



# Soluzioni in laterizio per edifici a basso consumo

Ing. Enrico Lanconelli

# WIENERBERGER

L'azienda



... Wienerberger è un produttore di sistemi per l'edilizia su scala globale



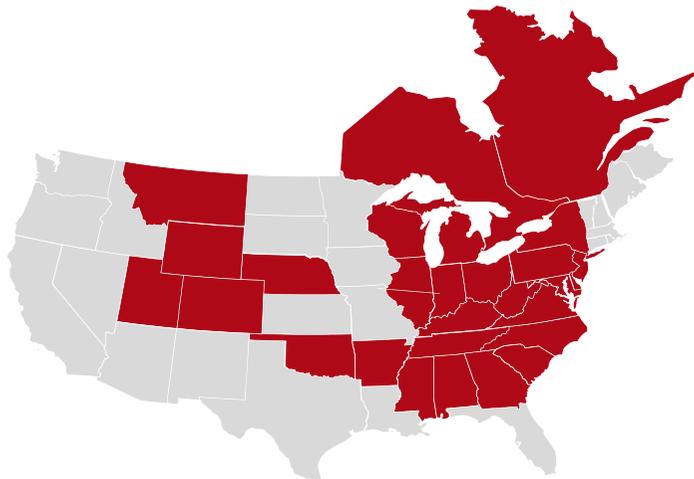
- 2.8 bn EUR di ricavi
- 14,828 impiegati
- 30 Paesi+ 4 mercati export
- 204 impianti tra Europa, Nord America e India



... con posizioni di leadership sui mercati internazionali



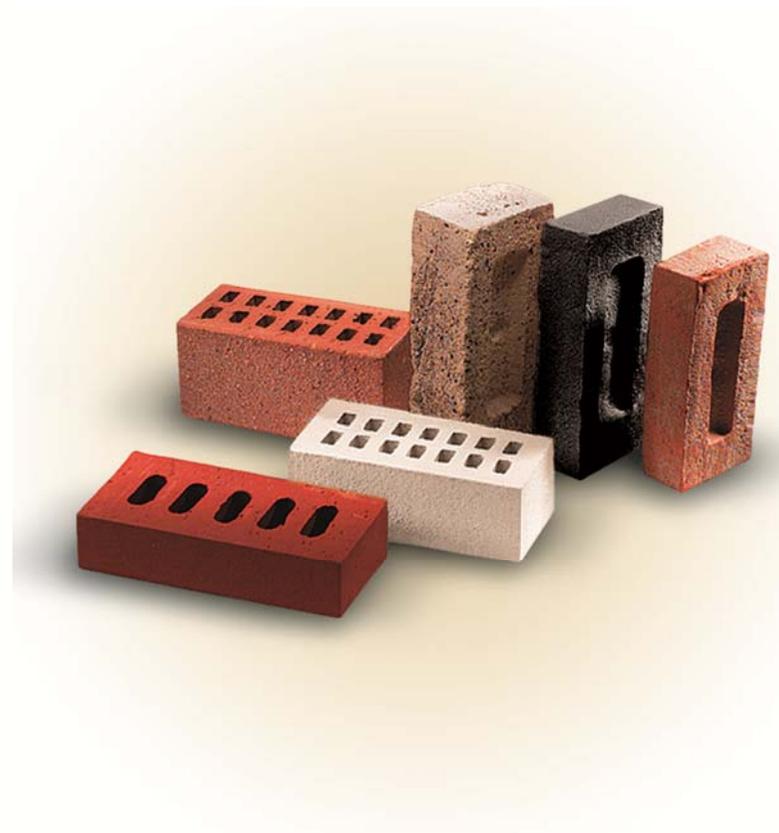
- Produttore mondiale Nr. 1: laterizi
- Nr. 1 in Europa: Tegole in cotto
- Posizioni di leadership in Europa: Pipe Systems
- Nr. 1 in Europa Centro-Orientale: lastricati in cemento



# Wienerberger

i prodotti in laterizio: blocchi, tegole e faccia a vista

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions

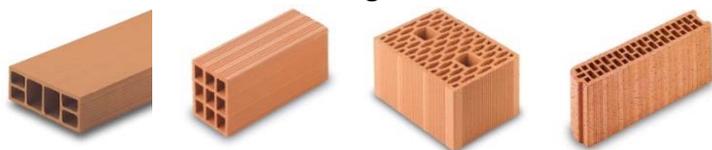


# Wienerberger SpA Unipersonale

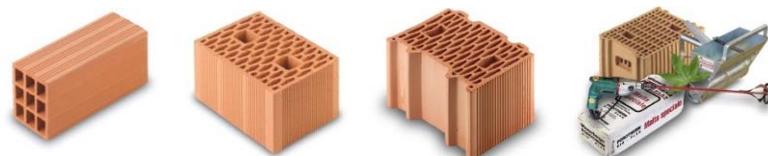
## Presenza sul mercato Italiano



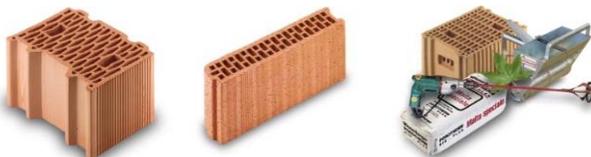
**Bubano:** sede legale e stabilimento



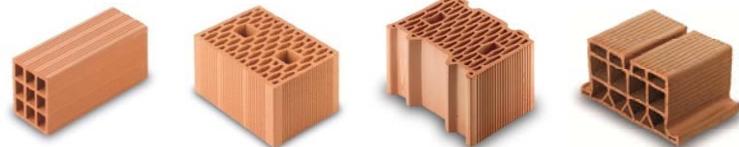
**Gattinara:** stabilimento



**Feltre:** stabilimento

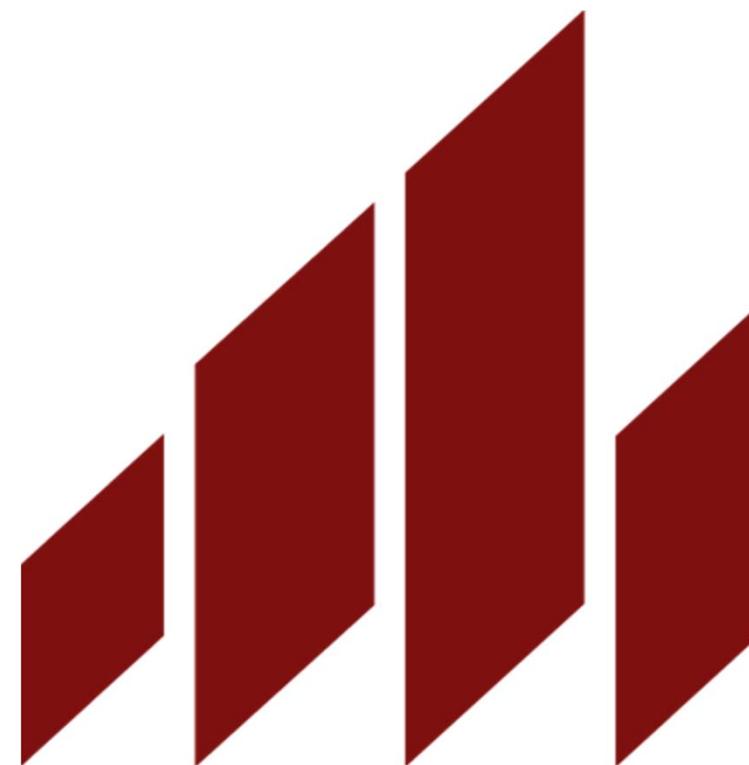


**Terni:** stabilimento



# IL LATERIZIO

Ciclo produttivo



**Ha ancora senso parlare di laterizio nel 21° secolo?**

## Il laterizio

### ciclo produttivo – cava e prelaborazione



L'argilla è estratta dalla cava adiacente allo stabilimento mediante un escavatore a tazze su rotaie, che scava sino a 14 m sotto il piano di campagna.

L'argilla così scavata è inviata, mediante una serie di trasportatori a nastro e un cassone dosatore (box feeder), ad un primo reparto di prelaborazione, nel quale è possibile miscelare l'argilla con argille provenienti dal cumulo esterno di stoccaggio e aggiungere additivi quali

smagranti, calce idrata e scarti delle lavorazioni produttive (laterizio essiccato di scarto).

La miscelazione è garantita da un rotofiltro e un laminatoio. L'argilla è quindi inviata al silos di stoccaggio.



## Il laterizio

ciclo produttivo – cava e prelaborazione

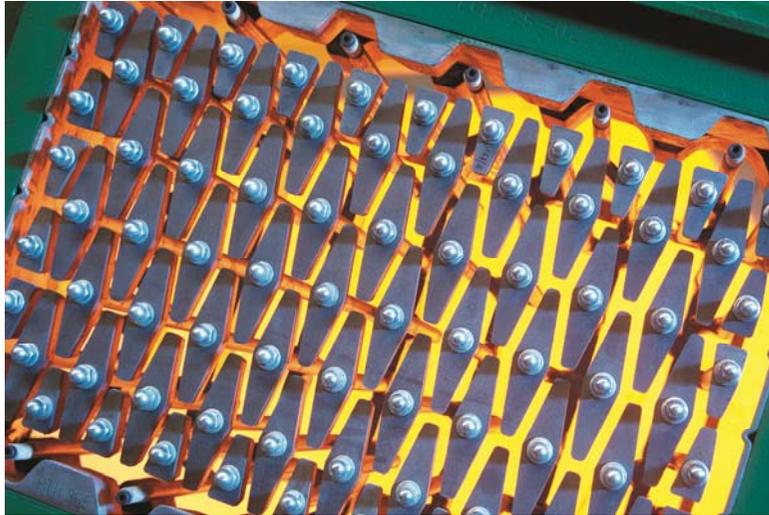


L'argilla è prelevata dai silos di stoccaggio mediante un escavatore a tazze su rotaia e dosata mediante un cassone dosatore.

In questa fase del processo produttivo è possibile aggiungere ulteriori additivi quali smagranti e/o alleggerenti e calce idrata per ridurre l'umidità. La miscela di argilla e additivi è laminata e successivamente miscelata e filtrata mediante un miscelatore a doppio albero con griglia.

## Il laterizio

ciclo produttivo – estrusione e carico del verde



La miscela di argilla situata in tre ampi cassoni dosatori che fungono da buffer, è inviata a due linee di laminazione ed estrusione tramite nastri trasportatori.

I laminatoi raffinatori garantiscono le proprietà finali di plasticità richieste per la miscela di argilla.

Successivamente l'argilla è estrusa tramite due mattoniere.

Il filone estruso e formato da apposite filiere è tagliato per ottenere il prodotto semilavorato umido, il quale è caricato su griglie in appositi carri per la fase di essiccazione.



## Il laterizio

ciclo produttivo – essiccatoio



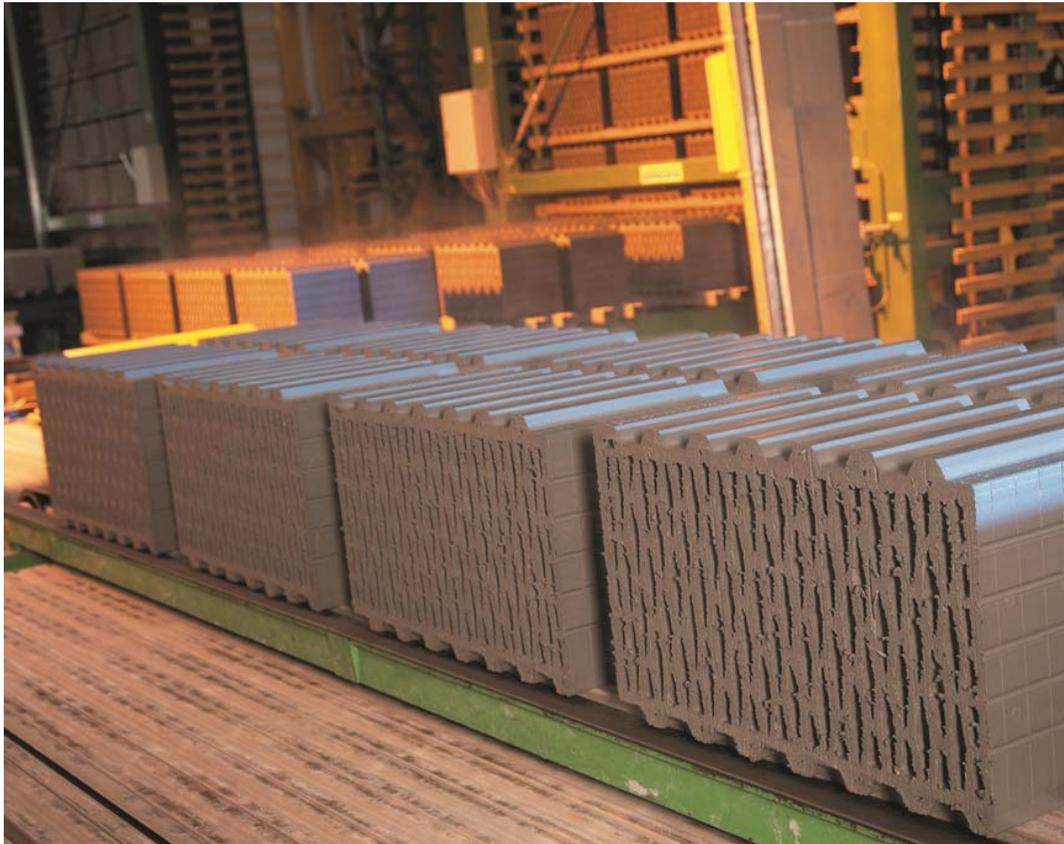
L'essiccatoio è costituito da un'ampia struttura in muratura, al cui interno si trovano vari tunnel percorsi in controcorrente dall'aria calda generata da un bruciatore in vene d'aria, dall'impianto di recupero di energia termica del forno e dall'impianto di cogenerazione.

All'interno dell'essiccatoio il prodotto semilavorato transita su griglie inserite in carrelli su rotaia.

La curva di umidità e temperatura all'interno del forno è regolata automaticamente per mezzo di un sistema di controllo che agisce sui bruciatori, sui ventilatori e su serrande motorizzate.

## Il laterizio

ciclo produttivo – carico del secco



Il prodotto semilavorato essiccato in uscita dall'essiccatoio viene scaricato dai carrelli in modo automatico mediante opportuni sistemi di movimentazione.

Successivamente viene caricato, con l'ausilio di una pinza mobile, su grandi carri in carpenteria metallica ricoperti di materiale refrattario e idonei al trasporto all'interno del forno a tunnel di cottura.

I carri del forno si muovono su rotaie.

## Il laterizio

ciclo produttivo – cottura in forno



Dopo il caricamento con il prodotto semilavorato secco, i carri sono all'interno del forno a tunnel, al cui interno il materiale subisce un processo termico consistente nelle fasi di riscaldamento, cottura e raffreddamento.

L'energia termica necessaria per la cottura è ottenuta per mezzo di bruciatori laterali e in volta. L'aria calda che si genera durante la fase di raffreddamento viene recuperata e inviata all'essiccatoio attraverso opportune canalizzazioni e ventilatori.

La curva di temperatura e di pressione all'interno del forno è regolata automaticamente per mezzo di un sistema di controllo che agisce sui bruciatori, sui ventilatori e su serrande sulle canalizzazioni dell'aria.

## Il laterizio

ciclo produttivo – scarico cotto e imballaggio



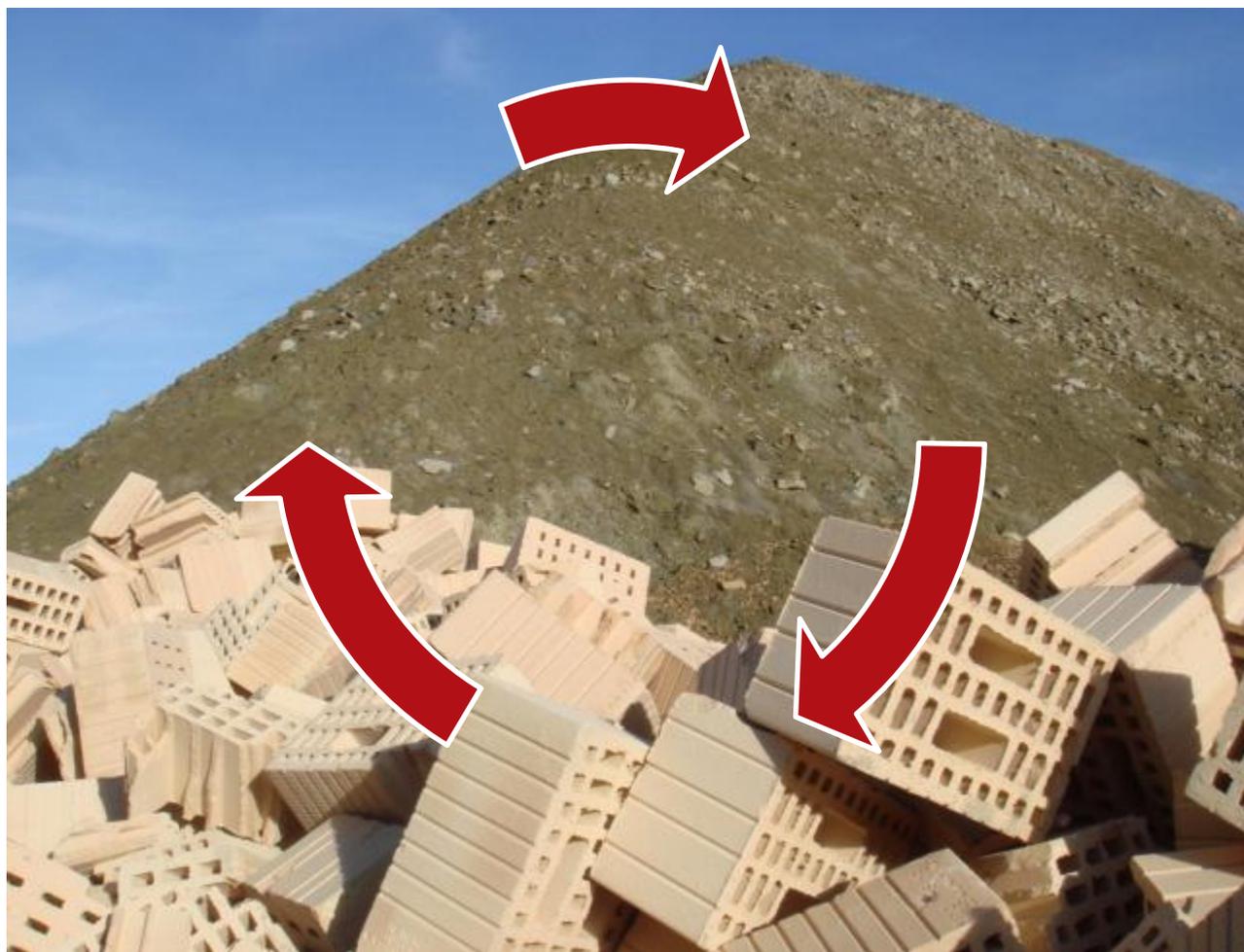
I carri con il prodotto finito in uscita dal forno sono movimentati con un sistema automatico verso la linea di scarico e imballaggio.

Lo scarico del prodotto cotto avviene mediante una pinza automatica, che preleva il materiale dei carri e lo trasporta direttamente sui pallet in legno.

Il prodotto impilato su pallet in legno entra nella linea di imballaggio e, quindi, viene trasportato nel magazzino di stoccaggio mediante carrelli elevatori.

## Il laterizio

ciclo produttivo – bilancio ecologico



# Il laterizio

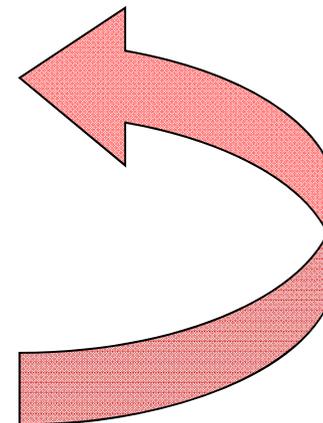
## ciclo produttivo – bilancio ecologico

### Positivo:

- Riciclabilità del prodotto.
- Recupero del materiale di scarto durante l'intero processo di produzione.
- Utilizzo di materie prime naturali non oggetto di processi di sintesi.
- Non vengono generati rifiuti tossici.
- Recupero del calore – teleriscaldamento.
- Non invasivo sul territorio

### Negativo:

- Elevati consumi di energia primaria in fase di cottura.

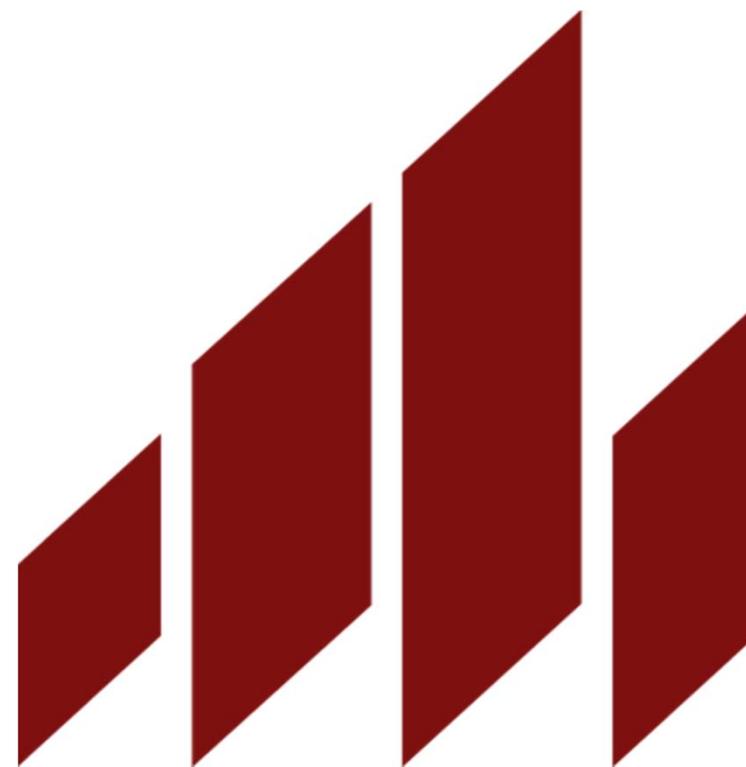


# Il laterizio la durabilità



# **DIRETTIVA «20-20-20» E LEGGE 90**

La nuova regolamentazione  
per il risparmio energetico



## Direttiva 20-20-20

la Direttiva Europea 2009/29 CE

Rappresenta le misure pensate dall'Unione Europea (CE) per il periodo successivo al Protocollo di Kyoto



ridurre del **20%** il consumo energetico



ridurre del **20%** le emissioni di CO2



aumentare del **20%** le energie rinnovabili

Impegno a lungo termine di mantenere l'aumento della temperatura media globale al di sotto di 2 °C.

## Direttiva 20-20-20

la Direttiva Europea 2009/29 CE – le mosse successive

### 2030

→ ridurre del **40%** le emissioni di CO2

→ aumentare del **27%** le energie rinnovabili

### 2050

→ ridurre del **80÷90%** le emissioni di CO2

→ aumentare del **55÷75%** le energie rinnovabili

Obiettivi molto ambiziosi. Occorrono politiche energetiche più incisive

## Chiarisce e rafforza la Direttiva 2002/91 CE sul risparmio energetico seguendo gli obiettivi della Direttiva 20-20-20

DIRETTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO  
del 19 maggio 2010  
sulla prestazione energetica nell'edilizia

- (3) Gli edifici sono responsabili del 40 % del consumo globale di energia nell'Unione. Il settore è in espansione, e ciò è destinato ad aumentarne il consumo energetico. Pertanto, la riduzione del consumo energetico e l'utilizzo di energia da fonti rinnovabili nel settore dell'edilizia costituiscono misure importanti necessarie per ridurre la dipendenza energetica dell'Unione e le emissioni di gas a effetto serra. Unitamente ad un maggior utilizzo  
•••
- (5) Il Consiglio europeo del marzo 2007 ha sottolineato la necessità di aumentare l'efficienza energetica nell'Unione per conseguire l'obiettivo di ridurre del 20 % il consumo energetico dell'Unione entro il 2020 e ha chiesto che venga data rapida e piena attuazione alle priorità definite nella comunicazione della Commissione intitolata «Piano d'azione per l'efficienza energetica: Concretizzare le potenzialità». Tale piano d'azione ha identificato le signifi-

### Articolo 2

#### Definizioni

Ai fini della presente direttiva valgono le seguenti definizioni:

- 1) «edificio»: costruzione provvista di tetto e di muri, per la quale l'energia è utilizzata per il condizionamento del clima degli ambienti interni;
- 2) «edificio a energia quasi zero»: edificio ad altissima prestazione energetica, determinata conformemente all'allegato I. Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze;

### Articolo 9

#### Edifici a energia quasi zero

1. Gli Stati membri provvedono affinché:
  - a) entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a energia quasi zero; e
  - b) a partire dal 31 dicembre 2018 gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi siano edifici a energia quasi zero.

Gli Stati membri elaborano piani nazionali destinati ad aumentare il numero di edifici a energia quasi zero. Tali piani nazionali possono includere obiettivi differenziati per tipologia edilizia.

2. Gli Stati membri procedono inoltre, sulla scorta dell'esempio del settore pubblico, alla definizione di politiche e all'adozione di misure, quali la fissazione di obiettivi, finalizzate a incentivare la trasformazione degli edifici ristrutturati in edifici a energia quasi zero e ne informano la Commissione nei piani nazionali di cui al paragrafo 1.

## Direttiva 2010/31 UE

recepimento in Italia – D.L. 63/2013 e L. 03/08/2013 n. 90

4 Giugno 2013

2 Ottobre 2014

1 Ottobre 2015



### D.L. 63/2013

Recepimento italiano della Direttiva europea 2010/31 UE convertito in Legge 03/08/2013 n. 90 (Legge 90)

### Nuove UNI-TS

#### 11300

Aggiornamento delle norme UNI che da oggi entrano automaticamente in vigore dopo 90 gg

### Decreti attuativi della Legge 90

Linee guida  
Requisiti minimi  
Relazioni tecniche

# Legge 90

## Decreti attuativi – novità principali

A.C.E. → A.P.E.

- 1) Schema dell'attestato di prestazione energetica **(APE) completamente rinnovato**
- 2) **Nuovi indici di riferimento** per la classificazione energetica
- 3) **Nuovi metodi di calcolo** per la classificazione energetica

# Legge 90

## Decreti attuativi – novità – la prestazione energetica

### IERI

La valutazione della prestazione energetica dell'edificio è fatta in funzione di:

$E_{pH}$  (indice del Fabbisogno energetico invernale «*heat*») e di  $E_{pw}$  (indice del Fabbisogno energetico per la produzione dell'acqua calda sanitaria «*water*»)

### DAL 1° OTTOBRE 2015

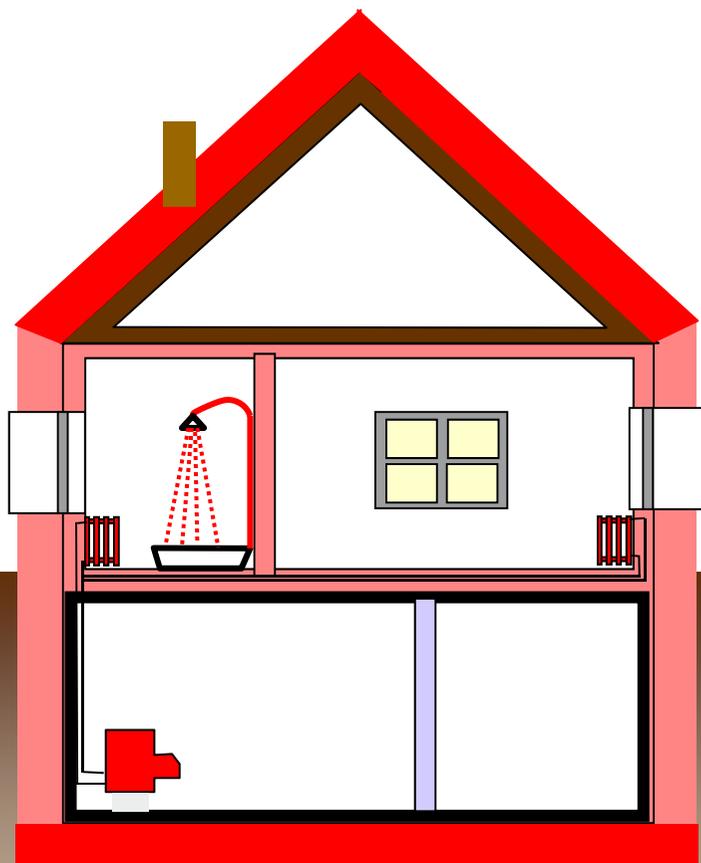
La valutazione della prestazione energetica dell'edificio è fatta in funzione di:

$E_{pH}$  (indice del Fabbisogno energetico invernale «*heat*»), di  $E_{pw}$  (indice del Fabbisogno energetico per la produzione dell'acqua calda sanitaria «*water*»), di  $E_{pc}$  (indice del Fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva), di  $E_{pv}$  (indice del Fabbisogno energetico per la ventilazione),  $E_{pL}$  (indice del Fabbisogno per l'illuminazione «*light*»),  $E_{pT}$  (indice del Fabbisogno per il trasporto)

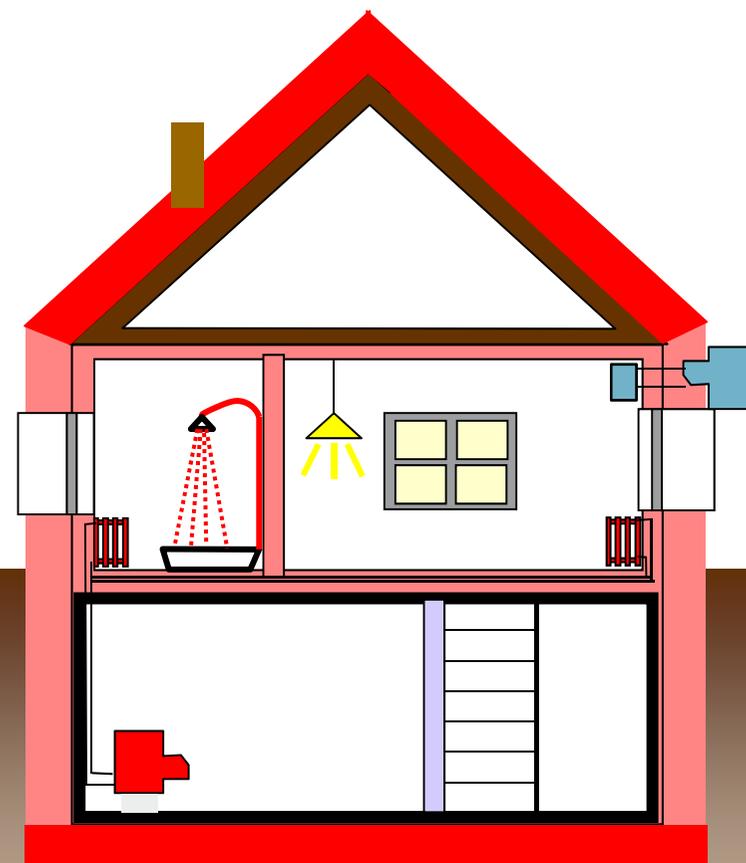
# Legge 90

Decreti attuativi – novità – la prestazione energetica

IERI



DAL 1° OTTOBRE 2015



## Legge 90

Decreti attuativi – la prestazione energetica – cosa cambia

### IERI

ESEMPIO: edificio 1  
prestazione energetica

*80 KWh/mq anno*

### DAL 1° OTTOBRE 2015

ESEMPIO: edificio 2  
prestazione energetica

*85 KWh/mq anno*

***Qual è l'edificio energeticamente più efficiente?***

L'edificio n. 2 perché la prestazione  
energetica tiene conto di più fattori  
rispetto al passato



## Legge 90

Decreti attuativi – la prestazione energetica – cosa cambia

Non è più possibile paragonare gli edifici in base al solo indice Epi (o EpH)

Con la nuova normativa **non è più sufficiente** andare a parlare solo di **trasmissione** per classificare un edificio; bisogna parlare anche della **prestazione estiva** che era entrata in vigore con il D.P.R. 59/09

Non è detto che la classe A di prima sia ancora una classe A con la nuova normativa; probabilmente no!

# Legge 90

## Decreti attuativi – l'edificio di riferimento

### IERI



Rapporto di forma dell'edificio S/V	ZONA CLIMATICA									
	A	B		C		D		E		F
	fino a GG	da	a	da	a	da	a	da	a	oltre
	<b>600</b>	<b>601</b>	<b>900</b>	<b>901</b>	<b>1400</b>	<b>1401</b>	<b>2100</b>	<b>2101</b>	<b>3000</b>	<b>3000</b>
≤ 0,2	8,5	8,5	12,8	12,8	21,3	21,3	34	34	46,8	46,8
≥ 0,9	36	36	48	48	68	68	88	88	116	116

$$E_{pH} \text{ progetto} < E_{pH} \text{ limite [KWh/m}^2 \text{ anno]}$$

### DAL 1° OTTOBRE 2015



*Edificio Reale*  
*Valori di progetto*

$$E_{pgl} \text{ prog.} < E_{pgl} \text{ edif. rif.}$$

*Senza fonti rinnovabili*



*Edificio di riferimento*  
*Valori requisiti minimi*

# Legge 90

## Decreti attuativi – l'edificio di riferimento

Con **edificio di riferimento** si intende un edificio identico in termini di geometria (sagoma, volumi, superficie calpestabile, superfici degli elementi costruttivi e dei componenti), orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno e avente **caratteristiche termiche** e **parametri energetici** predeterminati.

Un edificio di riferimento è quindi un edificio avente un **fabbricato di riferimento** ed **impianti tecnici di riferimento** (gli stessi dell'edificio reale)

# Legge 90

## Linee guida APE – attestazione di prestazione energetica

Ai fini della determinazione della classe energetica complessiva dell'edificio per la redazione dell'APE, si procede come segue:

- 1) Si determina il valore dell'indice di prestazione energetica globale **non rinnovabile** dell'edificio di riferimento con standard 2019/2021
- 2) Si determina il valore di suddetto indice per l'edificio reale

Il rapporto tra questi due valori determina la classe energetica

# Legge 90

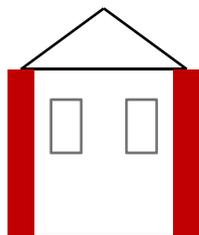
## Linee guida APE – attestazione di prestazione energetica

	A4	$\leq 0,40 EP_{gl,nren,rif(2019/2021)}$
$0,40 EP_{gl,nren,rif(2019/2021)} <$	A3	$\leq 0,60 EP_{gl,nren,rif(2019/2021)}$
$0,60 EP_{gl,nren,rif(2019/2021)} <$	A2	$\leq 0,80 EP_{gl,nren,rif(2019/2021)}$
$0,80 EP_{gl,nren,rif(2019/2021)} <$	A1	$\leq 1,00 EP_{gl,nren,rif(2019/2021)}$
$1,00 EP_{gl,nren,rif(2019/2021)} <$	B	$\leq 1,20 EP_{gl,nren,rif(2019/2021)}$
$1,20 EP_{gl,nren,rif(2019/2021)} <$	C	$\leq 1,50 EP_{gl,nren,rif(2019/2021)}$
$1,50 EP_{gl,nren,rif(2019/2021)} <$	D	$\leq 2,00 EP_{gl,nren,rif(2019/2021)}$
$2,00 EP_{gl,nren,rif(2019/2021)} <$	E	$\leq 2,60 EP_{gl,nren,rif(2019/2021)}$
$2,60 EP_{gl,nren,rif(2019/2021)} <$	F	$\leq 3,50 EP_{gl,nren,rif(2019/2021)}$
	G	$> 3,50 EP_{gl,nren,rif(2019/2021)}$

## Legge 90

### Decreti attuativi – l'edificio di riferimento (parametri)

Trasmittanze delle **superfici opache verticali** comprensive dell'effetto dei ponti termici: l'edificio di riferimento ha i ponti termici già contati all'interno della U.



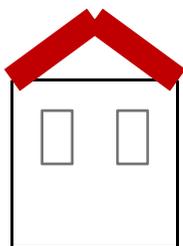
Zona Climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)		
	2010	2015	2019/2021
A	0,62	0,45	0,43
B	0,48	0,45	0,43
C	0,40	0,38	0,34
D	0,36	0,34	0,29
E	0,34	0,30	0,26
F	0,33	0,28	0,24

NB: in alcune regioni (ad esempio la Lombardia) i limiti per il 2019/2021 (data di obbligatorietà per la progettazione nZEB sono anticipati al 1° Gennaio 2016).

## Legge 90

Decreti attuativi – l'edificio di riferimento (parametri)

Trasmittanze delle superfici copertura comprensive dell'effetto dei ponti termici



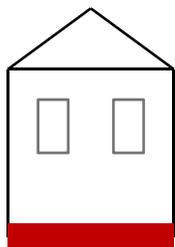
Zona Climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)		
	2010	2015	2019/2021
A	0,38	0,38	0,35
B	0,38	0,38	0,35
C	0,38	0,36	0,33
D	0,32	0,30	0,26
E	0,30	0,25	0,22
F	0,29	0,23	0,20

NB: in alcune regioni (ad esempio la Lombardia) i limiti per il 2019/2021 (data di obbligatorietà per la progettazione nZEB sono anticipati al 1° Gennaio 2016).

# Legge 90

Decreti attuativi – l'edificio di riferimento (parametri)

Trasmittanze delle superfici pavimento comprensive dell'effetto dei ponti termici



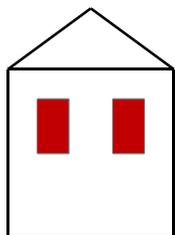
Zona Climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)		
	2010	2015	2019/2021
A	0,65	0,46	0,44
B	0,49	0,46	0,44
C	0,42	0,40	0,38
D	0,36	0,32	0,29
E	0,33	0,30	0,26
F	0,32	0,28	0,24

NB: in alcune regioni (ad esempio la Lombardia) i limiti per il 2019/2021 (data di obbligatorietà per la progettazione nZEB sono anticipati al 1° Gennaio 2016).

## Legge 90

Decreti attuativi – l'edificio di riferimento (parametri)

Trasmittanze delle superfici trasparenti e opache compresi cassonetti e serramenti comprensive dell'effetto dei ponti termici



Zona Climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)		
	2010	2015	2019/2021
A	4,60	3,20	3,00
B	3,00	3,20	3,00
C	2,60	2,40	2,20
D	2,40	2,00	1,80
E	2,20	1,80	1,40
F	2,00	1,50	1,10

NB: in alcune regioni (ad esempio la Lombardia) i limiti per il 2019/2021 (data di obbligatorietà per la progettazione nZEB sono anticipati al 1° Gennaio 2016).

## Legge 90

Decreti attuativi – l'edificio di riferimento (parametri)

Coefficiente medio globale di scambio termico  $H'_T$  [W/m<sup>2</sup>K]

$$H'_T = \frac{H_{tr,adj}}{\sum_k A_k}$$

S/V	Zona Climatica				
	A e B	C	D	E	F
$S/V > 0,7$	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
$0,7 > S/V > 0,4$	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
$0,4 > S/V$	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70

Valori massimi ammissibili del coefficiente  $H'_T$

# Legge 90

## Decreti attuativi – l'edificio a energia quasi zero

Sono edifici ad energia quasi zero, tutti gli edifici esistenti o di nuova costruzione che rispettano contemporaneamente i seguenti requisiti

- 1)  $H'_T$  inferiore al valore limite 2019/2021
- 2) Rapporto tra area solare estiva e superficie utile inferiore al valore limite 2019/2021
- 3) Tutti gli indici di prestazione energetica risultino inferiori a quelli calcolati per l'edificio di riferimento
- 4) Le efficienze degli impianti risultino superiori a quelle utilizzate nell'edificio di riferimento
- 5) **Integrazione di fonti rinnovabili in quota minima del 50%**

# Legge 90

## Requisiti minimi e APE – considerazioni finali

- 1) Un edificio che rispetta tutti i limiti dell'edificio di riferimento (2019/2021) è un edificio in classe A1
- 2) Un edificio in classe A1 con in più la quota di rinnovabili al 50% è un edificio nZEB
- 3) Ogni nZEB avrà una prestazione diversa dall'altro in quanto calcolato secondo l'edificio di riferimento
- 4) Un edificio nZEB non ha necessariamente una trasmittanza particolarmente bassa

# Legge 90

## Requisiti minimi e APE – problematiche approccio normativo

- 1) Classe energetica di un edificio non corrisponde a prestazione energetica dell'edificio
- 2) Due edifici diversi non sono confrontabili tra loro direttamente. La lettera della classe energetica non è più di indicazione per classificare i consumi
- 3) Rischio di creare paradossi con edifici classificati nZEB più energivori di edifici con classificazione minore
- 4) Richiesta una maggiore sensibilità da parte del tecnico per far corrispondere ad un edificio nZEB un edificio dalle prestazioni realmente eccellenti
- 5) Sarà molto difficile confrontare i vecchi APE (che comunque hanno validità 10 anni) con i nuovi

## Legge 90

### Requisiti minimi e APE – esempio di calcolo

Edificio 7 m x 10 m x 3 m

Tetto piano = 70 m<sup>2</sup>

Controtterra = 70 m<sup>2</sup>

Superficie verticale = 102 m<sup>2</sup>

Superficie totale = 242 m<sup>2</sup>

Volume = 210 m<sup>3</sup>

Rapporto S/V = 1,15

H'<sub>T</sub> limite in zona E < 0,50 W/m<sup>2</sup>K

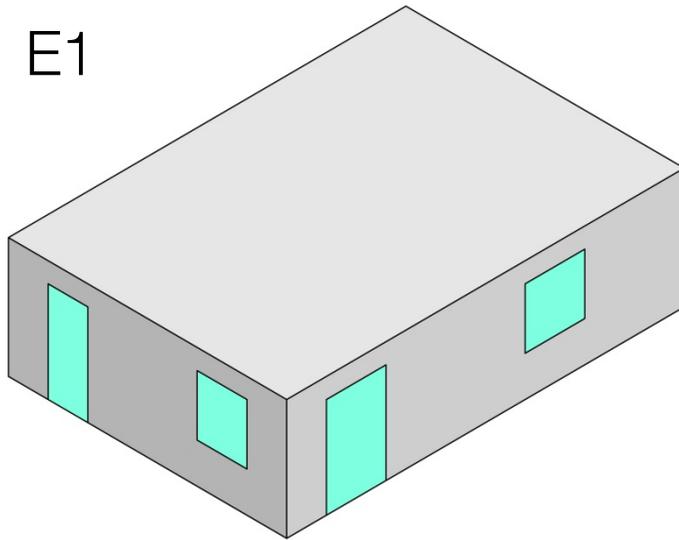
Esempio1, 12% superficie vetrata, Esempio2, 50% superficie vetrata



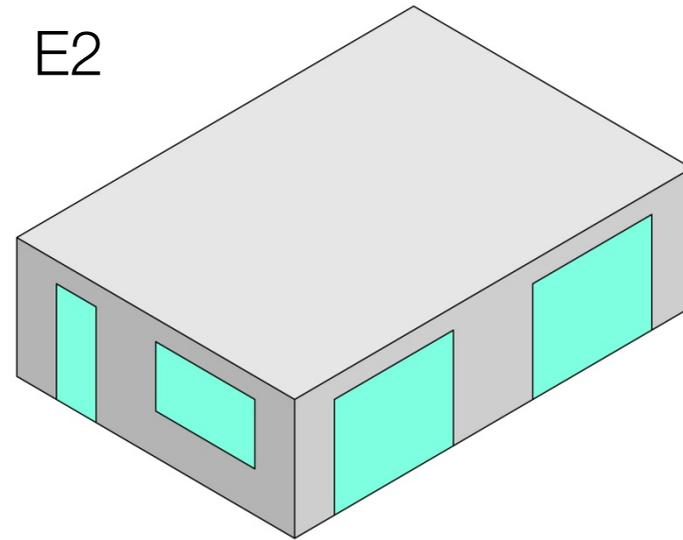
# Legge 90

## Requisiti minimi e APE – esempio di calcolo

E1



E2



Edificio 1 ed Edificio 2 reali hanno gli stessi parametri dell'edificio di riferimento e differiscono tra loro solo per la superficie vetrata

# Legge 90

## Requisiti minimi e APE – esempio di calcolo

Parametri dell'edificio di riferimento (2019/2021)

$U_f = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$  (trasmissione verso il terreno)

$U_t = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$  (trasmissione tetto)

$U_m = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$  (trasmissione pareti)

$U_s = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$  (trasmissione serramenti)

$A_f = 70 \text{ m}^2$  (superficie pavimento)

$A_t = 70 \text{ m}^2$  (superficie tetto)

$A_m = 82 \text{ m}^2 \text{ (E1)} \ 51 \text{ m}^2 \text{ (E2)}$  (superficie pareti)

$A_s = 20 \text{ m}^2 \text{ (E1)} \ 51 \text{ m}^2 \text{ (E2)}$  (superficie serramenti)

## Legge 90

### Requisiti minimi e APE – esempio di calcolo

$$H'_T = H_{tr,adj} / \sum_k A_k$$

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A$$

$H_D$  = coeff. di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno

$H_g$  = coeff. di scambio termico verso il terreno

$H_U$  = coeff. di scambio termico verso ambienti non climatizzati

$H_A$  = coeff. di scambio termico verso ambienti climatizzati a T diverse

## Legge 90

Requisiti minimi e APE – esempio di calcolo

Verifica $H'_T$	
Esempio 1	Esempio 2
$H_D = A_s U_s + A_m U_m + A_t U_t = 65 \text{ W/K}$	$H_D = A_s U_s + A_m U_m + A_t U_t = 100 \text{ W/K}$
$H_g = A_f U_f = 18 \text{ W/K}$	$H_g = A_f U_f = 18 \text{ W/K}$
$H_U = H_A = 0 \text{ W/K}$	$H_U = H_A = 0 \text{ W/K}$
$\underline{H_{tr,adj} = 83 \text{ W/K}}$	$\underline{H_{tr,adj} = 118 \text{ W/K}}$
$H'_T = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ <b>VERIFICATO</b>	$H'_T = 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$ <b>VERIFICATO</b>

## Legge 90

Requisiti minimi e APE – *esempio di calcolo*

I due edifici reali rispettano entrambi tutti i parametri dei due edifici di riferimento. Sono quindi entrambi in Classe A1

**MA**

L'Edificio 2 disperde attraverso l'involucro il 42% in più di energia rispetto all'Edificio 1

**Consumi molto diversi, uguale Classe Energetica!**

## Legge 90

### Decreti attuativi – l'edificio di riferimento

*La classificazione energetica NON è legata alle dispersioni!*

*Altro Esempio: sono in un condominio e, visto che classifico energeticamente le singole unità immobiliari, tutti gli appartamenti avranno il proprio APE e la propria prestazione energetica.*

**TUTTI gli appartamenti del condominio avranno il corrispettivo «*appartamento di riferimento*» e possono potenzialmente essere classificati nella stessa classe anche se hanno dispersioni diverse visto che gli edifici di riferimento avranno dispersioni diverse tra loro**

# Legge 90

Decreti attuativi – l'edificio di riferimento

**Non è più possibile valutare la prestazione energetica di un edificio solo dalla lettera della classe energetica!**

# Legge 90

Decreti attuativi – l'edificio di riferimento

**La CLASSE mi dice solo se un edificio è fatto bene ma non se consuma tanto o poco; per quello bisogna guardare il valore dell'Epgl**

# Legge 90

## Decreti attuativi – il nuovo A.P.E.

Logo Regione	<b>ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI</b> CODICE IDENTIFICATIVO: _____ VALIDO FINO AL: _____																																																
<b>DATI GENERALI</b>																																																	
<b>Destinazione d'uso</b> <input type="checkbox"/> Residenziale <input type="checkbox"/> Non residenziale  Classificazione D.P.R. 412/93: _____	<b>Oggetto dell'attestato</b> <input type="checkbox"/> Intero edificio <input type="checkbox"/> Unità immobiliare <input type="checkbox"/> Gruppo di unità immobiliari  Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: _____	<input type="checkbox"/> Nuova costruzione <input type="checkbox"/> Passaggio di proprietà <input type="checkbox"/> Locazione <input type="checkbox"/> Ristrutturazione importante <input type="checkbox"/> Riqualificazione energetica <input type="checkbox"/> Altro: _____																																															
<b>Dati identificativi</b>																																																	
 FOTO EDIFICIO	Regione : _____ Comune : _____ Indirizzo : _____ Piano : _____ Interno : _____ Coordinate GIS : _____	Zona climatica : _____ Anno di costruzione : _____ Superficie utile riscaldata (m <sup>2</sup> ) : _____ Superficie utile raffrescata (m <sup>2</sup> ) : _____ Volume lordo riscaldato (m <sup>3</sup> ) : _____ Volume lordo raffrescato (m <sup>3</sup> ) : _____																																															
	<table border="1"><thead><tr><th colspan="4">Comune catastale</th><th colspan="4">Sezione</th><th colspan="4">Foglio</th><th colspan="4">Particella</th></tr></thead><tbody><tr><td>Subalterni</td><td>da</td><td></td><td>a</td><td>da</td><td></td><td>a</td><td>da</td><td></td><td>a</td><td>da</td><td></td><td>a</td><td>da</td><td></td><td>a</td></tr><tr><td>Altri subalterni</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>		Comune catastale				Sezione				Foglio				Particella				Subalterni	da		a	Altri subalterni																										
Comune catastale				Sezione				Foglio				Particella																																					
Subalterni	da		a	da		a	da		a	da		a	da		a																																		
Altri subalterni																																																	

# Legge 90

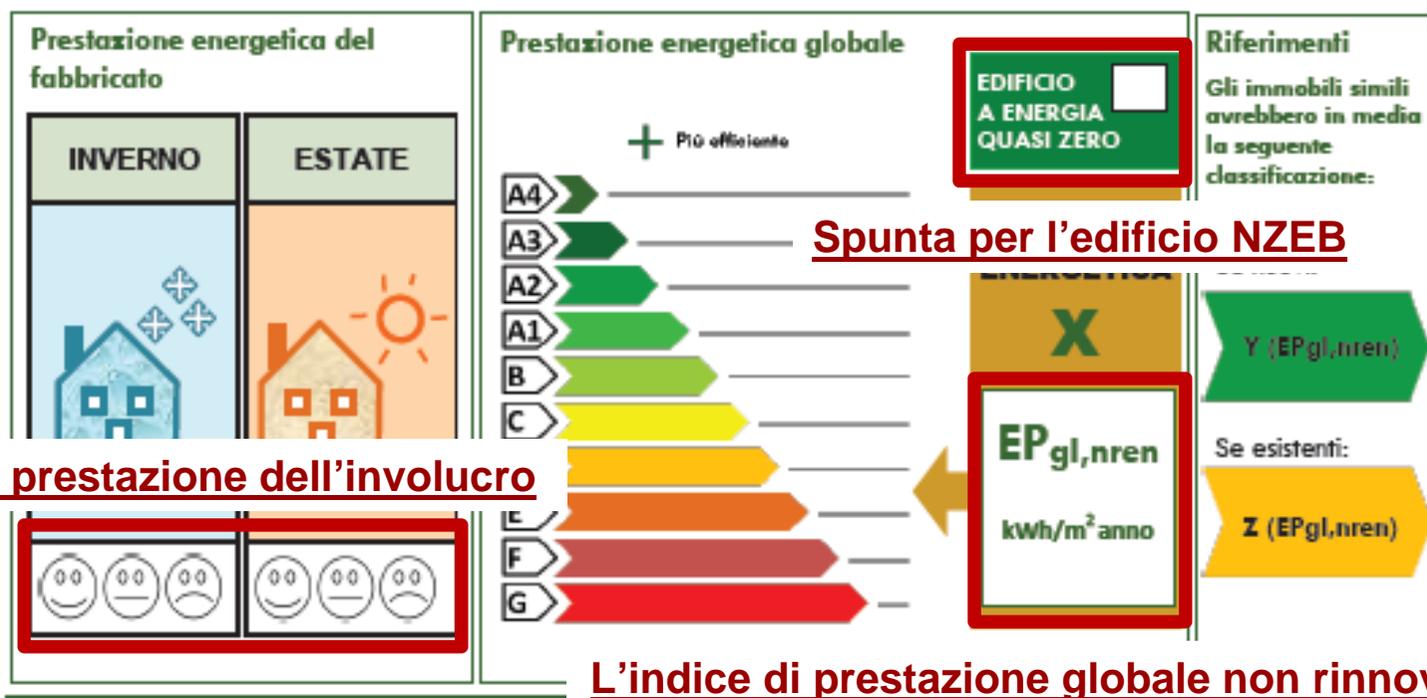
## Decreti attuativi – il nuovo A.P.E.

**Servizi energetici presenti**

<input type="checkbox"/>  Climatizzazione invernale	<input type="checkbox"/>  Ventilazione meccanica	<input type="checkbox"/>  Illuminazione
<input type="checkbox"/>  Climatizzazione estiva	<input type="checkbox"/>  Prod. acqua calda sanitaria	<input type="checkbox"/>  Trasporto di persone o cose

### PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.



## Legge 90

Decreti attuativi – il nuovo A.P.E. – requisiti involucro estate

*E' fondamentale aumentare l'inerzia termica dell'involucro per abbassare l'indice della prestazione energetica estiva e limitare i consumi*

**Massa superficiale > 230 Kg/mq**

**Trasmittanza termica periodica  $Y_{IE} < 0,10$  W/mq K**

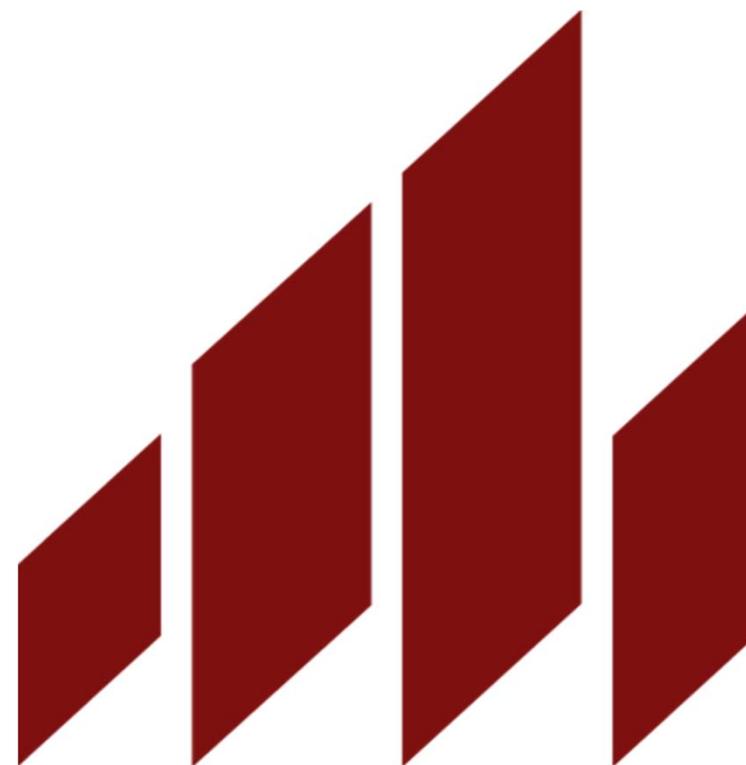
*(Vengono esplicitati nei requisiti minimi le raccomandazioni del D.P.R. 59/09)*

A queste verifiche si aggiunge quella sulle superfici vetrate

**Area solare equivalente estiva / Area S.U. < valore limite**

# L'INVOLUCRO

Verso il sistema casa



# L'involucro

verso il sistema casa – edificio = sistema disperdente



# L'involucro

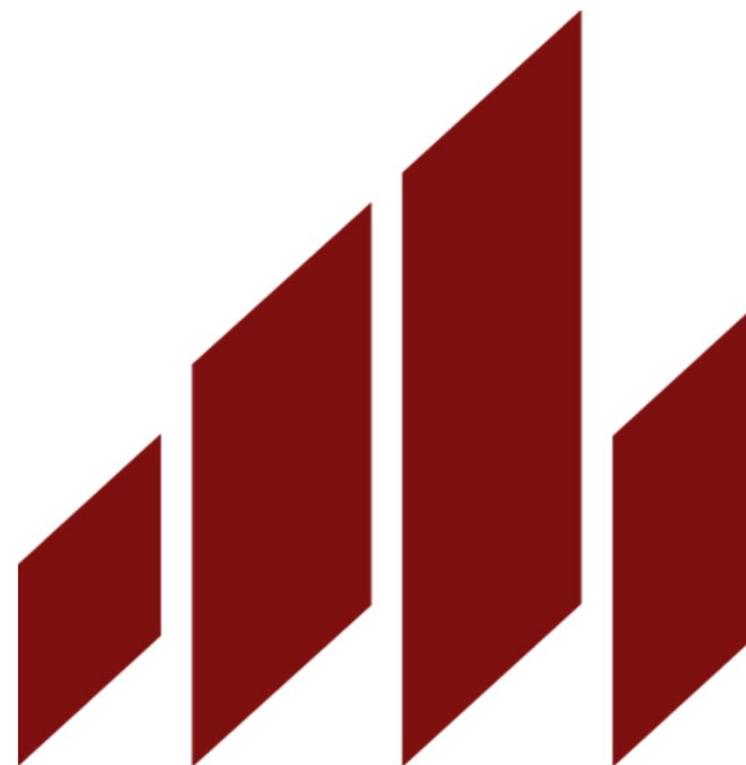
verso il sistema casa – edificio = sistema disperdente



	<b>Copertura</b>	<b>15-20%</b>
	<b>Infissi</b>	<b>30-40%</b>
	<b>Fondazioni</b>	<b>10-15%</b>
	<b>Pareti</b>	<b>30-40%</b>

# L'INVOLUCRO

Sistemi pesanti e sistemi leggeri



# L'involucro

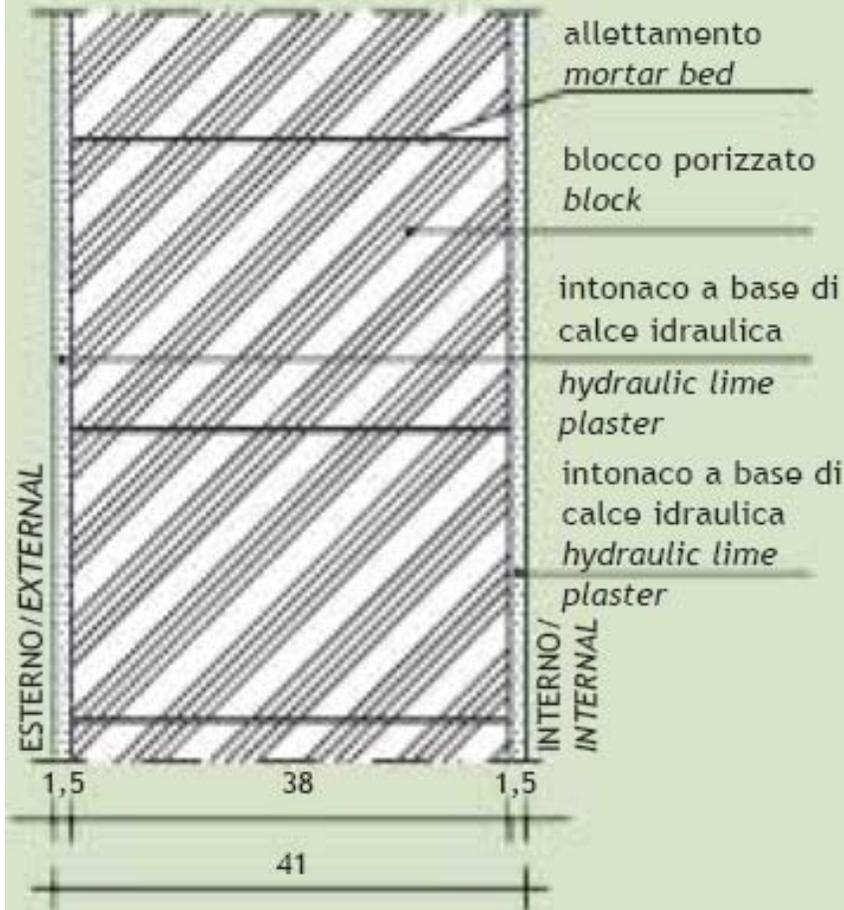
sistemi pesanti e sistemi leggeri – ricerca Galassi-Mingozzi



*Edificio in muratura portante – Pieve di Cento*

# L'involucro

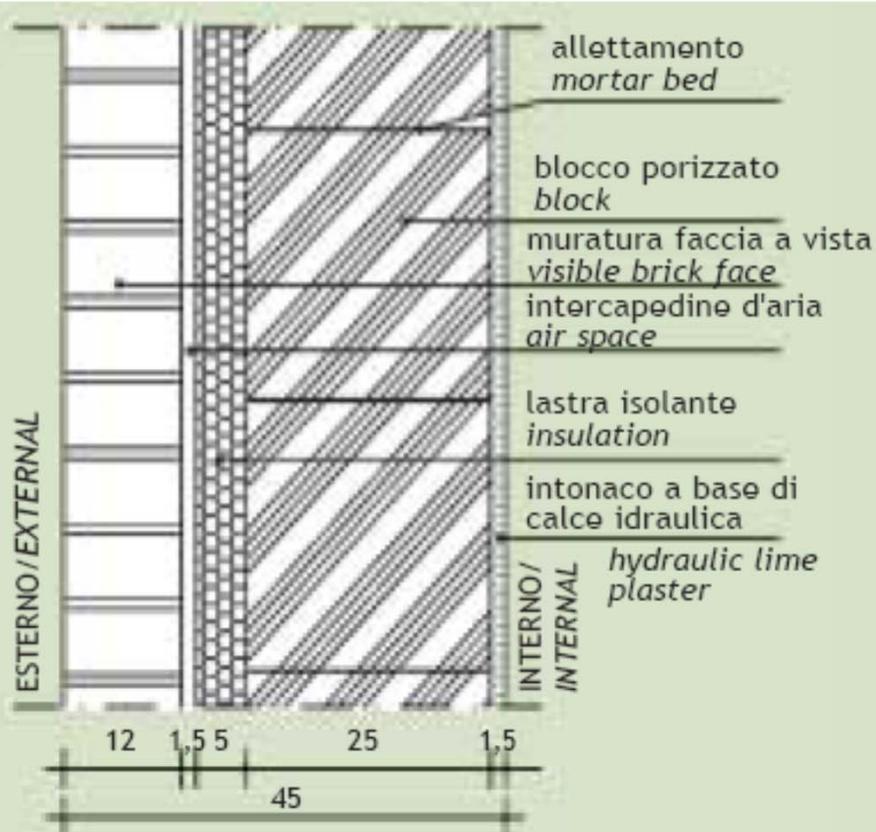
sistemi pesanti e sistemi leggeri – stratigrafia lato SUD



Spessore complessivo/Overall thickness	41 cm
Trasmittanza termica/Transmittance	0,37 W/m <sup>2</sup> • K
Massa frontale/Front mass	405 kg/m <sup>2</sup>
Fattore di decremento (smorzamento) Reduction factor (dampening)	0,06
Ritardo del fattore di smorzamento (sfasamento) Delay in dampening (shift)	19,02 h

# L'involucro

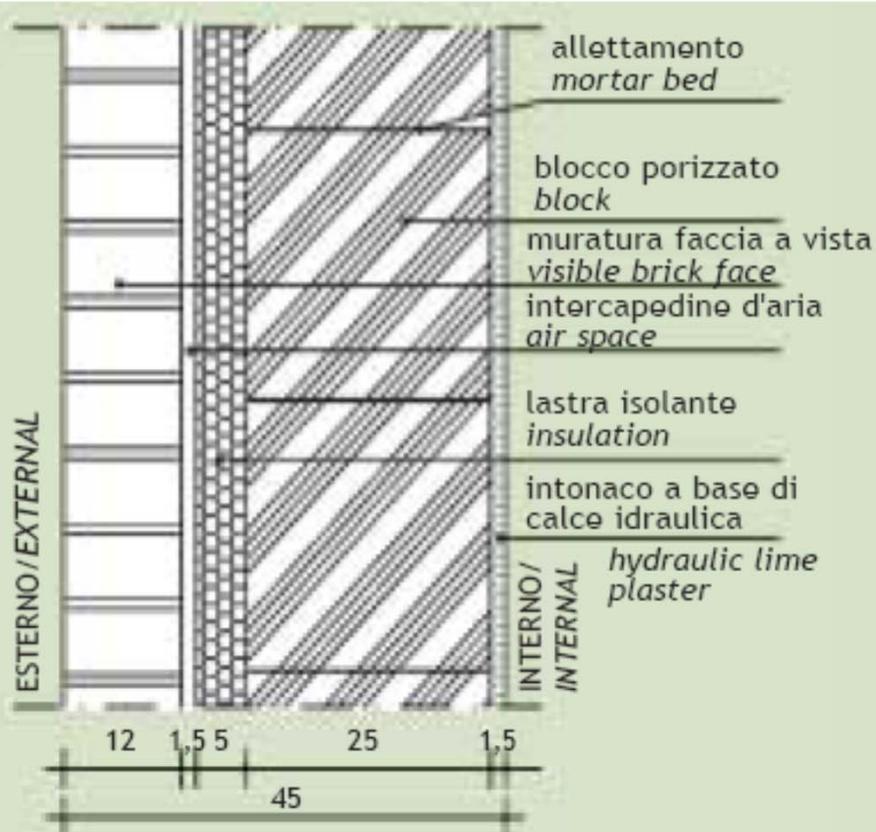
sistemi pesanti e sistemi leggeri – stratigrafia lato NORD



Spessore complessivo / Overall thickness	45 cm
Trasmittanza termica / Transmittance	0,35 W/m <sup>2</sup> • K
Massa frontale / Front mass	361 kg/m <sup>2</sup>
Fattore di decremento (smorzamento) / Reduction factor (dampening)	0,08
Ritardo del fattore di smorzamento (sfasamento) / Delay in dampening (shift)	16,68 h

# L'involucro

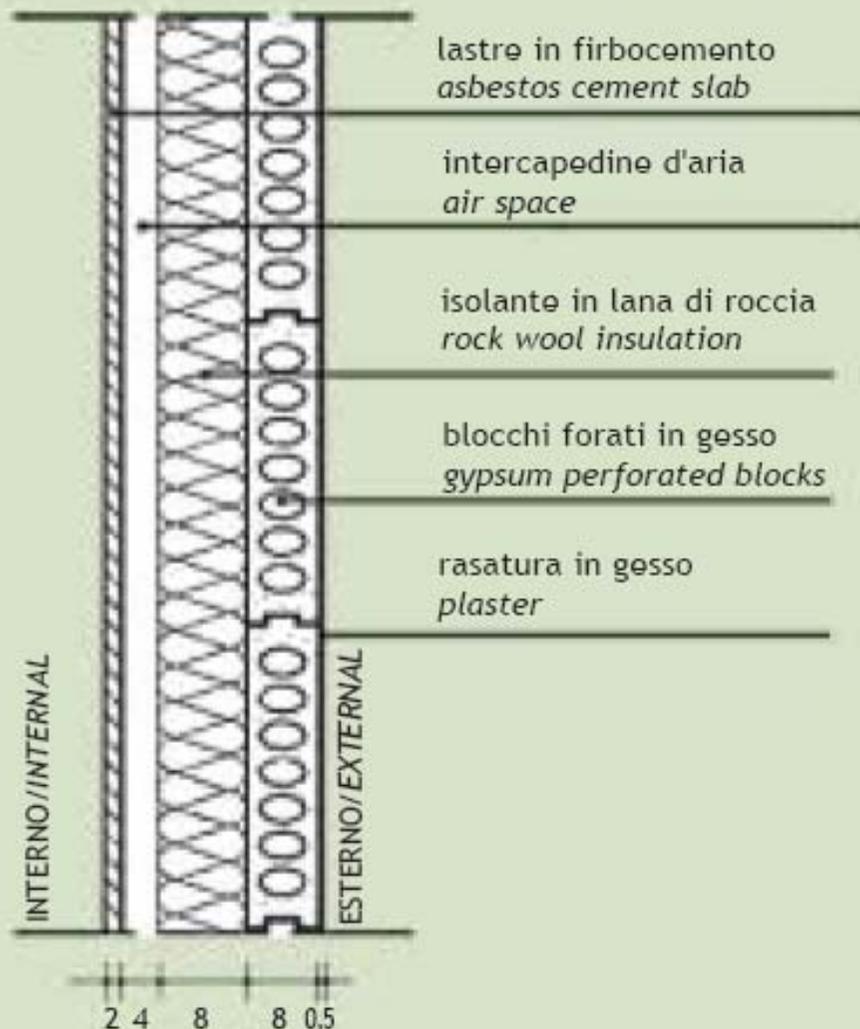
sistemi pesanti e sistemi leggeri – stratigrafia lato NORD



Spessore complessivo/Overall thickness	45 cm
Trasmittanza termica/Transmittance	0,35 W/m <sup>2</sup> • K
Massa frontale/Front mass	361 kg/m <sup>2</sup>
Fattore di decremento (smorzamento) Reduction factor (dampening)	0,08
Ritardo del fattore di smorzamento (sfasamento) Delay in dampening (shift)	16,68 h

# L'involucro

sistemi pesanti e sistemi leggeri – ipotesi struttura leggera



Spessore complessivo / Overall thickness	22,5 cm
Trasmittanza termica / Transmittance	0,29 W/m <sup>2</sup> • K
Massa frontale / Front mass	99 kg/m <sup>2</sup>
Fattore di decremento (smorzamento) / Reduction factor (dampening)	0,75
Ritardo del fattore di smorzamento (sfasamento) / Delay in dampening (shift)	4,76 h

# L'involucro

sistemi pesanti e sistemi leggeri – bilancio termico

## Struttura Leggera

	EnergyPlus	Edilclima	CasaClima	EcoDomus
Perdite dell'involucro <i>Losses of the envelope</i>	250363	254763	236708	241920
Guadagni gratuiti <i>Free gains</i>	132639	121605	93921	116489
Fabbisogno energetico <i>Energy requirements</i>	117724	133158	142787	125431

## Muratura pesante

	EnergyPlus	Edilclima	CasaClima	EcoDomus
Perdite dell'involucro <i>Losses of the envelope</i>	232588	254763	236708	241920
Guadagni gratuiti <i>Free gains</i>	134444	133600	104815	116489
Fabbisogno energetico <i>Energy requirements</i>	98144	121163	131893	125431

Nel caso dell'edificio di progetto in muratura pesante:

il modello dinamico stima un fabbisogno energetico ANCHE per riscaldamento fino al 20% inferiore per la muratura pesante rispetto a quella leggera.

## Verso il sistema casa

caso studio: edificio 2226



6 piani fuori terra  
molto alti 4,20 m terra,  
3,35 altri

Muratura in solo  
laterizio portante  
2 strati da 38 cm di  
spessore

$$U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Serramenti ad altissima  
efficienza

# Verso il sistema casa

caso studio: edificio 2226



Destinazione  
d'uso

Piano terra  
Ristorante  
+  
Sala mostre

Piani superiori  
Uffici  
+  
(Studio eberle)

# Verso il sistema casa

caso studio: edificio 2226



Software  
VS  
Hardware

Completamente privo  
di impianti

No riscaldamento  
No raffrescamento  
No VMC

## Verso il sistema casa

caso studio: edificio 2226



Temperatura interna  
compresa tra  
22°C e 26°C  
Durante tutto l'arco  
dell'anno

# Verso il sistema casa

caso studio: edificio 2226



Costo di realizzazione  
=  
950 €/m<sup>2</sup> netti  
Senza costi di terreno e  
arredamento

Tempo di vita utile  
> 200 anni

Bassi costi di  
manutenzione

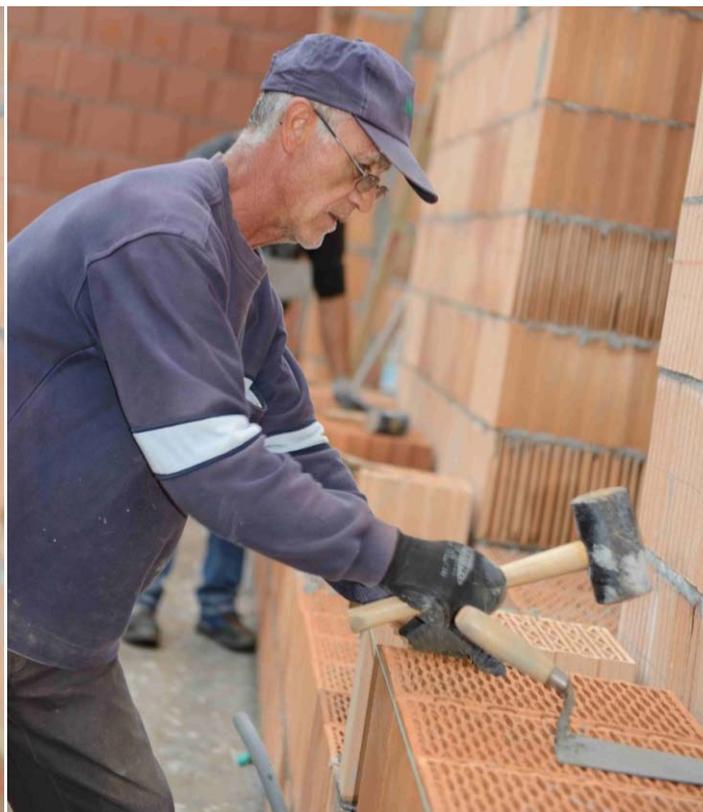
# Verso il sistema casa

caso studio: edificio 2226



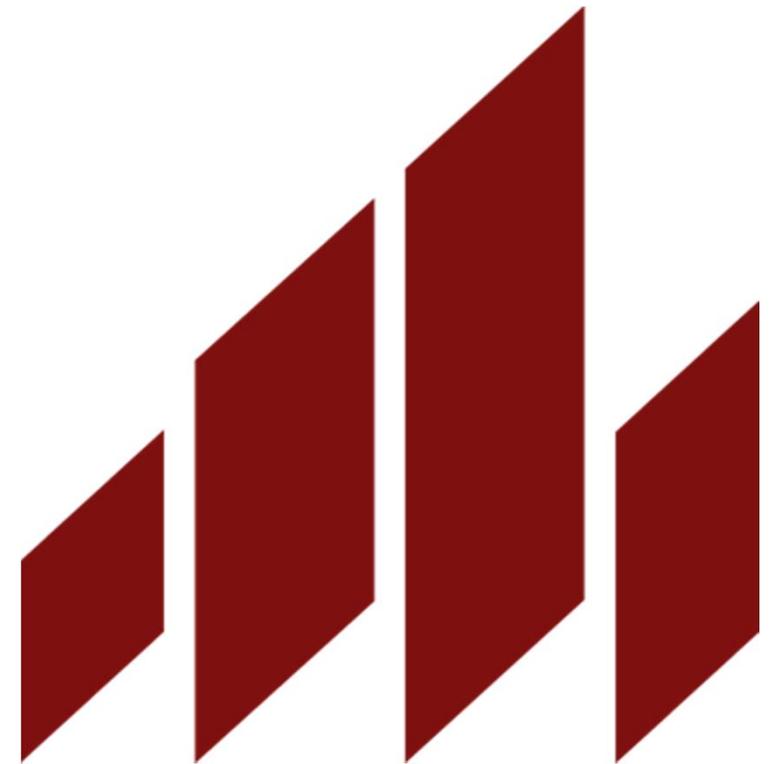
# Verso il sistema casa

caso studio: edificio 2226



# NTC 2008

Costruzioni in laterizio



La progettazione degli edifici in muratura deve essere fatta in accordo alle

### **NTC 2008**

CAP. 4.5 – Costruzioni in muratura

CAP. 7.8 – Costruzioni in muratura in zona sismica

CAP. 11.10 – Muratura portante – materiali e prodotti per uso strutturale

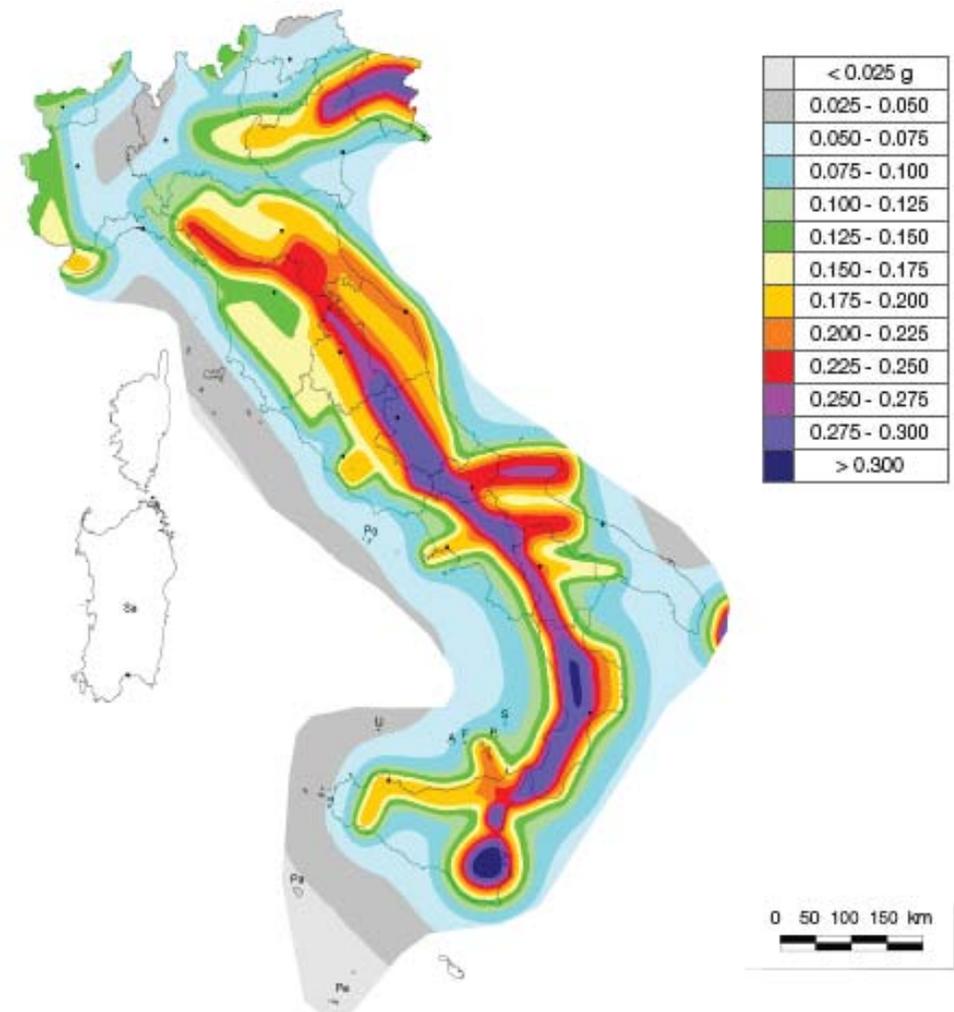
*Per tutto ciò che non è espressamente indicato sulle NTC 2008 si deve riferirsi all'  
**Eurocodice 6 ed Eurocodice 8***

# NTC 2008

## Costruzioni in laterizio – le zone sismiche



Classificazione «politica» per zone



Classificazione «fisica» secondo  $a_g$

# NTC 2008

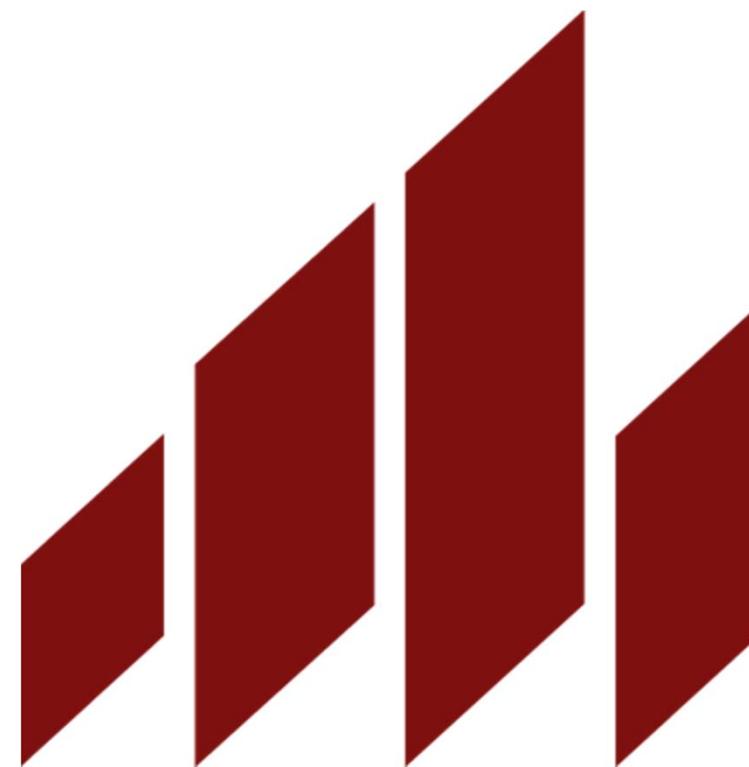
## Costruzioni in laterizio – le zone sismiche

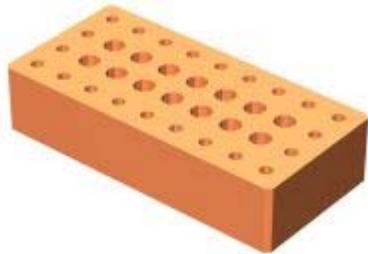
Classificazione sismica		
Zone sismiche	Livello di pericolosità	Accelerazione del terremoto di progetto
Zona 1	alto	$ag > 0,25$
Zona 2	medio	$0,15 < ag \leq 0,25$
Zona 3	basso	$0,05 < ag \leq 0,15$
Zona 4	molto basso	$ag \leq 0,05$

Corrispondenza «politica» e «fisica»

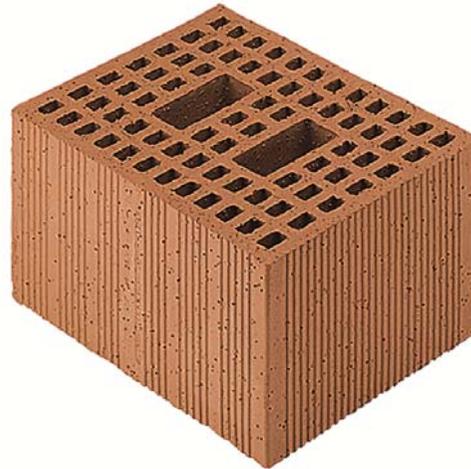
# MATERIALI

Blocchi e malta

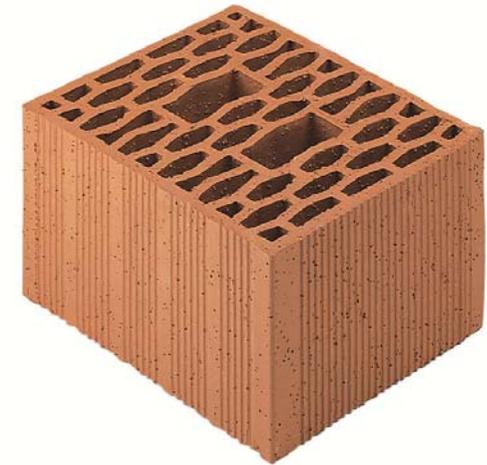




Elemento **pieno**  
( $0\% < f \leq 15\%$ )



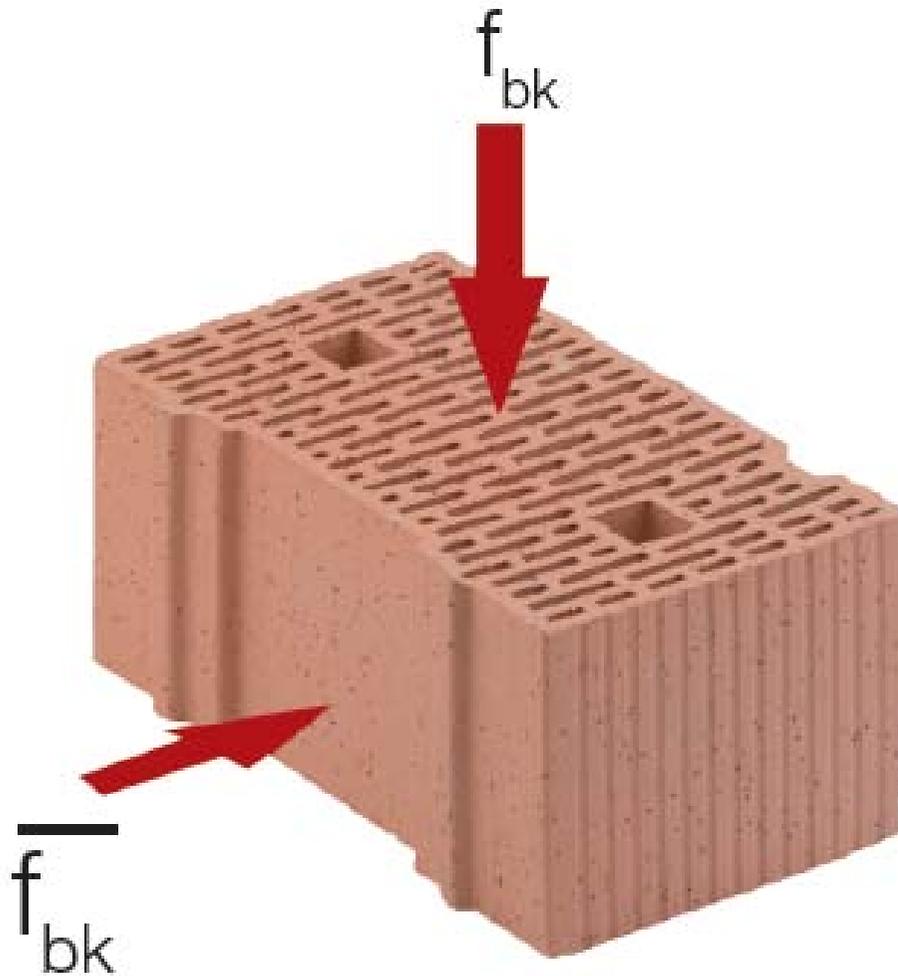
Elemento **semipieno**  
( $15\% < f \leq 45\%$ )



Elemento **forato**  
( $45\% < f \leq 55\%$ )

Con «f» che è la percentuale di foratura degli elementi

Classificazione elementi in laterizio (blocchi)

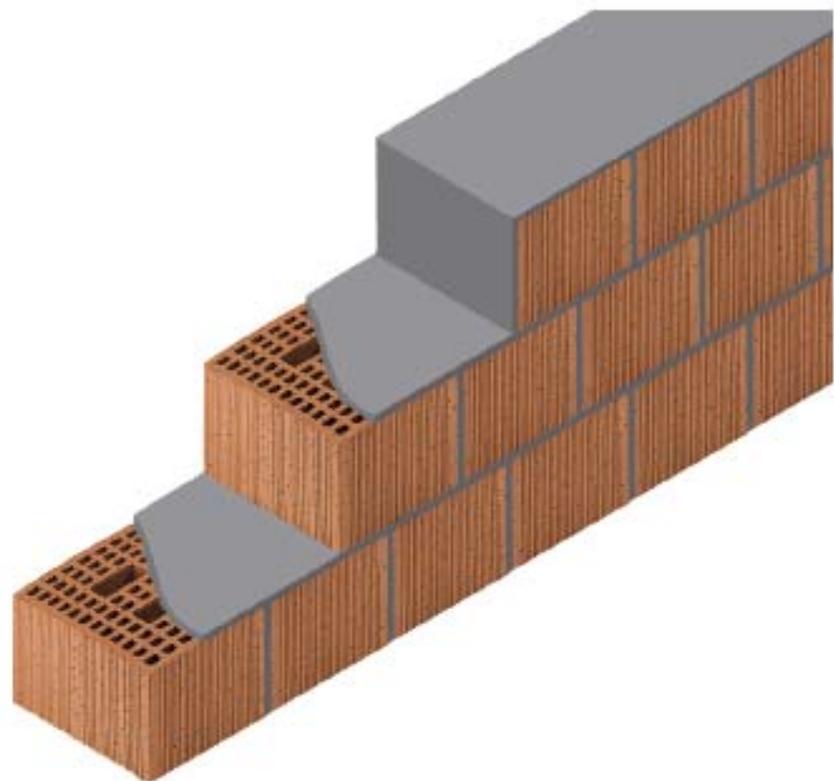


Resistenza meccanica  
dei blocchi

**$f_{bk}$**  - resistenza  
meccanica a  
compressione verticale

**$\overline{f_{bk}}$**  - resistenza  
meccanica a  
compressione  
orizzontale

Caratteristiche meccaniche dei blocchi in laterizio



Giunto continuo



*solo per  
tamponamenti*

Giunto interrotto

Caratteristiche delle malte – tipi di giunto

**Tabella 11.10.III** - *Classi di malte a prestazione garantita*

Classe	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Resistenza a compressione N/mm <sup>2</sup>	2,5	5	10	15	20	d
<b>d</b> è una resistenza a compressione maggiore di 25 N/mm <sup>2</sup> dichiarata dal produttore						

**Tabella 11.10.IV** - *Classi di malte a composizione prescritta*

Classe	Tipo di malta	Composizione				
		Cemento	Calce aerea	Calce idraulica	Sabbia	Pozzolana
M 2,5	Idraulica	--	--	1	3	--
M 2,5	Pozzolonica	--	1	--	--	3
M 2,5	Bastarda	1	--	2	9	--
M 5	Bastarda	1	--	1	5	--
M 8	Cementizia	2	--	1	8	--
M 12	Cementizia	1	--	--	3	--

Caratteristiche delle malte – resistenze meccaniche



Resistenza meccanica  
della muratura

***fk*** - resistenza  
meccanica a  
compressione

***fvk0*** - resistenza  
meccanica a taglio

***E*** - modulo di elasticità  
normale (=1000 *fk*)

***G*** - modulo di elasticità  
tangenziale (=0,4 *E*)

Caratteristiche meccaniche delle murature

**Tabella 11.10.V** - Valori di  $f_k$  per murature in elementi artificiali pieni e semipieni (valori in  $N/mm^2$ )

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento $N/mm^2$	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2,5
2,0	1,2	1,2	1,2	1,2
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
40,0	14,3	12,0	10,4	--

Caratteristiche meccaniche delle murature – resistenza a compressione

**Tabella 11.10.VII-** Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali  $f_{vko}$  (valori in  $N/mm^2$ )

Tipo di elemento resistente	Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento	Classe di malta	$f_{vko}$ ( $N/mm^2$ )
Laterizio pieno e semipieno	$f_{bk} > 15$	$M10 \leq M \leq M20$	0,30
	$7,5 < f_{bk} \leq 15$	$M5 \leq M < M10$	0,20
	$f_{bk} \leq 7,5$	$M2,5 \leq M < M5$	0,10
Calcestruzzo; Silicato di calcio; Cemento autoclavato; Pietra naturale squadrata.	$f_{bk} > 15$	$M10 \leq M \leq M20$	0,20
	$7,5 < f_{bk} \leq 15$	$M5 \leq M < M10$	0,15
	$f_{bk} \leq 7,5$	$M2,5 \leq M < M5$	0,10

Caratteristiche meccaniche delle murature – resistenza a taglio

**Tabella 11.10.I**

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Categoria	Sistema di Attestazione della Conformità
Specifica per elementi per muratura - Elementi per muratura di laterizio, silicato di calcio, in calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri), calcestruzzo aerato autoclavato, pietra agglomerata, pietra naturale UNI EN 771-1, 771-2, 771-3, 771-4, 771-5, 771-6	CATEGORIA I	2+
	CATEGORIA II	4

$$f_d = f_k / \gamma_M$$

$$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$$

Calcolo delle resistenze di progetto della muratura

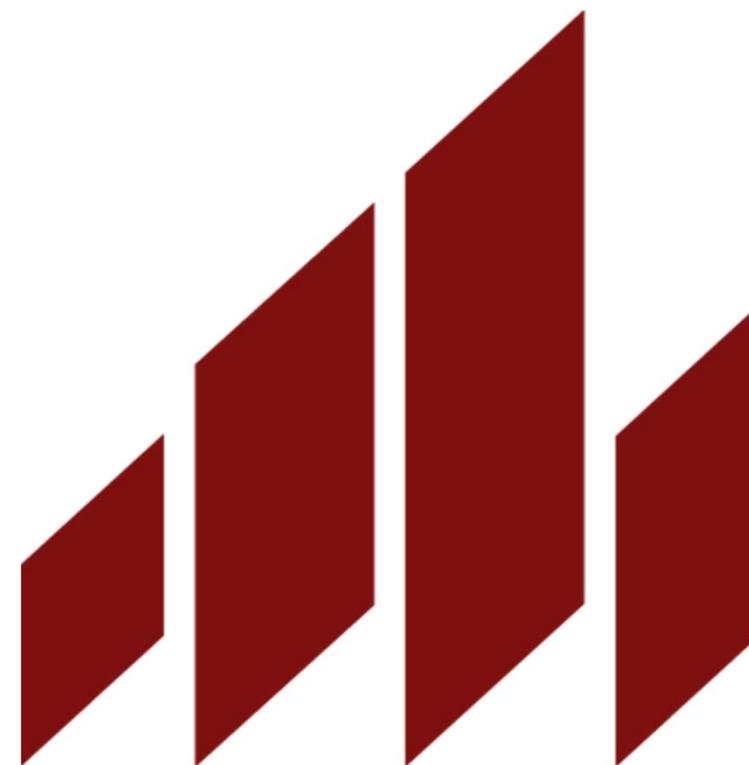
**Tabella 4.5.II.** Valori del coefficiente  $\gamma_M$  in funzione della classe di esecuzione e della categoria degli elementi resistenti

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

Calcolo delle resistenze di progetto della muratura

# MURATURA PORTANTE

Regole di progettazione



# Muratura portante

progettazione in zona sismica – limiti normativi sui blocchi e la malta

## 7.8.1.2 Materiali

Gli elementi da utilizzare per costruzioni in muratura portante debbono essere tali da evitare rotture eccessivamente fragili. A tal fine gli elementi debbono possedere i requisiti indicati nel § 4.5.2 con le seguenti ulteriori indicazioni:

- percentuale volumetrica degli eventuali vuoti non superiore al 45% del volume totale del blocco;
- eventuali setti disposti parallelamente al piano del muro continui e rettilinei; le uniche interruzioni ammesse sono quelle in corrispondenza dei fori di presa o per l'alloggiamento delle armature;
- resistenza caratteristica a rottura nella direzione portante ( $f_{bk}$ ), calcolata sull'area al lordo delle forature, non inferiore a 5 MPa;
- resistenza caratteristica a rottura nella direzione perpendicolare a quella portante ossia nel piano di sviluppo della parete ( $f_{bk}$ ), calcolata nello stesso modo, non inferiore a 1,5 MPa.

La malta di allettamento per la muratura ordinaria deve avere resistenza media non inferiore a 5 MPa e i giunti verticali debbono essere riempiti con malta. L'utilizzo di materiali o tipologie murarie aventi caratteristiche diverse rispetto a quanto sopra specificato deve essere autorizzato preventivamente dal Servizio Tecnico Centrale, su parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Sono ammesse murature realizzate con elementi artificiali o elementi in pietra squadrata.

È consentito utilizzare la muratura di pietra non squadrata o la muratura listata solo nei siti ricadenti in zona 4.

Limiti normativi generali

# Muratura portante

progettazione in zona sismica – limiti normativi sui giunti

## 8.1.5 Mortar joints

(1) For the purpose of using the values and equations given in 3.6.1 and 3.6.2, bed and perpend joints made with general purpose and lightweight mortars should have a thickness not less than 6 mm nor more than 15mm, and bed and perpend joints made with thin layer mortars should have a thickness not less than 1mm nor more than 3mm.

Note: Joints of thickness between 3 and 6mm may be constructed if the mortars have been specially developed for the particular use, when the design may be based on the use of general purpose mortar.

(2) Bed joints should be horizontal unless the designer specifies otherwise.

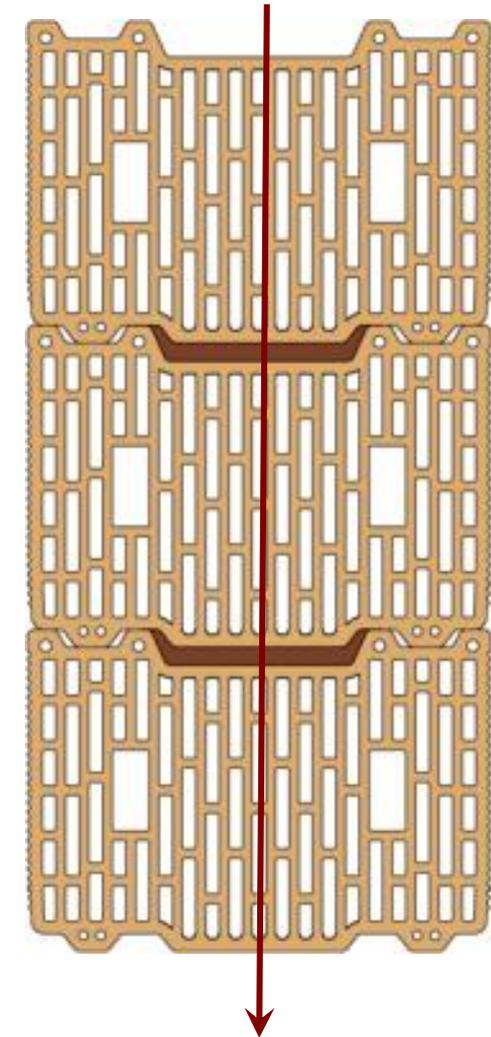
(3) Perpend joints can be considered to be filled if mortar is provided to the full height of the joint over a minimum of 40% of the width of the unit. Perpend joints in reinforced masonry subject to bending and shear across the joints should be fully filled with mortar so as to be considered filled.

Caratteristiche dei giunti malta (Eurocodice 6)

# Muratura portante

progettazione in zona sismica – limiti normativi sui blocchi

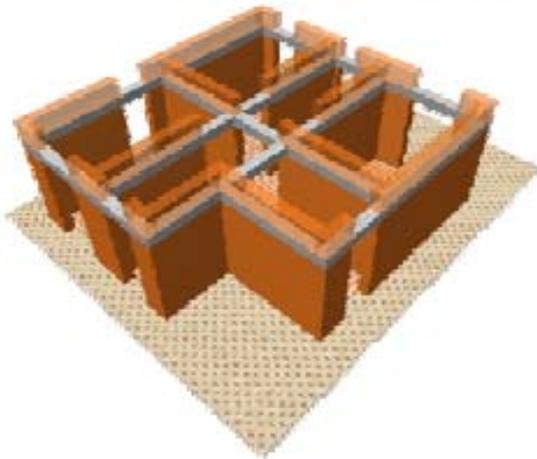
- La percentuale di foratura dei blocchi < 45% (blocchi semipieni tranne in zona sismica 4 dove è possibile utilizzare i blocchi forati con foratura 55%)
- Le cartelle in laterizio devono essere rettilinee
- e disposte parallelamente al piano del muro
- Resistenza dei blocchi ( $f_{bk} > 5\text{MPa}$ ;  $f_{bk} > 1,5\text{ Mpa}$ )
- I giunti verticali riempiti con malta (**tranne in zona 4**)



# Muratura portante

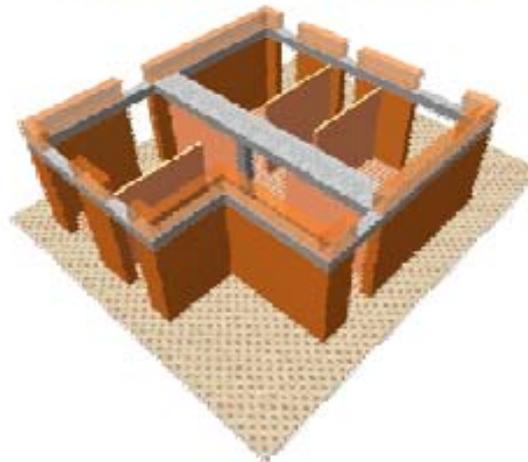
progettazione in zona sismica

**Muratura ordinaria**



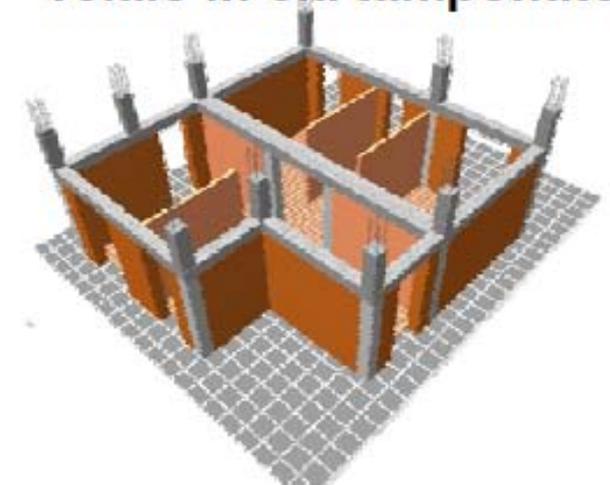
1

**Muratura armata**



2

**Telaio in c.a tamponato**

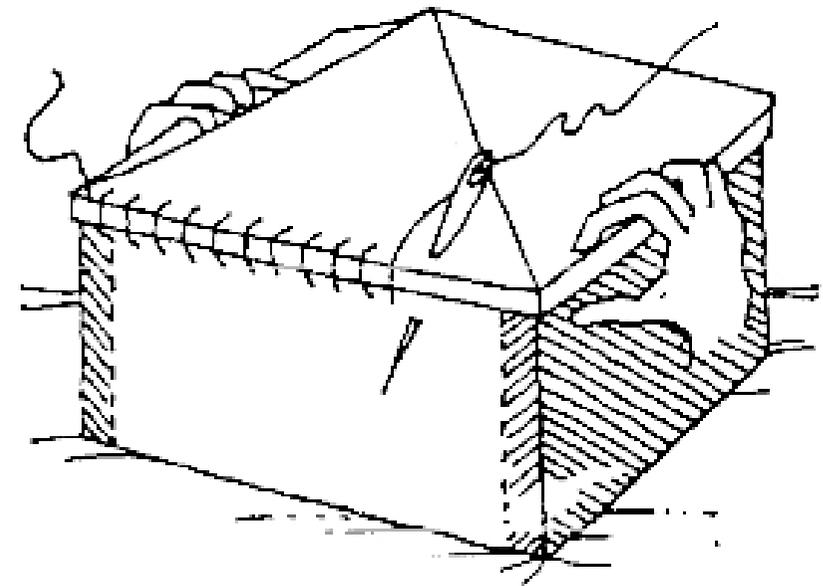
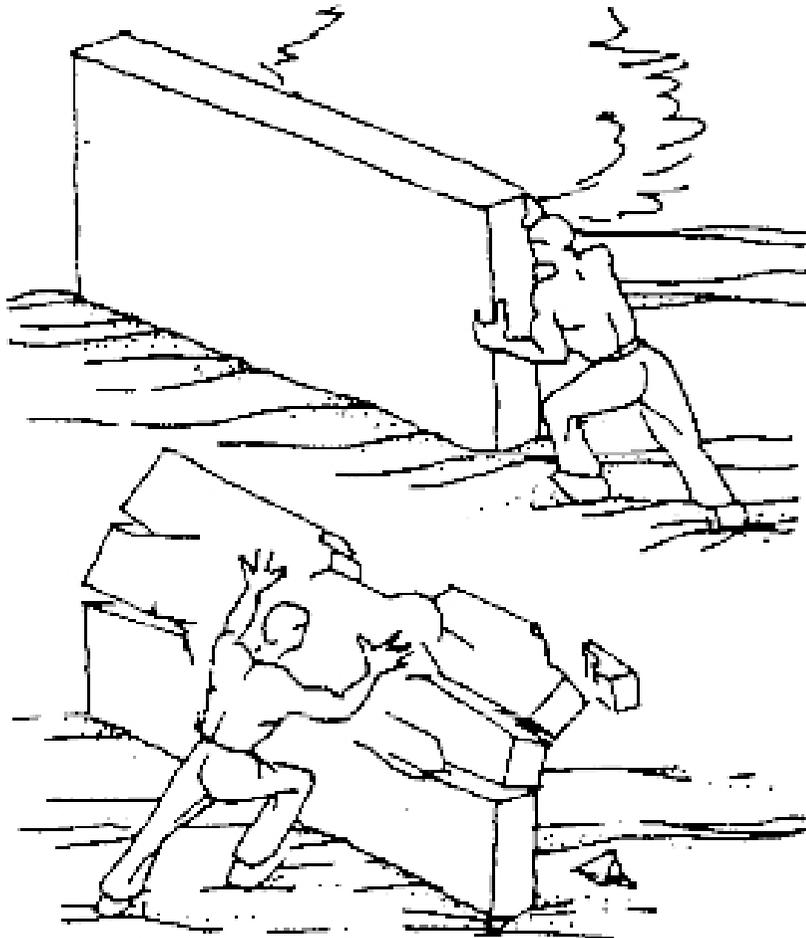


(3)

Regole di progettazione

# Muratura portante ordinaria

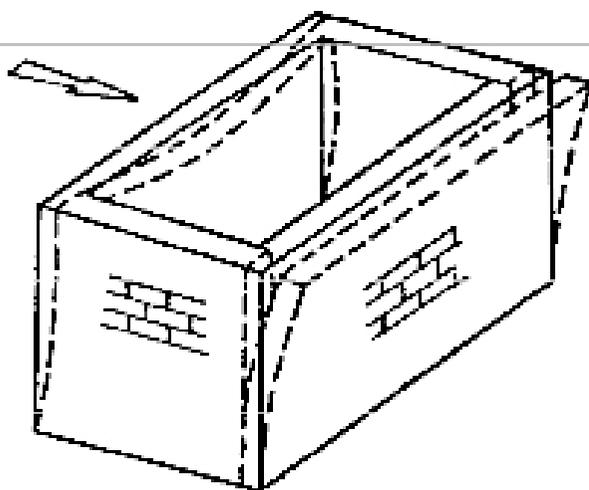
costruzioni in zona sismica



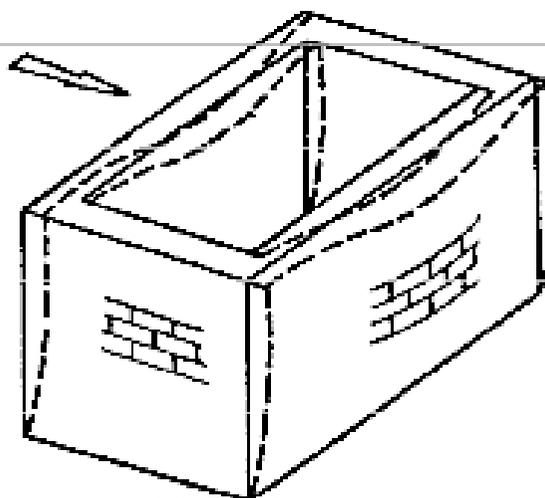
Comportamento scatolare della struttura

# Muratura portante ordinaria

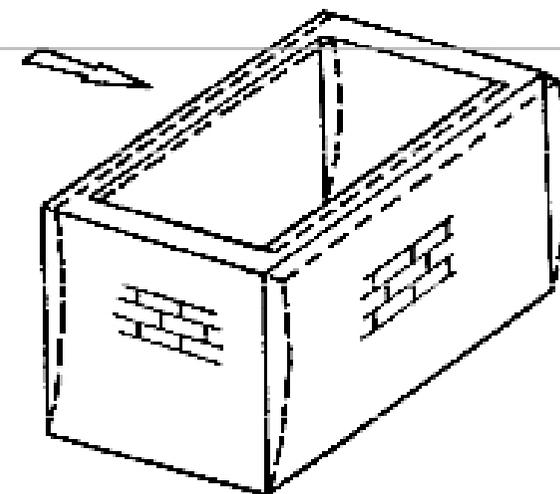
costruzioni in zona sismica



a) con solaio deformabile  
e senza cordolo



b) con cordolo e con  
solaio deformabile



c) con cordolo e con  
solaio rigido

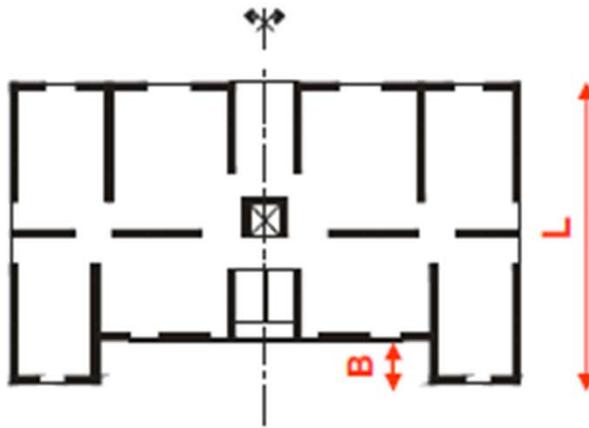
Comportamento scatolare della struttura



# Muratura portante ordinaria

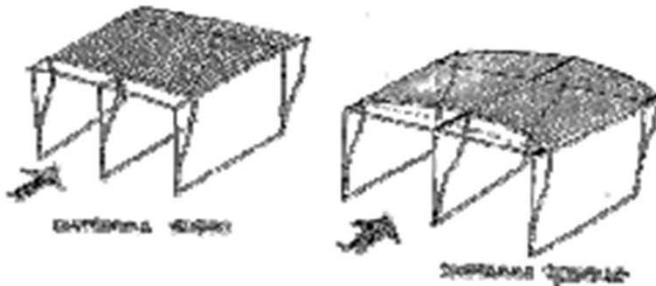
costruzioni in zona sismica

## REGOLARITA' IN PIANTA



$$B < 25\% L$$

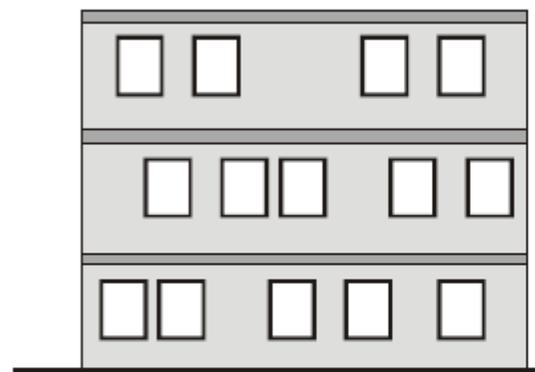
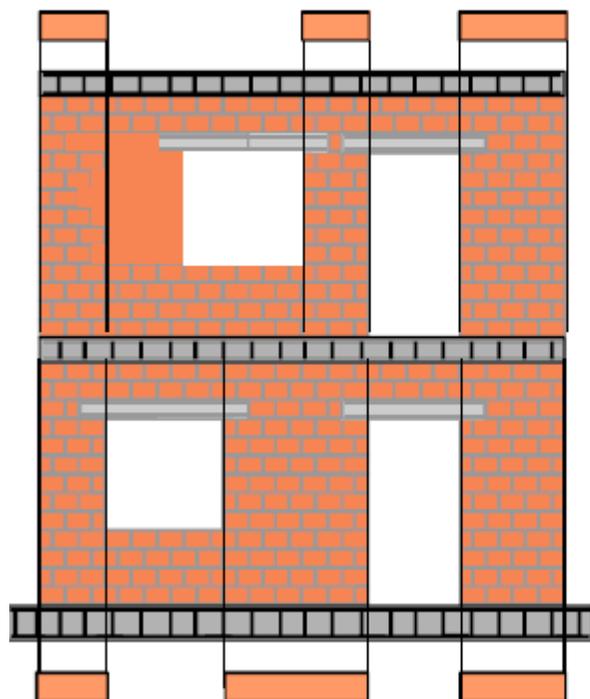
- almeno una dimensione di eventuali rientri o sporgenze non supera il 25 % della dimensione totale dell'edificio nella corrispondente direzione;



- i solai possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti.

## REGOLARITA' IN ALTEZZA

- tutti i sistemi resistenti verticali dell'edificio (quali telai e pareti) si estendono per tutta l'altezza dell'edificio;



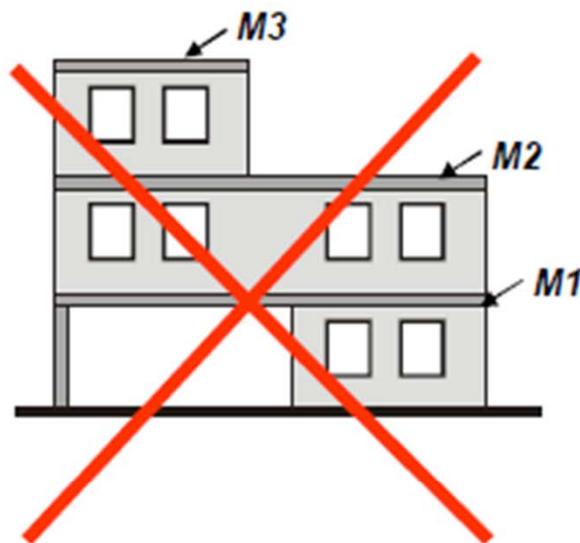
*Disposizione di aperture  
sfalsate ai vari piani*

Ai fini della valutazione dell'area resistente si prendono in considerazione per la verifica del generico piano le sole porzioni di muro che presentano continuità verticale dal piano oggetto di verifica fino alle fondazioni

# Muratura portante ordinaria

costruzioni in zona sismica

## REGOLARITA' IN ALTEZZA



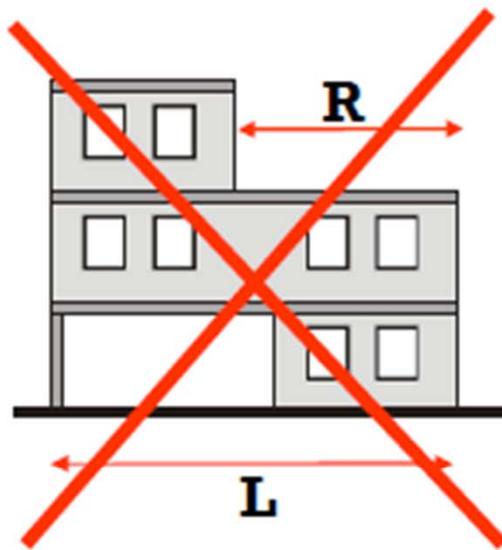
$$M2 - M3 < 25\% M2$$

- massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla cima dell'edificio (le variazioni di massa da un piano all'altro non superano il 25 %, la rigidezza non si abbassa da un piano al sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%);

# Muratura portante ordinaria

costruzioni in zona sismica

## REGOLARITA' IN ALTEZZA



$$R > 25\% L$$

- eventuali restringimenti della sezione orizzontale dell'edificio avvengono in modo graduale da un piano al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni piano il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo piano, né il 20% della dimensione corrispondente al piano immediatamente sottostante

# Muratura portante ordinaria

## costruzioni in zona sismica

**Tabella 7.8.II** – *Requisiti geometrici delle pareti resistenti al sisma.*

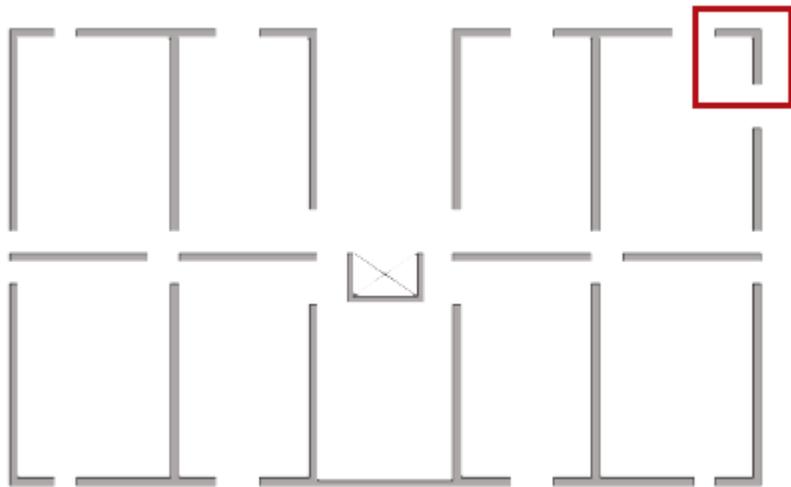
Tipologie costruttive	$t_{\min}$	$(\lambda=h_o/t)_{\max}$	$(l/h')_{\min}$
Muratura ordinaria, realizzata con elementi in pietra squadrata	300 mm	10	0,5
Muratura ordinaria, realizzata con elementi artificiali	240 mm	12	0,4
Muratura armata, realizzata con elementi artificiali	240 mm	15	Qualsiasi
Muratura ordinaria, realizzata con elementi in pietra squadrata, in siti ricadenti in zona 3 e 4	240 mm	12	0,3
Muratura realizzata con elementi artificiali semipieni, in siti ricadenti in zona 4	200 mm	20	0,3
Muratura realizzata con elementi artificiali pieni, in siti ricadenti in zona 4	150 mm	20	0,3

La geometria delle pareti resistenti al sisma, deve rispettare i requisiti indicati nella Tab. 7.8.II, in cui  $t$  indica lo spessore della parete al netto dell'intonaco,  $h_o$  l'altezza di libera inflessione della parete come definito al § 4.5.6.2,  $h'$  l'altezza massima delle aperture adiacenti alla parete,  $l$  la lunghezza della parete.

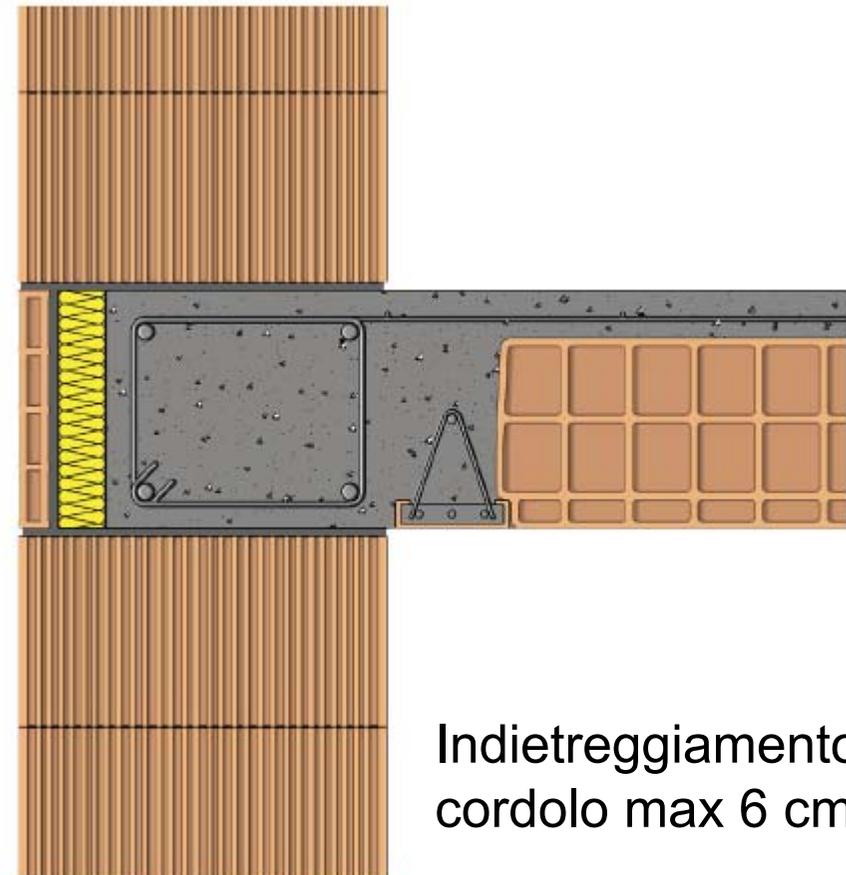
Snellezza delle murature

# Muratura portante ordinaria

costruzioni in zona sismica



Spallette laterali in  
corrispondenza degli angoli  
almeno 1 mt

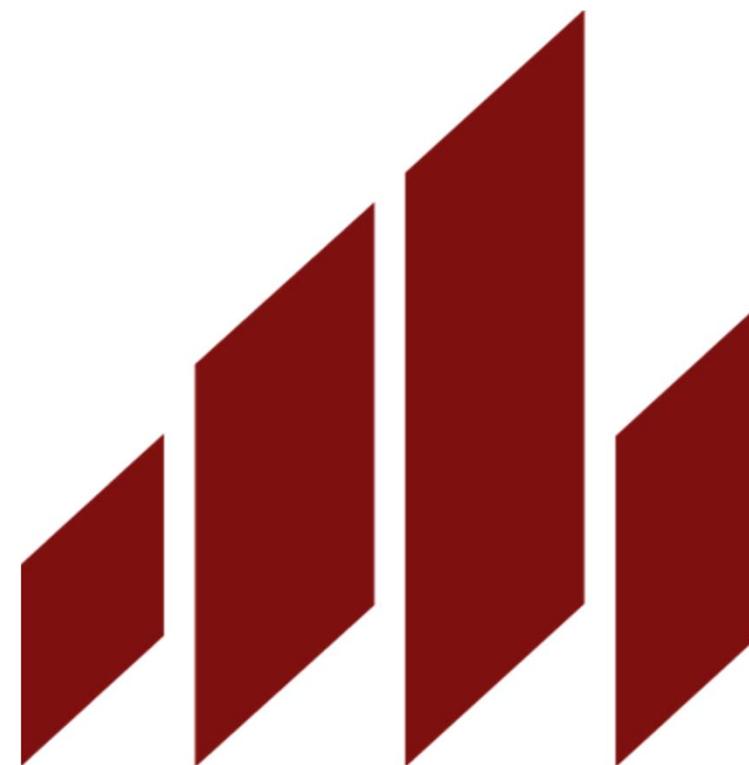


Indietreggiamento del  
cordolo max 6 cm

Regole di dettaglio

# MURATURA ARMATA

Regole di progettazione



La muratura armata deve rispettare tutti i requisiti minimi per i materiali che compaiono per la muratura portante ordinaria

## Blocchi

- Blocchi semipieni foratura <45%
- Area massima dei fori 12 cmq
- Area massima fori di presa 35 cmq (max 2)
- Fbk minimo = 5 Mpa
- Fbk minimo = 1,5 Mpa
- Setti interni paralleli al muro, continui e rettilinei

## Malta

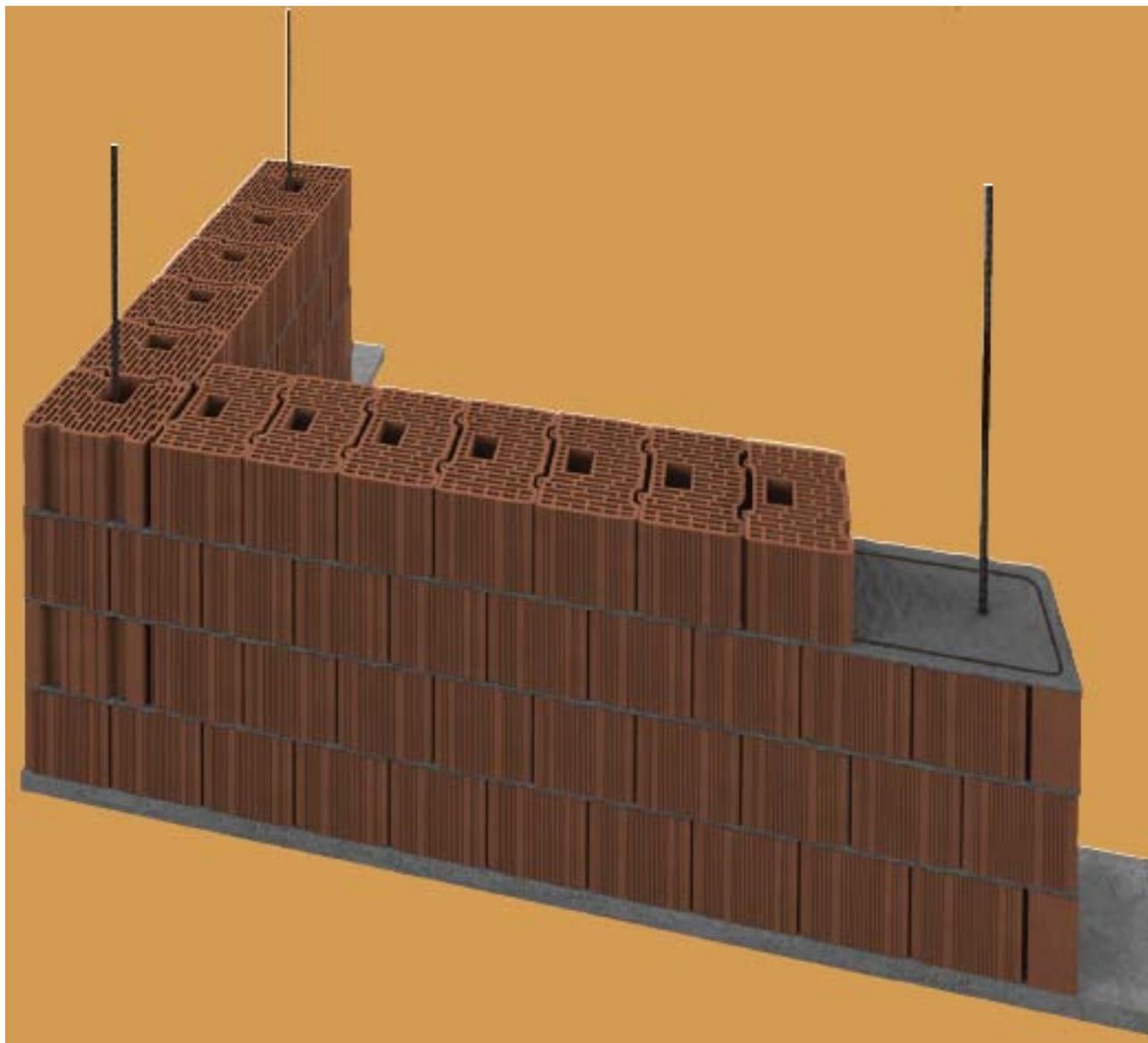
- Almeno M10
- Giunti continui orizzontali e verticali

## Acciaio

- Armature verticali
- Armature orizzontali

# Muratura armata

regole di progettazione



## Armatura orizzontale

Ha la funzione di aumentare la resistenza a taglio della murature

Armatura minima 2  $\phi 5$  con passo  $\leq 60$  cm

Percentuale compresa tra 0,04% e 0,5% dell'area lorda della muratura

## Armatura verticale

Collocata all'interno di appositi pilastrini formati nei blocchi ( $\phi$  min 6 cm)

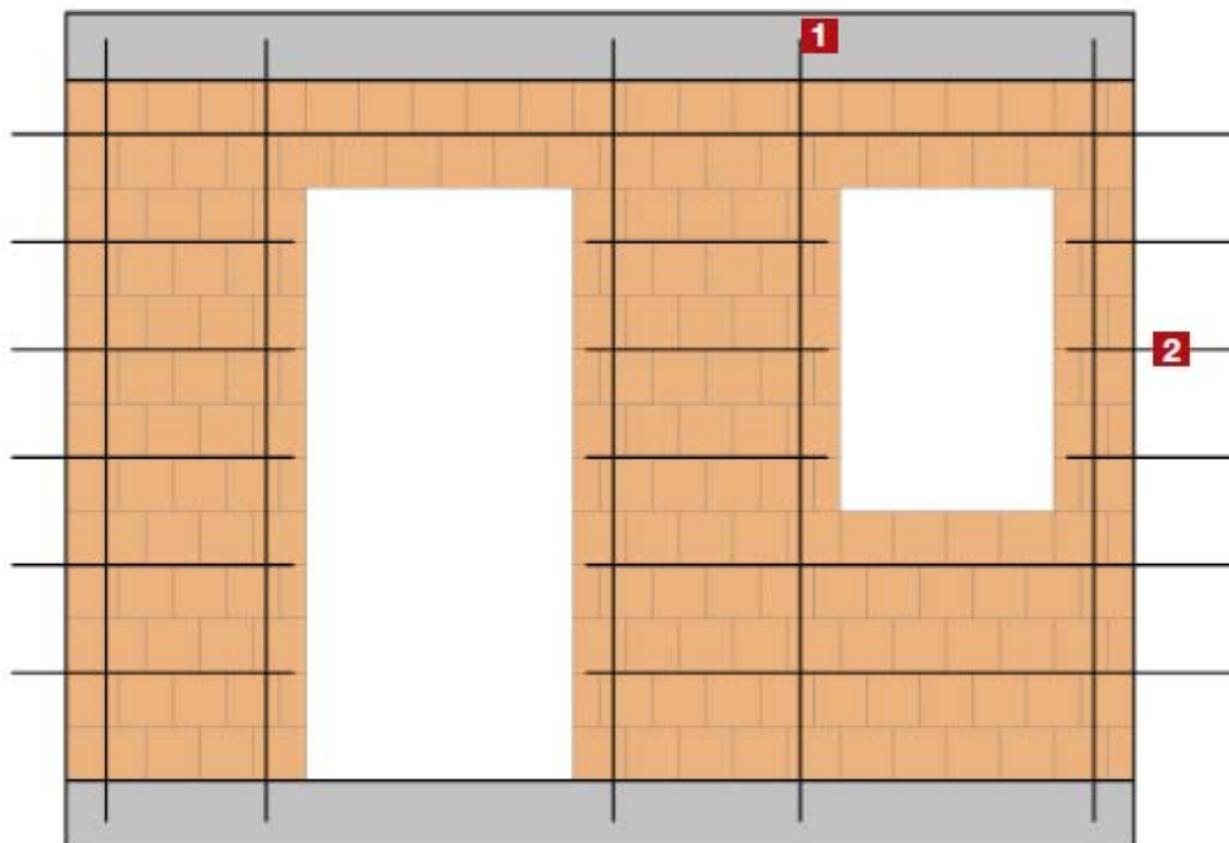
Armatura minima 1  $\phi 16$  con passo max 4 m

Percentuale compresa tra 0,05% e 1,0% dell'area lorda della muratura

Vantaggi della muratura armata rispetto alla muratura ordinaria

# Muratura armata

## regole di progettazione



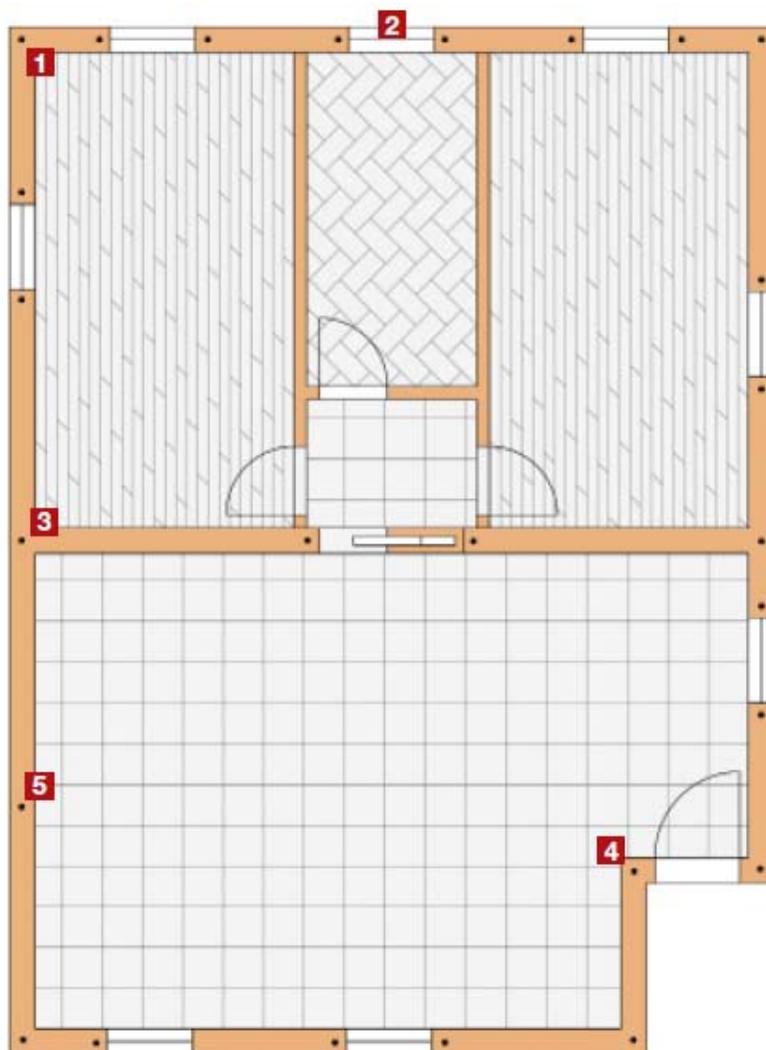
### Disposizione delle armature verticali ed orizzontali in prospettiva

- Armatura verticale min 1 F16  
passo max 4 mt **(1)**
- Armatura orizzontale min 2 F5  
passo  $\leq$  60 cm **(2)**
- Sovrapposizione armature min 60F

Il posizionamento delle armature

# Muratura armata

## regole di progettazione



### Disposizione delle armature verticali in pianta

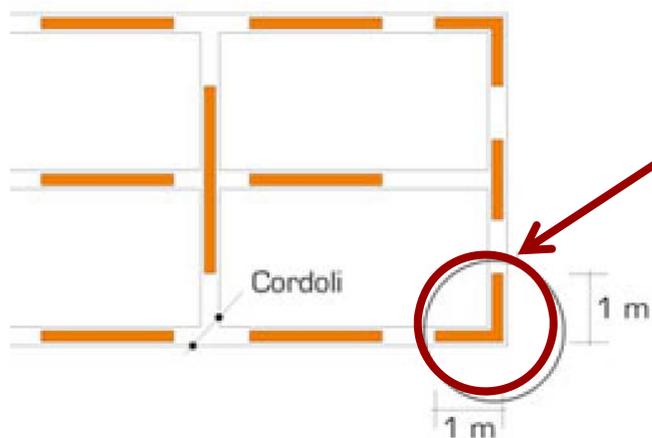
Sono indicate le 5 posizioni obbligatorie prescritte dalle NTC 2008 par. 4.5.7.

- Angolo (1)
- Spalletta di porte e finestre (2)
- Intersezione tra murature portanti (3)
- Estremo libero (4)
- Su pareti cieche con interasse non superiore a 4 m (5)

Il posizionamento delle armature

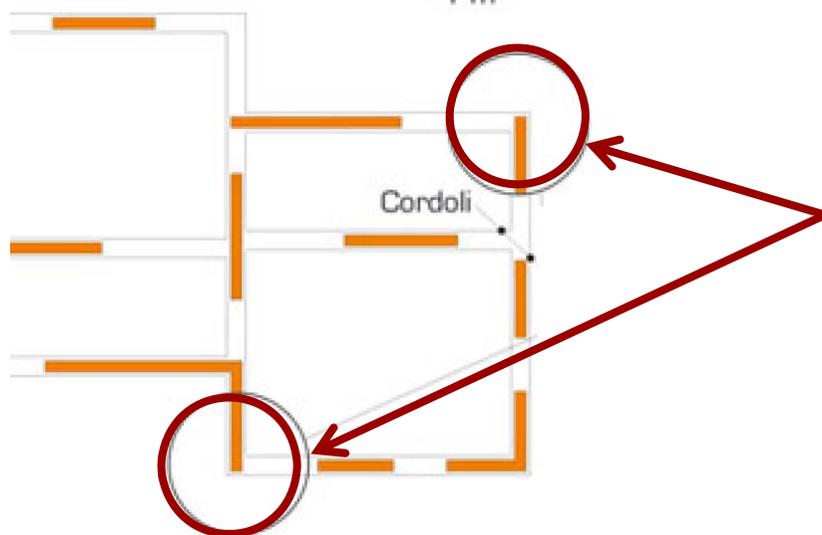
# Muratura armata

regole di progettazione



Muratura ordinaria:

Spalletta d'angolo minimo 1m  
compreso lo spessore del muro



Muratura armata:

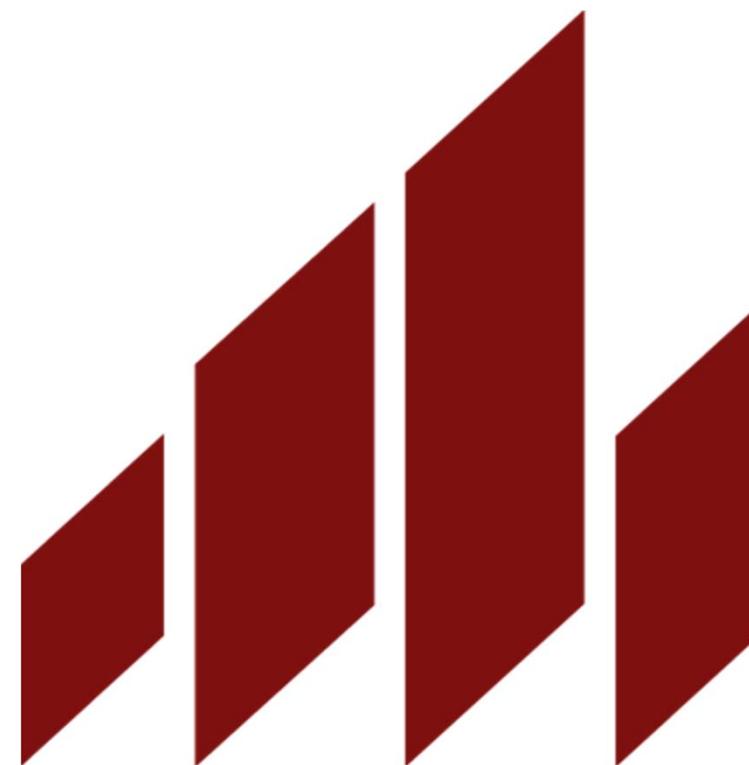
E' possibile derogare e finire l'angolo  
con un estremo libero

- Luci dei solai maggiori (si passa dai 7 mt agli 11 mt)
- Spalletta d'angolo di 1 m non necessaria
- Maggiore snellezza delle pareti (rapporto altezza – spessore)
- Necessità di minore quantità di muratura, di conseguenza aperture con luce maggiore ed in quantità superiore
- Distribuzione planimetrica più libera

Vantaggi della muratura armata rispetto alla muratura ordinaria

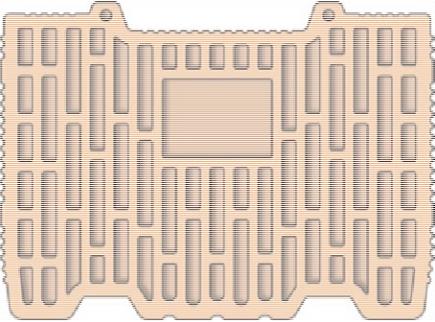
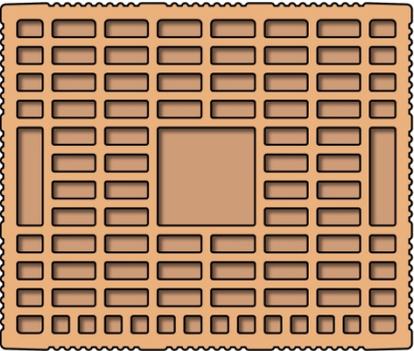
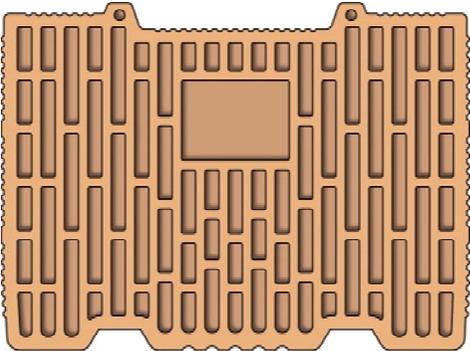
# MURATURA ARMATA

Blocchi e posa in opera



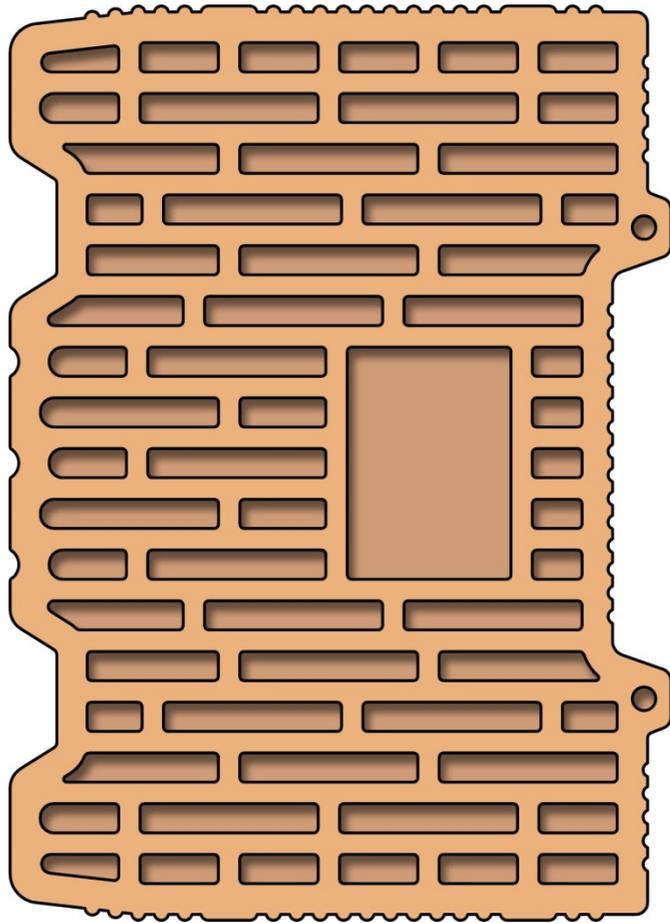
# Muratura armata

il sistema Porotherm Bio Evolution: caratteristiche e vantaggi

<b>Pth BIO 30-21/19 M.A.</b>	<b>Pth MOD BIO 25- 30/19 M.A.</b>	<b>Pth BIO 35-25/19 M.A.</b>
		
<b>EVOLUTION a incastro</b>	<b>EVOLUTION modulare</b>	<b>EVOLUTION a incastro</b>
Muratura armata sp. 30 cm	Muratura armata sp. 25 cm e MOD 30x25	Muratura armata sp. 35 cm

## Muratura armata

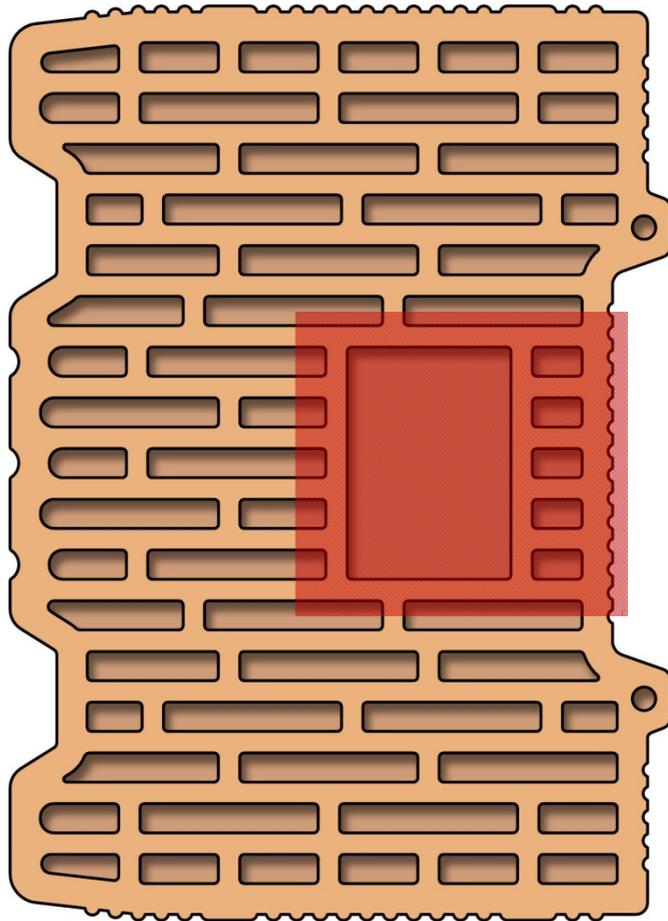
il sistema Porotherm Bio Evolution: caratteristiche e vantaggi



- Dimensioni 30x21x19
- Alleggerito con farina di legno (come tutti i prodotti di Feltre)
- Giunto verticale: tasca riempita di malta
- Foro sfalsato

## Muratura armata

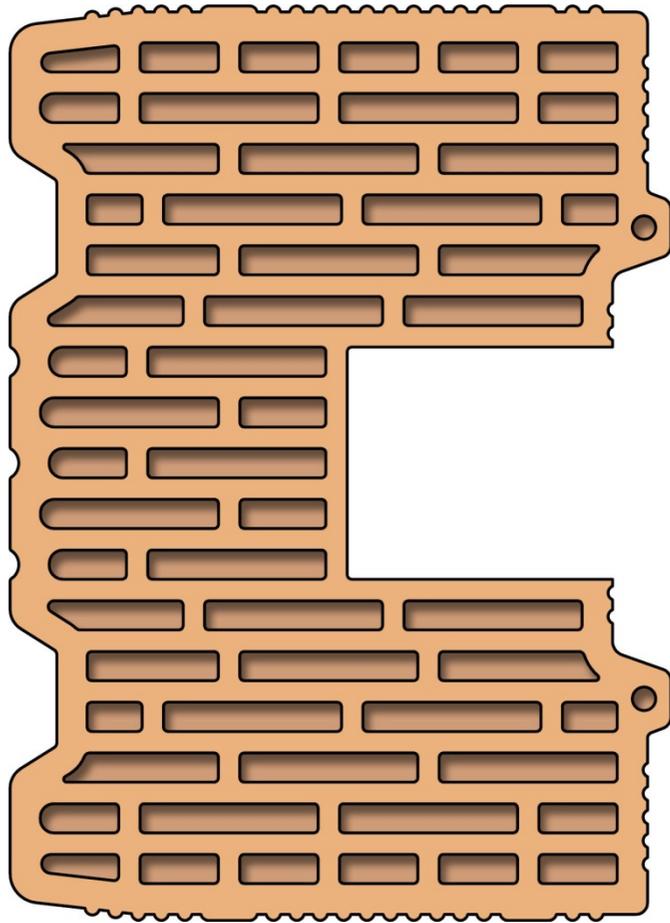
il sistema Porotherm Bio Evolution: caratteristiche e vantaggi



- Dimensioni 30x21x19
- Alleggerito con farina di legno (come tutti i prodotti di Feltre)
- Giunto verticale: tasca riempita di malta
- Foro sfalsato

## Muratura armata

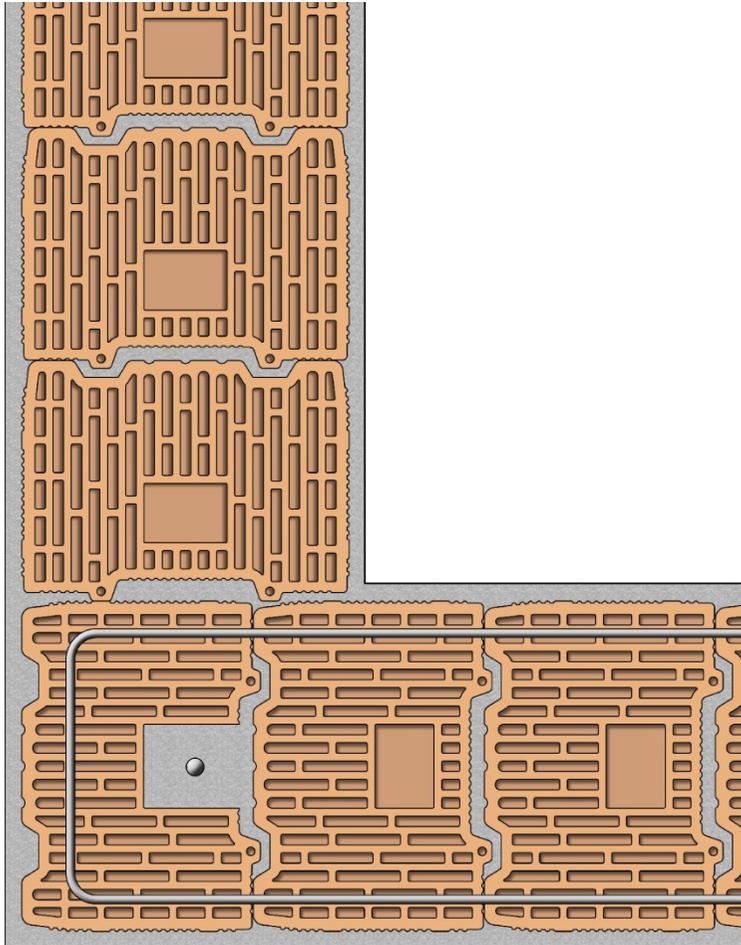
il sistema Porotherm Bio Evolution: caratteristiche e vantaggi



Grazie al foro sfalsato, non è più necessario infilare il blocco dall'alto come nella muratura armata tradizionale

# Muratura armata

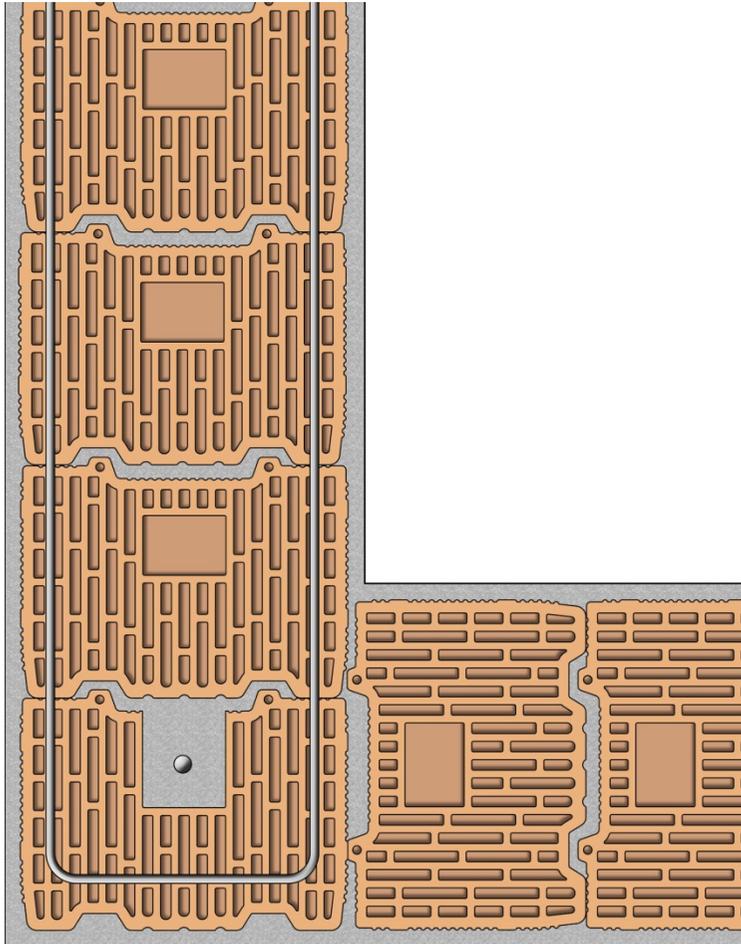
il sistema Porotherm Bio Evolution: caratteristiche e vantaggi



- Grazie al foro sfalsato il pilastrino si riesce a creare semplicemente ruotando il blocco
- Perfetta modularità: i fori coincidono non solo per l'angolo
- Barre d'armatura a tutta altezza

# Muratura armata

il sistema Porotherm Bio Evolution: caratteristiche e vantaggi



- Grazie al foro sfalsato il pilastrino si riesce a creare semplicemente ruotando il blocco
- Perfetta modularità: i fori coincidono non solo per l'angolo
- Barre d'armatura a tutta altezza

# Muratura armata

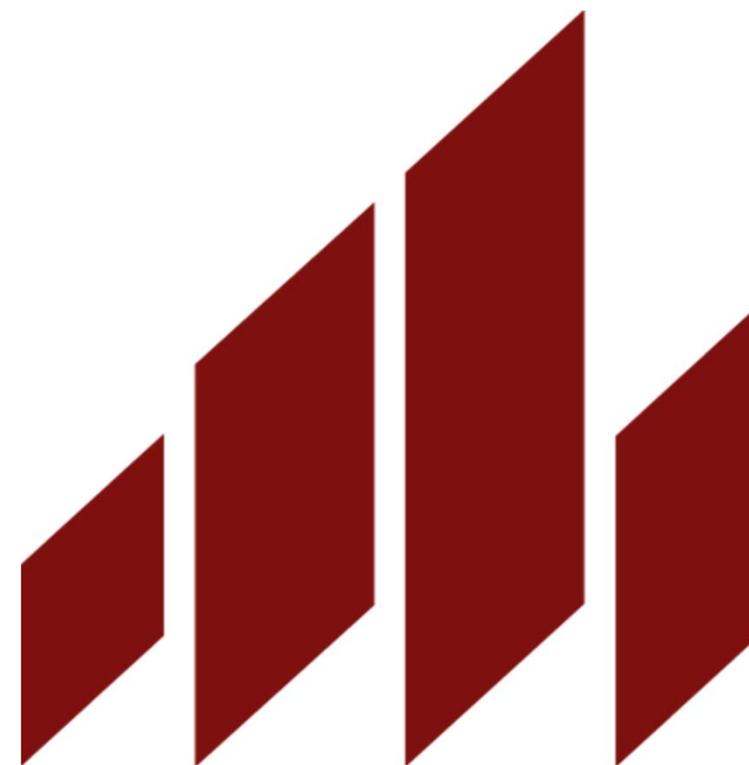
il sistema Porotherm Bio Evolution: caratteristiche e vantaggi



- **Foro sfalsato** = non occorre infilare il blocco dall'alto; posa semplificata e più veloce
- **Giunto verticale con tasca** = minori tempi di posa, maggiore garanzia di posa e minor consumo di malta
- **Blocco unico** = non esistono pezzi speciali per fare angoli, solo i mezzi blocchi per limitare i tagli in corrispondenza delle aperture
- **Incastro e alleggerimento con farina di legno** = maggiori prestazioni termiche

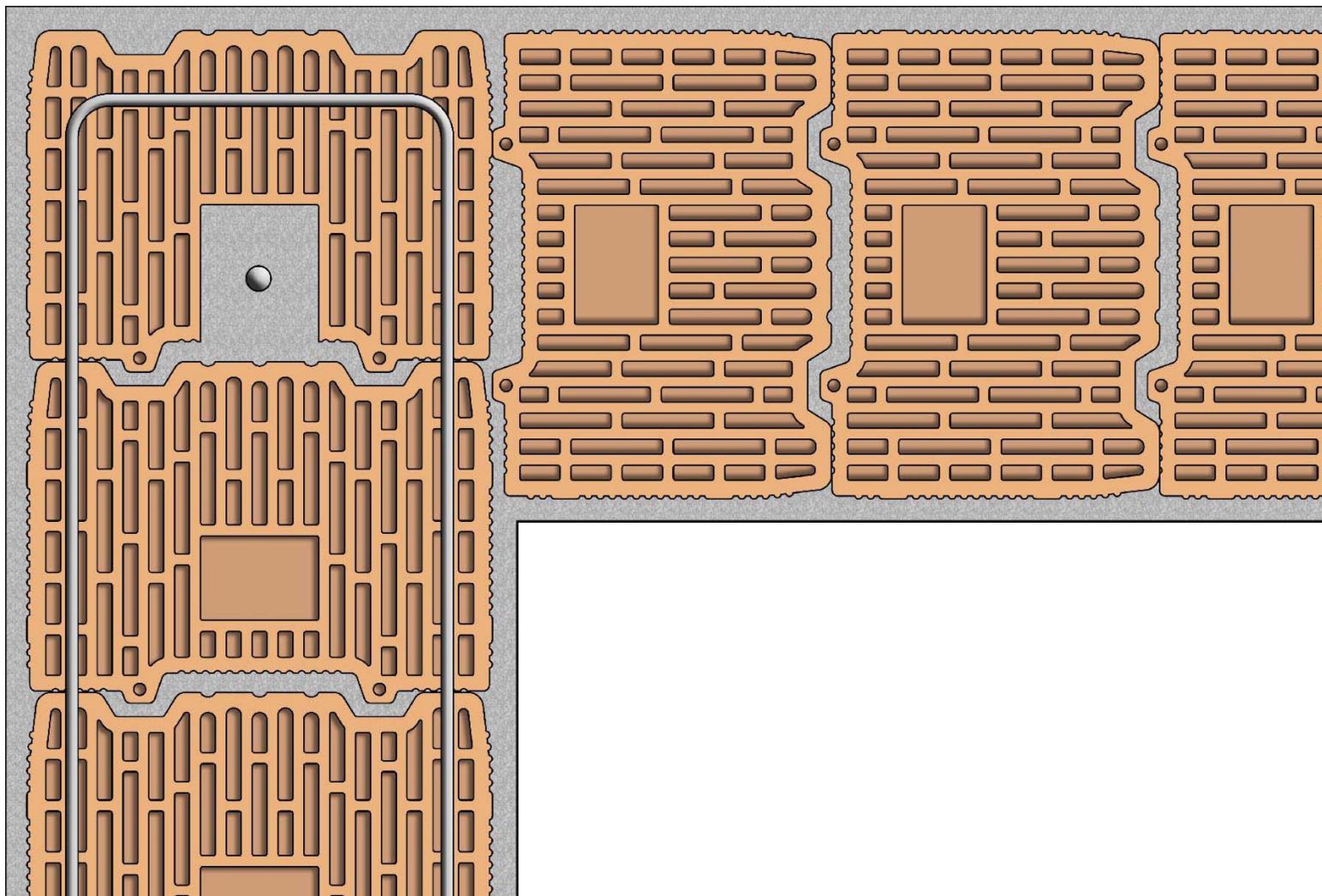
# MURATURA ARMATA

Particolari tecnici e cantiere



# Muratura armata

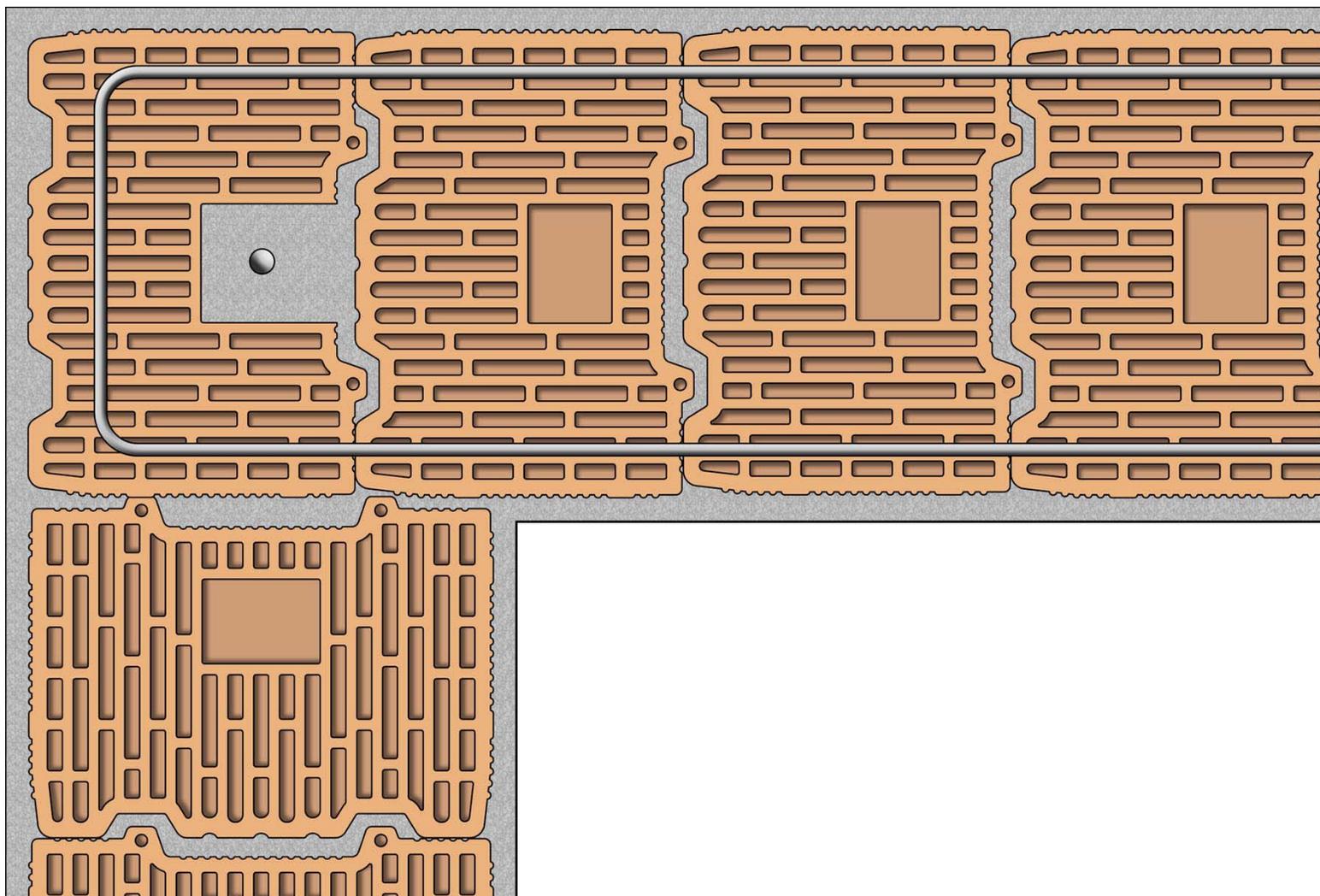
particolari tecnici e cantiere



Angolo

# Muratura armata

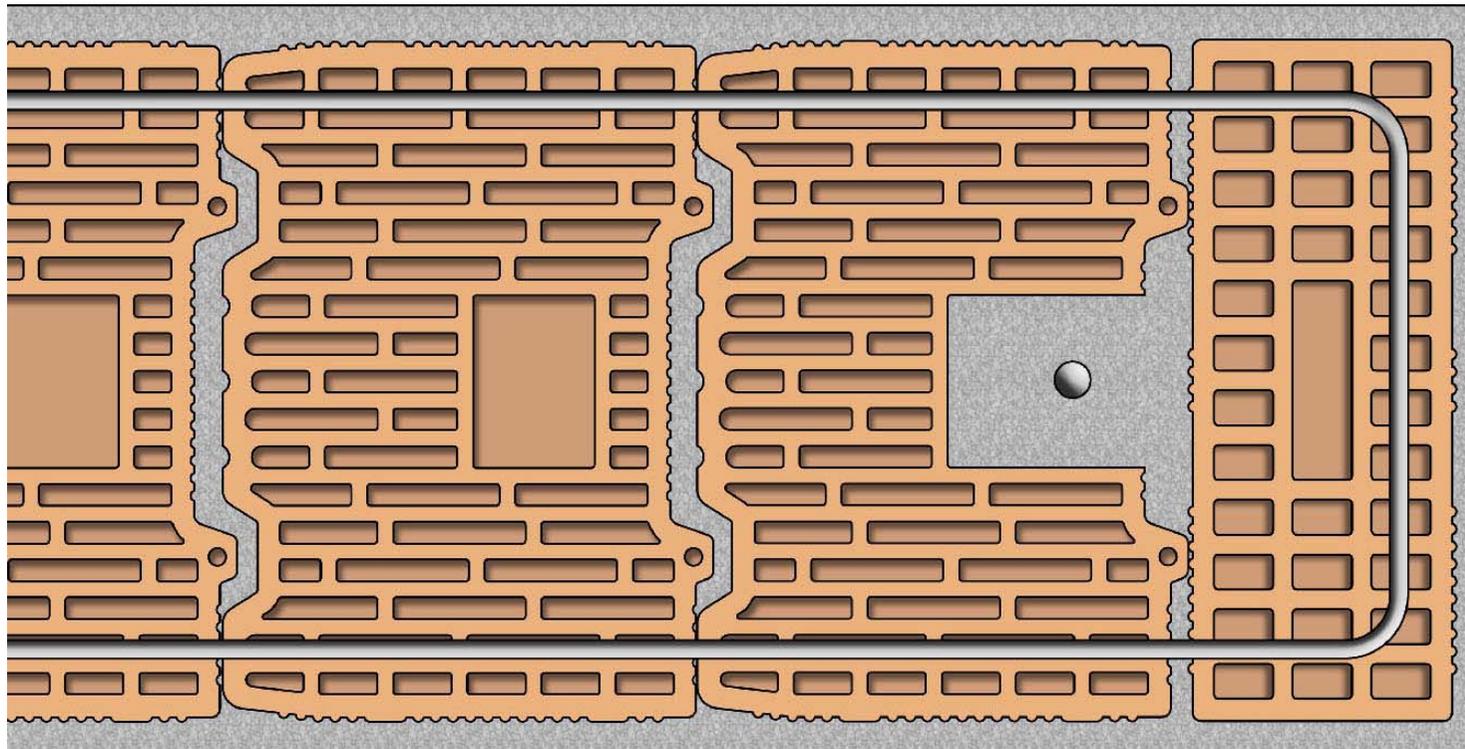
particolari tecnici e cantiere



Angolo

# Muratura armata

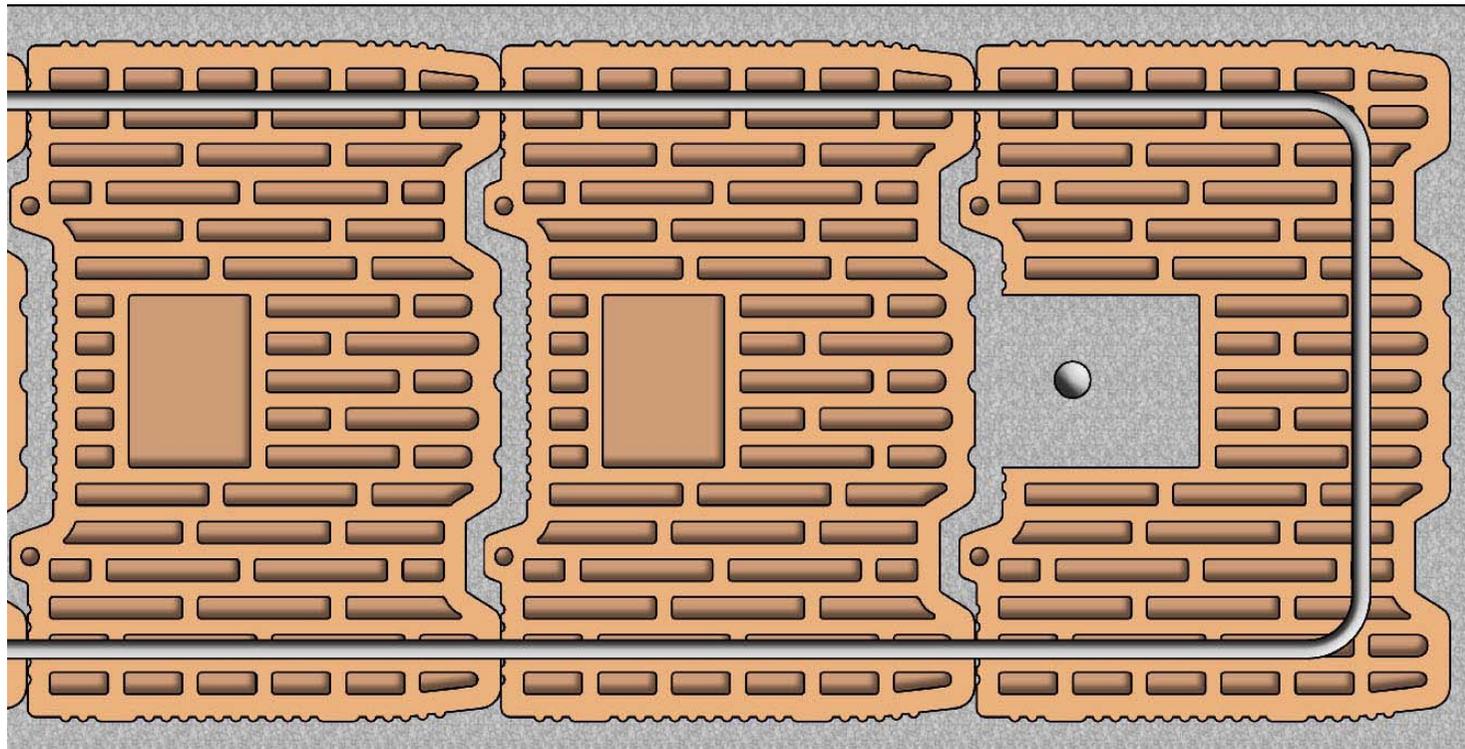
particolari tecnici e cantiere



Spalletta

# Muratura armata

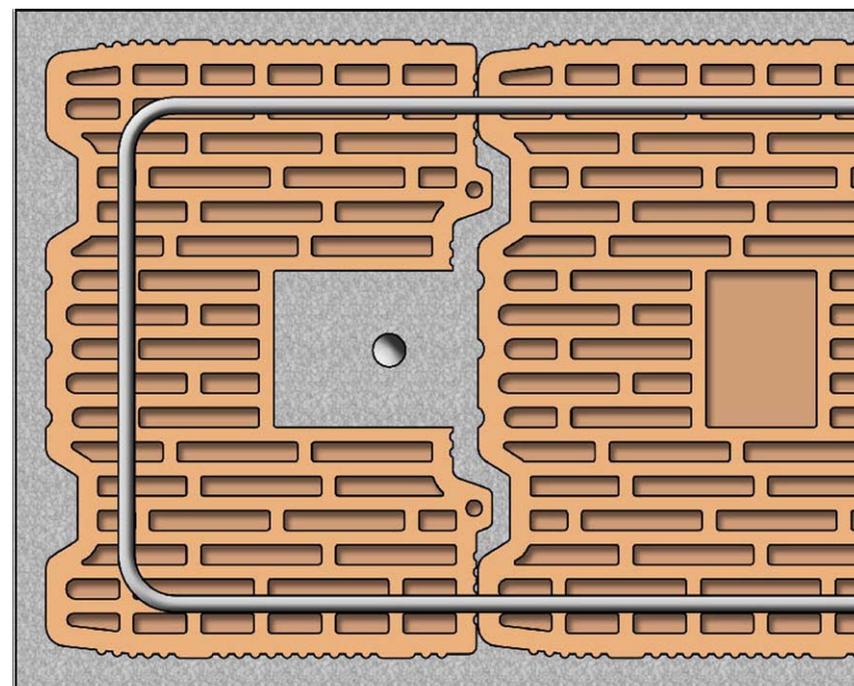
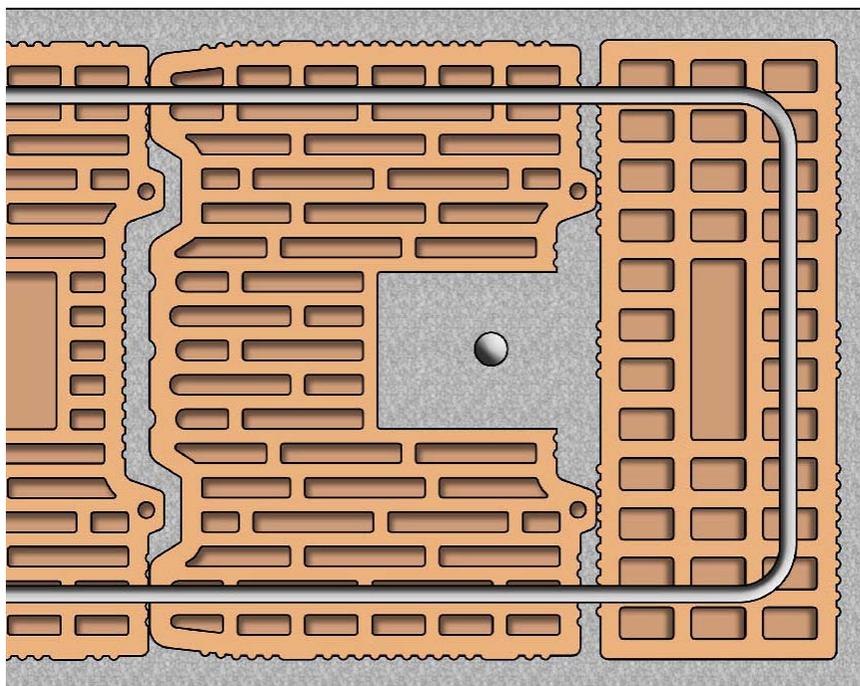
particolari tecnici e cantiere



Spalletta

# Muratura armata

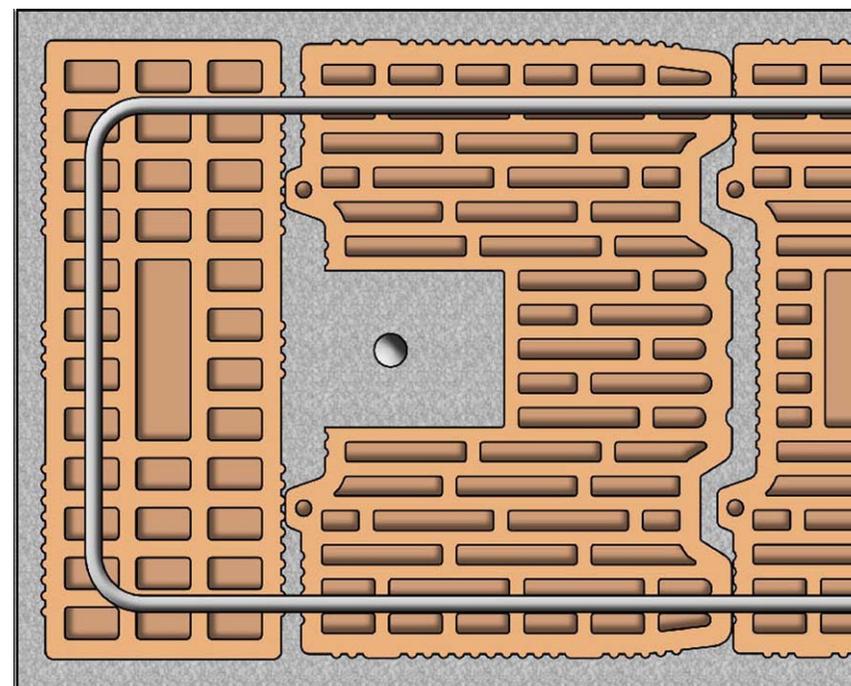
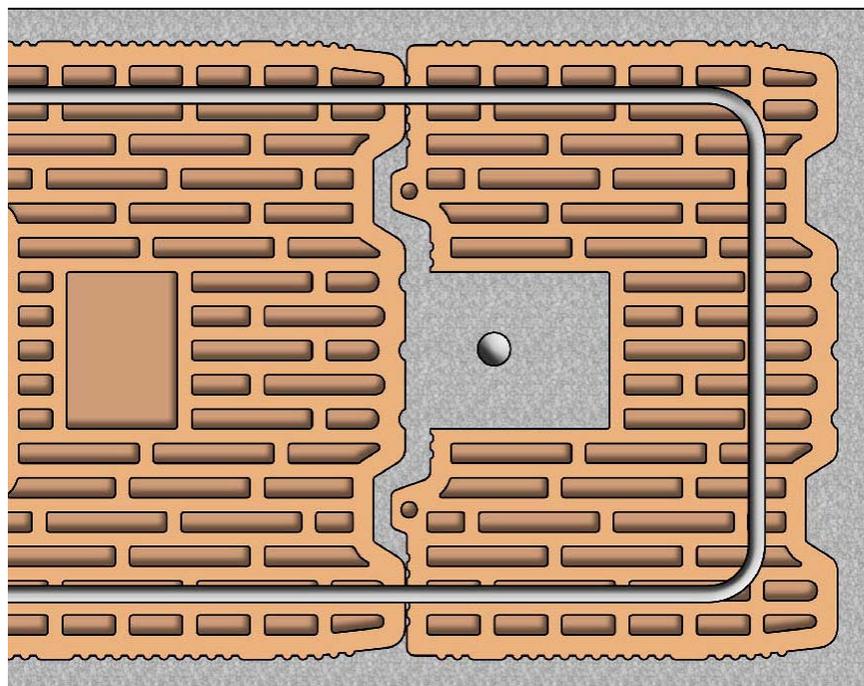
particolari tecnici e cantiere



Apertura

# Muratura armata

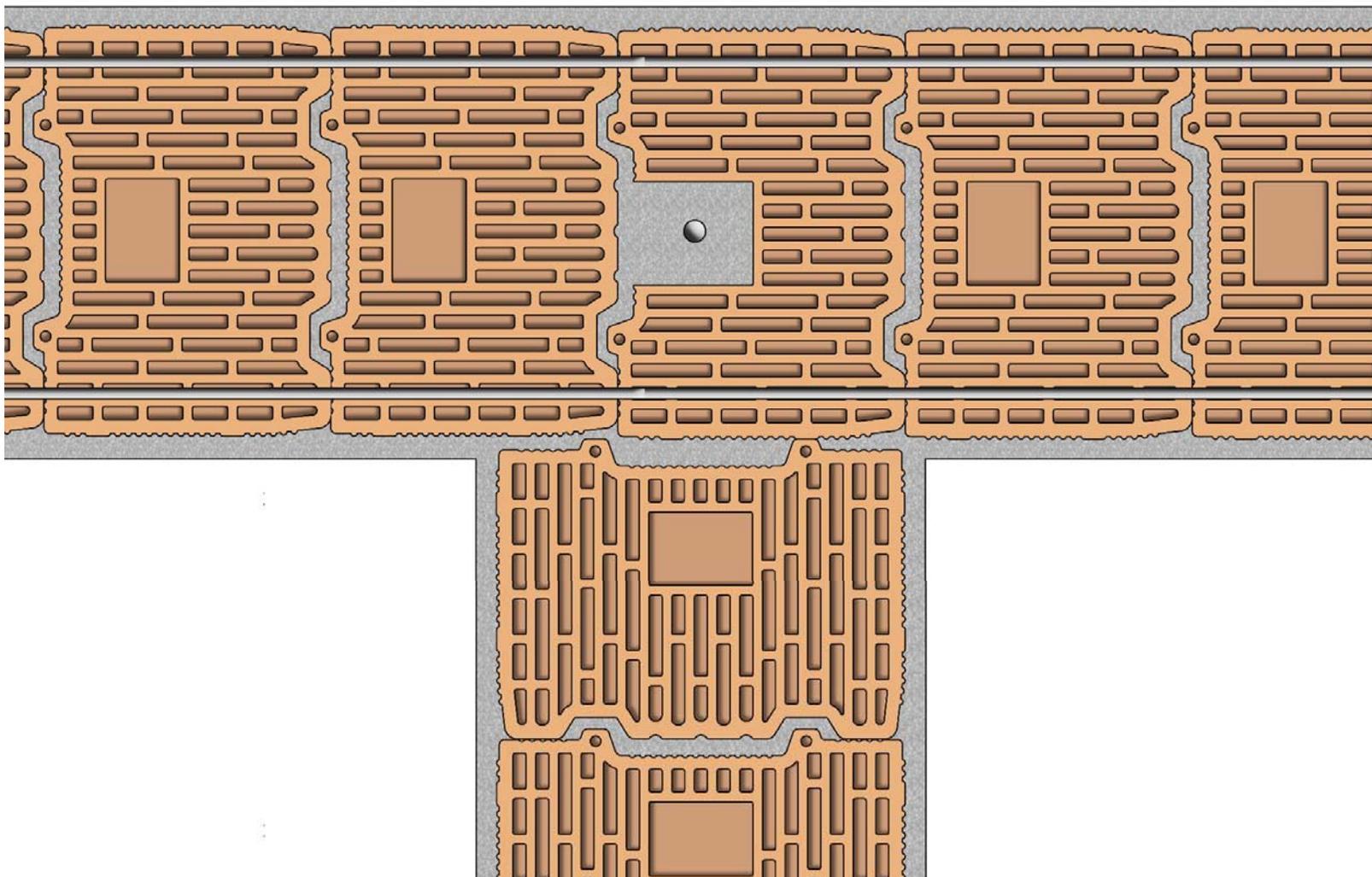
particolari tecnici e cantiere



Apertura

# Muratura armata

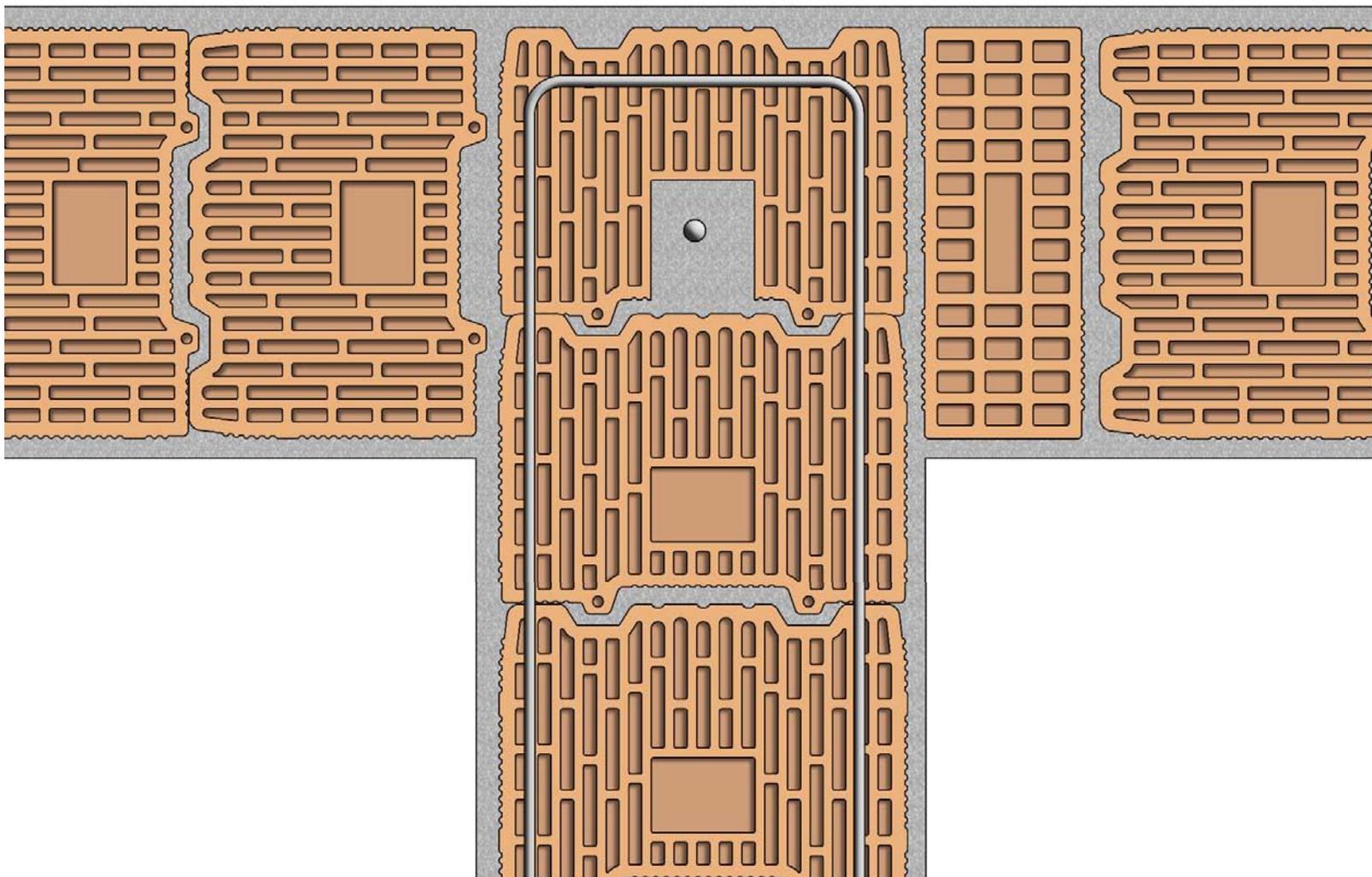
particolari tecnici e cantiere



Incrocio a «T»

# Muratura armata

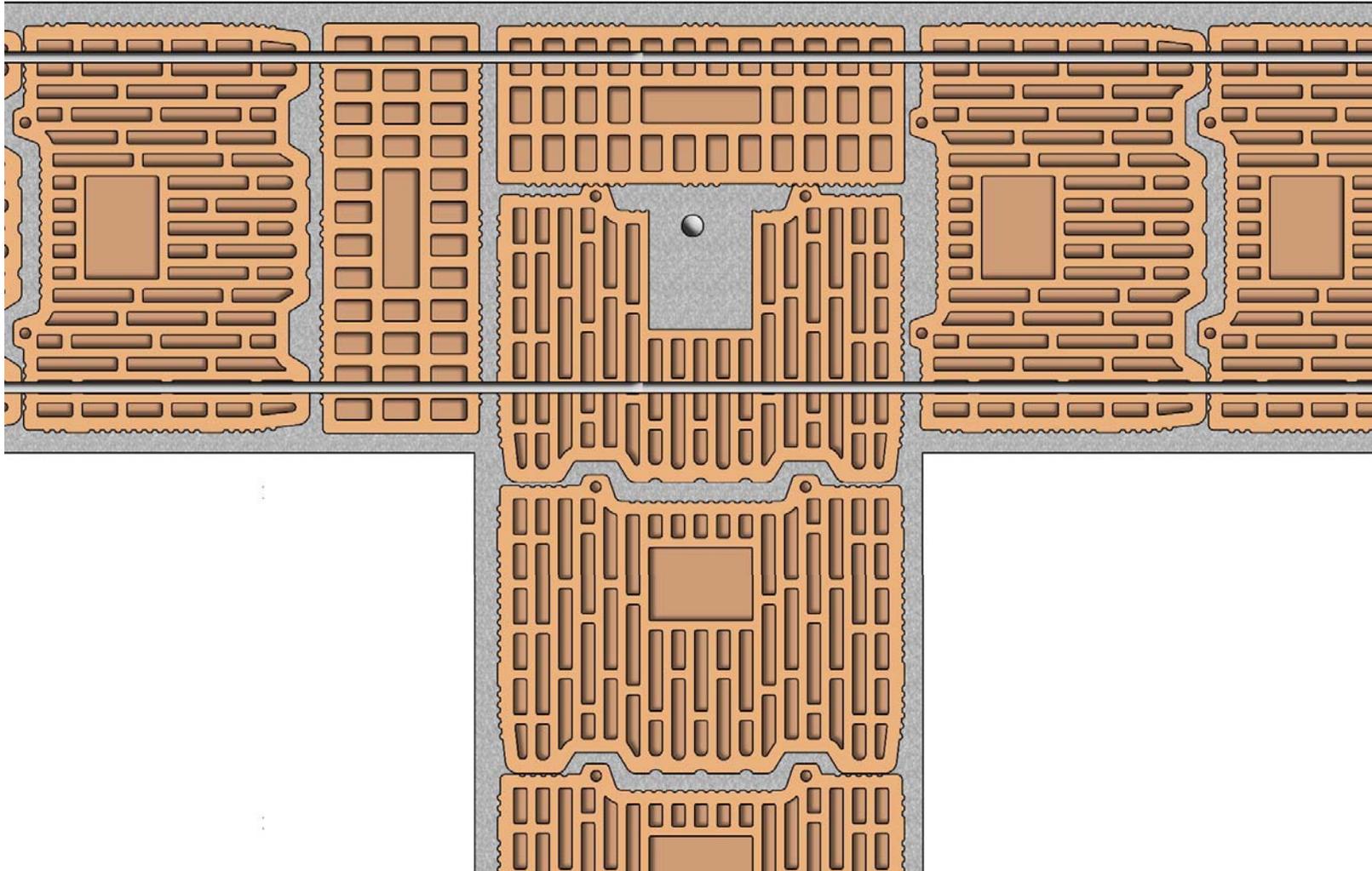
particolari tecnici e cantiere



Incrocio a «T»

# Muratura armata

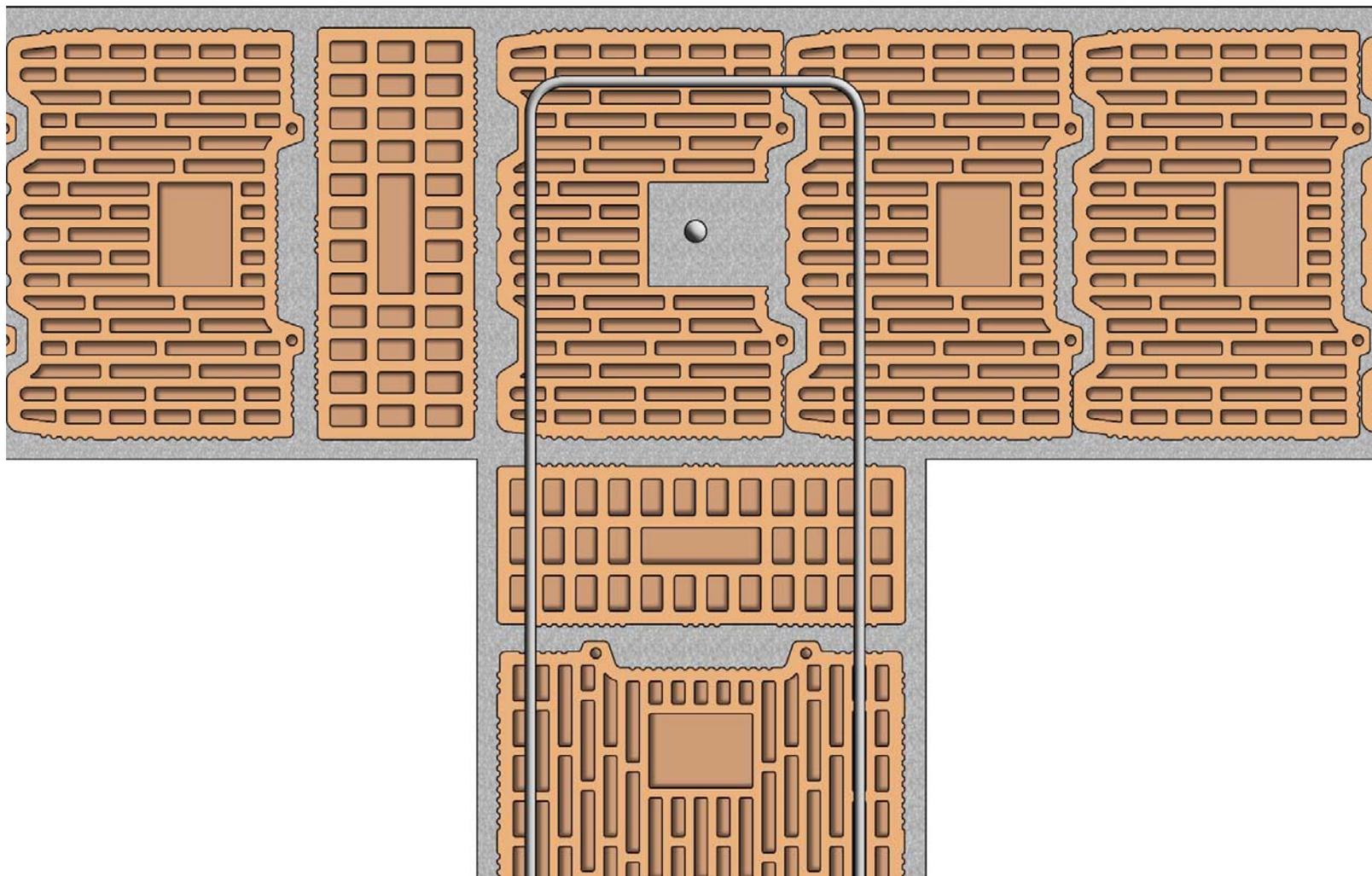
particolari tecnici e cantiere



Incrocio a «T»

# Muratura armata

particolari tecnici e cantiere



Incrocio a «T»

# Muratura armata

particolari tecnici e cantiere



[VIDEO TEORICO](#)

[VIDEO CANTIERE](#)

# Muratura armata

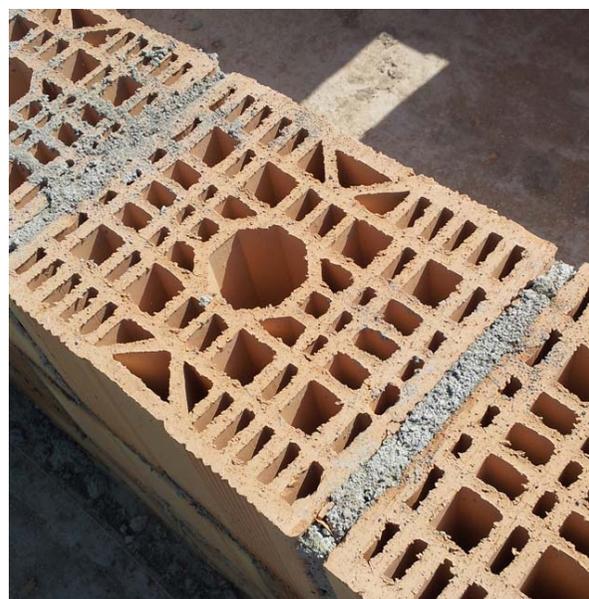
particolari tecnici e cantiere



Giunto Interrotto

NO

Muratura Portante



Giunto Continuo

OK

Muratura portante



Giunto con tasca

OK

Muratura Portante

La posa in opera

# Muratura armata

particolari tecnici e cantiere



La posa in opera

# Muratura armata

particolari tecnici e cantiere



La posa in opera

# Muratura armata

particolari tecnici e cantiere



La posa in opera

# Muratura armata

particolari tecnici e cantiere



La posa in opera

# Muratura armata

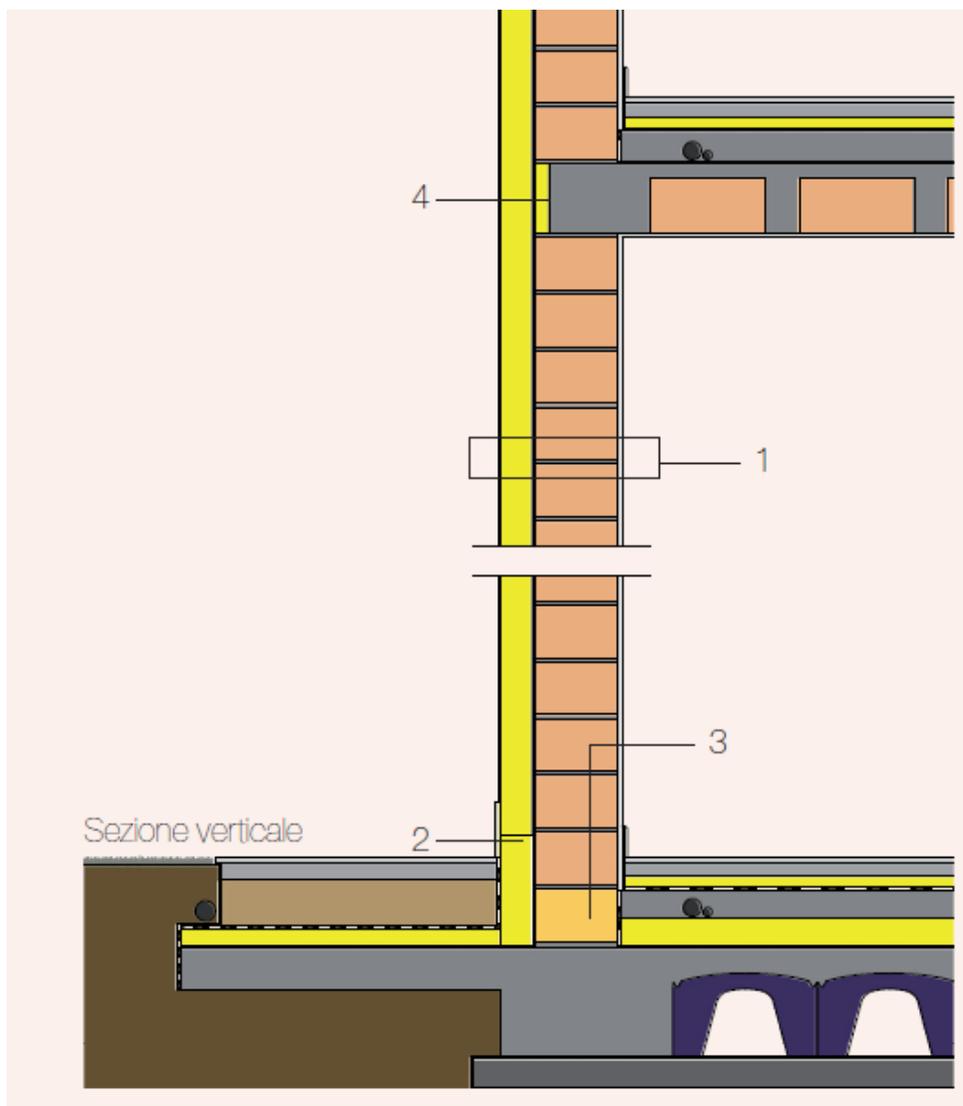
particolari tecnici e cantiere



La posa in opera

# Muratura armata

particolari tecnici e cantiere



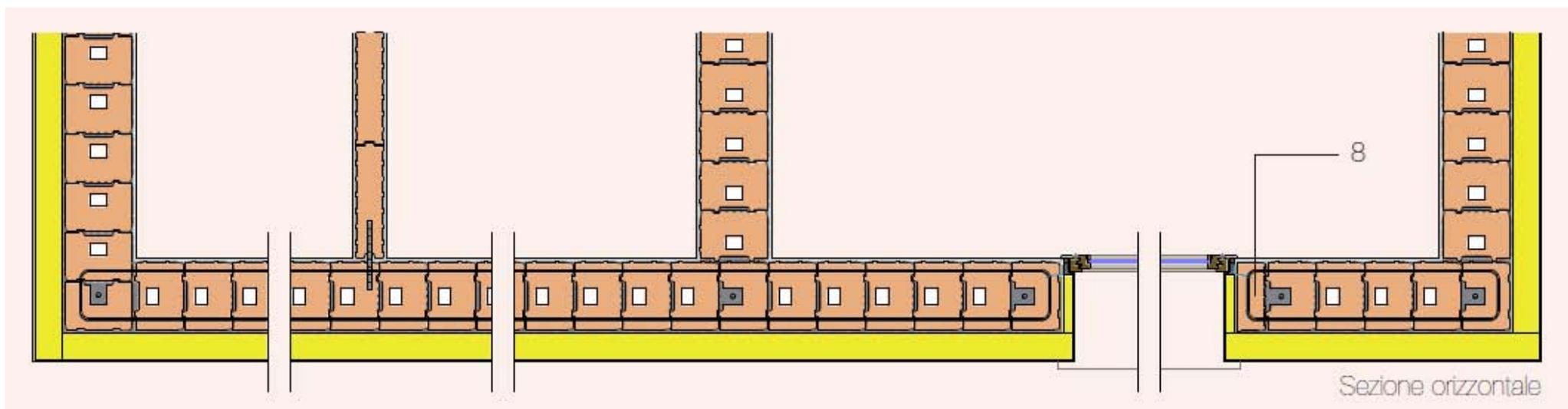
## DETTAGLIO SEZIONE MURATURA PERIMETRALE

- 1 - FINITURA ESTERNA DEL CAPPOTTO COMPOSTA DA INTONACHINO, RASANTE, RETE, RASANTE; POROTHERM BIO 30 EVOLUTION; INTONACO INTERNO A BASE CALCE
- 2 - PANNELLO ISOLANTE IMPERMEABILE POSIZIONATO IN PROSSIMITA' DEI PRIMI DUE CORSI DI MURATURA
- 3 - BLOCCHI DI ATTACCO A TERRA PER LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO: SI UTILIZZANO GLI STESSI PTH BIO EVOLUTION 30 RIEMPI TI DI MATERIALE COIBENTE (PERLITE O PERLE DI POLISTIROLO)
- 4 - PANNELLO ISOLANTE TIPO XPS POSIZIONATO DAVANTI AI CORDOLI DI PIANO PER MIGLIORARE LA CORREZIONE DEL PONTE TERMICO

Dettagli di progetto

# Muratura armata

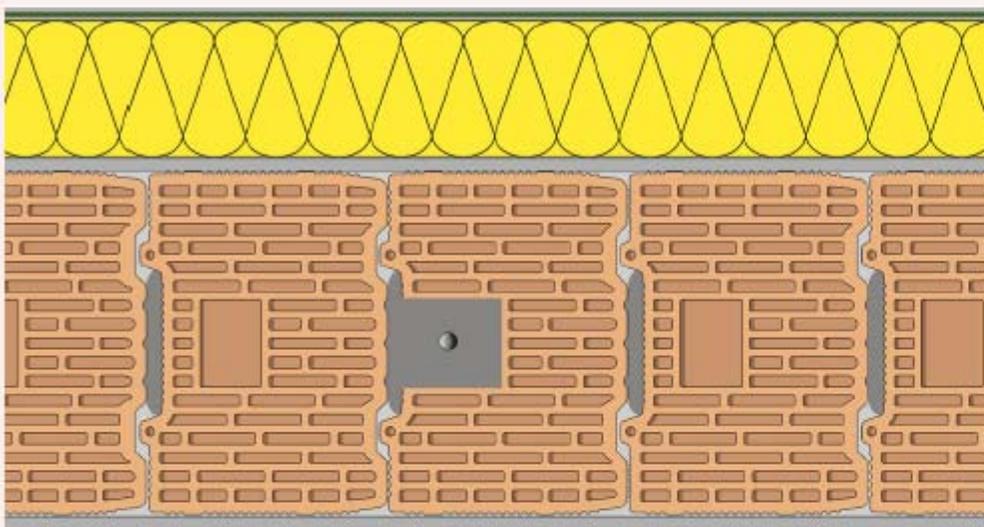
particolari tecnici e cantiere



Dettagli di progetto

# Muratura armata

particolari tecnici e cantiere



$$U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$$

## Caratteristiche termiche e dimensionali della stratigrafia

Materiale	Spessore [mm]	Conducibilità termica [W/mK]	Densità [Kg/m <sup>3</sup> ]
Intonaco silossanico cappotto	0,5	0,3	1500
Isolante a cappotto	120	0,034	18
Rinzaffo*	10	0,9	1800
Pth BIO M.A. Evolution 30	300	0,196**	920
Intonaco base calce	15	0,54	1400

<b>TOT</b>	<b>450</b>	
Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]		<b>0,18*</b>
Massa superficiale [Kg/m <sup>2</sup> ]		<b>325</b>
Sfasamento [ore]		<b>17,20</b>
Trasmittanza termica periodica [W/m <sup>2</sup> K]		<b>0,007</b>

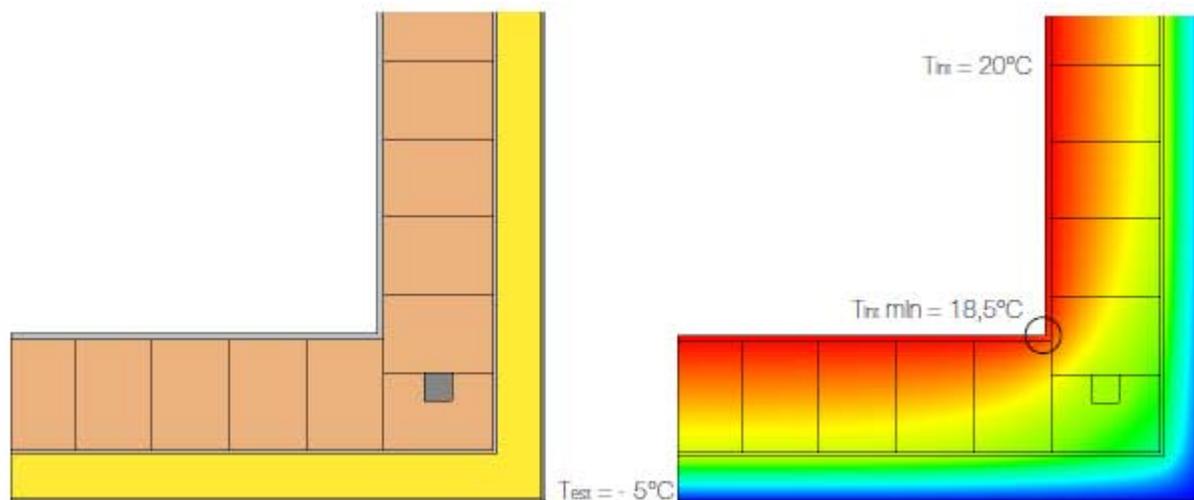
\* non sempre necessario

\*\* senza considerare i ferri di armatura e i pilastri in c.a.

Dettagli di progetto

# Muratura armata

particolari tecnici e cantiere



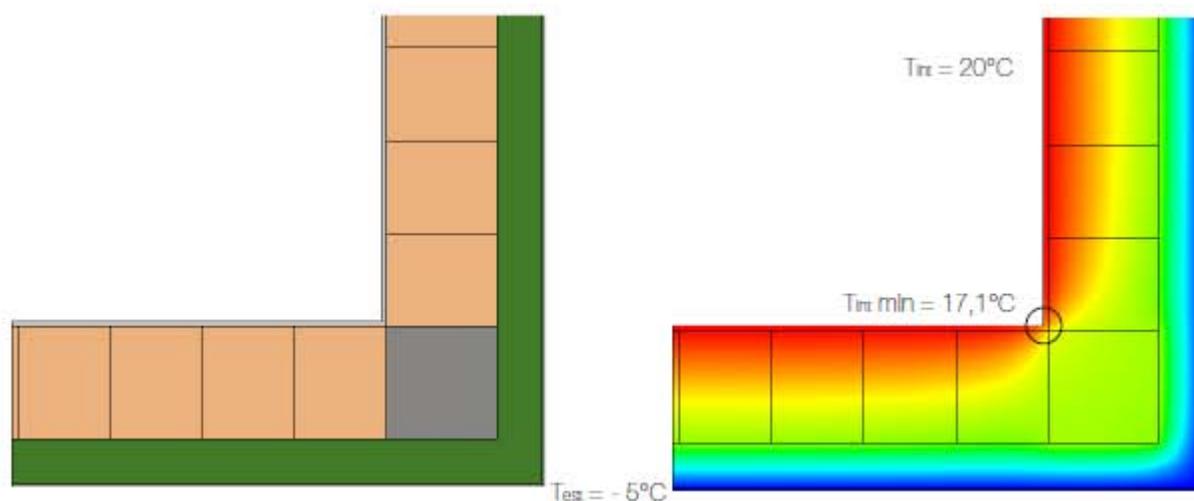
## ANGOLO

Il ponte termico del "pilastrino" d'angolo è trascurabile e viene corretto con il solo passaggio dell'isolante applicato "a cappotto".

$$\psi_{\theta} = -0,088$$

verifica condensa OK

verifica muffa OK



## ANGOLO

Il ponte termico viene corretto con il solo passaggio dell'isolante applicato "a cappotto".

Si consiglia di applicare la malta anche sui fianchi dei blocchi che sono affiancati ai pilastri

$$\psi_{\theta} = -0,038$$

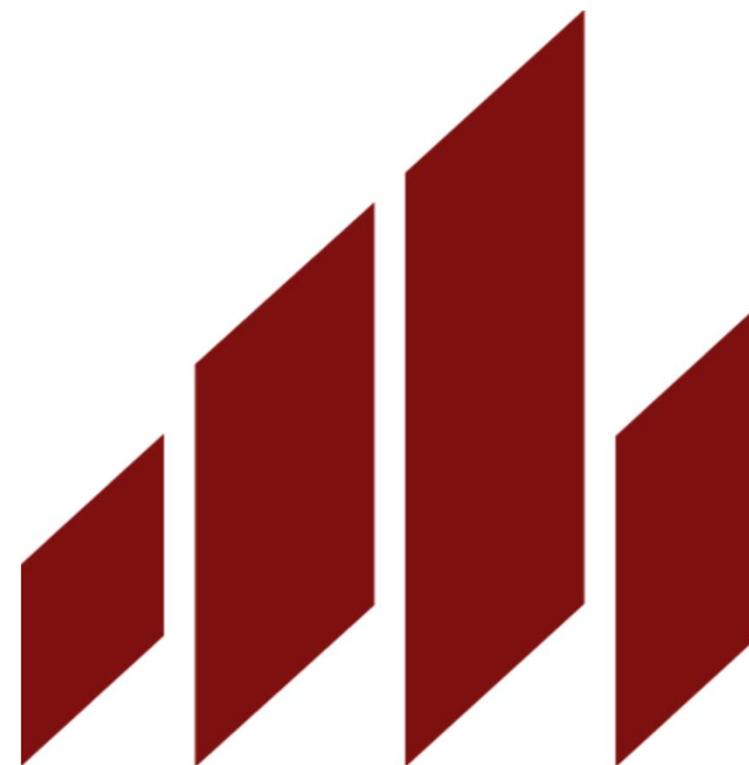
verifica condensa OK

verifica muffa OK

Dettagli di progetto – muratura armata vs. muratura di tamponamento

# TAMPONAMENTI

Verifiche sismiche



# Muratura in laterizio

costruzioni in zona sismica – i tamponamenti



La verifica all'azione sismica va effettuata anche sugli elementi **NON STRUTTURALI** (7.2.3)

# Muratura in laterizio

costruzioni in zona sismica – i tamponamenti

Si valuta l'azione sismica su elementi non strutturali o secondari applicando a tali elementi una forza orizzontale (con effetto di RIBALTAMENTO):

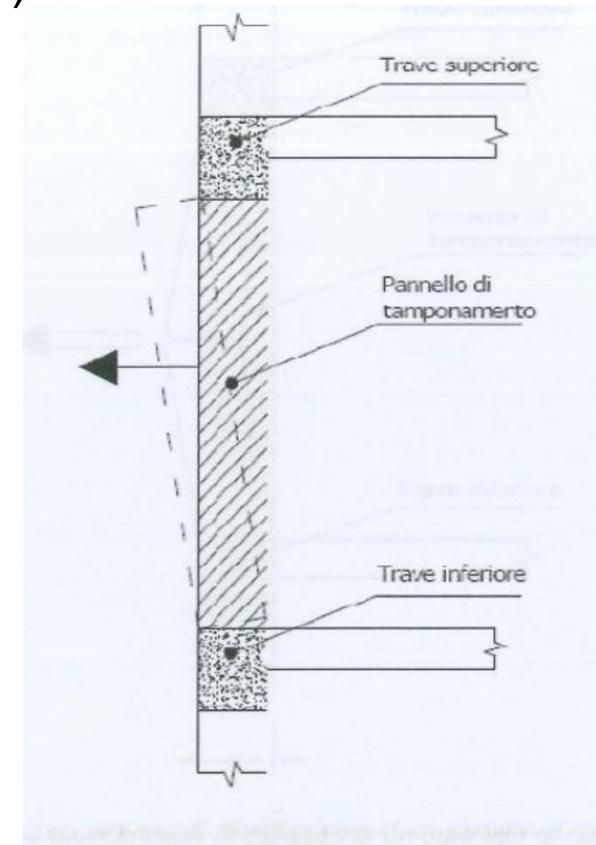
$$F_a = (S_a * W_a) / q_a$$

**F<sub>a</sub>** = forza sismica orizzontale agente al centro di massa dell'elemento non strutturale valutato nella direzione più sfavorevole

**S<sub>a</sub>** = accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità che l'elemento subisce durante il sisma e corrisponde allo stato limite in esame

**W<sub>a</sub>** = peso dell'elemento

**q<sub>a</sub>** = fattore di struttura dell'elemento

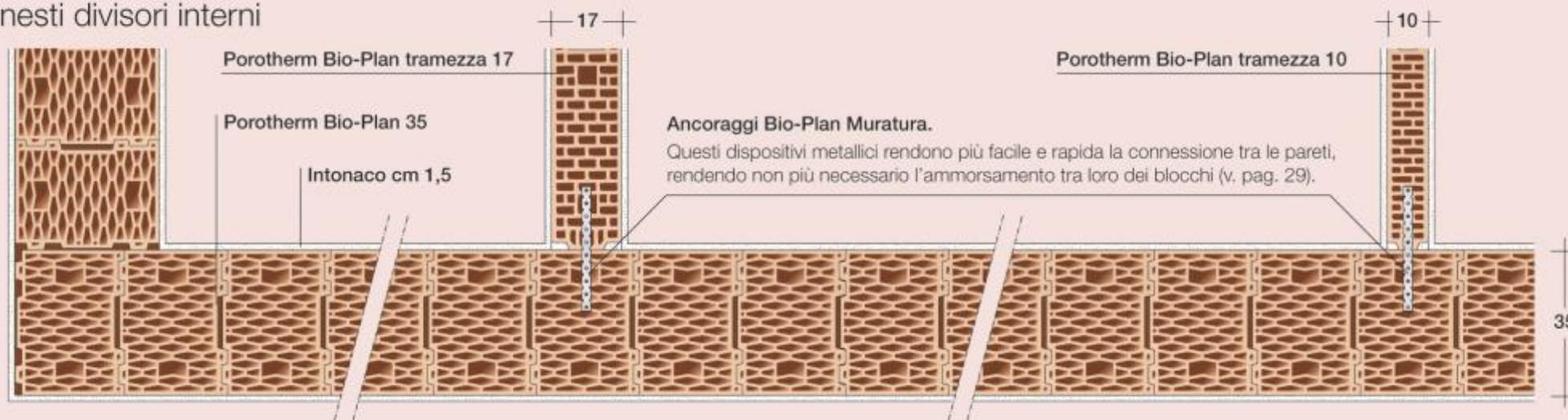


# Muratura in laterizio

costruzioni in zona sismica – i tamponamenti

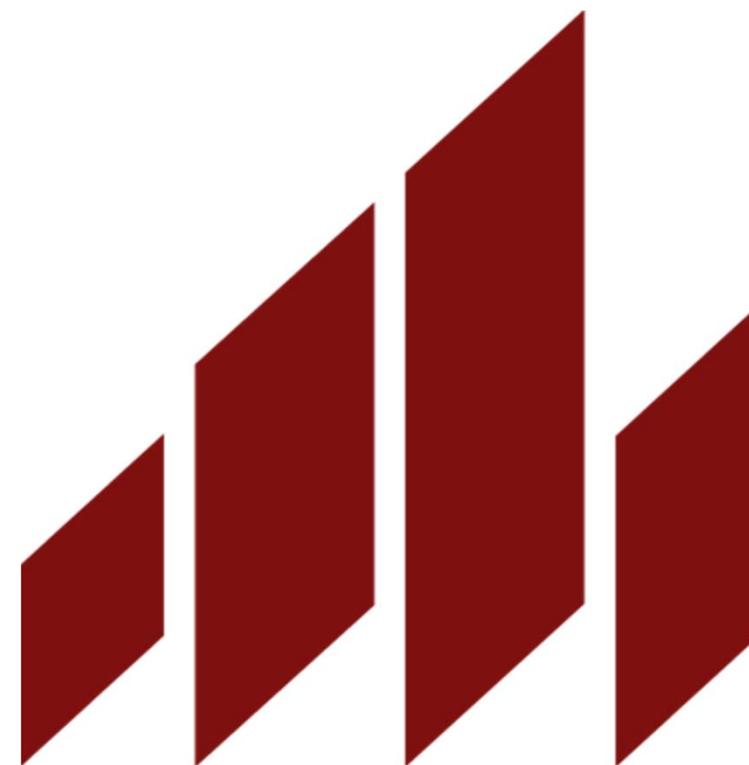
## Porotherm Bio-Plan 35

Innesti divisori interni



# LA MURATURA

Il sistema a blocchi rettificati



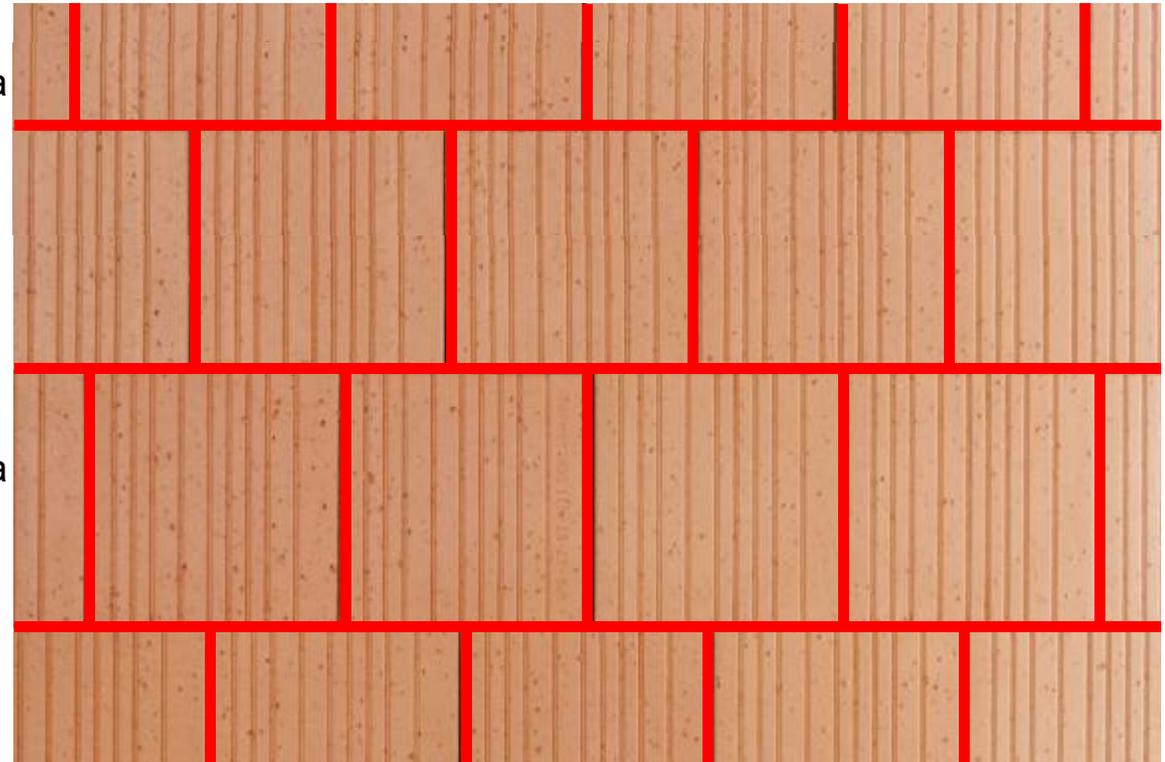
# La muratura

il sistema a blocchi rettificati – l'evoluzione della muratura

## Blocco modulare

Incidenza dei giunti di malta sulla  
trasmissione per 1m<sup>2</sup> di parete

**30%**



stro

malta sulla  
di parete

to

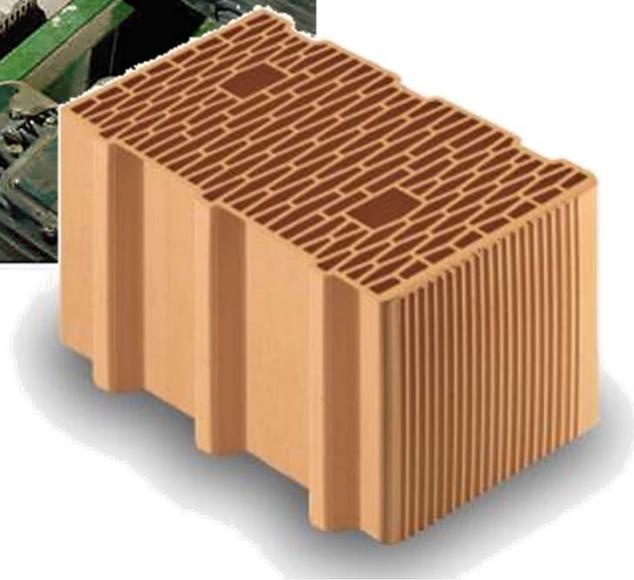
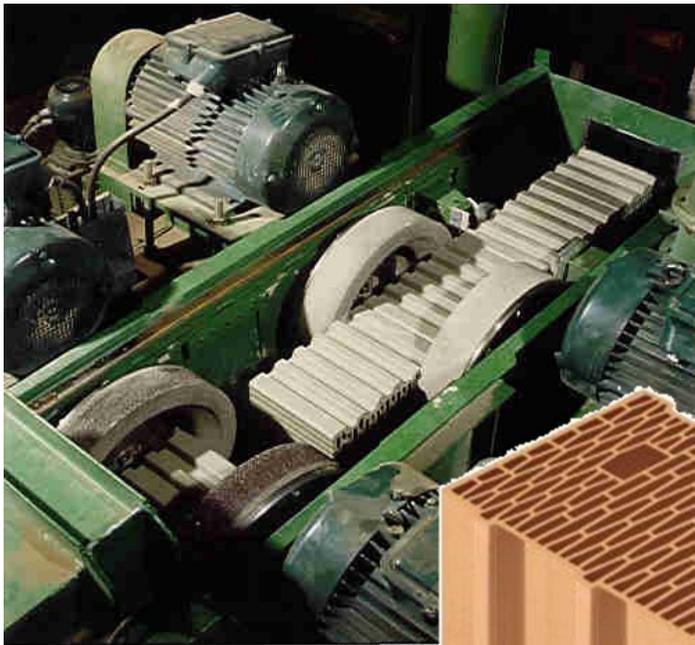
malta sulla  
di parete

*Questo vuol dire che, utilizzando un blocco rettificato posso migliorare fino a un **30%** la prestazione termica della muratura e ridurre il consumo di malta del **90%***

# La muratura

il sistema a blocchi rettificati – Porotherm PLAN

## La soluzione più naturale per edifici a basso consumo

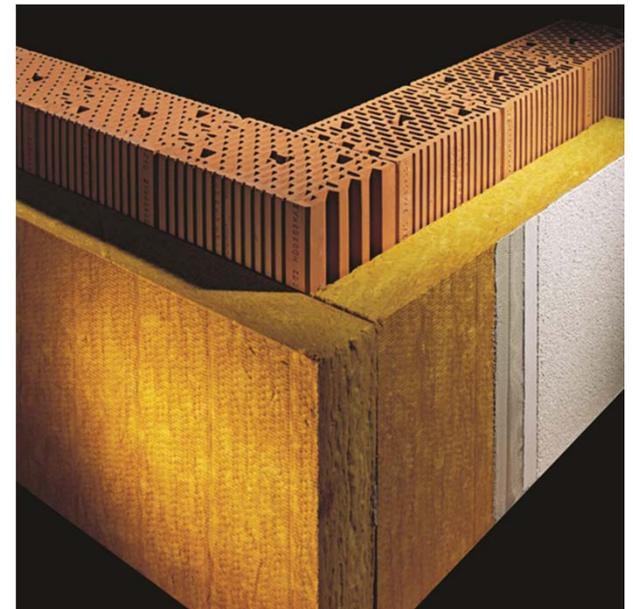
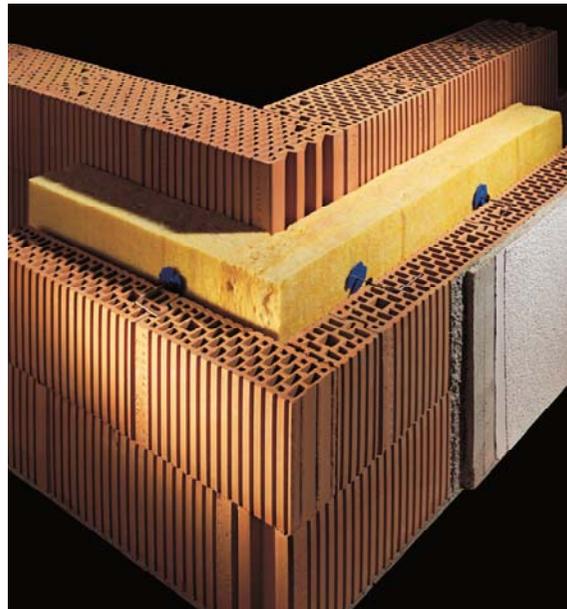
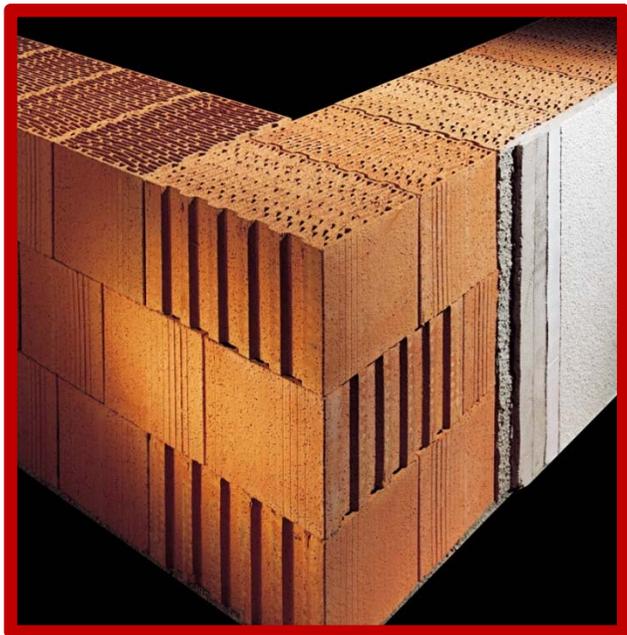


Il blocco per eccellenza, con le facce superiori ed inferiori **rettificate** e cioè perfettamente planari e parallele.



# La muratura

il sistema a blocchi rettificati – *Porothem PLAN*



# La muratura

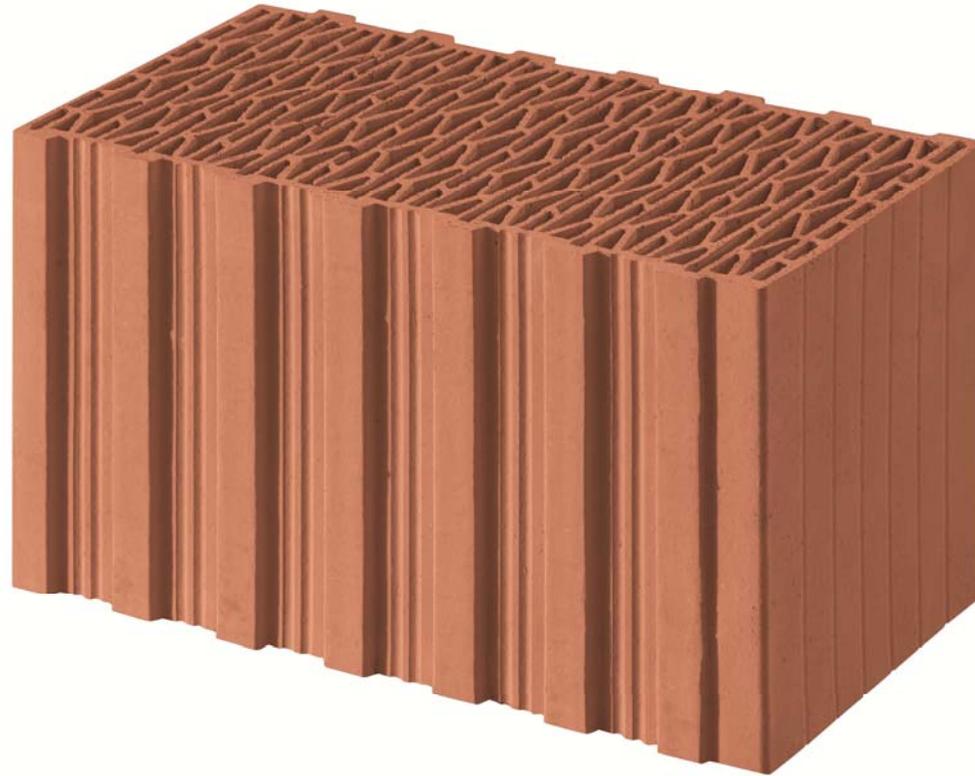
il sistema a blocchi rettificati – *Porotherm BIO PLAN*



➔ Tamponamento ( $\lambda = \underline{0,11}$  W/mK) e Portante ( $\lambda = \underline{0,14}$  W/mK)

# La muratura

il sistema a blocchi rettificati – *Porotherm BIO PLAN*



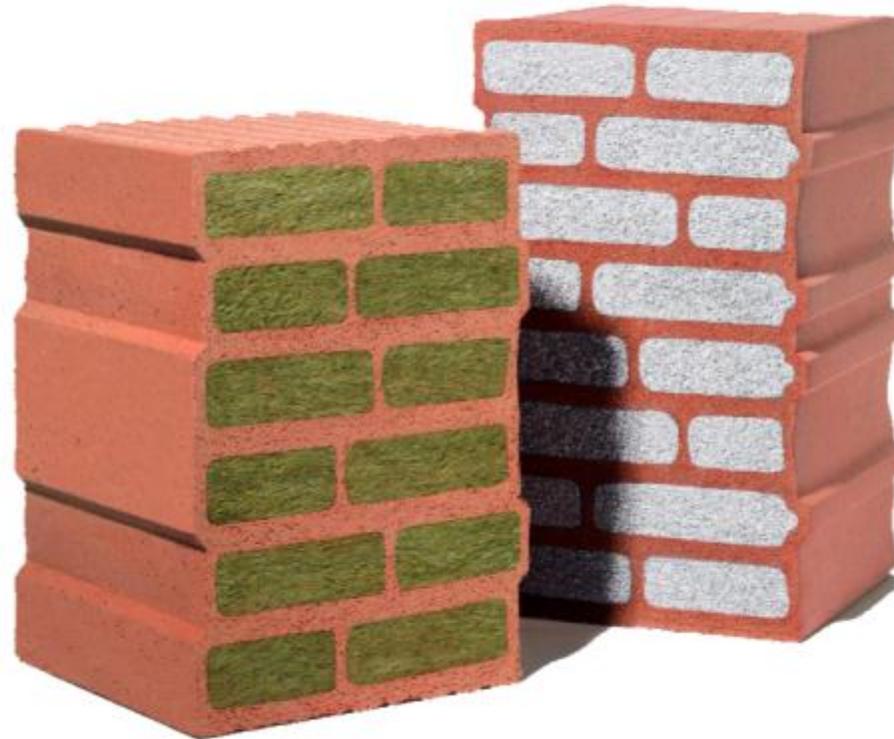
Tamponamento ( $\lambda = \underline{0,09}$  W/mK)

BIO PLAN 38 T – 0,09 ----- **U = 0,23 W/mqK**

BIO PLAN 42,5 T – 0,09 ----- **U = 0,20 W/mqK**

# La muratura

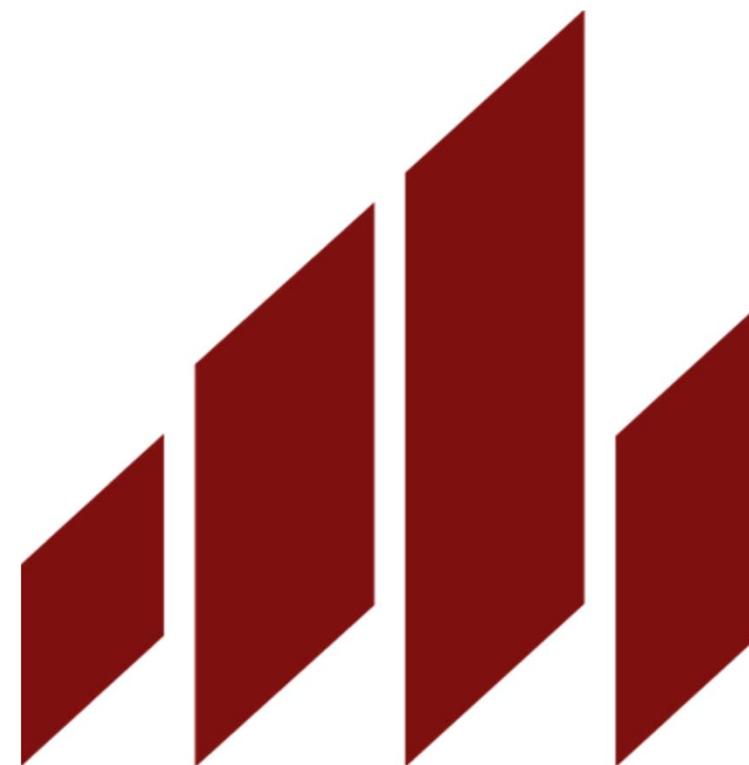
il sistema a blocchi rettificati – *Porotherm PI ANA+ e PI AN PIIS*



Tamponamento ( $\lambda = \underline{\underline{0,06}}$  W/mK) e Portante ( $\lambda = \underline{\underline{0,09}}$  W/mK)

# LA MURATURA

La posa del blocco rettificato



# La muratura

## la posa del blocco rettificato



### Altezze blocchi rettificati

$$\begin{aligned} H_1 &= 249 \text{ mm} \\ + 1 \text{ mm (giunto)} \\ &= 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_2 &= 199 \text{ mm} \\ + 1 \text{ mm (giunto)} \\ &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

## La muratura

la posa del blocco rettificato – le componenti del sistema



- ➔ Malta speciale premiscelata (fornita insieme ai blocchi)
- ➔ Trapano munito di mescolatore per miscelare la malta
- ➔ Bacinella tarata per realizzare la malta
- ➔ Rullo stendi-malta

## La muratura

la posa del blocco rettificato – preparazione della malta



All'interno di un normale secchio:  
aggiungendo l'acqua in media 9 – 11 litri d'acqua per un sacco di malta (25 kg)

## La muratura

la posa del blocco rettificato – preparazione della malta



Per la miscelazione:

- un normale trapano munito di mescolatore
- un mescolatore vero e proprio



L'impasto deve essere plastico e omogeneo

## La muratura

la posa del blocco rettificato – livellamento del primo corso



➔ Il piano di appoggio va bagnato e su questo va steso uno strato di malta tradizionale (ca. 2 cm) a livello

➔ per prevenire la risalita di umidità, predisporre al di sotto del primo letto di malta una guaina bituminosa

# La muratura

la posa del blocco rettificato – livellamento del primo corso



# La muratura

la posa del blocco rettificato – tecniche di posa



## L'applicazione della malta

Con il rullo stendi-malta  
(viene riempita la vaschetta e la malta si stende uniformemente sulle cartelle del blocco)

Per immersione del blocco  
(bastano pochi millimetri)

## Non è più necessario

- Tirare la malta con la cazzuola
- Disporre i silos o le betoniere per la malta



*Il cantiere è più pulito*



# La muratura

la posa del blocco rettificato – tecniche di posa



- > La posa dei blocchi successivi procede in modo semplice e rapido
- > si consiglia di controllare l'orizzontalità dei corsi e la verticalità degli spigoli



# La muratura

la posa del blocco rettificato – tecniche di posa



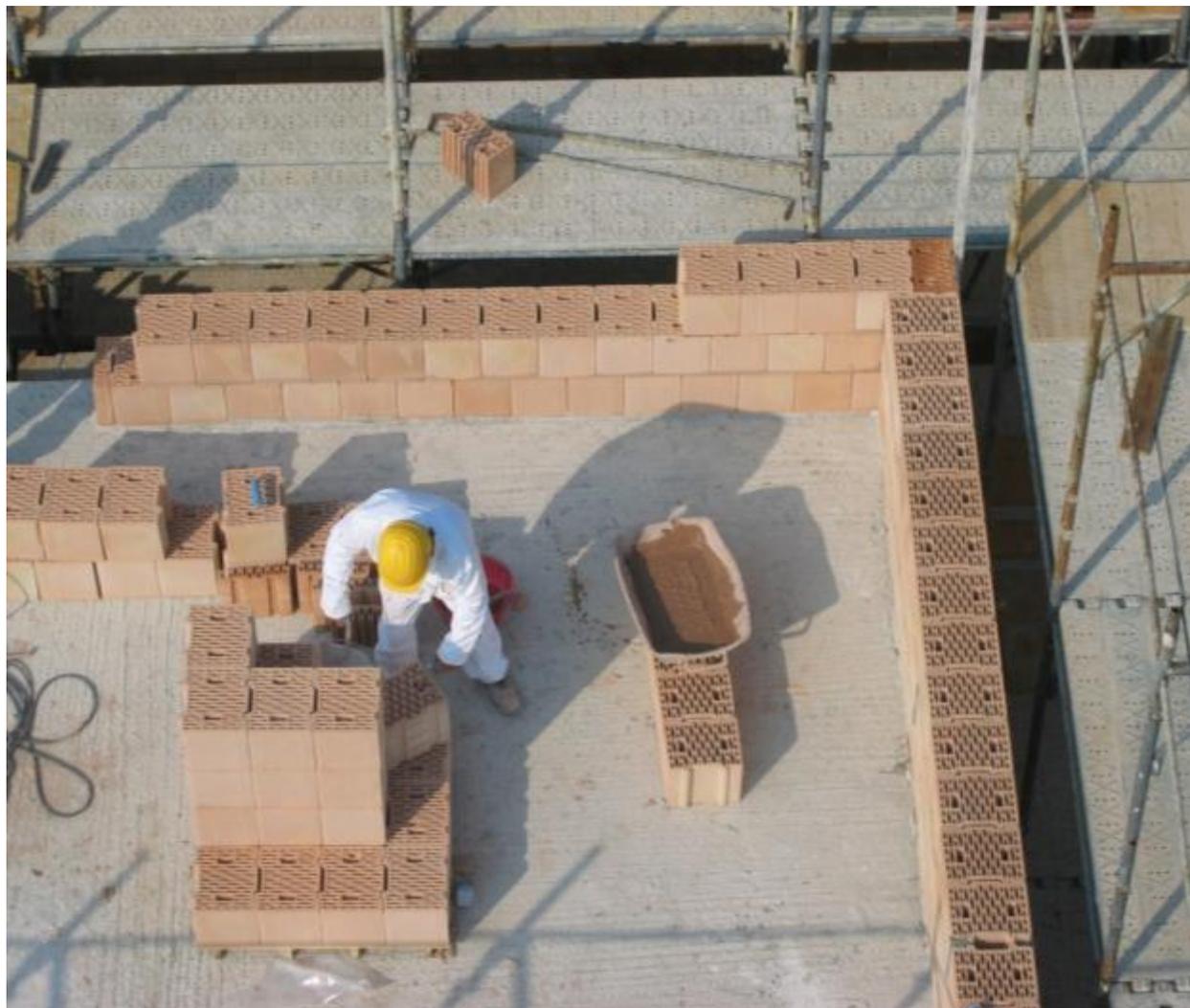
# La muratura

la posa del blocco rettificato – tecniche di posa



# La muratura

la posa del blocco rettificato – tecniche di posa



# La muratura

la posa del blocco rettificato – il sistema DRYFIX



# La muratura

la posa del blocco rettificato – il sistema DRYFIX



# La muratura

la posa del blocco rettificato – il sistema DRYFIX

8 gennaio



10 gennaio



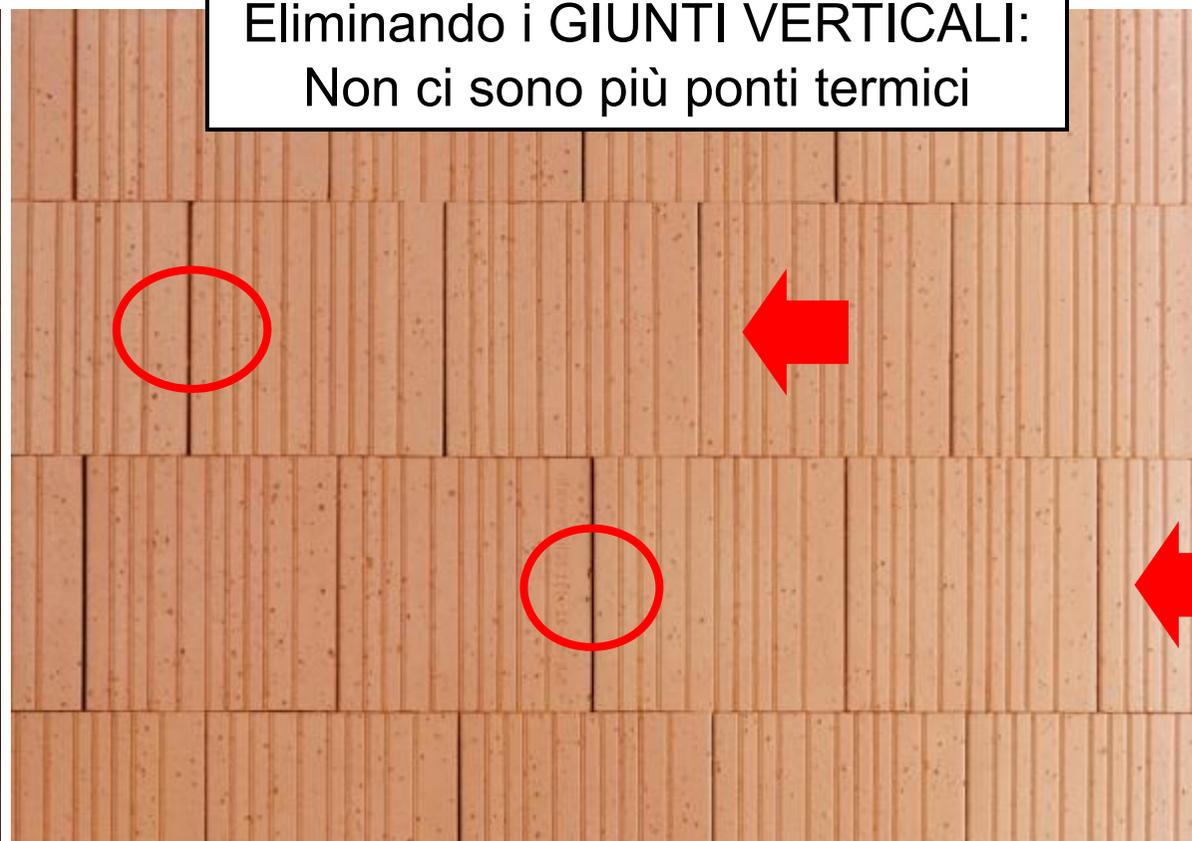
12 gennaio



## La muratura

la posa del blocco rettificato – immagini di posa

Il supporto ideale per l'intonaco: la muratura risulta omogenea e priva di evidenti giunti di malta - la sagoma dei blocchi permette un migliore attacco dell'intonaco



# La muratura

la posa del blocco rettificato – immagini di posa



# Soluzioni per i ponti termici

## taglio termico primo corso



# La muratura

la posa del blocco rettificato – immagini di posa



# La muratura

la posa del blocco rettificato – immagini di posa



# La muratura

la posa del blocco rettificato – immagini di posa



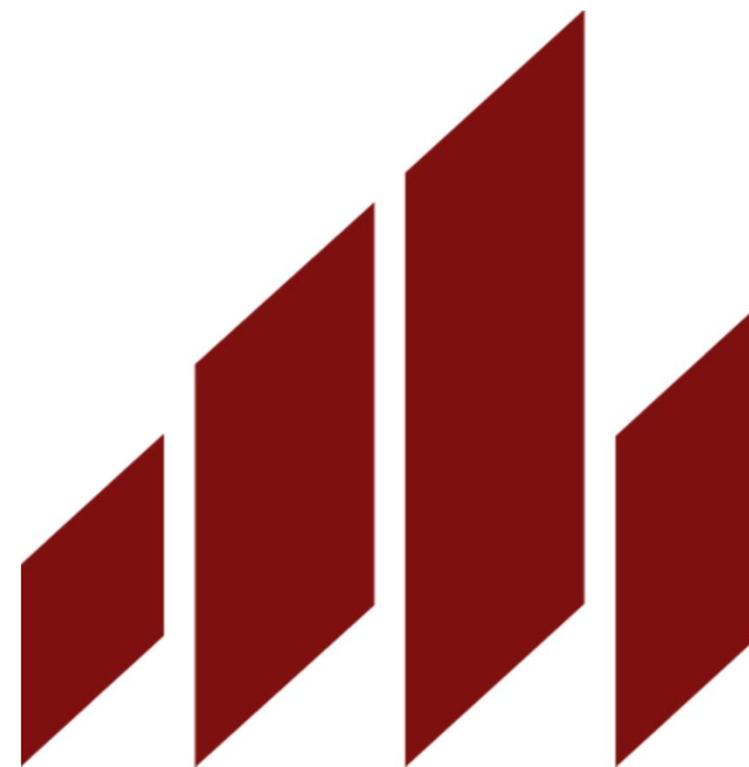
# La muratura

la posa del blocco rettificato – immagini di posa



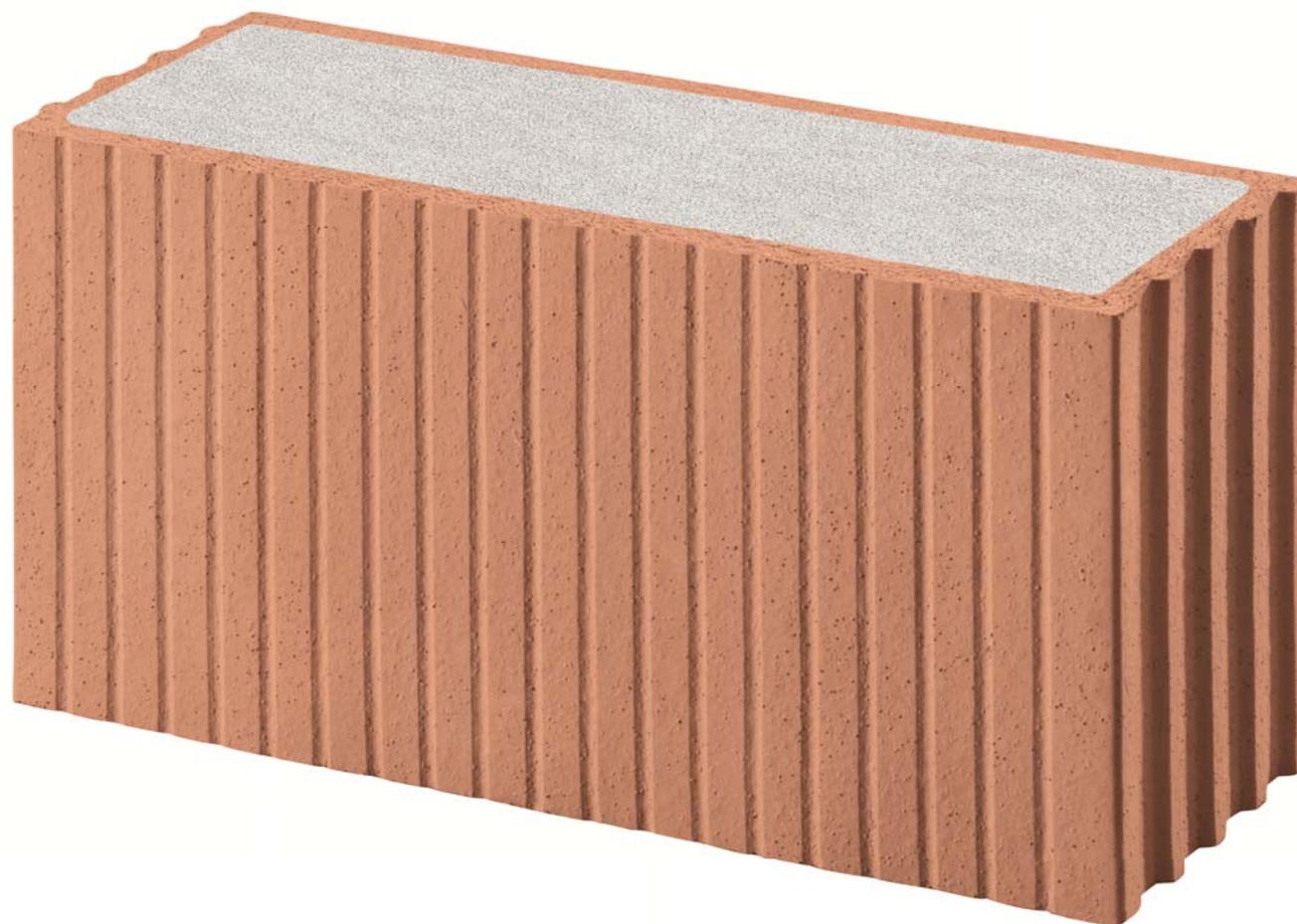
# RIQUALIFICAZIONE

Il cappotto in laterizio



# Il cappotto in laterizio

## Porotherm Revolution



# Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato interno



## Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato interno

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions



## Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato interno



# Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato interno

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions



## Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato interno

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions



## Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato interno

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions



## Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato interno



# Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato interno

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions



## Il cappotto in laterizio

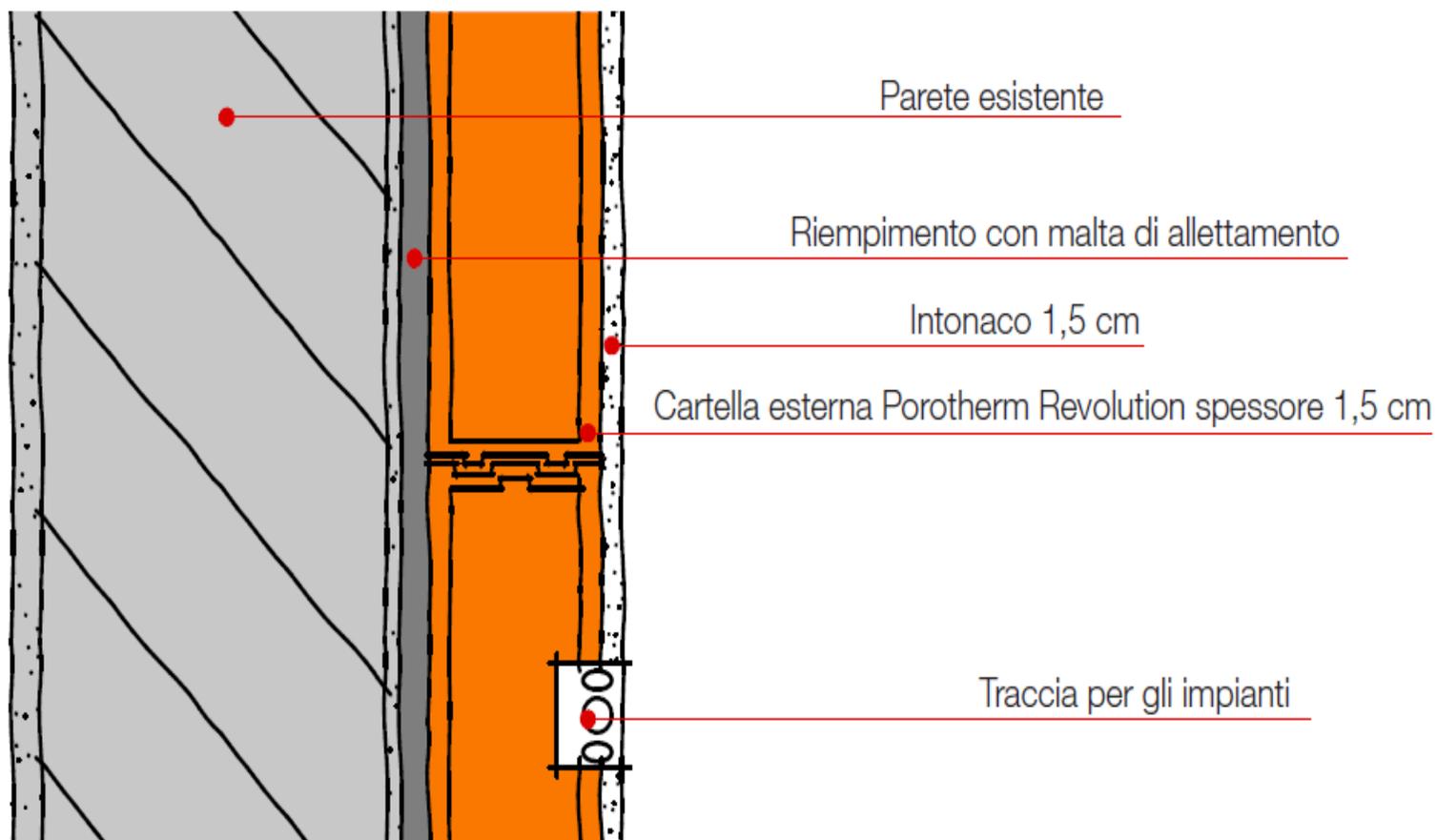
Porotherm Revolution – Isolamento lato interno

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions



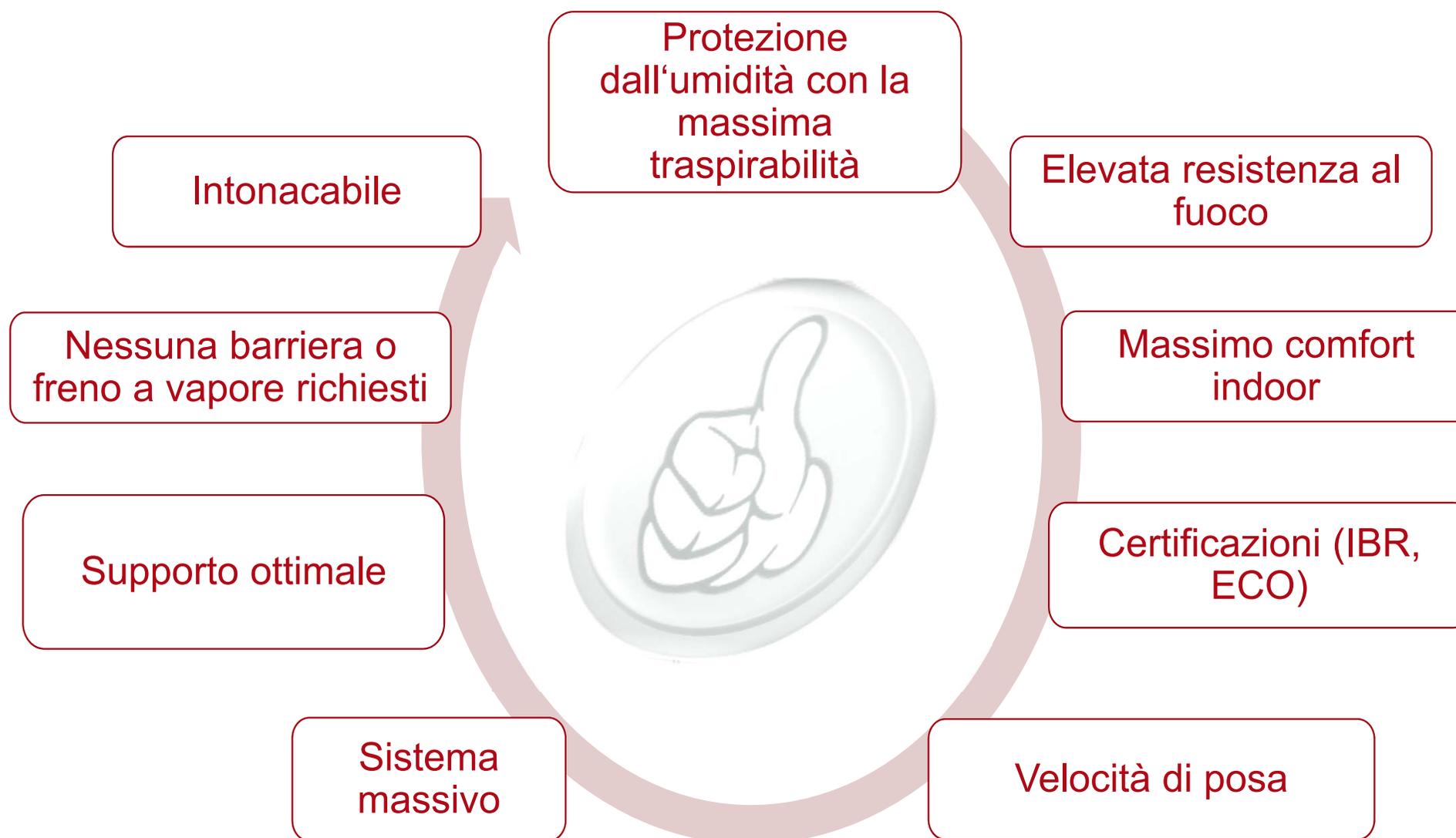
# Il cappotto in laterizio

## Porotherm Revolution – Isolamento lato interno



# Il cappotto in laterizio

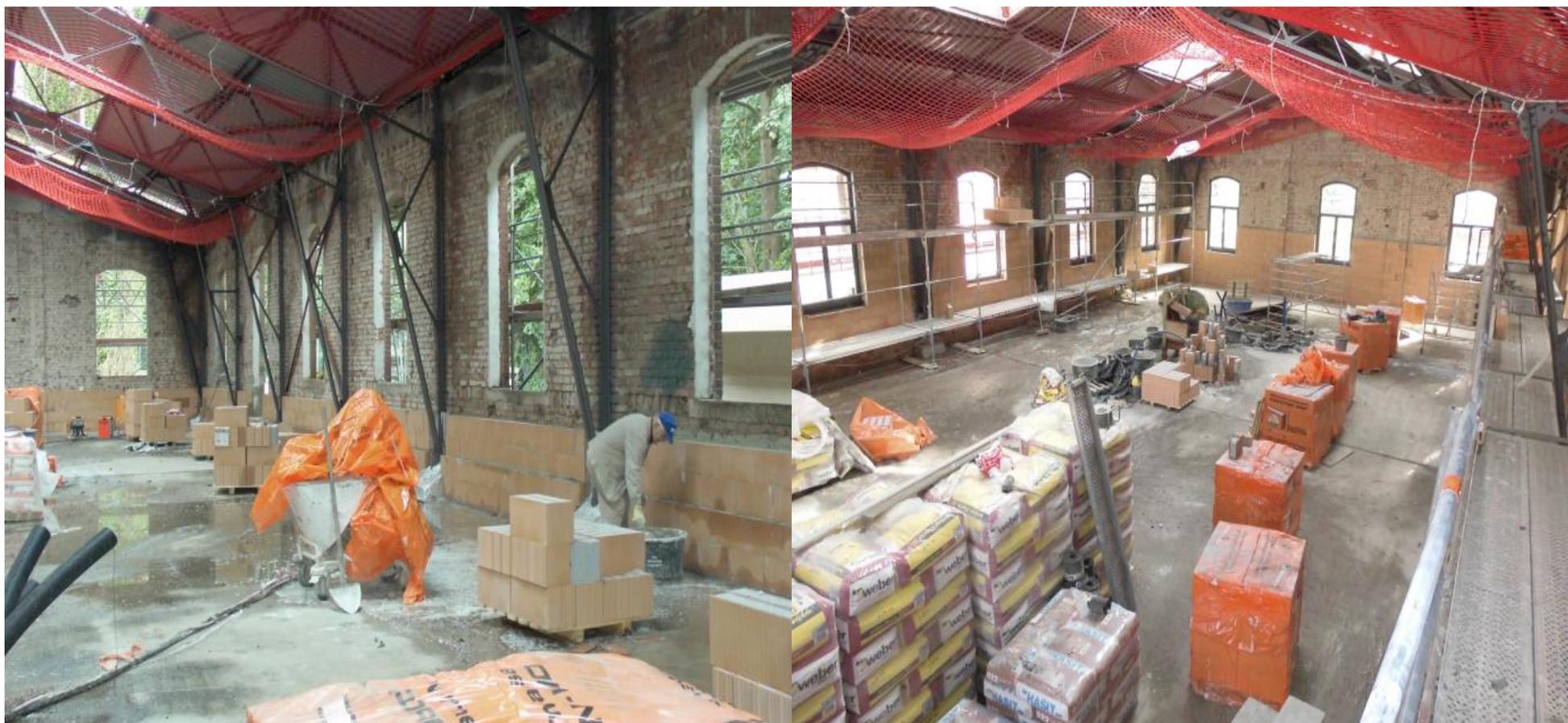
Porotherm Revolution – Isolamento lato interno – VANTAGGI



# Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato interno – REFERENZE

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions



## Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato interno – REFERENZE

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions



# Isolamento esterno



## Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato esterno

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions



# Il cappotto in laterizio

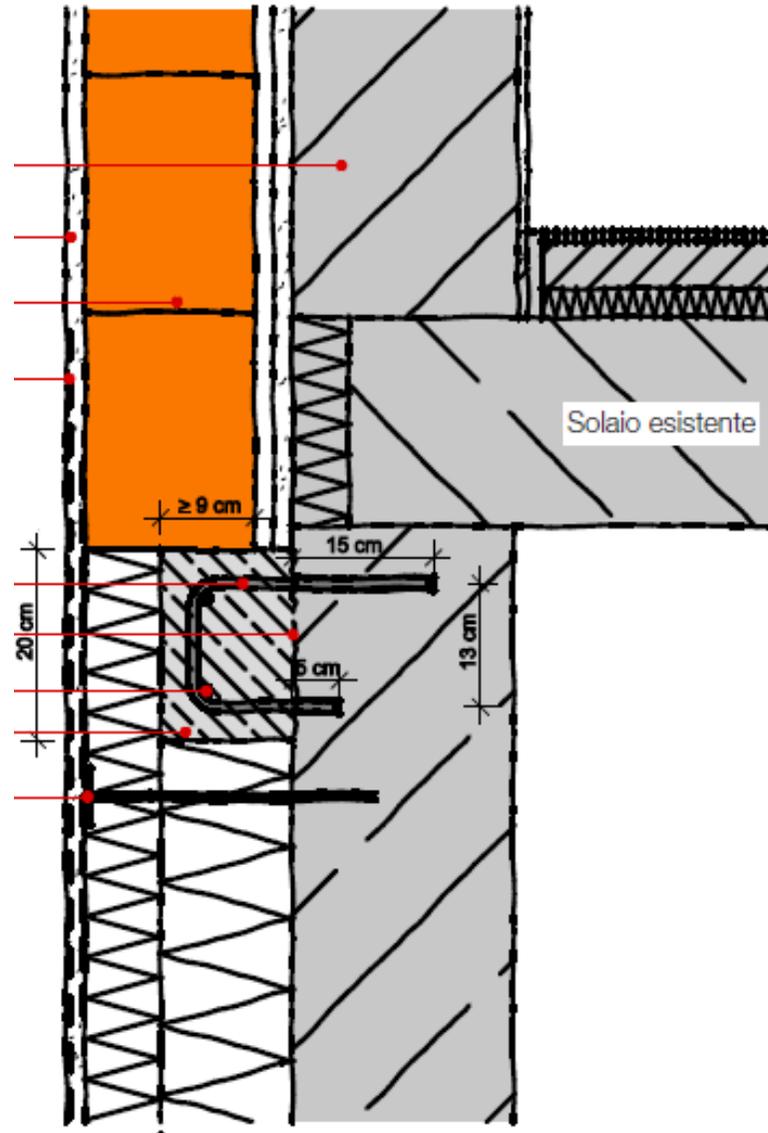
Porotherm Revolution – Isolamento lato esterno

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions



# Il cappotto in laterizio

## Porotherm Revolution



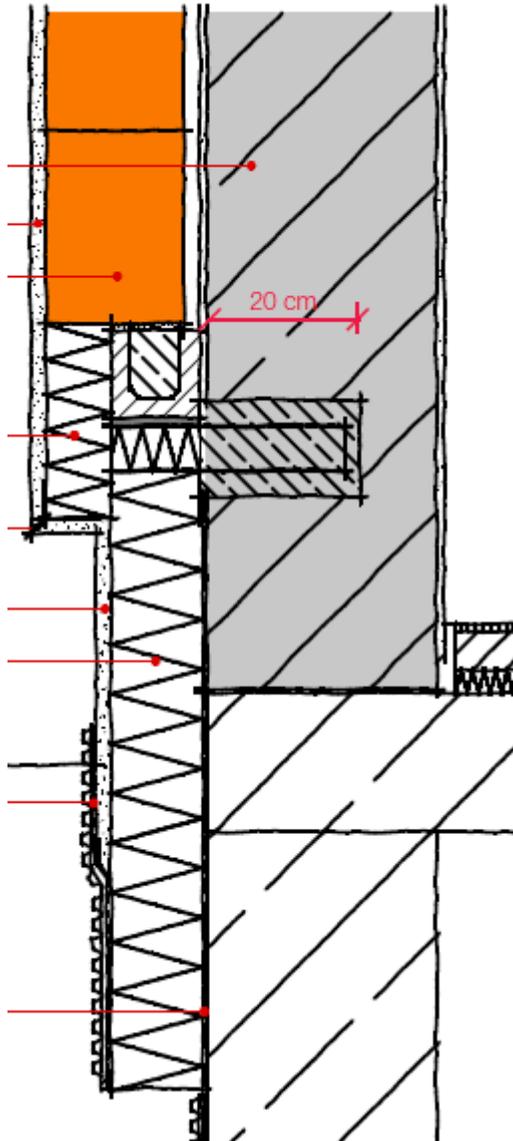
# Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato esterno



# Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato esterno



POROTHEM REVOLUTION

MALTA DI ALLETTAMENTO

GUAINA

ARCHITRAVE

MORALE DI SUPPORTO

MENSOLA DI SUPPORTO

CUNEO IN LEGNO 30/50 MM



## Il cappotto in laterizio

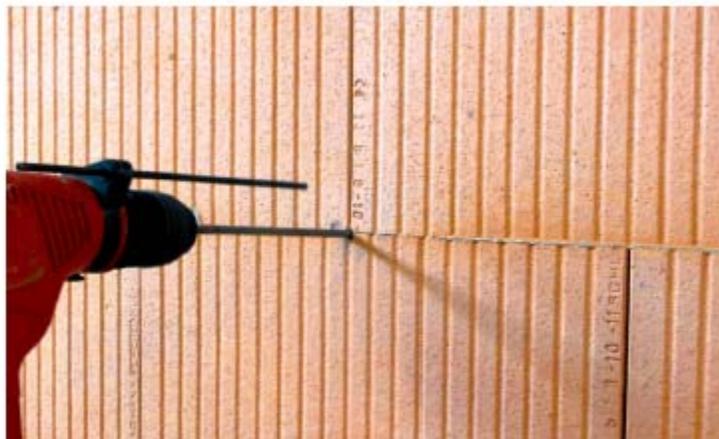
Porotherm Revolution – Isolamento lato esterno

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions



# Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato esterno



# Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato esterno – VANTAGGI



## ► Sistemi a cappotto tradizionali

- Superficie facciata fredda
- Traspirabilità limitata/nulla
- Condensa superficiale
- Muffe e licheni

## ► Porotherm Revolution

- Accumulo calore superficiale
- Non soggetto a muffe
- No condensa superficiale

## Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato esterno – VANTAGGI

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions



# Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato esterno – VANTAGGI

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions



## Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato esterno – VANTAGGI

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions



# Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato esterno – REFERENZE

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions



# Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato esterno – REFERENZE

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions



## Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato esterno – REFERENZE

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions



## Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Isolamento lato esterno – REFERENZE

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions



# Altri utilizzi



## Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Altri utilizzi in cantiere



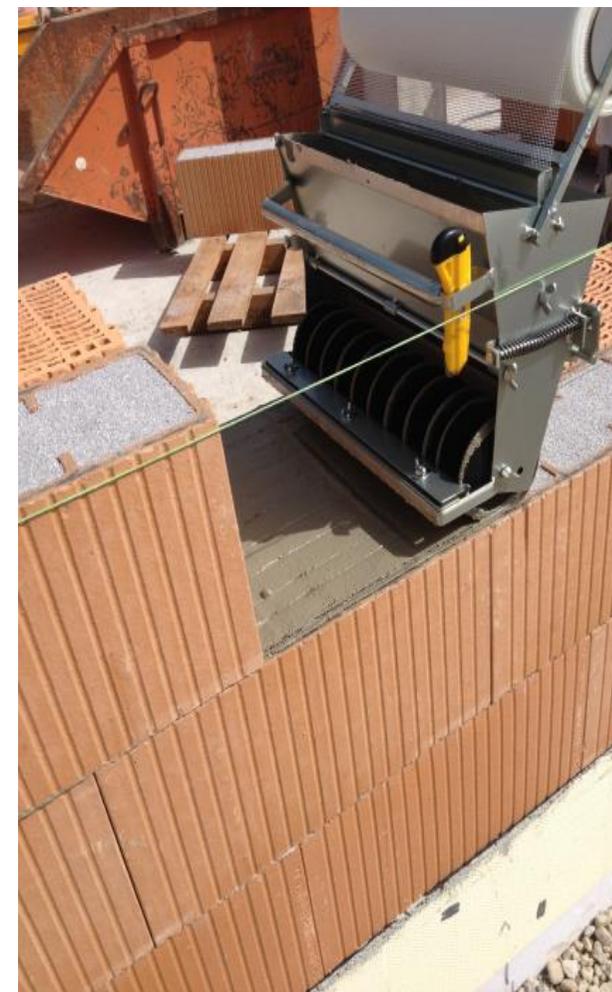
## Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Altri utilizzi in cantiere



# Il cappotto in laterizio

Porotherm Revolution – Altri utilizzi in cantiere



## La muratura

### il sistema PLAN – assistenza tecnica



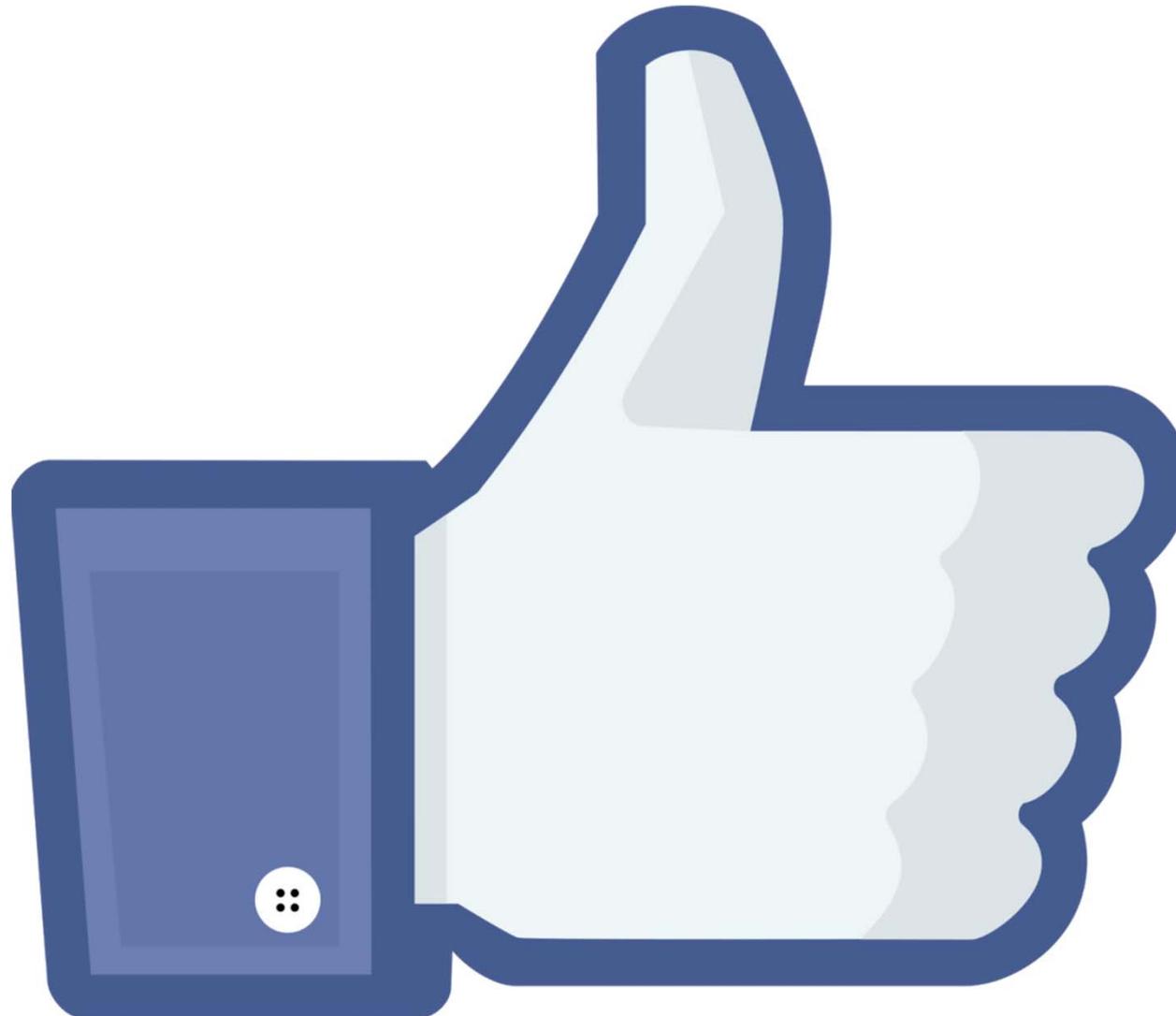
Wienerberger offre un'ampia gamma di prodotti Porotherm con prestazioni certificate secondo le ultime norme Europee e Nazionali.

L'ufficio tecnico garantisce assistenza dalla progettazione all'esecuzione in cantiere, mettendo a disposizione il proprio personale per consulenze nella scelta delle soluzioni più idonee alle esigenze di progetto, oltre a fornire personale qualificato direttamente in cantiere per la corretta posa in opera.

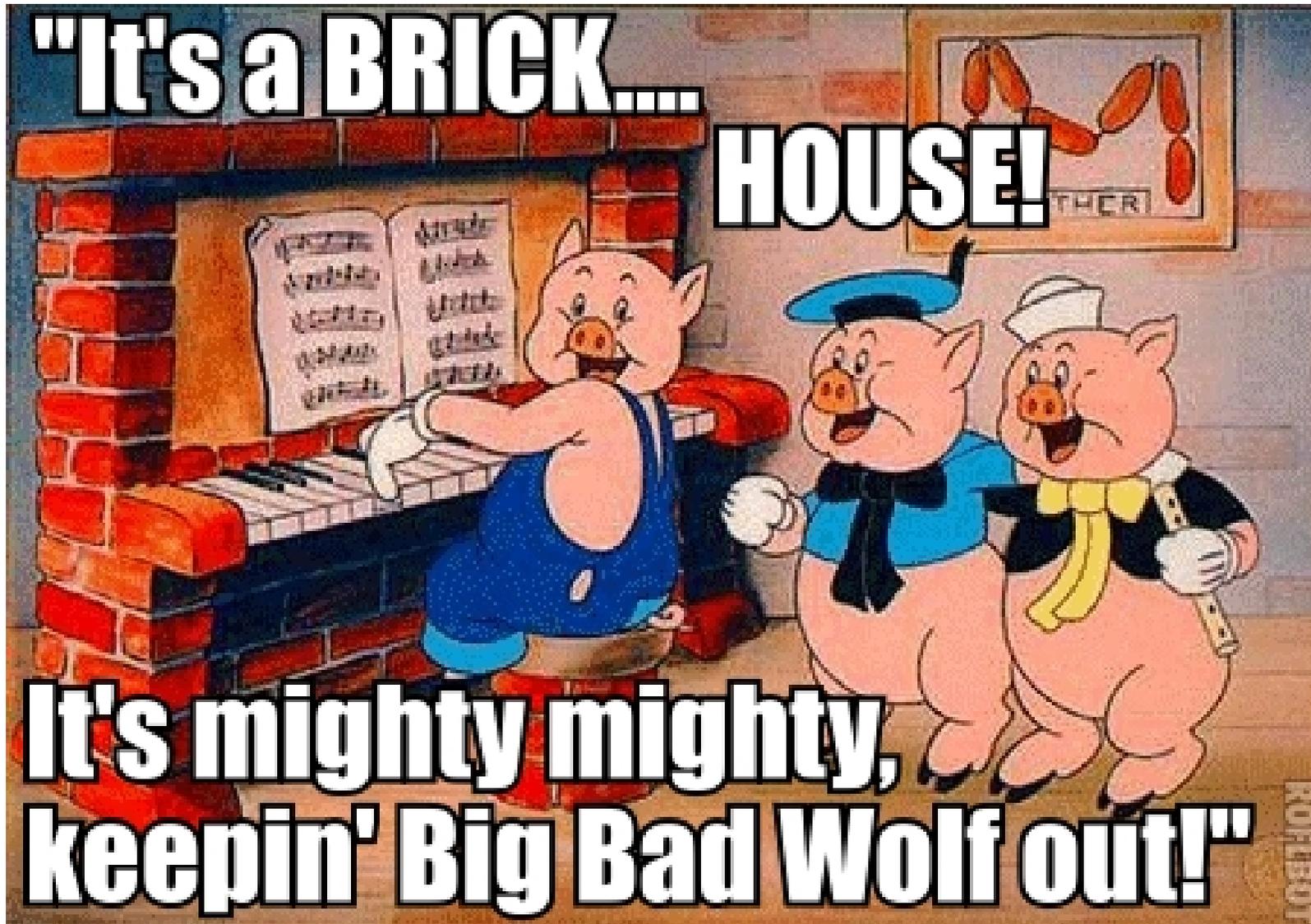
Per assistenza tecnica:

[serviziotecnico@wienerberger.com](mailto:serviziotecnico@wienerberger.com)





**Il laterizio**  
fine





# Grazie per l'attenzione

[serviziotecnico@wienerberger.com](mailto:serviziotecnico@wienerberger.com)

  
**Wienerberger**  
Building Material Solutions