



Rete dei Laboratori Universitari  
di Ingegneria Sismica e Strutturale

# Convegno ReLUIS



## Kick off del Progetto DPC\_ReLUIS 2024-2026

Napoli, 17-18 ottobre 2024

**WP 10 - COSTRUZIONI DI MURATURA**  
Coordinatore: Guido Magenes – Relatore: Serena Cattari

## **WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura**

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

**Attività e risultati PE 2022-2024**

# WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

## Unità di Ricerca coinvolte biennio 2022-2024

1. **UniBO** - Responsabile Scientifico Prof. S. De Miranda
2. **UniBS** - Responsabile Scientifico Prof. M.Preti
3. **UniCT** - Responsabile Scientifico Prof. I. Calì
4. **UniCH** - Responsabile Scientifico Prof. G. Camata
5. **UniGE-a** - Responsabile Scientifico Prof. S. Lagomarsino
6. **UniGE-b** - Responsabile Scientifico Prof. S.Cattari
7. **PoliMI** - Responsabile Scientifico Prof. G. Milani
8. **UniNA-a** - Responsabile Scientifico Prof. P.Ricci
9. **UniNA-b** - Responsabile Scientifico Prof. G.Brandonisio
10. **UniNA-c** - Responsabile Scientifico Prof. F.Parisi
11. **UniNA-d** - Responsabile Scientifico Prof. A. De Luca
12. **UniPA** - Responsabile Scientifico Prof. L. Cavaleri
13. **UniPD** - Responsabile Scientifico Prof. F. da Porto
14. **UniPV-a** - Responsabile Scientifico e Coordinatore del WP10 Prof. G. Magenes
15. **UniPV-b** - Responsabili Scientifici Prof. A.Penna/F.Graziotti
16. **UniRM1** - Responsabile Scientifico Prof. L.Sorrentino
17. **PoliTO** - Responsabile Scientifico Prof. F. Di Trapani

# WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

## Obiettivi del WP10 per il biennio 2022-2024:

1. Validazione, miglioramento e sviluppo dei modelli di capacità locali e globali per la definizione degli stati limite, definiti in funzione del metodo di analisi (lineare, non lineare, statico, dinamico), tenendo conto delle incertezze. (**Task 1.1** muratura strutturale e **1.2** muratura non strutturale)
2. Analisi e verifica dei sistemi complessi (unità in aggregato, complessi edilizi di grande estensione, strutture miste in muratura ed altre tecnologie) e predisposizione di casi studio/esempi di riferimento. (**Task 2**)
3. Ampliamento degli studi di validazione/confronto degli strumenti software per l'applicazione dei metodi di verifica da norma (supporto al §10.2 delle NTC2018). (**Task 3**)
4. Studi sul problema della verifica della sicurezza con riferimento alla componente verticale del moto per le costruzioni in muratura, considerando casistiche non studiate nel precedente triennio, e predisposizione di eventuale proposte di aggiornamento normativo. (**Task 4**)

RESPONSABILE SCIENTIFICO	UNIVERSITÀ	DIP.	TASK 1	TASK 2	TASK 3	TASK 4
Magenes Guido	Università degli Studi di Pavia	DICAr	X	X	X	X
Penna Andrea /Graziotti Francesco	Università degli Studi di Pavia	DICAr	X	X		X
Lagomarsino Sergio	Università degli Studi di Genova	DICCA	X			X
Cattari Serena	Università degli Studi di Genova	DICCA		X	X	
Sorrentino Luigi	"Sapienza" Università di Roma	DISG	X			X
da Porto Francesca	Università degli Studi di Padova	GEOSCIENZE	X			
Camata Guido	Università degli Studi "G. D'Annunzio" Chieti - Pescara	INGEO			X	X
Caliò Ivo	Università degli Studi di Catania	DICAR	X	X	X	
Preti Marco	Università degli Studi di Brescia	D.I.C.A.T.A.M.	X			
Ricci Paolo	Università degli Studi di Napoli "Federico II"	Di.St.	X			
Brandonisio Giuseppe	Università degli Studi di Napoli "Federico II"	Di.St.	X	X	X	
Parisi Fulvio	Università degli Studi di Napoli "Federico II"	Di.St.	X	X	X	
De Luca Antonello	Università degli Studi di Napoli "Federico II"	Di.St.	X	X	X	
De Miranda Stefano	Università di Bologna	DICAM			X	
Milani Gabriele	Politecnico di Milano	ABC		X	X	
Di Trapani Fabio	Politecnico di Torino	DISEG	X	X		
Cavaleri Liborio	Università degli Studi di Palermo	Dipartimento di Ingegneria	X			

# WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura 2022-2024

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

## Principali risultati ottenuti Task 1.1 (Validazione e sviluppo dei modelli di capacità locali e globali per la definizione degli stati limite – Muratura strutturale) :

- Confronto tra risultati di meccanismi fuori piano con analisi cinematica lineare e non lineare e analisi dinamica non lineare – applicazione a ***casi studio e indicazioni per eventuale revisione/chiarimento delle normative (contributi nel volume «Contributi normativi», Volume finale di progetto a cura di M.A.Aiello, R.Landolfo, M.Dolce)***
- Definizione delle capacità di deformazione angolare nel piano e associazione di valori di calcolo da risultati numerico-sperimentali – ***applicazione diretta in normative (risultati recepiti in EC8 e possibile applicazione in NTC)***
- Calibrazione di fattori parziali di sicurezza da applicare alla capacità di spostamento globale ottenuta da analisi statiche non lineari – procedure risk-based per il trattamento delle incertezze (conoscenza parziale) – ***indicazioni per approcci normativi (EC8 e NTC)***
- Rapporti e articoli scientifici.

## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura 2022-2024

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

### Principali risultati ottenuti Task 1.2 - Validazione e sviluppo dei modelli di capacità locali e globali per la definizione degli stati limite – Muratura non strutturale (coord. P.Ricci) 7 UR partecipanti :

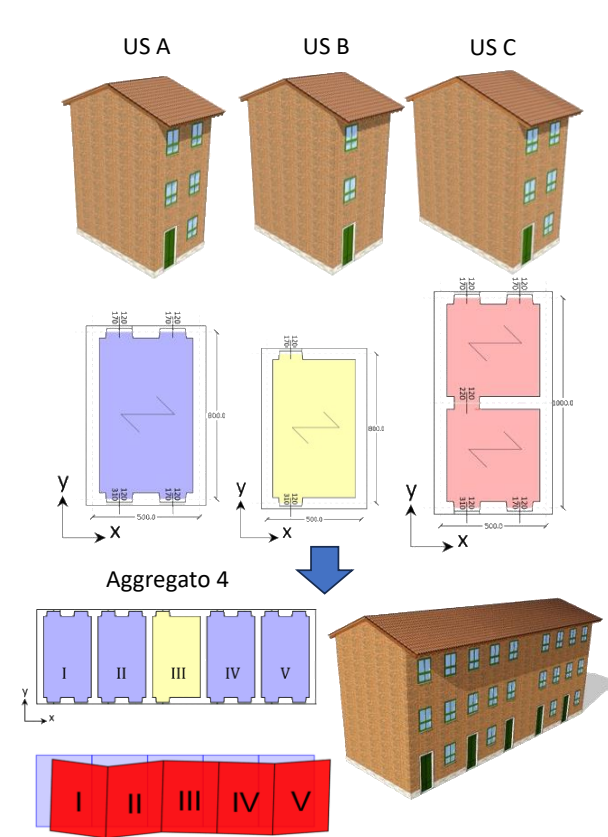
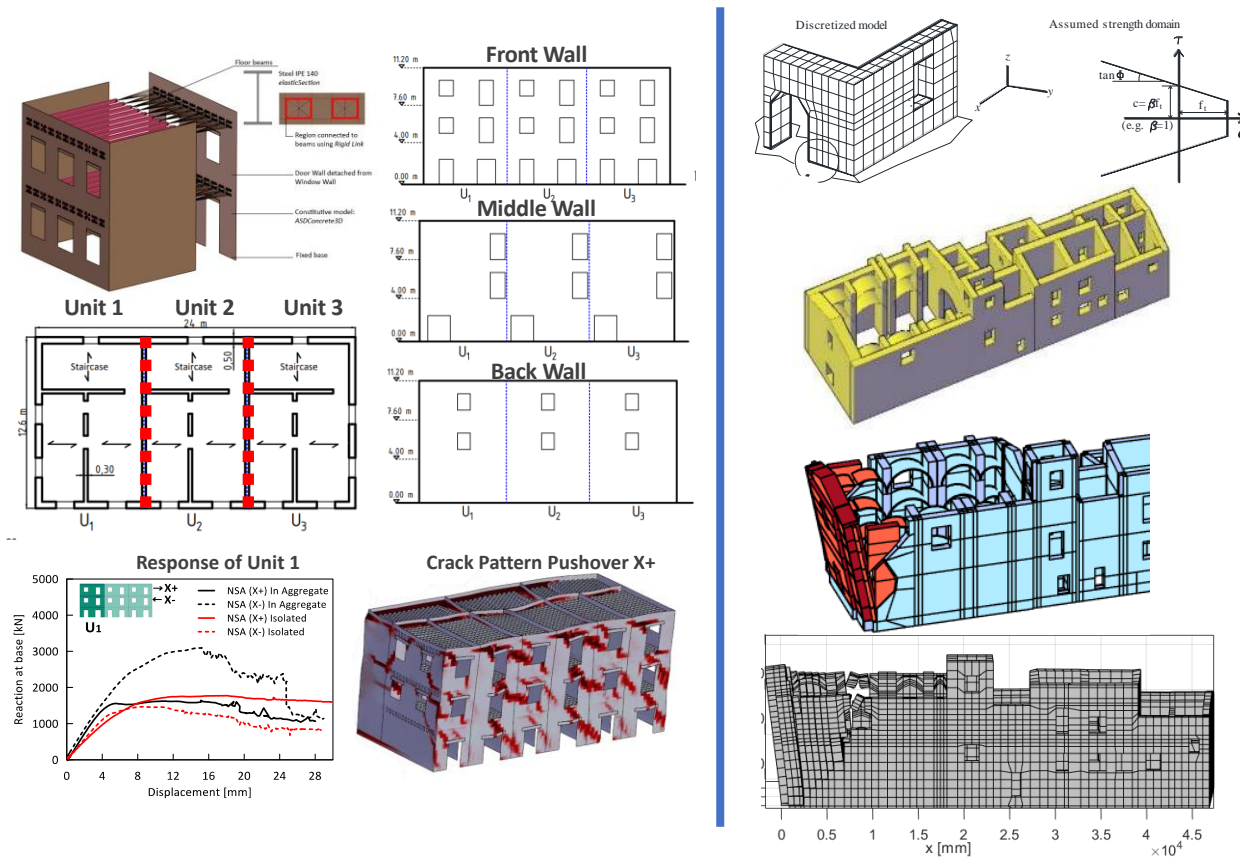
- Ampliamento e integrazione del documento coordinato «*“Linee Guida per la progettazione e verifica sismica di tamponature in muratura all’interno di edifici in c.a.” vers. 4.0.*
- **Database** di dati sperimentali
- Proposte per **EC8** e per **NTC**
- Articoli scientifici

# WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura 2022-2024

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

## Principali risultati ottenuti Task 2 - Analisi dei sistemi complessi (coord. S.Lagomarsino), 9 UR partecipanti:

- Selezione e discussione di casi studio ragionati.





# WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura 2022-2024

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

## Principali risultati ottenuti Task 3 - Validazione/confronto strumenti software per l'applicazione dei metodi di verifica da norma (coord. S.Cattari), 9 UR partecipanti:

- Aggiornamento linee guida «Uso dei software di calcolo nella verifica sismica degli edifici in muratura» vers. 3.0, aprile 2024, di imminente pubblicazione anche su volume Reluis.
- Rapporti e articoli scientifici «di task» quali ad esempio:
  - F. Parisse, V. Buonocunto, C. Cantagallo, A. Di Primio, E. Di Domenico, N. Lo Presti, E. Acconcia, F. Cannizzaro, G. Castellazzi, A. M. D'Altri, S. Liseni, C. F. Manzini, R. Marques, G. Occhipinti, G. Pacella, M. Petracca, L. C. Silva, G. Brandonisio, B. Calderoni, I. Calì, G. Camata, P. B. Lourenço, G. Milani, S. de Miranda, F. Parisi, G. Magenes and S. Cattari, **INVESTIGATING THE SEISMIC RESPONSE OF URM WALLS WITH IRREGULAR OPENING LAYOUT THROUGH DIFFERENT MODELING APPROACHES, COMPDYN 2023**
  - F. Parisse, V. Buonocunto, G. Camarda, A. Di Primio, N. Lo Presti, A. M. D'Altri, R. Marques, G. Brandonisio, I. Calì, G. Camata, P. B. Lourenço, G. Milani, S. de Miranda, F. Parisi, G. Magenes & S. Cattari **HARMONIZATION OF THE PREDICTED POST-PEAK SEISMIC RESPONSE OF URM STRUCTURES AMONG FINITE ELEMENT MODELS – WCEE 2024**
  - S. Degli Abbatì, C.F. Manzini, P. Morandi, F. Candeloro, F. Parisse, G. Brandonisio, G. Camata, G. Magenes & S. Cattari **INVESTIGATING THE RELIABILITY OF EQUIVALENT FRAME MODELS IN COMMERCIAL SOFTWARE: A URM CASE STUDY - – WCEE 2024**

# WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura 2022-2024

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

## Principali risultati ottenuti Task 4 - Influenza della componente verticale sulla sicurezza sismica delle strutture in muratura (coord. L.Sorrentino) 5 UR partecipanti:

Gli **obiettivi specifici** sono consistiti nell'analisi di tipologie strutturali potenzialmente sensibili alla componente verticale: analisi di sistemi spingenti (archi, volte), analisi di sistemi con bassa resistenza a taglio e alti carichi assiali, con elementi a sbalzo o con elementi in falso, strutture spingenti ad arco o voltate.

- **Affinamento dei modelli numerici** per la migliore riproduzione del danno eventualmente indotto dalla componente verticale
- **Analisi dinamiche non lineari** dei sistemi
- **Rapporto scientifico coordinato finale di task** inclusivo di raccomandazioni pre-normative o normative;
- Report scientifici; articoli scientifici.

## **WP10 – Aspetti normativi Costruzioni in Muratura**

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

**Programma attività PE 2024-2026**

# WP10 – Aspetti normativi Costruzioni in Muratura

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

## Unità di Ricerca coinvolte triennio 2024-2026

1. **UniBO** - Responsabile Scientifico Prof. S. De Miranda
2. **UniBS** - Responsabile Scientifico Prof. M.Preti
3. **UniCT** - Responsabile Scientifico Prof. I. Calì
4. **UniCH** - Responsabile Scientifico Prof. G. Camata
5. **UniGE** - Responsabili Scientifici Prof. S. Lagomarsino/S.Cattari
6. **PoliMI** - Responsabile Scientifico Prof. G. Milani
7. **UniNA-a** - Responsabile Scientifico Prof. P.Ricci
8. **UniNA-b** - Responsabile Scientifico Prof. G.Brandonisio
9. **UniNA-c** - Responsabile Scientifico Prof. F.Parisi
10. **UniNA-d** - Responsabile Scientifico Prof. A. De Luca
11. **UniPA** - Responsabile Scientifico Prof. L. Cavaleri
12. **UniPD** - Responsabile Scientifico Prof. F. da Porto
13. **UniPV-a** - Responsabile Scientifici Prof. G. Magenes/G.Guerrini
14. **UniPV-b** - Responsabili Scientifici Prof. A.Penna/F.Graziotti
15. **UniRM1** - Responsabile Scientifico Prof. L.Sorrentino
16. **PoliTO** - Responsabile Scientifico Prof. F. Di Trapani

## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni in Muratura

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

### Obiettivi del WP10 per il triennio 2024-2026:

1. Validazione e sviluppo dei **modelli di capacità locali e globali per la definizione degli stati limite della muratura strutturale**, definiti in funzione del metodo di analisi (lineare, non lineare, statico, dinamico), tenendo conto delle incertezze, con riferimento **sia alla condizione pre- che post-intervento**.
2. Analisi e verifica dei **sistemi complessi** (unità in aggregato, complessi edilizi di grande estensione, strutture miste in muratura ed altre tecnologie) e predisposizione di casi studio/esempi di riferimento.
3. Validazione e sviluppo dei **modelli di capacità locali e globali per la definizione degli stati limite della muratura non strutturale** (tamponature, partizioni), definiti in funzione del metodo di analisi (lineare, non lineare, statico, dinamico), e alla **condizione pre- e post-intervento**.
4. Valutazione dei **metodi di verifica idonei** all'uso nei casi particolari di strutture murarie in cui la **componente verticale del moto sismico** sia di rilevanza

RESPONSABILE SCIENTIFICO	UNIVERSITÀ	DIP.	TASK 1	TASK 2	TASK 3	TASK 4
Magenes Guido/Guerrini Gabriele	Università degli Studi di Pavia	DICAr	X	X	X	X
Penna Andrea /Graziotti Francesco	Università degli Studi di Pavia	DICAr	X	X		X
Lagomarsino Sergio/Cattari Serena	Università degli Studi di Genova	DICCA	X	X		
Sorrentino Luigi	"Sapienza" Università di Roma	DISG				X
da Porto Francesca	Università degli Studi di Padova	GEOSCIENZE		X	X	
Camata Guido	Università degli Studi "G. D'Annunzio" Chieti - Pescara	INGEO	X	X		X
Caliò Ivo	Università degli Studi di Catania	DICAR	X	X	X	
Preti Marco	Università degli Studi di Brescia	D.I.C.A.T.A.M.			X	
Ricci Paolo	Università degli Studi di Napoli "Federico II"	Di.St.			X	
Brandonisio Giuseppe	Università degli Studi di Napoli "Federico II"	Di.St.	X	X		
Parisi Fulvio	Università degli Studi di Napoli "Federico II"	Di.St.	X	X		
De Luca Antonello	Università degli Studi di Napoli "Federico II"	Di.St.		X		
De Miranda Stefano	Università degli Studi di Bologna	DICAM	X			
Milani Gabriele	Politecnico di Milano	ABC	X	X		
Di Trapani Fabio	Politecnico di Torino	DISEG		X	X	
Cavaleri Liborio	Università degli Studi di Palermo	Dipartimento di Ingegneria			X	

## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni in Muratura

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

### Task 1: Modelli di capacità locali e globali per la definizione degli stati limite, definiti in funzione del metodo di analisi – Muratura strutturale

#### Alcune considerazioni preliminari

- Necessità di continuo **miglioramento e sviluppo dei modelli** per la valutazione della capacità
- **Capacità deformative delle murature**: si rileva una **scarsità di riferimenti** sulle capacità deformative delle **murature consolidate**. I progettisti fanno spesso riferimento, senza giustificazioni plausibili, a quanto riportato per la muratura armata, oppure cautelativamente assumono la stessa capacità deformativa della muratura non rinforzata, per cui l'effetto del rinforzo sulle verifiche resta solo sul lato della capacità in forza.
- Strumenti e metodi per la verifica dei **meccanismi locali** – Il lavoro precedente su diversi casi studio ha prodotto risultati interessanti ma limitati in numero e portata. E' necessario proseguire il lavoro per
  - il **benchmarking dei software commerciali** disponibili per la verifica dei meccanismi locali:
  - la **validazione e miglioramento dei metodi di verifica da normativa** (sul fronte della valutazione della capacità e della domanda).

## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni in Muratura

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

### Task 1: Modelli di capacità locali e globali per la definizione degli stati limite, definiti in funzione del metodo di analisi – Muratura strutturale

#### Subtask 1.1: Verifica sismica dei meccanismi locali (coord. S.Cattari) 7 UR partecipanti:

##### *Obiettivo:*

Miglioramento degli approcci da normativa relativamente ai modelli di capacità e ai criteri di verifica per i meccanismi locali fuori piano.

##### *Attività:*

- Analisi, anche con riferimento alla risposta dinamica, di casi problematici di verifica cinematica non lineare di meccanismi locali di pareti;
- In generale, individuazione di casi benchmark per la verifica cinematica non lineare di meccanismi locali di pareti; utilizzo di diversi metodi di modellazione (statici e dinamici, a blocchi rigidi o di dettaglio)
- Applicazione e verifica di software commerciali all'analisi dei meccanismi locali.



## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni in Muratura

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

### Task 1: Modelli di capacità locali e globali per la definizione degli stati limite, definiti in funzione del metodo di analisi – Muratura strutturale

#### Subtask 1.2: Verifica della risposta sismica globale degli edifici (coord. G.Magenes) 7 UR partecipanti:

##### *Obiettivo:*

Risoluzione di **incongruenze o vuoti normativi** sui modelli di capacità per azioni nel piano e per le analisi globali.

##### *Attività:*

- Calibrazione dei **valori di calcolo e dei coefficienti parziali di sicurezza** per le verifiche agli spostamenti globali e locali per azioni nel piano **tenendo conto delle incertezze** (epistemiche/di modello e aleatorie).
- Raccolta dei **dati sperimentali esistenti** e interpretazione/modellazione numerica complementare **sia su elementi strutturali** che, in fase successiva, su sistemi **post-intervento di rinforzo**.
- Definizione di un framework metodologico che indirizzi **le applicazioni dei nuovi sistemi di rinforzo** alle strutture murarie al fine di individuare tutti i parametri necessari per le verifiche, incluse le capacità deformative.

Interazioni e coordinamento con altri WP: WP5 e WP14 dedicati alle tecniche di rinforzo.

## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni in Muratura

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

### Task 2 - 10.2: Analisi e verifica di sistemi complessi (coord. S.Lagomarsino) 11 UR partecipanti:

#### *Obiettivi e attività:*

- prosecuzione dell'analisi (con modelli di dettaglio e modelli semplificati) di alcuni **casi studio** di unità edilizie inserite in un **aggregato** al fine di valutare le **possibili semplificazioni metodologiche e di modello** che consentano di valutare la sicurezza dell'unità tenendo conto dell'interazione con le adiacenze;
- l'approccio potrà essere esteso al caso di **sottosistemi di complessi edilizi estesi** (ad esempio monumentali) dei quali non è possibile svolgere una modellazione globale complessiva a causa dell'impossibilità di definire un modello di dettaglio comprensivo delle porzioni adiacenti e interagenti con il sottosistema;
- analisi di sistemi a **struttura mista** (ad esempio **muratura e cemento armato**) al fine di comprendere gli approcci idonei alla verifica sismica tenendo conto delle domande di deformazione locali e globali

## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni in Muratura

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

### Task 3 - 10.3: Modelli di capacità locali e globali per la valutazione degli stati limite - Muratura non strutturale (coord. P.Ricci) 7 UR partecipanti:

#### Alcune considerazioni preliminari, a valle del biennio 2022-2024

- Per l'applicazione della verifica con **analisi lineare e fattore di struttura**, le norme tendono a proporre dei **fattori di struttura ridotti** per i telai tamponati, ma non è chiaro su quali basi vengano definiti i q-factors;
- Non appare chiaro quale sia **l'approccio di modellazione globale più opportuno** per la verifica dell'edificio con l'analisi lineare (**modellazione esplicita delle tamponature** tramite bielle o altro, oppure **modello a telaio nudo**), in particolare in presenza di distribuzione irregolare delle tamponature (in pianta ed in elevazione), e con riferimento ai diversi stati limite;
- Necessità di approfondimenti sulle **tamponature cosiddette «non interagenti» e sulle tamponature «duttili»** (sviluppatasi negli ultimi 10-15 anni sia come possibile sostituzione di tamponature esistenti sia come alternativa per le nuove costruzioni): criteri di **verifica della tamponatura**, valutazione **dell'interazione locale e globale** per i diversi SL;
- Come per la muratura strutturale, si rileva la necessità di una migliore definizione del **comportamento delle murature rinforzate con le tecniche moderne** (resistenza in forza nel piano e fuori piano e capacità deformativa nel piano).

## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni in Muratura

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

### Task 3 - 10.3: Modelli di capacità locali e globali per la valutazione degli stati limite - Muratura non strutturale (coord. P.Ricci) 7 UR partecipanti:

*Obiettivi e attività previste nel triennio:*

- Analisi delle prescrizioni normative del nuovo EC8 relative a progetto e verifica di edifici con tamponature e alla verifica delle stesse e sviluppo di proposte di modifica/integrazione anche ai fini NTC.
- Sviluppo di indicazioni e metodi progettuali per il rinforzo di pannelli di tamponatura in edifici esistenti.
- Definizione di coefficienti di sicurezza basati su criteri affidabilistici per la corretta selezione dei valori di calcolo della capacità delle tamponature.
- Analisi dei metodi per la stima della domanda in accelerazione (spettri di piano), da utilizzare per verifiche fuori dal piano.
- Sviluppo dei metodi per la stima degli effetti di interazione locale tra pannelli di tamponatura ed elementi strutturali.

Interazioni con altri WP: WP11 Strutture in cemento armato (modellazione dell'interazione tamponature -telaio) e il WP17 Elementi non strutturali (spettri di piano, stati limite, protocolli di prova). Interazione con sperimentazioni Eucentre.

## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni in Muratura

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

### Task 4 - Influenza della componente verticale sulla sicurezza sismica delle strutture in muratura (coord. L.Sorrentino) 4 UR partecipanti:

Conclusioni del biennio 2022-2024: un effetto significativo della componente verticale del moto sussiste **solo per casi specifici e non particolarmente frequenti**, caratterizzati dalla **presenza di una condizione di elevata vulnerabilità e una condizione di spiccata pericolosità** in termini di componente verticale.

Resta il problema di come debba agire il progettista in questi casi.

Le attività previste per il nuovo triennio sono:

- In collaborazione con WP18 (Input sismico), selezione di terne di accelerogrammi compatibili con diverse distanze epicentrali
- Esecuzione di analisi dinamiche non lineari su ulteriori strutture potenzialmente sensibili alla componente verticale
- Individuazione di raccomandazioni pre-normative o normative per la verifica in presenza di componente verticale che possano prevedere diversi possibili percorsi quali, a titolo di esempio:
  - 1) nessuna necessità di verifica con componente verticale per difetto di vulnerabilità o di pericolosità
  - 2) necessità di verifica assolvibile mediante analisi statiche equivalenti opportunamente adattate per tener conto in modo approssimato dell'effetto della componente verticale
  - 3) necessità di verifica assolvibile solo mediante analisi dinamica non lineare ovvero esecuzione di interventi che riconducano alla condizione 1).

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE