

## *Workshop*

# *Progetto DPC\_ReLUIS 2019-2021 Roma 5 luglio 2022*

## *WP 10: Contributi Normativi Relativi a Costruzioni Esistenti in Muratura*

*Coordinatore: Guido Magenes, Università di Pavia*

Unità partecipanti:

UniBO, UniBS, UniCT, UniCH, UniGE-a, UniGE-b, PoliMI, UniNA-b, UniNA-c, UniNA-d, UniPD, UniPV-a, UniPV-b, UniRM1, PoliTO, *UniPA, IUAV*

## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura

Coordinatore: Guido Magenes Referente DPC: Daniele Spina

### Unità di Ricerca coinvolte triennio 2019-2021

1. **UniPV-a** - Responsabile Scientifico e Coordinatore del WP10 Prof. G. Magenes
2. **UniBO** - Responsabile Scientifico Prof. S. De Miranda
3. **UniBS** - Responsabile Scientifico Prof. M.Preti
4. **UniCT** - Responsabile Scientifico Prof. Ivo Calì
5. **UniCH** - Responsabile Scientifico Prof. G. Camata
6. **UniGE-a** - Responsabile Scientifico Prof. S. Lagomarsino
7. **UniGE-b** - Responsabile Scientifico Prof. S.Cattari
8. **PoliMI** - Responsabile Scientifico Prof. G. Milani
9. **UniNA-a** - Responsabile Scientifico Prof. P.Ricci
10. **UniNA-b** - Responsabile Scientifico Prof. G.Brandonisio/B.Calderoni
11. **UniNA-c** - Responsabile Scientifico Prof. F.Parisi
12. **UniNA-d** - Responsabile Scientifico Prof. A. De Luca
13. **UniPD** - Responsabile Scientifico Prof. F. da Porto
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
  
17. **UniPA** - *Responsabile Scientifico Prof. L. Cavaleri*
18. **IUAV** - *Responsabile Scientifico Prof. A. Saetta*

## WP10 – Aspetti normativi - Costruzioni Esistenti in Muratura 2019-2021

**Task 10.1 - Modelli di capacità locali e globali per la definizione degli stati limite, definiti in funzione del metodo di analisi**

**Subtask 10.1.1 Muratura strutturale**

**Subtask 10.1.2 Muratura non strutturale**

**Task 10.2 - Definizione dei valori di calcolo per la verifica di capacità in relazione al livello di conoscenza (LC) e al criterio di quantificazione dell'incertezza residua**

**Task 10.3 - Validazione/confronto strumenti software per l'applicazione dei metodi di verifica da norma**

**Task 10.4 - Verifica della sicurezza con riferimento alle condizioni di campo vicino**

## WP10 – Aspetti normativi - Costruzioni Esistenti in Muratura 2019-2021

### Task 10.1 - Modelli di capacità locali e globali per la definizione degli stati limite, definiti in funzione del metodo di analisi

**Subtask 10.1.1 Muratura strutturale** (coord. S.Lagomarsino e G.Magenes; 8 UR partecipanti)

#### Obiettivi:

- **Applicazione/validazione delle principali innovazioni introdotte nella circolare NTC 2018** (formule di **capacità in resistenza e in spostamento per meccanismi nel piano e meccanismi locali fuori piano**). Studio della sensitività dei risultati delle verifiche alla variazione di alcuni fattori significativi legati sia al metodo di valutazione della domanda che al metodo di valutazione della capacità.
- Miglioramento dell'**associazione tra danno fisico e definizione quantitativa degli stati limite** (in particolare SLV e SLC) dei singoli elementi e dei sistemi strutturali.
- Studio dell'**interazione tra metodo di analisi e capacità** (possibilità di redistribuzione delle azioni nell'analisi lineare, rapporto di sovrarresistenza e fattore di struttura) nell'analisi lineare, e conseguenti indicazioni normative.

#### Principali risultati raggiunti:

- definizione di livelli di capacità in deformazione per pannelli di diverse tipologie murarie e diversi stati limite (in alcuni casi con fitting probabilistico di dati sperimentali)
- modelli e strumenti di calcolo per la pressoflessione deviata
- lettura critica della procedura di verifica da normativa (NTC2018) dei meccanismi locali di collasso (fuori piano), individuazione di refusi e incoerenze, confronto tra modalità di verifica lineari/non lineari di meccanismi locali con formulazioni Circolare 2009 e 2019
- studio su casi semplici dell'influenza dei parametri globali dell'edificio (smorzamento, periodo fondamentale, modi di vibrare) sulla verifica dei meccanismi locali

## WP10 – Aspetti normativi - Costruzioni Esistenti in Muratura 2019-2021

### Task 10.1 - Modelli di capacità locali e globali per la definizione degli stati limite, definiti in funzione del metodo di analisi

#### Subtask 10.1.1 Muratura strutturale (segue)

**Principali prodotti:** articoli scientifici, proposte normative (bozze Eurocodice 8) e pre-normative (per possibile revisione NTC):

- definizione di capacità e domanda per azioni nel piano e fuori piano, in funzione del tipo di analisi (lineare o non lineare), fattori di struttura.

## Task 10.1 - Modelli di capacità locali e globali (segue)

### Subtask 10.1.2 Muratura non strutturale



## Task 10.1 - Modelli di capacità locali e globali (segue)

### **Subtask 10.1.2 Muratura non strutturale** (coord. P. Ricci ; 7 UR partecipanti)

- Migliore definizione delle **macro-tipologie di tamponamenti** (non rinforzati, rinforzati, duttili, dissipativi, ...), con i **relativi requisiti minimi prestazionali** associati, utili alla successiva **definizione dei valori limite di verifica agli stati limite di danno e ultimo** (come, ad esempio, gli spostamenti massimi di interpiano) e alla possibile distinzione delle metodologie di calcolo/verifica consentite.

Principali risultati:

- *Sono stati proposti criteri di classificazione delle tamponature (non duttili, duttili, rinforzate) propedeutici ai criteri di modellazione e verifica*
- **Definizione dei criteri di valutazione della capacità delle tamponature** (in forza e in spostamento, e in particolare, ma non esclusivamente, **fuori piano e con riferimento all'interazione con la domanda di deformazione nel piano**).

Principali risultati:

- *Proposta di approcci di modellazione nonlineare, con diversi gradi di complessità, in grado di includere, nel caso di analisi dinamica non lineare, gli effetti del fenomeno di interazione nel piano/fuori dal piano.*
- *Proposta di formulazioni di capacità per tamponature, e di espressioni in grado di tener conto del danneggiamento nel piano per valutare il degrado di resistenza fuori piano associata.*
- *Proposta di valori specifici del fattore di comportamento ( $q$ ) da utilizzare in verifiche di sicurezza dei pannelli*
- Migliore definizione degli **approcci di calcolo per la stima degli spostamenti di interpiano** (effetto delle tamponature sulla risposta globale) e del danno generato dagli spostamenti interpiano sulle tamponature.

Principali risultati:

- *definizione di approcci con diverso grado di complessità lineari e nonlineari a puntone equivalente, nonché di «modello nudo equivalente» per la valutazione degli spostamenti interpiano*
- *definizione di capacità deformative nel piano associate a diversi stati limite (livelli di danno), sulla base di database sperimentali, per le diverse tipologie*

## Task 10.1 - Modelli di capacità locali e globali (segue)

### Subtask 10.1.2 Muratura non strutturale (coord. P. Ricci) (segue)

- **Studio dell'interazione locale tamponatura-telaio**

Principali risultati:

- *Approcci di modellazione di dettaglio del fenomeno di interazione locale per tamponature non-duttile e duttile e approcci per la stima dell'incremento di richiesta di taglio sui pilastri.*

- **Risposta fuori dal piano: rinforzo e mitigazione del danno**

Principali risultati:

- *Sulla base di prove sperimentali su tamponature rinforzate e non, è stata valutata l'efficacia di alcune tecnologie di rinforzo nell'incremento di resistenza e capacità deformativa f*

- **Sviluppo di Linee guida** per la verifica sismica delle tamponature in muratura e collaborazione ad attività prenormative e normative sul tema.

Principali prodotti:

- *Diverse edizioni (2019, 2021) di una bozza di linee guida per la verifica delle tamponature (documento che si pone come complemento alle eventuali future istruzioni CNR)*

ReLUIS 2021 – WP10



Prodotto della ricerca

10.1.2. Linee\_Guida

**BOZZA DI LINEE GUIDA  
PER LA PROGETTAZIONE E VERIFICA SISMICA  
DI TAMPONATURE IN MURATURA ALL'INTERNO  
DI EDIFICI IN C.A.**

VERS. 3.0 – 28/02/2022

Contributi:

- UNIBS
- UNINA
- UNIPA-POLITO
- UNIPD
- UNIPV
- UNIROMA1

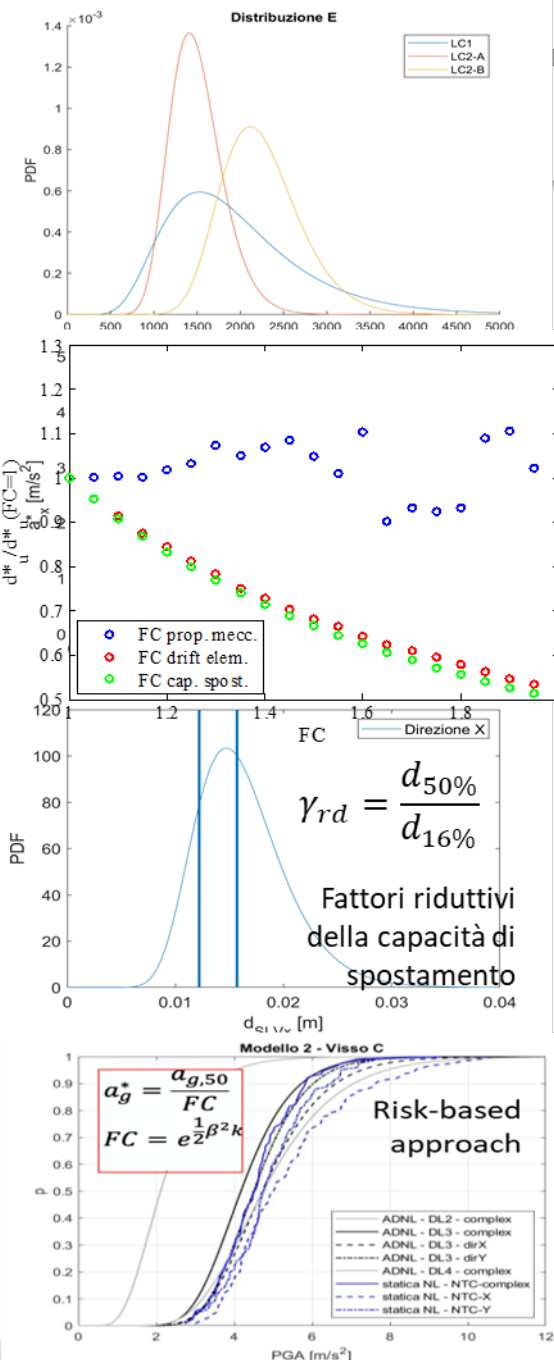


## WP10 – Aspetti normativi - Costruzioni Esistenti in Muratura

### Task 10.2 - Definizione dei valori di calcolo per la verifica di capacità in relazione al livello di conoscenza (LC) e al criterio di quantificazione dell'incertezza residua (coord. A.Penna; 4 UR partecipanti).

Principali risultati e prodotti:

- Confronto tra le procedure previste nelle NTC2018 (e Circ. 2019) e nella bozza di revisione della EN 1998 (parti 1 e 3) per la valutazione della sicurezza sismica di edifici esistenti in muratura mediante analisi statica non lineare
- Calibrazione di fattori parziali di sicurezza da applicare alla capacità di spostamento al fine di controllarne l'affidabilità in funzione della dispersione associata all'incertezza residua sui parametri meccanici al variare del livello di conoscenza raggiunto:
  - i risultati ottenuti per i casi studio considerati hanno portato a stimare valori più bassi e differenziati per LC dei  $\gamma_{RD}$  rispetto alla bozza di EN1998-3
- Confronto tra varie strategie di applicazione dei FC:
  - o Ai parametri meccanici (resistenze, come NTC)
  - o Alle capacità di spostamento a livello di elemento
  - o Alla capacità di spostamento globale (come bozza EC8)
  - o (ruolo della limitazione su  $q^*$ )
- Proposta di un approccio «risk-based» in cui il FC è funzione della dispersione della accelerazione che porta al raggiungimento dello SL, stimata attraverso analisi di sensibilità o fattoriale completa. I risultati di queste analisi possono anche essere utilmente impiegati per indirizzare il piano delle indagini.



## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura

**Task 10.3 - Validazione/confronto strumenti software per l'applicazione dei metodi di verifica da norma** (coord. S.Cattari; 8 UR partecipanti)

- **Obiettivo: Sviluppo di esempi benchmark e linea guida per l'uso dei software di calcolo nella verifica sismica degli edifici in muratura.**

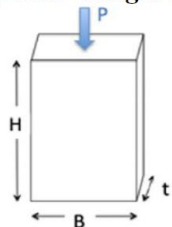
Attività dedicate ai metodi e ai softwares per l'analisi globale statica non lineare.

### Principali risultati:

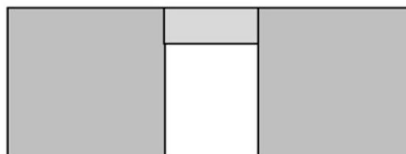
*- Esecuzione di numerose analisi su strutture benchmark di riferimento con confronto di diversi modelli e softwares e discussione critica sui criteri di calibrazione dei modelli e sui risultati ottenibili.*

## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura

(a) BS1 - Single Panel



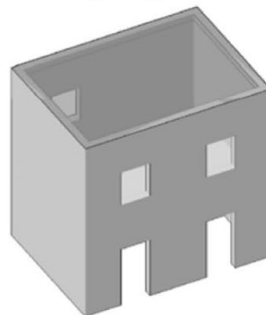
(b) BS2- Portal wall



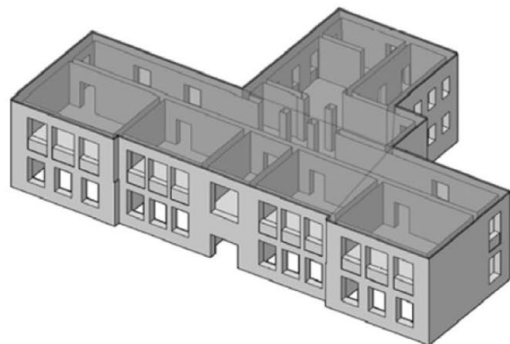
(c) BS3- 2D multi-storey wall



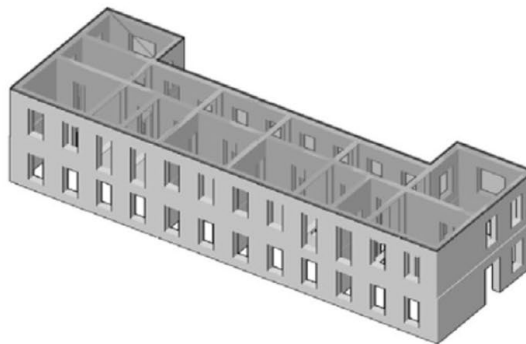
(d) BS4- 3D 2-storey single unit URM building



(e) BS5- 3D complex URM building inspired to the P. Capuzi school in Visso



(f) BS6- 3D complex URM building inspired to the Pizzoli town hall



## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura

**Task 10.3 - Validazione/confronto strumenti software per l'applicazione dei metodi di verifica da norma** (coord. S.Cattari; 8 UR partecipanti)

- **Obiettivo: Sviluppo di esempi benchmark e linea guida per l'uso dei software di calcolo nella verifica sismica degli edifici in muratura.**  
Attività dedicate ai metodi e ai softwares per l'analisi globale statica non lineare.

### Principali risultati:

- *Esecuzione di numerose analisi su strutture benchmark di riferimento con confronto di diversi modelli e softwares e discussione critica sui criteri di calibrazione dei modelli e sui risultati ottenibili.*

### Principali prodotti:

- *Documento Linea Guida reso disponibile al pubblico sul sito RELUIS (<http://www.reluis.it>) e presentato in un webinar il 13 novembre 2020. Aggiornato alla versione 2.0 alla fine del triennio 2019-2021. .*
- *Special Issue sul BEE (Bulletin of Earthquake Engineering) pubblicazione (9 articoli) Editors: S.Lagomarsino, H.Varum.*

RETE DEI LABORATORI UNIVERSITARI DI INGEGNERIA SISMICA (ReLUIS)  
PROGETTO ReLUIS - ACCORDO QUADRO DPC 2019-2021  
WP10- CONTRIBUTI NORMATIVI RELATIVI A COSTRUZIONI ESISTENTI IN MURATURA



**Uso dei software di calcolo  
nella verifica sismica degli  
edifici in muratura**

**v 2.0**

Prodotto della ricerca nell'ambito del Task 10.3 -  
Validazione/confronto strumenti software per  
l'applicazione dei metodi di verifica da norma

del Progetto ReLUIS (accordo quadro con il Dipartimento  
della Protezione Civile 2019-2021)

**Dicembre 2022**

## Task 10.4 - Verifica della sicurezza con riferimento alle condizioni di campo vicino

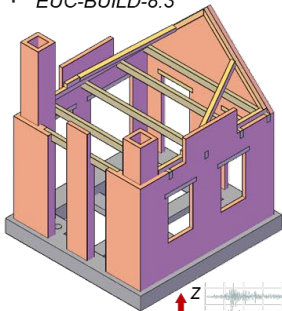
(coord. L.Sorrentino; 4 UR). *In collaborazione con WP 18 Azione sismica (coord. R.Paolucci)*

- Obiettivo: Studio dell'effetto sulle strutture in muratura delle caratteristiche del moto in condizioni di campo vicino** (componente verticale elevata, carattere impulsivo) con riferimento a: qualità muraria, meccanismi locali, risposta globale, al fine di valutare se sono necessarie integrazioni alla normativa.

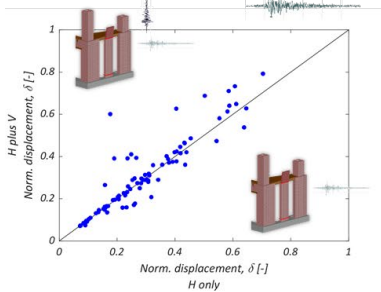
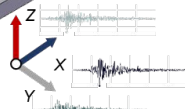
**Principali risultati e prodotti:** Documento di sintesi («...Il complesso delle attività svolte induce a ritenere prematura l'introduzione di modifiche sostanziali alla normativa corrente e ai metodi di analisi sismica in essa contenuti»)

Sperimentazioni dinamiche fisiche e numeriche su edifici e pareti

EUC-BUILD-8.3

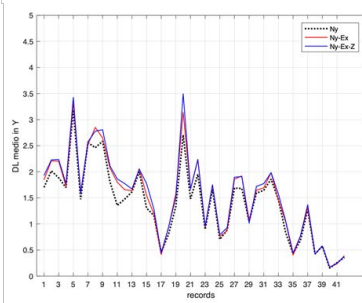
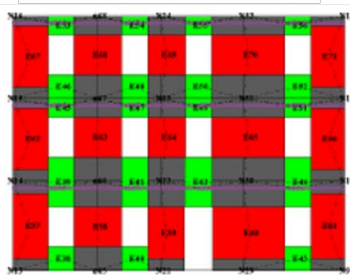


3-D motion

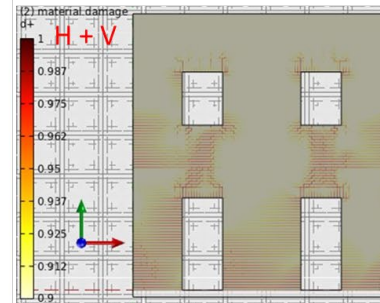
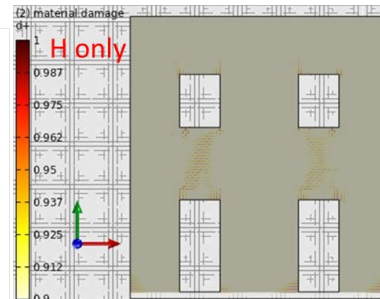


Analisi dinamiche su telai equivalenti sotto una, due o tre componenti

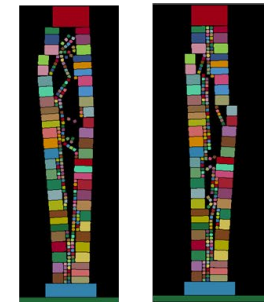
Wall 3 – Case 1



Analisi dinamiche su micromodelli di pareti

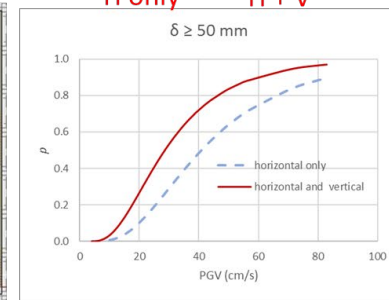


Analisi dinamiche non lineari agli elementi finiti e discreti di pareti soggette a disgregazione



H only

H + V



Totale articoli scientifici su rivista internazionale  
triennio 2019-2021: **61**

Totale altri articoli (atti di convegni, altro)  
triennio 2019-2021: **40**

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**