenza al gelo/disgelo di elementi per muratura di laterizio".

Si può ricorrere anche alla determinazione del diametro critico di gelività. Con un porosimetro a mercurio (Uni 8635-12:1984), a pressione, basandosi sul fatto che tanto più sono piccoli i pori, tanto più si oppongono alla penetrazione del mercurio, è possibile stabilire il diametro critico di gelività, ovvero determinare (secondo Uni 8942/3, punto 15.5) il maggior diametro dei capillari, espresso in µm (micron = millesimo di millimetro), che corrisponde al 90% della porosità totale. Diametri critici superiori a 1,8 µm individuano materiali non gelivi. L'assorbimento d'acqua infatti si ha nei pori che hanno diametro uguale o superiore a quello delle molecole d'acqua, nei quali l'acqua non può gelare. Anche la temperatura di cottura influenza il comportamento al gelo: elevate temperature riducono

notevolmente la porosità globale e fanno comparire pori di elevato diametro, che influenzano positivamente il comportamento del materiale.

#### GIUNTI DI DILATAZIONE

Per consentire alle strutture di esplicare senza danno i naturali movimenti dovuti alle variazioni delle condizioni termoigrometriche ambientali, è necessario introdurre giunti di dilatazione piuttosto frequenti. I giunti sono indispensabili poiché i movimenti delle murature, oltre a causare fessurazioni, possono generare sollecitazioni di notevole rilievo.

Supponiamo che un muro in laterizio:

- sia stato messo in opera a temperatura di +10 °C, raggiunga la temperatura di +35 °C e abbia un coefficiente di dilatazione termica di 5. 10<sup>-6</sup> °C<sup>-1</sup>;
- abbia un tasso di rigonfiamento per umidità 200 10<sup>-6</sup> m/m;
- abbia un ritiro per essiccazione (irreversibile) 50 10<sup>-6</sup> m/m;
- sia lungo 10 m, alto 2,70 m, e sia confinato ai due lati da una struttura di telajo.

La variazione dimensionale in orizzontale per effetto termico è:

$$\Delta l_t = (35 - 10) \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 = +0,125 \text{ cm}$$

per effetto del ritiro per essiccazione è

$$\Delta l_e = 50 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 = -0.05 \text{ cm}$$

per rigonfiamento è

$$\Delta l_r = 200 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 = +0.2 \text{ cm}$$

La variazione dimensionale totale è:

$$\Delta l_{tot} = +0.125 + 0.2 - 0.05 = +0.275 \text{ cm}$$

Se la muratura è confinata da un telaio in cemento armato, per uno spessore di 30 cm, la forza messa in atto risulta:

$$F = E_{muro} \cdot A_{muro} \cdot \Delta l_{tot} / l$$

 $con E_{muro} = 50000 daN/cm^2$ 

 $A_{\text{muro}} = 30 \cdot 270 = 8100 \text{ cm}^2$ 

da cui

 $F = 50000 \cdot 8100 \cdot 0.275/1000 = 111375 \text{ daN } (\approx \text{kgf})$ 

Bisognerà poi tenere conto dei ritiri della struttura in calcestruzzo e dei suoi spostamenti elastici.

A titolo indicativo, la frequenza dei giunti può essere la seguente.

Condizioni ambientali	Strutture in muratura	Murature di tamponamento
Forti escursioni termiche (> 50 °C)	8 ÷ 10 m	6 ÷ 10 m
Medie escursioni termiche (25 °C)	12 ÷ 20 m	10 ÷ 18 m
Basse escursioni termiche (< 10 °C)	20 ÷ 30 m	18 ÷ 25 m

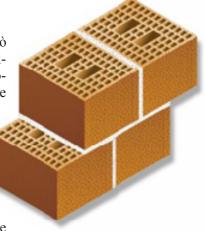
Questi valori presumono regolarità di pianta e di sezione dell'edificio.

In presenza di irregolarità (non allineamento in pianta e/o in sezione verticale dei muri, accostamento a strutture molto rigide o molto deformabili, possibilità di esposizioni differenziate da zona a zona al sole e/o agli agenti atmosferici) si devono opportunamente ridurre i valori tabellati.

Esempio di giunti di malta continui in verticale e in orizzontale

## **GIUNTI DI MALTA**

Una piccola interruzione nei giunti di malta (2 ÷ 3 cm) può migliorare le prestazioni termiche della muratura. Per molti anni questo suggerimento è stato dato dagli stessi produttori di laterizio. Ma, nel tempo, il suggerimento, che inizialmente era corretto, è stato travisato e l'interruzione dei giunti è stata portata a livelli non accettabili, al punto che oggi, in cantiere, si riscontra frequentemente una posa in opera dei blocchi con giunti orizzontali eccessivamente interrotti e, spesso, con giunti verticali poco caricati (se non addirittura privi) di malta. Ma la forte interruzione dei giunti di malta può essere una delle cause, se non la causa principale, di possibili difetti delle



murature, sia per concentrazione di tensioni, sia per insufficiente resistenza a taglio.

Inoltre, poiché i blocchi in laterizio per murature strutturali possono essere sia a facce piane che configurati a incastro, il loro impiego, in funzione delle modalità di posa (tipo di giunto) va visto alla luce delle normative vigenti. Il chiarimento che il Dipartimento della Protezione Civile ha fornito a F.IN.CO, Federazione Industrie prodotti, impianti e servizi per le Costruzioni, in data 8 agosto 2003 Prot. nº DPOC/SSN/0034852 relativo al tipo di giunto secondo l'Ordinanza P.C.M. 3274, riporta "Si è del parere che per giunti non conformi (ad esempio giunti interrotti n.d.r.) si confermino le indicazioni della circolare 30787 e quindi l'impiego delle murature sia ammesso previa determinazione sperimentale della resistenza caratteristica. Una fattispecie particolare è quella dei muri realizzati con blocchi conformati per l'assemblaggio a secco, per le quali....sarebbe opportuno ricorrere ad un sistema coerente di prove sperimentali e analisi interpretative che consentano di determinare non solo la resistenza statica, ma anche la stabilità della risposta sotto cicli alterni e quindi la duttilità".

Quindi i blocchi vanno posti in opera a giunti continui verticali e orizzontali. Qualora i blocchi a facce piane vengano messi in opera con giunti interrotti (verticali e orizzontali), allo scopo di migliorare il comportamento termico della muratura, il progettista che ha prescritto una tale posa in opera, che, dal chiarimento, si desume essere ammessa, deve verificare le prestazioni della muratura attraverso prove sperimentali su muretti, preferibilmente eseguite presso laboratori autorizzati ai sensi della legge 1086/71.

La stessa cosa vale per i blocchi a incastro che presentino una tasca verticale per il giunto di malta.

Se invece la posa è con giunti verticali a secco, sarà necessario avere informazioni sulla duttilità della muratura.

Va però sempre tenuto presente che la resistenza a taglio di un muro privo di giunti verticali è generalmente inferiore, a parità di percentuale di foratura dei blocchi, a quella di una muro realizzato con blocchi a facce piane e giunti di malta verticali e orizzontali continui; e inoltre, per assumere per certo un risultato favorevole, bisognerebbe disporre di un elevato numero prove. In caso contrario è indispensabile assumere il dato con una opportuna cautela.

È il caso di ricordare che il Decreto del 16 gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" faceva esplicito riferimento al Decreto 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento" (e quindi anche alla relativa circolare 30787) e pertanto avrebbe potuto, ad una prima lettura, consentire l'impiego di giunti interrotti o di blocchi a incastro. Ma la Circolare illustrativa 65/ AA.GG del 10 aprile 1997, al punto C.5.1 Regole Generali, chiariva che "...... in ogni caso gli elementi resistenti che compongono la muratura (mattoni o blocchi) devono essere collegati fra di loro tramite malta cementizia (di classe M1 - M2) che deve assicurare il ricoprimento dei giunti orizzontali e di quelli verticali".

Il recente D.M. 14 Gennaio 2008 prevede anche la progettazione non sismica delle strutture in muratura, riprendendo le indicazioni del D.M. 20 Novembre 1987. Quindi nelle zone a bassa sismicità in cui le Regioni hanno deliberato di non applicare la progettazione sismica, sarà ancora possibile impiegare blocchi a incastro e blocchi con giunti di malta interrotti. La circolare 30787 consente, infatti, di ricorrere a murature diverse da quelle previste dal Decreto 20 Novembre 1987, purché ne siano documentate sperimentalmente le prestazioni (resistenza a compressione per carico verticale e per carico diagonale).

Dei giunti di malta si occupa diffusamente anche l'Eurocodice 6 "Progettazione di strutture di muratura-Parte 1-1", che prevede, oltre alla posa tradizionale, sia il caso del letto di malta interrotto, sia il caso dei giunti verticali non riempiti (interrotti o a incastro).

Se non sono disponibili prove sperimentali, la resistenza caratteristica  $f_k$  delle murature va valutata applicando la formula prevista al punto 3.6.1.2:

$$f_k = K \cdot f_b^{\alpha} \cdot f_m^{\beta}$$

Per malte tradizionali e posa in opera a giunti continui, verticali e orizzontali, la formula è

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3}$$

K può variare da 0,55 a 0,35 in funzione delle caratteristiche del laterizio (Gruppo 1, 2, 3, 4), mentre  $f_b$  è la resistenza a compressione normalizzata del laterizio e  $f_m$  è la resistenza a compressione della malta, in N/mm².

La stessa formula può essere utilizzata per valutare la resistenza della muratura in presenza di giunti di malta interrotti.

In questo caso il valore di K può essere ricavato per interpolazione utilizzando i valori della tabella al punto 3.6.1.2. Ad esempio, per blocchi del Gruppo 2, in opera con malta tradizionale, il valore K varierà da 0.45 (g/t = 1 ovvero giunti non interrotti) a 0.45/2=0.225 per g/t = 0.4 dove g è lo spessore totale delle strisce di malta e t è lo spessore del muro. Pertanto blocchi semipieni (Gruppo 2, volume dei fori compreso fra il 25 e il 45% del volume lordo del blocco, spessore del muro monostrato = 30 cm), con resistenza normalizzata pari a 15 N/mm<sup>2</sup> (valore di resistenza corretto con un coefficiente che tiene conto della forma del blocco), in opera con una malta con resistenza di 8 N/mm<sup>2</sup>, possono assicurare una resistenza caratteristica a compressione della muratura di 5.6 N/mm<sup>2</sup>. Un muro realizzato con gli stessi blocchi, con la stessa malta, distesa però su due strisce parallele di 6 cm ognuna, fornisce soltanto 2,8  $N/mm^2$ 

Nel caso il letto di malta sia continuo, ma i giunti verticali non siano riempiti, secondo l'Eurocodice non c'è riduzione della resistenza a compressione del muro, ma vanno attentamente valutate le sollecitazioni taglianti. In assenza di giunti verticali e con posa a giunti orizzontali continui la resistenza a taglio in assenza di carichi verticali f<sub>vk0</sub> si riduce secondo il coefficiente 0,5; mentre con posa a giunti orizzontali interrotti si riduce secondo il rapporto g/t (larghezza totale delle due strisce di malta/spessore del

muro), e nel caso prima esaminato, si riduce a 6+6/30=0,4  $f_{vk0}$ .

#### **GIUNTI DI MALTA SOTTILI**

Da qualche tempo sono prodotti in Europa (e ora anche in Italia) elementi in laterizio che, dopo l'uscita dal forno, vengono rettificati sulle facce di posa. L'operazione di rettifica consente di ottenere superfici di posa perfettamente piane e fra loro parallele. Grazie a questa elevatissima precisione (la tolleranza sulla planarità è dell'ordine di 0,5 mm) è possibile ridurre lo spessore dei giunti di malta fino a 1 mm circa. Per ottimizzare le prestazioni della muratura, insieme ai blocchi viene fornita anche la malta (in piccoli sacchi) in quantità necessaria per la posa dei laterizi della fornitura. La malta viene messa in opera con particolari attrezzature che consentono una stesura del tutto omogenea.



Muratura con giunti sottili e attrezzatura stendigiunto

### **GRADI CELSIUS E GRADI KELVIN**

Alla fusione del ghiaccio si assegna il valore 0 gradi Celsius, mentre all'ebollizione dell'acqua si assegna il valore 100 gradi Celsius (°C).

Lo zero assoluto (- 273 K) definisce la scala dei gradi Kelvin (K): 273 gradi Kelvin corrispondono a 0 gradi Celsius e 373 gradi Kelvin corrispondono a 100 Gradi Celsius.

Pertanto le unità di misura espresse in °C o in K sono del tutto equivalenti. Ad esempio, la trasmittanza può essere espressa indifferentemente (senza alcuna variazione del valore) in Gradi Kelvin [ W/m²K] o in Gradi Centigradi [ W/m²°C].

#### **GRADI GIORNO**

I Gradi Giorno (GG) sono dati dalla sommatoria della differenza tra la temperatura ambiente di riferimento (fissata

convenzionalmente a 20°C) e la temperatura esterna media del giorno. La sommatoria è estesa al periodo dell'anno in cui la temperatura esterna è inferiore a 12 °C.

La rilevazione dei GG estesa al periodo di riscaldamento fornisce un parametro che caratterizza le condizioni climatiche dell'edificio e della località considerata.

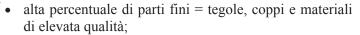
# GRANULOMETRIA - ANALISI GRANULOMETRICA

Come si è visto alla voce Argilla, esistono, nelle terre per fornace, componenti con dimensioni variabili, dalle più fini alle grossolane. La composizione granulometrica influisce profondamente sul ciclo di produzione. L'essiccazione infatti è agevolata dalla presenza di componenti di dimensione >>  $20~\mu m$  che consentono la formazione di percorsi di uscita per l'acqua di impasto.

Una elevata presenza di parti fini (comprese fra 2  $\mu$ m e 20  $\mu$ m o anche < 2  $\mu$ m) caratterizzano invece terre di difficile lavorabilità ma destinate a prodotti di elevate caratteristiche qualitative.

Per rappresentare graficamente le caratteristiche granulometriche di un campione si usa il diagramma ternario di Winkler. Sulla base del triangolo equilatero viene riportata in percentuale la frazione  $>20~\mu m;$  sul cateto di destra la frazione  $<2~\mu m;$  a sinistra la frazione compresa fra 2 e 20  $\mu m.$ 

Sul grafico si individuano le fasce di più opportuna destinazione delle terre in funzione della loro granulometria:



- media percentuale di parti fini = solai e forati in genere;
- bassa percentuale di parti fini = mattoni pieni e semipieni.

Effettuata una analisi granulometrica e riportati i valori sul grafico, si può immediatamente individuare il campo di impiego ottimale per la terra esaminata.

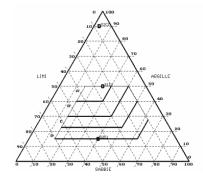


Diagramma ternario di Winkler

# IMBIBIZIONE O COEFFICIENTE INIZIALE DI ASSORBIMENTO D'ACQUA

Esprime la capacità di un laterizio di assorbire acqua. Per determinare il valore dell'imbibizione è sufficiente porre il provino, precedentemente essiccato fino a massa costante, in un recipiente a fondo piano contenente acqua distillata per una altezza costante di 5 mm, estrarlo dopo 60 secondi, lasciarlo sgocciolare per 45 secondi e pesarlo con precisione di 1 grammo.

Detto  $m_{so,s}$  = peso finale;  $m_{dry,s}$  = peso iniziale;  $A_s$  = l'area totale della faccia del provino immersa in acqua, il rapporto  $[(m_{so,s}$  -  $m_{dry,s})/A_s \cdot t] \cdot 10^3$  (con t = 1 minuto) esprime l'imbibizione o coefficiente iniziale di assorbimento d'acqua e si esprime in kg/m² minuto.

Le modalità di prova e di espressione dei risultati sono indicate nella norma Uni EN 772-11.

#### **INCLUSIONI CALCAREE**

Nell'argilla possono essere presenti impurità, generalmente costituite da granuli di ossido di calcio formatosi dalla decomposizione dei carbonati in fase di cottura. Questi granuli, a contatto con l'umidità ambientale, aumentano di volume e possono provocare distacchi di piccole porzioni di laterizio, negativi soprattutto nel caso di murature a faccia vista. La norma Uni 8942 fissava le dimensioni massime ammissibili dei "crateri" originati dalle inclusioni calcaree (calcinelli o calcinaroli). Nei materiali normali non ammetteva crateri di diametro medio superiore a 15 mm, mentre erano ammessi al massimo 3 crateri per ogni dm<sup>2</sup> di superficie, con diametro compreso fra 7 e 15 mm. Nel caso di materiali per rivestimento il diametro massimo scendeva a 5 mm ed era consentito un solo cratere di diametro compreso fra 3 e 5 mm, mentre crateri con diametro minore non costituivano difettosità. Poiché la nuova norma Uni EN 771-1 non dice nulla al proposito, si può ritenere che, in caso di contestazione, si possa ancora fare riferimento alla norma 8942, seppure ritirata nel 2004. Per ridurre la presenza di calce libera nel cotto è necessario au-

mentare sia la temperatura di cottura sia la durata della stessa e anche immergere in acqua per circa due minuti il materiale all'uscita dal forno

### L'INDUSTRIA DEI LATERIZI IN ITALIA

A gennaio 2008 erano attivi in Italia circa 170 stabilimenti dislocati su tutto il territorio nazionale. In passato, il numero di stabilimenti coincideva con il numero delle società operanti nel settore. Recenti unificazioni e fusioni hanno modificato profondamente l'organizzazione del settore.

La produzione è da sempre caratterizzata da un andamento ciclico: nel periodo 1962-1996, il valore massimo è stato di 24 milioni di tonnellate (1962) e il minimo di 15,2 milioni di tonnellate (1995). La produzione 1992 è stata di 21,5 milioni di tonnellate. Nel 1996 si sono prodotti 18 milioni di tonnellate, nel 1997 16,5 milioni di tonnellate; nel 1998 16,25 milioni di tonnellate, nel 2007 21 milioni di tonnellate circa. Gli addetti sono 9000 circa.

La produzione media per stabilimento, che nel 1962 era di 18.000 ton/anno, è oggi di 110.000 ton/anno circa.

Salvo lievi oscillazioni, il 38 per cento della produzione è destinato alle murature portanti, il 27 per cento al tamponamento e ai laterizi per divisori; il 25 per cento ai laterizi per solaio e ai tavelloni; il 10 per cento ai materiali per copertura.

La tendenza rilevata in Italia è confermata anche in ambito europeo: negli ultimi 12 anni il numero di stabilimenti è passato da 2950 a 1700 circa; il numero di addetti è sceso da 116.000 a 70.000; mentre è aumentata la produttività per addetto e la produzione per stabilimento.

### **INERZIA TERMICA**

Una parete esterna è soggetta a una temperatura variabile, assimilabile a un'onda sinusoidale.

Se quindi

$$T_e = A_e \sin \omega_t$$

è l'oscillazione termica sinusoidale esterna,

$$T_i = A_i \sin(\omega_t - \Phi)$$

sarà l'oscillazione all'interno dell'ambiente abitato, con ampiezza ridotta  $A_i$  e sfasamento  $\Phi$ .

Si definisce Attenuazione termica il rapporto

$$\tau = A_e/A_i$$

Il rapporto fra sfasamento  $\Phi$  e pulsazione  $\omega$ , espresso in ore, rappresenta il ritardo con il quale la parete trasferisce all'ambiente le variazioni della temperatura esterna, attenuate, e si indica con R:

$$R = \Phi / \omega$$

Una parete pesante, a elevata inerzia termica, risente poco, e con ritardo, delle variazioni della temperatura esterna. Una parete leggera, anche ben isolata, ne risente invece molto rapidamente.

Il calcolo dell'inerzia termica si esegue in accordo con la norma Uni EN ISO 13786:2001.

Valori di calcolo di pareti in laterizio Alveolater<sup>®</sup>, spessore 30 cm, senza intonaco:

Classe Alveolater	Peso parete (kg/m²)	R (ore)		
45	290	11,00		
50	265	10,70		
55	250	10,50		
60	220	9,40		

### **INTONACO**

L'intonaco ha due compiti fondamentali:

- proteggere la muratura dagli agenti atmosferici (soprattutto dalla pioggia battente);
- regolarizzare le superfici.

Non deve invece assolutamente assumere il ruolo di "copertura" per mascherare gli errori costruttivi (giunti troppo larghi, laterizio mal posizionato o di qualità non idonea ecc.).

Deve avere elevata permeabilità al vapore, in modo da non ostacolare la migrazione di vapore dall'interno all'esterno delle abitazioni.

Oggi si è orientati alla realizzazione di intonaci ad un solo strato, a base cementizia.

L'esecuzione dovrebbe, di norma, prevedere un fondo ad assorbimento costante, ottenuto mediante un rinzaffo coprente e strati successivi (generalmente due) di resistenza decrescente verso l'esterno. I singoli strati devono esaurire le relative tensioni di ritiro prima di ricevere lo strato successivo. In seguito è necessaria una accurata bagnatura, per evitare che il laterizio assorba l'acqua di impasto dell'intonaco, con rischio di distacco ovvero, più spesso, con formazione di crepe da ritiro per eccessiva rapidità di asciugatura.

Oltre alla preventiva e indispensabile bagnatura della parete, sono particolarmente importanti le condizioni ambientali al momento dell'intonacatura: pareti eccessivamente calde, soleggiate o battute dal vento e bassa umidità relativa dell'aria (il ritiro aumenta sensibilmente al diminuire dell'umidità ambiente) non sono certo condizioni ideali per eseguire buone intonacature.

Queste cure devono essere applicate anche e soprattutto alle pareti realizzate in laterizio alveolato in quanto questo laterizio può avere un assorbimento d'acqua superiore di qualche punto percentuale a quello del laterizio normale.

Se poi un intonaco, anche applicato secondo ogni magistero, viene tinteggiato prima che abbia completato la sua naturale maturazione e quindi esaurita tutta la fase di ritiro idraulico e di buona parte del ritiro di indurimento, le microcavillature, prevedibili in funzione della natura stessa dell'impasto dell'intonaco, compariranno inevitabilmente sulla superficie tinteggiata.

Per contenere le cavillature sugli intonaci è quindi necessario:

- costruire la muratura con giunti di malta verticali e orizzontali ben costipati, senza vuoti o rientranze rispetto ai blocchi;
- bagnare il muro prima delle operazioni di intonacatura;
- porre particolare attenzione alle condizioni termoigrometriche evitando di operare con temperature troppo elevate, vento, umidità ambiente troppo bassa (le condizioni ideali sono quelle comprese fra i 5 e i 20 °C, con U<sub>r</sub> - Umidità relativa - pari al 50% circa);
- realizzare l'intonaco almeno a due strati;
- consentire la maturazione dello strato di rinzaffo prima di posare lo strato di corpo e finitura;
- bagnare l'intonaco per qualche giorno;
- tinteggiare solo a indurimento avvenuto.

La posa di un intonaco premiscelato, poiché riassume in un unico strato più prestazioni e poiché riduce, anche notevolmente, i tempi di esecuzione, richiede specifiche indicazioni. Una possibile soluzione può essere l'aumento dello spessore, fino anche a  $3 \div 4$  cm, inserendo eventualmente una rete di aggrappaggio.

Tuttavia esaminando la documentazione recente delle ditte produttrici più affidabili, appare ormai diffuso il suggerimento di realizzare un rinzaffo, a mano o a macchina, successivamente un intonaco di sottofondo e quindi un intonaco di finitura.

Nel caso si esegua un intonaco in un solo strato, tradizionale o premiscelato, vanno tenute presenti alcune valutazioni.

Gli intonaci hanno generalmente una conducibilità termica più elevata rispetto a quella del supporto in laterizio e una capacità termica, seppure unitariamente rilevante, tuttavia modesta a causa del basso spessore applicato.

Di conseguenza raggiungono rapidamente temperature elevate a differenza del supporto che rimane più freddo,

grazie all'inerzia termica e allo sfasamento dell'onda termica dovuto alla massa

L'intonaco subisce quindi uno shock termico che porta alla formazione di cavillature, che possono concentrarsi sia sulla faccia dei blocchi che, più frequentemente se non sono ben costipati, in corrispondenza dei giunti fra blocco e blocco. Infatti se il giunto verticale di malta è arretrato, o se addirittura manca, si crea un "ponte" di intonaco sul quale si concentrano le sollecitazioni di ritiro. Se, al contrario, l'intonaco riempie cavità presenti sul muro per sbrecciature dei blocchi o per giunti fuori misura ecc., il diverso spessore fa sì che la superficie esterna dell'intonaco si asciughi, e quindi ritiri più rapidamente della massa contenuta nella cavità, dando origine, anche in questo caso, a cavillature.

#### **IRRAGGIAMENTO**

Vedi TRASMISSIONE DEL CALORE

#### **MALTA**

La composizione delle malte per muratura e la loro resistenza, in precedenza regolate dal Decreto ministeriale 20 Novembre 1987, secondo quattro tipi di malta (M1, M2, M3, M4), sono oggi regolate dal Decreto 14 Gennaio 2008, che individua sei tipi di malta a prestazione garantita, classificati M2,5, M5, M10, M15, M20 (l'indice numerico indica la resistenza a compressione in N/mm²), e un tipo Md, dove d indica una resistenza dichiarata dal produttore e maggiore di 25 N/mm².

Classe	M2,5	M5	M10	M15	M20	Md
Resistenza a compressione (N/mm²)	2,5	5	10	15	20	d

Per l'impiego in muratura portante non sono ammesse malte con resistenza minore di 2,5 N/mm<sup>2</sup>. Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione sono riportate nella norma Uni EN 1015-11:2001.

Lo stesso decreto individua poi le malte a composizione prescritta e specifica che malte di diverse proporzioni nella composizione, preventivamente sperimentate con le modalità riportate nella norma Uni EN 1015-11:2001, possono essere ritenute equivalenti a quelle indicate qualora la loro resistenza media a compressione non risulti inferiore a quanto previsto in tabella.

Classe	Tipo di malta	cemento	calce aerea	Composizione calce idraulica	sabbia	pozzolana
M2,5	idraulica	-	-	1	3	-
M2,5	pozzolanica	1	-	-	-	3
M2,5	bastarda	1	-	2	9	-
M5	bastarda	1	-	1	5	-
M8	cementizia	2	-	1	8	-
M12	cementizia	1	-	-	3	-

Oltre alle malte cementizie e alle malte bastarde, ricordate dalla norma, le malte più usuali sono le malte di calce idrata (calce spenta), le malte di gesso, le malte idrauliche (confezionate con calci eminentemente idrauliche), impiegabili tuttavia soltanto per murature poco sollecitate o, meglio, per intonaci.

Le malte possono anche essere additivate con additivi plastificanti (per migliorarne la lavorabilità e l'adesività), impermeabilizzanti, antigelo, acceleranti, ritardanti, espandenti, alleggerenti, aeranti.

# MALTA TERMICA ALVEOLATER®

La malta termica premiscelata Alveolater® è una malta M5 secondo il D.M. 14 Gennaio 2008, a composizione prescritta, la cui formulazione è tale da assicurare elevate prestazioni termiche (conduttività  $\lambda = 0.27 \text{ W/mK}$ ).

I vantaggi nell'impiego della malta Alveolater si possono così riassumere:

- la conduttività della malta è sostanzialmente analoga a quella del laterizio alleggerito (Alveolater<sup>®</sup> e Perlater<sup>®</sup>). Sono eliminati i ponti termici dovuti ai giunti di malta tradizionale (λ = 0,93 W/mK Vedi Prospetto A 12 Uni EN 1745). La trasmittanza della parete si riduce sensibilmente, con positive ricadute sul contenimento dei consumi energetici;
- l'impiego della malta premiscelata solleva l'impresa dall'obbligo dello studio preliminare della miscela ed elimina i costi conseguenti;
- si migliora l'organizzazione del cantiere in quanto si può portare la confezione della malta in prossimità dell'opera da realizzare, utilizzando eventualmente un mescolatore a frusta;
- si evitano gli sprechi e gli sfridi di materiale (ghiaia, sabbia);
- c'è certezza di costanza di qualità della fornitura, poiché il dosaggio dei componenti è meccanizzato.

Ad un kg di prodotto premiscelato corrisponde indicativamente un litro di malta pronta all'uso, che va applicata a giunti continui di spessore di 7÷12 mm su blocchi in laterizio preventivamente bagnati (saturi a superficie asciutta). I consumi, relativi a posa in opera dei blocchi a facce piane e a giunti orizzontali e verticali continui, e per i blocchi ai incastro a giunti continui orizzontali sono indicativamente:

Blocco (spess. parete cm 30)	dm <sup>3</sup> malta	n° sacchi	n° blocchi	m <sup>2</sup> /sacco
30x25x19 cm classe 45	32	1,07	19,2	0,94
30x45x19 cm classe 45	28	0,93	10,9	1,10
30x23x19 cm classe 45 inc.	22	0,73	20,0	1,40
30x25x19 cm classe 50	34	1,10	19,2	0,90
30x25x19 cm classe 55	34	1,10	19,2	0,90
30x25x19 cm classe 60*	25	0,90	19,2	1,10

<sup>\*</sup> posa in opera a fori orizzontali

Applicando il metodo di calcolo secondo Uni EN 1745, assumendo una conduttività del laterizio di 0,45 W/mK e

massa di 1550 kg/m³, si ha un miglioramento della trasmittanza pari al 17 ÷18 % nelle murature in blocchi semipieni

e al 20 % nelle murature in forati al 55%, se la posa con malta normale è a giunti continui; mentre il miglioramento è del 14 ÷ 15% se la posa con malta normale è a giunti in-

terrotti.

La malta Alveolater<sup>®</sup> è composta da cemento Portland R 425 in percentuale del 50 % circa, da perlite e da carbonato di calcio (al posto della sabbia silicea), additivi aeranti e ritentori d'acqua.

Il peso allo stato fresco è di 1200 kg/m<sup>3</sup>, il peso allo stato secco è di 1000 kg/m<sup>3</sup> circa.

Il prodotto è fornito in sacchi da 30 kg. Il contenuto di un sacco va miscelato con 10 litri di acqua; la durata di miscelazione in betoniera è di 3 ÷ 4 minuti.

La resistenza meccanica maggiore di 7 MPa rende la malta idonea all'uso anche in zona sismica, sulla base della norma tecnica allegata all'Ordinanza 3274, e successive modificazioni, che indica in 5 MPa la resistenza media minima delle malte.



### **MARCATURA CE**

Per essere immessi sul mercato, i prodotti per l'edilizia devono, con diverse scadenze temporali, riportare il marchio CE. L'obbligo di marcatura CE discende dalla norma europea 89/106, recepita nell'Ordinamento Italiano con il DPR 246 del 21 Aprile 1993. Allo stato attuale vige l'obbligo di marcatura CE per i laterizi per muratura (1 Aprile 2006), per i laterizi da pavimentazione (1 Gennaio 2004), per le tegole di laterizio per coperture discontinue (1 Febbraio 2007). La norma di riferimento per i laterizi per muratura è la Uni EN 771-1:2003. La norma 771-2:2003 è



Il marchio CE

relativa ai blocchi in silicato di calcio; la norma 771-3:2003 è relativa ai blocchi in calcestruzzo.

Per le pavimentazioni in laterizio la norma di riferimento è la Uni EN 1344:2003. Per le tegole in laterizio la norma di riferimento è la Uni EN 1304:2005.

#### MASSA FRONTALE

Si definisce massa frontale di una parete in laterizio la massa di 1 m² della parete stessa, comprensiva della malta per la posa, esclusi gli intonaci (Decreto 311/2006, Allegato I).

Un metro quadrato di parete realizzata con laterizio alveolato di dimensioni cm 30 x 25 x 19, con percentuale di foratura pari al 45% e peso specifico apparente di 850 kg/m<sup>3</sup> avrà massa frontale pari a:

```
- laterizio pezzi/m^2 19,2 x kg/cad. 12,1 = kg/m^2 232
```

- malta  $litri/m^2$  32,0 x kg/l 1,80 = kg/m<sup>2</sup> 58 Tot. = kg/m<sup>2</sup> 290

### MASSA VOLUMICA E DENSITÀ APPARENTE

La massa volumica del laterizio è definita come rapporto tra la massa dell'elemento essiccato a massa costante e il volume netto, esclusi cioè i vuoti, e rappresenta quindi il peso dell'argilla cotta. Per un laterizio normale, la massa volumica può variare da 1850 a 1650 kg/m³ a seconda della materia prima e delle modalità produttive.

Per un laterizio alleggerito in pasta, estruso, il valore scende a circa  $1450 \div 1600 \text{ kg/m}^3$ .

La densità apparente, o massa volumica apparente, è invece il rapporto tra la massa e il volume lordo (vuoto per pieno) e varia, a parità di massa volumica, per ogni tipo di laterizio in funzione della percentuale di foratura.

Un blocco Alveolater<sup>®</sup> 45 (F/A = 45%), con percentuale di foratura esattamente pari al 45%, e massa volumica di  $1450 \div 1600 \text{ kg/m}^3$ , avrà:

Densità apparente =  $1450 \cdot (1-F/A) = 1450 \cdot 0,55 = 800 \text{ kg/m}^3$  [ovvero  $1600 \cdot (1-F/A) = 1600 \cdot 0,55 = 880 \text{ kg/m}^3$ ].

Analogamente la classe 50 avrà densità apparente di circa  $725 \div 800 \text{ kg/m}^3$ , la classe 55 di  $650 \div 720 \text{ kg/m}^3$ , la classe 60 di  $580 \div 640 \text{ kg/m}^3$  circa.

#### **MATTONE**

Secondo la norma Uni 8942 (ritirata nel 2004) si definisce "mattone" un prodotto di laterizio per muratura, di forma generalmente parallelepipeda, con volume minore o uguale a 5500 cm<sup>3</sup>. La dimensione massima di un elemento definibile "mattone" è quindi di 15,1 x 30,1 cm, alto 12 cm.

Le normative più recenti (Ordinanza PCM 3274 e 3431; D.M. 14 Gennaio 2008 Norme Tecniche per le Costruzioni) non riportano questa distinzione e parlano genericamente di "elementi".

Secondo il Decreto 14 Gennaio 2008, gli elementi (e quindi anche i mattoni) possono essere PIENI, se hanno percentuale di foratura F/A < 15 %; SEMIPIENI se  $15\% < F/A \le 45$  %; FORATI (strutturali) se  $45\% < F/A \le 55\%$ .

La definizione conferma pertanto le indicazioni del Decreto ministeriale 20 Novembre 1987. La Norma Uni 8942 prevedeva una classificazione dei mattoni (e dei blocchi), oltre che in funzione della percentuale di foratura, anche secondo la giacitura in opera e la tecnologia di produzione.

Un mattone pieno comune, prodotto con argilla normale, estruso con F/A < 15%, veniva classificato come

MP 11 21

Lo stesso mattone, da rivestimento - R -, era definito con

MPR 11 21

Un mattone in pasta molle, pieno, con

MP 11 41

e

MPR 11 41 se da rivestimento in pasta molle.

Vedi anche CLASSIFICAZIONE E DEFINIZIONI SE-CONDO UNI 8942:1986

### **MAZZETTA**

Le porzioni di muro che delimitano lateralmente il vano di porte o finestre sono dette piedritti. La forma particolare che i piedritti assumono per consentire l'alloggiamento degli infissi è chiamata mazzetta.

All'estero (soprattutto in Germania), sono prodotti pezzi speciali, la cui forma consente di eseguire correttamente il piedritto, e di realizzare nel contempo la mazzetta per la posa del controtelaio o del telaio del serramento. La produzione di questi elementi, in Italia, è del tutto marginale.

#### **MEZZANI**

Mezzani o forti erano un tempo definiti i mattoni ben cotti, compatti, di buona resistenza, dal suono chiaro e cristallino. Albasi e ferrigni rispettivamente i mattoni poco e troppo cotti.

#### MODULO ELASTICO

Se non si oltrepassa il limite di proporzionalità fra sforzi e deformazioni, in un corpo sottoposto ad un carico la deformazione  $\epsilon$  è proporzionale alla tensione  $\sigma$  che la provoca. Il fattore di proporzionalità E vale quindi

$$E = \sigma \epsilon$$

ed è chiamato Modulo elastico normale o secante (Modulo di Young)

Poiché la  $\epsilon$  è una variazione di lunghezza misurata nella direzione della sollecitazione ( $\Delta l/l$ ) e quindi è un numero puro, il modulo elastico E ha le stesse dimensioni della sollecitazione  $\sigma$  e quindi si misura in kg/cm² o N/mm² ovvero in MPa.

Secondo il D.M. 20 Novembre 1987, in mancanza di determinazione sperimentale, si può assumere

$$E = 1000 f_k$$

Quaderni Alveo<u>later<sup>®</sup></u>

con  $f_k$  = resistenza caratteristica a compressione della muratura.

Il modulo elastico secante E è quindi funzione del valore di resistenza a compressione della muratura.

Il modulo di elasticità tangenziale G si ottiene dal modulo elastico secante E secondo la relazione

$$G = \frac{m}{2(m+1)} E$$

1/m è detto coefficiente di Poisson.

Anche il Decreto 14 Gennaio 2008, prevede che i moduli elastici E e G della muratura siano legati dalla relazione

$$G = 0.4 E$$

Pertanto, una muratura con resistenza sperimentale caratteristica di 5 N/mm<sup>2</sup> avrà moduli

 $E = 5000 \text{ N/mm}^2$ 

 $G = 2000 \text{ N/mm}^2$ 

Il Decreto ministeriale 9 Gennaio 1996 prescrive che il modulo elastico dei blocchi in laterizio per solaio non superi il valore di 25 kN/mm² (250000 kg/cm²).

#### **MURATURA**

Il Decreto ministeriale 20 Novembre 1987, al punto 1.2.2. Muratura costituita da elementi resistenti artificiali, riportava la seguente definizione: "La muratura è costituita da elementi resistenti aventi generalmente forma parallelepipeda, posti in opera a strati regolari di spessore costante e legati tra di loro tramite malta." Analogamente al punto 1.2.3. Muratura costituita da elementi resistenti naturali, confermava: "La muratura è costituita da elementi in pietra legati tra loro tramite malta". La stessa norma, ai punti 2.3.1. e 3.3.1, limitava la validità delle tabelle per la determinazione delle caratteristiche della muratura alle sole murature aventi giunti verticali e orizzontali riempiti di malta, di spessore compreso fra 5 e 15 mm.

La Circolare 30787 del 4 Gennaio 1989 "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento" ribadiva poi che la norma aveva valore per muri costituiti da elementi resistenti, naturali o artificiali, collegati da malta, con esclusione dei muri a secco.

I successivi Decreti 14 Gennaio 2008 e Ordinanze 3274 e 3431 confermano queste indicazioni.

Una definizione di muratura potrebbe essere pertanto: "Struttura realizzata dall'unione di elementi resistenti, di forma generalmente parallelepipeda, posti in opera mediante giunti continui di malta verticali e orizzontali di spessore compreso fra 5 e 15 mm, con giunti di malta verticali opportunamente sfalsati".

Murature realizzate a giunti interrotti verticali e orizzontali o con soli giunti orizzontali o con giunti verticali a incastro, o realizzate con leganti diversi dalle malte possono certamente essere considerate murature, ma il Decreto 14 Gennaio 2008, nel caso di progettazione sismica (punto 7.8.1.2) precisa che l'utilizzo di materiali o di tipologie murarie diverse rispetto alle murature tradizionali deve essere preventivamente autorizzato dal Servizio Tecnico Centrale su parere del Consiglio Superiore dei Lavori pubblici

#### **MURATURA A CORTINA**

La muratura a cortina è una muratura di chiusura d'ambito esterno, generalmente a vista e di modesto spessore, realizzata su strutture intelaiate, in cemento armato o in acciaio. Per evitarne la fuoriuscita dal piano in caso di sollecitazioni sismiche, è necessario prevedere armature orizzontali e collegamenti con la struttura.

### **MURATURA A DOPPIA PARETE**

È una muratura costituita da due pareti distanziate e fra loro opportunamente collegate con ancoraggi metallici o in laterizio. L'intercapedine può alloggiare pannelli isolanti,

costituire una semplice camera d'aria o, nelle murature tecnologicamente più avanzate, costituire l'intercapedine della cosiddetta "parete ventilata".

Generalmente soltanto una delle due pareti svolge le funzioni strutturali.

Nel caso le due pareti siano realizzate a stretto contatto, si parla più propriamente di muratura mista.

#### **MURATURA A FACCIA A VISTA**

La muratura a faccia a vista, ovvero la muratura per la quale non è previsto l'intonaco esterno, richiede materiali di elevata qualità e cure particolari sia nella posa che nelle successive operazioni di finitura.

Allo scopo di avere la migliore impermeabilità della parete, è necessario che i mattoni, prima della posa in opera, siano bagnati in funzione della loro capacità di assorbimento d'acqua, affinché

la malta, al contatto del laterizio, non risulti "bruciata", ossia privata della necessaria acqua di idratazione del cemento. Ma non si deve avere ristagno di acqua sulla superficie del laterizio, in modo che sia assicurata la penetrazione della malta all'interno dei pori.

Lo spessore dei giunti deve essere il più possibile uniforme, sia in verticale che in orizzontale; l'allineamento deve essere regolare; deve essere usata sabbia di granulometria differente in funzione dello spessore dei giunti (massimo 2 mm per giunti di spessore di 5 mm; massimo 3 mm per giunti di spessore compreso fra 5 e 15; massimo 5 mm per giunti di spessore superiore a 15 mm). I giunti devono essere rifiniti o mediante costipazione (ovvero ripassando il giunto, a malta ancora tenera, con un ferro sagomato) ovvero mediante rigiuntaggio (asportazione della malta di allettamento per una profondità di circa 1,5 cm, riempimento con malta grassa di cemento e sabbia e successiva costipazione con ferri sagomati).

La muratura a doppia parete (a sinistra) e la muratura a doppia parete con elementi faccia a vista

La forma dei ferri può dare origine a giunti cosiddetti a sguincio, ad angolo, rotondo, quadrato.

Altrettanto importante è la pulizia della parete, necessaria per asportare con una spazzola tenera o con una spugna, e con abbondante acqua pulita, la malta eventualmente caduta sui mattoni.

#### **MURATURA ARMATA**

La normativa italiana parla per la prima volta di muratura armata nel Decreto ministeriale 19 Giugno 1984 "Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche"; muratura ar-

mata intesa comunque come "sistema costruttivo a pannelli portanti prefabbricati o costruiti in opera".

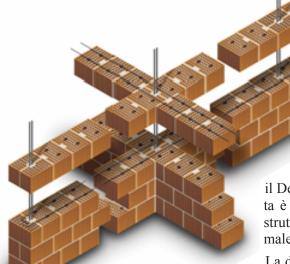
Il Decreto ministeriale 24 Gennaio 1986 ripropose esattamente lo stesso orientamento e pertanto il sistema "muratura armata" necessitò di omologazione da parte della Presidenza

del Consiglio superiore dei Lavori pubblici, da rinnovare ogni tre anni. Con il Decreto 16 Gennaio 1996, la muratura armata è divenuta metodo costruttivo al pari delle strutture intelaiate, in legno e in laterizio normale e quindi senza obbligo di omologazione.

La definizione di muratura armata, ricavata da alcuni passi del punto C.5.3.1. del decreto, è:

"Per muratura armata si intende una muratura costituita da elementi resistenti semipieni aventi le caratteristiche di cui al punto 1.2.2. del Decreto ministeriale 20 Novembre 198-7, e collegati esclusivamente mediante malta cementizia M2, M1, con armature metalliche verticali e orizzontali che le conferiscono continuità e resistenza a trazione"

Il richiamo al punto 1.2.2. del Decreto ministeriale 20 Novembre 1987 stabiliva che gli elementi resistenti dovevano



L'incrocio fra due muri in muratura armata

essere elementi resistenti artificiali, in laterizio normale o alleggerito e in calcestruzzo normale o alleggerito.

Il capitolo C.5.3.1. consentiva quindi il solo impiego di elementi semipieni (percentuale di foratura massima F/A = 45%), mentre le regole generali (C.5.1 punto a) fissavano in 5 MPa la resistenza caratteristica a compressione per carichi verticali.

Inoltre erano richiesti 1,5 MPa nel piano della muratura, in direzione ortogonale ai carichi verticali.

L'Ordinanza 3274/2003 ha confermato le precedenti indicazioni con le seguenti precisazioni:

"Ad ogni piano deve essere realizzato un cordolo continuo all'intersezione tra solai e pareti. I cordoli avranno larghezza almeno pari a quella del muro. È consentito un arretramento massimo di 6 cm dal filo esterno. L'altezza minima dei cordoli sarà pari all'altezza del solaio. L'armatura corrente non sarà inferiore a 8 cm², le staffe avranno diametro non inferiore a 6 mm ed interasse non superiore a 25 cm. Travi metalliche o prefabbricate costituenti i solai dovranno essere prolungate nel cordolo per almeno la metà della sua larghezza e comunque per non meno di 12 cm ed adeguatamente ancorate ad esso.

In corrispondenza di incroci tra due pareti portanti perimetrali sono prescritte, su entrambe le pareti, zone di parete muraria di lunghezza non inferiore a 1 m, compreso lo spessore del muro trasversale.

Al di sopra di ogni apertura deve essere realizzato un architrave resistente a flessione efficacemente ammorsato alla muratura.

Gli architravi soprastanti le aperture potranno essere realizzati in muratura armata. Le barre di armatura dovranno essere esclusivamente del tipo ad aderenza migliorata e dovranno essere ancorate in modo adeguato alle estremità mediante piegature attorno alle barre verticali. In alternativa potranno essere utilizzate, per le armature orizzontali, armature a traliccio o conformate in modo da garantire adeguata aderenza ed ancoraggio. Dovrà essere garantita



una adeguata protezione dell'armatura nei confronti della corrosione. L'armatura orizzontale, collocata nei letti di malta o in apposite scanalature nei blocchi, non potrà avere interasse superiore a 600 mm. Non potranno essere usate barre di diametro inferiore a 5 mm. La percentuale di armatura, calcolata rispetto all'area lorda della muratura, non potrà essere inferiore allo 0,04 %, né superiore allo 0,5 %. L'armatura verticale dovrà essere collocata in apposite cavità o recessi, di dimensioni tali che in ciascuno di essi risulti inscrivibile un cilindro di almeno 6 cm di diametro. Armature verticali con sezione complessiva non inferiore a 200 mm<sup>2</sup> dovranno essere collocate a ciascuna estremità di ogni parete portante, ad ogni intersezione tra pareti portanti, in corrispondenza di ogni apertura e comunque ad interasse non superiore a 4 m. La percentuale di armatura verticale, calcolata rispetto all'area lorda della muratura, non potrà essere inferiore allo 0,05 %, né superiore allo 1,0 %. Le sovrapposizioni devono garantire la continuità nella trasmissione degli sforzi di trazione, in modo che lo snervamento dell'armatura abbia luogo prima



che venga meno la resistenza della giunzione. In mancanza di dati sperimentali relativi alla tecnologia usata, la lunghezza di sovrapposizione deve essere di almeno 60 diametri. Parapetti ed elementi di collegamento tra pareti diverse dovranno essere ben collegati alle pareti adiacenti, garantendo la continuità dell'armatura orizzontale e, ove possibile, di quella verticale. Agli incroci delle pareti perimetrali è possibile derogare dal requisito di avere su entrambe le pareti zone di parete muraria di lunghezza non inferiore a 1 m".

Il Decreto 14 Gennaio 2008 riporta:

#### 4 5 7 MURATURA ARMATA

La muratura armata è costituita da elemen-

ti resistenti artificiali pieni e semipieni idonei alla realizzazione di pareti murarie incorporanti apposite armature me-

talliche verticali e orizzontali, annegate nella malta o nel conglomerato cementizio.

Le barre di armatura possono essere costituite da acciaio al carbonio, o da acciaio inossidabile o da acciaio con rivestimento speciale, nel rispetto delle pertinenti normative di comprovata validità e conformi alle indicazioni di cui al par. 11.3

È ammesso, per le armature orizzontali, l'impiego di armature a traliccio elettrosaldato nel rispetto delle pertinenti normative di comprovata validità, o l'impiego di altre armature conformate in modo da garantire adeguata aderenza ed ancoraggio.

In ogni caso dovrà essere garantita una adeguata protezione dell'armatura nei confronti della corrosione.

Le barre di armatura devono di regola avere un diametro minimo di 5 mm. Nelle pareti che incorporano armatura nei letti di malta al fine di fornire un aumento della

resistenza ai carichi fuori piano, per contribuire al controllo della fessurazione o per fornire duttilità, l'area totale dell'armatura non deve di regola essere minore dello 0,03% dell'area lorda della sezione trasversale della parete (cioè 0,015% per ogni faccia nel caso della resistenza fuori piano).

Qualora l'armatura sia utilizzata negli elementi di muratura armata per aumentare la resistenza nel piano, o quando sia richiesta armatura a taglio, la percentuale di armatura orizzontale, calcolata rispetto all'area lorda della muratura, non potrà essere inferiore allo 0,04 % né superiore allo 0,5%, e non potrà avere interasse superiore a 60 cm. La percentuale di armatura verticale, calcolata rispetto all'area lorda della muratura, non potrà essere inferiore allo 0,05 %, né superiore allo 1,0%.

In tal caso, armature verticali con sezione complessiva non inferiore a 2 cm<sup>2</sup> dovranno essere collocate a ciascuna e-



Immagini da un cantiere di muratura armata

stremità di ogni parete portante, ad ogni intersezione tra pareti portanti, in corrispondenza di ogni apertura e comunque ad interasse non superiore a 4 m.

La lunghezza d'ancoraggio, idonea a garantire la trasmissione degli sforzi alla malta o al calcestruzzo di riempimento, deve in ogni caso essere in grado di evitare la fessurazione longitudinale o lo sfaldamento della muratura. L'ancoraggio deve di regola essere ottenuto mediante una barra rettilinea, mediante ganci, piegature o forcelle o, in alternativa, mediante opportuni dispositivi meccanici di comprovata efficacia. La lunghezza di ancoraggio richiesta per barre dritte può essere calcolata in analogia a quanto usualmente fatto per le strutture di calcestruzzo armato.

L'ancoraggio dell'armatura a taglio, staffe incluse, deve di regola essere effettuato mediante ganci o piegature, con una barra d'armatura longitudinale inserita nel gancio o nella piegatura. Le sovrapposizioni devono garantire la continuità nella trasmissione degli sforzi di trazione, in modo che lo snervamento dell'armatura abbia luogo prima che venga meno la resistenza della giunzione.

In mancanza di dati sperimentali relativi alla tecnologia usata, la lunghezza di sovrapposizione deve essere di almeno 60 diametri.

La malta od il conglomerato di riempimento dei vani od alloggi delle armature deve avvolgere completamente l'armatura. Lo spessore di ricoprimento deve essere tale da garantire la trasmissione degli sforzi tra la muratura e l'armatura e costituire un idoneo copriferro ai fini della durabilità degli acciai. L'armatura verticale dovrà essere collocata in apposite cavità o recessi, di dimensioni tali che in ciascuno di essi risulti inscrivibile un cilindro di almeno 6 cm di diametro.

La resistenza a compressione minima richiesta per la malta è di 10 MPa, mentre la classe minima richiesta per il conglomerato cementizio non deve di regola essere minore di C12/C15. Per i valori di resistenza di aderenza caratteristica dell'armatura si può fare riferimento a risultati di prove

sperimentali e a indicazioni normative di riconosciuta validità.

La resistenza di progetto della muratura da impiegare per le verifiche a taglio  $(f_{vd})$ , può essere calcolata ignorando il contributo di qualsiasi armatura a taglio incorporata nell'elemento, qualora non sia fornita l'area minima di armatura sopra specificata per elementi di muratura armata atti ad aumentare la resistenza nel piano, oppure prendendo in considerazione il contributo dell'armatura a taglio, qualora sia presente almeno l'area minima prevista, secondo quanto riportato in normative di riconosciuta validità.

Le verifiche di sicurezza vanno condotte assumendo per l'acciaio  $\gamma_S$ = 1,15.

L'Ordinanza 3274 al punto 4.1 Sistemi costruttivi, fissava queste altezze massime realizzabili in zona sismica, con struttura in muratura armata:

Zona sismica	4	3	2	1
Altezza massima	nessuna limitazione	25 m	19 m	13 m

(con muratura ordinaria i vincoli erano rispettivamente di 16 m in zona 3, 11 m in zona 2 e 7,5 m in zona 1).

Il D.M. 14 gennaio 2008, al punto 7.2.2, specifica soltanto che in zona 1 gli edifici in muratura non armata possono avere una altezza massima di due piani dal piano di campagna ovvero dal ciglio stradale, lasciando quindi al dimensionamento strutturale il limite di altezza.

Oltre al calcolo esteso, è possibile eseguire un dimensionamento semplificato rispettando specifiche prescrizioni (evidenziate anche per la muratura ordinaria), con interessanti agevolazioni sulle percentuali di muratura ai piani.

#### **MURATURA CAVA**

Nelle murature a più teste, disponendo opportunamente i mattoni, si possono ottenere cavità che possono essere riempite con materiali isolanti sfusi o, qualora si voglia

aumentare la resistenza meccanica, con calcestruzzo normale o leggero.

#### MURATURA DI TAMPONAMENTO

La muratura di tamponamento è una muratura di chiusura d'ambito esterno di strutture intelaiate, in cemento armato o in acciaio. Può essere eseguita sia in monostrato che a doppio strato, con intercapedine vuota o riempita di materiale isolante, intonacata o a faccia a vista.

#### MURATURA IN BLOCCHI RETTIFICATI

Si tratta di una muratura evoluta per quanto riguarda le caratteristiche dei blocchi e della malta (vedi GIUNTI



Muratura in blocchi rettificati

SOTTILI). I blocchi, essiccati e cotti, vengono sottoposti ad una operazione di spianatura (rettifica) per garantire una perfetta planarità delle superfici di posa. È così possibile ridurre o spessore dei giunti di malta fino a 1 mm circa. Per conoscere in modo approfondito il comportamento di questa innovativa muratura, ANDIL Assolaterizi ha commissionato, al Dipartimento di Costruzioni e Trasporti dell'Università di Padova, una ricerca sperimentale, comparativa, pannelli aventi dimensioni di

circa 100x100x30 cm, realizzati sia in muratura ordinaria sia a blocchi rettificati, ricerca che si è sviluppata in due momenti successivi. Nella prima fase le prove sono state condotte secondo la procedura di compressione monoassiale e di compressione diagonale, rispettivamente per la caratterizzazione del comportamento a compressione e a taglio.

I primi risultati hanno mostrato che la muratura con blocchi rettificati e giunti sottili costituisce un sistema costrut-

tivo affidabile ed efficace per la realizzazione di elementi murari portanti, caratterizzato da un buon comportamento strutturale, sia per sollecitazioni di compressione che di taglio.

La seconda fase, volta a determinare le prestazioni di murature sottoposte a carichi ciclici, è terminata nel 2006.

Questa seconda ricerca ha esaminato tre tipologie di muratura portante:

- muratura confezionata con blocchi rettificati a incastro e giunti sottili;
- muratura confezionata con blocchi a incastro e giunti di malta orizzontali ordinari;
- muratura confezionata con blocchi a incastro conformati con una tasca verticale per riempimento con malta e giunti orizzontali ordinari.

Quest'ultima tipologia di muratura, poiché la tasca verticale di malta ricopriva tutta l'altezza del blocco e si estendeva per oltre il 40% della larghezza dello stesso, secondo l'Eurocodice 6 [EN 1996-1-1/2006] può essere considerata alla stregua di una muratura con giunti verticali riempiti.

Tutti i blocchi avevano lo stesso disegno della foratura e sono stati messi in opera con malte premiscelate. Alle prove iniziali di qualificazione dei blocchi sono seguite le prove su muretti: sei prove di compressione monoassiale e sei di compressione diagonale per ogni tipologia di muratura testata e cinque prove di compressione e taglio per ogni tipologia, di cui una condotta in modalità monotona e le altre quattro condotte in modalità ciclica, per un totale di 51 campioni testati.

I parametri ottenuti dalle prove sperimentali sono stati impiegati per la modellazione numerica dei tre sistemi di muratura. Le curve cicliche sperimentali di caricospostamento sono state riprodotte mediante un modello analitico semplificato in grado di seguire il degrado di rigidezza al procedere dei cicli. Le analisi condotte hanno avuto come obiettivo la definizione della risposta del sistema per un intervallo di periodi naturali compreso tra 0,15 s

e 0.5 s, che caratterizza la fase elastica degli edifici in muratura portante, allo scopo di stimare, per i diversi sistemi di muratura considerati e per la loro diversa capacità di dissipare energia, il fattore di riduzione dei carichi  $R\mu$  e quindi il fattore di struttura q.

La sperimentazione ha supportato e attestato la validità delle soluzioni esaminate, anche in zona sismica, e i risultati hanno fornito i criteri ed i parametri basilari che possono essere adottati per la progettazione e la verifica di strutture in muratura portante, nel rispetto delle indicazioni dell'Allegato 2 - Edifici - all'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici", come modificato all'O.P.C.M. n. 3431 del 03 Maggio 2005, che costituisce anche un riferimento per la realizzazione degli obiettivi di sicurezza fissati nel D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

È auspicabile che questi risultati, necessari per inserire la muratura in blocchi a incastro rettificati fa i sistemi costruttivi ammissibili, vengano richiamati nella Circolare esplicativa relativa al citato Decreto 14 Gennaio 2008.

#### **MURATURA LISTATA**

Per migliorare le prestazioni statiche delle murature di pietrame (pietra naturale non squadrata), a intervalli di circa 1,5 m vengono inseriti due o tre corsi orizzontali di mattoni, allo scopo di ricreare superfici piane.

Molto spesso anche gli spigoli sono realizzati in mattoni, per aumentare la resistenza e l'affidabilità della muratura.

Il Decreto 14 Gennaio 2008 al punto 4.5.2.3 riporta: "....se la muratura in pietra non squadrata è intercalata, ad interasse non superiore a 1,6 m e per tutta la lunghezza e lo spessore del muro, da fasce di calcestruzzo semplice o armato oppure da ricorsi orizzontali costituiti da almeno due filari di laterizio pieno, si parla di muratura listata". Sia le Norme allegate all'Ordinanza 3431 del 3 maggio 2005, di aggiornamento dell'OPCM 3274, al punto 8.1.2 Materiali, sia il D.M. 14 Gennaio 2008 (al punto 7.8.1.2) limitano

l'impiego della muratura listata esclusivamente nei siti ricadenti in zona 4.

### MURATURA MISTA O A DOPPIO PARAMENTO

È una muratura costituita da due paramenti in aderenza, collegati tramite malta ed eventualmente connettori metallici o in laterizio. Il Decreto 14 Gennaio 2008 (punto 4.5.2.3) stabilisce che ".....In questo ultimo caso, se non è possibile considerare un comportamento monolitico, si farà riferimento a normative di riconosciuta validità od a specifiche approvazioni del Servizio Tecnico Centrale su parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici".

Per avere un comportamento omogeneo sotto carico, è bene che i laterizi impiegati siano simili per resistenza meccanica, modulo elastico, categoria di produzione.

#### **MURATURA MONOSTRATO**

È una muratura realizzata con blocchi a tutto spessore di muro, che assume contemporaneamente funzioni statiche, acustiche e termiche.

La muratura monostrato, soluzione tipica delle strutture in muratura, ha avuto un particolare sviluppo a partire dagli anni settanta in seguito alla produzione di laterizi alleggeriti in pasta, di grande formato.

#### **NORMATIVA**

Le norme che regolano le costruzioni in muratura portante sono:

- Legge n° 64 del 2 Febbraio 1974;
- Decreto ministeriale 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento";
- Decreto ministeriale 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche";

• Decreto ministeriale 2 Luglio 1981 "Norme per le riparazioni e il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma nelle regioni Basilicata, Campania e Puglia".

I decreti del 1986 e 1987 sono l'emanazione delle norme tecniche previste dalla Legge 64.

Vanno ricordate anche la Circolare illustrativa 30787, a commento del Decreto ministeriale 20 Novembre 1987 e la Circolare 65/AAGG relativa al Decreto 16 Gennaio 1996.

Successivamente (2003) è stata emanata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274, poi modificata e integrata (Ordinanza 3431- 2005), recepita nel Decreto Ministeriale 14 Settembre 2005 e dal definitivo Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008, che ha le caratteristiche di un Testo Unico delle norme per l'edilizia.

Si può quindi affermare che dopo un lungo periodo di assenza di norme (in precedenza l'unico riferimento era il Regio Decreto 2233 del 1939) si è avuta una notevole produzione normativa.

L'Ordinanza 3274 ha anche definito la nuova classificazione sismica del territorio.

All'ordinanza infatti è allegato il documento che stabilisce i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche: individuazione, formazione ed aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone". La nuova classificazione è articolata in 4 zone, caratterizzate da diverse accelerazioni al suolo. Le prime tre corrispondono, dal punto di vista degli adempimenti previsti dalla Legge 64/74, alle zone di sismicità alta (S=12), media (S=9) e bassa (S=6), mentre la zona 4 è di nuova introduzione ed in essa è data facoltà alle regioni di imporre, o meno, l'obbligo della progettazione antisismica.

Zona	Valore di ag
1	0,35 g
2	0,25 g
3	0,15 g
4	0,05 g

I suddetti Criteri prevedono che in prima applicazione, sino alle deliberazioni delle Regioni, le zone sismiche siano individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale", elaborato dal Gruppo di Lavoro costituito sulla base della risoluzione della Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi nella seduta del 23 Aprile 1997, con alcune precisazioni che sostanzialmente fanno sì che i comuni già classificati prima dell'ordinanza non possano essere assegnati ad una zona di pericolosità inferiore. Fra gli allegati all'Ordinanza è compresa la lista dei comuni con la zona sismica corrispondente alla prima applicazione dei criteri generali, lista immediatamente operativa ai sensi dell'Ordinanza.

La nota emanata in data 29 Marzo 2004 dal Dipartimento della Protezione Civile suggerisce alle Regioni (punto 4.5 Progettazione antisismica in zona 4) di adottare la progettazione antisismica in zona 4, e, se non in modo generalizzato, almeno per le opere "strategiche o rilevanti".

Ai nostri fini è sufficiente ricordare che il D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" prevede sia la progettazione sismica che la progettazione non sismica, riconfermando, per le costruzioni in muratura portante non soggette a progettazione sismica, le indicazioni del Decreto ministeriale 20 Novembre 1987.

In zona non sismica è consentito il dimensionamento semplificato (punto 4.5.6.4 – Verifica alle tensioni ammissibili) quando il fabbricato presenta caratteristiche consolidate dalla pratica costruttiva, adottando, in via semplificativa, il metodo delle tensioni, ponendo il coefficiente  $\gamma_{\rm M}=4,2$  e rispettando le seguenti limitazioni:

- le pareti strutturali della costruzione siano continue dalle fondazioni alla sommità;
- nessuna altezza interpiano sia superiore a 3,5 m;
- il numero di piani non sia superiore a 3 (entro e fuori terra) per costruzioni in muratura ordinaria e a 4 per costruzioni in muratura armata;

- la planimetria dell'edificio sia inscrivibile in un rettangolo con rapporti fra lato minore e lato maggiore non inferiore a 1/3;
- la snellezza della muratura, secondo l'espressione (4.5.1.), non sia in nessun caso superiore a 12;
- il carico variabile per i solai non sia superiore a 3,00 kN/m².

La verifica si intende soddisfatta se vale:

$$\sigma = N/(0.65 \text{ A}) \le f_k / \gamma_M$$

in cui N è il carico verticale totale alla base di ciascun piano dell'edificio corrispondente alla somma dei carichi permanenti e variabili (valutati ponendo  $\gamma_G = \gamma_Q = 1$ ), mentre A è l'area totale dei muri portanti allo stesso piano.

Nella parte relativa alla progettazione sismica, al punto 7.8.1.9 Costruzioni semplici si ha questa definizione:

"Si definiscono "costruzioni semplici" quelle che rispettano le condizioni di cui al 4.5.6.4 integrate con le caratteristiche descritte nel seguito, oltre a quelle di regolarità in pianta ed in elevazione definite al § 7.2.2 e quelle definite ai successivi § 7.8.3.1, 7.8.5.1, rispettivamente per le costruzioni in muratura ordinaria, e in muratura armata. Per le costruzioni semplici ricadenti in zona 2, 3 e 4 non è obbligatorio effettuare alcuna analisi e verifica di sicurezza".

Anche in questo caso, le condizioni integrative richieste alle costruzioni semplici sono:

in ciascuna delle due direzioni siano previsti almeno due sistemi di pareti di lunghezza complessiva, al netto delle aperture, ciascuno non inferiore al 50% della dimensione della costruzione nella medesima direzione. Nel conteggio della lunghezza complessiva potranno essere inclusi solamente setti murari che rispettano i requisiti geometrici della Tab. 7.8.II. La distanza tra questi due sistemi di pareti in direzione ortogonale al loro sviluppo longitudinale in pianta sia non inferiore al 75 % della dimensione della costruzione nella medesima direzione (ortogonale alle pareti). Almeno il 75 %

Quaderni <u>Alveolater®</u>

- dei carichi verticali sia portato da pareti che facciano parte del sistema resistente alle azioni orizzontali;
- in ciascuna delle due direzioni siano presenti pareti resistenti alle azioni orizzontali con interasse non superiore a 7 m, elevabili a 9 m per costruzioni in muratura armata;
- per ciascun piano il rapporto tra area della sezione resistente delle pareti e superficie lorda del piano non sia inferiore ai valori indicati nella tabella 7.8.III, in funzione del numero di piani della costruzione e della sismicità del sito, per ciascuna delle due direzioni ortogonali:

Accelerazione del terreno a <sub>g</sub> *	<0.07 ~	<0.10 a	<0.15	-0.20 -0.25	<0.20 a	-0.25	<0.40	c0.45	<0.4725			
Tipo di struttura	Numero piani	≤0.07 g	≥0.07 g	≥0.10 g	0.10 g ≤0.15 g	≥0.20 g ≥	≥0.23 g	≥0.30 g	.≥0.55 g	<u>≥0.4</u> 0 g	_≤0.43 g	≥0.4723g
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%	3.5%	3.5%	3.5%	4.0%	4.0%	4.5%	5.0%	5.0%	5.0%	
	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%	

(1)  $S_T$  si applica solo nel caso di strutture di Classe d'uso III e IV (v.  $\S$  2.4.2)

È implicitamente inteso che per gli edifici semplici il numero di piani non può essere superiore a 3 per edifici in muratura ordinaria ed a 4 per edifici in muratura armata.

Deve inoltre risultare, per ogni piano:

$$\sigma = N/A \le 0.25 (f_k / \gamma_M)$$

in cui N è il carico verticale totale alla base di ciascun piano dell'edificio corrispondente alla somma dei carichi permanenti e variabili (valutati ponendo  $\gamma_G = \gamma_Q = 1$ ), mentre A è l'area totale dei muri portanti allo stesso piano.

Si riportano anche gli estremi di altre norme che, in modo diretto o indiretto, hanno attinenza con le costruzioni in laterizio.

#### In campo acustico:

- Circolare 1769 del 30 Aprile 1966 "Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici nelle costruzioni edilizie"
- Circolare 3150 del 22 Maggio 1967 "Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici".
- Decreto Presidente del Consiglio dei Ministri 1 Marzo 1991
- (G. U. 8 Marzo 1991 n° 57) "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno".
- Legge 26 Ottobre 1995 "Legge quadro sull'inquinamento acustico"
- Decreto Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997 (G.U. 22 Dicembre 1997 n° 297)
   "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"

#### Per i carichi e sovraccarichi:

- Decreto ministeriale 16 Gennaio 1996 (Suppl. n° 19 alla G.U. n° 29 del 5 Febbraio 1996) "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- Circolare 4 Luglio 1996 n° 156AA.GG./STC Ministero LL.PP. del 24 Maggio 1982 "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai carichi, ai sovraccarichi di cui al decreto ministeriale 16 Gennaio 1996".
- Decreto ministeriale 11 Marzo 1988 Supplemento G.U. n. 127 del 1/6/1988 n. 47 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilita' dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, esecuzione e collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

### Per gli aspetti energetici:

- Decreto ministeriale 30 Luglio 1986 G.U. n. 244 del 20/10/1986 "Aggiornamento dei coefficienti di dispersione termica degli edifici".
- Legge 9 Gennaio 1991 n° 10 "Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia".
- Decreto 2 Aprile 1998 "Certificazione energetica degli edifici"
- Decreto 19 Agosto 2005 nº 192 "Attuazione della direttiva 2002/917CE, relativa al rendimento energetico in edilizia"
- Decreto 29 Dicembre 2006 n° 311 "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 Agosto 2005 n° 192, recante attuazione della direttiva 2002/917CE, relativa al rendimento energetico in edilizia"

### Per la responsabilità del produttore:

• D.P.R. n. 203 del 24 Maggio 1988 "Responsabilità del produttore"

#### Per l'edilizia scolastica:

 Decreto ministeriale 18 Dicembre 1975 - G.U. n. 29 del 2/2/1976 e D.M. 13 Settembre 1977 - G.U. n. 338 del 13/12/1977 "Aggiornamento delle norme per edilizia scolastica".

### Per il comportamento al fuoco:

- Decreto 16 Febbraio 2007 G.U. 29 marzo 2007, supplemento ordinario serie generale n° 74 "Classificazione di resistenza al fuoco di opere da costruzione"
- Decreto 9 Marzo 2007, supplemento ordinario serie generale nº 74 "Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco"
- Circolare Ministero dell'Interno 15 Febbraio 2008 n° 1968 "Pareti di muratura portanti resistenti al fuoco".

### **NORMATIVA SISMICA (STORIA DELLA -)**

Nel 1627, in seguito al terremoto in Campania (4.500 vittime), fu definito un sistema "baraccato alla beneventana", struttura intelaiata in legno, con ritti infissi in un basamento in muratura e specchiature chiuse da materiali leggeri (canne, legname) e rinzaffo in malta o argilla.

Nel 1784, in seguito al terremoto di Messina e della Calabria del 1783 (32.000 vittime), Ferdinando IV di Borbone emanò una legge che fissava lo spessore minimo delle pareti in 2 ½ palmi (66 cm circa) e introduceva l'obbligo di realizzare cordoli, in copertura, tramite travi in legno posate "orizzontalmente lungo la sommità dei muri ed imperniati fortemente a questi sicché formi tutta la armatura quasi un telaro". Nel 1857 ci fu un terremoto nel Regno di Napoli, con 12.000 vittime, e nel 1860, in seguito al Terremoto di Norcia del 1859, il Governo Pontificio emanò un Regolamento edilizio che stabiliva:

massimo due piani fuori terra; 8,5 m l'altezza massima dal terreno alla gronda; 60 cm lo spessore minimo delle murature, anche interne; murature esterne con scarpata pari almeno a 1/20 dell'altezza dell'edifico; collegamento fra muri interni ed esterni "onde facciano una massa tutta unita". Aperture di porte e finestre a distanza conveniente dagli angoli dei muri esterni e delle estremità dei muri di tramezzo; e "quelle di un piano corrispondano a piombo a quelle degli altri". Le volte erano ammesse solo nei sotterranei ma strette da leghe in ferro.

Nel 1883, il terremoto di Casamicciola (Na) fece 2.300 vittime. Fu emanato il Regio Decreto 2600 del 29 Agosto 1884. Le altezze dei fabbricati furono limitate a 10 m; furono vietate le strutture spingenti e limitati a 60 cm gli aggetti dei balconi. Le case potevano avere solo un piano fuori terra.

Nel sistema baraccato, le pareti potevano essere tamponate in laterizio ".... ma molto leggiero e assicurato mediante opportuni mezzi di ritegno così che non possa cadere a causa delle scosse".

Nel 1905 il terremoto di Messina e Calabria diede origine al R.D. 511 del 16 Settembre 1906. Con il successivo, di-

sastroso terremoto del 1908, che causò 110.000 vittime nel territorio di Messina e Reggio Calabria, il R.D. 193 del 18 Aprile 1909 e la Circolare 2664 del 20 Aprile 1909 prescrissero che le costruzioni fossero realizzate con "una ossatura di legno, di ferro, di cemento armato o di muratura armata".

Furono escluse le strutture spingenti e limitate a un

piano le strutture in muratura ordinaria, in mattoni o pietra squadrata o listata. La distanza fra i muri portanti fu limitata a 5 metri e lo spessore minimo limitato a 1/8 dell'altezza.

Il 6 Settembre 1912 fu emanato il Decreto Reale 1080, che consentiva la muratura ordinaria fino a due piani, con limite di altezza di 7 metri e di 8 metri nel caso di muratura "collegata" (armata).

Il Terremoto di Sora e Avezzano del 1915 causò 30.000 vittime.

Fu emanato il R.D. 573 del 29 Settembre 1915.

Nel 1924 il terremoto di Ancona e Perugina portò all'emanazione della Legge 2089 e del R.D. 1099 del 23 Ottobre-1925.

Analogamente nel 1925 il terremoto di Siena e Grosseto portò al R.D. 705 del 3 Aprile 1926. Fu introdotta la prima zonizzazione sismica. L'altezza di tutti gli edifici fu limitata a 10 m e 2 piani in zona sismica di prima categoria; 12 m e 3 piani in zona sismica di seconda categoria.

L'interpiano massimo fu limitato a 5 metri e la distanza fra i muri portanti non doveva superare 7 metri.

# Quaderni Alveolater®



Un'immagine del terremoto di Messina in una cartolina dell'epoca

Per le costruzioni in muratura di laterizio i limiti furono fissati in 8 metri in prima categoria; 10 metri in seconda, aumentati rispettivamente a 10 e 12 metri per le costruzioni in muratura "animata" (armata).

Lo spessore delle muratura minimo fu fissato in 30 cm, con aumento di 15 cm ad ogni piano inferiore.

Nel 1927 fu promulgato il R.D. 431; nel 1930 il R. D. 692; nel 1935 il R. D. Legislativo 640; nel 1937 il Decreto Legislativo 2105, che introdusse l'obbligo dei cordoli in c.a..

Nel 1962 fu la volta della Legge 1684.

In seguito al terremoto del Belice (1968) fu emanata la Circolare LL. PP. 6090/1968 "Norme per la progettazione, il calcolo, la esecuzione e il collaudo di costruzioni con strutture prefabbricate in zone sismiche e asismiche", che costituì il riferimento per la muratura armata a pannelli prefabbricati degli anni Ottanta.

La Legge 64 del 2 Febbraio 1974 fu emanata in seguito al terremoto di Ancona.

Il 3 Marzo 1975 fu pubblicato il D.M. LL.PP. "Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"; il 20 Giugno 1977, in seguito al terremoto che colpì il Friuli, la Legge Regionale Friuli - Venezia Giulia, che introdusse il metodo POR.

Il D.L. 75 del 19 Marzo 1981 e la Legge 219 del 14 Maggio 1981 "Provvedimenti a favore delle popolazioni colpite dal sisma in Campania e Basilicata" furono ancora una volta emanati in seguito al terremoto che causò oltre 3000 vittime, seguiti dal D.M. LL.PP. 2 Luglio 1981 sulla riparazione e il rafforzamento dei fabbricati in Basilicata, Campania a Puglia.

Poi, nel 1984, 1986, 1992, 1996 furono emanate le "Norme tecniche per le costruzioni sismiche" alle quali fecero seguito le Ordinanze 3274, 3431, 3519, il Decreto 14 Settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni" e successivamente il Decreto 14 Gennaio 2008 "Testo aggiornato delle Norme tecniche per le costruzioni".

### **PASTA MOLLE**

#### Vedi PROCESSO DI PRODUZIONE DEL LATERIZIO

### **PERLATER®**

Il blocco Perlater<sup>®</sup> è un blocco in laterizio nel quale le caratteristiche termiche sono ottenute non più miscelando all'argilla sfere di polistirolo o altri materiali combustibili, ma grani di perlite espansa. A differenza dei materiali combustibili, la perlite rimane inglobata nella matrice argillosa senza nessun processo di combustione: la struttura è compatta e la massa laterizia è omogenea, priva di fori e cavità.

Le prestazioni termiche non differiscono sostanzialmente da quelle dei tradizionali laterizi Alveolater<sup>®</sup>: la trasmittanza di un muro di spessore di 35 cm, privo di intonaco, realizzato con blocchi con il 45 per cento di foratura è pari a 0,64 W/m²K, contro il valore di 0,62 W/m²K di un blocco di uguale disegno, prodotto con la stessa argilla, alleggerito con polistirolo. Cresce invece notevolmente la resistenza meccanica caratteristica, che passa da 10 ÷ 12 MPa 15 MPa circa. A pieno titolo quindi il blocco Perlater<sup>®</sup> rientra nel Sistema Alveolater<sup>®</sup> in quanto consente l'impiego del laterizio termoisolante anche in strutture particolarmente sollecitate.

Perlater<sup>®</sup> è un marchio registrato del Consorzio Alveolater<sup>®</sup>.

#### **PERLITE**

La perlite è un minerale poroso, generalmente di colore bianco, molto leggero, inorganico, stabile e chimicamente neutro, con pH compreso fra 6,5 e 7,5, ottenuto dall'espansione di una varietà specifica di roccia effusiva che, macinata e portata alla temperatura di circa 1000 °C, espande a causa del vapore generato dall'acqua inclusa nella roccia stessa, aumentandone il volume fino a 20 volte Questo processo, irreversibile, determina la formazione di microcavità che rendono la perlite espansa molto leggera

(densità compresa fra 80 e 150 kg/m³), e le conferiscono un elevato potere termoisolante (conduttività termica  $\lambda = 0.04 \div 0.055$  W/mK).

La roccia vulcanica di base, priva di metalli pesanti, è costituita da silicato di alluminio contenente oltre il 60% di silice SiO<sub>2</sub>, da ossidi di alluminio sotto forma di Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (13% circa), da ossidi di sodio e di potassio (mentre è assente lo zolfo) e acqua fissata chimicamente (tra il 2 e il 3%) imprigionata nella massa a causa del rapido raffreddamento del magma giunto in superficie. In edilizia la perlite viene usata sciolta come materiale termoisolante, come inerte nelle malte termoisolanti per la posa dei laterizi o per intonaco e come alleggerente nella produzione di laterizi alleggeriti. Viene usata anche in agricoltura, nell'alimentazione animale, nell'industria farmaceutica e nella filtrazione dei liquidi (vini, oli vegetali ecc.).

### PERMEABILITÀ AL VAPORE

Nel periodo invernale, l'aria all'interno delle abitazioni è più calda di quella esterna e quindi può contenere una maggiore quantità di vapore. Si ha così una differenza di pressione, dovuta alla maggiore pressione all'interno rispetto all'esterno. La differenza di pressione genera quindi un flusso di vapore, dall'interno all'esterno, che si diffonde attraverso le porosità dei materiali costituenti il diaframma di separazione fra i due ambienti. Per la legge di Fick, la quantità di vapore che attraversa una parete, fra due facce piane e parallele di materiale omogeneo per unità di superficie e di tempo, è proporzionale alla differenza di pressione fra i due piani e inversamente proporzionale alla distanza fra gli stessi, a condizione che in questo intervallo non si verifichi condensa.

Se il diaframma è costituito da un unico materiale omogeneo, in genere al suo interno non si verificano fenomeni di condensa. Se invece il diaframma è costituito da pareti multistrato con differenti caratteristiche termiche, il rischio di condensa è elevato. Il coefficiente di proporzionalità prende il nome di Permeabilità al Vapore  $\delta_v$  e rappresenta

la quantità di vapore che passa nell'unità di tempo attraverso una sezione unitaria di una parete di spessore unitario sotto una determinata differenza di pressione.

Le unità di misura della permeabilità sono:

Sistema internazionale S.I. g/s m Pa

(grammo/ secondo metro

Pascal)

Sistema tecnico S.T. g/h m mmHg

(grammo / ora metro

mm di mercurio)

La relazione fra le due unità di misura è:

$$\delta_{\rm v}$$
 S.I. = 2,0835  $10^{-6}$   $\delta_{\rm v}$  S.T.

Spesso si fa ricorso al Fattore di resistenza al passaggio del vapore  $\mu$ , rapporto fra la permeabilità dell'aria (190  $10^{-9}$  g/s m Pa) e la permeabilità del materiale. È un numero adimensionale, sempre maggiore di 1 in quanto la permeabilità dell'aria è la massima possibile:

$$\mu = 190 \ 10^{-9} / \delta_v$$

Prove condotte dal Consorzio Alveolater<sup>®</sup>, secondo la norma Uni 9233, hanno fornito i seguenti valori:

Massa volumica	Fattore di resistenza μ	Permeabilità δ <sub>v</sub> S.I.	Permeabilità δ <sub>v</sub> S.T.
1600 (trafilato alleggerito con perlite)	12	15,9 10 <sup>-9</sup>	0,76 10 <sup>-2</sup>
1630 (confezionato a mano)	10	19,4 10 <sup>-9</sup>	0,93 10-2
1610 (trafilato)	9	21,6 10-9	1,04 10 <sup>-2</sup>
1580 (trafilato alleggerito con polistirolo)	8	23,8 10 <sup>-9</sup>	1,14 10 <sup>-2</sup>
1390 (trafilato a mano, alleggerito con polistirolo)	6	32,3 10 <sup>-9</sup>	1,55 10-2

La norma Uni EN 771-1 indica un valore  $\mu$  variabile fra 5 e 10.

#### **PERMEANZA**

Se uno strato di permeabilità  $\delta_v$  ha uno spessore s, il rapporto  $\delta_v$ /s esprime la permeanza (come il rapporto  $\lambda$ /s esprime la conduttanza termica).

L'inverso  $s/\delta_v$  esprime la resistenza alla diffusione del vapore (come  $s/\lambda$  esprime la resistenza termica).

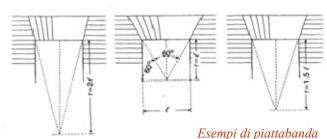
La permeanza si esprime in 10<sup>-9</sup>g/s m<sup>2</sup> Pa.

#### **PESO DELLA PARETE IN MURATURA**

Il peso di una parete è determinato dalla somma dei pesi dei componenti ed esattamente dai pesi del laterizio, della malta che costituisce i giunti e dell'eventuale intonaco.

A titolo di riferimento si riportano alcuni pesi per materiali normali e alveolati (pareti non intonacate). Posa con malta densità 1,8 kg/dm<sup>3</sup>.

Tipo di laterizio	Spessore parete (cm)	Peso late- rizio (kg)	Malta (litri)	Peso tota- le (kg)
Mattone Uni pieno 5,5x12x25 cm	12	185	45	265
Mattone Uni pieno 5,5x12x25 cm	25	380	90	540
Tramezza 8x25x25 cm	8	45	10	65
Forati 12x25x25 cm	12	80	20	115
Alveolater® 45 12x30x19 cm	12	100	15	125
Alveolater® 45 25x30x19 cm	30	240	32	290
Alveolater® 50 25x30x19 cm	30	220	34	280
Alveolater® 55 25x30x19 cm	30	200	34	265
Alveolater® 60 25x30x19 cm	30	175	40	245



#### **PIATTABANDA**

La piattabanda è un vero e proprio arco anche se formalmente ricorda l'architrave (Vedi ARCHITRAVE). Presenta il profilo d'intradosso rettilineo anziché curvo. I piani d'imposta sono ordinariamente

inclinati di 60° sull'orizzontale.

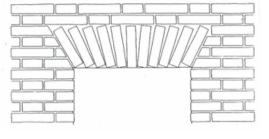
Sono frequenti piani d'imposta ottenuti sul raggio facente centro a distanza pari alla luce «21» o pari a «1,51».

Fra i tipi più frequenti delle piattabande si ricorda il tipo romano e il francese.

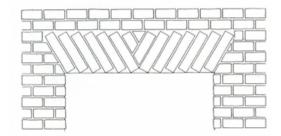
La luce L di un semiarco o di una piattabanda non dovrebbe superare le misure riportate in tabella (in cm).

	D	Max L
semiarchi	24	120
	36,5	150
piattabande	24	80
	36,5	120

## Quaderni Alveolater®



Tipo romano. Presenta i conci a raggiera.



#### **PIENO**

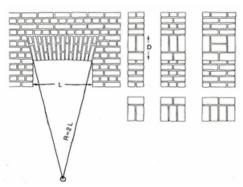
Secondo i Decreti ministeriali 16 Gennaio 1996 e 20 Novembre 1987, si definisce pieno un elemento con percentuale di foratura ≤ 15 per cento. Analoga definizione è riportata nell'Ordinanza 3274 e nel D.M. 14 Gennaio 2008.

## POISSON (modulo o coefficiente di -)

Un materiale sottoposto a compressione si accorcia verticalmente ( $\varepsilon_{\rm v}$ ) lungo l'asse dello sforzo e si dilata lateralmente  $(\varepsilon_l)$  nella direzione ortogonale. Allo stesso modo, quando subisce un allungamento in conseguenza di uno sforzo di trazione, si osserva un restringimento della sezione.

Il rapporto  $\varepsilon_{l}/\varepsilon_{v}$  si chiama modulo di Poisson ( $\mu$ ), rapporto tra il restringimento unitario (ovvero dilatazione) in direzione perpendicolare al senso dello sforzo e l'allungamento unitario (ovvero accorciamento) nella direzione dello sforzo.

Tipo francese. Presenta i conci metà inclinati a sinistra e metà inclinati a destra, mentre in chiave vengono messe a chiusura mattoni segati in diagonale, in modo da mantenere rettilinei i giunti di malta.



A titolo esemplificativo, per i vetri utilizzati nell'edilizia, il coefficiente  $\mu$  è pari a 0,22; per i metalli è vicino a 0,35, mentre per i ceramici è generalmente compreso tra 0,17 e 0,27.

Andamento delle isoterme nell'angolo di una parete

#### PONTE TERMICO

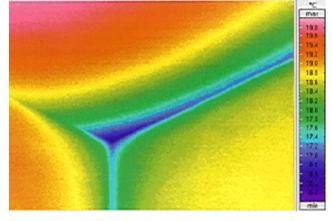
Con ponte termico si indica una zona del fabbricato o della singola parete nella quale si concentra il passaggio del calore.

Esempi caratteristici di ponte termico in una costruzione sono:

- i cordoli in calcestruzzo,
- gli architravi delle porte e delle finestre
- le strutture portanti in cemento armato (nel caso di strutture intelaiate)
- gli angoli dei muri perimetrali.

È certamente interessante poter quantificare le dispersioni dovute ai ponti termici, ai fini del calcolo termico dei fabbricati secondo le norme vigenti; ma ancora più importante è la conoscenza dell'ubicazione delle isoterme 12 °C e 14 °C. Infatti a queste temperature, con umidità relativa interna

pari o superiore al 70%, si innescano muffe e macchie di umidità dovute alla formazione di condensa. Naturalmente è importante anche l'andamento dell'isoterma 0 °C, che indica se c'è possibilità di formazione di ghiaccio all'interno della parete. Se ad esempio in un nodo solaioparete le isoterme 12 °C e 14 °C arretrano all'interno dello spessore del muro senza però incontrare il solaio, non si avranno condense superficiali. Viceversa se le isoterme 12 °C e 14 °C intersecano il



Temperature superficiali nell'angolo di una stanza

solaio si avrà, in quella zona, formazione di condensa, deposito di pulviscolo e formazioni di muffe.

#### PONTE TERMICO CORRETTO

Un ponte termico è definito dal D.L. 311 come la discontinuità di isolamento termico che si può verificare in corri-

spondenza degli innesti di elementi strutturali (ad esempio, solai e pareti verticali o pareti verticali tra loro).

Un ponte termico viene definito "corretto" dal D.L. 311 quando la trasmittanza termica della parete fittizia, intesa come il tratto di parete esterna in corrispondenza del ponte termico, non supera per più del 15% la trasmittanza termica della parete corrente.

Se il ponte termico non è corretto, si deve fare riferimento alla trasmittanza media. Per determinare la trasmittanza me-

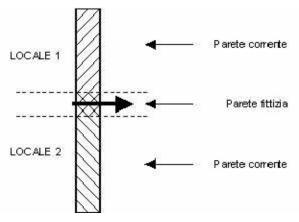
dia, è necessario tener conto del contributo del ponte termico alla trasmittanza della parete corrente.

I concetti di "ponte termico corretto" e di "trasmittanza media" sono fondamentali per eseguire correttamente i confronti con i valori di trasmittanza limite riportati nelle tabelle dell'Allegato C al D.L. 311. Ovviamente la verifica risulta più severa per le strutture a ponte termico non corretto

#### PRESSIONE PARZIALE DI VAPORE

Secondo la legge di Dalton, la pressione totale di una miscela di gas è uguale alla somma delle pressioni che i singoli componenti gassosi eserciterebbero se occupassero da soli l'intero volume della miscela. Il contributo individuale di ogni componente alla pressione totale della miscela è detto pressione parziale. Pertanto, la somma delle pressioni parziali di un gas in una miscela è uguale alla pressione totale esercitata dall'intero gas, determinata dal numero complessivo di urti molecolari sulle pareti del contenitore (per unità di superficie e per unità di tempo). Ciascun componente dà un contributo determinato dal numero degli urti con cui le sue molecole colpiscono la superficie, numero

## Quaderni Alveolater®



Esempio schematico di ponte termico

che dipende dalla concentrazione delle sue molecole e che non è influenzato dalla presenza nel contenitore delle molecole degli altri componenti.

Questo vale anche per l'aria, che è appunto una miscela di vari gas: ciascuna specie gassosa (azoto, ossigeno, vapor acqueo ...) contribuisce alla pressione atmosferica per una parte proporzionale al numero di molecole di quel gas. Per esempio, se la pressione atmosferica è pari a 1000 millibar, essa è dovuta ai vari gas che la compongono. Se supponiamo che l'aria sia composta per il 78% di azoto, 21% ossigeno e il rimanente 1% di vapor acqueo, allora la pressione avrà un contributo proporzionale dai vari gas: 780 millibar per l'azoto, 210 millibar per l'ossigeno e 10 millibar per il vapor acqueo. La pressione parziale di vapore è quindi la pressione che eserciterebbe una quantità di vapore sulle pareti di un ambiente chiuso senza presenza d'aria.

Se la percentuale di vapor acqueo nell'atmosfera aumenta, aumenta proporzionalmente anche la pressione del vapore. Quindi, la pressione del vapore è una misura esatta della quantità di vapore nell'aria e dipende dalla temperatura.

L'unità di misura è il millibar [mbar] o ettoPascal [hPa].

## PRESTAZIONI TERMICHE DI UNA PARETE IN REGIME STAZIONARIO

Le prestazioni di una parete in regime stazionario sono valutate sulla base della differenza di temperatura, fissata per legge in funzione delle zone climatiche, tra l'ambiente interno e l'ambiente esterno, considerata costante nell'arco del tempo. Pertanto anche il flusso termico che attraversa la parete risulta costante. Le grandezze fisiche considerate sono: resistenza termica, trasmittanza termica e conduttanza termica.

## PRESTAZIONI TERMICHE DI UNA PARETE IN REGIME DINAMICO

Le prestazioni in regime dinamico tengono conto anche della capacità dei materiali di accumulare calore. Si devo-

no considerare le escursioni termiche nel corso della giornata, a carattere tipicamente periodico. Le nuove proprietà termofisiche considerate sono: diffusività termica; effusività termica; capacità termica; attenuazione (smorzamento) e ritardo temporale (sfasamento). Un ritardo di 10÷12 ore consente di risentire dei picchi di calore esterno durante le ore notturne, ore nelle quali si può raffrescare con la semplice ventilazione naturale.

#### PROCESSO DI PRODUZIONE DEL LATERIZIO

Il processo di produzione prevede alcune fasi ben definite, ed esattamente: escavazione della materia prima e formazione del cumulo; prelavorazione; formatura; essiccazione; cottura; imballaggio; stoccaggio e carico.

Per ogni fase del ciclo di produzione si possono individuare alcune macchine o impianti fondamentali.

Per l'escavazione si fa ricorso a escavatori meccanici a tazze, a escavatori drag-line o a tradizionali macchine per il movimento terra.

La formazione del cumulo all'aperto avviene con l'impiego di autocarri e ruspe. Generalmente il cumulo ha una dimensione tale da garantire il quantitativo di argilla necessario per la produzione di un anno.

Il prelievo dal cumulo viene fatto con pale meccaniche e nastri trasportatori che alimentano macchine che tolgono le eventuali impurità grossolane (radici, sassi ecc.) per poi realizzare lo stoccaggio al coperto. Si passa quindi alle prime macchine del ciclo produttivo, che danno inizio alla fase di prelavorazione e, se necessario, aggiungono acqua.

Segue la fase di laminazione con un laminatoio, costituito da due cilindri controrotanti, fra loro a distanza di circa un millimetro, che schiacciano, rendendole innocue, le impurità, prevalentemente granuli



La formazione del cumulo di argilla al coperto



Alcune macchine per la prelavorazione



La formatura di mattoni in pasta molle

di carbonato di calcio (calcinelli - vedi ARGILLA). I laminatoi possono anche essere in numero superiore a uno, generalmente due, il primo con funzione di laminatoio sgros-

satore, il secondo di finitore.

Si passa quindi alla formatura, che può avvenire secondo due diverse tecnologie: formatura propriamente detta, ed estrusione (a volte detta anche, erroneamente, trafilatura).

La formatura avviene facendo cadere quantitativi predeterminati di argilla entro forme, metalliche o di legno. Questa sistema di produzione viene anche detto "produzione in pasta molle", per la caratteristica consistenza dell'impasto acqua-argilla, e non è altro che la

meccanizzazione delle antiche tecniche di produzione manuale. L'estrusione consiste invece nel far passare l'argilla attraverso una filiera. La filiera è posta all'estremità (o bocca) di una mattoniera (estrusore). L'argilla avanza spinta dalle eliche della mattoniera, ovvero da alberi orizzontali paralleli controrotanti dotati sul perimetro di profili elicoidali. I "tasselli" della filiera, se presenti, realizzeranno i vuoti del laterizio trafilato.

Nella prima parte della mattoniera avviene anche l'operazione di degasaggio: l'aria presente nell'argilla viene sottratta mediante una pompa (detta comunemente pompa del vuoto). Aumenta così la compattezza della pasta e quindi la resistenza meccanica del prodotto finito.

Sempre in mattoniera vengono eventualmente introdotti gli additivi per realizzare il laterizio alleggerito in pasta (farina di legno, polistirolo, perlite ecc.).

E' chiara la destinazione delle due tecnologie: la tecnica in pasta molle è dedicata ai materiali pieni, generalmente mattoni; l'estrusione è prevalentemente destinata alla produzione di elementi forati (blocchi da muro, da solaio, tavelloni, coppi trafilati).

Le tegole vengono invece prodotte per stampaggio, mediante presse. Prima viene prodotto per estrusione un ele-

mento pieno, di piccolo spessore, chiamato comunemente galletta. La galletta viene quindi inserita nello stampo e pressata per raggiungere la forma voluta.

Dopo la formatura si passa all'essiccazione, un tempo esclusivamente naturale mentre oggi è eseguita in modo artificiale mediante essiccatoi. Gli essiccatoi possono essere dei tipo statico (se il materiale rimane fermo nelle camere di essiccazione fino al completamento dell'essiccazione stessa) o continuo, se il materiale da essiccare viene introdotto mediante scaffali in locali detti "gallerie". Quando uno scaffale di materiale cosiddetto "verde" entra, uno scaffale di materiale secco esce.

La soluzione intermedia fra le due dà origine all'essiccatoio semicontinuo.

In funzione della tecnica adottata, la durata di essiccazione può variare da un minimo di 16-18 ore a un massimo di 72 ore. Esistono poi essiccatoi "rapidi", dedicati ai materiali estrusi ad elevata percentuale di foratura, che possono essiccare anche in meno di un'ora. La struttura dell'essiccatoio è completamente diversa: il materiale corre su rulli all'interno di tunnel di essiccazione.

La cottura avviene, nella quasi totalità dei casi, in forni a tunnel. Il materiale, caricato sui cosiddetti "carri del forno" in forma di pacchi, per una al-

tezza anche di due metri, ne percorre tutta la lunghezza attraversando le zone di preriscaldo, cottura, raffreddamento.

Esistono due ulteriori tecniche di cottura: con forno Hoffmann e con forno a cottura rapida.

Nel forno Hoffmann il materiale è fermo mentre i bruciatori, posti sulla volta del forno, vengono progressivamente spostati. Nel forno rapido i singoli blocchi corrono su rulli e percorrono tutta la lunghezza del forno.

A seconda delle tecnologie e dei prodotti, i tempi di cottura variano indicativamente dalle 40 ore dell'Hoffmann alle 2 ore del forno rapido.



L'uscita dal forno



Un impianto di imballo con reggiatura

L'imballaggio può essere realizzato con o senza pedana in legno.

Il materiale può essere avvolto con fogli o "cappucci" in materiale plastico termoretraibile, con pellicola plastica estensibile o con reggette metalliche o di plastica. Si usano quindi macchine imballatrici con forno di retrazione, macchine avvolgitrici o macchine reggiatrici.

Le operazioni di stoccaggio e carico sono eseguite con carrelli elevatori.

Il forno Hoffmann risale al 1858; la prima applicazione del forno a tunnel in Italia è del 1960.

I primi essiccatoi artificiali sono del 1895.

Gli studi per le prime mattoniere risalgono al 1800; le prime applicazioni pratiche sono degli anni 1850.

La mattoniera, progettata secondo i criteri attuali, è del 1930.

### **QUALITÀ**

La qualità di un prodotto è data dal rispetto delle caratteristiche prestazionali e delle caratteristiche geometriche fissate dalle norme.

Si può quindi definire una "qualità prestazionale", e cioè la capacità del prodotto di rispondere a requisiti e prestazioni prefissate indipendentemente dalle caratteristiche geometriche; e una "qualità geometrica", ossia la rispondenza del prodotto a standard di progetto dai quali è lecito presumere determinate qualità del prodotto.

Esempi di qualità prestazionale sono le indicazioni del D. M. 14 Gennaio 2008 Norme tecniche per le costruzioni, punto 7.8.1.2 Materiali, relativamente alla resistenza caratteristica minima a compressione dei blocchi artificiali semipieni per costruzioni in zone sismiche (5 MPa a carico verticale, 1,5 MPa nel piano della muratura); o anche, nello stesso Decreto, le indicazioni riportate alla prima riga della tabella 11.10.V, dalla quale è possibile presumere

una resistenza caratteristica minima  $f_{bk}$  degli elementi pieni e semipieni di 2 N/mm² e analogamente dalla tabella 11.10.VII una resistenza caratteristica a taglio in assenza dei carichi verticali  $f_{vko}$  variabile da 0,1 a 0,3 N/mm² a seconda delle malte impiegate.

Le indicazioni geometriche sono ugualmente importanti perché solo attraverso le prescrizioni geometriche è possibile, in cantiere, verificare l'immediata rispondenza alle norme in vigore e presumere, con ampi margini di attendibilità legati alle numerosissime esperienze di laboratorio, le caratteristiche prestazionali richieste.

Fra le prescrizioni geometriche ci sono la limitazione sulle percentuali di foratura e sulla dimensione massima dei fori, le tolleranze dimensionali, la massa volumica e le relative tolleranze (vedi CARTIGLIO CE), la numerosità e la posizione delle eventuali fessurazioni, indicazioni previste dalla norma Uni 8942, se ancora accettata dalle parti.

La Direttiva Cee 89/106 prescrive che i prodotti da costruzione diano garanzie in termini di resistenza meccanica e stabilità, di sicurezza in caso di incendio, di protezione contro il rumore, di risparmio energetico e ritenzione del calore, di igiene e protezione dell'ambiente, di sicurezza nell'impiego.

Il D.P.R. 246 del 21 Aprile 1993 ne è il regolamento di attuazione in Italia, e quindi i prodotti da costruzione devono obbligatoriamente portare il marchio CE. Basta qui ricordare che il marchio CE può essere posto solo su prodotti per i quali il fabbricante possa rilasciare un "Attestato di Conformità" (Cartiglio CE) che presuppone un sistema di controllo della produzione che permetta di stabilirne la rispondenza alle specificazioni tecniche. Sono previste diverse procedure e metodi di controllo della conformità, che prevedono anche il controllo interno permanente della produzione in fabbrica.

Il Sistema di controllo 2+, infatti, prevede una ispezione della fabbrica da parte di un organismo ufficialmente riconosciuto, allo scopo di valutarne l'idoneità (ossia la capacità di tenere sotto controllo il processo produttivo mediante

procedure interne di carattere organizzativo). Vedi anche la voce SISTEMA 2+ e SISTEMA 4.

#### REAZIONE AL FUOCO

Il Decreto del Ministero degli interni 14 Gennaio 1985 fissava 5 classi di reazione al fuoco, con valore crescente da 1 a 5. Tali classi individuavano la partecipazione del materiale alla propagazione dell'incendio.

Esisteva poi la Classe 0, attribuita ai materiali che non contribuiscono alla propagazione dell'incendio. Il laterizio, avendo come materia prima l'argilla, e quindi un materiale composto da ossidi, solfati, carbonati, silice e silicati, risponde ai requisiti richiesti dal decreto citato per i materiali di classe 0. Ad esso quindi andava attribuita la "Classe di reazione al fuoco 0" senza la necessità di sottoporlo alla prova di non combustibilità secondo ISO DIS 1182.2.

Infatti eventuali materiali aggiunti per motivi tecnologici, quali polistirolo, segatura, sansa di olive, polvere di carbone ecc., avendo subito un ciclo di cottura con permanenza di alcune ore alla temperatura di 900 ÷1000 °C, non lasciano traccia di incombusti nel prodotto finito e non ne modificano il comportamento al fuoco, dato che tali sostanze vengono completamente eliminate in fase di cottura e non possono essere pertanto considerate componenti del prodotto finito. Il Decreto 10 Marzo 2005 "Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso di incendio", G.U. n° 73 del 30 Marzo 2005, recepisce la classificazione europea e assegna ai materiali a base di argilla la Classe di reazione A1, senza onere di prova.

### **REMISSIVITÀ**

Vedi CORPO NERO.

#### **RESISTENZA A COMPRESSIONE**

Secondo il D. M. 14 Gennaio 2008, che recepisce le indicazioni già presenti nel D.M. 20 Novembre 1987, la resi-

stenza caratteristica a compressione di una muratura si determina per via sperimentale su almeno sei campioni di muro costituiti da non meno di tre corsi di elementi resistenti. La lunghezza del campione deve essere pari ad almeno due lunghezze di blocco e il rapporto altezza/ spessore deve variare tra 2,4 e 5.

La resistenza caratteristica è data dalla relazione

$$f_k = f_m - ks$$

 $con f_m = resistenza media$ 

s = stima dello scarto

k = coefficiente dato dalla tabella

n	6	8	10	12	20
k	2,33	2,19	2,10	2,05	1,93

La resistenza di murature in elementi artificiali pieni e semipieni può essere valutata anche in funzione delle proprietà dei componenti ricorrendo alla tabella 11.10.V inserita nel testo di legge.

È il caso di ricordare che il Consiglio superiore dei Lavori pubblici, con delibera n. 404 del 28 Settembre 1989, ha stabilito che la prova di compressione su muretti può essere realizzata soltanto per la qualificazione iniziale dei blocchi forati, e quindi effettuata "una tantum", potendosi poi effettuare successivamente, a cadenza annuale, le sole prove sui blocchi. Questo naturalmente purché le caratteristiche geometriche e meccaniche dei blocchi non risultino variate.

A parità di malta, la resistenza a compressione di una muratura realizzata con laterizio alveo-

lato è certamente più bassa della resistenza che si ha con un laterizio non alveolato di uguali caratteristiche geometriche. Secondo la tabella del Decreto citato, la riduzione però non è proporzionale alla riduzione di resistenza del blocco. Supponiamo infatti di avere blocchi semipieni non



Un blocco sotto pressa

alveolati con resistenza caratteristica di 40 N/mm², blocchi semipieni alveolati di uguale disegno con resistenza caratteristica di 10 N/mm², e malta M15. Dalla tabella, nel primo caso si avrà una resistenza caratteristica di 14,3 N/mm² e nel secondo caso di 6,2 N/mm².

In sostanza, dal rapporto 1:4 della resistenza dei blocchi si passa a un rapporto 1:2,3 della resistenza del muro.

Impiegando malta M5 il rapporto passa a 1:2,2.

#### **RESISTENZA A TAGLIO**

Il D.M. 14 Gennaio 2008, in perfetta analogia con il D.M. 20 Novembre 1987, prescrive che la determinazione della resistenza a taglio della muratura  $f_{vko}$  in assenza di carichi verticali venga effettuata mediante prove di compressione diagonale su sei muretti e la resistenza caratteristica sia ricavata dalla resistenza media secondo la relazione

$$f_{vko} = 0.7 f_{vm}$$

Per la confezione dei campioni da sottoporre a prova, il Decreto fa riferimento alle norme Uni EN 1052-3:2003 e Uni EN 1052-4:2001.

Per murature in elementi artificiali pieni e semipieni, la resistenza a taglio può essere valutata anche in funzione delle proprietà dei componenti ricorrendo alla tabella 1-1.10.VII inserita nel testo di legge.

### RESISTENZA AL FUOCO E CLASSIFICAZIO-NE R.E.I.

La Circolare 91/1961 del Ministero degli Interni fissava, per i fabbricati civili con struttura di acciaio, 7 classi:

Classe 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180.

Il numero indicativo di ogni classe esprimeva il carico di incendio virtuale, in kg/m² di legna standard. Detto numero indicativo esprimeva anche in minuti primi la durata minima di resistenza al fuoco da richiedere alla struttura o all'elemento costruttivo in esame

La Classe si determinava in base alla formula C = k q

#### in cui

C è il numero indicativo della classe;

q è il carico di incendio dichiarato (in kg di legna /m²);

K è un coefficiente di riduzione che tiene conto delle condizioni reali di incendio del locale o del piano nel complesso dell'edificio.

Il Decreto del Ministero dell'Interno 9 Marzo 2007 ha abrogato la Circolare 91 mentre il Decreto 16 Febbraio 2007 ha introdotto - nell'allegato A - nuovi simboli, ed esattamente:

R = capacità portante

E = tenuta

I = isolamento

W = irraggiamento

M = azione meccanica

C = dispositivo automatico di chiusura

S = tenuta a fumo

P o PH ≡ continuità di corrente o capacità di segnalazione

G = resistenza all'incendio della fuliggine

K = capacità di protezione al fuoco

D = durata della stabilità a temperatura costante

DH = durata della stabilità lungo la curva standard tempotemperatura

F = funzionalità degli evacuatori motorizzati di fumo e calore

B = funzionalità degli evacuatori naturali di fumo e calore

e nuove Classi (15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 360).

Le sigle R, E, I, associate al numero indicativo della classe, rappresentano quindi la Resistenza (capacità di portante), la Tenuta ai fumi e l'Isolamento termico della struttura in esame.

Classi e sigle sono variabili in funzione dei tipi di materiali. Per pareti in laterizio non soggette a carico, nel caso di valutazione tabellare, sono previste le classi E.I. di tabella D.4.1.

**D4.1** La tabella seguente riporta i valori minimi (mm) dello spessore s di murature di blocchi di laterizio (escluso l'intonaco) sufficienti a garantire i requisiti EI per le classi indicate esposte su un lato che rispettano le seguenti limitazioni:

- altezza della parete fra i due solai o distanza fra due elementi di irrigidimento con equivalente funzione di vincolo dei solai non superiore a 4 metri;
- Presenza di 10 mm di intonaco su ambedue le facce ovvero 20 mm sulla sola faccia esposta al fuoco

Classa	Blocco con percentuale di foratura > 55%			percentuale ura < 55%
Classe	Intonaco normale	Intonaco antincendio	Intonaco normale	Intonaco antincendio
30	s = 120	80	100	80
60	s = 150	100	120	80
90	s = 180	120	150	100
120	s = 200	150	180	120
180	s = 250	180	200	150
240	s = 300	200	250	180

Intonaco normale: intonaco tipo sabbia e cemento, sabbia cemento e calce, sabbia calce e gesso e simili caratterizzato da una massa volumica compresa tra 1000 e 1400 kg/m³

Intonaco protettivo antincendio: intonaco tipo gesso, vermiculite o argilla espansa e cemento o gesso, perlite e gesso e simili caratterizzato da una massa volumica compresa tra 600 e 1000 kg/m³

Per pareti soggette a carico, Il Dipartimento dei Vigili del fuoco del Ministero dell'Interno ha emanato una lettera circolare (Circolare del 15 Febbraio 2008 Prot. N° 1968) che colma una lacuna del Decreto 16 Febbraio 2007. Infatti questo decreto (G.U. n. 74 del 29 Marzo 2007 S.O. n.87), che ha introdotto nuovi elementi per la valutazione della prestazione di resistenza al fuoco di elementi costruttivi portanti e/o separanti, e ha definito nuove tabelle contenenti indicazioni per la classificazione degli elementi,

non ha però previsto tabelle per definire la resistenza la fuoco delle murature portanti.

Tenuto conto che, al momento, non sono disponibili metodi di calcolo consolidati alternativi all'impiego di tabelle e che il metodo sperimentale non è applicabile per le costruzioni esistenti, l'allegato D è stato integrato con una tabella, in attesa della definizione dell'appendice nazionale dell'Eurocodice EN 1996-1-2 (Progettazione delle strutture di muratura – Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio).

Questa nuova tabella, che può essere utilizzata per le murature portanti in costruzioni soggette ai controlli del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco, riporta i valori minimi dello spessore s di murature portanti di blocchi esposte al fuoco su di un lato (escluso l'intonaco) sufficienti a garantire i requisiti R.E.I. per le classi indicate, purché siano rispettate le seguenti limitazioni:

- rapporto altezza/spessore h /s  $\leq$  20
- altezza della parete fra due solai (o elementi di irrigidimento con equivalente funzione di vincolo dei solai) h
   8 m

Materiale	Tipo blocco	30	60	90	120	180	240
Laterizio	Pieno (f ≤ 15%)	120	150	170	200	240	300
Laterizio (*)	Semipieno e forato $(15\% < f \le 55\%)$	170	170	200	240	280	330
Calcestruzzo	Pieno, semipieno e forato ( $f \le 55\%$ )	170	170	170	200	240	300
Calcestruzzo leggero (**)	Pieno, semipieno e forato $(f \le 55\%)$	170	170	170	200	240	300
Pietra squadrata	Pieno (f ≤ 15%)	170	170	250	280	360	400

<sup>(\*)</sup> presenza di 10 mm di intonaco su ambedue le facce ovvero di 20 mm sulla sola faccia esposta al fuoco; i valori in tabella si riferiscono agli elementi di laterizio sia normale che alleggerito in pasta

<sup>(\*\*)</sup> massa volumica netta non superiore a 1700 kg/m<sup>3</sup>

Prove di laboratorio eseguite su strutture intonacate realizzate con laterizi Alveolater<sup>®</sup> per tamponamento (Classe 60) hanno fornito i seguenti risultati:

Laterizio Classe	Spessore (cm)	Classe E.I.	Certificato Ist. Giordano
60	10 + 3	90	14561/1987
60	12,5 + 3	120	38770/0043/90
60	15 + 3	180	11605/ 1987

Sono state eseguite anche prove sotto carico di esercizio.

È stata provata un parete costruita con elementi semipieni di formato 20x30x19 cm, di massa volumica a secco di 870 kg/m³ e peso medio di 9,9 kg, in opera sullo spessore di cm 20 con malta M2 (ora M10) sia per la posa dei blocchi sia per l'intonaco di 1,5 cm per parte, con giunti di malta continui in verticale e in orizzontale. Si è provata una parete di 20 cm perché lo spessore di 20 cm in elementi semipieni è lo spessore minimo ammesso per le murature portanti sia secondo il D.M. 20/11/87 che secondo le norme più recenti (Ordinanze 3274/3431 e Norme tecniche per le Costruzioni).

Determinata la resistenza caratteristica della muratura (5,3 MPa), la parete è stata sottoposta ad un carico di 29,208 ton, corrispondente ad un carico unitario di 0,487 MPa (4,87 kg/cm<sup>2</sup>).

La prova è stata interrotta al minuto 180. Fino al termine dalla prova non si è evidenziato passaggio di fumi e sono risultate decisamente inferiori ai limiti ammessi sia la dilatazione della muratura sia la velocità di dilatazione (R.E.I. 180).

Anche se la prova non è estendibile a tutte le situazioni, in quanto nelle varie progettazioni possono variare sia le resistenze caratteristiche dei blocchi che la resistenza della malta e quindi la resistenza caratteristica della parete, sia i livelli di sollecitazione statica, è stata comunque confermata l'ottima prestazione al fuoco di pareti in laterizio al-

leggerito in pasta, anche su spessori limitati e decisamente inferiori a quanto indicato dalla Circolare (Prot. n. 1968) che prevede Classe 180 per pareti in laterizi pieni di spessore cm 24 + intonaco e di cm 28+intonaco per pareti in laterizi forati.

Altre prove sono state condotte su pareti realizzate con elementi a incastro semipieni (F/A < 45%) e forati strutturali (F/A < 55%) di formato 25x30x19 cm nel primo caso e di 25x30x25 cm nel secondo caso. La parete costruita con elementi semipieni di formato 25x30x19 cm, di peso medio di 10,5 kg (resistenza caratteristica della muratura 3,5 MPa), è stata sottoposta ad un carico di 30,223 tonnellate, corrispondente ad un carico unitario di 0,403 MPa (4,03 kg/cm<sup>2</sup>). La prova è stata prolungata fino al minuto 240. Fino al termine dalla prova non si è evidenziato passaggio di fumi e sono risultate decisamente inferiori ai limiti ammessi sia la dilatazione della muratura sia la velocità di dilatazione. La parete costruita con elementi forati di formato 25x30x25 cm, di peso medio di 12,0 kg (resistenza caratteristica della muratura 2,2 MPa), è stata sottoposta ad un carico di 15,543 tonnellate, corrispondente ad un carico unitario di 0,207 MPa (2,07 kg/cm<sup>2</sup>).

Anche in questo caso, la prova è stata prolungata fino al minuto 240, senza che si evidenziasse passaggio di fumi o fenomeni significativi di alcun genere. Sono risultate decisamente inferiori ai limiti ammessi sia la dilatazione della muratura sia la velocità di dilatazione.

Entrambe le pareti, poiché la normativa allora in vigore non prevedeva la Classe R.E.I. 240, sono state certificate R.E.I. 180. Queste prove hanno anche evidenziato il buon comportamento al fuoco dei giunti a incastro, che non penalizzano il comportamento della parete.

Il Decreto 9 Marzo 2007 indica i termini di validità dei rapporti di prova preesistenti, e precisamente:

 rapporti emessi entro il 31 Dicembre 1985: fino a un anno dall'entrata in vigore del decreto (28 Settembre 2007);

- rapporti emessi dal 1 Gennaio 1986 al 31 dicembre 19-95: fino a tre anni dall'entrata in vigore del decreto;
- rapporti emessi dal 1 Gennaio 1996: fino a cinque anni dall'entrata in vigore del decreto.

#### **RESISTENZA TERMICA**

Si definisce Resistenza termica di una parete l'inverso della conduttanza C, ovvero della trasmittanza U (vedi TRA-SMITTANZA) depurata dei coefficienti liminari.

La parete si oppone al flusso termico con una resistenza R che è la somma delle resistenze interne ( $\Sigma s_i / \lambda_i$ ) messe in serie, ovvero la somma dei rapporti fra spessore e conduttività termica dei singoli componenti. Infatti, nel caso la parete sia costituita da più strati di materiale di diversa conduttività  $\lambda_i$  di spessore  $s_i$ , paralleli fra loro e perpendicolari al flusso di calore, si avrà:

$$R = \quad \Sigma \frac{s_i}{\lambda_i}$$

#### **RINZAFFO**

Il rinzaffo è un pre-trattamento della parete da intonacare (necessario soprattutto nel caso di supporto non omogeneo) fatto allo scopo di ottenere un fondo con uniforme capacità assorbente. Il fondo può così garantire una omogenea asciugatura dell'intonaco, riducendo il pericolo di formazione di cavillature o crepe. Va realizzato con sabbia grossa e applicato a spessore il più possibile costante.

Secondo le norme tedesche Din 18550, prima di effettuare il primo strato di intonaco vero e proprio bisogna aspettare almeno 12 ore. Si raccomanda tuttavia di fare intercorrere almeno una settimana.

### **RUMORE** (Protezione dal rumore aereo)

La protezione dal rumore aereo si ottiene attraverso l'isolamento e l'assorbimento acustico.

L'Isolamento acustico si riferisce all'attraversamento di una struttura (solaio, parete..) da parte dell'energia sonora che incide su di essa. Il grado di isolamento sarà tanto migliore quanto più piccola sarà la quota di energia sonora che attraversa la struttura stessa.

Il livello di isolamento acustico si verifica sperimentalmente in opera secondo la norma ISO 140/4.

Il potere fonoisolante di un materiale si verifica in laboratorio secondo la norma ISO 140/3.

L'isolamento acustico, misurato in opera, è sempre minore del potere fonoisolante, misurato in laboratorio. La differenza fra le due misure può essere anche piuttosto sensibile, dell'ordine di 5 dB e, in condizioni particolarmente sfavorevoli, anche di 10 dB, ed è dovuta ai cammini di fiancheggiamento o ponti acustici sempre presenti nelle costruzioni.

Nel caso di pareti omogenee, il potere fonoisolante (e l'isolamento acustico) è funzione della massa della parete (Legge di Massa); nel caso di pareti pluristrato il potere fonoisolante è legato alla risonanza.

Per proteggersi quindi dai rumori aerei bisogna fare ricorso o a pareti monostrato di elevato peso o a pareti pluristrato realizzate in modo che le strutture che le compongono abbiano spessori e pesi sensibilmente diversi e quindi diverse frequenze di risonanza.

Per una parete semplice, se la massa raddoppia, il potere fonoisolante medio aumenta di 4 dB; se la frequenza raddoppia, a parità di massa, il potere fonoisolante aumenta di 4 dB.

Le numerosissime prove di laboratorio, su pareti in laterizio, intonacate, hanno consentito di ricavare alcune interessanti formule sperimentali, e precisamente:

 $R_{\rm w}$  = 20,5 log M per pareti monostrato in blocchi a facce piane

 $R_w = 18,6 \log M$  per pareti in blocchi a incastro

 $R_w = 22,3 \log M$  per pareti doppie e intercapedine isolata

R<sub>w</sub> è detto Indice di valutazione ed è una grandezza che serve ad esprimere le prestazioni di un componente edilizio con un unico numero, invece che con una serie di valori in funzione delle frequenze di analisi. Poiché, come è comprensibile, un solo numero comporta necessariamente una perdita di in formazioni, nei rapporti di prova vengono inseriti anche i cosiddetti "termini di adattamento spettrale C e C<sub>tr</sub>" che consentono di correggere il valore dell'indice di valutazione quando è prevedibile che la sorgente di rumore possa ricondursi a "rumore rosa" o a "rumore da traffico". Il rumore rosa mantiene lo stesso livello energetico in tutte le bande di freguenza. Si riconducono al rumore rosa le attività umane (conversazione, musica..), il traffico autostradale e ferroviario veloce, gli aerei a reazione a breve distanza; mentre al rumore da traffico si possono ricondurre il traffico urbano, il traffico ferroviario a bassa velocità, la musica di discoteca, gli aerei a elica.

L'Assorbimento acustico rappresenta invece la quantità di energia sonora prodotta in un ambiente che viene dissipata all'interno dell'ambiente stesso. E' necessario ricorrere all'assorbimento acustico quando il livello sonoro interno è troppo elevato (lavorazioni rumorose) o quando si hanno disturbi nell'ascolto (sale di spettacolo, di riunione).

L'assorbimento acustico di un ambiente può essere modificato applicando materiali porosi, ad elevato assorbimento. Il coefficiente di assorbimento acustico viene determinato in camera riverberante secondo ISO 354. La valutazione è effettuata misurando il tempo di riverberazione della camera con e senza materiale fonoassorbente.

Il coefficiente di assorbimento  $\alpha$  è definito dal rapporto fra l'energia sonora assorbita  $E_a$  e l'energia sonora incidente  $E_i$ .

$$\alpha = E_a / E_i$$

#### **RUMORE AEREO**

Rumore che si propaga all'interno di una struttura esclusivamente per via aerea (ad esempio, rumore da traffico stradale attraverso le finestre di una abitazione).

#### **RUMORE IMPATTIVO**

Rumore generato dalla percussione su di una struttura (ad esempio, rumore di calpestio sui solai di una abitazione). Viene simulato in laboratorio attraverso un generatore meccanico normalizzato. Le norme ISO prevedono due tipi di prova:

ISO 140 parte VII per l'esame di un solaio completo ISO 140 parte VIII per l'esame di un rivestimento di

ISO 140 parte VIII per l'esame di un rivestimento di pavimento da allestire su solaio standard.

# RUMORE DI CALPESTIO O IMPATTIVO (Protezione dal -)

La protezione dal rumore impattivo, prevalentemente dovuto al calpestio sui solai di civile abitazione, si ottiene evitando la trasmissione del rumore attraverso le strutture portanti dell'edificio, ricorrendo quindi a pavimenti galleggianti, staccati dalle strutture e posti in opera su strati ammortizzanti (sughero, polistirolo estruso ecc.), evitando che i tramezzi vengano forzati sotto i solai ma siano separati mediante una banda di materiale comprimibile, staccando i battiscopa dal pavimento, montando le tubazioni mediante manicotti elastici, montando gli impianti su culle galleggianti staccate dal pavimento.

I livelli di rumore ammissibili sono indicati nel D.M. 5 Dicembre 1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici".

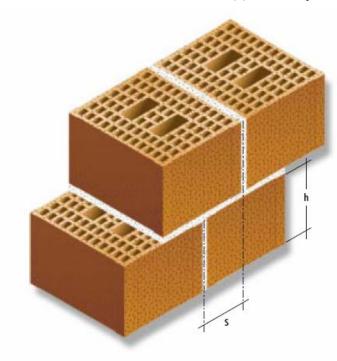
#### **SEMIPIENO**

Elemento in laterizio con percentuale di foratura 15% < F/A ≤45% (D.M. 14 Gennaio 2008)

## SFALSAMENTO DEI GIUNTI (Legatura del muro)

Allo scopo di distribuire uniformemente carichi e forze nel corpo murario, il muro va legato, ossia i giunti verticali devono essere sfalsati. La misura dello sfalsamento è, di

norma, pari alla metà della lunghezza del mattone o del blocco. L'Eurocodice 6 stabilisce che lo sfalsamento (S) minimo debba essere maggiore di 0,4 volte l'altezza dell'elemento (h) e comunque sempre maggiore di 40 mm.



S > 0.4 h > 40 mm

Pertanto, per un blocco di altezza 20 cm la sovrapposizione dovrà essere non inferiore a 8 cm.

### SISTEMA 2+ E SISTEMA 4

Dall'Aprile 2006 i laterizi per muratura devono portare il marchio CE.

Il produttore deve attivare un controllo di processo e di prodotto, sulla base del quale rilasciare una attestazione delle caratteristiche obbligatorie per legge nel paese di destinazione.

Nelle murature la sovrapposizione tra i blocchi (S) deve essere maggiore di 0,4 volte l'altezza dell'elemento (h) e comunque sempre maggiore di 40 mm.

Il controllo dei laterizi può essere eseguito secondo due sistemi:

il Sistema 2+, che richiede al produttore di eseguire prove iniziali di tipo e prove periodiche di controllo secondo un programma prestabilito, con la supervisione di un ente terzo notificato; il Sistema 4, che richiede al produttore di eseguire le stesse prove iniziali di tipo e le stesse prove di controllo, senza però l'intervento di un ente terzo.

Il sistema 2+ permette di produrre e commercializzare elementi di Categoria I ma anche di Categoria II; mentre il sistema 4 prevede la produzione e la commercializzazione esclusivamente di elementi di Categoria II.

Elementi di categoria I: elementi con resistenza a compressione dichiarata con probabilità di non raggiungere il valore dichiarato non superiore al 5%. La resistenza può essere determinata come valore medio o valore caratteristico.

Elementi di categoria II: elementi per i quali non è previsto di raggiungere il livello di confidenza stabilito per gli elementi di categoria I.

L'Eurocodice 6 e le "Norme tecniche per le costruzioni", stabiliscono un coefficiente di sicurezza delle murature  $\gamma_M$  ridotto qualora si utilizzino elementi di Categoria I (vedi CATEGORIA I E CATEGORIA II).

In linea di principio non esiste differenza fra il controllo di tipo 2+ e il controllo di tipo 4. Il produttore deve in entrambi i casi attivare un efficace sistema di rilevazione e di valutazione, basato sul proprio Regolamento di controllo interno. La differenza consiste esclusivamente nel fatto che, nel Sistema 2+, interviene un Organismo notificato che rilascia un attestato di conformità del sistema di controllo, verificandone modalità, frequenza e rispondenza al Regolamento di controllo; ma non entra nel merito delle caratteristiche dichiarate del prodotto, che rimangono di esclusiva responsabilità del produttore.

#### **SFASAMENTO**

Lo sfasamento definisce il tempo che l'onda termica impiega per passare dal lato esterno al lato interno di una parete d'ambito esterno di una costruzione.

Per le pareti esterne di fabbricati destinati a residenza generalmente sono da raccomandare questi valori minimi:

- pareti a est, nord-est e nord-ovest 8 ore

- pareti a sud e sud-est  $8 \div 10$  ore

- pareti a ovest e sud-ovest  $10 \div 12$  ore

Un muro in laterizio alveolato, di 30 cm di spessore, intonacato da entrambi i lati, ha uno sfasamento di circa 11 ÷ 12 ore.

#### STATI LIMITE

Sono definiti "Stati Limite" quelle condizioni al di là delle quali la struttura non soddisfa più alle esigenze di comportamento per le quali è stata progettata.

Gli Stati limite possono essere "di esercizio" (Stati Limite di Esercizio S.L.E) e "ultimi" (Stati Limite Ultimi S.L.U.)

Gli Stati Limite Ultimi rappresentano il limite oltre il quale si ha collasso, o quantomeno cedimento strutturale che può mettere in pericolo la sicurezza delle persone o delle cose che si trovano all'interno o nei pressi della costruzione.

Gli Stati limite di Esercizio rappresentano un limite oltre il quale si ha una condizione che può impedire l'utilizzo della struttura o quantomeno un utilizzo non ottimale.

Il criterio di verifica secondo gli stati limite consiste nel fissare il valore del rapporto tra l'azione che provoca la rottura (o comunque la crisi) e l'azione di esercizio.

Il Coefficiente di sicurezza è così applicato alle azioni esterne e non alle resistenze interne del materiale.

I materiali vengono spinti nel campo del comportamento non lineare: non si ha più un legame diretto sforzi - deformazioni, ma si individua un dominio di resistenza della sezione in funzione delle azioni agenti (ad esempio, sforzo normale N e momento M).

Lo stato sollecitativo a cui è soggetta la sezione deve essere rappresentato da un punto interno al suo dominio di resistenza.

La resistenza caratteristica di un materiale va divisa per un coefficiente di sicurezza (sempre maggiore o al più uguale a 1)

Nel caso del dimensionamento della muratura si ha

 $f_k/\gamma_M$ 

dove  $f_k$  è la resistenza caratteristica della muratura e  $\gamma_M$  è il coefficiente di sicurezza.

Analogamente per le azioni si avranno coefficienti da applicare per gli S.L.Ultimi e per gli S.L.Esercizio, in questo

caso analizzando combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti

La verifica allo Stato Limite di Esercizio (S.L.E.) richiede di considerare tre diversi aspetti del comportamento delle sezioni: le tensioni, le deformazioni e la fessurazione. Vanno studiati solo gli aspetti che rivestono importanza rilevante nel comportamento strutturale, per le diverse combinazioni delle azioni (quasi permanenti, frequenti e rare).

Per l'analisi della fessurazione bisognerà tenere conto anche delle condizioni ambientali (poco, moderatamente o molto aggressive).

#### **TAGLIAFUOCO**

Viene definita tagliafuoco una parete destinata a realizzare, all'interno di un fabbricato e in caso di incendio, un comparto particolarmente protetto dall'azione del fuoco.

Tali pareti, se non sono portanti, devono assicurare soltanto i requisiti di tenuta e isolamento e quindi avere la qualifica E.I., generalmente non inferiore a 120.

Vedi a questo proposito anche RESISTENZA AL FUOCO E CLASSIFICAZIONE R.E.I.

## TAGLIOLA O TRACCIA (per l'inserimento di impianti)

Le normative italiane non parlano espressamente di modalità di esecuzione e di dimensione massima delle tracce o tagliole per l'alloggiamento degli impianti. Certamente però vanno eseguite con cautela e in modo strettamente legato allo spessore del muro interessato. L'Eurocodice 6 fornisce le dimensioni delle tagliole consentite senza necessità di eseguire un calcolo, e molto probabilmente le stesse indicazioni verranno recepite negli Annessi Nazionali. In ogni caso, se le tracce non sono state realizzate mediante una opportuna disposizione dei pezzi durante la costruzione del muro, possono essere eseguite soltanto con operazioni di fresatura e non a scalpello.

Eurocodice 6 Tabella 8.1: dimensioni di tagliole o nicchie in murature; consentite senza necessità di eseguire calcoli

Spessore	Tagliole realizzate dopo la costruzione del muro		costruzion		Tagliole ro durante la c	
muro (mm)	Profondità max (mm)	Larghezza max (mm)	Spessore min residuo muro (mm)	Larghezza max (mm)		
85 - 115	30	100	70	300		
116 - 175	30	125	90	300		
176 - 225	30	150	140	300		
226 - 300	30	175	175	300		
> 300	30	200	215	300		

#### Note:

- 1. Le massime profondità consentite per tagliole o nicchie devono includere la profondità massima di ogni foro raggiunto durante l'esecuzione.
- 2. Le tagliole verticali che non si estendono più di 1/3 dell'altezza di interpiano sopra il livello del pavimento possono avere una profondità fino a 80 mm e una larghezza fino a 120 mm, se lo spessore del muro è ≥ 225 mm
- 3. La distanza orizzontale fra due tagliole adiacenti o fra una tagliola e una nicchia o un'apertura non può essere < 225 mm.
- 4. La distanza orizzontale fra due nicchie adiacenti realizzate dalla stessa parte o da parti opposte della parete o fra una nicchia e un'apertura non deve essere inferiore al doppio della larghezza della più larga fra le due
- 5. La somma delle larghezze delle tagliole verticali e delle nicchie non deve essere maggiore di 0,13 volte la lunghezza del muro

## TEMPERATURA DELLE SUPERFICI INTERNE DELLE PARETI

Per esigenze di benessere, la temperatura della superficie di una parete che delimita un ambiente deve essere funzione della temperatura dell'aria dell'ambiente stesso e compresa entro limiti piuttosto ristretti. Indicativamente lo scarto massimo fra la temperatura dell'aria ambiente a 20 gradi e la temperatura superficiale delle pareti deve essere al massimo di  $2 \div 3$  gradi.

La parete andrà quindi progettata in modo che la trasmittanza sia tale da assicurare le temperature superficiali richieste

Rapporto fra la temperatura superficiale della parete e dell'aria ambiente

Temperatura aria (°C)	Parete confortevole	Parete troppo calda	Parete troppo fredda
14	26	34	19
16	22	27	16
18	20	24	14
20	17	21	12
22	14	18	10

#### **TENSIONI AMMISSIBILI**

Il metodo di verifica alle tensioni ammissibili può essere ricondotto al confronto fra due valori: il massimo valore della tensione agente sulla sezione in esame e il valore ammissibile della tensione stessa. I valori ammissibili delle tensioni sono ricavati a partire dalle tensioni di rottura dei materiali (resistenze) attraverso opportuni coefficienti di sicurezza.

I materiali sono considerati omogenei e isotropi (comportamento uguale in ogni direzione di sollecitazione).

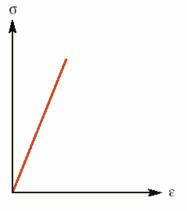
Il diagramma Tensioni-Deformazioni (diagramma  $\sigma$ - $\epsilon$ ) è rappresentato da una retta passante per l'origine degli assi.

Le formule che consentono di valutare le tensioni di lavoro sono abbastanza semplici. Ad esempio, nel caso dello Sforzo Normale di compressione centrato, la formula rappresentativa è:

$$\sigma = N/A$$

e rappresenta la forza agente (N) su di una sezione (A).

 $\sigma$  deve risultare minore o al più uguale al valore massimo ammissibile.



Il diagramma Tensioni-Deformazioni (diagramma σ-ε) è rappresentato da una retta passante per l'origine degli assi.

Quindi

 $\sigma = N/A \le \sigma_{amm}$ 

Nel caso di una muratura in semipieni con resistenza caratteristica di 15 N/mm² e malta M5 la resistenza del muro è di 6 N/mm² (D.M. 20 Novembre 1987 e Norme Tecniche per le Costruzioni, cap. 11, Tab. 11.9.VII)

Il coefficiente di sicurezza previsto dal D.M. 20 Novembre 1987 è pari a 5, pertanto il valore massimo ammissibile sulla muratura sarà di 1,2 N/mm<sup>2</sup>.

Finché la muratura è sollecitata al di sotto di questo valore, la struttura è verificata.

Non appena anche un solo punto della struttura risulta maggiormente sollecitato, la verifica sarà da considerare non soddisfatta.

#### TESSITURA DEL MURO

La dimensione dei mattoni, il loro colore, le dimensioni e il colore dei giunti di malta, le soluzioni adottate per risolvere i punti singolari (angoli, sporgenze, piattabande ecc.) determinano la tessitura del muro. La parola "tessitura" definisce quindi gli effetti cromatici ed estetici delle pareti in laterizio a faccia a vista.

La stessa parola può anche indicare soltanto la disposizione dei mattoni nel corpo della muratura (vedi DISPOSI-ZIONE DEI MATTONI).

#### TOLLERANZE DIMENSIONALI

Si riportano le indicazioni della norma Uni EN 771-1.

Quando gli elementi sono campionati da un lotto di consegna in accordo con l'Allegato A e provati secondo Uni EN 772-16, usando le procedure ivi stabilite, per tutte le dimensioni la differenza fra il valore dichiarato e il valore medio ottenuto dalle misurazioni dei provini non deve essere superiore ad una delle seguenti categorie, arrotondando il valore al mm intero:

- T1:  $\pm 0,40 \sqrt{\text{(dimensione di produzione)}} \text{ mm o 3 mm,}$ assumendo il valore maggiore
- T1 +:  $\pm 0.40 \sqrt{\text{(dimensione di produzione)}}$  mm o 3 mm per lunghezza e larghezza, assumendo il valore maggiore, e
  - $\pm$  0,05  $\sqrt{\text{(dimensione di produzione)}}$  mm o 1 mm per l'altezza, assumendo il valore maggiore
- T2:  $\pm 0.25 \sqrt{\text{(dimensione di produzione)}} \text{ mm o 2 mm,}$ assumendo il valore maggiore
- T2 +: ±0,25 √(dimensione di produzione) mm o 2 mm per lunghezza e larghezza, assumendo il valore maggiore, e
  - $\pm$  0,05  $\sqrt{\text{(dimensione di produzione)}}$  mm o 1 mm per l'altezza, assumendo il valore maggiore

Tm: una deviazione in mm dichiarata dal produttore (può essere più ampia o più ristretta rispetto alle altre categorie).

#### <u>Intervallo dimensionale</u>

Quando dichiarato e quando gli elementi sono campionati da una consegna in accordo con l'Allegato A e provati secondo Uni EN 772-16, usando le procedure ivi stabilite, il massimo intervallo di variabilità per ogni dimensione dichiarata (ad esempio la differenza fra il più grande e il più piccolo valore di misura di una determinata dimensione di ogni singolo elemento) e rilevata sui campioni deve essere all'interno di una delle categorie di seguito indicate, arrotondando il valore al mm intero:

			(R)
Quade	ammi A	Lugar	at ou
1 <b>3 4</b> 5 5 6 5 6 5 6 5 6 5 6 5 6 5 6 5 6 5 6	4 <b>.</b>	иман	UNIX ST

Categoria	Intervallo massimo
R1	0,6 √(dimensione di produzione) mm
R1+	0,6 √(dimensione di produzione) mm per lunghezza e spessore e 0,1 mm per altezza
R2	0,3 √(dimensione di produzione) mm
R2+	0,3 √(dimensione di produzione) mm per lunghezza e spessore e 0,1 mm per altezza
Rm	un intervallo in mm dichiarato dal produttore (può essere più ampio o più ristretto rispetto

Le categorie contrassegnate con il segno + sono da applicare agli elementi rettificati.

alle altre categorie).

Si riportano anche le indicazioni che erano previste dalla norma Uni 8942.

	Prodotti con massa normale	Prodotti con massa alveolata	Prodotti da rivestimento	Prodotti rettifi- cati, calibrati, pressati
Lunghezza nel senso dei fori	±4%(max ± 8mm)	±4%(max ± 8mm)	±3%(max ± 3mm)	$\pm 1\%$ (max $\pm 5$ mm)
Altre dimensioni	$\pm 3\%$ (max $\pm$ 6mm)	$\pm 3\%$ (max $\pm$ 6mm)	$\pm 2\%$ (max $\pm 5$ mm)	$\pm 1\%$ (max $\pm 1$ mm)
Spessore pareti	7 mm min	10 mm min	15 mm min	Stessi limiti a se- conda se comuni o
interne	6 mm min	7 mm min	6 mm min	da rivestimento

La norma Uni non distingueva fra laterizi portanti o per tamponamento ed era quindi in contrasto con il Decreto ministeriale 20 Novembre 1987 allora vigente, che fissava

in 8 mm lo spessore dei setti interni e in 10 mm lo spessore delle pareti esterne dei blocchi portanti; ammettendo una tolleranza del 10% sullo spessore dei setti interni, tolleranza prevista probabilmente per tenere conto di eventuali deformazioni del blocco o della filiera in fase di estrusione, e che poteva essere così interpretata: "lo spessore dei setti deve essere di 8 mm; uno o più setti di una stessa fila, orizzontale o verticale, possono avere spessore inferiore a 8 mm, fino a un minimo di 7,2 mm, purché la media dello spessore dei setti della fila in esame sia non inferiore a 8 mm".

#### TRAFILATO - TRAFILATURA

Voce impropria per definire la fase di estrusione. Vedi PROCESSO DI PRODUZIONE DEL LATERIZIO.

#### TRAMEZZATURA

Per tramezzatura si intende ogni chiusura d'ambito interno, non portante.

Le tramezzature in laterizio, o divisori in laterizio, vengono generalmente realizzate con elementi forati di modesto spessore (8 ÷12 cm), posti in opera a fori orizzontali. Sono da qualche tempo in commercio anche elementi in laterizio alveolato, sempre di spessore 8 o 12 cm, a bassa percentuale di foratura (45% circa), con o senza incastro, e con posa in opera a fori verticali (non mancano tuttavia esempi di elementi a facce piane e posa a fori orizzontali).

Da esperienze condotte dall'Andil, Associazione nazionale degli industriali dei laterizi, la tramezzatura in laterizio alveolato a bassa percentuale di foratura consente un leggero miglioramento del comportamento acustico. A sostanziale parità di potere fonoisolante a 500 Hz (Rw circa 42 dB), la parete in laterizio alveolato ha un migliore potere fonoisolante nelle frequenze comprese fra 100 e 250 Hz, tipiche delle voce umana.

Qualora si voglia aumentare in modo rilevante l'isolamento acustico, si dovranno prevedere tramezzature in doppio

strato, costituite da due tavolati, meglio se di diverso spessore in modo da evitare fenomeni di risonanza. Pareti costituite da due paramenti di 8 e 12 cm, inserendo nell'intercapedine un materassino di lana di roccia di 4 cm, hanno potere fonoisolante R<sub>w</sub> di 57 dB.

Volendo poi evitare la trasmissione del rumore attraverso i solai, la tramezzatura dovrà appoggiare su di una base elastica. Analogamente alla sommità dei tramezzi sarà vantaggioso utilizzare un elemento elastico di raccordo con il soffitto. Con questa soluzione si evita inoltre che la tramezzatura costituisca un vincolo non previsto nel regime statico del solaio. Si elimina così il rischio di sforzi secondari.

#### TRASMISSIONE DEL CALORE

La trasmissione del calore può avvenire in tre modi distinti ed esattamente:

- per conduzione
- per convezione
- per irraggiamento o radiazione.

La trasmissione per conduzione è un fenomeno interamente molecolare, senza alcun trasporto di materia o movimento visibile. È il caso ad esempio di un'asta metallica riscaldata ad una estremità. Il calore si trasporta all'interno dell'asta, gradualmente, fino all'altra estremità.

La trasmissione per convezione si verifica invece con trasporto di materiale. È quello che avviene riscaldando un liquido contenuto in un recipiente. Si crea una corrente ascendente di liquido caldo ed una corrente discendente di liquido freddo.

La trasmissione per irraggiamento è del tutto simile alla trasmissione del calore solare: avvicinandosi ad una sorgente a più elevata temperatura, un corpo ne assorbe l'energia raggiante e la trasforma integralmente in calore proprio. Il trasporto di energia si ha senza alcun intermediario materiale e quindi può avvenire anche nel vuoto.

### TRASMITTANZA in regime stazionario

Il flusso di calore Q che attraversa una parete di superficie S, a facce piane e parallele, costituita da materiale omogeneo e isotropo, posta fra due ambienti a temperatura diversa è dato dalla formula generale:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i}^{s_i} + \frac{1}{\alpha_e}} (t_i - t_e) S$$

posto

$$U = 1/\ \frac{1}{\alpha_i} + \Sigma \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}$$

si ha 
$$Q = U(t_i - t_e) S$$

dove U è detto Trasmittanza, ed esprime la quantità di calore che si propaga in un'ora in regime stazionario attraverso 1 m² di parete quando la differenza di temperatura dell'aria a contatto con le due facce delimitanti la parete stessa è di 1 °C (grado centigrado) o 1 K (grado Kelvin).

L'unità di misura è kcal /hm²°C oppure W/m²K.

La trasmittanza è legata alle caratteristiche del materiale che costituisce la struttura e alle condizioni di scambio termico liminare e si assume pari all'inverso della sommatoria delle resistenze termiche degli strati:

$$U=1/R_T$$

dove 
$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + ... + R_n + R_{se}$$

con:

 $R_{si}$  resistenza superficiale interna =  $1/\alpha_i$ ;

 $R_1; R_2; ... R_n$  resistenze termiche di ciascuno strato;

 $R_{se} = 1/\alpha_e$  = resistenza superficiale esterna;

Le resistenze termiche R sono ottenute dal rapporto fra lo spessore del materiale componente e la sua conduttività termica =  $s/\lambda$ .

La conduttività termica dell'argilla si ricava da prove di laboratorio (Uni EN 1745, punto 5) o da valori tabulati (Uni EN 1745 Appendice A, Prospetto A1).

## TRASMITTANZA in regime dinamico (trasmittanza termica periodica)

La risposta di una parete ad una sollecitazione sinusoidale di temperatura su di una delle due facce è caratterizzata da una grandezza in campo complesso, denominata Trasmittanza termica periodica.

Se la temperatura dell'ambiente esterno  $\Theta$  oscilla attorno ad un valore medio

$$\Theta_{e}(t) = \overline{\Theta}_{e} + \Delta\Theta_{e} \cos \left[\omega(t+t_{e})\right]$$

e la temperatura dell'ambiente interno  $\Theta_i$  è costante:

$$\Theta_{i}(t) = \overline{\Theta}_{i}$$

allora il flusso entrante nell'ambiente interno attraverso la parete è dato dalla somma di due contributi

$$q_i(t) = q_{\text{staz}} + q_{\text{din}}(t)$$

Il termine  $q_{\text{staz}}$  rappresenta il flusso termico stazionario dovuto alla differenza di temperatura media tra esterno e interno

$$q_{\text{staz}} = U(\overline{\Theta}_{e} - \overline{\Theta}_{i})$$

Il termine  $q_{din}$  rappresenta la componente dipendente dal tempo, numero complesso in cui è presente un modulo  $|Y_{ie}|$  e una fase  $\Delta t_f$ .

Il rapporto

$$f = |Y_{ie}|/U$$

è detto fattore di attenuazione.

È compreso fra 0 e 1 e rappresenta il decremento dell'ampiezza dell'onda termica; mentre lo sfasamento  $\Delta t_f$  fornisce il ritardo temporale.

## UMIDITÀ DELL'ARIA

L'aria è in grado di assumere umidità sotto forma di vapore. Aumentando la temperatura dell'aria, aumenta anche la quantità di umidità che può essere assorbita. Se il contenuto di vapore dell'aria umida è inferiore alla quantità massima possibile per quelle condizioni di temperatura (il quantitativo massimo è detto "di saturazione") la pressione parziale di vapore è proporzionalmente inferiore alla tensione di saturazione.

Il rapporto fra pressione parziale di vapore e tensione di saturazione di vapore è detto "umidità relativa dell'aria".

C'è differenza fra umidità relativa e umidità assoluta dell'aria. L'umidità assoluta infatti è il contenuto effettivo di acqua presente in un metrocubo di aria, espresso in grammi. Aria a 20 °C e 40% di umidità relativa ha una umidità assoluta di 6,9 g/m³; aria a -5 °C e 95% di umidità relativa ha una umidità assoluta di 3 g/m³.

Pertanto, sebbene l'umidità relativa dell'aria a 20 °C sia meno della metà di quella dell'aria a -5 °C, il suo tenore di umidità assoluta è più del doppio.

Molto semplicemente: l'aria fredda è più asciutta dell'aria calda.

## **UMIDITÀ DI COSTRUZIONE**

Si definisce umidità di costruzione l'umidità accumulata dai singoli componenti durante la costruzione del manufatto edile (muro, solaio ecc.).

Può essere suddivisa in umidità voluta (di costruzione) e umidità non voluta (accidentale).

 Umidità voluta: è l'umidità che si accumula, dovuta all'acqua delle malte, della bagnatura dei laterizi, dei massetti, delle solette in calcestruzzo, dell'intonaco ecc.

 Umidità non voluta: è l'umidità dovuta all'acqua piovana, che può penetrare in componenti edilizi non protetti (ad esempio, all'interno delle murature o all'interno di solai con elementi forati in laterizio, legno ecc.

L'umidità dovrà evaporare fino a raggiungere l'equilibrio con l'ambiente.

Il fenomeno della asciugatura delle murature è legato alla superficie di contatto con l'aria e alla permeabilità interna del materiale.

Con la formula di Cadiergues sono calcolabili i tempi di essiccazione di una parete che abbia tutte e due le facce a contatto con l'aria esterna (è anche il caso di un edificio con finestre aperte).

La formula orientativa è la seguente:

 $t = c \cdot d^2$ 

dove

t = tempo;

c = coefficiente di tempo dipendente dal materiale;

d = spessore della parete in cm.

I coefficienti di tempo risultano dalla tabella.

Materiale	Coefficienti di tempo
Malta di calce aerea	0,24 ÷ 0,26
Laterizio alveolato *	$0,22 \div 0,30$
Laterizio	0,28 ÷ 1,20
Calcestruzzo leggero	1,10 ÷ 1,30
Malta bastarda	1,00 ÷ 1,10
Calcestruzzo normale	1,50 ÷ 1,80
Malta di cemento	2,00 ÷ 2,50

<sup>\*</sup> La variabilità del coefficiente è in funzione della densità apparente degli elementi e diminuisce al diminuire di questa.

Il tempo di essiccazione di una parete in laterizio alveolato di 35 cm di spessore, intonacata con malta bastarda con spessore di circa 1,5 cm, e in contatto con l'aria esterna nelle due facce è mediamente di 300-350 giorni, mentre una parete in calcestruzzo di uguale spessore essicca in tempo sei volte superiore.

## UMIDITÀ DI EQUILIBRIO

I materiali da costruzione, posti in opera, non sono mai del tutto asciutti anche dopo avere smaltito l'umidità di costruzione, ma conservano un grado di umidità che varia con il variare dell'umidità relativa dell'aria. Questa è appunto l'umidità di equilibrio.

Per i laterizi questo fenomeno è di dimensioni molto modeste e certamente minore rispetto all'umidità di equilibrio di tutti gli altri materiali da costruzione.

La tabella può fornire utili dati di riferimento del tenore di umidità dei materiali.

U <sub>r</sub> aria	Legno	Cls normale	Cls leggero	Malta di cemento	Mattone
20%	2	1,5	1	1,8	0,25
40%	3	2,25	1,5	2,75	0,5
60%	4,5	3,25	1,8	4,25	0,75
80%	7	4,5	3	6,25	1

Sullo stesso argomento la norma Uni EN ISO 10456:2008 fornisce precise indicazioni.

#### U.N.I.

L'Uni, ente nazionale italiano di unificazione, ha emanato numerose norme a tutela della qualità e delle caratteristiche dei laterizi, anche come recepimento di normative europee. Si riportano alcune norme di interesse per il settore dei laterizi

9730-1/1990 Elementi di laterizio per solai. Terminologia e classificazione

**9730-2/1990** Elementi di laterizio per solai. Limiti di accettazione.

**9730-3/1990** Elementi di laterizio per solai. Metodi di prova.

**Uni EN 771-1** Specifica per elementi per muratura - Parte 1: Elementi per muratura di laterizio (sostituisce la Uni 8942:1986 Prodotti di laterizio per murature, parte 1, 2 e 3 ritirata nel 2004).

Serie Uni EN 772 sui Metodi di prova degli elementi per muratura:

Uni EN 772-1 Test di resistenza;

**Uni EN 772-3** Verifica del volume e della percentuale di foratura mediante pesata idrostatica;

Uni EN 772-5 Verifica dei Sali solubili;

Uni EN 772-7 Testi di assorbimento d'acqua:

Uni EN 772-9 Misura della percentuale di foratura;

Uni EN 772-11 Tasso iniziale di assorbimento d'acqua;

Uni EN 772-13 Determinazione della massa volumica a secco:

Uni EN 772-16 Verifica delle dimensioni;

Uni EN 772-19 Test di dilatazione all'umidità;

Uni EN 772-22 Test di resistenza al gelo.

**Uni EN 1745** Murature e prodotti per murature. Metodi per determinare i valori termici di progetto.

**Uni 10351** (richiamata nel D.M. 192/2005 e 312/2006) Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore.

**Uni 10355** (richiamata nel D.M. 192/2005 e 312/2006) Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodo di calcolo.

Uni EN 538:1997 31/05/1997 Tegole di laterizio per coperture discontinue. Prova di resistenza alla flessione.

**Uni EN 539-1:2006 16/02/2006** Tegole di laterizio per coperture discontinue - Determinazione delle caratteristiche fisiche - Parte 1: Prova di impermeabilità

**Uni EN 539-2:2006 09 Novembre2006** Tegole di laterizio per coperture discontinue - Determinazione delle caratteristiche fisiche - Parte 2: Prova di resistenza al gelo

**Uni EN 1024:1998 30 Novembre1998** Tegole di laterizio per coperture discontinue - Determinazione delle caratteristiche geometriche

Uni 11128:2004 Prodotti da costruzione di laterizio - Tavelloni, tavelle e tavelline - Terminologia, requisiti e metodi di prova (sostituisce le Uni 2105 Tavelle: tipi e dimensioni; 2106 Tavelloni: tipi e dimensioni ; 2107 Tavelle tavelloni: requisiti e prove)

Uni EN 845-2:2004 Specifica per elementi complementari per muratura

Uni EN ISO 10456:2008 Proprietà igrometriche. Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto

Le Norme Uni non hanno forza di legge, ma diventano vincolanti nel caso siano inserite, e accettate, nei contratti e nei capitolati di appalto o richiamate nei decreti ministeriali

## UNITÀ DI MISURA

Con Decreto del Ministero dell'Industria del 30 dicembre 1989 è stata recepita la Direttiva Cee 89/617/CEE sull'impiego delle unità di misura del sistema internazionale S.I.

Nel Sistema Internazionale l'unità di forza è denominata Newton (N). Il Newton rappresenta la forza che comunica all'unità di massa di 1 kg l'accelerazione unitaria di 1 m/s². Nel campo gravitazionale  $a = g = 9.81 \text{ m/s}^2$  e quindi

$$1 \text{ kgf} = 9.81 \text{ N}$$

Nei calcoli tecnici si usa tuttavia l'equivalenza 1 kgf = 10 N, commettendo un errore del 2% circa.

Nel Sistema Internazionale si usano le unità di misura di seguito elencate. La tabella mostra le equivalenze con il Sistema Tecnico

Cambiando le unità di misura cambiano anche i valori numerici ai quali da tempo si era abituati.

Questo fatto non va sottovalutato soprattutto quando si esaminano le certificazioni relative ai materiali e in particolar modo quando si confrontano ad esempio le prestazioni termiche di due pareti in muratura.

Grandezza	Nome	Simbolo	Equivalenza al ST		
Modulo elastico. Tensioni di compressio- ne, trazione e taglio	pascal (N/m²)	Pa	$1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa}$ $= 10 \text{ kgf/cm}^2$		
Pressione	bar (10 <sup>5</sup> Pa)	bar	$1 \text{ mm H}_2\text{O} = 9.81 \text{ Pa}$ 1  mm Hg = 133.3  Pa		
Momento Lavoro	newton metro		1  kgfm = 10  Nm = 10  J		
Energia Quantità di calore	joule (N <sup>-</sup> m)	J	1 kcal =4.186 10 <sup>3</sup> J 1 kWh = 3,6 10 <sup>6</sup> J		
Potenza Flusso di calore	watt (J/s)	W	1 kcal/h = 1,163 W 1 W = 0,86 kcal/h 1 c.v. = 735,5 W		
Conduttività termica	watt per metro e grado kelvin	W/mK	1 kcal/h m °C = 1,163 W/mK		
Trasmittanza	watt per metro <sup>2</sup> grado kelvin	W/m <sup>2</sup> K	1 kcal/hm² °C=1,163 W/m² K 1 W/m²K = 0,86 kcal/h m² °C		

Se non si presta attenzione alle unità di misura e si confrontano i soli valori numerici, si penalizza la parete con le prestazioni migliori.

Infatti, supponendo che due pareti abbiano, a parità di altre condizioni e soprattutto a parità di coefficienti liminari, valori di trasmittanza rispettivamente di 0,55 W/m²K e di 0,50 kcal/hm² °C, scegliendo la seconda parete si sceglie in realtà il prodotto di minori prestazioni (0,50 x 1,163 = 0,58 W/m²K).

Le unità di misura sono anche caratterizzate dai prefissi.

## Prefissi del Sistema Internazionale

10 <sup>n</sup>	Prefisso	Simbolo	Nome	Equivalente decimale
10 <sup>24</sup>	yotta	Y	quadrilione	1 000 000 000 000 000 000 000 000
10 <sup>21</sup>	zetta	Z	triliardo	1 000 000 000 000 000 000 000
10 <sup>18</sup>	exa	Е	trilione	1 000 000 000 000 000 000
10 <sup>15</sup>	peta	P	biliardo	1 000 000 000 000 000
10 <sup>12</sup>	tera	Т	bilione	1 000 000 000 000
10°	giga	G	miliardo	1 000 000 000
10 <sup>6</sup>	mega	M	milione	1 000 000
10 <sup>3</sup>	kilo o chilo	k	mille	1 000
10 <sup>2</sup>	etto	h	cento	100
10 <sup>1</sup>	deca	da	dieci	10
10-1	deci	d	decimo	0,1
10-2	centi	c	centesimo	0,01
10-3	milli	m	millesimo	0,001
10-6	micro	μ	milionesimo	0,000 001
10-9	nano	n	miliardesimo	0,000 000 001
10 <sup>-12</sup>	pico	p	bilionesimo	0,000 000 000 001
10 <sup>-15</sup>	femto	f	biliardesimo	0,000 000 000 000 001
10 <sup>-18</sup>	atto	a	trilionesimo	0,000 000 000 000 000 001
10-21	zepto	Z	triliardesimo	0,000 000 000 000 000 000 001
10 <sup>-24</sup>	yocto	у	quadrilionesimo	0,000 000 000 000 000 000 000 001

#### **ZONA SISMICA**

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (O.P.C.M.) 3274 ha suddiviso il territorio italiano in quattro zone in funzione del rischio sismico, ed esattamente:

- zona 1: ad elevato rischio di sismicità
- zona 2: a medio rischio di sismicità
- zona 3: a basso rischio di sismicità
- zona 4: a bassissimo rischio di sismicità

Non esistono quindi zone non classificate, per le quali sia da intendersi un rischio sismico nullo.

Si riportano a questo proposito le indicazioni contenute nella proposta di aggiornamento dei criteri di classificazione sismica del territorio del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici, adunanza del 27 luglio 2007.

La "pericolosità sismica di base", nel seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche; le sue attuali fonti di riferimento sono indicate nel seguito del presente paragrafo.

Per descrivere la pericolosità sismica in un generico sito con precisione sufficiente, sia in termini geografici che in termini temporali, nonché nei modi previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, i risultati dello studio di pericolosità devono essere forniti:

- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi, individuati in termini di latitudine e longitudine, debbono distare di un passo = 0,05°;
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi;
- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima ag e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sottosuolo rigido affiorante sopra definite. Lo scuoti-

mento del suolo così individuato viene successivamente corretto per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie.

Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale in termini di scuotimento del suolo.

La disponibilità di informazioni così puntuali e dettagliate, in particolare il riferimento a più probabilità di superamento, consente ad un tempo di:

- a) adottare, nella progettazione e verifica delle costruzioni, valori dell'azione sismica meglio correlati alla pericolosità sismica del sito, alla vita nominale della costruzione e all'uso cui essa è destinata, consentendo così significative economie e soluzioni più agevoli del problema progettuale, specie nel caso delle costruzioni esistenti:
- b) trattare le problematiche di carattere tecnicoamministrativo connesse alla pericolosità sismica adottando una classificazione sismica riferibile anche a porzioni territoriali dei singoli comuni.

Si rammenta che, in base all'ordinamento attuale, (Legge 15 marzo 1997, n. 59, art.93) sono mantenute allo Stato le funzioni relative ai criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e alle norme tecniche per le costruzioni nelle medesime zone.

L'art. 83 del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380, prevede, al comma 2, che "Con decreto del Ministro per le infrastrutture ed i trasporti, di concerto con il Ministro per l'interno, sentiti il Consiglio superiore dei lavori pubblici, il Consiglio nazionale delle ricerche e la Conferenza Unificata, sono definiti i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e dei relativi valori differenziati del grado di sismicità da prendere a base per la determinazione delle azioni sismiche e di quant'altro specificato dalle norme tecniche". Lo stesso articolo prevede inoltre, al comma 3, che "Le regioni, sentite le province e i comuni interessati,

provvedono alla individuazione delle zone dichiarate sismiche agli effetti del presente capo, alla formazione e all'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone e dei valori attribuiti ai gradi di sismicità, nel rispetto dei criteri generali di cui al comma 2."

La Legge 9 Novembre 2001 n. 401 all'articolo 5, comma 4 bis, stabilisce che Il Dipartimento della Protezione Civile svolge compiti relativi alla formulazione degli indirizzi e dei criteri generali (Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 articolo 107, comma 1, lettere a e f, n. 1, e articolo 93, comma 1, lettera g), da sottoporre al Presidente del Consiglio dei Ministri ovvero al Ministro dell'interno da lui delegato per l'approvazione al Consiglio dei Ministri.

Nota: alcune definizioni e alcune immagini sono state reperite in rete.

Le immagini relative alla disposizione dei mattoni nel muro sono prese da "La realizzazione di murature in laterizio" di Norberto Tubi, edizione Laterconsult, 1993.

## Voci di Capitolato

## VOCE DI CAPITOLATO PER MURATURA PORTANTE IN ZONA DI QUALUNQUE GRADO DI SISMICITA' IN BLOCCHI ALVEOLATI SEMIPIENI

Muratura portante in blocchi di laterizio alleggerito tipo Alveolater® 45.

Classificazione dei blocchi: semipieno (BSA 11-31 ex Uni 8942); LD (Uni EN 771-1)

Posa in opera: a fori verticali con malta tipo M.... (nota: classe minima M5, in zona sismica)

Dimensioni dei blocchi: cm ....x cm .... e altezza di cm ...

tolleranza dimensionale .... (T1, T2, Tm secondo Uni EN 771-1)

Range di tolleranza .... (R1, R2, Rm secondo Uni EN 771-1)

Massa volumica kg/m<sup>3</sup> ....

tolleranza .... (D1, D2, Dm secondo Uni EN 771-1)

Categoria ..... (I o II)

I blocchi dovranno rispondere ai requisiti previsti dal D.M. 14 Gennaio 2008. In particolare dovranno avere percentuale di foratura inferiore al 45 % e sezione dei fori non superiore a 12 cm<sup>2</sup>.

- La resistenza caratteristica a compressione dei blocchi dovrà essere non inferiore a ...... N/mm²
- La resistenza nella direzione ortogonale ai carichi verticali e nel piano della muratura dovrà essere non inferiore a ....N/mm²
- La conduttività equivalente del blocco sarà determinata attraverso il calcolo previsto dalla norma Uni EN 1745 basato sul valore di conduttività previsto dal Prospetto A1 dell'Appendice A della norma Uni EN 1745 in funzione della massa volumica della materia prima utilizzata o su valore sperimentale ottenuto sulle argille impiegate dallo stabilimento di produzione, secondo le metodiche e la frequenza di prova previste dalla citata norma.

Tutte le caratteristiche dichiarate saranno documentate mediante la attestazione prevista ai fini della marcatura CE, con indicazione dell'ENTE Certificatore e del numero del certificato se prodotti in regime di controllo 2+.

Il valore di trasmittanza U dovrà essere non superiore a .....W/m² K

Il Potere Fonoisolante  $R_{\rm w}$  della parete dovrà essere non inferiore a .... dB e basato su prova sperimentale o calcolo.

Misurazione vuoto per pieno,	con esclusione	dei vani	superiori a	a m²
Al m³ €				

VOCE DI CAPITOLATO PER MURATURA PORTANTE IN ZONE A BASSA SISMICITA', SE CONSENTITO DALLE NORMATIVE REGIONALI, O PER MURATURE DI TAMPONAMENTO AD ELEVATA INERZIA TERMICA IN BLOCCHI FORATI ALVEOLATI (Classe 50/55)

Muratura in blocchi di laterizio alleggerito tipo Alveolater® 50-55.

Classificazione dei blocchi: forato strutturale (BSB 11-31 ex Uni 8942); LD (Uni EN 771-1)

Posa in opera: a fori verticali con malta di Classe M..

Dimensioni dei blocchi: cm ....x cm .... e altezza di cm ...

tolleranza dimensionale .... (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1)

Range di tolleranza .... (R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1)

Massa volumica kg/m<sup>3</sup> ....

tolleranza .... (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1)

Categoria .... (I o II)

- La resistenza caratteristica a compressione dei blocchi dovrà essere non inferiore a ...... N/mm².
- I blocchi dovranno rispondere ai requisiti previsti dal D.M. 14 Gennaio 2008. In particolare dovranno avere percentuale di foratura compresa fra il 45 % e il 50% (Classe 50) o fra il 50% e il 55% (Classe 55), e sezione dei fori non superiore a 15 cm².
- La conduttività equivalente del blocco sarà determinata attraverso il calcolo previsto dalla norma Uni EN 1745 basato sul valore di conduttività previsto dal Prospetto A1 dell'Appendice A della norma Uni EN 1745 in funzione della massa volumica della materia prima utilizzata o su valore sperimentale ottenuto sulle argille impiegate dallo stabilimento di produzione, secondo le metodiche e la frequenza di prova previste dalla citata norma.

Tutte le caratteristiche dichiarate saranno documentate mediante la attestazione prevista ai fini della marcatura CE, con indicazione dell'ENTE Certificatore e del numero del certificato se prodotti in regime di controllo 2+.

- La resistenza caratteristica a compressione della muratura dovrà essere non inferiore a .... N/mm².
- La resistenza a taglio della muratura, in assenza di carichi verticali, dovrà essere non inferiore a ..... N/mm².

Il valore di trasmittanza U dovrà essere non superiore a .....W/m² K

Il Potere Fonoisolante  $R_{\rm w}$  della parete dovrà essere non inferiore a .... dB e basato su prova sperimentale o calcolo.

Queste prestazioni potranno essere documentate anche attraverso una dichiarazione del produttore, con specifico riferimento a rapporti di prova e/o a calcoli.

Misurazione vuoto per pieno, con esclusione dei vani superiori a m <sup>2</sup>	a m <sup>2</sup>
---	------------------

Al m<sup>3</sup> €.....

## VOCE DI CAPITOLATO PER MURATURA DI TAMPONA-MENTO IN BLOCCHI ALVEOLATI FORATI (classe 60)

Quaderni Alveolater®

Muratura in blocchi di laterizio alleggerito, forati per tamponamento, tipo Alveolater<sup>®</sup> 60

Classificazione dei blocchi: forato per tamponamento (BF 00-31 ovvero BF 11-31 ex Uni 8942); LD (Uni EN 771-1)

Posa in opera: a fori orizzontali (verticali) con malta di Classe M...

Dimensioni dei blocchi: cm ....x cm .... e altezza di cm ...

tolleranza dimensionale .... (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1)

Range di tolleranza .... (R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1)

Massa volumica kg/m<sup>3</sup> ....

tolleranza .... (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1

I blocchi dovranno avere percentuale di foratura compresa fra il 55 e il 70 %.

La conduttività equivalente del blocco sarà determinata attraverso il calcolo previsto dalla norma Uni EN 1745 basato sul valore di conduttività previsto dal Prospetto A1 dell'Appendice A della norma Uni EN 1745 in funzione della massa volumica della materia prima utilizzata o su valore sperimentale ottenuto sulle argille impiegate dallo stabilimento di produzione, secondo le metodiche e la fraequenza di prova previste dalla citata norma.

Tutte le caratteristiche dichiarate saranno documentate mediante la attestazione prevista ai fini della marcatura CE, con indicazione dell'ENTE Certificatore e del numero del certificato se prodotti in regime di controllo 2+.

Il valore di trasmittanza U dovrà essere non superiore a .... $W/m^2 K$ 

Il Potere Fonoisolante  $R_w$  della parete dovrà essere non inferiore a .... dB e basato su prova sperimentale o calcolo.

Misurazione	vuoto per	pieno,	con	esclusione	dei	vani	superiori	a m <sup>2</sup>	
Al m <sup>2</sup> €									

#### VOCE DI CAPITOLATO PER MURATURA DI TAMPONA-MENTO IN BLOCCHI FORATI A SETTI SOTTILI

Muratura in blocchi di laterizio alleggerito forato a setti sottili tipo Alveolater® BSS

Classificazione dei blocchi: forato per tamponamento (BF 11-31 ex Uni 8942); LD (Uni EN 771-1)

Posa in opera: a fori verticali con malta di Classe M..

Dimensioni dei blocchi: cm ....x cm .... e altezza di cm ...

tolleranza dimensionale .... (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1)

Range di tolleranza .... (R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1)

Massa volumica kg/m<sup>3</sup> ....

tolleranza .... (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1

I blocchi dovranno avere percentuale di foratura compresa fra il 55 e il 70 %.

La conduttività equivalente del blocco sarà determinata attraverso il calcolo previsto dalla norma Uni EN 1745 basato sul valore di conduttività previsto dal Prospetto A1 dell'Appendice A della norma Uni EN 1745 in funzione della massa volumica della materia prima utilizzata o su valore sperimentale ottenuto sulle argille impiegate dallo stabilimento di produzione, secondo le metodiche e la frequenza di prova previste dalla citata norma.

Tutte le caratteristiche dichiarate saranno documentate mediante la attestazione prevista ai fini della marcatura CE, con indicazione dell'ENTE Certificatore e del numero del certificato se prodotti in regime di controllo 2+.

Il valore di trasmittanza U dovrà essere non superiore a .... $W/m^2$  K

Il Potere Fonoisolante  $R_{\rm w}$  della parete dovrà essere non inferiore a .... dB e basato su prova sperimentale o calcolo.

Misurazione	vuoto per	pieno,	con esc	lusione	dei vani	superiori	a m².	
Al m <sup>2</sup> €								

# VOCE DI CAPITOLATO PER MURATURA PORTANTE IN ZONA DI QUALUNQUE GRADO DI SISMICITA' IN BLOCCHI SEMIPIENI ALLEGGERITI CON PERLITE

Muratura portante in blocchi di laterizio alleggerito tipo Perlater<sup>®</sup> S.

Classificazione dei blocchi: semipieno (BSA 11-21 ex Uni 8942); LD (Uni EN 771-1)

Posa in opera: a fori verticali con malta tipo M ....(nota: classe minima M5)

Dimensioni dei blocchi: cm ....x cm .... e altezza di cm ...

tolleranza dimensionale .... (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1)

Range di tolleranza .... (R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1)

Massa volumica kg/m<sup>3</sup> ....

tolleranza .... (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1

Categoria ..... (I o II)

I blocchi dovranno rispondere ai requisiti previsti dal D.M. 20 Novembre 1987 e dalla norma tecnica allegata all'Ordinanza 3274 della Protezione Civile. In particolare dovranno avere percentuale di foratura inferiore al 45 %, e sezione dei fori non superiore a 12 cm<sup>2</sup>.

- La resistenza caratteristica a compressione dei blocchi dovrà essere non inferiore a ...... N/mm²
- La resistenza nella direzione ortogonale ai carichi verticali e nel piano della muratura dovrà essere non inferiore a ....N/mm²
- La conduttività equivalente del blocco sarà determinata attraverso il calcolo previsto dalla norma Uni EN 1745 basato sul valore di conduttività previsto dal Prospetto A1 dell'Appendice A della norma Uni EN 1745 in funzione della massa volumica della materia prima utilizzata o su valore sperimentale ottenuto sulle argille impiegate dallo stabilimento di produzione, secondo le metodiche e la frequenza di prova previste dalla citata norma.

Tutte le caratteristiche dichiarate saranno documentate mediante la attestazione prevista ai fini della marcatura CE, con indicazione dell'ENTE Certificatore e del numero del certificato se prodotti in regime di controllo 2+.

Il valore di trasmittanza U dovrà essere non superiore a ..... $W/m^2 \ K$ 

Il Potere Fonoisolante R<sub>w</sub> della parete dovrà essere non inferiore a .... dB e basato su prova sperimentale o calcolo.

Misurazione vuoto per pieno,	con esclusione	dei vani	superiori	a m²	
Al m³ €					

VOCE DI CAPITOLATO PER MURATURA PORTANTE IN ZONE A BASSA SISMICITA', SE CONSENTITO DALLE NORMATIVE REGIONALI, O PER MURATURE DI TAMPONAMENTO AD ELEVATA INERZIA TERMICA IN BLOCCHI FORATI

Muratura in blocchi di laterizio alleggerito tipo Perlater® P.

Classificazione dei blocchi: forato strutturale (BSB 11-21 ex Uni 8942); LD (Uni EN 771-1)

Posa in opera: a fori verticali con malta di Classe M...

Dimensioni dei blocchi: cm ....x cm .... e altezza di cm ...

tolleranza dimensionale .... (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1)

Range di tolleranza .... (R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1)

Massa volumica kg/m<sup>3</sup> ....

tolleranza .... (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1

Categoria .... (I o II)

- -La resistenza caratteristica a compressione dei blocchi dovrà essere non inferiore a ....... N/mm<sup>2</sup>.
- -I blocchi dovranno rispondere ai requisiti previsti dal D.M. 14 Gennaio 2008. In particolare dovranno avere percentuale di foratura compresa fra il 45 % e il 50% (Classe 50) o fra il 50% e il 55% (Classe 55), e sezione dei fori non superiore a 15 cm<sup>2</sup>.
- La conduttività equivalente del blocco sarà determinata attraverso il calcolo previsto dalla norma Uni EN 1745 basato sul valore di conduttività previsto dal Prospetto A1 dell'Appendice A della norma Uni EN 1745 in funzione della massa volumica della materia prima utilizzata o su valore sperimentale ottenuto sulle argille impiegate dallo stabilimento di produzione, secondo le metodiche e la frequenza di prova previste dalla citata norma.

Tutte le caratteristiche dichiarate saranno documentate mediante la attestazione prevista ai fini della marcatura CE, con indicazione dell'ENTE Certificatore e del numero del certificato se prodotti in regime di controllo 2+.

- La resistenza caratteristica a compressione della muratura dovrà essere non inferiore a ...... N/mm<sup>2</sup>.
- La resistenza a taglio della muratura, in assenza di carichi verticali, dovrà essere non inferiore a ..... N/mm<sup>2</sup>.

Il valore di trasmittanza U dovrà essere non superiore a .....W/m² K

Il Potere Fonoisolante  $R_{\rm w}$  della parete dovrà essere non inferiore a .... dB e basato su prova sperimentale o calcolo.

Queste prestazioni potranno essere documentate anche attraverso una dichiarazione del produttore, con specifico riferimento a rapporti di prova e/o a calcoli.

Misurazione	vuoto per pieno,	con esclusione	dei vani	superiori a m	2
	P P,			- or p	

Al m³ €......

#### VOCE DI CAPITOLATO PER MURATURA DI TAMPONA-MENTO IN BLOCCHI FORATI ALLEGGERITI CON PERLITE

Muratura in blocchi di laterizio alleggerito, forati per tamponamento, tipo Perlater® T

Classificazione dei blocchi: forato per tamponamento (BF 00-31 ovvero BF 11-31 ex Uni 8942); LD (Uni EN 771-1)

Posa in opera: a fori orizzontali (verticali) con malta di Classe M...

Dimensioni dei blocchi: cm ....x cm .... e altezza di cm ...

tolleranza dimensionale .... (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1)

Range di tolleranza .... (R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1)

Massa volumica kg/m<sup>3</sup> ....

tolleranza .... (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1

I blocchi dovranno avere percentuale di foratura compresa fra il 55 e il 70 %.

La conduttività equivalente del blocco sarà determinata attraverso il calcolo previsto dalla norma Uni EN 1745 basato sul valore di conduttività previsto dal Prospetto A1 dell'Appendice A della norma Uni EN 1745 in funzione della massa volumica della materia prima utilizzata o su valore sperimentale ottenuto sulle argille impiegate dallo stabilimento di produzione, secondo le metodiche e la frequenza di prova previste dalla citata norma.

Tutte le caratteristiche dichiarate saranno documentate mediante la attestazione prevista ai fini della marcatura CE, con indicazione dell'ENTE Certificatore e del numero del certificato se prodotti in regime di controllo 2+.

Il valore di trasmittanza U dovrà essere non superiore a .....W/m² K

Il Potere Fonoisolante  $R_{\rm w}$  della parete dovrà essere non inferiore a .... dB e basato su prova sperimentale o calcolo.

Misurazione	vuoto	per	pieno,	con	esclusione	dei	vani	superiori	a m	ı <sup>2</sup>
Al m <sup>2</sup> €										

## VOCE DI CAPITOLATO PER MURATURA ARMATA IN ZO-NA DI QUALUNQUE GRADO DI SISMICITA' IN BLOCCHI ALVEOLATI SEMIPIENI

Muratura portante armata in blocchi semipieni di laterizio alleggerito in pasta tipo Alveolater<sup>®</sup> B M A

Classificazione dei blocchi: semipieno (BSA 11-31 ex Uni 8942); LD (Uni EN 771-1)

Posa in opera: a fori verticali con malta tipo M.... (nota: classe minima M10)

Dimensioni dei blocchi: cm ....x cm .... e altezza di cm ...

tolleranza dimensionale .... (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1)

Range di tolleranza .... (R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1)

Massa volumica kg/m<sup>3</sup> ....

tolleranza .... (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>m</sub> secondo Uni EN 771-1

Categoria ..... (I o II)

I blocchi dovranno rispondere ai requisiti previsti dal D.M. 14 Gennaio 2008. In particolare dovranno avere percentuale di foratura inferiore al 45 %, e sezione dei fori non superiore a 12 cm<sup>2</sup>.

Le armature verticali dovranno essere alloggiate in un vano che consenta l'inserimento di un cilindro di diametro non inferiore a 6 cm. Allo scopo si utilizzeranno gli alloggiamenti previsti sul perimetro del blocco.

Si dovrà impiegare esclusivamente acciaio ad aderenza migliorata tipo .....

- La resistenza caratteristica a compressione dei blocchi dovrà essere non inferiore a ...... N/mm²
- La resistenza nella direzione ortogonale ai carichi verticali e nel piano della muratura dovrà essere non inferiore a ....N/mm²
- La conduttività equivalente del blocco sarà determinata attraverso il calcolo previsto dalla norma Uni EN 1745 basato sul valore di conduttività previsto dal Prospetto A1 dell'Appendice A della norma Uni EN 1745 in funzione della massa volumica della materia prima utilizzata o su valore sperimentale ottenuto sulle argille impiegate dallo stabilimento di produzione, secondo le metodiche e la frequenza di prova previste dalla citata norma.

Tutte le caratteristiche dichiarate saranno documentate mediante la attestazione prevista ai fini della marcatura CE, con indicazione dell'ENTE Certificatore e del numero del certificato se prodotti in regime di controllo 2+.

Il valore di trasmittanza U dovrà essere non superiore a .....W/m² K

Il Potere Fonoisolante  $R_{\rm w}$  della parete dovrà essere non inferiore a .... dB e basato su prova sperimentale o calcolo.

Queste prestazioni potranno essere documentate anche attraverso una dichiarazione del produttore, con specifico riferimento a rapporti di prova e/o a calcoli.

Al m³ €......

## PRODUTTORI ASSOCIATI AL CONSORZIO ALVEOLATER

#### **CURRÒ CARMELO LATERIZI**

Contrada Timoniere 98040 Torregrotta (ME) tel. 0909942181 - fax 0909943464 www.currolaterizi.it info@currolaterizi.it

#### FORNACI GIULIANE

Via Isonzo, 145 34071 Cormòns (GO) tel. 0481638111 - fax 048160012 www.fornacigiuliane.it info@fornacigiuliane.it Stabilimenti: Cormòns e Sagrado

#### **GRUPPO FANTINI**

Via San Rocco, 45 71136 Lucera (FG) tel. 0881527111 - fax 0881527248 www.fantiniscianatico.it info@fantiniscianatico.it Stabilimenti: Celam Alveolater, Ilas Alveolater, Saba, Ala Fantini

## GRUPPO NENCINI

Via Salaiola, 28 57010 S. Pietro in Palazzi - Cecina (LI) tel. 05866181 - fax 0586662416 grupponencini@tin.it Stabilimenti: Nencini Laterizi, Sanlorenzo Laterizi

#### GRUPPO STABILA

Via Capiterlina, 141 36033 Isola Vicentina (VI) tel. 0444977009 - fax 0444599040 www.gruppostabila.it info@gruppostabila.it Stabilimenti: Capiterlina, Atesina/ZAF, SEL, Fornace Dosson

#### LATERIZI ALAN METAURO

Via S. Anna, 36 61030 Cartoceto (PU) tel. 0721897526 - fax 0721897198 www.alanmetauro.com alan@alanmetauro.com Stabilimenti: Cartoceto e Secchiano

#### LATERNOVA

Via Ronchi 91 46023 Gonzaga (MN) tel. 037658465 - fax 0376528223 www.margonara.it info@margonara.it Stabilimento: Margonara

#### LATER SISTEM

via della Nautica, 3 09122 Cagliari tel. 070240190 - fax 070240941 latersistem.cagliari@tiscali.it

#### NIGRA INDUSTRIA LATERIZI

Traversa Mazzini, 2 10037 Torrazza Piemonte (TO) tel. 0119180034 - fax 0119189517 www.nigra.it info@nigra.it

#### SARDA LATERIZI

Via Pigafetta, 1 07046 Porto Torres (SS) tel. 079516104 - fax 079516170 sardalat@tiscali.it

#### S.I.A.I.

Via Mediterraneo, 40 86038 Petacciato (CB) tel. 087567302 - fax 0875678553 www.siailaterizi.it info@siailaterizi.it

#### S.I.L.A.

Via Calatafimi, 32 45100 Rovigo tel. 0425405218 - fax 0425908556 www.silasrl.it info@silasrl.it

#### **VELA**

via Provinciale, 28
25040 Corte Franca (BS)
tel. 030984261 - fax 030984264
www.velaspa.it
velaspa@tin.it
Stabilimenti: Corte Franca, Fornaciai, ILV

# VocaboLater

Le murature dalla A alla Z

Questo Quaderno Alveolater® n° 8 raccoglie e illustra termini e concetti legati al mondo dei laterizi, oggi ancora più importanti perché richiamati dalle nuove leggi e decreti sugli aspetti statici, termici, acustici e di comportamento al fuoco delle costruzioni.

L'attuale maggiore sensibilità verso l'ambiente, il benessere abitativo e il risparmio energetico, ma anche le tendenze costruttive, trovano risposta nel laterizio per le sue doti di affidabilità, durabilità, inerzia termica, resistenza meccanica e versatilità architettonica, ma anche perché il laterizio, fra tutti i materiali da costruzione, ha un ciclo di vita fra i più virtuosi.

