



Rete dei Laboratori Universitari
di Ingegneria Sismica e Strutturale

Convegno ReLUIS



Progetto DPC_ReLUIS 2024-2026 II anno

Napoli, 13-14 ottobre 2025

WP 17 - Elementi non strutturali
Coordinatori: Antonio Occhiuzzi – Edoardo Cosenza



Progetto Reluis-DPC 2024-2026

WP 17 - Elementi non strutturali

Unità di Ricerca

Università degli Studi di Napoli Parthenope

Università degli Studi di Napoli Federico II

Istituto per le Tecnologie della Costruzione del CNR

Istituto Universitario di Studi Superiori di Pavia

Università degli Studi di Bologna

Università degli Studi del Sannio

Università del Salento

Università Telematica Pegaso

WP 17 - Elementi non strutturali

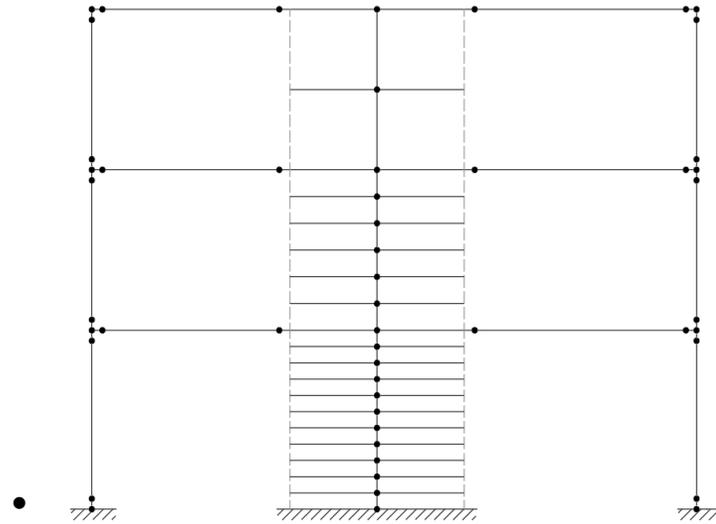
Organizzazione del WP

	Task 1 Valutazione della sicurezza e definizione delle azioni	Task 2 Collegamenti della componentistica edilizia industriale	Task 3 Qualificazione e certificazione	Task 4 Partizioni interne
Parthenope	X		X	X
ITC-CNR			X	X
Federico II	X		X	X
IUSS	X	X	X	
Sannio		X		X
Salento		X		X
Pegaso			X	
Bologna	X			

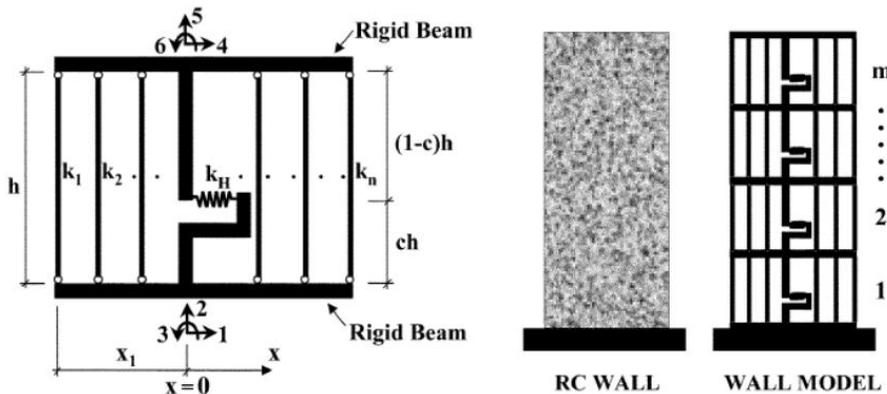
WP 17 - Task 1: Valutazione della sicurezza e definizione delle azioni

- Sviluppo di metodi e modelli per la valutazione della domanda sismica in edifici a pareti in c.a.

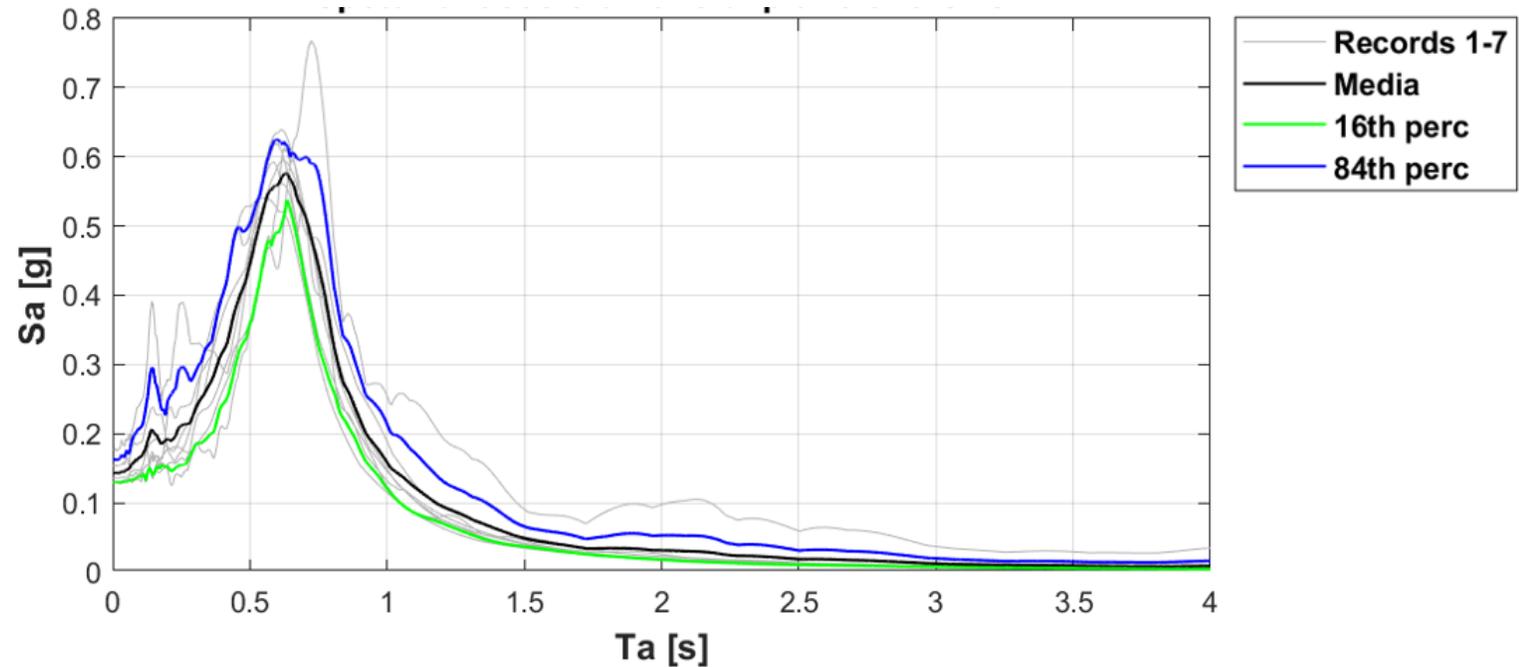
- ✓ Telai piani a 2, 3, 5, 10 e 20 piani (EC8 ($a_{g475}=0.25\text{ g}$))
- ✓ Modelli parete MVLEM e a plasticità distribuita
- ✓ Segnali al suolo reali compatibili con SLO, SLD e SLV
- ✓ Valutazione spettri di piano numerici



Esempio telaio piano modellato



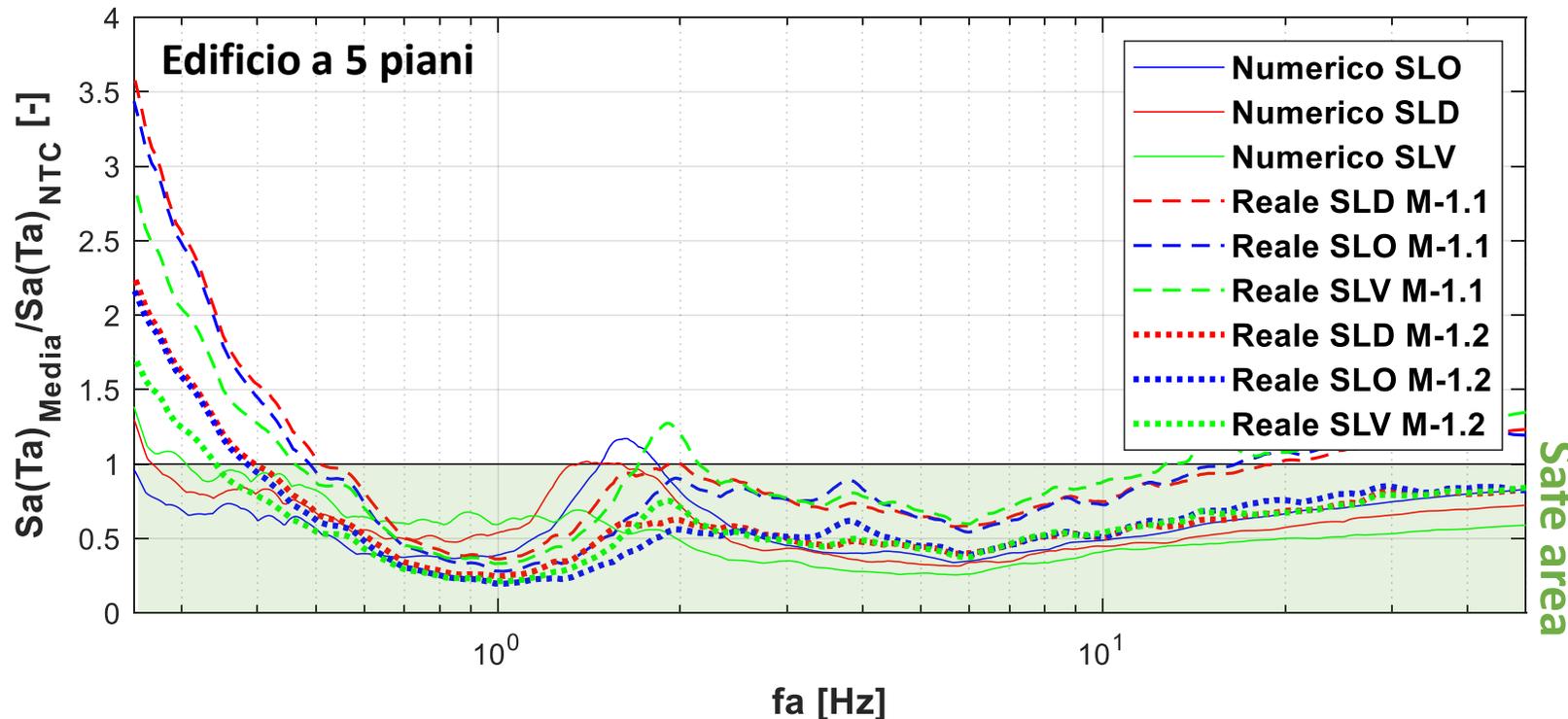
Modello MVLEM



Spettri di piano numerici per edificio a 5 piani (SLO)

WP 17 - Task 1: Valutazione della sicurezza e definizione delle azioni

- **Valutazione dell'affidabilità e validazione della formula semplificata (strutture a telaio) della domanda sismica definita nella Circolare per le NTC 2018 (§C7.2.3) rispetto all'applicazione al caso di strutture a pareti in c.a.**
 - ✓ Valutazione spettri di domanda secondo la formulazione semplificata (telai) NTC 2018
 - ✓ Confronto tra spettri normativi, numerici e reali (in edifici a pareti in c.a. strumentati) per SLO, SLD e SLV
 - ✓ Valutazione dell'affidabilità della formulazione di norma

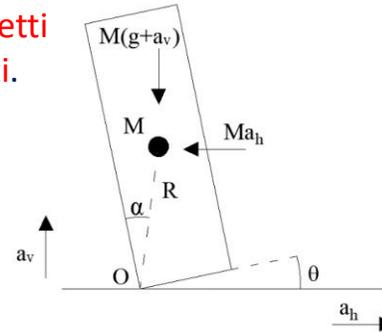


Rapporto tra ordinata spettrale media numerica/reale e stima da formulazione semplificata (telai) NTC 2018

WP 17 - Task 1: Valutazione della sicurezza e definizione delle azioni

Sviluppo di modelli di fragilità in termini di rocking per oggetti non strutturali di forma rettangolare semplicemente appoggiati.

Modelli di fragilità in funzione di **PGA** e **PGV**.



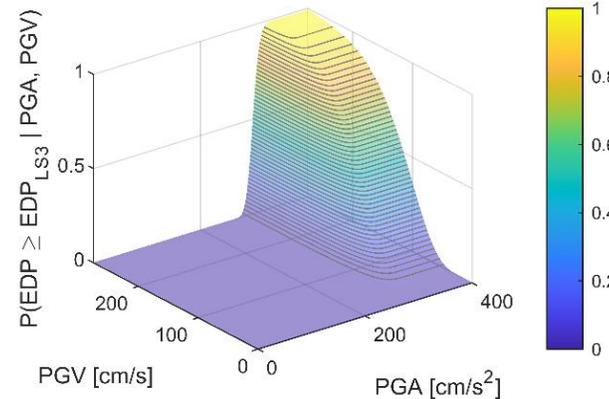
Probabilità condizionata all'innesco del meccanismo e alla probabilità di collasso

$$P(EDP \geq C_{LSi}) = P_{rk} \cdot [P_c + (1 - P_c) \cdot P_{ex}(EDP \geq C_{LSi} | PGV)]$$

Innesco rocking $P_{rk}(PGA)$

Collasso $P_c(PGV)$

Superamento capacità $P_{ex}(PGV)$



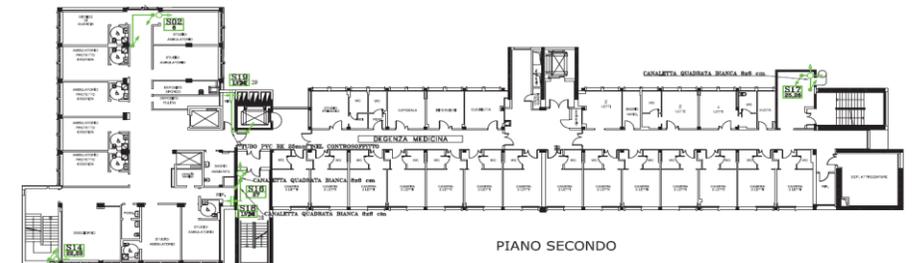
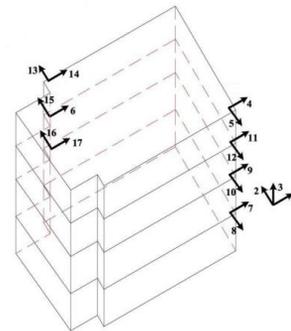
Parametrizzazione dei modelli di fragilità mediante superfici di risposta, in funzione delle grandezze che governano la risposta dei blocchi: snellezza, α , e dimensione, R .



Modelli di fragilità per blocchi di dimensioni generiche, in funzione dei soli parametri α e R , in modo rapido e senza analisi dinamiche

Studio della tipologia di dati output forniti dai sensori degli edifici inseriti nell'OSS e individuazione del caso studio dell'ospedale di Santa Sofia (FC).

Calcolo dell'intensità dello scuotimento a terra e ai vari piani, al fine di valutare la sicurezza di oggetti non strutturali.

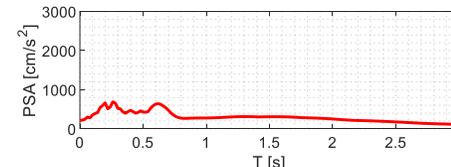
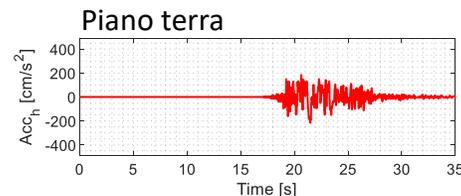
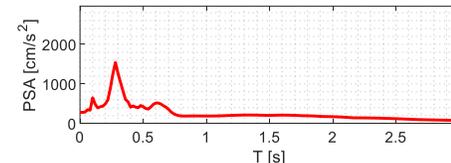
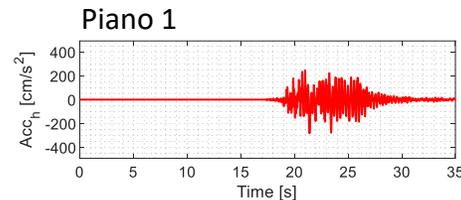
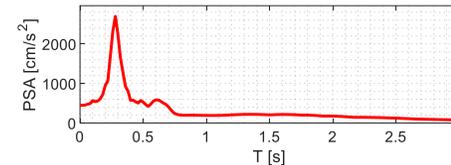
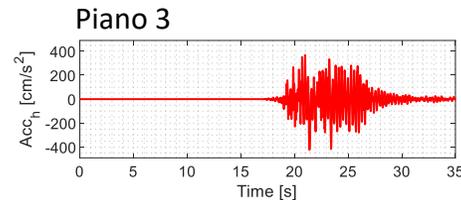
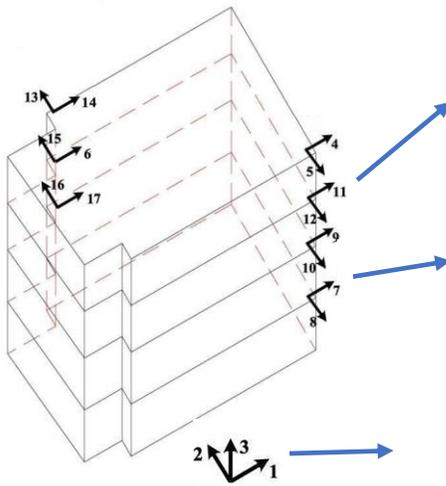
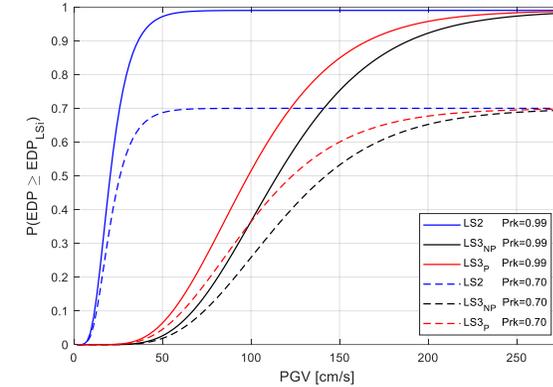


WP 17 - Task 1: Valutazione della sicurezza e definizione delle azioni

Utilizzo di **modelli di fragilità parametrici** per la **stima della vulnerabilità di oggetti** (assimilabili a blocchi rigidi rettangolari), all'interno di edifici inseriti nell'**OSS**.

Calcolo dello scuotimento massimo ai vari piani degli edifici e degli **spettri di piano**.

Stima rapida della probabilità di innesco del rocking e della probabilità di ribaltamento, date **PFA** e **PFV**.



Blocco: B = 40 cm, H = 149 cm

PFA = 397 cm/s²

P_{ROCKING} = 1

PFV = 38,4 cm/s

P_{RIB} = 0,13

PFA = 282 cm/s²

P_{ROCKING} = 1

PFV = 31,7 cm/s

P_{RIB} = 0,065

PGA = 227 cm/s²

P_{ROCKING} = 0,26

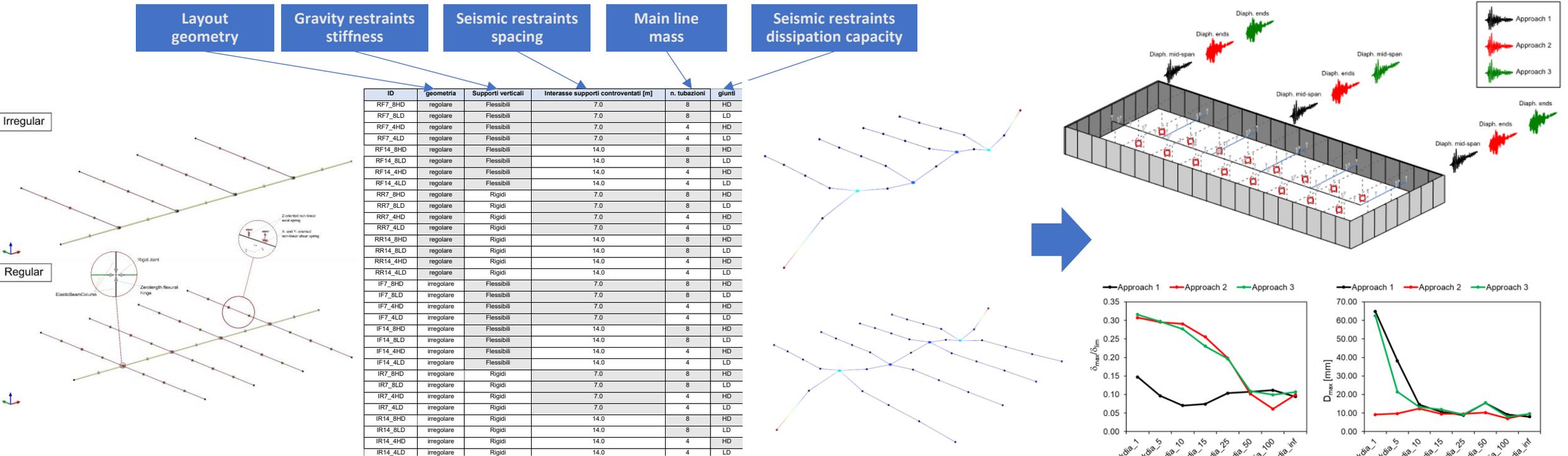
PGV = 28,7 cm/s

P_{RIB} = 0,01

Influenza della componente verticale dell'azione sismica sulla vulnerabilità di impianti in caso di impalcati deformabili

Analisi parametrica per la valutazione delle proprietà dinamiche di impianti antincendio

Effetto della componente verticale sul danno a fire-stops, giunti e sistemi di collegamento



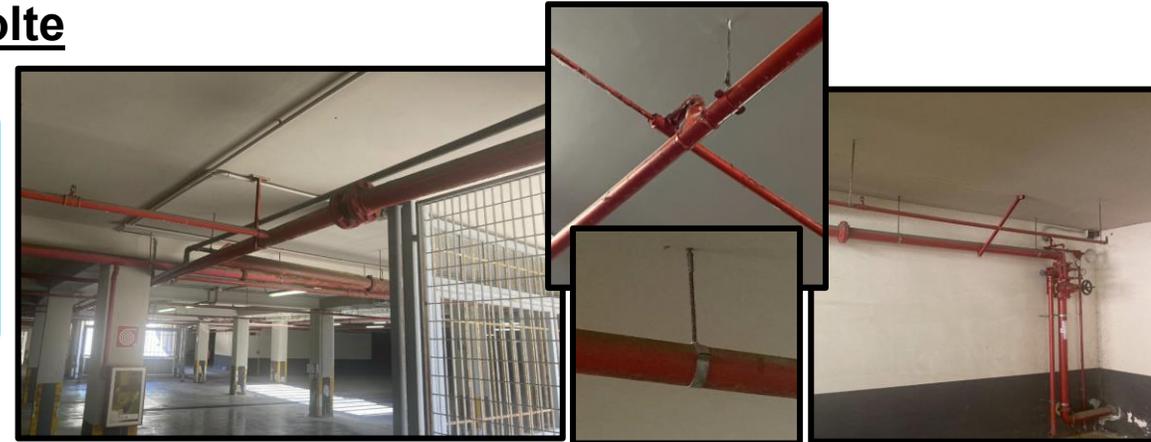
WP 17 - Task 2: Collegamenti della componentistica edilizia e industriale

Obiettivo generale

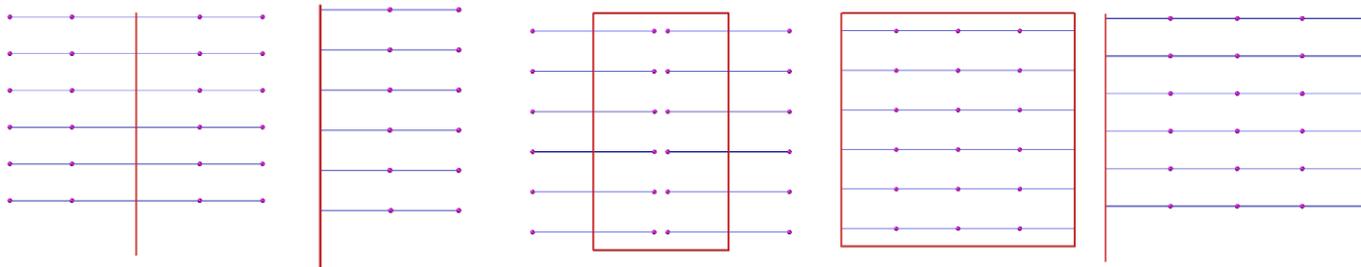
Valutazione dell'effetto della configurazione della rete di impianto (disposizione delle tubazioni) e della configurazione dei sostegni verticali e sismici (numero e posizione) sulle sollecitazioni di forza e spostamenti

Attività svolte

1. Sono stati ispezionati ospedali, centri commerciali, edifici pubblici per identificare le caratteristiche tipiche delle reti antincendio di tipo sprinkler in termini di layout di distribuzione, sistemi di fissaggio sia per carichi verticali che sismici e le osservazioni dedotte sono state integrate con i dati messi a disposizione da esperti del settore.



Configurazioni di rete più diffuse



A griglia

A pettine



Tipologie più diffuse di sostegni

verticali

sismici



Hanger rod

Rigid braces

Cables

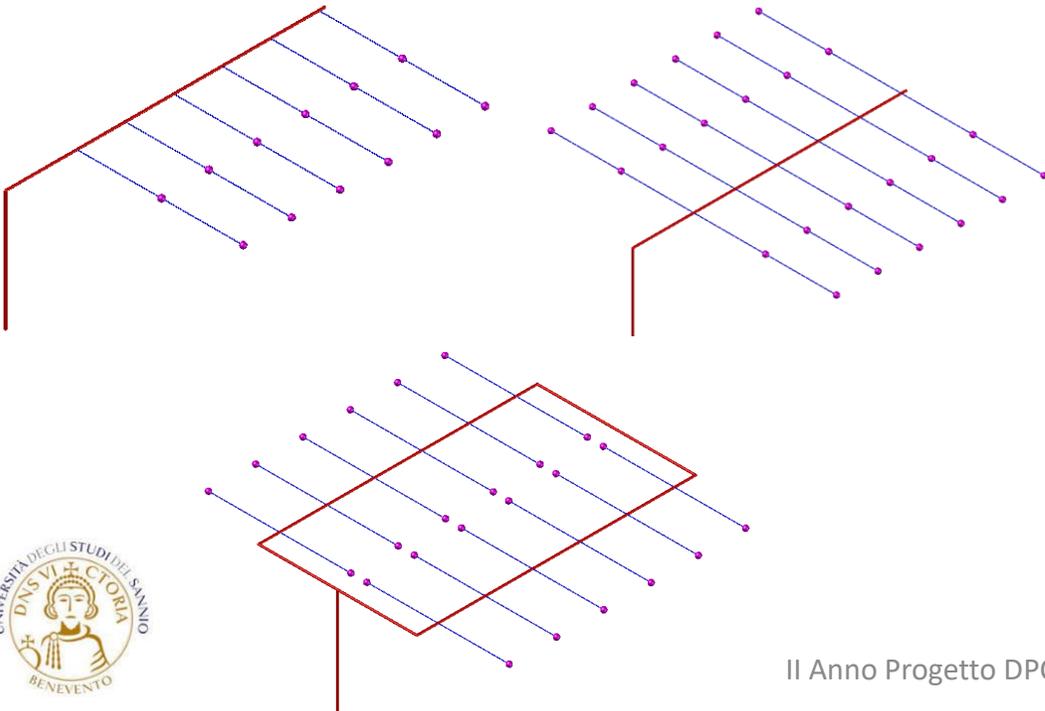
WP 17 - Task 2: Collegamenti della componentistica edilizia e industriale

Obiettivo generale

Valutazione dell'effetto della configurazione della rete di impianto (disposizione delle tubazioni) e della configurazione dei sostegni verticali e sismici (numero e posizione) sulle sollecitazioni di forza e spostamenti

2. Le informazioni raccolte sono state utilizzate per progettare le configurazioni di reti di impianti sprinkler e di sistemi di sostegno da investigare tramite analisi parametriche numeriche.

✓ 3 configurazioni di rete



✓ Per ogni configurazione di rete sono state considerate 4 combinazioni di diametri delle tubazioni e 3 diverse varianti del sistema di sostegno per carichi sismici.

Combinazione	Diametro nominale (mm)	
	Tubazione principale	Tubazione secondaria
Combo 01	100	40
Combo 02	65	32
Combo 03	50	25
Combo 04	40	25

Sistema di sostegno	Elemento di controvento	Fissaggio alla struttura	Fissaggio alla tubazione
Variante 1	Sezione circolare cava		
Variante 2	Sezione a canale		
Variante 3	Cavo		

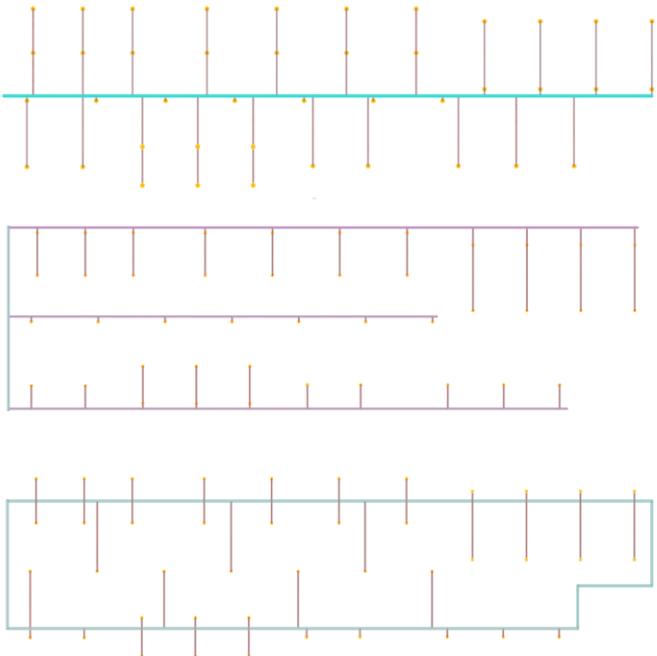
WP 17 - Task 2: Collegamenti della componentistica edilizia e industriale

Obiettivo generale

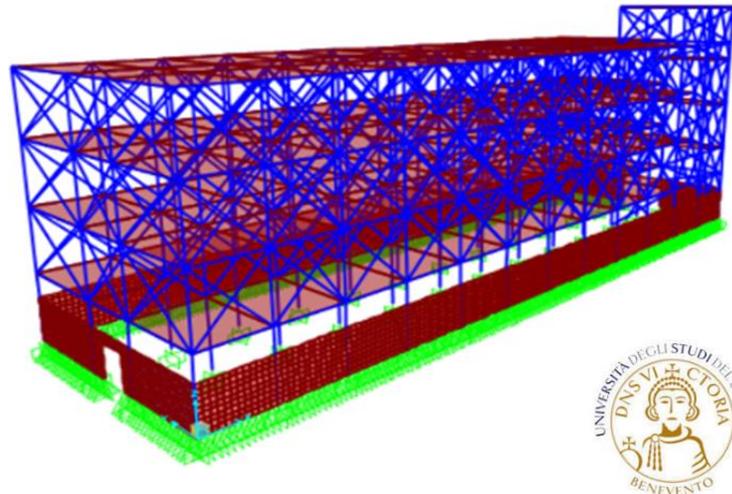
Valutazione dell'effetto della configurazione della rete di impianto (disposizione delle tubazioni) e della configurazione dei sostegni verticali e sismici (numero e posizione) sulle sollecitazioni di forza e spostamenti

3. Modellazione numerica dei casi da analizzare parametricamente con analisi a cascata

✓ 3 configurazioni di rete



✓ Struttura di riferimento



Analisi a cascata

Modellazione numerica delle configurazioni di rete d'impianto

Modellazione della struttura di riferimento

Valutazione degli spettri di piano

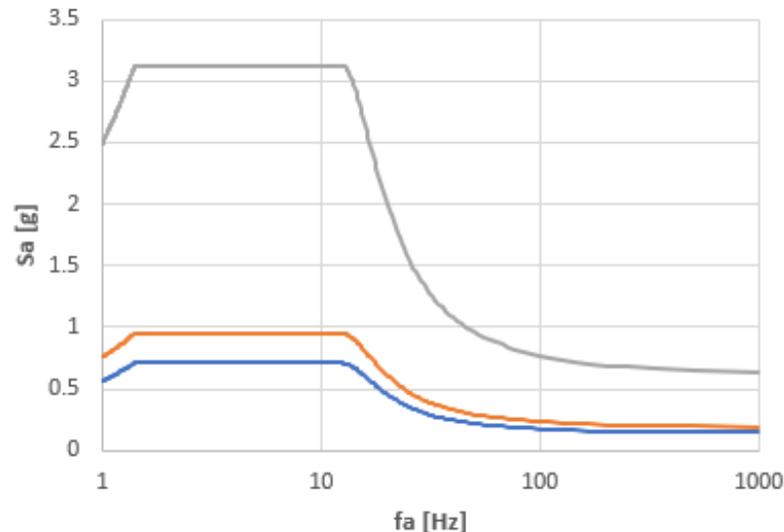
Analisi con spettri di risposta della rete di impianto

WP 17 - Task 3: Qualificazione e certificazione

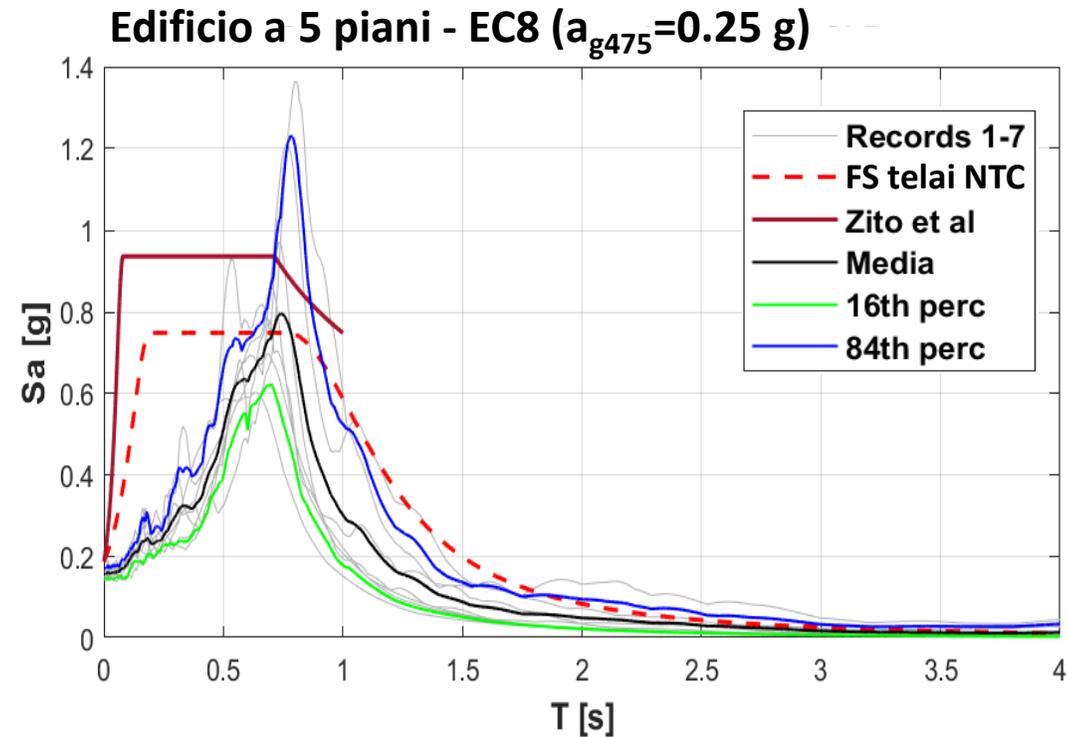
- Finalizzazione e validazione robusta del protocollo di prova di valutazione, qualificazione e certificazione sismica precedentemente sviluppato in accordo alle NTC 2018;
- Confronto della domanda sismica tra edifici modellati e protocollo di prova sviluppato nell'ambito del progetto ReLUIS-DPC 2022-2024.



$$\frac{S_a}{(\alpha S)} = \begin{cases} 4 \left(1 + \frac{z}{H}\right) + \frac{\left(1 + \frac{z}{H}\right)}{(f_1 - f_0)} (f_a - f_0) & \text{for } f_a < f_1 \\ 5 \left(1 + \frac{z}{H}\right) & \text{for } f_1 \leq f_a < f_2 \\ \left[\frac{5 \left(1 + \frac{z}{H}\right)}{1 + 4 \left(1 - \frac{f_2}{f_a}\right)^2} \right] & \text{for } f_a \geq f_2 \end{cases}$$



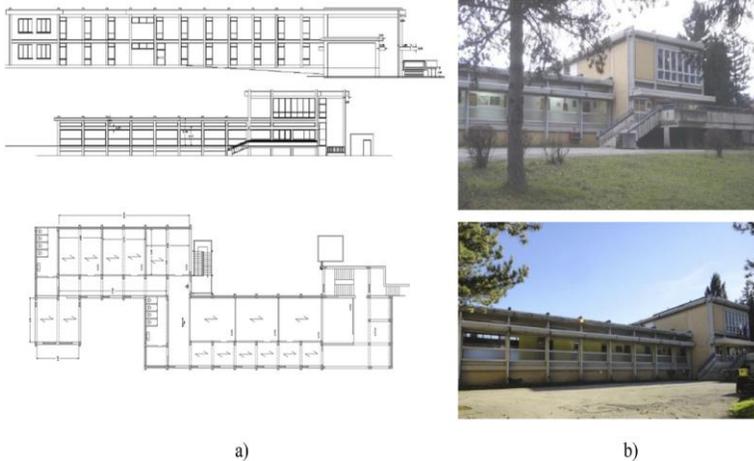
Protocollo di prova Zito et al.



Confronto tra spettri reali, formulazione semplificata (telai) da NTC 2018 e protocollo Zito et al.

Metodologia di classificazione sismica delle componenti non-strutturali (perdite attese)

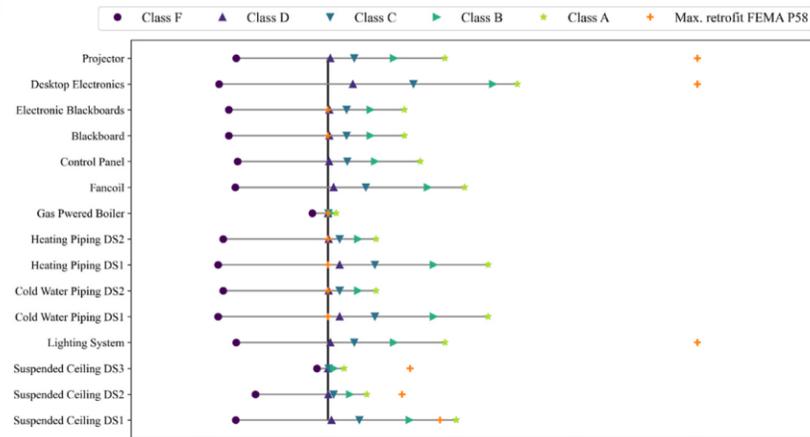
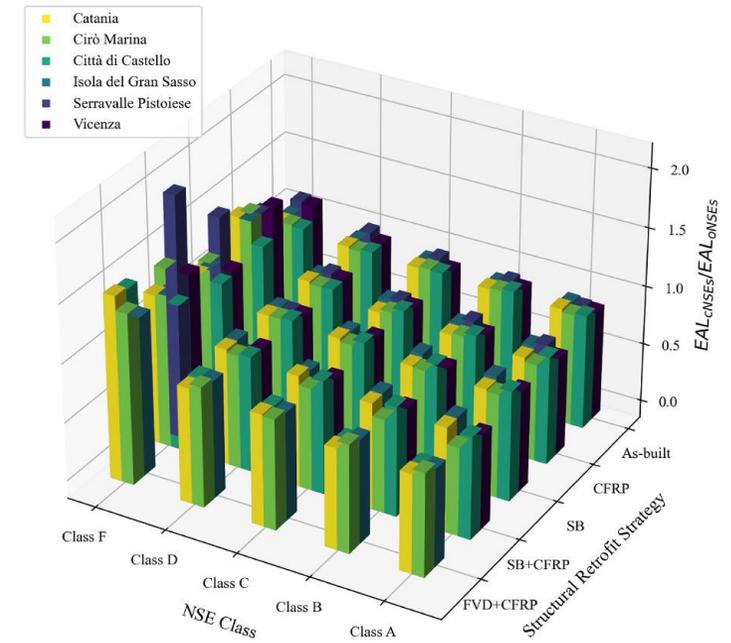
Step 1:
Definizione casi studio e valutazione delle perdite attese



Step 2:
Aggiornamento delle curve di fragilità degli NSEs sulla base della classificazione sismica



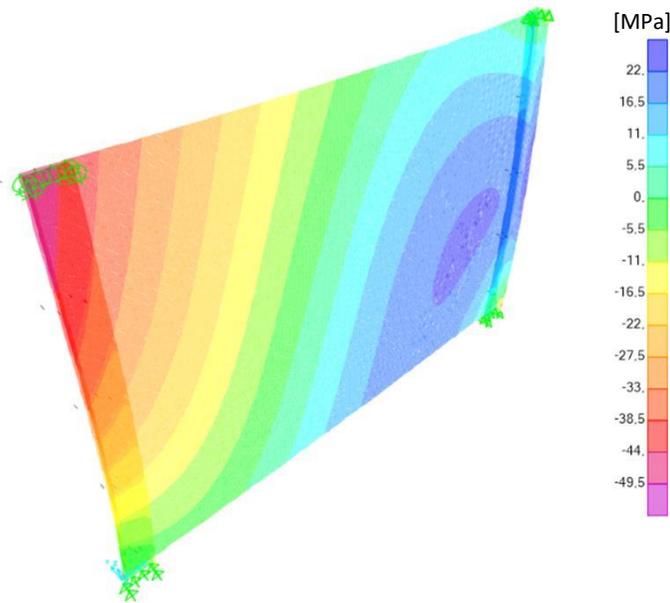
Step 3:
Rivalutazione delle perdite attese



Progetto Reluis-DPC 2024-2026

WP 17 - Task 3: Qualificazione e certificazione

Modello FEM di KIT di partizioni interne vetrate



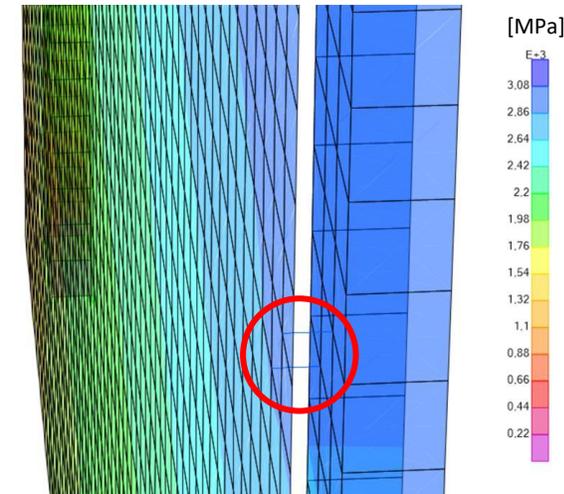
Analisi FEM partizioni vetrate (telai in alluminio + vetro)

- Studio di diversi approcci di modellazione per bilanciare accuratezza e gestione di calcolo.
- Modellazione dettagliata con elementi frame (connessioni) e shell (pannelli) per analisi di meccanismi locali e comportamento globale tramite analisi dinamiche non lineari.



Obiettivi modellazione FEM

- Valutazione della strategia più efficace tramite confronto tra plasticità concentrata e diffusa.
- Scelta dell'approccio più realistico per il comportamento non lineare, bilanciando dettaglio, efficienza e significatività dei risultati.



Progetto Reluis-DPC 2024-2026

WP 17 - Task 3: Qualificazione e certificazione

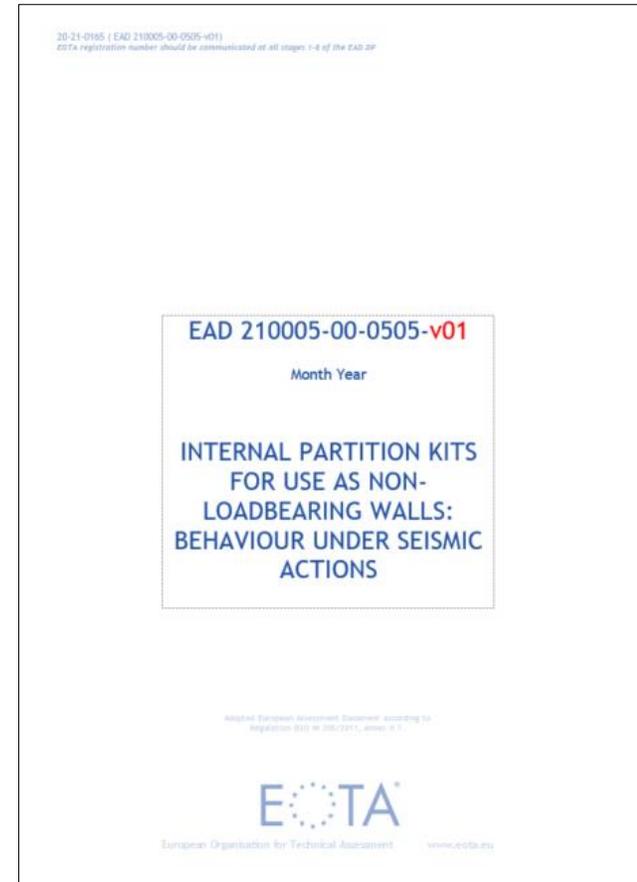
- Analisi delle specifiche tecniche armonizzate esistenti e delle modalità progettuali e di verifica disponibili per la valutazione della **capacità sismica**, l'**efficienza energetica** e la **sostenibilità** dei componenti non strutturali con particolare riferimento alle partizioni interne.
- Nell'ambito dei processi di certificazione dei prodotti da costruzione innovativi (Regolamento UE n. 2024/3110, CPR – Construction Product Regulation) è in corso la preparazione di una modifica dell'EAD (European Assessment Document) 210005-00-0505 **v01 - Internal partition kits for use as non load bearing walls: *behaviour under seismic actions***



Caratteristica essenziale: Capacità sismica del KIT



Necessità di definire metodologie sperimentali e/o numeriche per la valutazione di tale caratteristica essenziale



Progetto Reluis-DPC 2024-2026

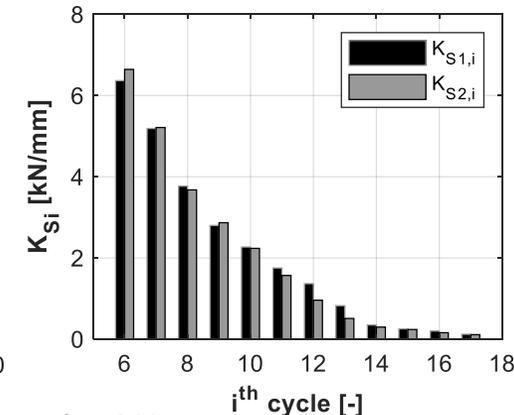
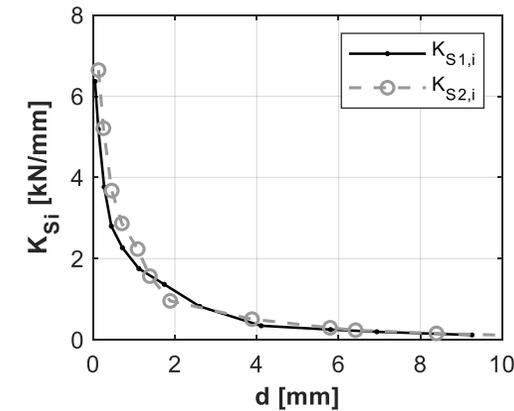
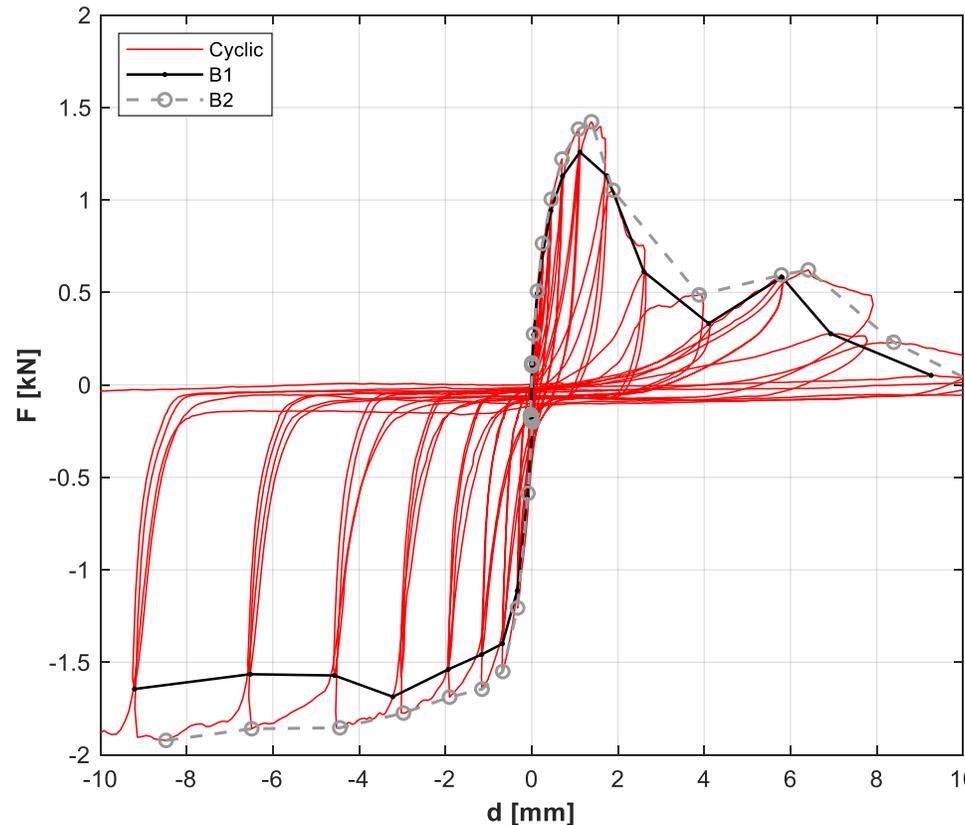
WP 17 - Task 4: Partizioni interne

- Valutazione sismica delle proprietà dinamiche, del comportamento sismico e delle prestazioni delle partizioni interne mediante prove quasi-statiche



Setup di prova

- ✓ Elaborazioni statistiche relative alle prove su sistemi di connessione a vite di partizioni leggere con struttura in acciaio e pannelli in cartongesso.
- ✓ Valutazione delle proprietà meccaniche principali



Cicli isteretici,
backbone, evoluzione
ciclica della rigidezza
secante

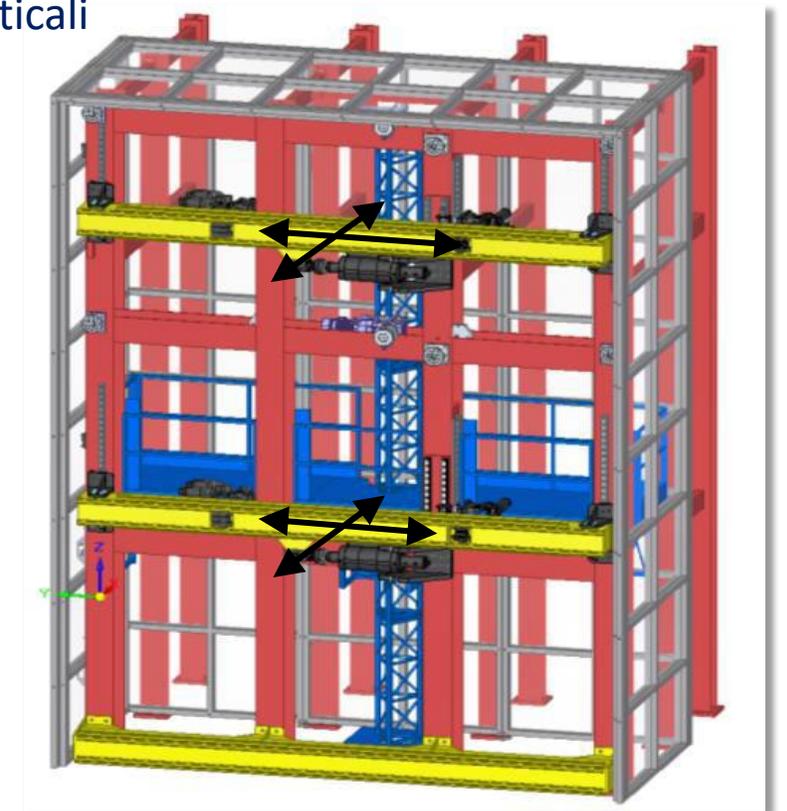
Progetto Reluis-DPC 2024-2026

WP 17 - Task 4: Partizioni interne



Campagna sperimentale sul comportamento sotto sisma delle partizioni interne e dei presidi antisismici utilizzabili.

Disponibilità, nell'ambito dell'UR ITC-CNR, di una attrezzatura specificamente progettata per la valutazione sperimentale della risposta sismica di elementi di partizione verticali soggetti ad azioni sismiche bidirezionali.

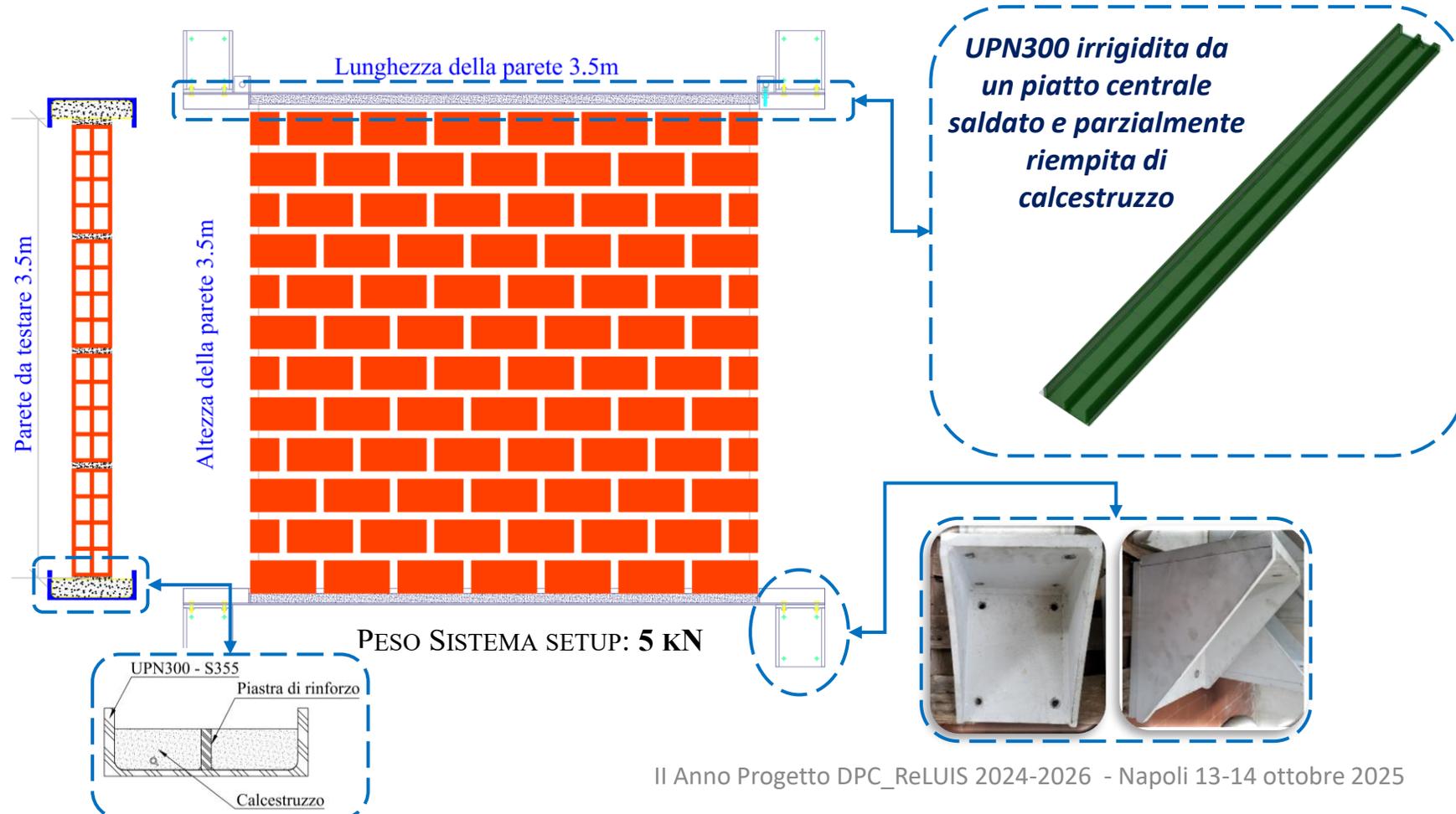


Progetto Reluis-DPC 2024-2026

WP 17 - Task 4: Partizioni interne

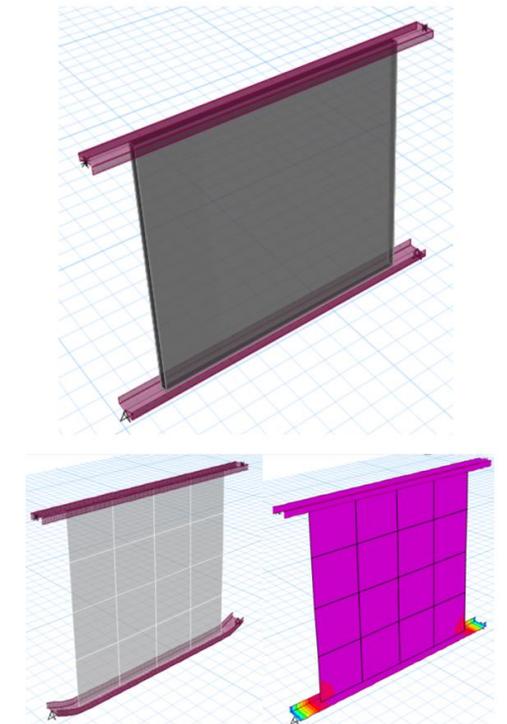


L'Unità del Università del Sannio si è occupata della **progettazione e redazione degli elaborati tecnici per la definizione del setup da usare** per la **realizzazione, movimentazione e sperimentazione** della partizione.



Analisi numeriche

Modello Shell per la verifica del setup e delle fase di movimentazione



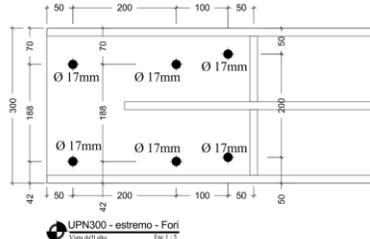
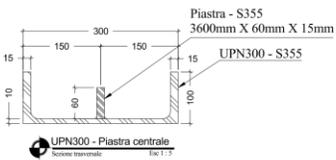
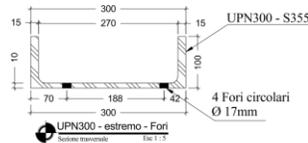
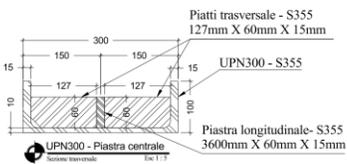
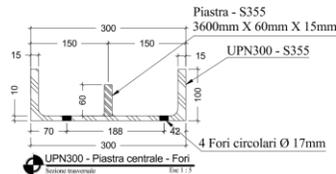
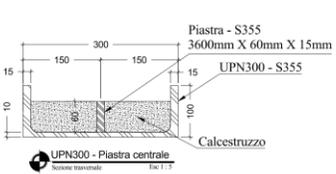
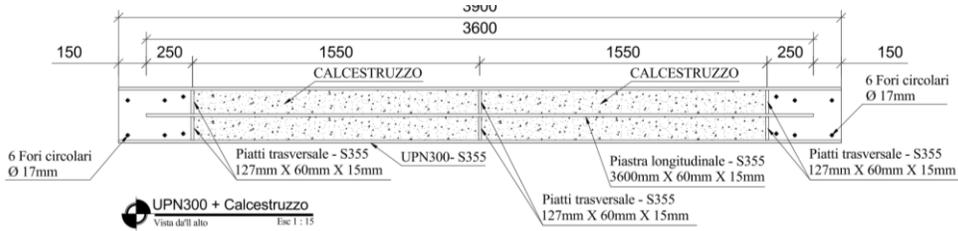
Progetto Reluis-DPC 2024-2026

WP 17 - Task 4: Partizioni interne

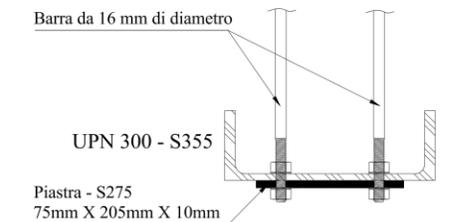
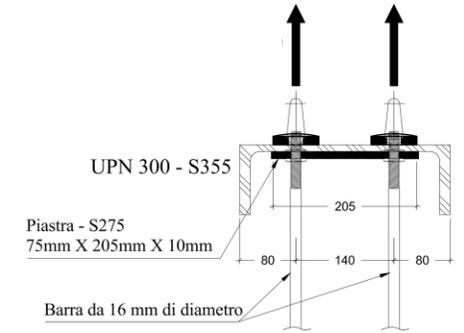
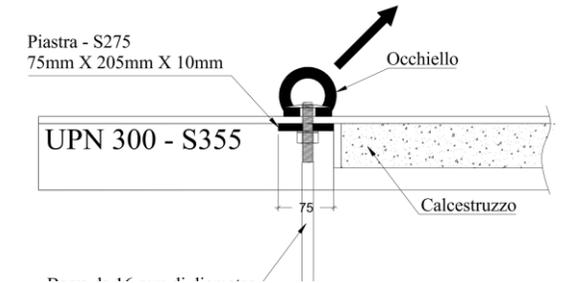
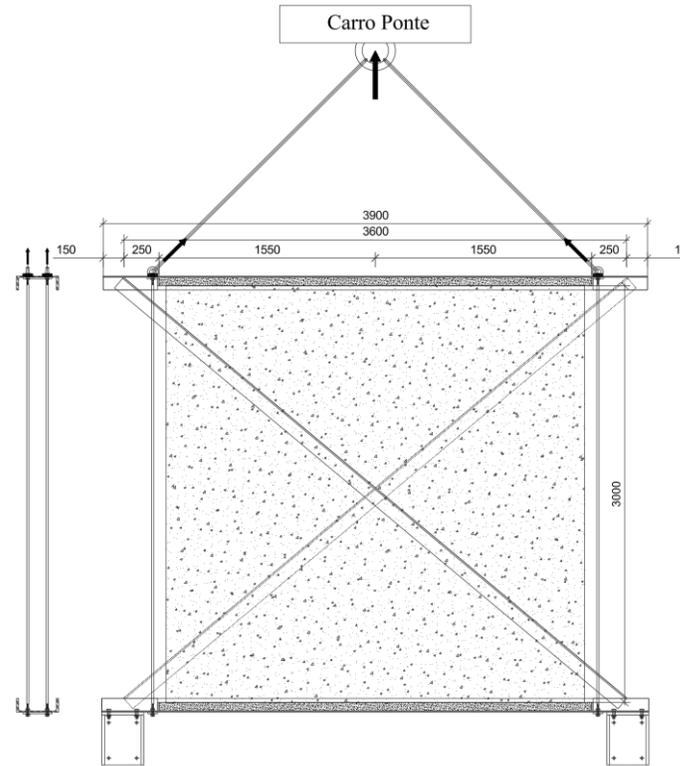
Dettagli costruttivi del setup sperimentale per la movimentazione ed il test delle partizioni:



Dettagli costruttivi e sezioni trasversali del setup



Sistema per la movimentazione dei provini



Progetto Reluis-DPC 2024-2026

WP 17 – Elementi non strutturali

Il WorkPackage si propone di svolgere e finalizzare una complessa attività teorica e sperimentale capace di determinare un significativo passo in avanti delle conoscenze sul comportamento sotto azioni sismiche dei componenti non strutturali, in modo da poter ridurre – in prospettiva – la voce più rilevante dei costi materiali associati agli eventi sismici.