

## Progetto DPC\_ReLUIS 2022-2024 Esposizione delle attività svolte e prospettive

Roma, 7 novembre 2023

# WP 10 - : CONTRIBUTI NORMATIVI RELATIVI ALLE COSTRUZIONI ESISTENTI IN MURATURA

*Guido Magenes, Università di Pavia*

Unità partecipanti:

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

## 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. Ivo 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 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)**
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. Ampliamento degli 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:

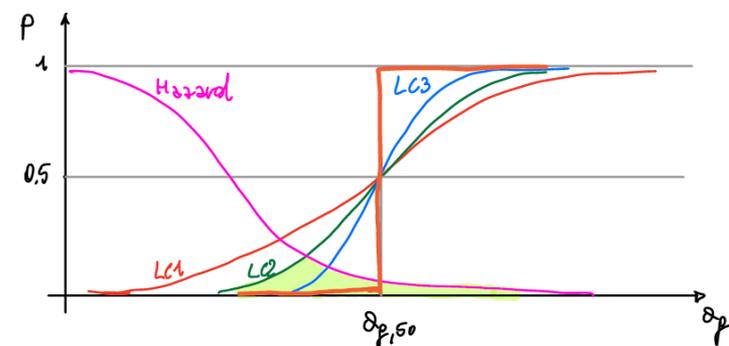
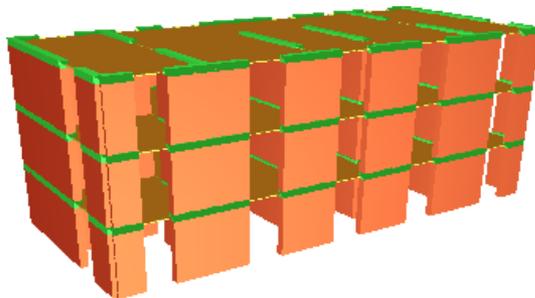
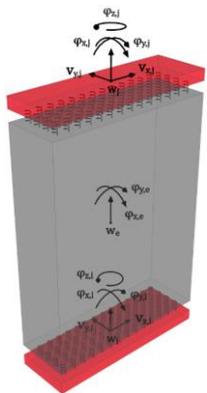
### Task 10.1 - Modelli di capacità locali e globali per la definizione degli stati limite, definiti in funzione del metodo di analisi

#### Subtask 10.1.1 Muratura strutturale (coord. A.Penna)

UR: UniCT, UniGE-a, UniNA-a, UniNA-b, UniNA-d, UniPV-a, UniPV-b

#### OBIETTIVI:

1. Modelli di capacità/criteri di verifica per i meccanismi locali fuori piano:
  - benchmark numerico-sperimentali per la validazione della verifica cinematica non lineare
2. Modelli di capacità per azioni nel piano e analisi globali:
  - definizione di «deformazione angolare» nei pannelli e relativa capacità su base sperimentale e numerica: effetti di carico assiale, luce di taglio, dimensioni del pannello
3. Trattamento delle incertezze, anche nella capacità deformativa, nelle verifiche agli spostamenti:
  - confronto tra NTC2018 e prEN1998, calibrazione di fattori di confidenza (FC) da applicare alla capacità di spostamento globale, coerenza tra drift di calcolo e FC
  - metodo risk-based per effetto incompleta conoscenza nelle verifiche agli spostamenti



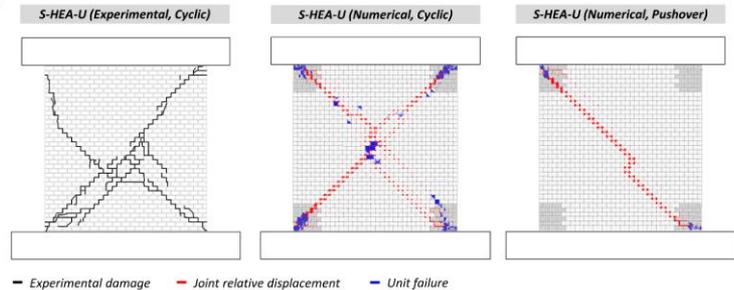
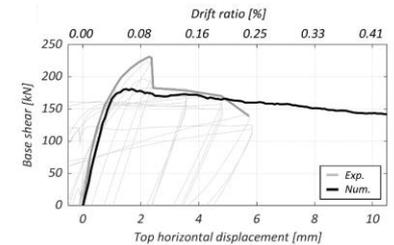
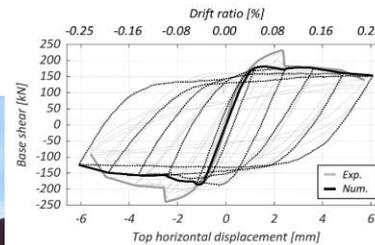
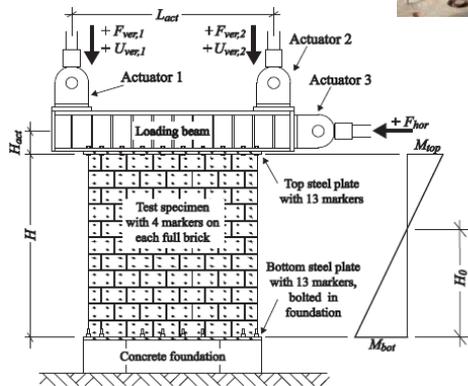
# WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura:

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

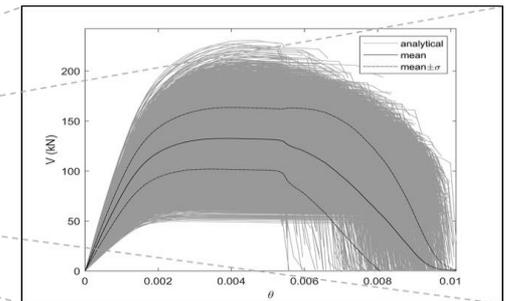
### Subtask 10.1.1 Muratura strutturale (coord. A.Penna)

UR: UniCT, UniGE-a, UniNA-a, UniNA-b, UniNA-d, UniPV-a, UniPV-b

### Uso di dati sperimentali e modelli numerici per la valutazione dell'influenza di diversi parametri sui limiti di drift



$N/N_u$ $\lambda$	0.10	0.25	0.50
1			
2			
3			



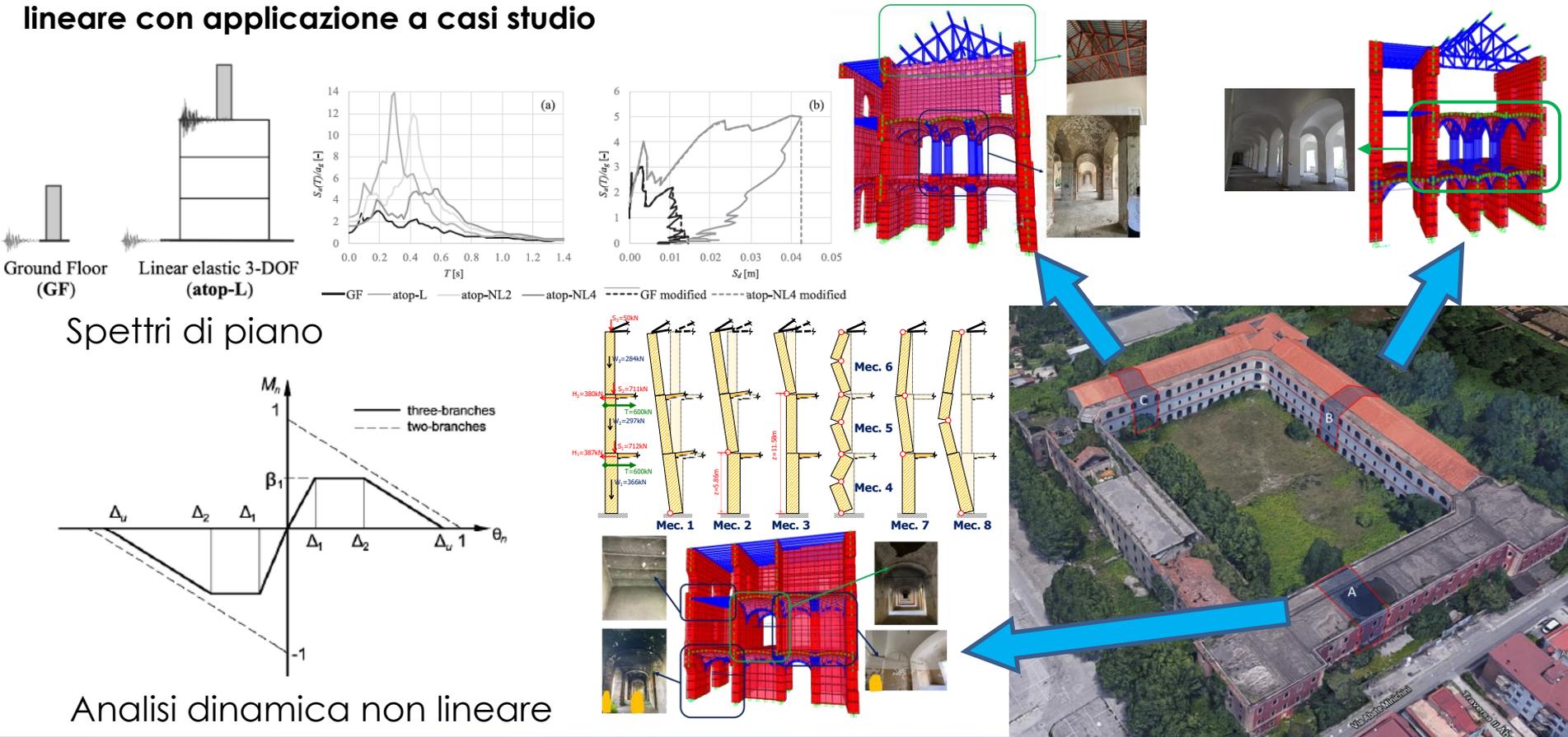
# WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura:

## 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. A.Penna)

UR: UniCT, UniGE-a, UniNA-a, UniNA-b, UniNA-d, UniPV-a, UniPV-b

### Validazione della verifica cinematica lineare e non lineare con applicazione a casi studio



## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura:

### 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. A.Penna)

UR: UniCT, UniGE-a, UniNA-a, UniNA-b, UniNA-d, UniPV-a , UniPV-b

#### PRODOTTI ATTESI:

- Rapporti e articoli scientifici:
- Confronto tra risultati di meccanismi fuori piano con analisi cinematica lineare e non lineare e analisi dinamica non lineare – applicazione a casi studio
- Definizione di deformazione angolare e associazione di valori di calcolo da risultati numerico-sperimentali
- 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)

## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura:

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

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

##### Sintesi degli obiettivi e delle linee di sviluppo della ricerca nel biennio 2022-2024:

Le attività eseguite/in corso (e gli obiettivi finali) si concentrano principalmente sullo sviluppo e sulla semplificazione, funzionale a proposte pre-normative, dei temi di ricerca legati alla modellazione e alla verifica di elementi in muratura non strutturale (tamponamenti), sulla base di e in continuità con quanto svolto nel triennio 2019-2021:

- **Metodi di calcolo e modelli di capacità per la valutazione della risposta nel piano:** semplificazione dei modelli non lineari da adottare per la modellazione esplicita della risposta nel piano, analisi di metodi semplificati per stimare l'influenza dei tamponamenti sulla risposta globale, definizione di limiti di capacità deformativa coerenti con gli Stati Limite normativi
- **Assemblaggio di un database sperimentale:** raccolta e analisi di dati derivanti da prove sperimentali, finalizzate alla valutazione dei principali parametri di risposta e alla stima della capacità deformativa a diversi Stati Limite
- **Metodi di verifica per la risposta fuori dal piano:** sviluppo di modelli numerici per la valutazione della resistenza fuori dal piano al variare di diversi parametri e condizioni (aperture, contatto al contorno, presenza di rinforzo), analisi dei metodi di stima della richiesta in accelerazione
- **Metodi per la valutazione degli effetti di interazione locale:** analisi del fenomeno su base numerica e sperimentale, proposta di approcci semplificati per la stima dell'incremento della sollecitazione tagliante sugli elementi strutturali
- **Metodi per il rinforzo e la mitigazione del danno:** criteri di progetto/metodi di calcolo della capacità di tamponamenti rinforzati e analisi di metodi innovativi per la mitigazione del danno

## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura:

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

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

Attività eseguite/in corso e obiettivi finali:

#### **Metodi di calcolo e modelli di capacità per la valutazione della risposta nel piano:**

- *Attività eseguite*: analisi dei **limiti di capacità deformativa** (IDR) definiti per livelli di danno coerenti con gli Stati Limite normativi, sulla base del Database condiviso; sviluppo di macro-modelli numerici per tamponamenti “duttili”
- *Attività in corso/obiettivi finali*: armonizzazione e **semplificazione di proposte per la modellazione non lineare** e per la stima degli effetti globali dei tamponamenti mediante metodi lineari

#### **Assemblaggio di un database sperimentale:**

- *Attività eseguite*: completamento della raccolta dati e omogeneizzazione in base alla metrica di danno condivisa
- *Attività in corso/obiettivi finali*: definizione dei dati relativi alla risposta fuori dal piano

#### **Metodi di verifica per la risposta fuori dal piano:**

- *Attività eseguite*: sviluppo di modelli numerici (FEM e a conci) e di approcci empirici il calcolo della **resistenza fuori dal piano** di tamponamenti con differenti caratteristiche, anche in presenza di aperture e condizioni di contatto variabili; confronto con dati da sperimentazioni sia statiche che dinamiche
- *Attività in corso/obiettivi finali*: sintesi ed elaborazione finale di formulazioni “estese” e specializzate per il calcolo della resistenza fuori dal piano

## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura:

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

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

Attività eseguite/in corso e obiettivi finali (segue):

#### **Metodi per la valutazione degli effetti di interazione locale:**

- *Attività eseguite*: valutazione numerica della sollecitazione tagliante in pilastri adiacenti a tamponamenti **sia tradizionali che “duttili”** per effetto del fenomeno di interazione locale
- *Attività in corso/obiettivi finali*: sintesi ed elaborazione finale di proposte semplificate per il calcolo della sollecitazione tagliante in elementi strutturali adiacenti a tamponamenti

#### **Metodi per il rinforzo e la mitigazione del danno:**

- *Attività eseguite*: sviluppo di metodi numerici con modelli a conci per il calcolo della resistenza fuori dal piano di tamponamenti rinforzati
- *Attività in corso/obiettivi finali*: sintesi ed elaborazione finale di proposte di approcci per il progetto di interventi di rinforzo e di mitigazione del danno

#### **Prodotti:**

- Ampliamento e integrazione del documento coordinato di **Linee Guida** sulla verifica sismica dei tamponamenti
- **Database** di dati sperimentali
- Articoli scientifici

# WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura

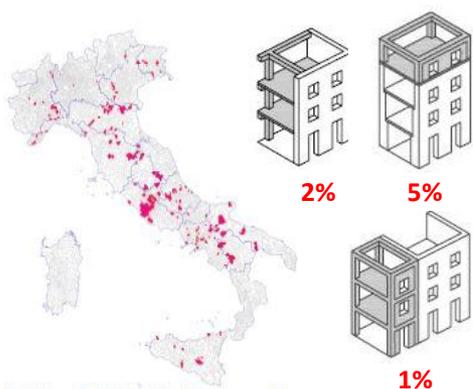
## Task 10.2 - Analisi e verifica di sistemi complessi (coord. S.Lagomarsino)

### Obiettivi:

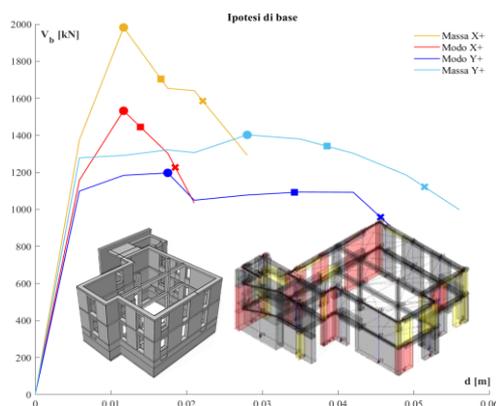
- Sviluppare proposte pre-normative di supporto ai professionisti per affrontare il tema dell'analisi e progettazione degli interventi in edifici posti in aggregato e delle strutture miste muratura-CA.
  - Modellazione dell'intero aggregato (o edificio misto)
  - Modellazione di dettaglio con modelli continui, discreti o di analisi limite
  - Modellazione a telaio equivalente con vincoli opportuni per simulare le interazioni
  - Attendibilità delle analisi statiche nonlineari (distribuzioni di forze, verifica locale/globale)
  - Analisi semplificata (verifica a taglio di piano), tenendo conto della posizione della US nell'aggregato e della loro rigidezza relativa
  - Verifica dei meccanismi locali

### Edifici misti muratura-CA

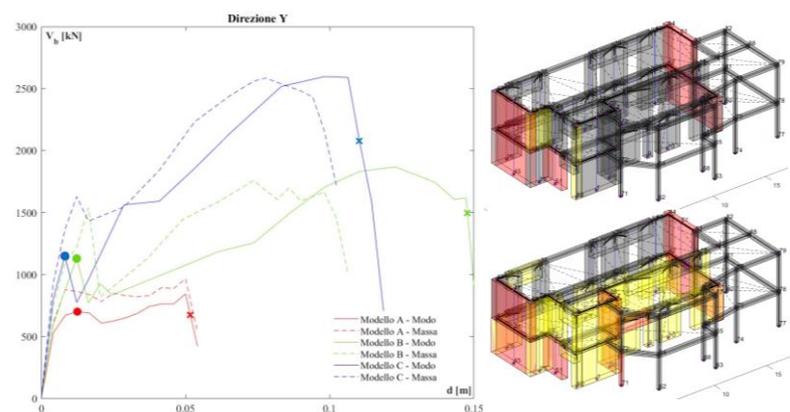
Scheda **CARTIS**: CARatterizzazione  
Tipologico - Strutturale dei *comparti urbani*



Edificio in muratura con telai interni in CA



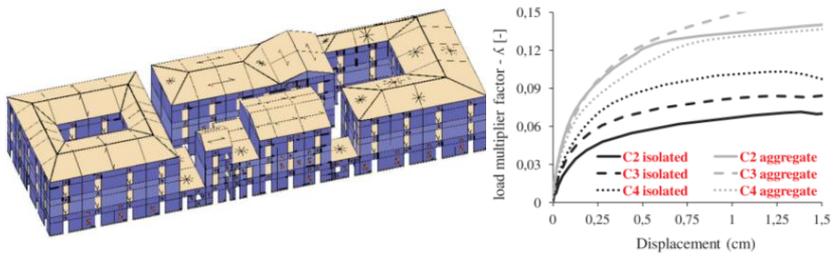
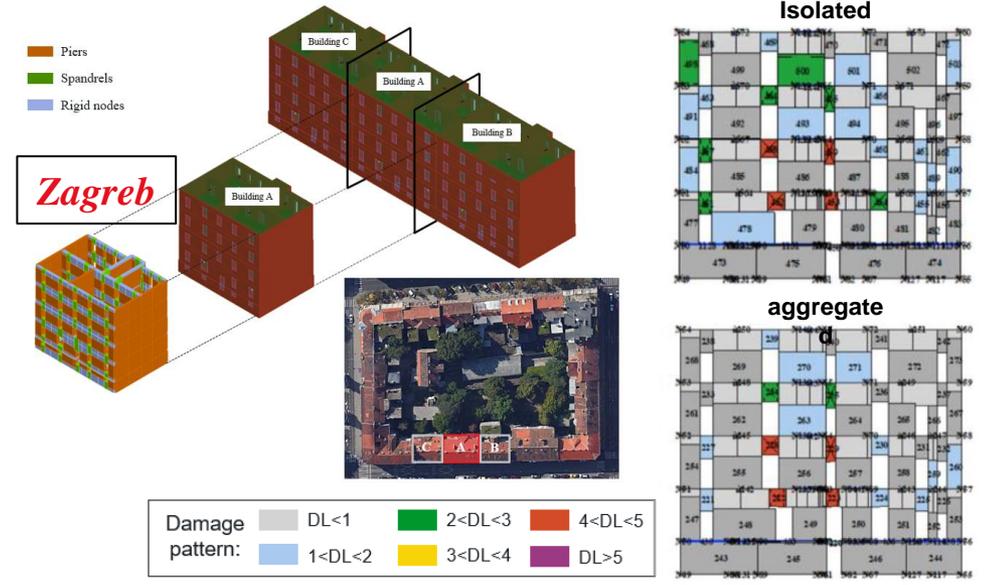
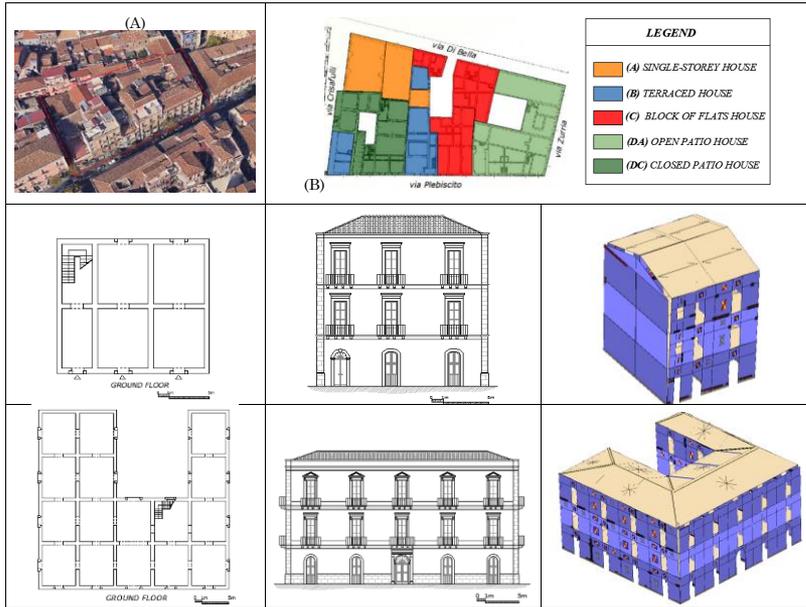
Edificio in muratura con ampliamento in CA



UNINA - Parisi

# WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura

## Task 10.2 - Analisi e verifica di sistemi complessi (coord. S.Lagomarsino)



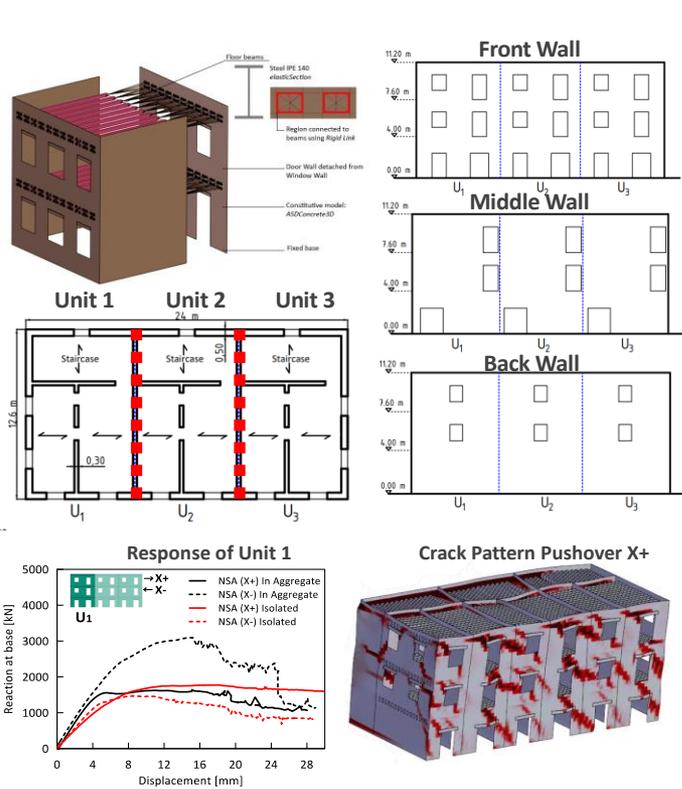
	Event	Isolated		Aggregate	
		Dir X	Dir Y	Dir X	Dir Y
Level Damage	Zagreb earthquake	0	1	0	1
	Petrinja earthquake	0	0	0	0
Cum DL wall DL1	Zagreb earthquake	16.79	52.51	7.26	51.73
	Petrinja earthquake	2.71	1.56	7.26	5.81
Cum DL wall DL2	Zagreb earthquake	4.76	28.72	4.47	5.82
	Petrinja earthquake	0	0	0	5.81

UNICT

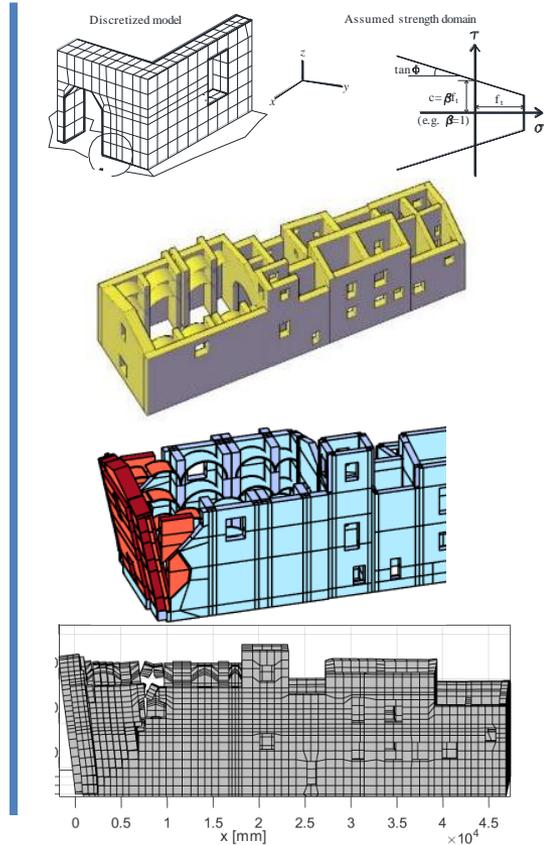
UNIGE

# WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura

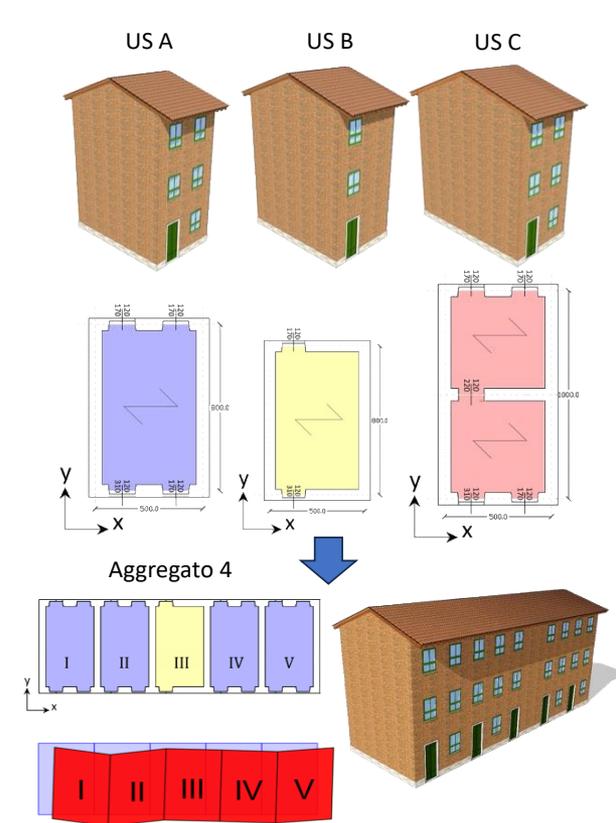
## Task 10.2 - Analisi e verifica di sistemi complessi (coord. S.Lagomarsino)



POLITO



POLIMI



UNIPV

## 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)

#### ■ Analisi delle pareti con distribuzione irregolare di aperture

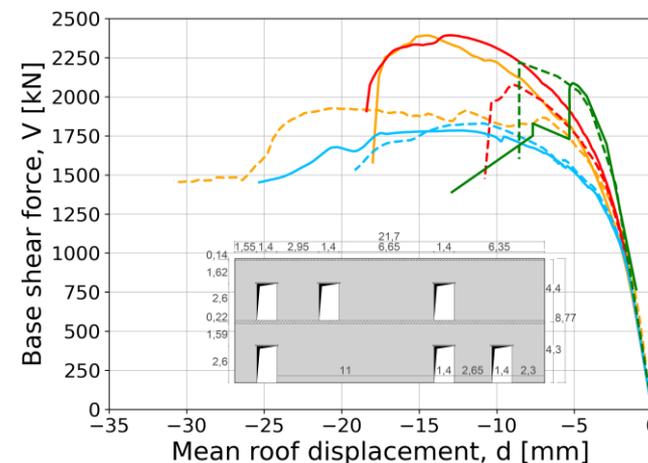
UR coinvolte: UNIPV (G. Magenes), UNIGE (S. Cattari), UNINAc (F. Parisi), UNICH-PE (G. Camata), UNICT (i. Calì), UNINA b/d (G. Brandonisio/De Luca), UNINAc (F. Parisi), UNIBO (S. De Miranda), POLIMI (G. Milani)

#### Obiettivi:

1. ✓ Identificazione di irregolarità ricorrenti e pareti benchmark e proposte dalle UR di criteri di schematizzazione a telaio
2. ✓ Analisi numeriche, raccolta dati e confronto
3. Confronto modelli «accurati» e a telaio per la definizione di regole per orientare uso dei modelli anche nella pratica professionale

#### Prodotti attesi

**AGGIORNAMENTO DELLE LINEE GUIDA “Uso dei software di calcolo nella verifica sismica delle strutture” (v1.0 pubblicata nel triennio 2019-2021)**



#### Approfondimenti:

- Modellazione cordoli NL
- Calibrazione parametri a scala pannello
- Diversi criteri di idealizzazione in telaio
- 3 pubblicazioni su conferenza int.

## 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)

#### ■ Analisi delle sezioni complesse (effetto flangia)

UR coinvolte: UNIPV (G. Magenes), UNINAc (F. Parisi)

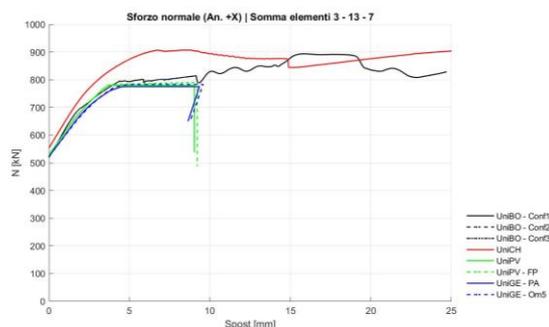
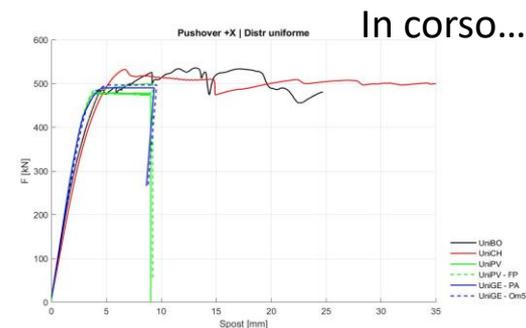
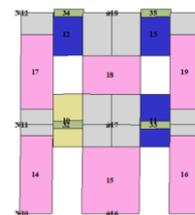
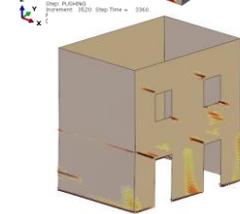
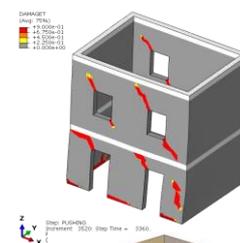
+ contributi di UNICH (G.Camata), UNIBO (S.De Miranda), UNIGE

#### Obiettivi:

1. Identificazione dei sistemi semplici (T, L, C) – raccolta sperimentazione
2. Analisi numeriche su modelli accurati, raccolta dati e confronto
3. Validazione su sistemi complessi precedentemente analizzati

#### Prodotti attesi

**AGGIORNAMENTO DELLE LINEE GUIDA “Uso dei software di calcolo nella verifica sismica delle strutture” (v1.0 pubblicata nel triennio 2019-2021)**



— EUC-Flange-1 — EUC\_Flange-2 — EFM (N su flangia) — EFM (N su anima) — FEM

## 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)

#### ■ Analisi dei meccanismi locali più comuni

UR coinvolte: UNIGE (S. Cattari), UNICT (I. Calì), UNINAb/d (G. Brandonisio/De Luca), POLIMI (G.Milani)

In corso...

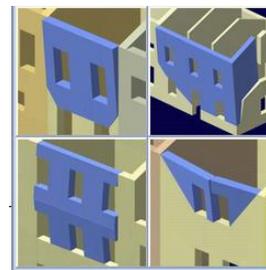
#### Obiettivi:

1. ✓ Ricognizione SW disponibili, identificazione delle caratteristiche principali e sintesi dello stato dell'arte
2. ✓ Selezione meccanismi e casi studio benchmark
3. Analisi numeriche (anche al variare dei parametri input), raccolta dati
4. Confronto con risultati analitici e/o modelli accurati

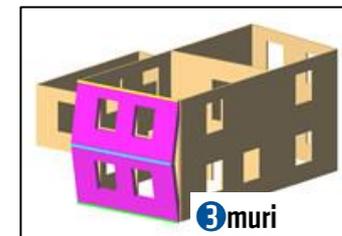
#### Prodotti attesi

**REDAZIONE DI LINEE GUIDA "Use dei software di calcolo nella verifica sismica dei meccanismi locali delle strutture in muratura"**

#### • SW commerciali

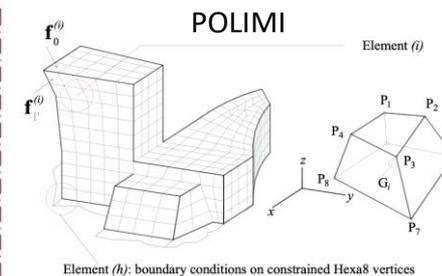
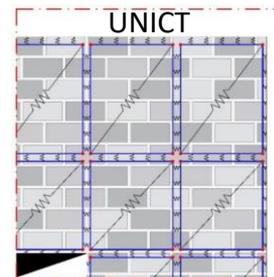


CDS - mecc. coll.



3muri

#### • Analisi di dettaglio



## WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura:

### Task 10.4 - Influenza della componente verticale sulla sicurezza sismica delle strutture in muratura (coord. L.Sorrentino).

Gli **obiettivi specifici** consistono nella trattazione di tipologie strutturali non considerate nelle ricerche precedenti: 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. Attività:

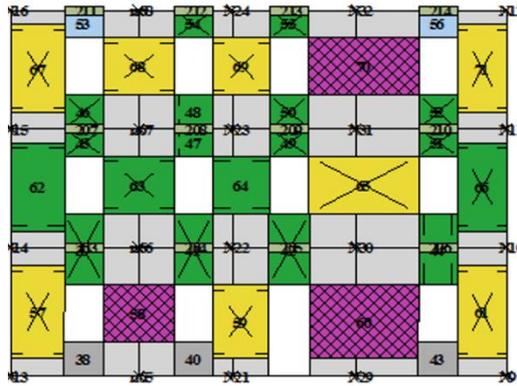
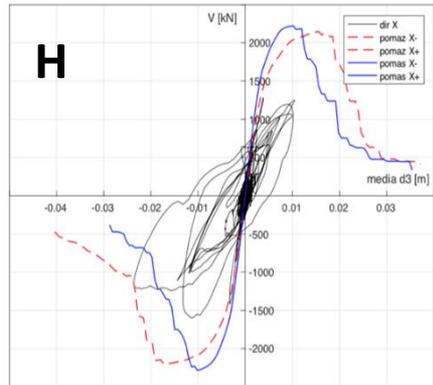
- **Affinamento dei modelli numerici** per la migliore riproduzione del danno eventualmente indotto dalla componente verticale
- Analisi dinamiche non lineari di sistemi con **elementi a sbalzo ed elementi in falso**
- Analisi dinamiche non lineari di **strutture spingenti, ad arco o voltate**

**Prodotti previsti:** rapporto scientifico coordinato finale di task inclusivo di raccomandazioni pre-normative o normative; report scientifici; articoli scientifici.

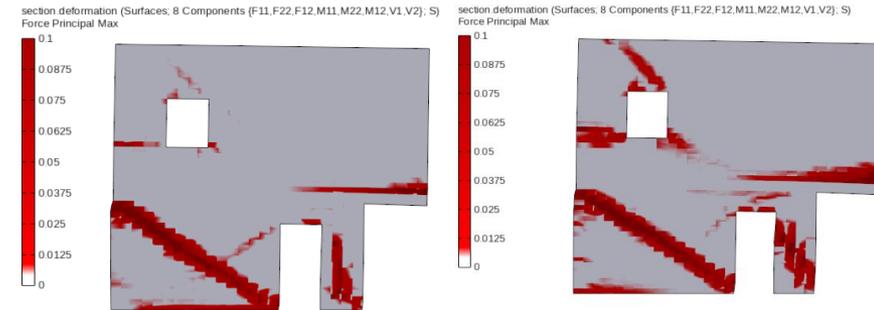
# WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura:

## Task 10.4 - Influenza della componente verticale sulla sicurezza sismica delle strutture in muratura (coord. L.Sorrentino).

UNIGE-a

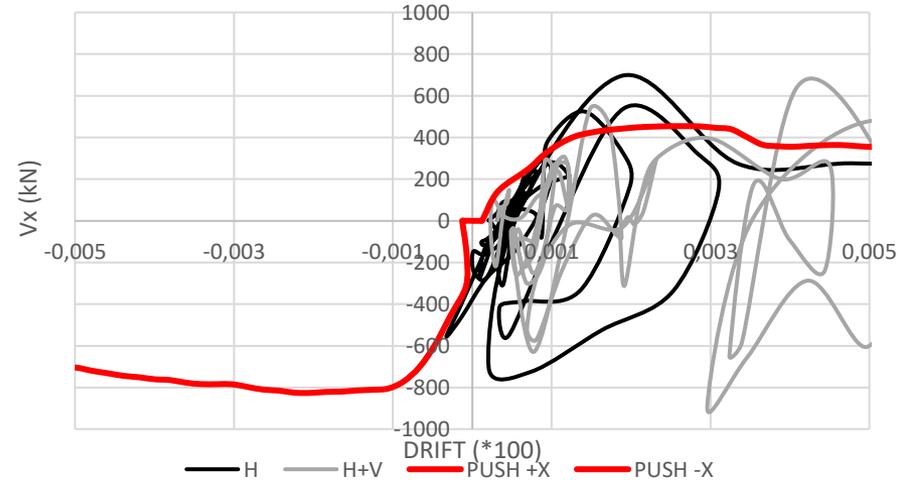
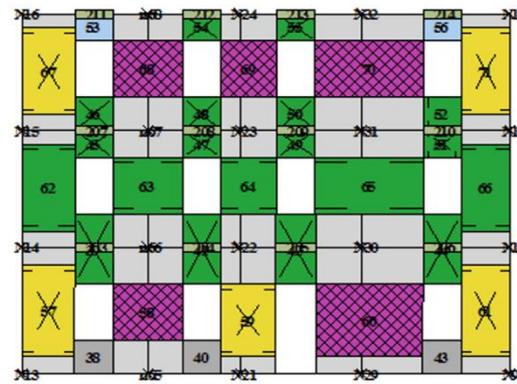
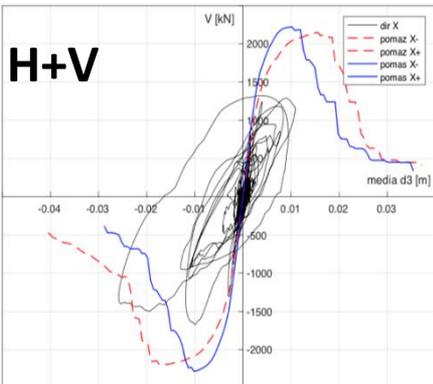


UNICH



H

H+V

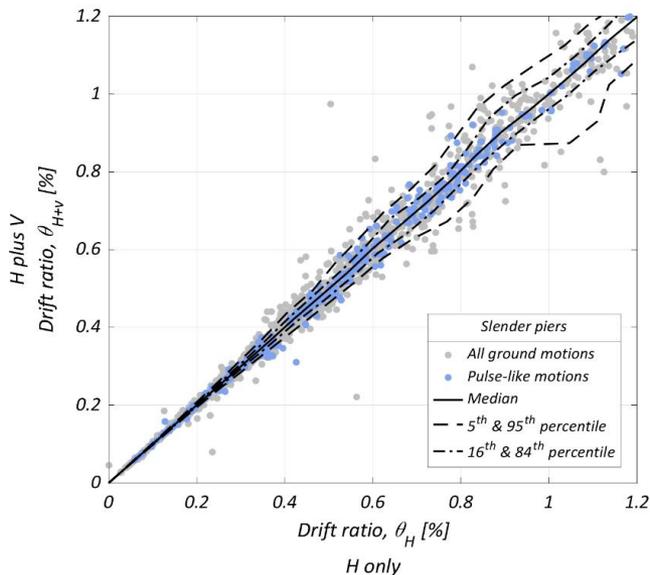
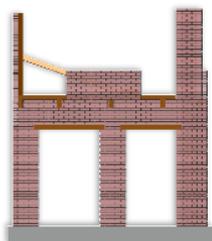


— H — H+V — PUSH +X — PUSH -X

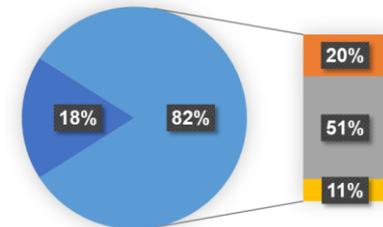
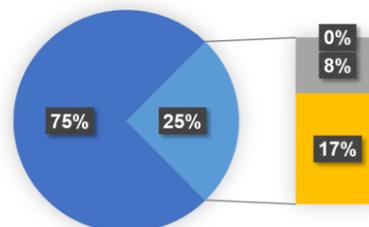
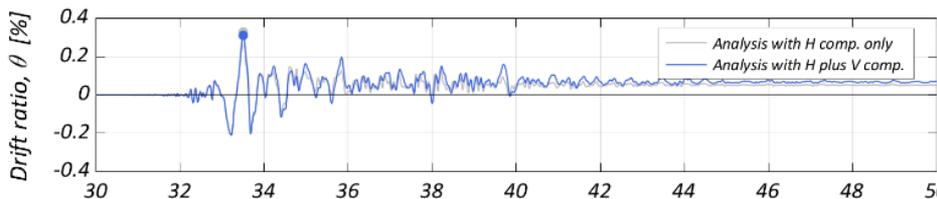
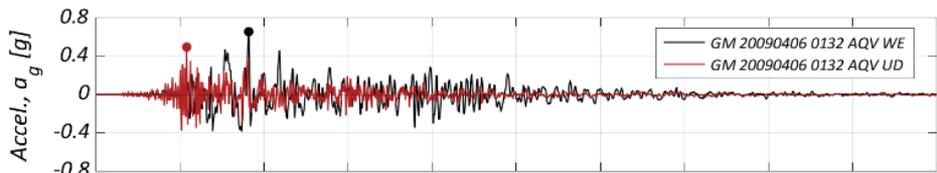
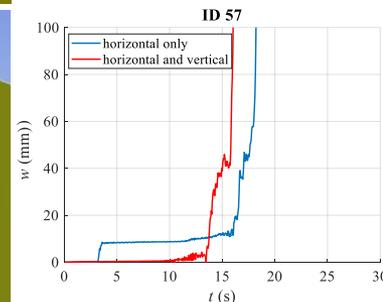
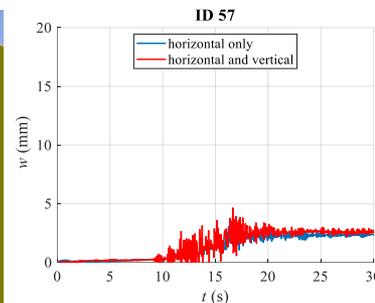
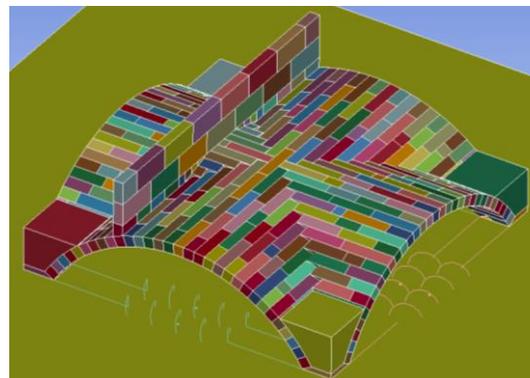
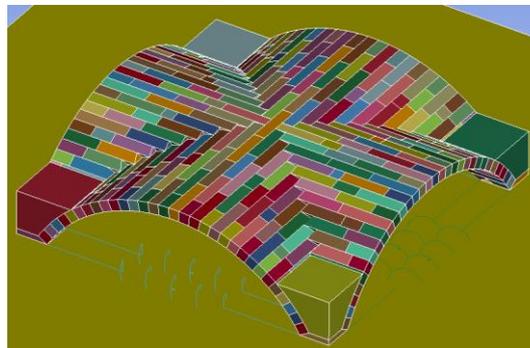
# WP10 – Aspetti normativi Costruzioni Esistenti in Muratura:

## Task 10.4 - Influenza della componente verticale sulla sicurezza sismica delle strutture in muratura (coord. L.Sorrentino).

UNIPV



UNIRM1



***GRAZIE PER L'ATTENZIONE***