

# Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

---

## La resistenza meccanica delle murature, cosa cambia con le nuove NTC 2018?

*L'entrata in vigore, dal 22 marzo 2018, dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018) ha ampliato ed in parte cambiato le metodologie di determinazione dei parametri meccanici della muratura portante.*

*Si fornisce un sintetico vademecum che riassume tutte le possibilità di valutazione delle caratteristiche meccaniche delle murature di nuova costruzione, con inoltre una parentesi finale relativa alle murature esistenti.*

## 1. Quali sono le proprietà meccaniche fondamentali delle murature portanti e come si determinano?

Qualunque progetto strutturale in muratura portante inizia con la determinazione delle proprietà meccaniche che caratterizzano la muratura che si intende utilizzare. Le proprietà meccaniche fondamentali che definiscono una muratura sono quattro:

- resistenza caratteristica a compressione,  $f_k$ ;
- resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali,  $f_{vk0}$ ;
- modulo di elasticità normale secante,  $E$ ;
- modulo di elasticità tangenziale secante,  $G$ .

In realtà i moduli di elasticità, come si vedrà nel seguito, si ottengono direttamente dalla resistenza a compressione caratteristica, ne consegue che le proprietà essenziali da definire sono le resistenze, le quali possono essere determinate in due modi:

- tramite prove sperimentali;
- tramite stima in funzione delle proprietà dei componenti della muratura.

Il D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»." (di seguito NTC 2018), entrato in vigore lo scorso 22/03/2018, relativamente alla determinazione dei parametri meccanici della muratura di cui al §11.10.3, si pone in continuità con le disposizioni previste dalle precedenti NTC 2008, migliorandole ed ampliandole anche in armonia con gli Eurocodici e con le norme armonizzate di prodotto. Il risultato è generalmente positivo, avendo fornito al progettista un ampio spazio d'azione per la stima delle proprietà meccaniche delle murature, che d'altro canto va attentamente gestito per non imbattersi in errori di valutazione.

## 2. Come si determina la resistenza a compressione della muratura, $f_k$ ?

È stato già anticipato che le possibilità sono due: determinazione sperimentale oppure stima in funzione delle proprietà dei componenti (blocchi e malta), come di seguito dettagliato.

### 2.1. Determinazione sperimentale

Le nuove NTC 2018 prevedono la determinazione sperimentale della resistenza caratteristica a compressione della muratura da svolgersi secondo la procedura descritta nella norma UNI EN 1052-1. Nel presente contributo non si entra nello specifico della determinazione sperimentale, si segnala comunque che non ci sono sostanziali differenze tra la procedura prevista dalle precedenti NTC 2008 e la nuova procedura richiamata dalle NTC 2018, ciò permette di affermare che le prove sperimentali svolte ai sensi del previgente decreto si possano ritenere ancora valide, ovviamente solo a parità di caratteristiche dei materiali impiegati (blocchi e malta).

### 2.2. Stima in funzione delle proprietà dei componenti

Le NTC 2018 hanno ampliato la possibilità di stima della resistenza a compressione della muratura senza la necessità di ricorrere alla determinazione sperimentale, coprendo sostanzialmente tutte le tipologie di muratura realizzabili.

Innanzitutto è stata confermata la tabella che consente di ricavare la resistenza caratteristica a compressione della muratura  $f_k$ , a partire dalla resistenza caratteristica a compressione del blocco  $f_{bk}$  e dalla classe di malta (Tab. 1). Tabella valida esclusivamente per murature costituite da blocchi pieni o semipieni assemblate con giunti orizzontali e verticali riempiti di malta e di spessore compreso tra 5 e 15 mm. Le NTC 2018 precisano inoltre che nel caso in cui sia disponibile solo la resistenza media a compressione del blocco  $f_{bm}$ , è possibile ricavare quella caratteristica tramite la relazione:  $f_{bk} = 0.8 \cdot f_{bm}$ . Va ricordato che per valori non presenti in Tab. 1 è ammessa l'interpolazione lineare, ma in nessun caso sono consentite estrapolazioni. La Fig. 1 fornisce graficamente l'andamento delle resistenze ottenute tramite la Tab. 1.

Tab. 1 – Valori di  $f_k$ , in funzione della  $f_{bk}$  e della classe di malta (Tabella 11.10.VI delle NTC 2018).

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento (N/mm <sup>2</sup> )	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	-

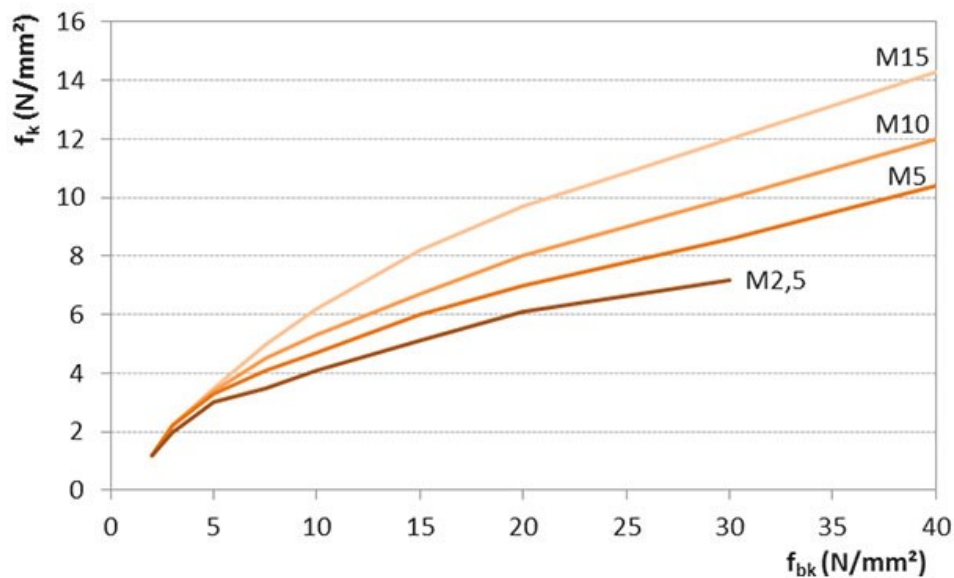


Fig. 1 – Andamento della  $f_k$ , stimata tramite la Tab. 1 (Tabella 11.10.VI delle NTC 2018).

Inoltre, le NTC 2018 consentono di utilizzare le formule riportate nell'Eurocodice 6 (§3.6 della UNI EN 1996-1-1: 2013 integrata dalla relativa Appendice Nazionale, di seguito EC6) in alternativa alla determinazione sperimentale. Ciò significa che per i casi non esplicitamente previsti dalla Tab. 1 è possibile ricorrere sia alla determinazione sperimentale che alla stima tramite formule di cui al §3.6 dell'EC6. In particolare, per murature confezionate con blocchi in laterizio e giunti di malta tradizionale si applica l'eq. 1, per murature realizzate con blocchi in laterizio rettificato e

giunti orizzontali sottili (0,5÷3 mm di spessore) si adotta l'eq. 2.

La Fig. 2 fornisce graficamente l'andamento delle resistenze ottenute tramite le due relazioni.

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3} \quad [\text{eq. 1}]$$

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \quad [\text{eq. 2}]$$

dove:

- **K**, è una costante che dipende dal tipo di blocco e di malta impiegati. Per i blocchi in laterizio per muratura portante previsti dalle NTC 2018,  $K=0,45$  in presenza di giunti di malta tradizionale, mentre  $K=0,70$  in presenza di giunti orizzontali sottili;
- **f<sub>b</sub>**, è la resistenza normalizzata a compressione del blocco, che si ottiene moltiplicando la resistenza media a compressione del blocco  $f_{bm}$ , con il fattore di conversione  $\delta$ , desumibile dall'appendice A della UNI EN 772-1. Il fattore  $\delta$ , che dipende dalle caratteristiche geometriche dei blocchi, può cautelativamente assumersi pari a 1,06 per blocchi per muratura portante POROTON<sup>®</sup>, abitualmente caratterizzati da un'altezza non inferiore ai 185 mm;
- **f<sub>m</sub>**, è la resistenza a compressione della malta.

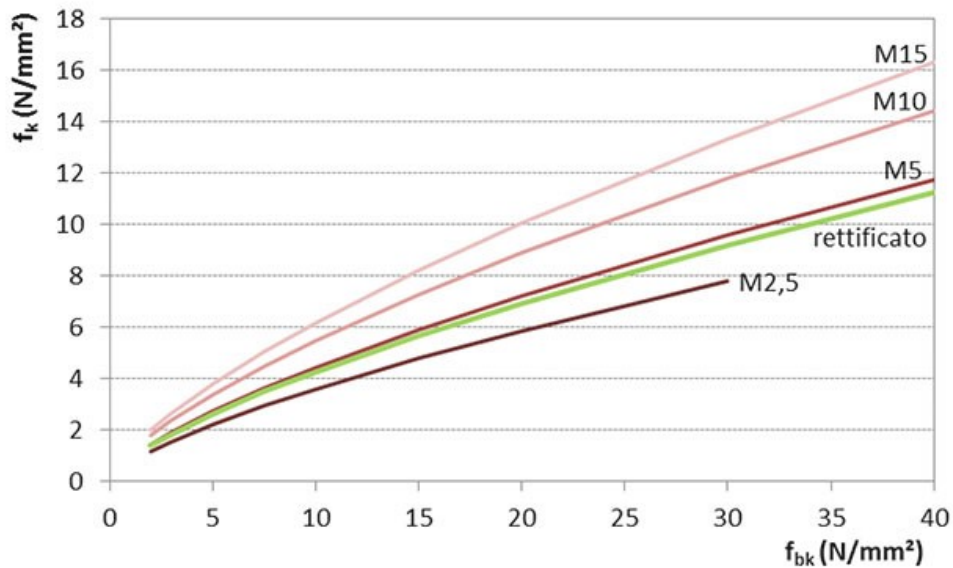


Fig. 2 - Andamento della  $f_k$ , stimata tramite l'eq. 1 e l'eq. 2, di cui al §3.6 dell'EC6.

Osservando le relazioni discusse, emerge che, mentre per la muratura tradizionale la malta ha una certa influenza sulla sua resistenza a compressione, per la muratura rettificata la malta non incide sulla resistenza a compressione della muratura in virtù dello spessore ridotto dei giunti orizzontali sottili. Le relazioni di cui all'eq. 1 ed eq. 2, sono applicabili anche in presenza di giunti verticali non riempiti, è il caso di blocchi ad incastro con giunto verticale lasciato a secco.

Con riferimento al §3.6 dell'EC6 esplicitamente richiamato dalle NTC 2018, è possibile anche stimare la resistenza a compressione della muratura in presenza di letto di malta interrotto, ossia

del giunto orizzontale di allettamento. Per semplicità di trattazione si evidenzia solo che, cautelativamente, è sufficiente ridurre la resistenza ottenuta con i metodi sopra esposti in base alla percentuale di interruzione del letto di malta (*ad es. 3 cm di interruzione del letto di malta su uno spessore del blocco e quindi della muratura di 30 cm, indurrà una riduzione del 10% della resistenza a compressione*).

E' stata infine mantenuta dalle NTC 2018 la richiesta di obbligo di verifica mediante prove sperimentali, nel caso in cui si intenda impiegare una muratura con  $f_k \geq 8 \text{ N/mm}^2$ .

### **3. Come si determina la resistenza a taglio in assenza di tensioni normali della muratura, $f_{vk0}$ ?**

Come anticipato in precedenza le possibilità sono due: determinazione sperimentale oppure stima in funzione delle proprietà dei componenti (blocchi e malta), come di seguito dettagliato.

#### **3.1. Determinazione sperimentale**

Anche per quanto riguarda le prove sperimentali per la determinazione della resistenza a taglio in assenza di carichi verticali c'è una sostanziale continuità con il testo precedente. E' possibile infatti eseguire le moderne prove di scorrimento lungo il giunto orizzontale, le cosiddette prove di taglio su triplete, con riferimento alla norma UNI EN 1052-3 (introdotte per la prima volta dalle NTC 2008), ma è consentito anche svolgere le più datate prove di compressione diagonale secondo normative di comprovata validità.

Nel presente contributo non si approfondiscono le metodologie per la determinazione sperimentale, è sufficiente rilevare che i risultati ottenuti sperimentalmente ai sensi del previgente decreto, rimangono validi ed utilizzabili, ovviamente solo a parità di caratteristiche dei materiali impiegati (blocchi e malta).

#### **3.2. Stima in funzione delle proprietà dei componenti**

Le NTC 2018 anche per la stima della resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali  $f_{vk0}$ , hanno ampliato la possibilità di valutazione senza ricorrere a prove sperimentali, fornendo gli elementi per stimare praticamente tutte le tipologie di murature realizzabili. È importante rilevare che la Tabella 11.10.VIII delle NTC 2018, che fornisce il valore di  $f_{vk0}$  in funzione delle caratteristiche dei materiali costituenti (blocco e malta), è stata completamente rielaborata, correggendo anche l'errore presente nelle precedenti NTC 2008. La Tab. 2 fornisce l'estratto della tabella citata, relativo agli elementi in laterizio. Per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare, ma in nessun caso sono consentite estrapolazioni. Per resistenze della malta o dei blocchi diverse da quelle contemplate in tabella, è necessario ricorrere alla determinazione sperimentale.

I valori di  $f_{vk0}$  riportati in Tab. 2 sono applicabili a murature realizzate con blocchi in laterizio pieni, semipieni e forati, e possono essere direttamente utilizzati nel caso di giunti orizzontali e verticali riempiti di malta. Nel caso di giunti verticali non riempiti (blocchi ad incastro con giunto verticale a secco) i valori  $f_{vk0}$  della Tab. 2 possono essere ancora utilizzati, ma vanno

preliminarmente dimezzati.

Si noti che per giunti orizzontali sottili (dunque con l'impiego di blocchi rettificati) viene fornito un solo possibile valore  $f_{vk0} = 0,3 \text{ N/mm}^2$ , vincolato però alla classe di malta M10 e ad una resistenza del blocco  $f_{bk} \geq 5 \text{ N/mm}^2$ .

Analogamente alla resistenza a compressione  $f_k$ , anche per il taglio  $f_{vk0}$  è possibile stimare l'effetto dell'interruzione del letto di malta, con riferimento a quanto riportato nell'EC6. I valori di  $f_{vk0}$  forniti in Tab. 2, relativi al giunto orizzontale riempito, vanno ridotti in base alla percentuale di interruzione del letto di malta (*ad es. 3 cm di interruzione del letto di malta su uno spessore del blocco e quindi della muratura di 30 cm, indurrà una riduzione del 10% della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali*).

Tab. 2 - Valori di  $f_{vk0}$ , in funzione del tipo di blocco e della classe di malta (estratto della Tabella 11.10.VIII delle NTC 2018).

Elementi per muratura	$f_{vk0}$ (N/mm <sup>2</sup> )		
	Malta ordinaria di classe di resistenza data	Malta per strati sottili (giunto orizzontale $\geq 0,5 \text{ mm}$ e $\leq 3 \text{ mm}$ )	Malta alleggerita
Laterizio	M10 - M20	0,30	0,30 *
	M2,5 - M9	0,20	
	M1 - M2	0,10	
			0,15

\* valore valido per malte di classe M10 o superiore e resistenza dei blocchi  $f_{bk} \geq 5,0 \text{ N/mm}^2$

#### 4. Cos'è e come si determina la resistenza a taglio della muratura, $f_{vk}$ ?

Una parete in muratura portante è sempre sollecitata da carichi verticali gravitazionali più o meno elevati, a cui si combina l'effetto delle forze orizzontali dovute a sollecitazioni quali il vento o il sisma. La parete in muratura portante assorbe l'effetto combinato di sollecitazioni verticali ed orizzontali sviluppando una resistenza a taglio dipendente da due fattori: la resistenza a taglio in assenza di tensioni normali  $f_{vk0}$  (che come abbiamo visto è una proprietà intrinseca della muratura) ed i carichi verticali agenti sulla parete (che dipendono dallo specifico progetto).

La resistenza caratteristica a taglio della muratura  $f_{vk}$  si ricava tramite una relazione di tipo attritivo alla Mohr-Coulomb, fornita dalle NTC 2018 e rimasta invariata rispetto alle precedenti norme, e riportata qui in eq. 3.

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_n \quad [\text{eq. 3}]$$

dove  $\sigma_n$  è la tensione normale media dovuta ai carichi verticali agenti nella sezione di verifica.

Ciò che è stato profondamente cambiato è invece il valore massimo della resistenza caratteristica a taglio  $f_{vk,lim}$ , che è stato inoltre differenziato a seconda del tipo di blocco e di tipologia

muraria. In particolare, per i blocchi in laterizio esistono due valori: quello riportato in eq. 4 riguarda murature con giunti verticali riempiti di malta, mentre quello riportato in eq. 5 attiene al caso di giunti verticali non riempiti di malta (tipicamente ottenuti con blocchi ad incastro posati con i giunti verticali a secco).

$$f_{vk,lim} = 0,065 \cdot f_b \quad [\text{eq. 4}]$$

$$f_{vk,lim} = 0,045 \cdot f_b \quad [\text{eq. 5}]$$

dove  $f_b$  è la resistenza normalizzata a compressione del blocco già descritta in precedenza.

La Fig. 3 e la Fig. 4 forniscono graficamente l'andamento della resistenza a taglio ottenuto tramite l'applicazione delle eq. 3, eq. 4 ed eq. 5, per una specifica resistenza del blocco.

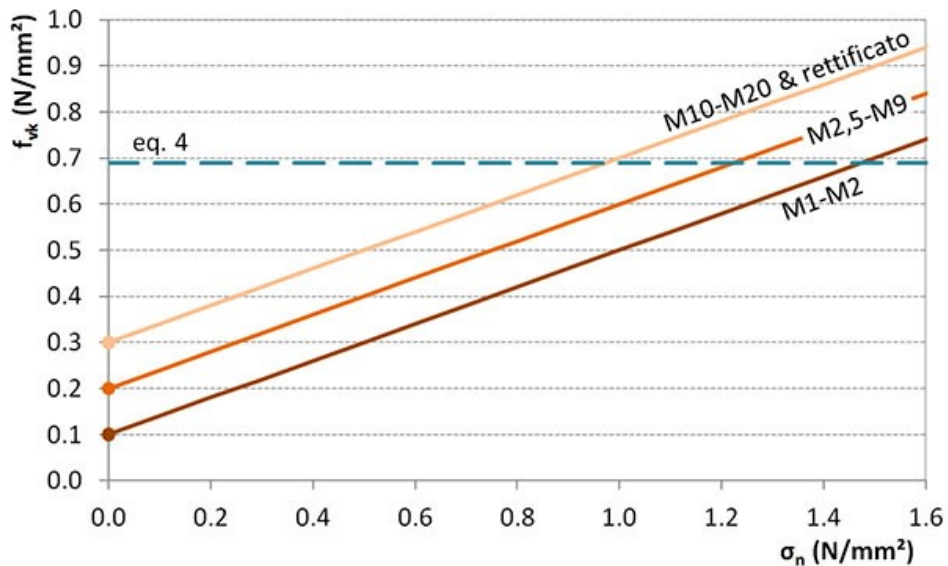


Fig. 3 - Andamento della  $f_{vk}$  stimata tramite l'eq. 3 e della  $f_{vk,lim}$  stimata con l'eq. 4, per una muratura realizzata con giunto verticale riempito di malta e blocchi con resistenza caratteristica pari a 8 N/mm<sup>2</sup>.

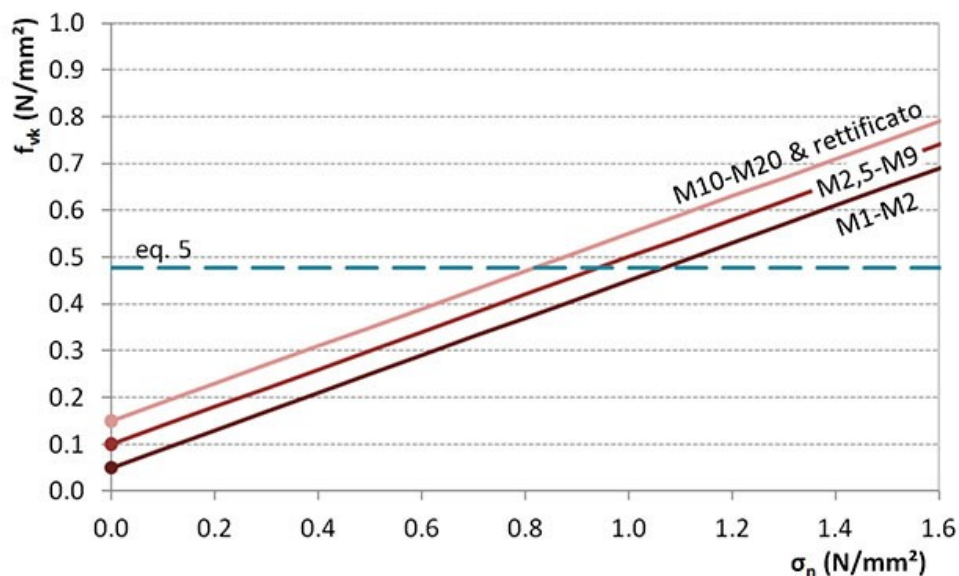


Fig. 4 - Andamento della  $f_{vk}$  stimata tramite l'eq. 3 e della  $f_{vk,lim}$  stimata con l'eq. 5, per una muratura realizzata con giunto verticale a secco e blocchi ad incastro con resistenza caratteristica pari a 8 N/mm<sup>2</sup>.

## 5. Come si determinano i moduli di elasticità secanti della muratura?

In sede di progetto, i moduli di elasticità secanti, in mancanza di determinazioni sperimentali, possono essere valutati secondo le seguenti relazioni fornite dalle NTC 2018 e mantenute invariate rispetto il previgente decreto.

$$E = 1000 \cdot f_k \quad [\text{eq. 6}]$$

$$G = 0,4 \cdot E \quad [\text{eq. 7}]$$

A completamento dei parametri di elasticità è possibile stimare il coefficiente di Poisson della murature, spesso richiesto nei programmi di calcolo, attraverso la nota relazione elastica riportata in eq. 8.

$$\nu = E/2G - 1 \quad [\text{eq. 8}]$$



## ESEMPIO di determinazione delle proprietà meccaniche della muratura.

### Muratura portante ordinaria idonea per tutte le zone sismiche.

Muratura portante realizzata con blocco POROTON® P800 liscio (foratura  $\leq 45\%$ ), confezionata con giunti verticali ed orizzontali tradizionali di malta.

Blocco: resistenza caratteristica a compressione dichiarata dal produttore  $f_{bk} = 8 \text{ N/mm}^2$ .

Malta: malta tradizionale a prestazione garantita con classe dichiarata dal produttore M10.

Si ottengono le seguenti proprietà meccaniche della muratura:

Resistenza caratteristica a compressione muratura, $f_k = 4,66 \text{ N/mm}^2$	da Tabella 11.10.VI delle NTC2018, si veda Tab. 1 del presente articolo
Resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali, $f_{vk0} = 0,30 \text{ N/mm}^2$	da Tabella 11.10.VIII delle NTC2018, si veda Tab. 2 del presente articolo
Resistenza caratteristica a taglio, $f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_n$	da §11.10.3 delle NTC 2018, si veda eq. 3 del presente articolo
Valore massimo della resistenza caratteristica a taglio, $f_{vk,lim} = 0,69 \text{ N/mm}^2$	da §11.10.3 delle NTC 2018, si veda eq. 4 del presente articolo
Modulo di elasticità normale, $E = 4660 \text{ N/mm}^2$	da §11.10.3 delle NTC 2018, si veda eq. 6 del presente articolo
Modulo di elasticità tangenziale, $G = 1864 \text{ N/mm}^2$	da §11.10.3 delle NTC 2018, si veda eq. 7 del presente articolo
Coefficiente di Poisson, $\nu = 0,25$	si veda eq. 8 del presente articolo

## 6. In caso di murature esistenti come si determinano le caratteristiche meccaniche?

La determinazione delle proprietà meccaniche delle murature esistenti dipende dal livello di conoscenza raggiunto sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive, come indicato al Capitolo 8 delle NTC 2018, in continuità con quanto accadeva con le previgenti NTC 2008. In attesa di pubblicazione della nuova Circolare esplicativa, è possibile fare utile riferimento alla Circolare n. 617 del 02/02/2009 la quale, in Tabella C8A.2.1, fornisce valori di riferimento dei parametri meccanici (min e max) e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura esistente, riferiti alle seguenti condizioni: malta di caratteristiche scarse, assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, muratura non consolidata, tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte. Tra le varie tipologie di muratura si annoverano anche tre tipologie di muratura con elementi resistenti in laterizio, riportate in Tab. 3.

Tab. 3 - Valori di riferimento dei parametri meccanici (min e max),  $f_m$  = resistenza media a compressione della muratura,  $\tau_0$  = resistenza media a taglio della muratura, E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio della muratura (estratto dalla Tabella C8A.2.1 della Circolare n. 617 del 02/02/2009)

Tipologia di muratura	$f_m$ (N/cm <sup>2</sup> )		$\tau_0$ (N/cm <sup>2</sup> )		E (N/mm <sup>2</sup> )		G (N/mm <sup>2</sup> )		w (kN/m <sup>3</sup> )
	min	max	min	max	min	max	min	max	
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura $\leq$ 40%)	500	800	24	32	3500	5600	875	1400	15
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400	600	30	40	3600	5400	1080	1620	12
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300	400	10	13	2700	3600	810	1080	11

## 7. Conclusioni

La determinazione delle resistenze e dei conseguenti moduli di elasticità di una muratura portante è una fase operativa da non sottovalutare, dato che poi influenza l'intero progetto, e richiederebbe per questo la più precisa conoscenza dei materiali che verranno impiegati in fase di realizzazione.

Ai fini del calcolo strutturale, le nuove NTC 2018 consentono di stimare in sede di progetto praticamente tutte le possibili tipologie murarie impiegabili per la realizzazione di muratura portante strutturale, fornendo tabelle e formule specifiche che vanno utilizzate con perizia.

Il Consorzio POROTON® Italia e le [sue aziende](#) forniscono da sempre tutte le informazioni utili alla scelta della soluzione in muratura portante più idonea alle specifiche condizioni di operatività, e delle relative proprietà meccaniche.

L'applicativo [POROTON® APP2](#) aggiornato alle nuove NTC 2018, è stato sviluppato per affiancare il progettista nella determinazione delle proprietà meccaniche delle murature portanti nuove ed anche esistenti.

Autori: **Flavio Mosele**

Riferimento: **Newsletter numero 114**