

# Muratura armata



## Analisi lineari e non lineari



# Sommario

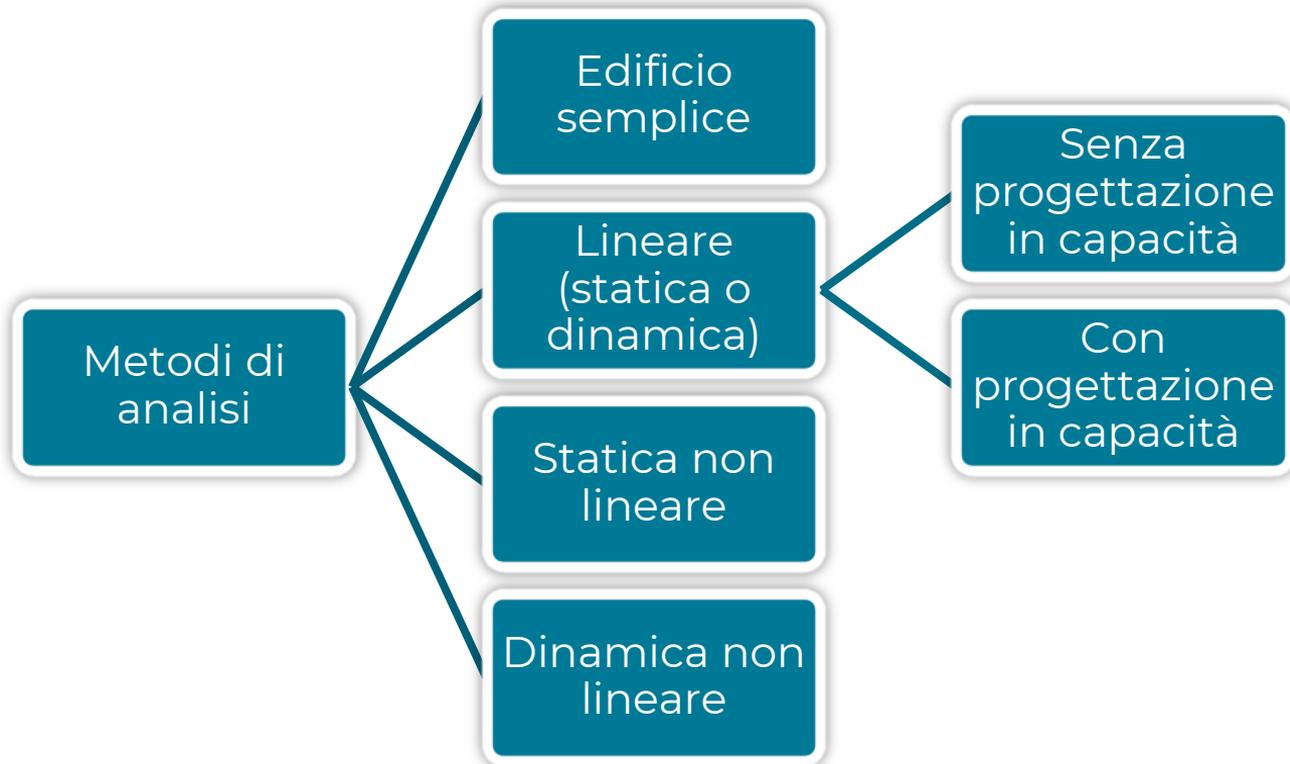
---

- Modellazione
- Analisi
- Esecutivi automatici
- Verifica delle fondazioni



# Metodi di analisi

---



#### 4.5.7. MURATURA ARMATA

La muratura armata è costituita da elementi resistenti artificiali pieni e semipieni idonei alla realizzazione di pareti murarie incorporanti apposite armature metalliche verticali e orizzontali, annegate nella malta o nel conglomerato cementizio.

Le barre di armatura possono essere costituite da acciaio al carbonio, o da acciaio inossidabile o da acciaio con rivestimento speciale, conformi alle pertinenti indicazioni di cui al § 11.3.

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

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

Le barre di armatura devono avere un **diametro minimo di 5 mm**. Nelle pareti che incorporano armatura nei letti di malta al fine di fornire un aumento della resistenza ai carichi fuori piano, per contribuire al controllo della fessurazione o per fornire duttilità, l'area totale dell'armatura non deve essere minore dello 0,03% dell'area lorda della sezione trasversale della parete (cioè 0,015% per ogni faccia nel caso della resistenza fuori piano).

Qualora l'armatura sia utilizzata negli elementi di muratura armata per aumentare la resistenza nel piano, o quando sia richiesta armatura a taglio, la **percentuale di armatura orizzontale**, calcolata rispetto all'area lorda della muratura, **non potrà essere inferiore allo 0,04% né superiore allo 0,5%**, e non potrà avere interasse superiore a 60 cm. La percentuale di **armatura verticale**, calcolata rispetto all'area lorda della muratura, **non potrà essere inferiore allo 0,05%, né superiore allo 1,0%**. In tal caso, **armature verticali con sezione complessiva non inferiore a 2 cm<sup>2</sup> dovranno essere collocate a ciascuna estremità di ogni parete portante, ad ogni intersezione tra pareti portanti, in corrispondenza di ogni apertura e comunque ad interasse non superiore a 4 m.**

#### 7.8.3. COSTRUZIONI DI MURATURA ARMATA

##### 7.8.3.1 CRITERI DI PROGETTO

L'insieme strutturale risultante deve essere in grado di reagire alle azioni esterne orizzontali con un comportamento di tipo globale, al quale contribuisce soltanto la resistenza delle pareti nel loro piano.



# Dettagli costruttivi

---

## 7.8.6.2 COSTRUZIONI DI MURATURA ARMATA

Quanto indicato al § 7.8.6.1 per la muratura ordinaria si applica anche alla muratura armata, con le seguenti eccezioni e le pertinenti prescrizioni di cui al § 4.5.7.

Gli architravi soprastanti le aperture possono essere realizzati in muratura armata.

Le barre di armatura devono essere esclusivamente del tipo ad aderenza migliorata e devono essere ancorate in modo adeguato alle estremità mediante piegature attorno alle barre verticali. In alternativa possono essere utilizzate, per le armature orizzontali, armature a traliccio o conformate in modo da garantire adeguata aderenza ed ancoraggio.

La percentuale di armatura orizzontale, calcolata rispetto all'area lorda della sezione verticale della parete, non può essere inferiore allo 0,04%, né superiore allo 0,5%.

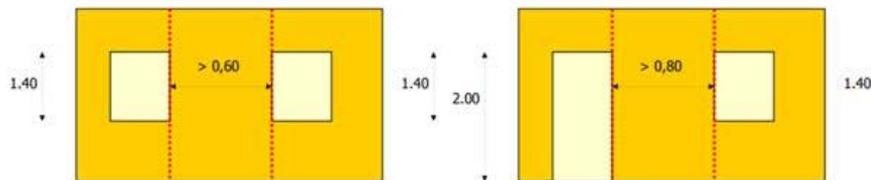
Parapetti ed elementi di collegamento tra pareti diverse devono essere ben collegati alle pareti adiacenti, garantendo la continuità dell'armatura orizzontale e, ove possibile, di quella verticale.

Agli incroci delle pareti perimetrali è possibile derogare al requisito di avere su entrambe le pareti zone di parete muraria di lunghezza non inferiore a 1 m.



# Tabella 7.8.I NTC 2018

La geometria delle pareti resistenti al sisma, deve rispettare i requisiti indicati nella Tab. 7.8.I, in cui  $t$  indica lo spessore della parete al netto dell'intonaco,  $h_0$  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.



Tab. 7.8.I – Requisiti geometrici delle pareti resistenti al sisma

Tipologie costruttive	$t_{\min}$	$(\lambda=h_0/t)_{\max}$	$(l/h')_{\min}$
Muratura ordinaria, realizzata con elementi in pietra squadrata	300 mm	10	0,5
Muratura ordinaria, realizzata con elementi artificiali	240 mm	12	0,4
<b>Muratura armata, realizzata con elementi artificiali</b>	<b>240 mm</b>	<b>15</b>	<b>Qualsiasi</b>
Muratura confinata	240 mm	15	0,3
Muratura ordinaria, realizzata con elementi in pietra squadrata, in siti caratterizzati, allo <i>SLV</i> , da $a_g S \leq 0.15g$	240 mm	12	0,3
Muratura realizzata con elementi artificiali semipieni, in siti caratterizzati, allo <i>SLV</i> , da $a_g S \leq 0.075 g$	200 mm	20	0,3
Muratura realizzata con elementi artificiali pieni, in siti caratterizzati, allo <i>SLV</i> , da $a_g S \leq 0.075 g$	150 mm	20	0,3

# Modellazione

---

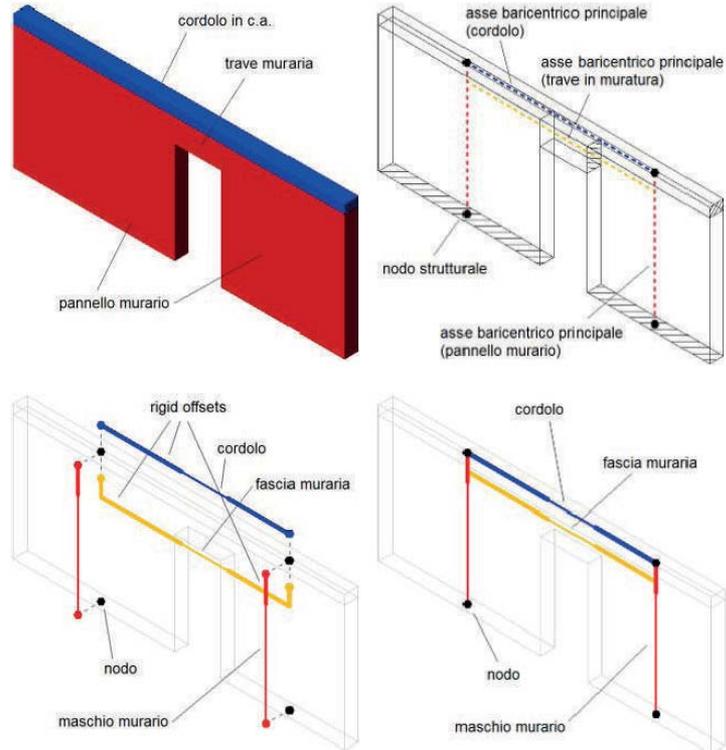
- PRO\_SAM è il plugin di PRO\_SAP che si collega al motore di calcolo SAM II.

**PRO\_SAM**

La soluzione Di Confindustria Ceramica - Raggruppamento Laterizi  
per gli edifici in muratura

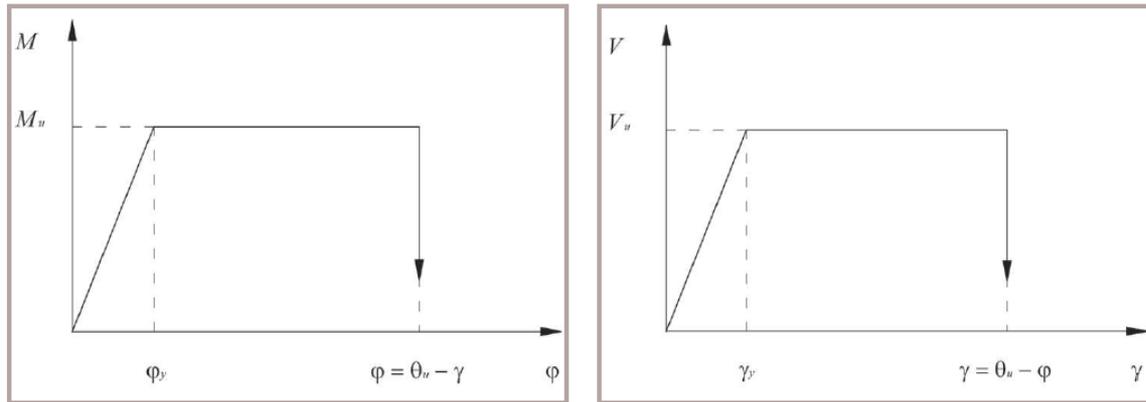


# Il modello a telaio equivalente



# Maschi murari

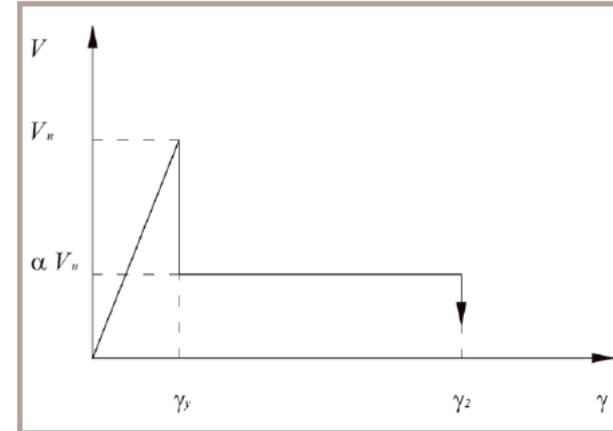
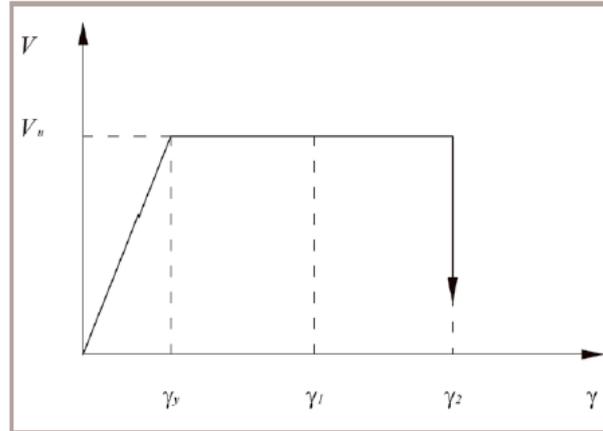
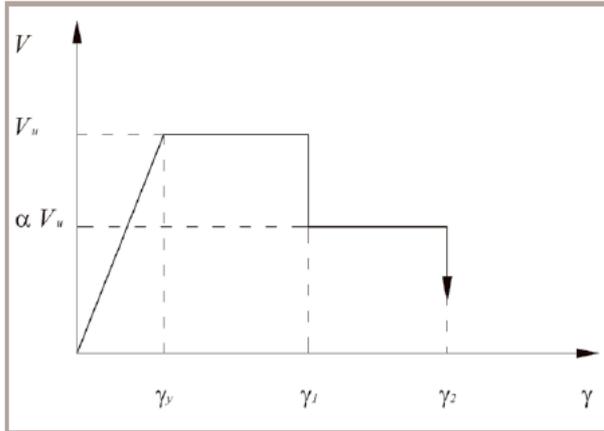
Per i maschi non lineari in **muratura ordinaria** o **muratura armata** sono previsti i seguenti legami costitutivi (tratti da CIL 180)



4. Legge costitutivo elasto-plastico dell'elemento pannello murario: a) a flessione; b) a taglio.

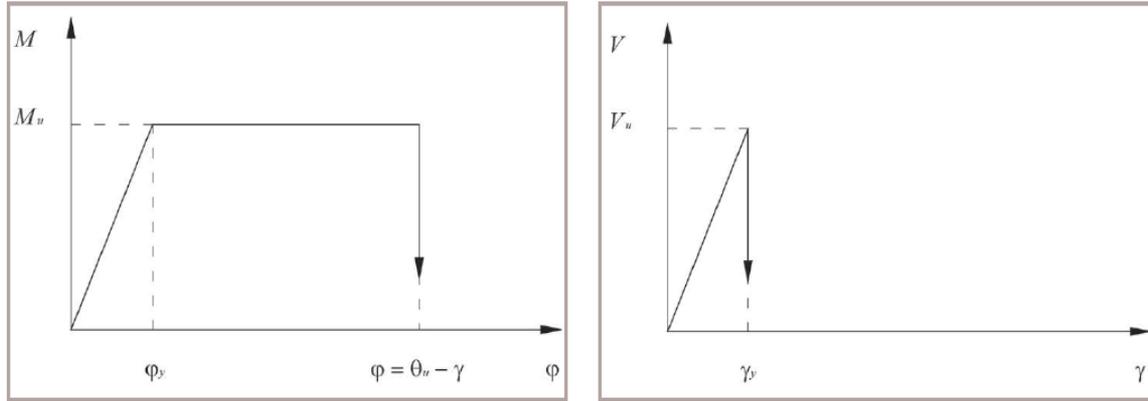
# Fasce murarie

Per le fasce non lineari in **muratura ordinaria** o **muratura armata** sono previsti i seguenti legami costitutivi



5. Legame costitutivo a taglio dell'elemento fascia muraria: a) elasto-plastico; b) elasto-plasto-fragile; c) elasto-fragile.

# Cemento armato



7. Comportamento degli elementi in calcestruzzo armato: a) elasto-plastico a flessione; b) elasto-fragile a taglio.

Gli **altri materiali** hanno comportamento lineare.

# Le verifiche

Elementi in muratura ordinaria / armata	
murature	resistenza a pressoflessione nel piano e fuori piano (SLV) resistenza a taglio nel piano e fuori piano (SLV) deformabilità (SLO, SLD, SLV)
travi di accoppiamento	resistenza a flessione nel piano (SLV) resistenza a taglio nel piano (SLV) deformabilità (SLO, SLD, SLV)
Elementi in calcestruzzo armato	
pilastrini / setti	resistenza a flessione nel piano e fuori piano (SLV) resistenza a taglio nel piano e fuori piano (SLV) deformabilità (SLO, SLD, SLV)
cordoli / travi	resistenza a flessione nel piano (SLV) resistenza a taglio nel piano (SLV) deformabilità (SLO, SLD, SLV)
Elementi in altri materiali	
Su questi elementi, assunti infinitamente elastici, vengono determinate le azioni interne e gli spostamenti generalizzati ad ogni passo di carico ma non vengono svolte verifiche	

Tabella 2. Verifiche strutturali alle azioni sismiche.



# La modellazione

---

- Una volta importato il DXF (semplificato!) è possibile modellare
- La modellazione avviene con elementi D2
- Passiamo alla modellazione, la prima cosa da fare è impostare il riferimento corrente.



# Gli archivi

---

- Nel prototipo di default gli archivi dei materiali prevedono già quelli in uso in questo progetto, sia il legno del tetto che NORMABLOK
- gli archivi delle sezioni e dei carichi sono stati personalizzati con le sezioni in uso.



# Criteri di progetto

---

- È possibile controllare e personalizzare i criteri di progetto sia nel contesto introduzione dati che in fase di analisi.
- È molto importante personalizzare la resistenza a trazione del tirante se non sono stati modellati i cordoli.



Muratura armata 2\_D3

File Introduzione dati Assegnazione carichi Visualizzazione risultati Assegnazione dati di progetto

Contesto BIM CAD Task

Dati struttura Modifica Preferenze

Vista Grafica Esploso

Filtra Proprietà Macro

Selezione

Vicino Tutto Edita Setta

Tutto ON Trova Distanza

Genera Nodi

Genera

Incolla Taglia Copia Cancella

Edit

Stile

Tabella dei materiali

Materiale corrente

Danesi-Normablock Plus - S40 MA e malta termica  
Danesi MTM10-muratura E = 5.860e+04

Definizione proprietà materiale tipo muratura

Stringa identificativa Danesi-Normablock Plus - S40 MA e malta termica Danesi ...

Materiale esistente

**Resistenze**

Resistenza fk	58.6 [daN/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza fhk	9.5 [daN/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza fv0k	3.0 [daN/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza fv0hk	3.0 [daN/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza tau0k	1.5 [daN/cm <sup>2</sup> ]
Resistenza fvlimk	6.5 [daN/cm <sup>2</sup> ]

Elasto-plastico per...

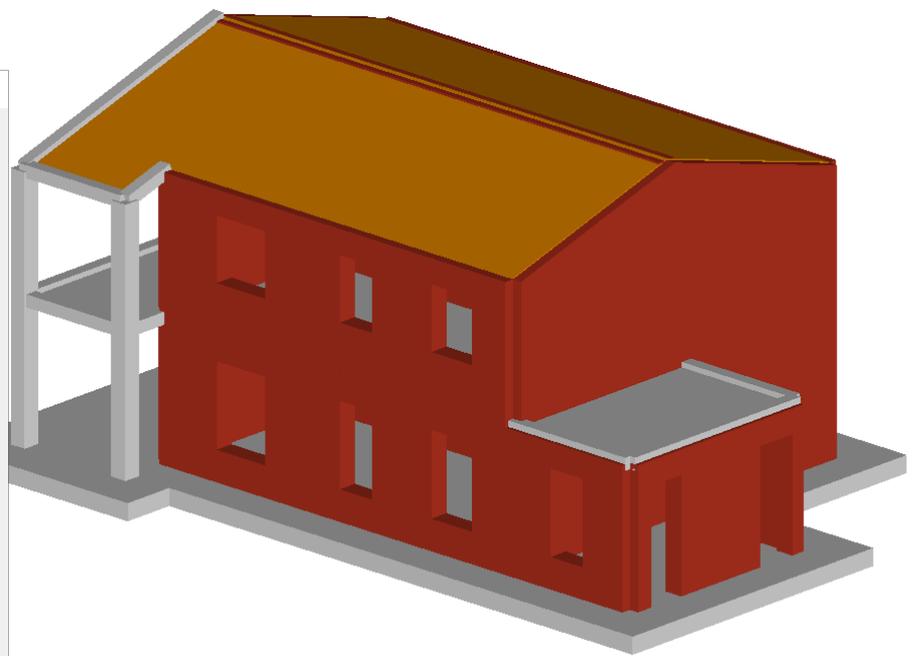
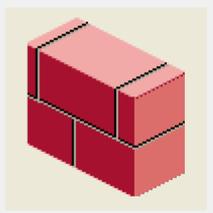
**Proprietà**

Peso specifico	9.0000e-04 [daN/cm <sup>3</sup> ]
Dilatazione termica	1.0000e-05 [1/C]
Dilatazione termica 2	1.0000e-05 [1/C]
Dilatazione termica 3	1.0000e-05 [1/C]
Smorzamento	5.0

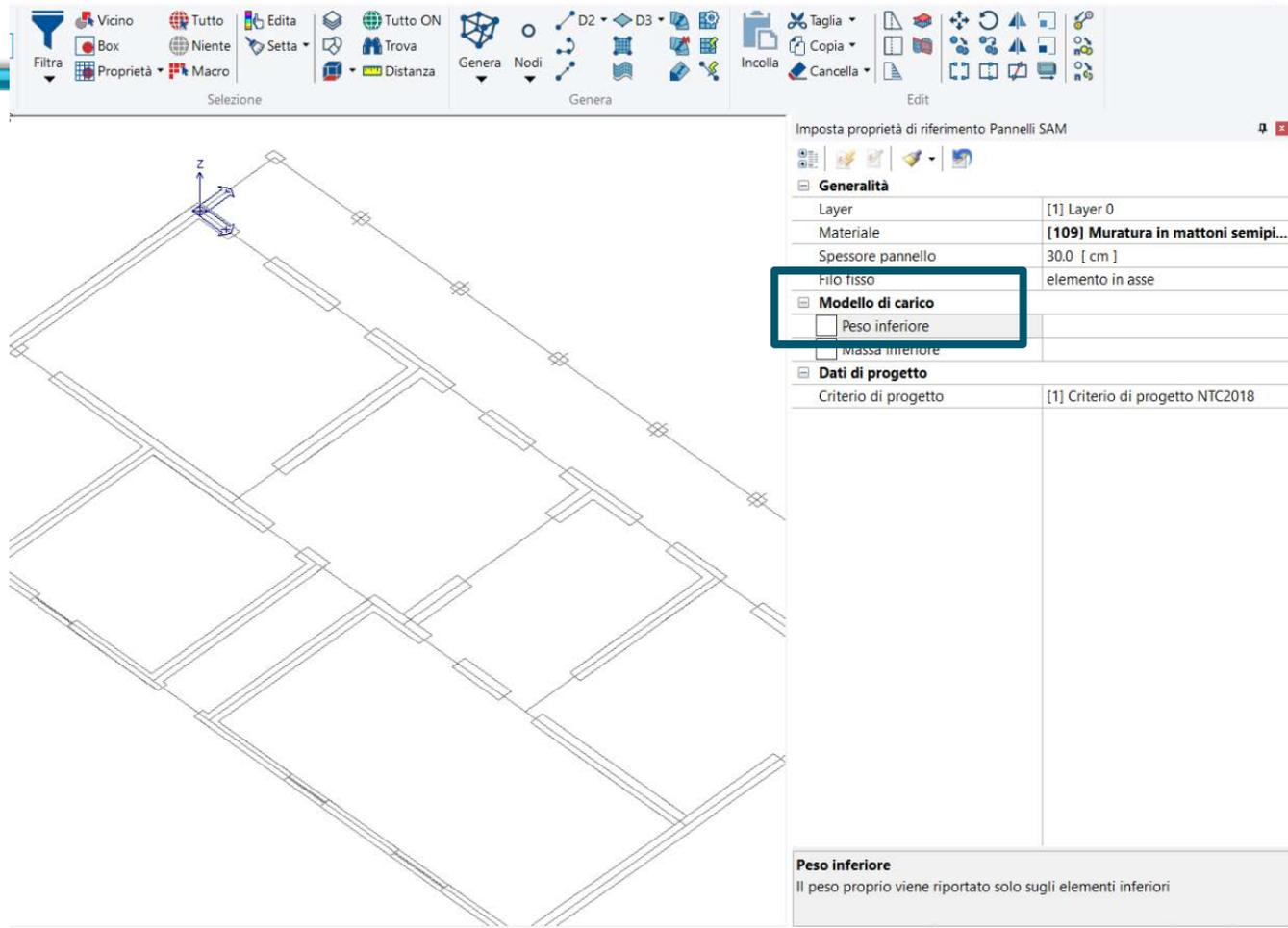
**Costanti elastiche**

Modulo E	58600.0 [daN/cm <sup>2</sup> ]
Poisson	0.0

OK Annulla



# Pannelli



Stile ?

Selezione

Genera

Edit

Imposta proprietà di riferimento Pannelli SAM

**Generalità**

Layer	[1] Layer 0
Materiale	[109] Muratura in mattoni semipi...
Spessore pannello	30.0 [ cm ]
Filo fisso	elemento in asse

**Modello di carico**

Peso inferiore

Massa inferiore

**Dati di progetto**

Criterio di progetto	[1] Criterio di progetto NTC2018
----------------------	----------------------------------

**Peso inferiore**  
Il peso proprio viene riportato solo sugli elementi inferiori

# La modellazione - CA

---

- Modellazione
- Schemi armatura
- Solai



# Solai: la rigidezza

---

- I solai hanno 3 possibili comportamenti:
  1. Non rigido
  2. Rigido con rigidezza finita determinata dal materiale e dallo spessore della membrana
  3. Infinitamente rigido



# Solai: la rigidezza

**Pannello di controllo generale PRO\_SAM**

**Parametri di analisi**

- Escludi non linearità
- Direzione principale: 0.0 [gra...]
- Massimo numero passi: 10000
- Intervallo output: 5

**Verifiche SL**

- SLO
- SLD
- SLV
- SLC

**Avanzate**

- Piano infinitamente rigido
- Residuo Forze: 0.8
- Fattore Forze: 0.6
- Incremento Forze: 0.02
- Metodo Gamma: Modale
- Numero iterazioni: 10

**Distribuzioni di forze e schemi di analisi pushover**

- G1) triangolare - proporzionale alle forze statiche di cui al § 7.3.3.2
- G1) corrispondente a un andamento di accelerazioni proporzionale alla forma del modo fondamentale
- G1) corrispondente all'andamento delle forze di piano agenti su ciascun orizzontamento
- G2) desunta da un andamento uniforme di accelerazioni
- G2) adattiva
- G2) multimodale, considerando almeno sei modi significativi

Dir. alfa:  Dir. alfa  Dir. alfa + 90  Entrambe  
Verso pos.:  Verso pos.  Verso neg.  Entrambi  
Ecc. pos.:  Ecc. pos.  Ecc. neg.  Ecc. 0  Ecc. pos. e neg.

1) Carichi statici    2) Distribuzioni sisma    3) Pericolosità sismica    4) Esecuzione analisi

OK    Annulla

**Carichi**

[Edita proprietà Solai-Panelli](#)

**Generalità**

- Layer: [1] Layer 0
- Usa come pannello
- Materiale: [1] Calcestruzzo Classe C25/30...
- Piano rigido
- Spessore membranale: 4.0 [ cm ]

**Modello di carico**

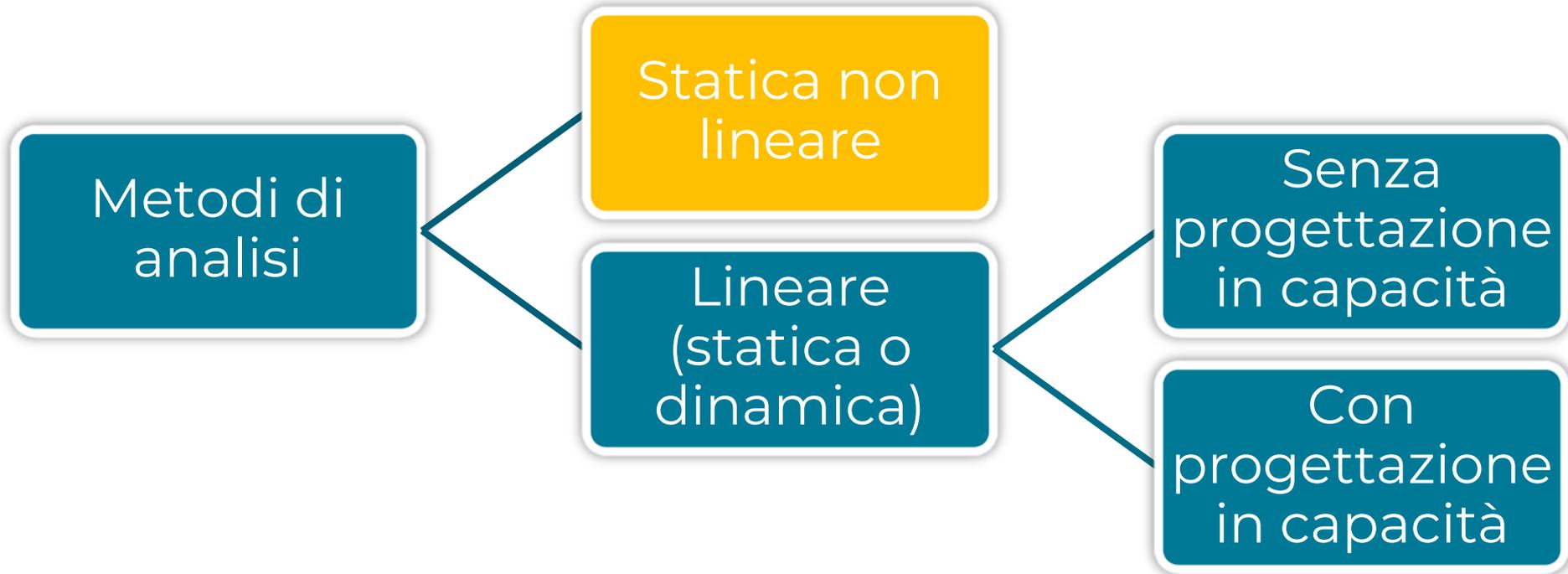
- Archivio di carico: [1] Qsol = 750.00 residenziale
- Orditura: Imposta
- Direzione X: 0.0
- Direzione Y: 1.0
- Direzione Z: 0.0
- Alternanza variabile: 1
- % Bidirezionalità: 10
- Applicazione torsione

**Modello di calcolo**

Schema statico:  Assegnato

# Metodi di analisi

---



# Assegnazione dei carichi

- Una volta che le analisi semplificate sono state eseguite si può procedere all'inserimento dei carichi «definitivi»

## 7.3.4.2 ANALISI NON LINEARE STATICA

L'analisi non lineare statica richiede che al sistema strutturale reale sia associato un sistema strutturale equivalente non lineare.

Nel caso in cui il sistema equivalente sia ad un grado di libertà, a detto sistema strutturale equivalente si applicano i carichi gravitazionali e, per la direzione considerata dell'azione sismica, in corrispondenza degli orizzontamenti della costruzione, forze orizzontali proporzionali alle forze d'inerzia aventi risultante (taglio alla base)  $F_b$ . Tali forze sono scalate in modo da far crescere monotonamente, sia in direzione positiva che negativa e fino al raggiungimento delle condizioni di collasso locale o globale, lo spostamento orizzontale  $d_c$  di un punto di controllo coincidente con il centro di massa dell'ultimo livello della costruzione (sono esclusi eventuali torrini). Vanno considerati anche punti di controllo alternativi, come le estremità della pianta dell'ultimo livello, quando sia significativo l'accoppiamento di traslazioni e rotazioni.

Il diagramma  $F_b - d_c$  rappresenta la curva di capacità della struttura.



# Assegnazione dei carichi

Si devono considerare almeno due distribuzioni di forze d'inerzia, ricadenti l'una nelle distribuzioni principali (Gruppo 1) e l'altra nelle distribuzioni secondarie (Gruppo 2) appresso illustrate.

## *Gruppo 1 - Distribuzioni principali:*

- se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75% si applica una delle due distribuzioni seguenti:
  - distribuzione proporzionale alle forze statiche di cui al § 7.3.3.2, utilizzando come seconda distribuzione la a) del Gruppo 2,
  - distribuzione corrispondente a un andamento di accelerazioni proporzionale alla forma del modo fondamentale di vibrare nella direzione considerata;
- in tutti i casi può essere utilizzata la distribuzione corrispondente all'andamento delle forze di piano agenti su ciascun orizzontamento calcolate in un'analisi dinamica lineare, includendo nella direzione considerata un numero di modi con partecipazione di massa complessiva non inferiore allo 85%. L'utilizzo di questa distribuzione è obbligatorio se il periodo fondamentale della struttura è superiore a  $1,3 T_C$ .

## *Gruppo 2 - Distribuzioni secondarie:*

- a) distribuzione di forze, desunta da un andamento uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione;
- b) distribuzione adattiva, che cambia al crescere dello spostamento del punto di controllo in funzione della plasticizzazione della struttura;
- c) distribuzione multimodale, considerando almeno sei modi significativi.

# Assegnazione dei carichi

---

## 7.8.1.5.4 Analisi statica non lineare

L'analisi statica non lineare è applicabile agli edifici in muratura secondo le modalità descritte al § 7.3.4.2, con la possibilità di estendere quanto ivi indicato per le strutture in cui il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75%, anche ai casi in cui la partecipazione di massa sia non inferiore al 60%.

Il modello geometrico della struttura può essere conforme a quanto indicato nel caso di analisi statica lineare. In alternativa si possono utilizzare modelli più sofisticati purché idonei e adeguatamente documentati.

I pannelli murari possono essere caratterizzati da un comportamento bilineare elastico perfettamente plastico, con resistenza equivalente al limite elastico e spostamenti al limite elastico e ultimo corrispondenti alla risposta flessionale e a taglio di cui ai §§ 7.8.2.2 e 7.8.3.2. Gli elementi lineari in c.a. (cordoli, travi di accoppiamento) possono essere caratterizzati da un comportamento bilineare elastico perfettamente plastico, con resistenza equivalente al limite elastico e spostamenti al limite elastico e ultimo definiti per mezzo della risposta flessionale o a taglio.



# Assegnazione dei carichi

Pannello di controllo generale PRO\_SAM

Parametri di analisi	
<input type="checkbox"/> Escludi non linearità	
Direzione principale	0.0 [gradi]
Massimo numero passi	10000
Intervallo output	5

Verifiche SL	
<input checked="" type="checkbox"/> SLO	
<input checked="" type="checkbox"/> SLD	
<input checked="" type="checkbox"/> SLV	
<input checked="" type="checkbox"/> SLC	

Avanzate	
<input checked="" type="checkbox"/> Piano infinitamente rigido	
Residuo Forze	0.8
Fattore Forze	0.6
Incremento Forze	0.02
Metodo Gamma	Modale
Numero iterazioni	10
Tolleranza energia	0.0001
Tolleranza forze	0.001
Tolleranza spostamenti	0.001
Fattore Jt per rigidi	0.0001
<input type="checkbox"/> Privilegia offset	
Reset valori avanzati	reset

**Piano infinitamente rigido**  
Adotta modellazione a piano infinitamente rigido; in alternativa entreranno nel modello gli elementi membranali

Distribuzioni di forze e schemi di analisi pushover

- G1) triangolare - proporzionale alle forze statiche di cui al § 7.3.3.2
- G1) corrispondente a un andamento di accelerazioni proporzionale alla forma del modo fondamentale
- G1) corrispondente all'andamento delle forze di piano agenti su ciascun orizzontamento
- G2) desunta da un andamento uniforme di accelerazioni
- G2) adattiva
- G2) multimodale, considerando almeno sei modi significativi

Dir. alfa     Dir. alfa + 90     Entrambe  
 Verso pos.     Verso neg.     Entrambi  
 Ecc. pos.     Ecc. neg.     Ecc. 0     Ecc. pos. e neg.

1) Carichi statici    2) Distribuzioni sisma    3) Pericolosità sismica

4) Esecuzione analisi

OK    Annulla



# Controllo dei risultati

---

- Una volta eseguite le analisi non lineari è possibile controllare i risultati
- Il controllo dei risultati avviene attraverso il monitor analisi.



# Le verifiche

---

## Muratura

- *Pareti in muratura **ordinaria ed armata***
  - Resistenza a pressoflessione nel piano e fuori piano (SLV)
  - Resistenza a taglio nel piano e fuori piano (SLV)
  - Deformabilità(SLO,SLD,SLC)
- *Travi di accoppiamento*
  - Resistenza a flessione nel piano (SLV)
  - Resistenza a taglio nel piano (SLV)
  - Deformabilità (SLO,SLD,SLC)

## Cemento armato

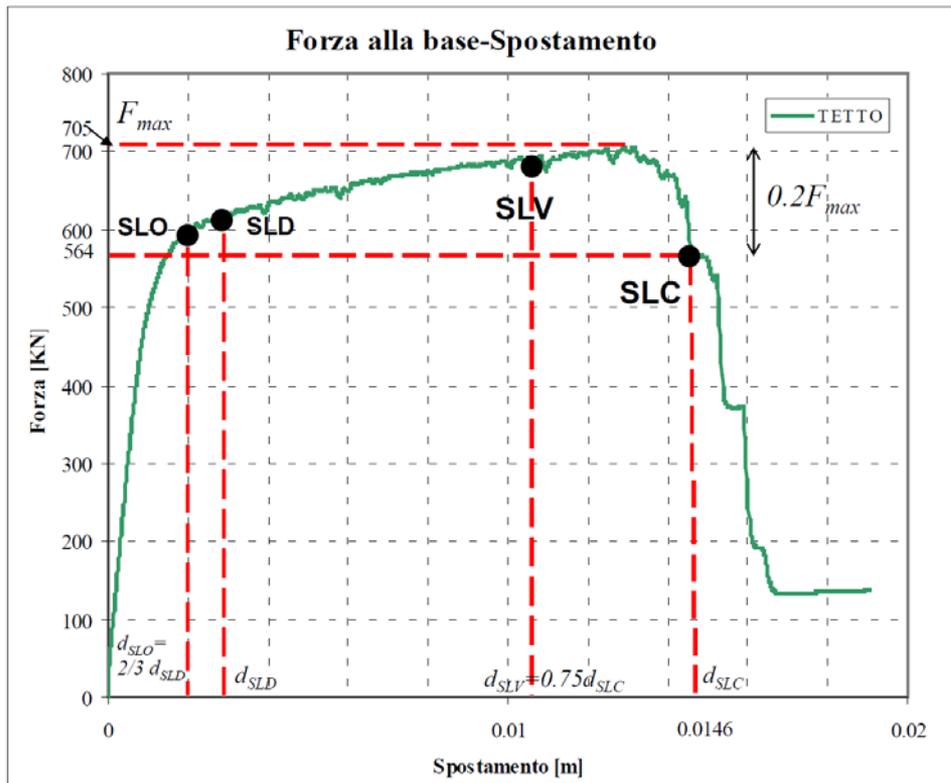
- *Pilastrì/pareti*
  - Resistenza a flessione nel piano e fuori piano (SLV)
  - Resistenza a taglio nel piano e fuori piano (SLV)
  - Deformabilità (SLO,SLD,SLV,SLC)
- *Cordoli/travi*
  - Resistenza a flessione nel piano (SLV)
  - Resistenza a taglio nel piano (SLV)
  - Deformabilità (SLO,SLD,SLV,SLC)

## Altri materiali

- Su questi elementi vengono determinate le azioni interne e gli spostamenti generalizzati ad ogni passo di carico



# La curva

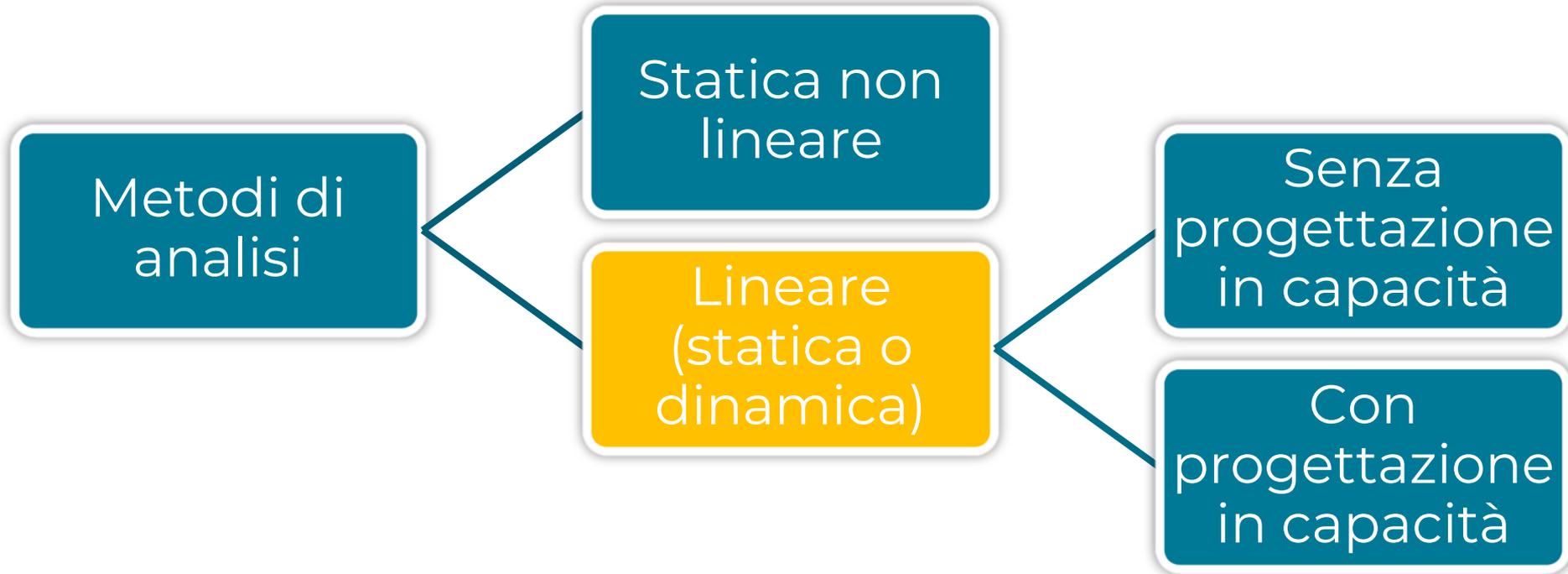


Verifiche in termini  
di spostamento

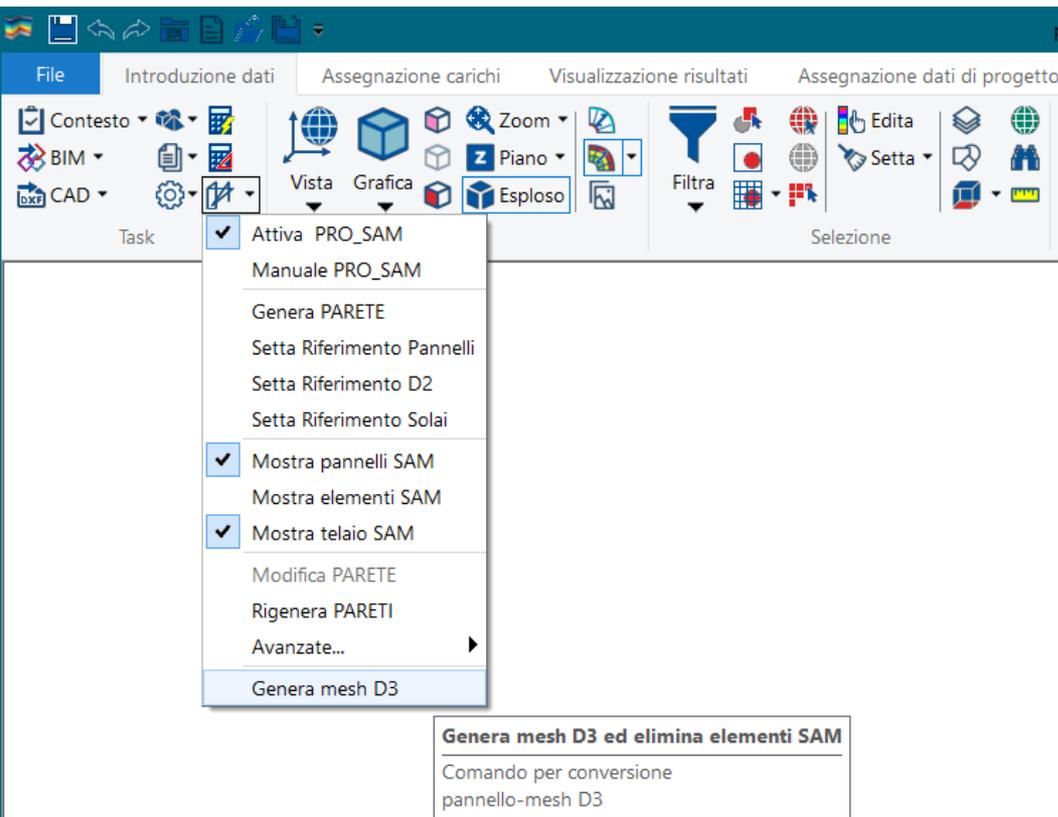


# Metodi di analisi

---



# Verifiche lineari e delle fondazioni



- Per verificare le fondazioni è necessario realizzare un modello diverso con analisi lineari e fondazioni.
- È possibile generare il modello con elementi plate-shell (D3) per eseguire analisi lineari.



# Modifiche al modello

---

- Visto che è una struttura mista, per le analisi lineari assegniamo **degli svincoli a M2 e M3 ai pilastri** per far sì che l'intera azione sismica sia affidata alla muratura
- Poi assegniamo carichi lineari (con analisi statica oppure dinamica lineare)



# Fattori di comportamento

Costruzioni di muratura (§ 7.8.1.3)	
Costruzioni di muratura ordinaria	1,75 $\alpha_U/\alpha_1$
Costruzioni di muratura armata	2,5 $\alpha_U/\alpha_1$
Costruzioni di muratura armata con progettazione in capacità	3,0 $\alpha_U/\alpha_1$
Costruzioni di muratura confinata	2,0 $\alpha_U/\alpha_1$
Costruzioni di muratura confinata con progettazione in capacità	3,0 $\alpha_U/\alpha_1$

I coefficienti  $\alpha_1$  e  $\alpha_U$  sono definiti come segue:

$\alpha_1$  è il moltiplicatore della forza sismica orizzontale per il quale, mantenendo costanti le altre azioni, il primo pannello murario raggiunge la sua resistenza ultima (a taglio o a pressoflessione);

$\alpha_U$  è il 90% del moltiplicatore della forza sismica orizzontale per il quale, mantenendo costanti le altre azioni, la costruzione raggiunge la massima forza resistente.

Il valore di  $\alpha_U/\alpha_1$  può essere calcolato per mezzo di un'analisi statica non lineare (§ 7.3.4.2) e non può in ogni caso essere assunto superiore a 2,5.

Qualora non si proceda a un'analisi non lineare, possono essere adottati i seguenti valori di  $\alpha_U/\alpha_1$ :

- costruzioni di muratura ordinaria  $\alpha_U/\alpha_1 = 1,7$
- costruzioni di muratura armata  $\alpha_U/\alpha_1 = 1,5$
- costruzioni di muratura armata progettate con la progettazione in capacità  $\alpha_U/\alpha_1 = 1,3$
- costruzioni di muratura confinata  $\alpha_U/\alpha_1 = 1,6$
- costruzioni di muratura confinata progettate con la progettazione in capacità  $\alpha_U/\alpha_1 = 1,3$

In caso di edifici regolari in pianta e in altezza

$$q = 2,5 \cdot 1,5 = \mathbf{3,75}$$

Per muratura armata.

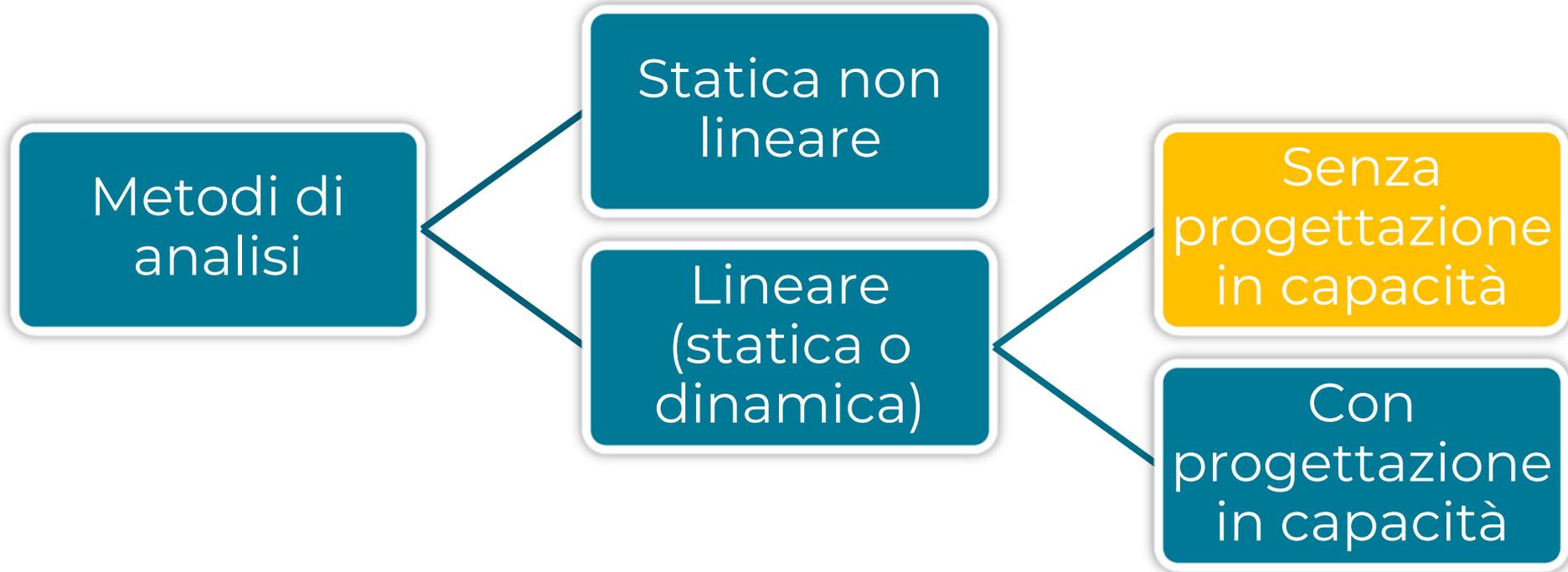
$$q = 3 \cdot 1,3 = \mathbf{3,9}$$

Per muratura armata con progettazione in capacità.



# Metodi di analisi

---



# Verifiche a pressoflessione

## 7.8.3.2 VERIFICHE DI SICUREZZA

### 7.8.3.2.1 Pressoflessione nel piano

Per la verifica di sezioni pressoinflesse può essere assunto un diagramma delle compressioni rettangolare, con profondità pari a 0,8 la profondità dell'asse neutro, e tensione pari a  $0,85 f_{d1}$ . Le deformazioni massime da considerare sono pari a  $\epsilon_m = 0,0035$  per la muratura compressa e  $\epsilon_s = 0,01$  per l'acciaio teso.

In caso di analisi statica non lineare si adottano come valori di progetto le resistenze medie dei materiali, e lo spostamento ultimo può essere assunto pari all'1,6% dell'altezza del pannello.

### 7.8.3.2.3 Pressoflessione fuori piano

Nel caso di azioni agenti perpendicolarmente al piano della parete, la verifica si esegue adottando, per muratura e acciaio, il diagramma delle compressioni e i valori di deformazione limite utilizzati per la verifica nel piano.



# Verifiche a taglio

## 7.8.3.2.2 Taglio

La resistenza a taglio ( $V_t$ ) è calcolata come somma dei contributi della muratura ( $V_{t,M}$ ) e dell'armatura ( $V_{t,S}$ ), secondo le relazioni seguenti:

$$V_t = V_{t,M} + V_{t,S} \quad [7.8.7]$$

$$V_{t,M} = d \cdot t \cdot f_{vd} \quad [7.8.8]$$

dove:

$d$  è la distanza tra il lembo compresso e il baricentro dell'armatura tesa

$t$  è lo spessore della parete

$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$  è definito al § 4.5.6.1 calcolando la tensione normale media (indicata con  $\sigma_n$  nel paragrafo citato) sulla sezione lorda di larghezza  $d$  ( $\sigma_n = P/dt$ ).

$$V_{t,S} = (0,6 \cdot d \cdot A_{sw} \cdot f_{yd}) / s \quad [7.8.9]$$

dove:

$d$  è la distanza tra il lembo compresso e il baricentro dell'armatura tesa,

$A_{sw}$  è l'area dell'armatura a taglio disposta in direzione parallela alla forza di taglio, con passo  $s$  misurato ortogonalmente alla direzione della forza di taglio,

$f_{yd}$  è la tensione di snervamento di progetto dell'acciaio,

$s$  è la distanza tra i livelli di armatura.

## §7.8.3.2 NTC Verifiche a taglio

---

Deve essere altresì verificato che il taglio agente non superi il seguente valore:

$$V_{t,c} = 0,3 \cdot f_d \cdot t \cdot d \quad [7.8.10]$$

dove:

$t$  è lo spessore della parete

$f_d$  è la resistenza a compressione di progetto della muratura.

In caso di analisi statica non lineare si adottano come valori di progetto le resistenze medie dei materiali e lo spostamento ultimo può essere assunto pari allo 0,8% dell'altezza del pannello.



# Eurocodice 6

## Verifica di pareti di muratura armata soggette a carichi orizzontali nel piano della parete

- (1) Per le pareti di muratura armata che contengono armatura verticale, quando si trascura il contributo di una qualsiasi armatura a taglio, si raccomanda di verificare che:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd1} \quad (6.33)$$

dove:

$V_{Rd1}$  è il valore di progetto della resistenza a taglio di muratura non armata, ed è dato da:

$$V_{Rd1} = f_{vd} t l \quad (6.34)$$

$f_{vd}$  è il valore minore tra la resistenza a taglio di progetto della muratura, ricavata nel punto 2.4.1 e nel punto 3.6.2, o la resistenza a taglio del calcestruzzo di riempimento, ricavata nel punto 2.4.1 e nel punto 3.3;

$t$  è lo spessore della parete;

$l$  è la lunghezza della parete.

Nota Dove necessario, si può prendere in considerazione nel calcolo di  $V_{Rd1}$ , un aumento nella resistenza a taglio di progetto  $f_{vd}$ , per permettere la presenza dell'armatura verticale.

- (2) Per le pareti di muratura armata che contengono armatura verticale, quando si tiene conto dell'armatura a taglio orizzontale, si raccomanda di verificare che:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd1} + V_{Rd2} \quad (6.35)$$

dove:

$V_{Rd1}$  è dato dall'equazione (6.34), e

$V_{Rd2}$  è il valore di progetto del contributo dell'armatura, dato da:

$$V_{Rd2} = 0,9 A_{sw} f_{yd} \quad (6.36)$$

$A_{sw}$  è l'area totale dell'armatura orizzontale a taglio nella porzione di parete presa in considerazione;

$f_{yd}$  è la resistenza di progetto dell'acciaio da armatura.

- (3) Qualora si tenga conto dell'armatura a taglio, si raccomanda anche di verificare che:

$$\frac{V_{Rd1} + V_{Rd2}}{t l} \leq 2,0 \text{ N/mm}^2 \quad (6.37)$$

dove:

$t$  è lo spessore della parete;

$l$  è la lunghezza oppure, dove appropriato, l'altezza della parete.

# Eurocodice 6

6.7.3

Verifica di travi di muratura armata soggette a carico di taglio

- (1) Per le travi di muratura armata, quando si ignora il contributo di qualsiasi armatura a taglio, si raccomanda di verificare che:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd1} \quad (6.38)$$

dove:

$V_{Rd1}$  è dato da:

$$V_{Rd1} = f_{vd} b d \quad (6.39)$$

$f_{vd}$  è il valore minore tra la resistenza a taglio di progetto della muratura, ricavata nel punto 2.4.1 e nel punto 3.6.2, o la resistenza a taglio del calcestruzzo di riempimento, ricavata nel punto 2.4.1 e nel punto 3.3;

- (3) Per una trave in muratura, quando si prende in considerazione l'armatura a taglio, si raccomanda di verificare che:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd1} + V_{Rd2} \quad (6.41)$$

dove:

$V_{Rd1}$  è dato dall'equazione (6.39), e

$V_{Rd2}$  è dato da:

$$V_{Rd2} = 0,9 d \frac{A_{sw}}{s} f_{yd} (1 + \cot \alpha) \sin \alpha \quad (6.42)$$

$d$  è l'altezza utile della trave;

$A_{sw}$  è l'area dell'armatura a taglio;

$s$  è la spaziatura dell'armatura a taglio;

$\alpha$  è l'angolo formato dall'armatura a taglio con l'asse della trave, tra 45° e 90°;

$f_{yd}$  è la resistenza di progetto dell'acciaio da armatura.

- (4) Si raccomanda inoltre di verificare che:

$$V_{Rd1} + V_{Rd2} \leq 0,25 f_d b d \quad (6.43)$$

dove:

$f_d$  è il valore minore tra la resistenza a compressione di progetto della muratura nella direzione di carico; ricavata nel punto 2.4.1 e nel punto 3.6.1, o la resistenza del calcestruzzo di riempimento, ricavata nel punto 2.4.1 e nel punto 3.3;

$b$  è la larghezza minima della trave sul tratto di altezza utile;

$d$  è l'altezza utile della trave.

## §6.7.2 Eurocodice 6 Verifiche a taglio

- (2) Per le pareti di muratura armata che contengono armatura verticale, quando si tiene conto dell'armatura a taglio orizzontale, si raccomanda di verificare che:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd1} + V_{Rd2} \quad (6.35)$$

dove:

$V_{Rd1}$  è dato dall'equazione (6.34), e

$V_{Rd2}$  è il valore di progetto del contributo dell'armatura, dato da:

$$V_{Rd2} = 0,9 A_{sw} f_{yd} \quad (6.36)$$

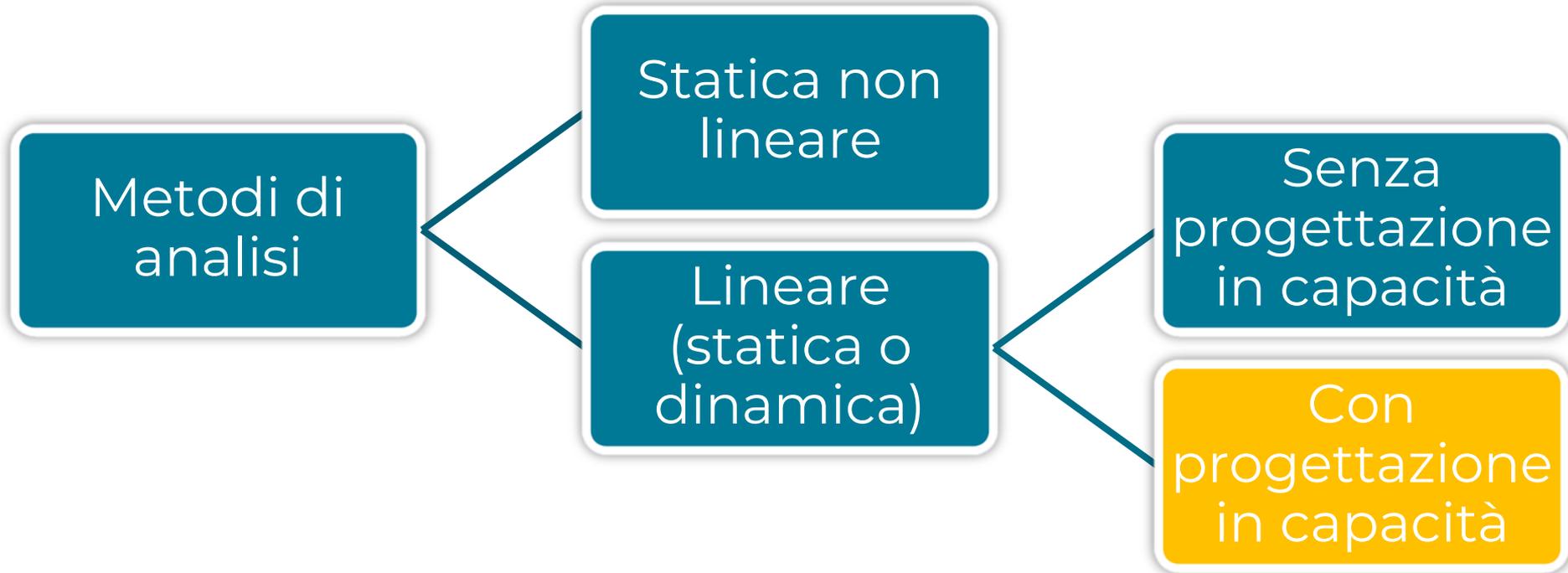
$A_{sw}$  è l'area totale dell'armatura orizzontale a taglio nella porzione di parete presa in considerazione;

$f_{yd}$  è la resistenza di progetto dell'acciaio da armatura.



# Metodi di analisi

---



# Gerarchia delle resistenze

## 7.8.1.7 PRINCIPI DI PROGETTAZIONE IN CAPACITÀ

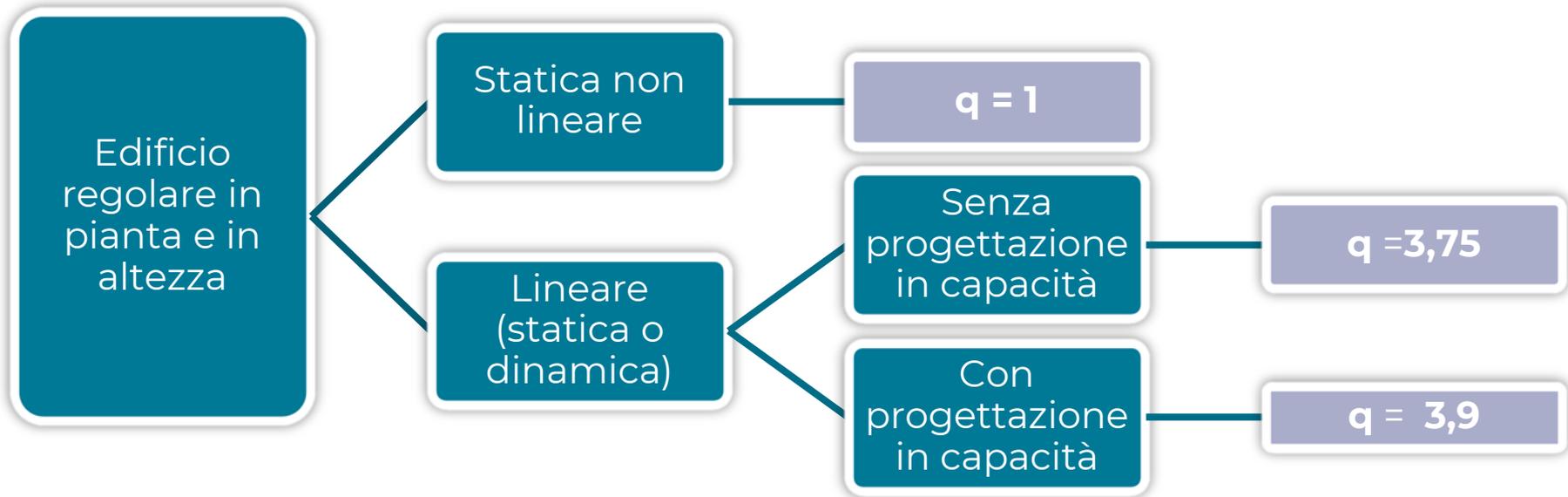
I principi di progettazione in capacità si applicano esclusivamente al caso di muratura armata.

Per ogni pannello murario, il principio fondamentale è finalizzato ad evitare il collasso per taglio, assicurandosi che sia preceduto dal collasso per flessione. Tale principio è rispettato quando ciascun pannello murario è verificato a flessione rispetto alle azioni agenti ed è verificato a taglio rispetto alle azioni risultanti dalla resistenza a collasso per flessione, amplificate del fattore  $\gamma_{Rd}$  di cui alla Tab. 7.2.I.

Muratura armata con progettazione in capacità	Pannelli murari (§ 7.8.1.7)	Taglio	1,50
---	-----------------------------	--------	------



# Confronto risultati



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**