



Creazione di un Ambiente Domestico Sicuro

www.progetto-cads.it

**Prove di armadi elettrici per il progetto CADS
presso la Fondazione EUCENTRE**

18 novembre 2021

Dr. Francesco Graziotti – Università di Pavia, EUCENTRE



Oggetto della sperimentazione: armadi elettrici

Per armadi elettrici si intendono elementi predisposti per integrare e proteggere parti di impianti elettrici (quadri elettrici) o apparecchiature collegate alla rete elettrica (es. processori, server).

Nell'ambito del progetto CADS saranno testati armadi **non cablati** prodotti da **ETA SpA** a Canzo (CO) che propone:



- **soluzioni per automazione industriale**
- **soluzioni per ambienti aggressivi**
- **soluzioni per distribuzione di energia in BT**
- **soluzioni per settore IT**

Oggetto della sperimentazione: esempio dettaglio armadi elettrici

Armadio non cablato in acciaio con anta in vetro (esempio 1)



Massa armadio
122 kg

Masse aggiuntive
502 kg

**Massa totale
624 kg**

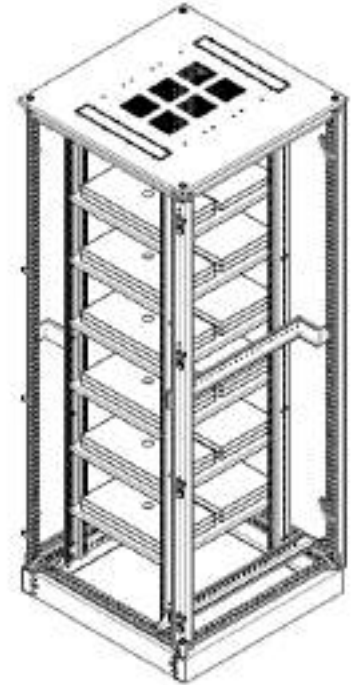
I dati sono stati forniti da ETA SpA compresa
l'indicazione delle masse e la loro posizione

Peso proprio circa 1/5 del peso totale

VISTA FRONTALE
SENZA PORTA



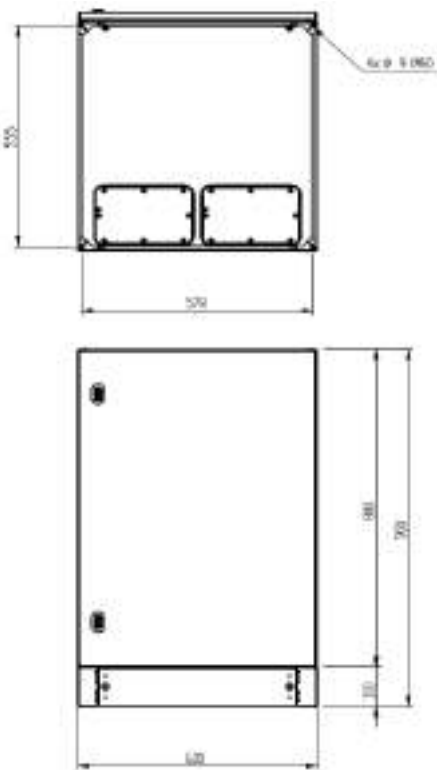
VISTA SENZA FIANCHI E PORTA



EUCENTRE
FOR YOUR SAFETY.



Oggetto della sperimentazione: esempio dettaglio armadi elettrici



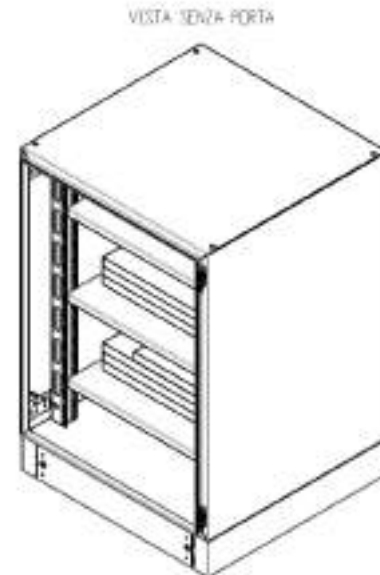
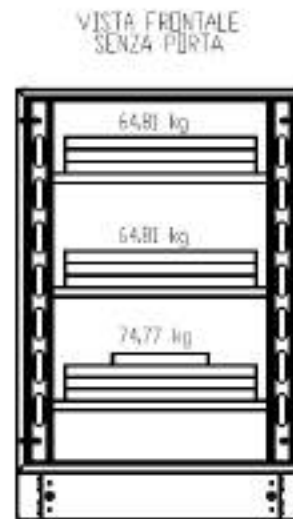
Armadio appeso non cablato in acciaio con anta cieca (esempio 2)



Massa armadio
46 kg

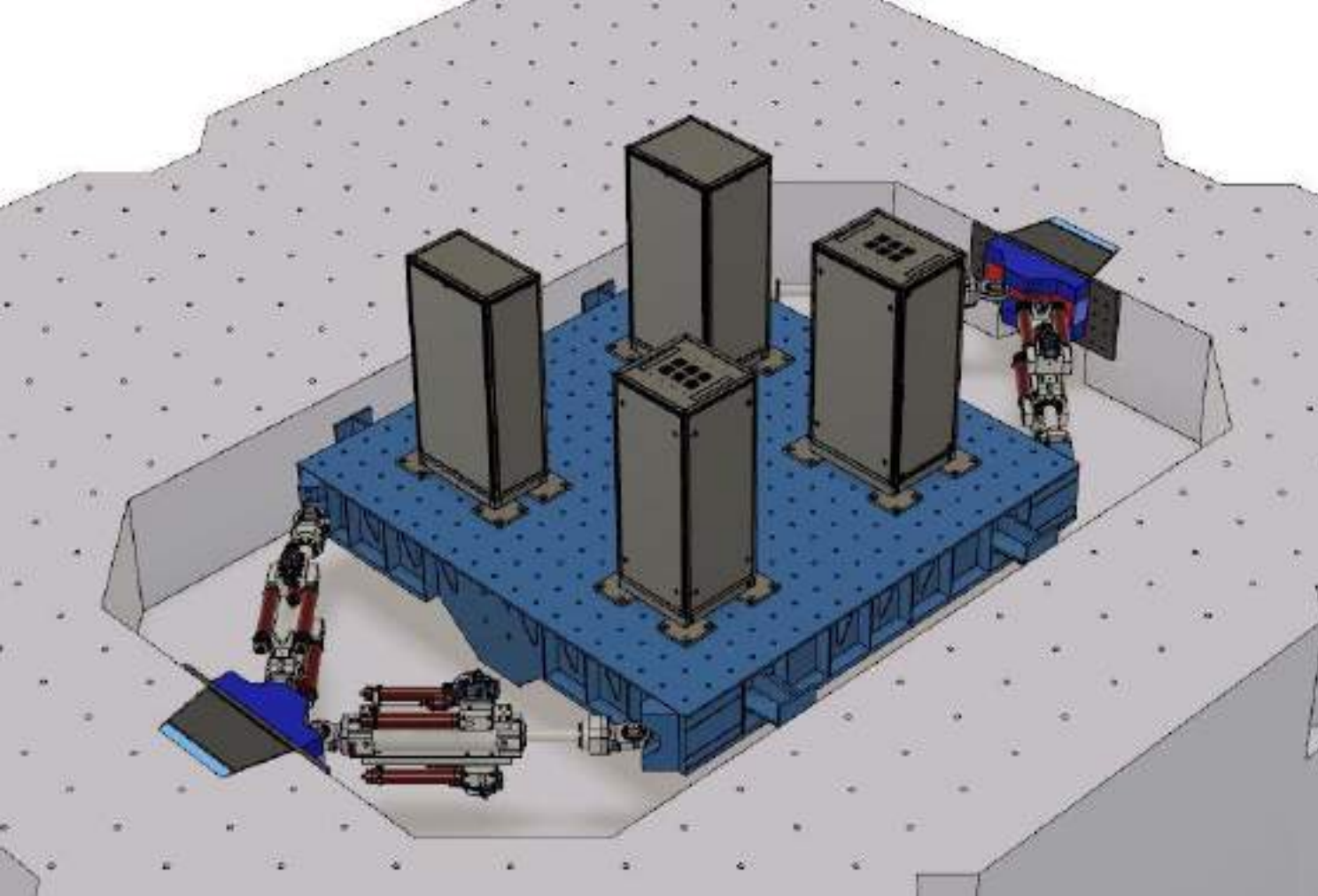
Masse aggiuntive
204 kg

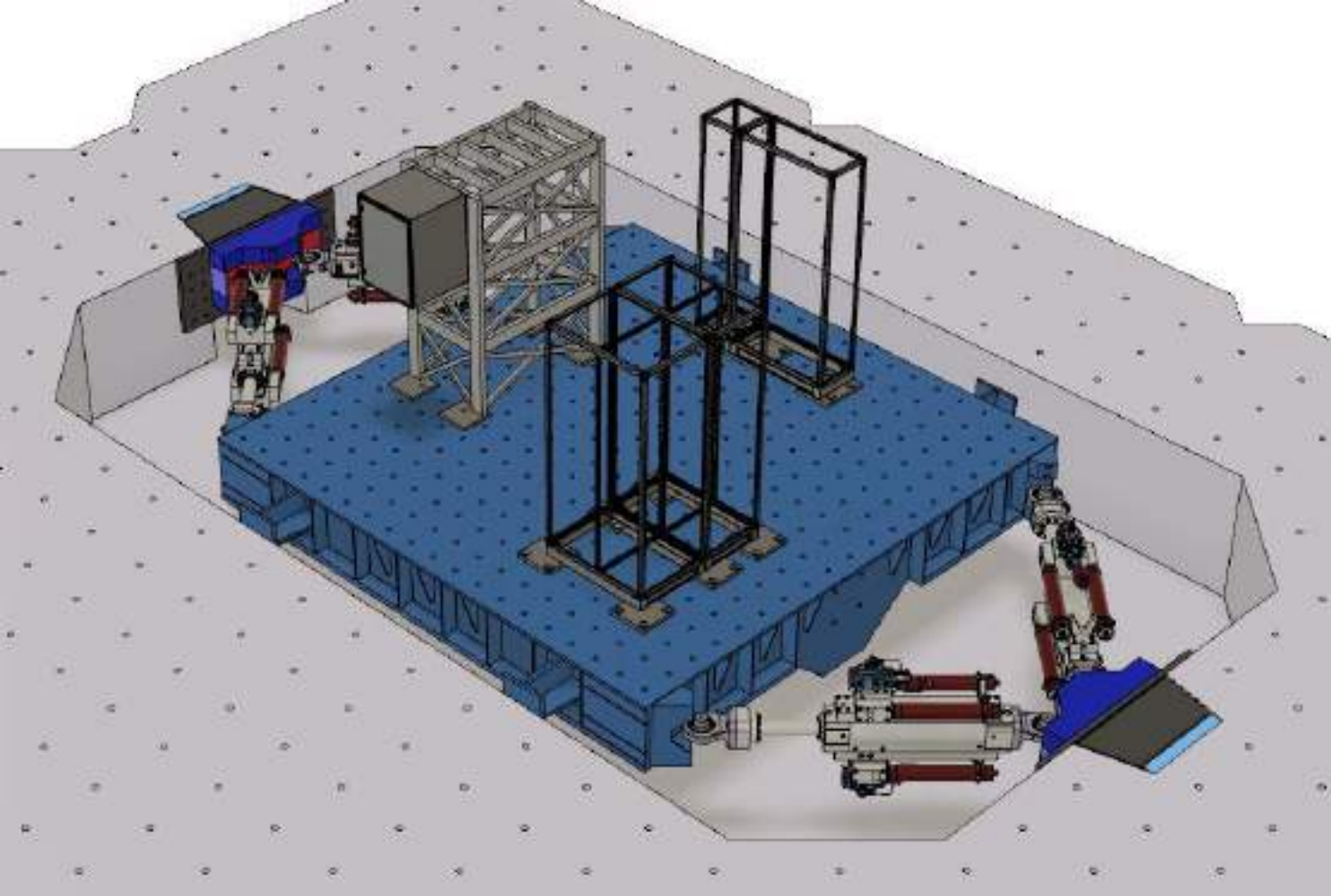
**Massa totale
250 kg**



I dati sono stati forniti da ETA SpA compresa l'indicazione delle masse e la loro posizione

Peso proprio circa 1/5 del peso totale





Perché avviare una campagna di sperimentazione?

Qualifica sismica

Procedura sperimentale che consente di **verificare** e garantire **a priori** le **prestazioni** con riferimento a un certo livello di sollecitazione.

Può essere attestata l'**operatività** del componente durante e dopo l'evento sismico*

*non possibile nello specifico test su armadi non cablati

La qualifica è un metodo previsto in modo esplicito, ad esempio, al §13.2.5 dalla norma statunitense ASCE 7.

Le **NTC**, invece, prescrivono che quando l'elemento non strutturale è assemblato in cantiere è **compito del fornitore e/o dell'installatore** fornire elementi e sistemi di collegamento di **capacità adeguata** (§7.2.3)

Alcune norme prevedono anche metodologie di qualifica basate sull'analisi numerica o sull'esperienza di eventi sismici passati.

Il laboratorio deve essere [accreditato](#).

Caratterizzazione sismica

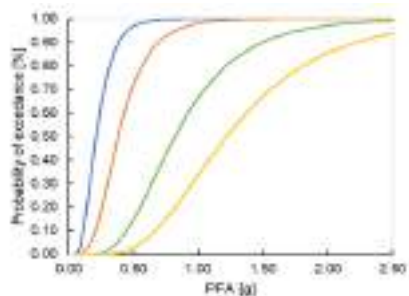
Mirata a definire:

- **parametri prestazionali**
- **caratteristiche dinamiche** dell'elemento

Tale caratterizzazione è fondamentale per poter procedere alla modellazione numerica degli elementi non strutturali.



Curve di fragilità sismica



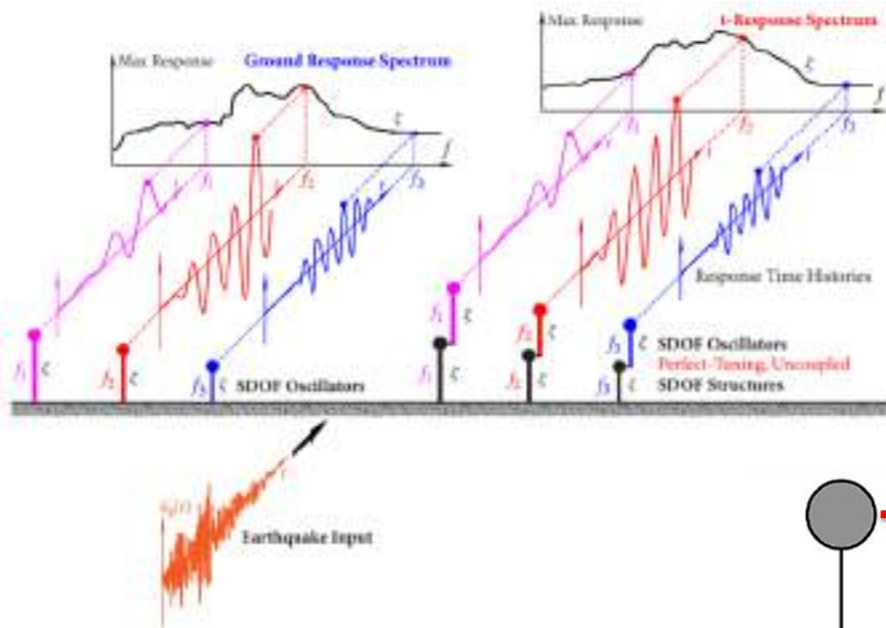
Classificazione sismica



EUCENTRE
FOR YOUR SAFETY.



Perché avviare una campagna di sperimentazione?

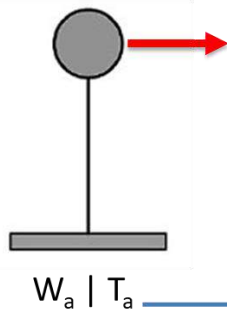


Le NTC 2018 prevedono un approccio basato **sugli spettri di piano** per il calcolo della domanda sismica degli elementi non strutturali

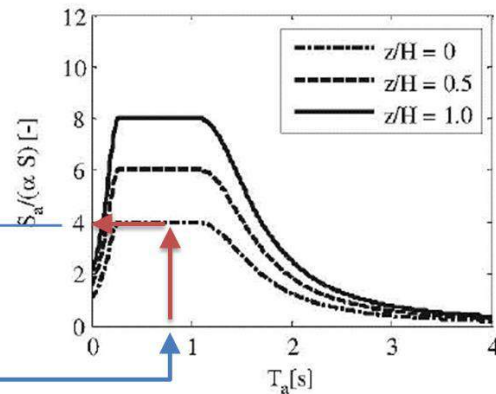
Il **periodo naturale** di vibrazione, lo smorzamento ed il fattore di struttura degli elementi non strutturali è necessario per ricavare le sollecitazioni di progetto (accelerazioni e forze sugli ancoraggi).

Le campagne sperimentali possono essere di supporto anche alla progettazione.

Esempio di derivazione di spettri di piano a partire da un singolo accelerogramma



$$F_a = (S_a W_a) / q_a$$



EUCENTRE
FOR YOUR SAFETY.



Qualifica sismica sperimentale: tipologie di protocolli di prova

Le prove di qualifica in base al tipo di protocollo selezionato possono essere:

- 1) dinamiche, eseguite prove su tavola vibrante
- 2) prove cicliche quasi statiche.

Al momento non vi è un protocollo di qualifica specifico per il territorio nazionale, in accordo con le NTC. Tuttavia possono essere impiegate altre norme di comprovata validità.

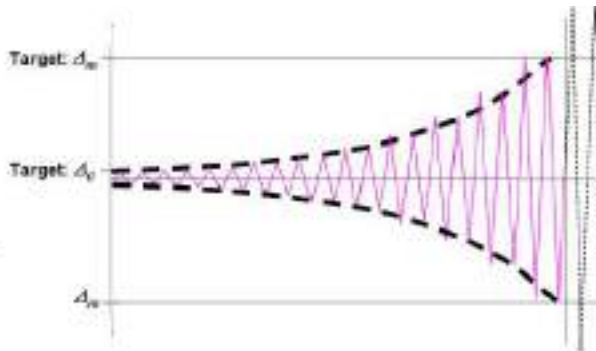
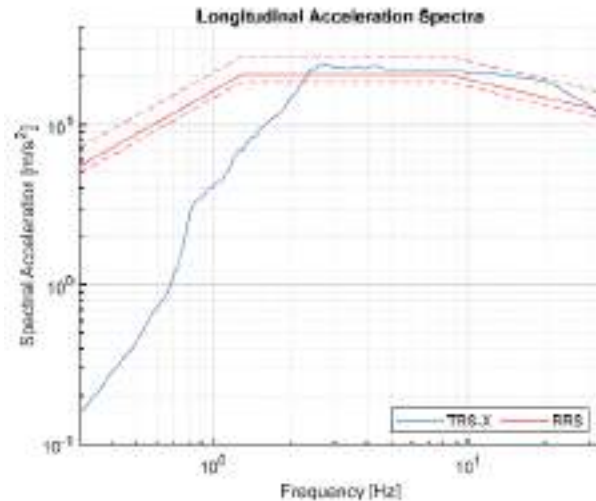


Figure 2 Sketch of deformation-controlled loading history, Protocol I.

Il risultato della qualifica sismica tipicamente è del tipo: **PASS/FAIL**

Si riportano di seguito alcuni tra i più comuni protocolli di qualifica sismica:

- **ISO 13033** di carattere generale (internazionale)
- **ICC ES AC 156** di carattere generale (Stati Uniti)
- **GR 63 TELCORDIA (BELLCORE)**, sviluppata per le telecomunicazioni (Stati Uniti)
- **IEC 60068-3-3 and -2-57** (International Electrotechnical Commission) – Sviluppata per apparecchiature elettriche (internazionale)

FEMA 461 (Stati Uniti) è di carattere generale e permette di derivare:

- verifiche di funzionalità;
- definizione di stati limite;
- valutazione dei parametri prestazionali.

Tale protocollo può essere impiegato per la definizione di **curve di fragilità sismica** di elementi non strutturali



EUCENTRE
FOR YOUR SAFETY.



Test sperimentali su armadi ETA: GR 63:2006 TELCORDIA (BELLCORE)*

Scopo

Facilitare la progettazione per apparecchiature compatibili con la rete di telecomunicazioni BELL.

Evitare **danni** alle apparecchiature e **malfunzionamenti** causati da temperatura e umidità, vibrazioni, agenti inquinanti presenti nell'aria, innesco e propagazione di incendi

Fornire informazioni sull'installazione delle apparecchiature stesse.

Requisiti prestazionali

Fisici

- 1) **danno strutturale**: deformazione di qualsiasi elemento «portante» dell'apparecchiatura in qualifica o delle relative connessioni;
- 2) **danno meccanico**: qualsiasi spostamento o separazione delle componenti.

Funzionali

Il funzionamento dell'apparecchiatura deve essere soddisfatto prima e dopo le prove, senza necessità di sostituzione di componenti, riavvio manuale o intervento umano.

* Protocollo richiesto da ETA S.p.A.

Test sperimentali su armadi ETA: GR 63:2006 TELCORDIA (BELLCORE)

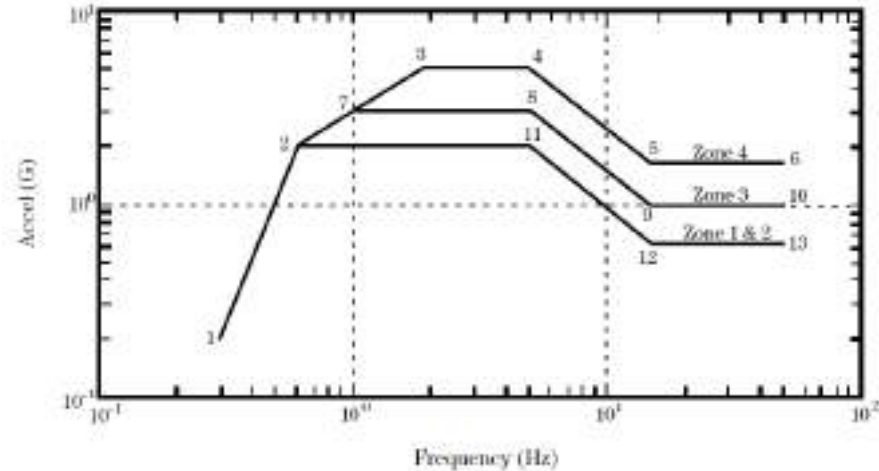
Prova su tavola vibrante con spettro richiesto (RRS) che dipende dalla PGA (riferimento agli Stati Uniti)

Punti di controllo dello spettro RRS	Frequenza (Hz)	Ordinata spettrale in accelerazione (g)	Punti di controllo dello spettro RRS	Frequenza (Hz)	Ordinata spettrale in accelerazione (g)
Zona sismica 1&2			Zona sismica 4		
1	0.3	0.2	1	0.3	0.2
2	0.6	2.0	2	0.6	2.0
11	5.0	2.0	3	2.0	5.0
12	15.0	0.6	4	5.0	5.0
13	50.0	0.6	5	15.0	1.6
Zona sismica 3			6	50.0	1.6
1	0.3	0.2			
2	0.6	2.0			
7	1.0	3.0			
8	5.0	3.0			
9	15.0	1.0			
10	50.0	1.0			

Table 4-10 Correlation of Earthquake Risks

Earthquake Risk Zone	Richter Magnitude	Modified Mercalli Index (MMI)	Low Frequency Ground Acceleration (g's)	Low Frequency Upper Building Floor Acceleration (g's)
0	< 4.3	V	< 0.05	< 0.2
1	4.3 - 5.7	V - VII	0.05 - 0.1	0.2 - 0.3
2	5.7 - 6.3	VII - VIII	0.1 - 0.2	0.3 - 0.4
3	6.3 - 7.0	VIII - IX	0.2 - 0.4	0.4 - 0.6
4	7.0 - 8.3	IX - XII	0.4 - 0.8	0.6 - 1.0

NOTE: For each risk zone, there is a 90% likelihood that an earthquake event of this severity will not be exceeded over a 50-year period.



Requisiti e modalità di prova



EUCENTRE
FOR YOUR SAFETY.



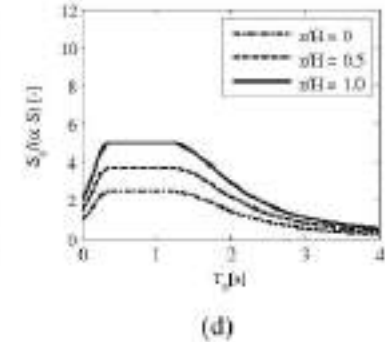
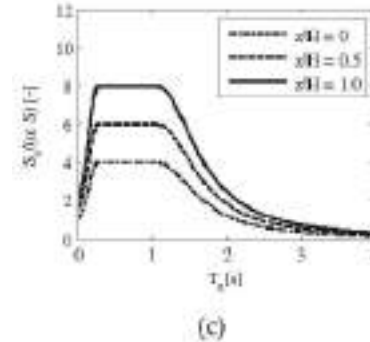
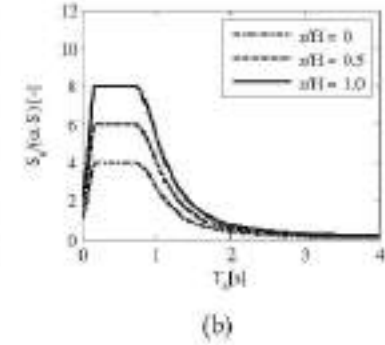
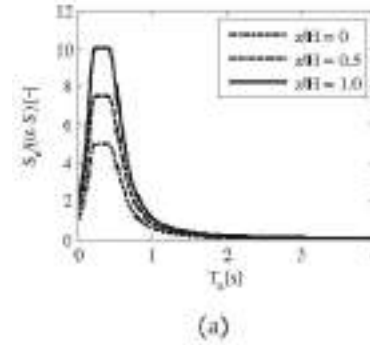
Test sperimentali su armadi ETA: altri approcci in fase di definizione per la classificazione sismica

Lo spettro di risposta richiesto è definito in accordo all' eq. [C7.2.5] della circolare esplicativa (2019) delle **NTC 2018**.
Tale formulazione si ritiene applicabile per valutare lo spettro di risposta di piano di edifici con struttura a telaio e andamento delle accelerazioni linearmente crescente con l'altezza.



$$S_a(T_a) = \begin{cases} \alpha S \left(1 + \frac{z}{H}\right) \left[\frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \left(1 - \frac{T_a}{aT_1}\right)^2} \right] \geq \alpha S & \text{per } T_a < aT_1 \\ \alpha S \left(1 + \frac{z}{H}\right) a_p & \text{per } aT_1 \leq T_a < bT_1 \\ \alpha S \left(1 + \frac{z}{H}\right) \left[\frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \left(1 - \frac{T_a}{bT_1}\right)^2} \right] \geq \alpha S & \text{per } T_a \geq bT_1 \end{cases}$$

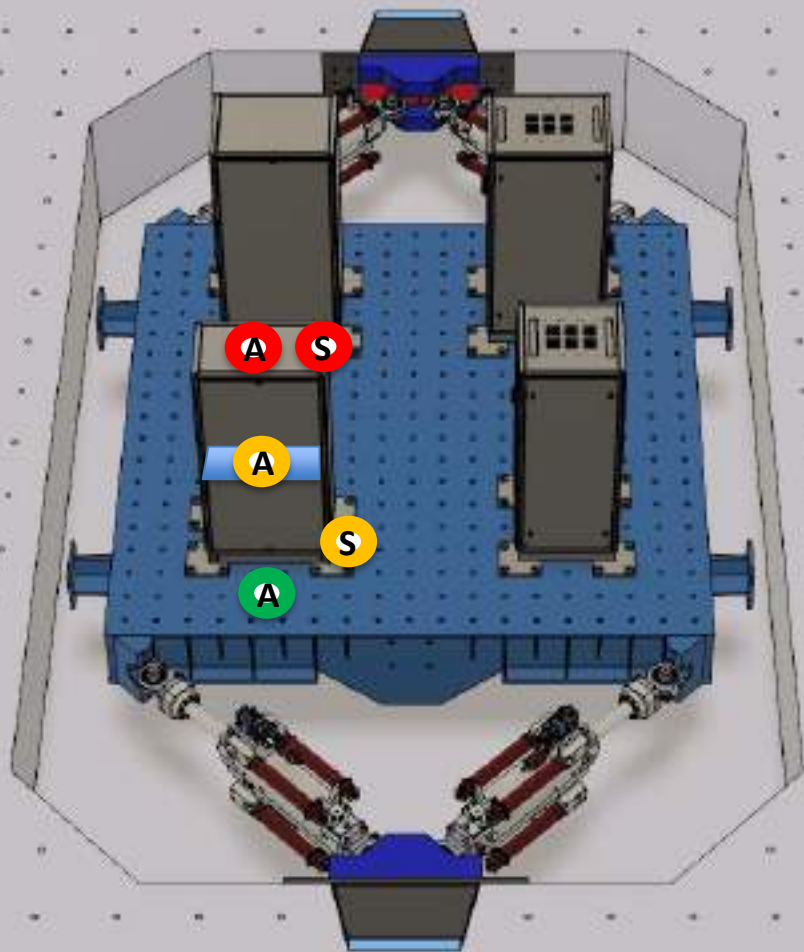
Tale approccio è in fase di definizione da parte del gruppo di ricerca del Prof. Magliulo (Università Federico II – Napoli)





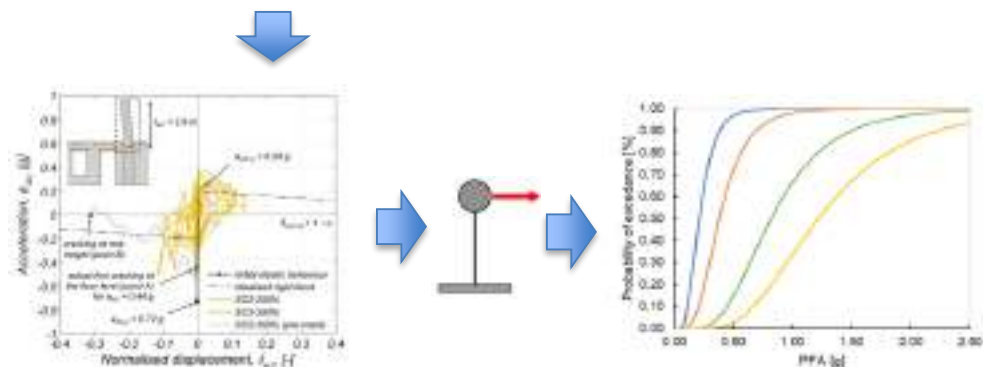
Example of shake-table test instrumentation





Accelerometri verranno installati sulle strutture e al loro interno per valutare forze inerziali, amplificazioni di accelerazioni e per identificare periodi propri di vibrazione

Trasduttori di **spostamento** misureranno eventuali deformazioni degli armadi e dei sistemi di ancoraggio



Database: prove su tavola vibrante

Identificazione dinamica pre-test

Frequenze proprie e relativo smorzamento

Input test

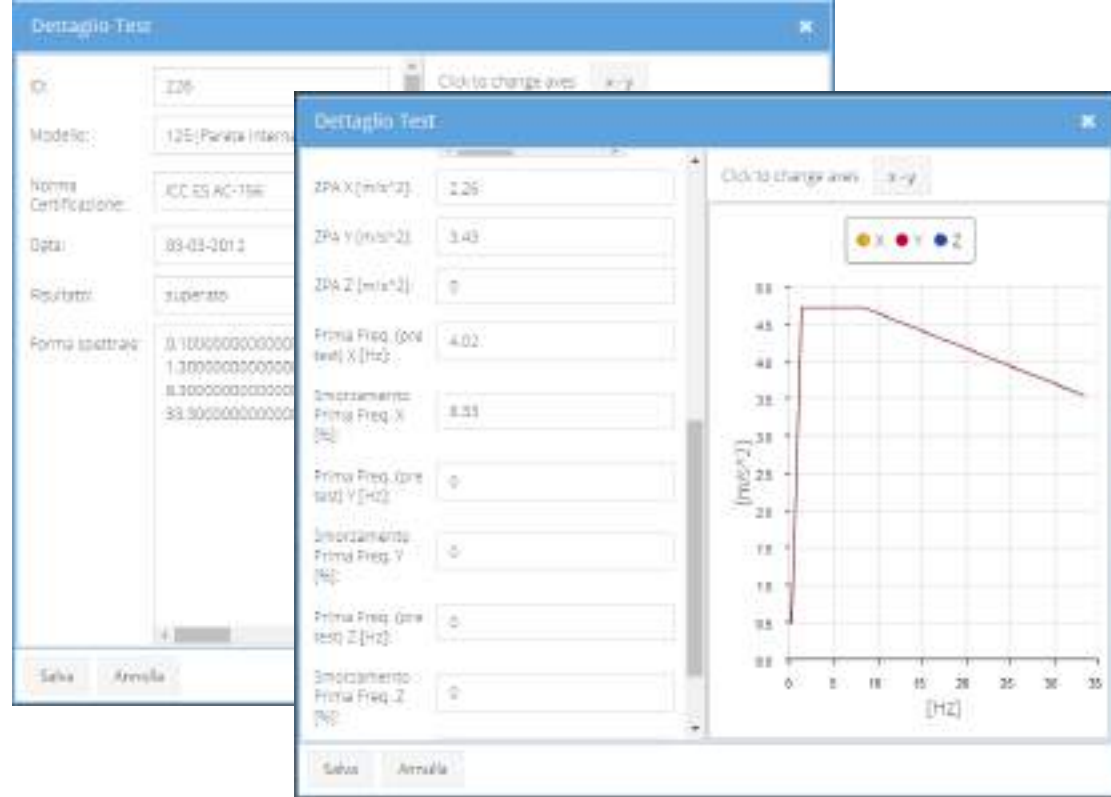
Spettro di prova (TRS test response spectrum) compatibile con lo spettro richiesto RRS (required response spectrum)

Risultato

Test superato/fallito

Identificazione dinamica post-test

Frequenze proprie e relativo smorzamento



Database : prove quasi statiche

Input test

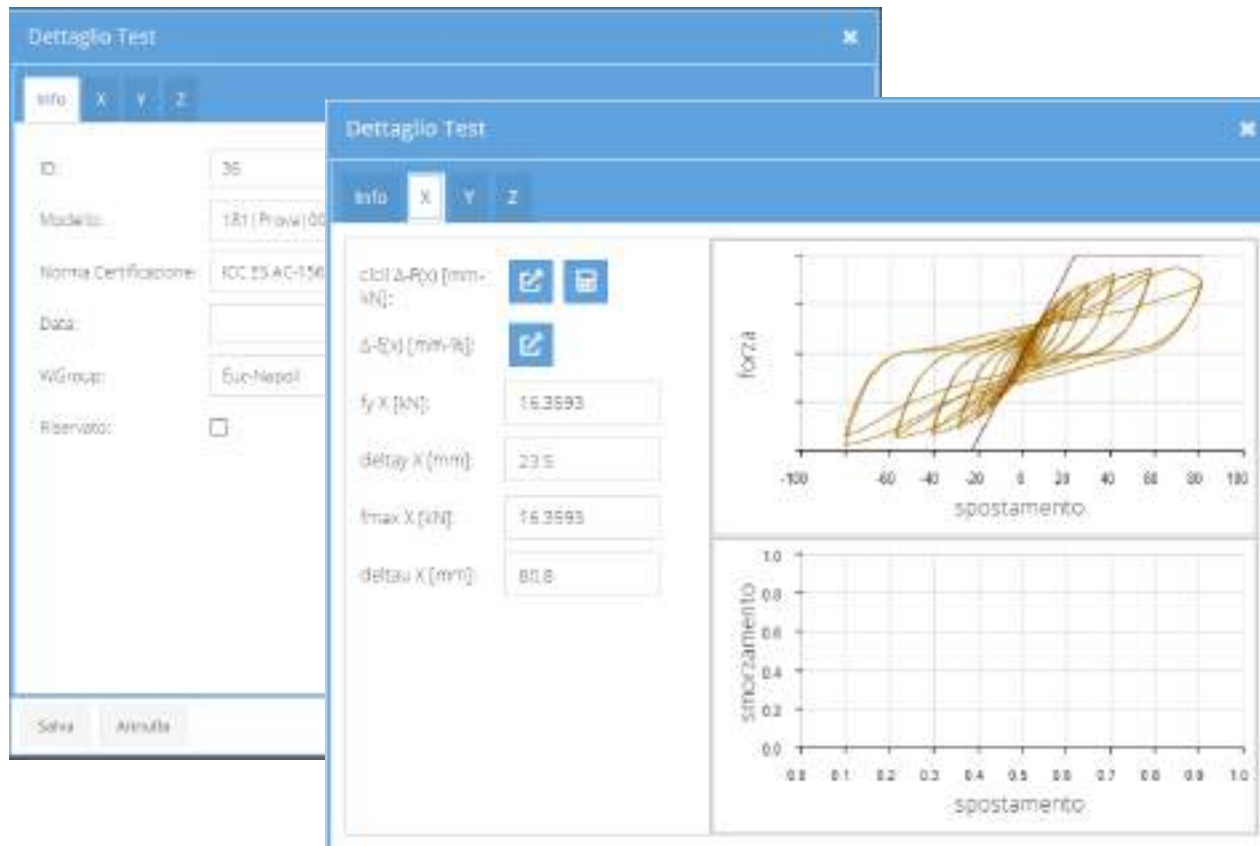
Storia di carico in controllo di carico o spostamento

Risultato

Per ciascuna direzione di carico:

- 1) Diagramma carico-spostamento;
- 2) Definizione dei parametri prestazionali della bilineare equivalente.

I risultati ottenuti possono essere impiegati per calibrare modelli numerici



Partner



Creaione di un Ambiente Domestico Sicuro
www.progetto-cads.it