

**OGGETTO:** Progetto di ristrutturazione e ampliamento fabbricato ad uso alberghiero, denominato HOTEL VALLUGOLA, sito in Comune di Gabicce Mare, via Panoramica n. 121.

**ELABORATO:** RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

**COMMITTENTE:** NEW ALLUGOLA s.r.l.

**STUDIO TECNICO EDILIZIA SAMMARINI**

RIMINI, Via G. Stegani n.18

Tel / Fax 0541.55566

[studiosammarini@gmail.com](mailto:studiosammarini@gmail.com)

**Dott. Ing. Sammarini Caterina**

Tavola	Scala	Data	Operatore	Note
		25.11.2020	C.S.	

# INDICE

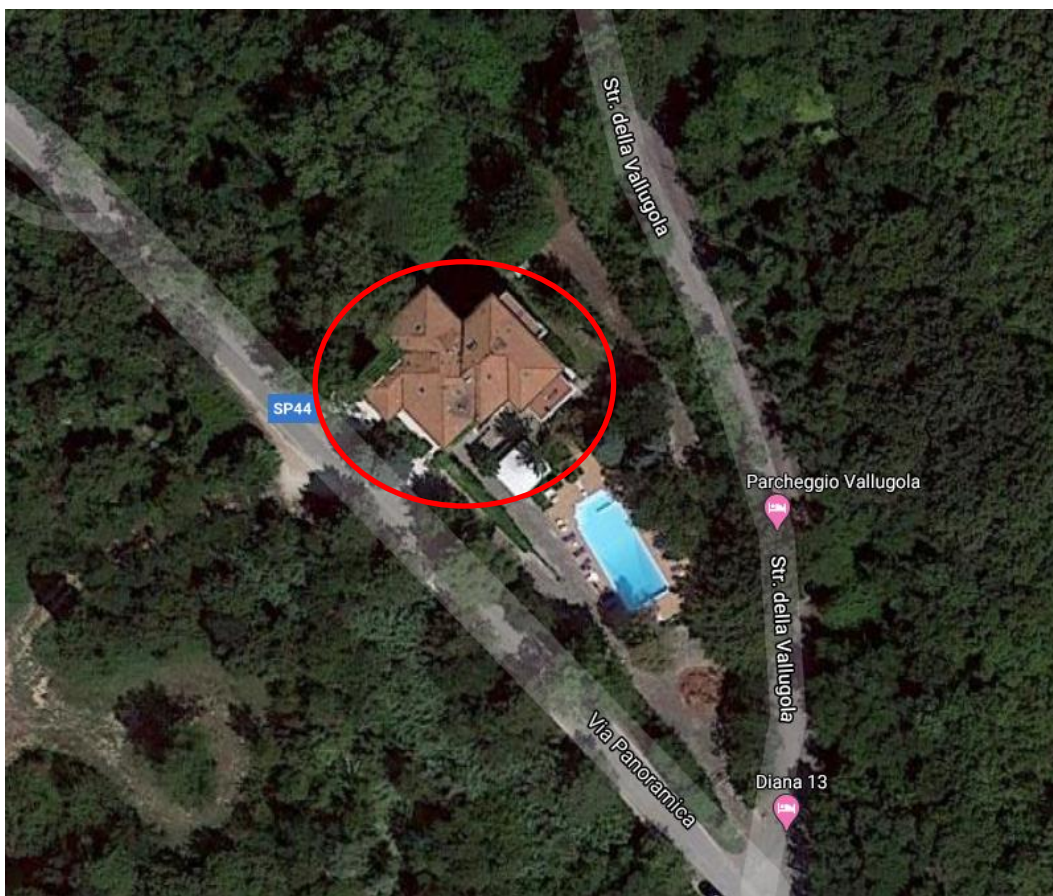
<b>1</b>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE.....</b>	<b>3</b>
1.1	PREMESSA .....	3
1.2	ANALISI STORICO-CRITICA E RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE.....	4
1.2.1	ANALISI STORICO-CRITICA .....	4
1.2.2	RILIEVO .....	4
1.3	DESCRIZIONE DELL'OPERA E CRITERI DI PROGETTAZIONE, ANALISI E VERIFICA .....	4
1.4	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO .....	6
1.5	LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA .....	6
1.6	RELAZIONE SUI MATERIALI .....	7
1.6.1	MATERIALI STRUTTURE ESISTENTI.....	7
1.6.2	MATERIALI NUOVE STRUTTURE .....	8
1.7	AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE.....	9
1.7.1	SOLAIO DI PIANO TERRA PRIMO E SECONDO .....	9
1.7.2	SOLAIO LOGGE E BALCONI .....	9
1.7.3	SCALA INTERNA .....	9
1.8	MODELLO NUMERICO IN MURATURA .....	10
1.9	METODOLOGIA DI MODELLAZIONE E ANALISI.....	15
1.10	PRINCIPALI RISULTATI DELLA MODELLAZIONE .....	17
1.10.1	CURVE DI CAPACITÀ OTTENUTE DALL'ANALISI <i>PUSHOVER</i> .....	17
1.10.2	INVILUPPO DELLE SOLLECITAZIONI PIU' SIGNIFICATIVE .....	26
1.10.3	ANALISI STATICA MURATURE .....	27
1.10.4	LIVELLI DI SICUREZZA OTTENUTI DALL'ANALISI <i>PUSH - OVER</i> .....	28
1.11	PROGETTO E VERIFICHE DI RESISTENZA (S.L.U.) NUOVE STRUTTURE .....	29
1.12	INFORMAZIONI SUI CODICI DI CALCOLO.....	29
1.12.1	SOFTWARE MODELLAZIONE MURATURA.....	29
1.12.2	SOFTWARE MODELLAZIONE CEMENTO ARMATO E ACCIAIO.....	33
1.13	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI AEDES .....	41

# 1 RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

## 1.1 PREMESSA

La presente relazione riguarda il progetto di ristrutturazione e ampliamento di fabbricato ad uso alberghiero denominato HOTEL VALLUGOLA, sito in Comune di Gabicce mare, via Panoramica 121.

Di seguito una vista aerea dell'edificio in oggetto.



Il fabbricato esistente ha struttura portante in muratura con solai in latero-cemento, e si sviluppa su due piani seminterrati 2 piani fuori terra oltre a sottotetto e copertura a falde inclinate.

L'intervento in progetto consiste nella sopraelevazione del fabbricato esistente e nella costruzione di un nuovo ampliamento, giuntato e sismicamente indipendente, avente struttura portante in c.c.a.

## **1.2 ANALISI STORICO-CRITICA E RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE**

### **1.2.1 ANALISI STORICO-CRITICA**

Il fabbricato principale è stato realizzato presumibilmente tra il 1960 e il 1970 e la struttura portante sembra non aver subito, nel corso degli anni, sostanziali modifiche.

Non è stato possibile reperire documentazione progettuale a riguardo

### **1.2.2 RILIEVO**

Preliminarmente alla stesura del presente progetto sono state raccolte tutte le informazioni possibili sul fabbricato e si è provveduto all'esecuzione del rilievo geometrico - strutturale dell'unità strutturale in oggetto.

Sono stati svolti ripetuti sopralluoghi per eseguire il rilievo della geometria strutturale dell'edificio. L'operazione comprende il rilievo, piano per piano, di tutti gli elementi in muratura, incluse eventuali nicchie, cavità, canne fumarie, dei solai e della copertura, delle scale, nonché l'individuazione dei carichi gravanti su ogni elemento di parete e la tipologia delle fondazioni.

I sopralluoghi hanno permesso inoltre di verificare lo stato di conservazione e salute dell'immobile.

Le condizioni delle strutture del fabbricato appaiono buone, non si è ravvisata la presenza strapiombi o altri segni di dissesto evidenti.

I solai, in latero cemento, versano anch'essi in buone condizioni.

## **1.3 DESCRIZIONE DELL'OPERA E CRITERI DI PROGETTAZIONE, ANALISI E VERIFICA**

Il fabbricato ha pianta inscritta in un rettangolo di lati:

$$B = 19.00 \text{ ml circa (max);}$$

$$D = 23.00 \text{ ml circa (max).}$$

e si articola su due piani seminterrati 2 piani fuori terra oltre a sottotetto e copertura a falde inclinate.

La struttura portante è costituita in muratura di laterizio costituita da pareti portanti organizzate con regolarità, sono inoltre presenti delle strutture portanti verticali in c.c.a. circoscritte nelle zone dei porticati.

I solai di piano e la copertura sono in laterocemento  $s_p = 24$  cm.

Le fondazioni di tipo superficiale sono nastriformi organizzate con regolarità al di sotto delle strutture portanti verticali.

Il nuovo corpo in ampliamento, giuntato e sismicamente indipendente dal fabbricato principale, avrà pianta trapezoidale e si articolerà su un unico piano fuori terra più un piano interrato e la copertura in parte a terrazzo e in parte a falde riportate.

La struttura portante sarà a telaio in c.c.a formata da pilastri e travi ordite nelle due direzioni principali.

Il progetto prevede l'esecuzione delle seguenti opere strutturali:

- Demolizione della copertura esistente e sopraelevazione del fabbricato principale tramite struttura in acciaio;
- Inserimento nuovi maschi murari aventi funzione portante in entrambe le direzioni principali a tutti i piani;
- Lievi modifiche alle aperture perimetrali sulle pareti murarie portanti a tutti i piani;
- Demolizione di parte degli sporti esistenti a piano sottotetto;
- Demolizione scala interna esistente e scale esterne poste in corrispondenza del nuovo ampliamento;
- Demolizione piccoli soppalchi a piano sottostrada -1 e piano terra;
- Realizzazione ascensore esterno;
- Modifiche ai tramezzi interni privi di carattere portante a tutti i piani;
- Realizzazione nuovo ampliamento, giuntato e sismicamente indipendente, avente struttura portante in c.c.a.

Gli interventi in progetto sul fabbricato esistente rientrano tra gli interventi di ADEGUAMENTO SISMICO come indicato al punto 8.4.3 delle NTC 2018, pertanto la verifica della sicurezza sarà estesa all'intero edificio.

Il nuovo corpo in ampliamento sarà progettato e verificato come NUOVA COSTRUZIONE ai sensi dei dettami contenuti nelle NTC 2018.

#### **1.4 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO**

Per la valutazione della sicurezza dell'intero edificio sono stati seguiti i criteri dettati dalla vigente normativa:

- Legge 05/11/1971 n.1086;
- Legge 02/02/1974 n. 64;
- D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Circolare 21.01.2019, n°7 "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17.01.2018»".

#### **1.5 LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA**

Sulla base degli approfondimenti effettuati sulla struttura, è possibile individuare i "livelli di conoscenza" (LC) dei diversi parametri coinvolti nel modello (geometria, dettagli costruttivi e materiali), e poter così definire il corrispondente "livello di confidenza" (FC), da utilizzare come ulteriore coefficiente parziale di sicurezza nel calcolo.

Per evitare interventi troppo invasivi e distruttivi, in accordo con la Committenza si sceglie di adottare un **livello di conoscenza LC1**, per il quale, secondo tabella C8A.1.1, sarà sufficiente eseguire indagini in situ limitate, che consistono in un esame visivo della superficie muraria al fine di individuare forma e dimensione dei blocchi, compattezza della malta, e qualità dell'ammorsamento fra le pareti. Per quanto riguarda le proprietà dei materiali da assumere nel calcolo, occorre far riferimento ai valori minimi per le resistenze, ed ai valori medi per i moduli elastici riportati in tabella C8.5.I.

Il fattore di confidenza adottato, relativo al livello di confidenza LC1, è  $FC = 1.35$ .

E' stata condotta una campagna di sondaggi in sito sulle strutture portanti principali atte a comprovarne l'effettiva geometria strutturale, dimensione, quantità e tipologia di armature presente.

Tale campagna di indagine è raccolta, completa della documentazione fotografica, negli elaborati grafici di rilievo geometrico-strutturale dello stato di fatto.

## 1.6 RELAZIONE SUI MATERIALI

### 1.6.1 MATERIALI STRUTTURE ESISTENTI

- *Murature risalenti l'epoca di costruzione:* Murature in mattoni pieni e malta di calce: per LC1, in riferimento a C85.3.1 (da tabella C8.5.I) si ha:

$$f_m = 26 \text{ daN/cm}^2; \quad \tau_0 = 0.5 \text{ daN/cm}^2; \quad E = 15000 \text{ daN/cm}^2; \quad G = 5000 \text{ daN/cm}^2$$

Tipologia di muratura	f (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{v0}$ (N/mm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	G (N/mm <sup>2</sup> )	w (kN/m <sup>3</sup> )
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	- -	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	- -	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	- -	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	- -	900-1260	300-420	13 ÷ 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (**)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

- *Calcestruzzo*  $R_{ck} = 250 \text{ Kg/cm}^2$

$$\sigma_c = 85 \text{ Kg/cm}^2; \quad E_c = 284,6 \text{ Kg/cm}^2$$

- *Acciaio tipo Fe B 44 K Cont.*

$$\sigma_c = 2600 \text{ Kg/cm}^2; \quad E_c = 2100000 \text{ Kg/cm}^2$$

## 1.6.2 MATERIALI NUOVE STRUTTURE

- *Calcestruzzo C25/30*

Caratteristiche Generali	
Calcestruzzo	C25/30
Rbk	300.00 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Identificativo	Verset
Salva XML... Carica da XML...	
Verifiche agli Stati Limite Ultimi	
fck = Rbk x	0.833333 = 250.00 [kg/cm <sup>2</sup> ]
γ Cls	1.5
Fattore di Confidenza	1
fcd,Max = fck / ( γ F.C. ) =	166.67 [kg/cm <sup>2</sup> ]
α <sub>cc</sub> Cls	0.85
fcd	141.67 [kg/cm <sup>2</sup> ]

- *Acciaio per c.c.a laminato a caldo B450C*

Caratteristiche Generali	
Acciaio	acciaio B 450 C
E	2.1e+06 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Commento	B 450 C
Barre:	<input type="radio"/> Liscie <input checked="" type="radio"/> Aderenza Migliorata
Salva XML... Carica da XML...	
Verifiche agli Stati Limite Ultimi	
Tensione Caratteristica di Snervamento f <sub>yk</sub>	4500 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Fattore Parziale di Sicurezza (Gamma)	1.15
Fattore di Confidenza	1
Resistenza di Calcolo f <sub>yd</sub>	3913.04 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Defomazione al Limite Elastico [ eu1 = f <sub>yd</sub> / E ]	0.00186333
Defomazione a rottura di progetto [ eud ]	0.067

- *Acciaio da Carpenteria metallica: S275*

$$f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{tk} = 430 \text{ N/mm}^2$$

- *Murature: Murature in laterizi semipieni:*

$$E = 53000 \text{ daN/cm}^2; \quad G = 21200 \text{ daN/cm}^2; \quad \text{malta M10}$$

$$f_{bk} = 100 \text{ daN/cm}^2 \quad f_{vk0} = 3,0 \text{ daN/cm}^2 \quad f_k = 53 \text{ daN/cm}^2$$



## 1.7 AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE

### 1.7.1 SOLAIO DI PIANO TERRA PRIMO E SECONDO

Carichi permanenti strutturali:	
- Peso proprio solaio latero cemento (H=24 cm).....	280 daN/m <sup>2</sup>
<b>Totale carichi permanenti strutturali.....</b>	<b>G1 = 280 daN/m<sup>2</sup></b>
Carichi permanenti non strutturali:	
- Intonaco .....	20 daN/m <sup>2</sup>
- Massetto + Pavimento.....	120 daN/m <sup>2</sup>
- Sottofondo.....	60 daN/m <sup>2</sup>
- Tramezzi .....	40 daN/m <sup>2</sup>
<b>Totale carichi permanenti non strutturali.....</b>	<b>G2 = 240 daN/m<sup>2</sup></b>
Sovraccarico accidentale:	
<b>Cat. A - .....</b>	<b>Qk = 200 daN/m<sup>2</sup></b>

### 1.7.2 SOLAIO LOGGE E BALCONI

Carichi permanenti strutturali:	
- Peso proprio solaio latero cemento (H=24 cm).....	280 daN/m <sup>2</sup>
<b>Totale carichi permanenti strutturali.....</b>	<b>G1 = 280 daN/m<sup>2</sup></b>
Carichi permanenti non strutturali:	
- Intonaco .....	20 daN/m <sup>2</sup>
- Massetto + Pavimento.....	120 daN/m <sup>2</sup>
<b>Totale carichi permanenti non strutturali.....</b>	<b>G2 = 140 daN/m<sup>2</sup></b>
Sovraccarico accidentale:	
<b>Cat. A – Logge.....</b>	<b>Qk = 200 daN/m<sup>2</sup></b>
<b>Cat. A - Balconi.....</b>	<b>Qk = 400 daN/m<sup>2</sup></b>

### 1.7.3 SCALA INTERNA

Carichi permanenti strutturali:	
- Peso proprio rampa.....	210 daN/m <sup>2</sup>
<b>Totale carichi permanenti strutturali.....</b>	<b>G1 = 210 daN/m<sup>2</sup></b>
Carichi permanenti non strutturali:	
- Intonaco .....	20 daN/m <sup>2</sup>
- Gradini + Pavimento.....	100 daN/m <sup>2</sup>
<b>Totale carichi permanenti non strutturali.....</b>	<b>G2 = 120 daN/m<sup>2</sup></b>
Sovraccarico accidentale:	
<b>Cat. A scale.....</b>	<b>Qk = 400 daN/m<sup>2</sup></b>

(\*) Calcolo del sovraccarico accidentale dovuto alla neve:

Zona I – Mediterranea dove:  $a = 0 \text{ m} \rightarrow a < 200 \text{ m} \rightarrow q_{sk} = 1,35 \text{ daN/m}^2$

$C_E = 1,0$  situazione di esposizione normale

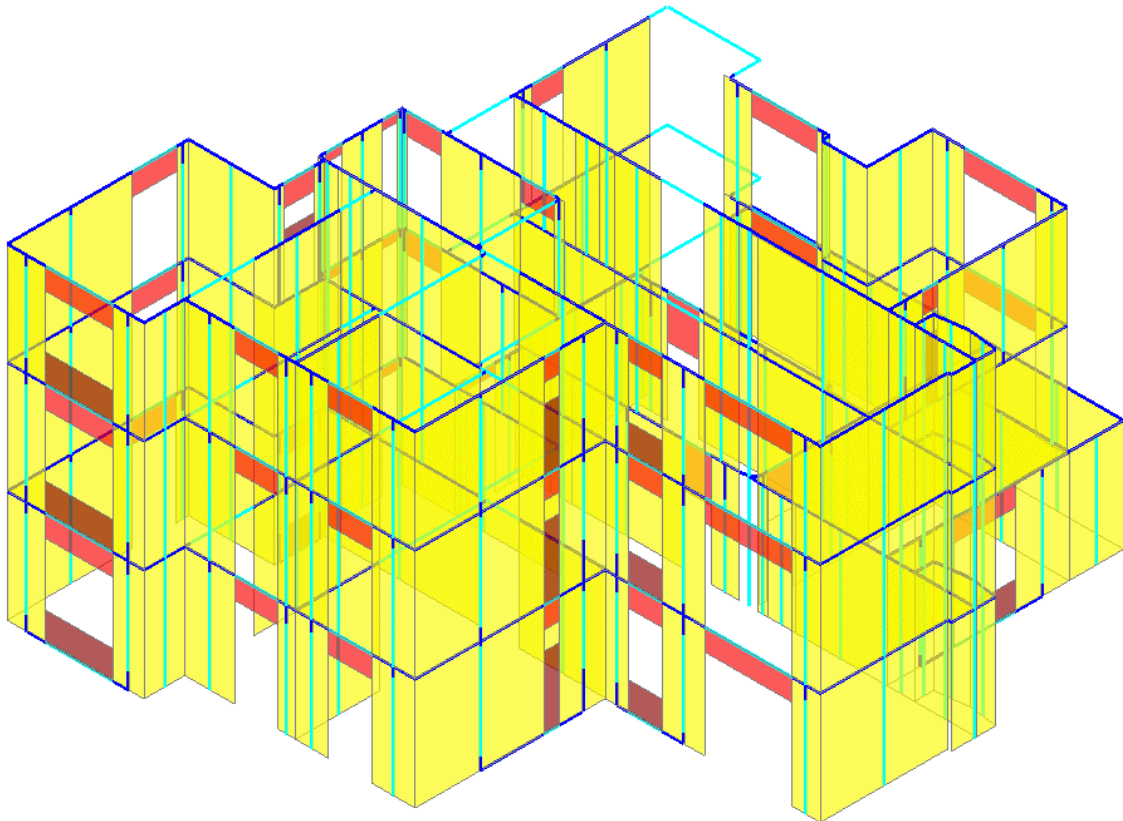
$C_t = 1,0$  (nessun effetto di riscaldamento)

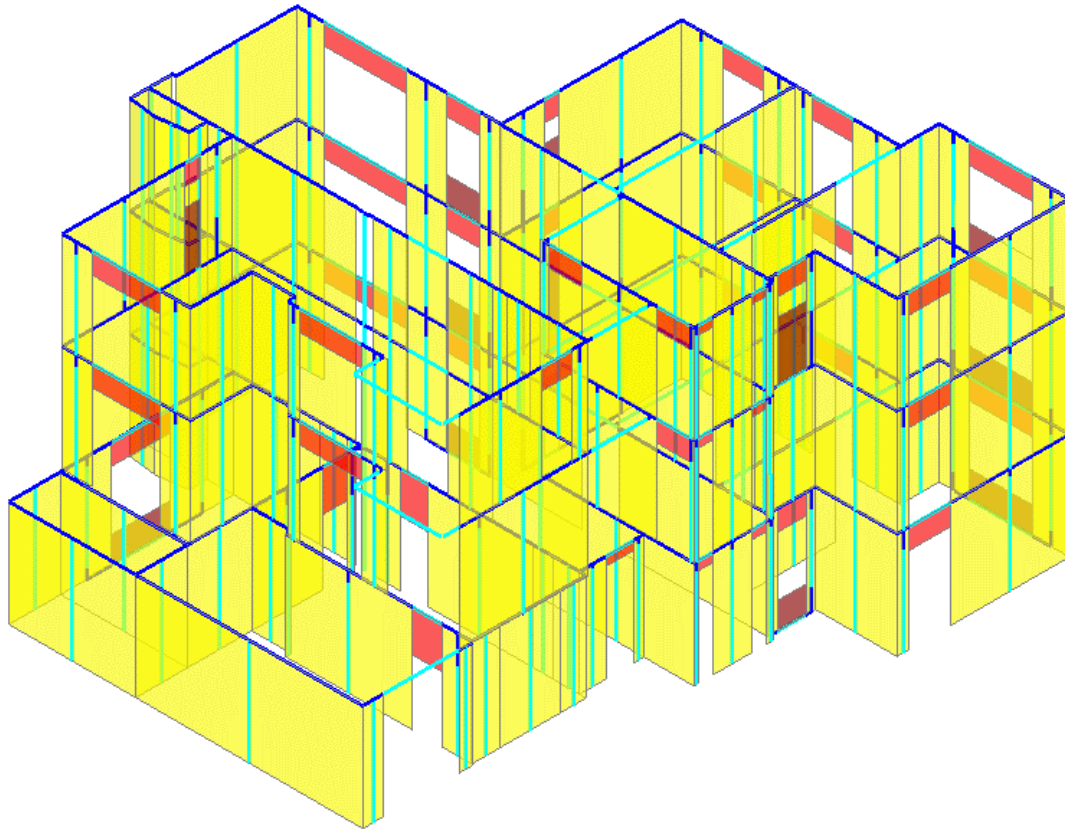
$\mu_1 = 0,8$  ( $0^\circ < \alpha < 30^\circ$ )

$q_s = q_{sk} \cdot \mu_1 \cdot C_E \cdot C_t = 150 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 120 \text{ daN/m}^2$

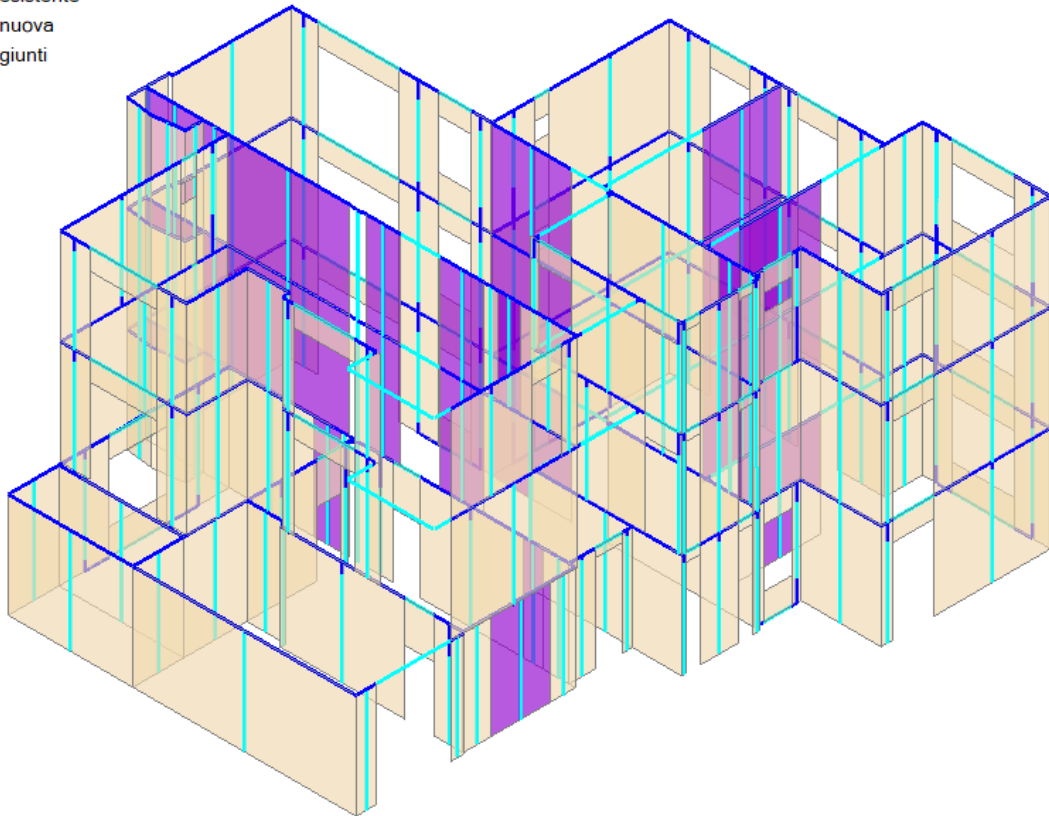
## 1.8 MODELLO NUMERICO IN MURATURA

Principali viste assometriche e bidimensionali del modello di calcolo Aedes:

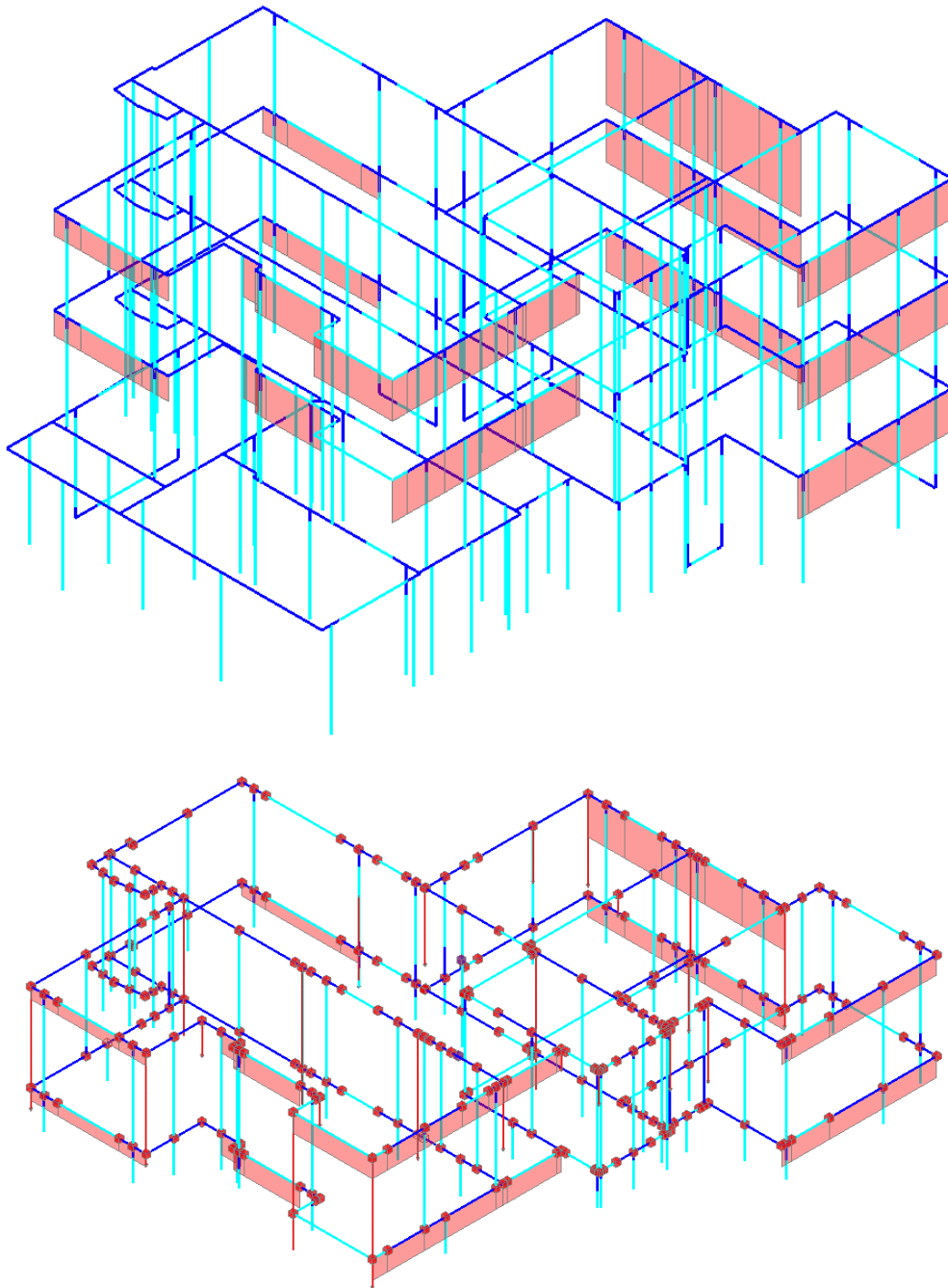




- C25/30
- Muratura esistente
- Muratura nuova
- Blocchi e giunti



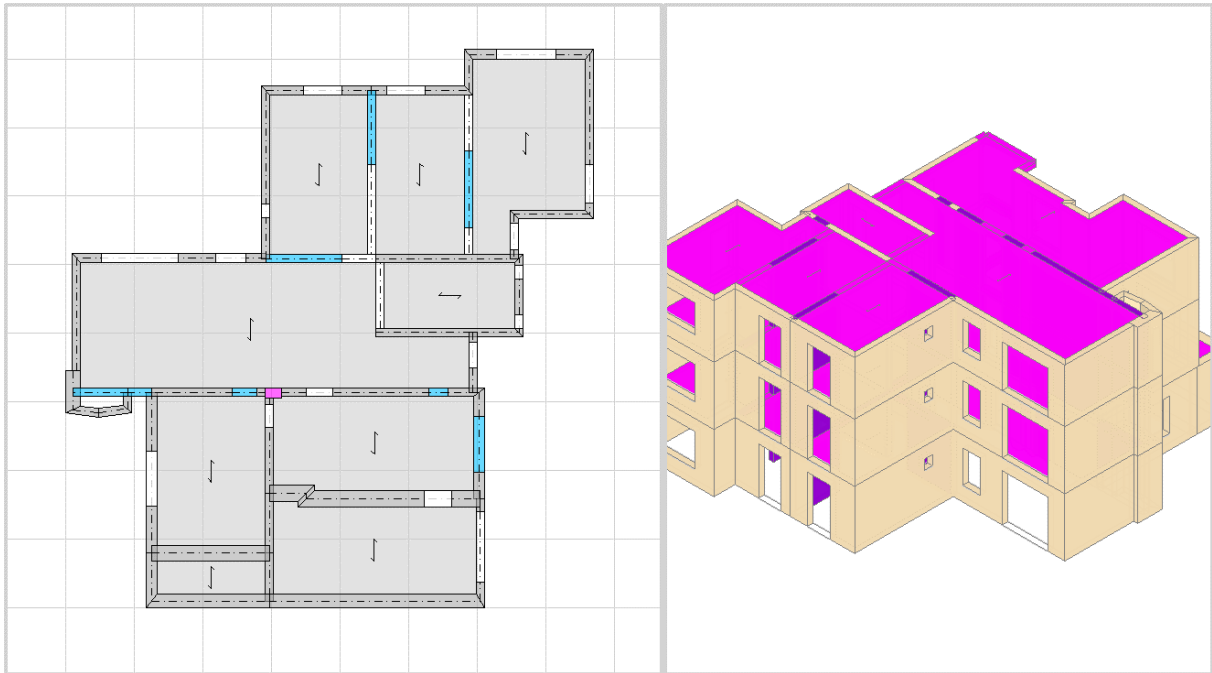
*Viste assometriche con indicazione dei carichi lineari aggiuntivi*



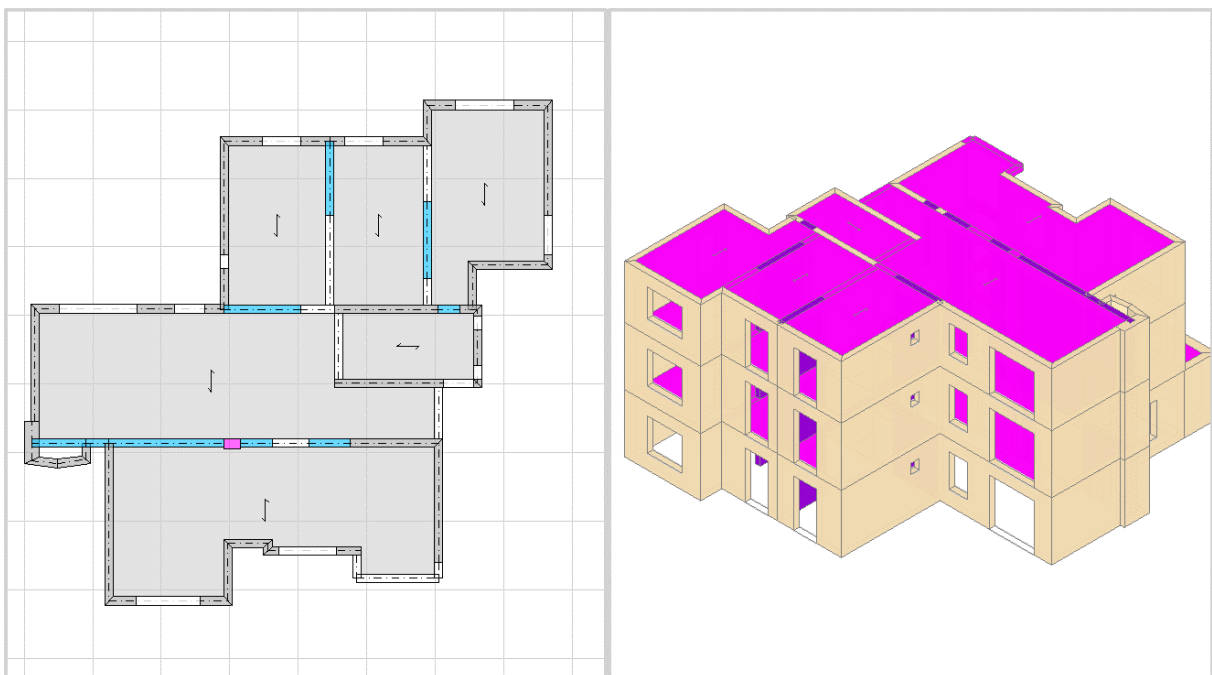
Le immagini mostrano i carichi aggiuntivi inseriti nel modello di calcolo:

- Carico lineare uniformemente distribuito dovuto agli sporti a tutti i piani;
- Gli scarichi dei pilastri della sopraelevazione di piano terzo sono stati inseriti come carichi nodali agenti direttamente sulle strutture di piano secondo rispettandone il più possibile la disposizione in pianta.

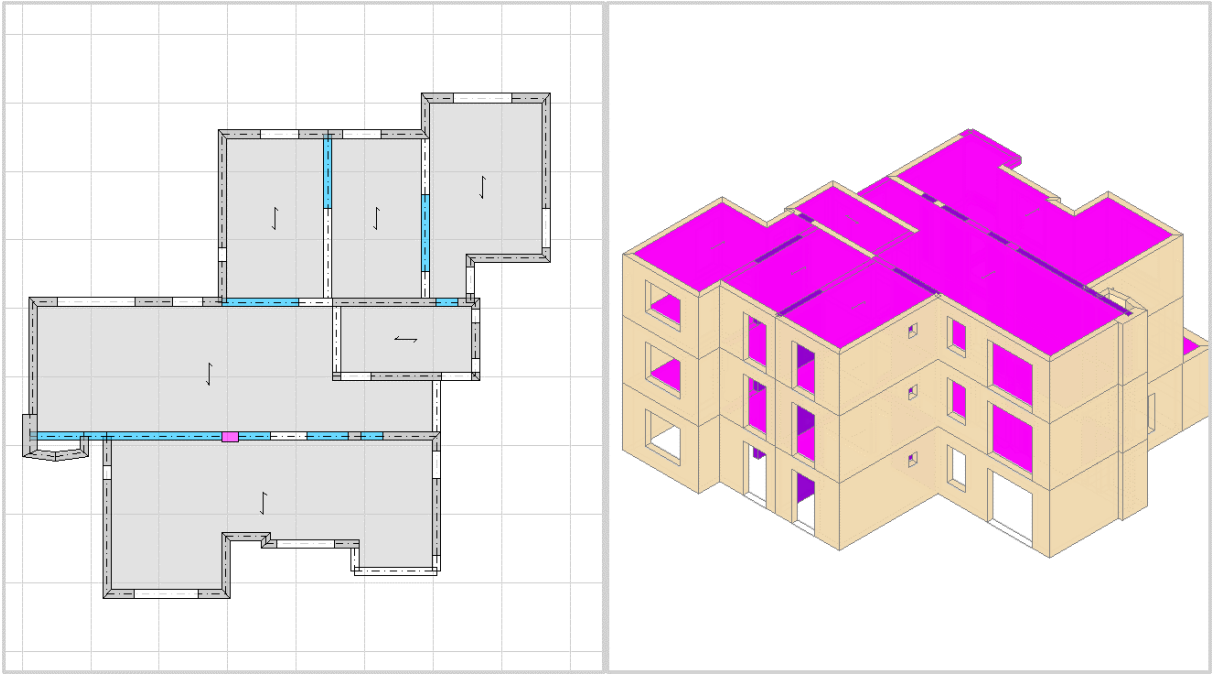
*Solaio Piano Primo*



*Solaio Piano Secondo*



*Solaio piano terzo*



## 1.9 METODOLOGIA DI MODELLAZIONE E ANALISI

Di seguito verrà svolta, attraverso l'ausilio del software di calcolo *AEDES* dedicato alle murature, un'Analisi Statica Non Lineare. A partire dallo stato limite elastico, si innesca un procedimento incrementale che consente di determinare le capacità reattive del complesso murario allo stato limite di fessurazione ed a quello di rottura (stato limite ultimo).

Come da punto 7.3.4.2 del DM 17.01.2018, verranno considerate almeno due distribuzioni di forze d'inerzia, ricadenti l'una nelle distribuzioni principali (Gruppo 1), e l'altra nelle distribuzioni secondarie (Gruppo 2).

Sono state esaminate le seguenti **condizioni di carico elementare**:

- 1) Peso proprio
- 2) Permanenti portati solaio
- 3) Accidentale residenziale

Sono state esaminate le seguenti **combinazioni delle azioni**:

- 1) Stato Limite di Salvaguardia della Vita

### ***PARAMETRI DI CALCOLO***

- *Vita nominale*: 50 anni
- *Classe di importanza*: classe II  $\rightarrow C_U = 1,0$
- *Ubicazione*: Comune di Gabicce
- *Categoria di sottosuolo (\*)*: B
- *Coeff. di amplificazione topografica*: T2

Parametri di Calcolo

OK Annulla Reimposta Importa

Generale Sismica Modale Muratura Valutazione Verifiche Pushover (1) Pushover (2) Muratura armata Calcestruzzo armato Interventi

**Distribuzioni di forze**

**Gruppo 1: distribuzioni principali**

- (A) **Lineare:** proporzionale alle forze statiche
- (B) **Unimodale:** forze corrispondenti al primo modo di vibrare
- (C) **Dinamica:** corrispondente alle forze in analisi dinamica lineare

[§7.3.4.2]

**Gruppo 2: distribuzioni secondarie**

- (D) **Multimodale:** corrispondente ad una forma modale equivalente
- (E) **Uniforme:** forze proporzionali alle masse
- (F) **Unimodale adattiva**
- (G) **Dinamica adattiva**
- (H) **Multimodale adattiva**

**Fattore di partecipazione modale**

$\Gamma = \frac{\phi^T M \tau}{\phi^T M \phi}$    $\Gamma = \frac{\sum m_i \phi_i}{\sum m_i \phi_i^2}$    $\Gamma = 1.00$  nella distribuzione di forze Uniforme (E)

[§7.3.4.2]

**Incremento di taglio. Direzione di analisi**

Incremento di taglio (kN)

**Direzione e verso di analisi**

+ X'  + Y'  - X'  - Y'

**Eccentricità accidentale**

- Curve senza momento torcente aggiuntivo
- Curve con momento torcente aggiuntivo

**Analisi bidirezionale**

- Curve senza combinazione direzionale
- Curve con combinazione direzionale

**Sisma verticale**

- Curve senza componente verticale
- Curve con componente verticale

**Punto di controllo**

- Baricentro del piano  (n° piani = 3)
- Baricentro del piano con spostamento maggiore nel modo di vibrare principale nella direzione di analisi
- Nodi

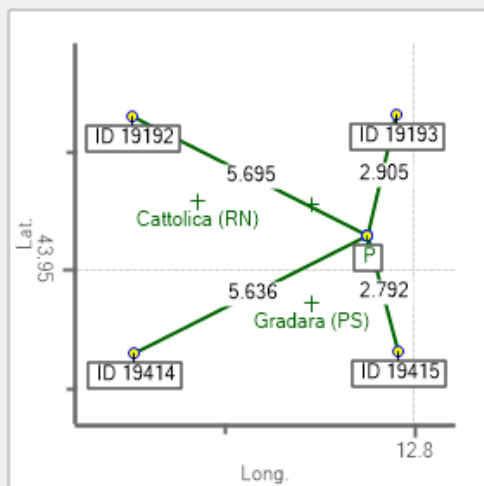
### Ubicazione del sito

Longitudine:  Latitudine:

Tipo di interpolazione:  Media ponderata ([3] in §All. A)  Superficie rigata [§CA]

Tab. 2, All. B:

### Reticolo intorno al sito



Sito di ubicazione della costruzione:  
Long. = 12.787828, Lat. = 43.957296

Vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il sito:

- ID 19414: Long. = 12.72648, Lat. = 43.93243, distanza dal sito (km) = 5.636
- ID 19192: Long. = 12.72583, Lat. = 43.98243, distanza dal sito (km) = 5.695
- ID 19193: Long. = 12.7953, Lat. = 43.98286, distanza dal sito (km) = 2.905
- ID 19415: Long. = 12.79587, Lat. = 43.93286, distanza dal sito (km) = 2.792

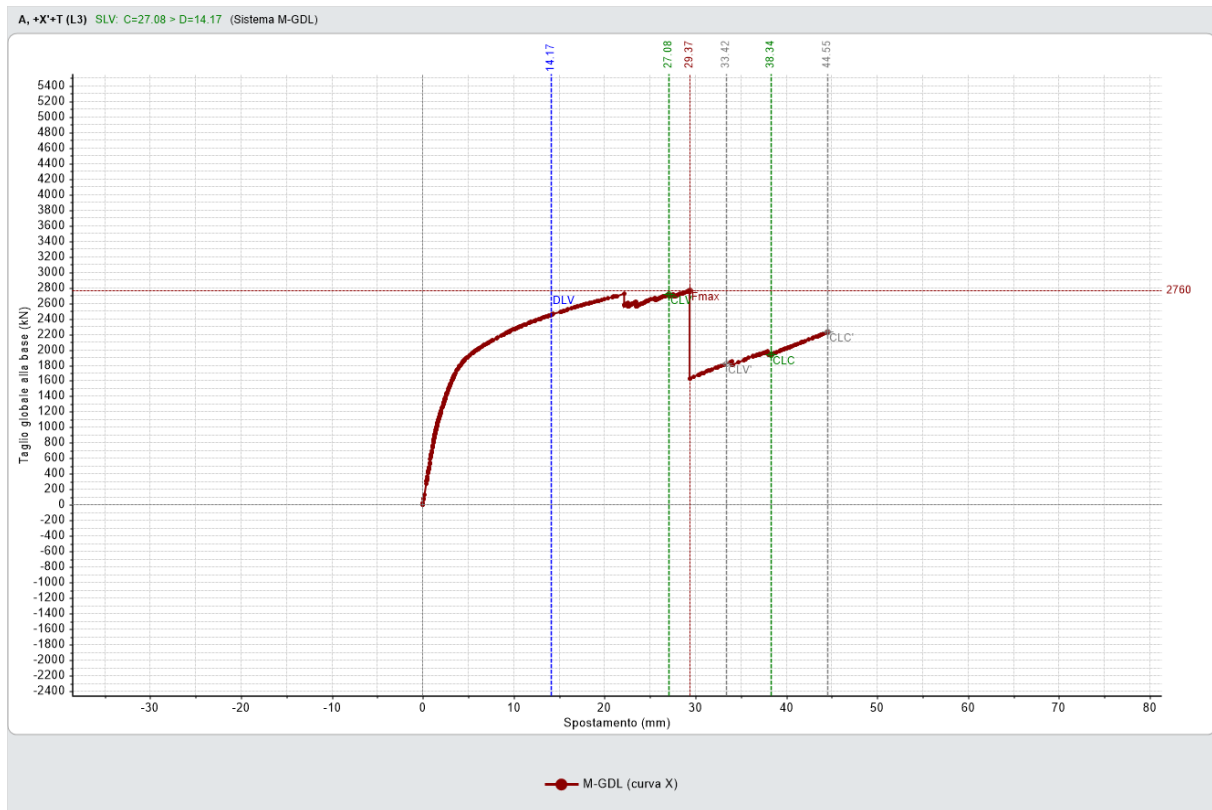
Risultano 3 Comuni compresi nella maglia:  
Cattolica (RN): 12.743333,43.964722  
Gabicce Mare (PS): 12.773333,43.963889  
Gradara (PS): 12.773056,43.943056

Comune più vicino al sito:  
Gabicce Mare (PS): 12.773333,43.963889

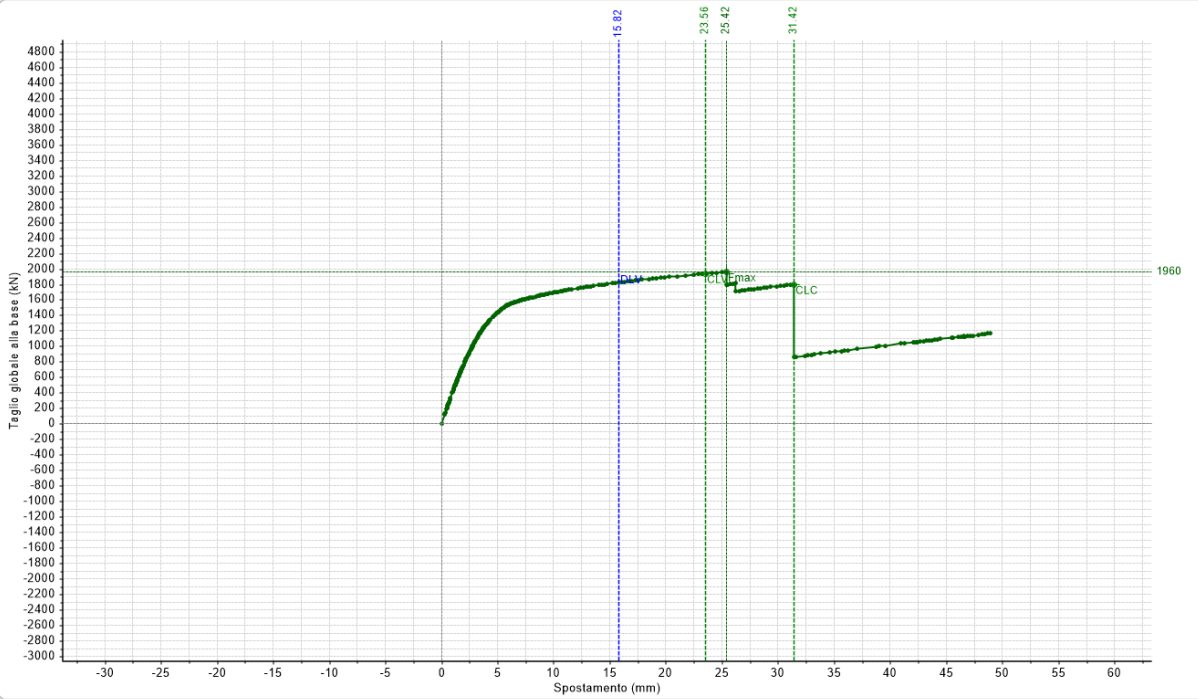


## 1.10 PRINCIPALI RISULTATI DELLA MODELLAZIONE

### 1.10.1 CURVE DI CAPACITÀ OTTENUTE DALL'ANALISI *PUSHOVER*

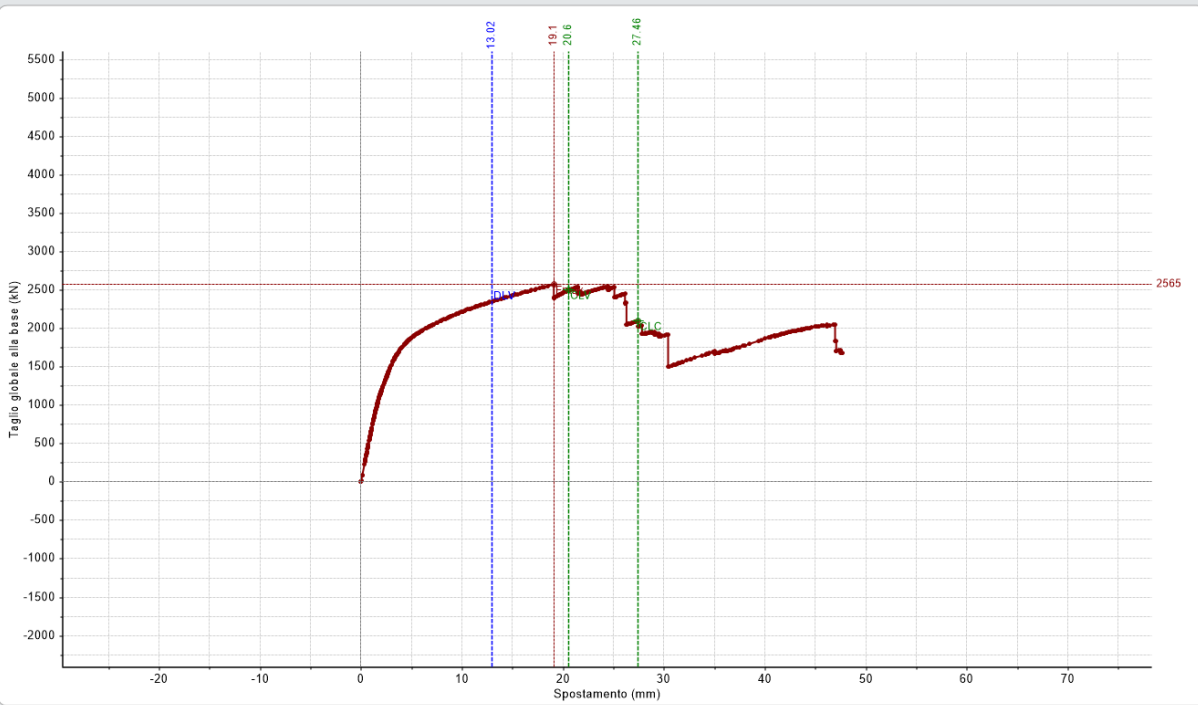


A, +Y+T (L3) SLV: C=23.56 > D=15.82 (Sistema M-GDL)



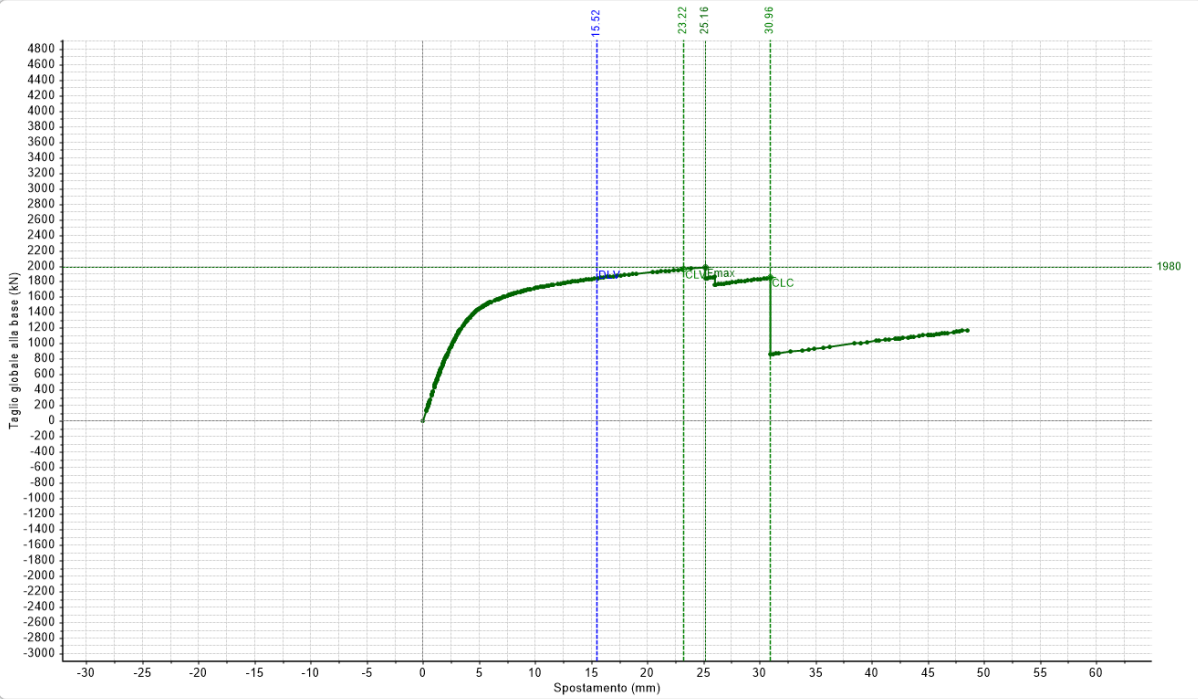
M-GDL (curva Y)

A, +X-T (L3) SLV: C=20.60 > D=13.02 (Sistema M-GDL)



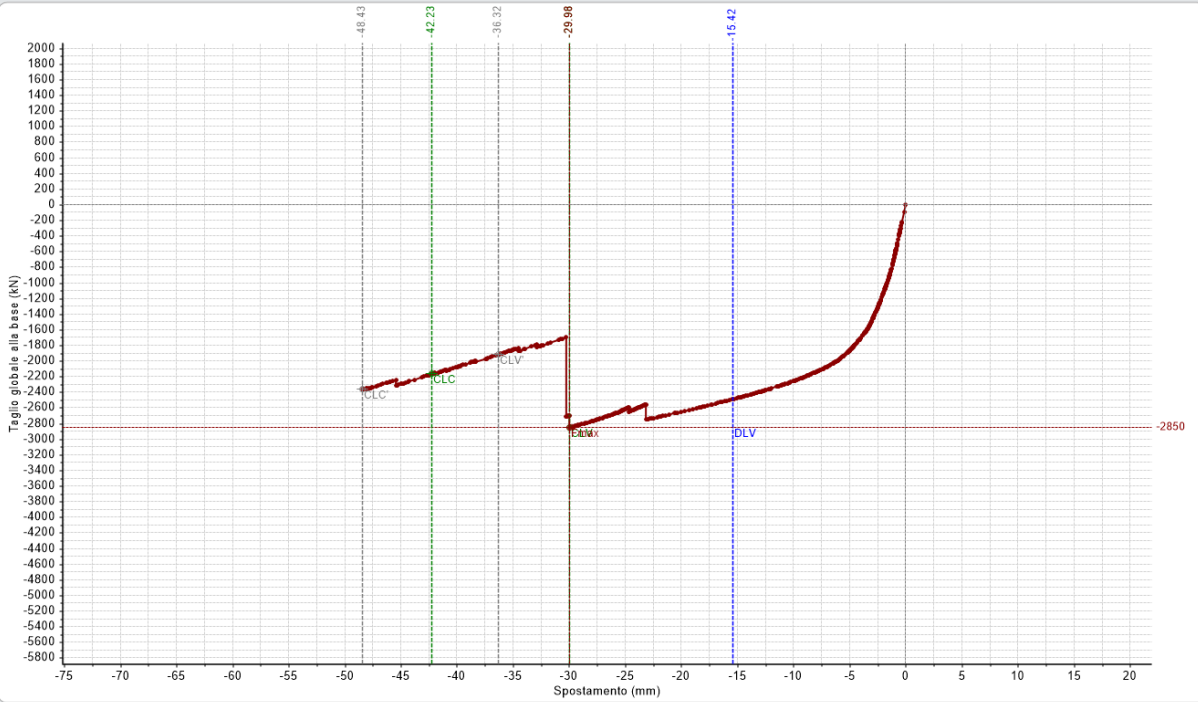
M-GDL (curva X)

A, +Y-T (L3) SLV: C=23.22 > D=15.52 (Sistema M-GDL)



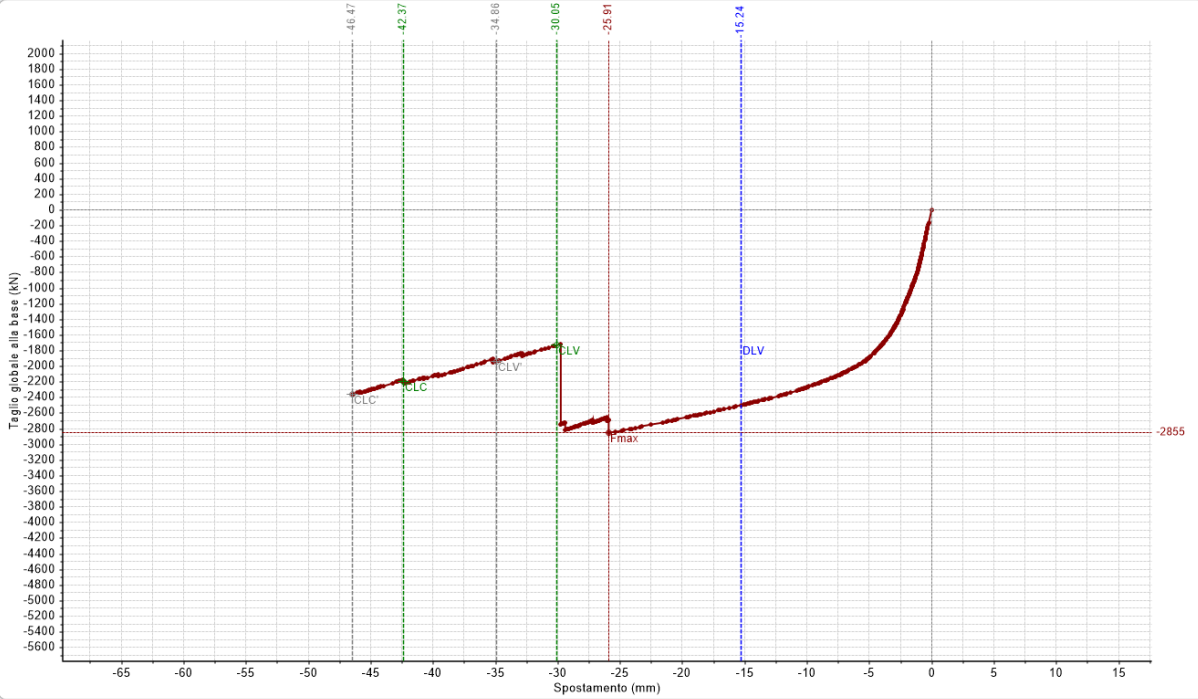
M-GDL (curva Y)

A, -X+T (L3) SLV: C=29.96 > D=15.42 (Sistema M-GDL)



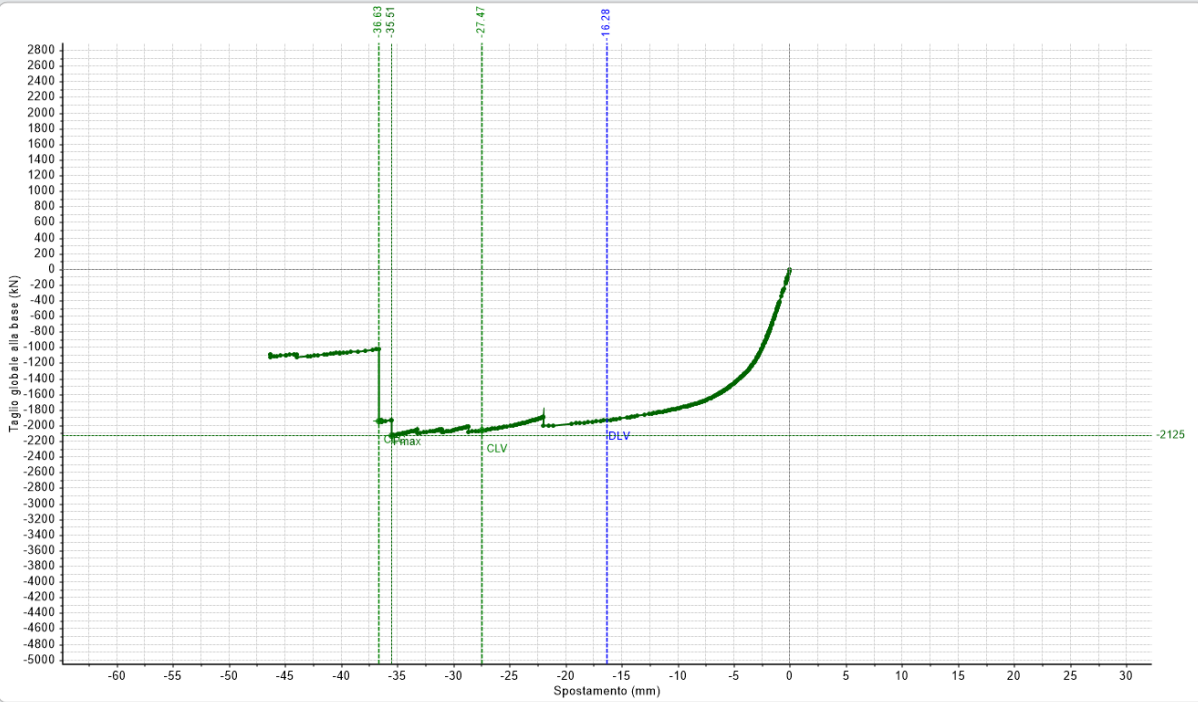
M-GDL (curva X)

A, -X'+T (L3) SLV: C=30.05 > D=15.24 (Sistema M-GDL)



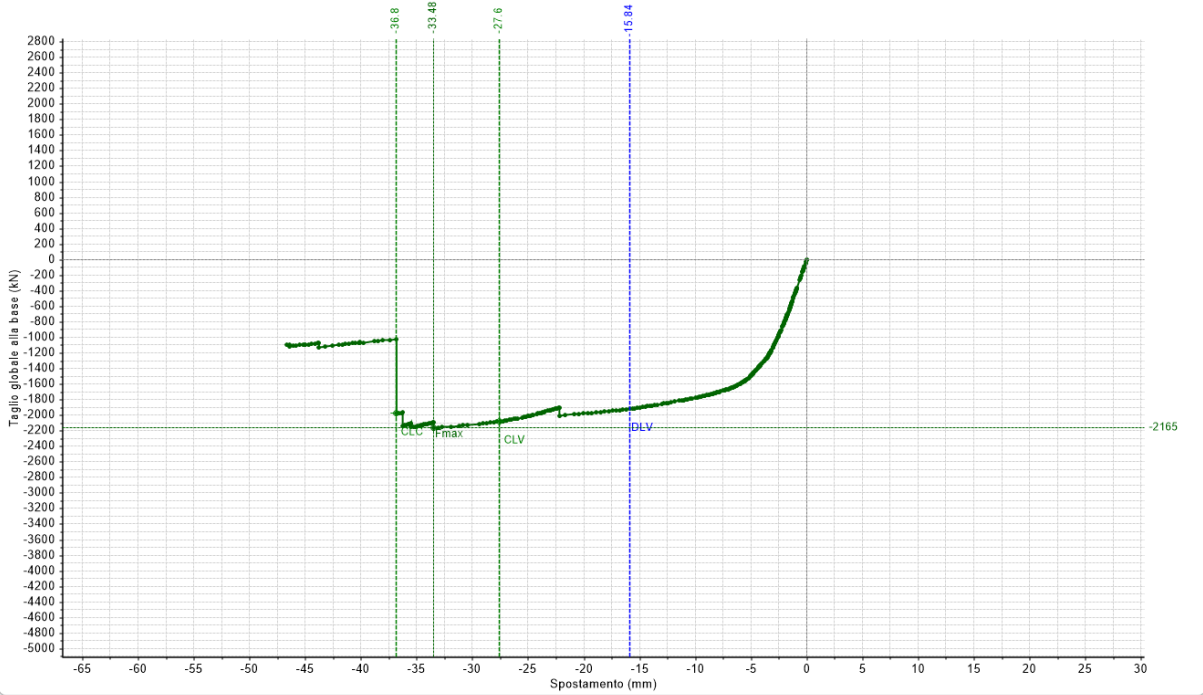
M-GDL (curva X)

A, -Y'+T (L3) SLV: C=27.47 > D=16.28 (Sistema M-GDL)



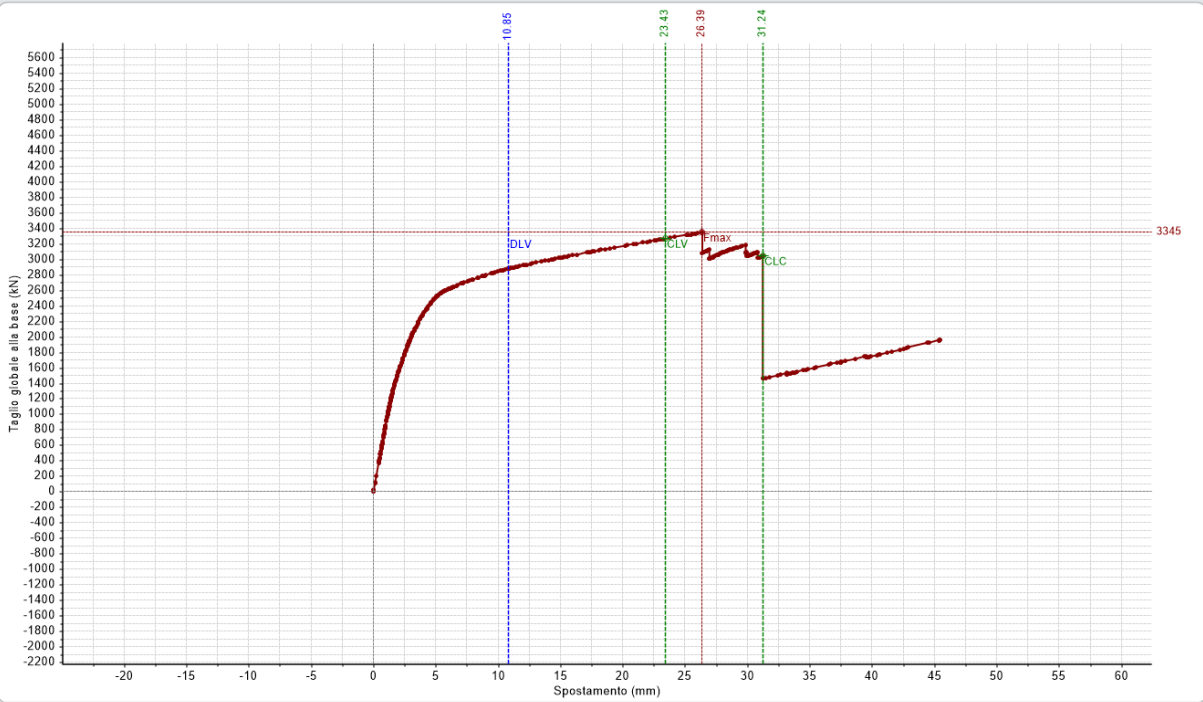
M-GDL (curva Y)

A, -Y-T (L3) SLV: C=27.60 > D=15.84 (Sistema M-GDL)



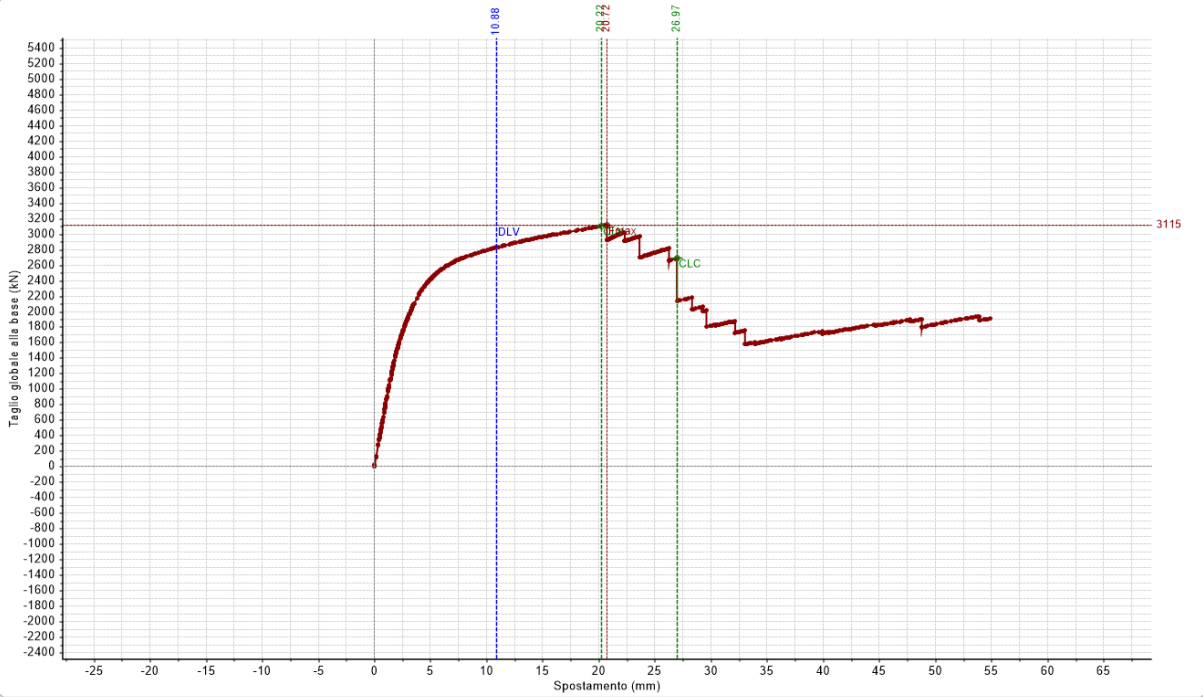
M-GDL (curva Y)

E, +X+T (L3) SLV: C=23.43 > D=10.85 (Sistema M-GDL)



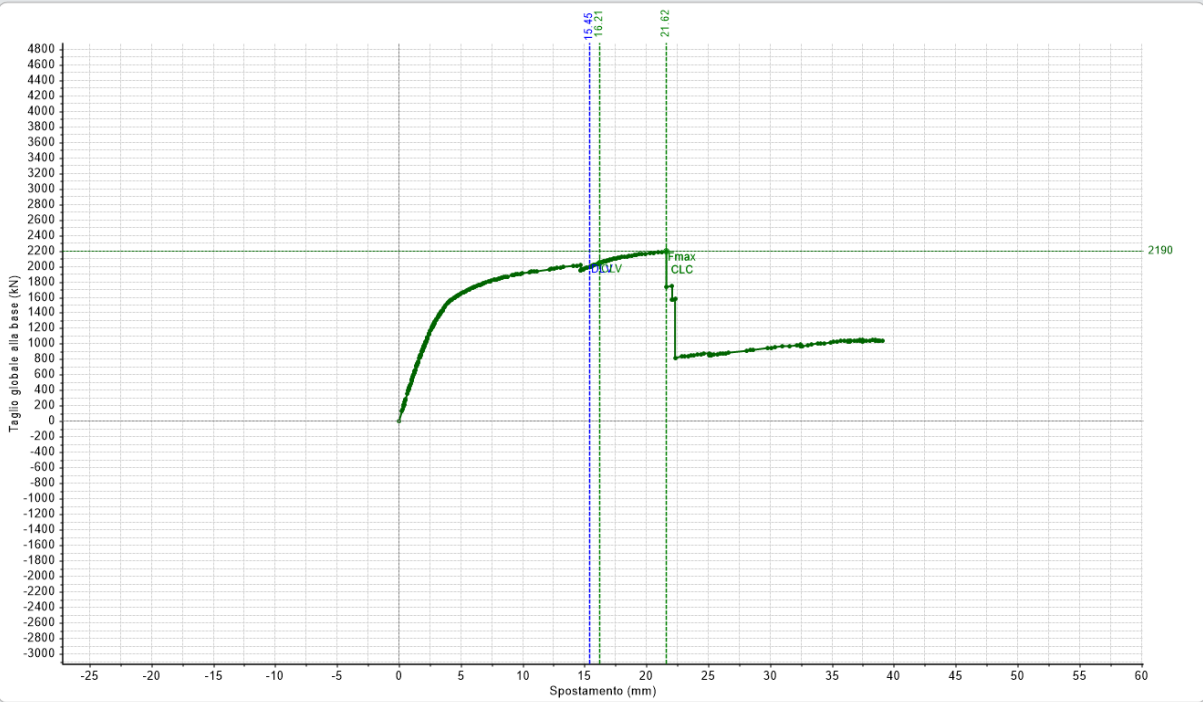
M-GDL (curva X)

E, +X-T (L3) SLV: C=20.22 > D=10.88 (Sistema M-GDL)



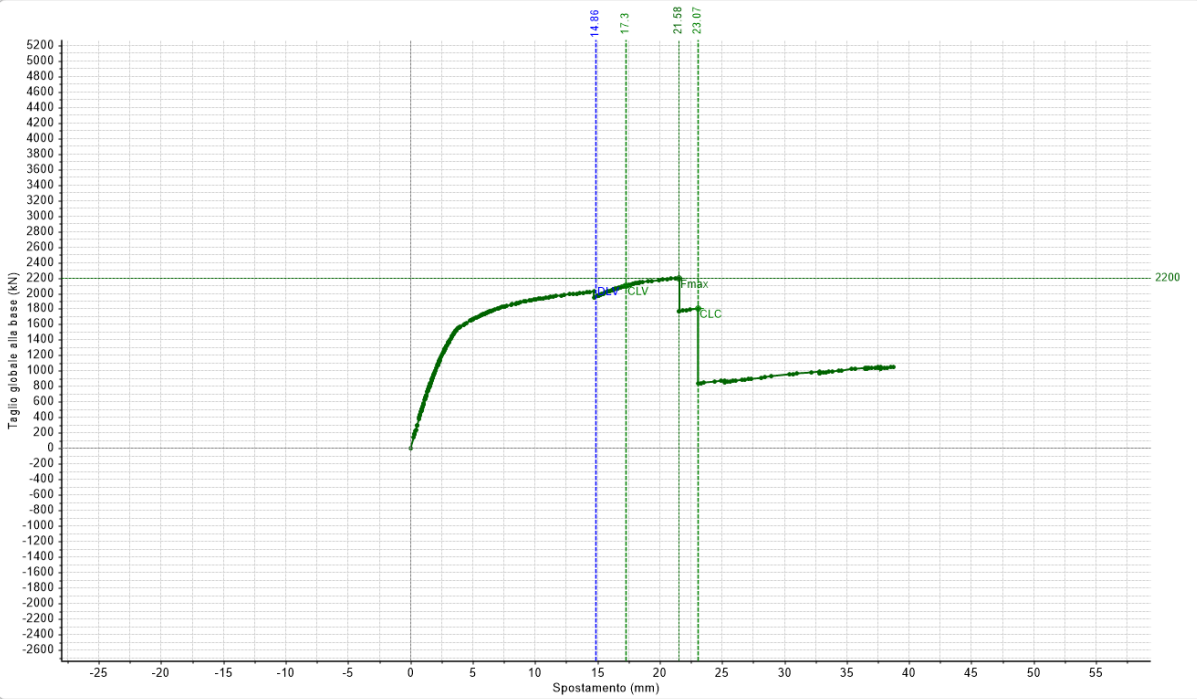
M-GDL (curva X)

E, +Y+T (L3) SLV: C=16.21 > D=15.45 (Sistema M-GDL)



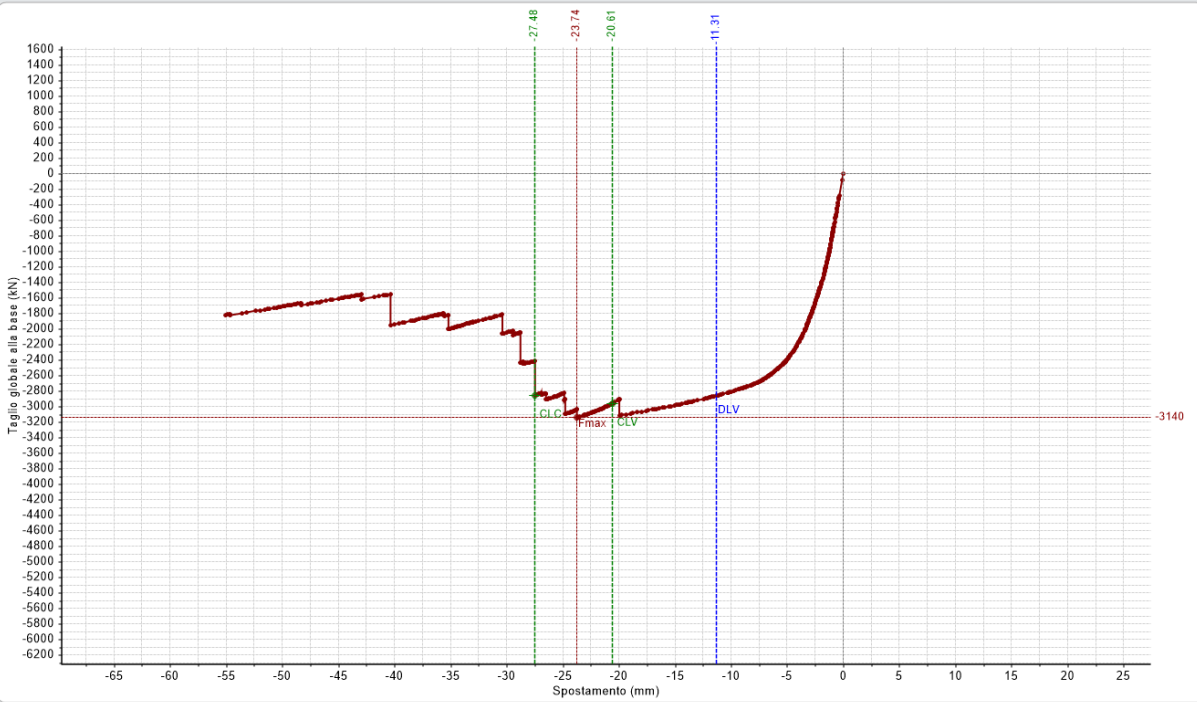
M-GDL (curva Y)

E, +Y+T (L3) SLV: C=17.30 > D=14.86 (Sistema M-GDL)



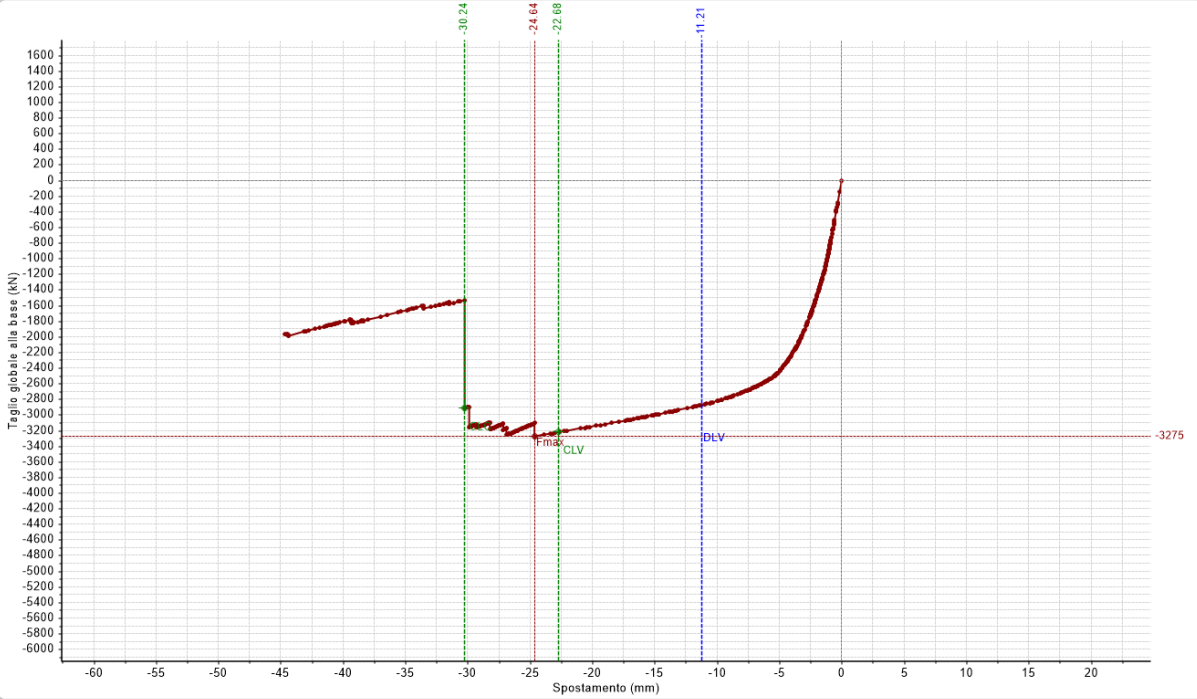
M-GDL (curva Y)

E, -X+T (L3) SLV: C=20.61 > D=11.31 (Sistema M-GDL)



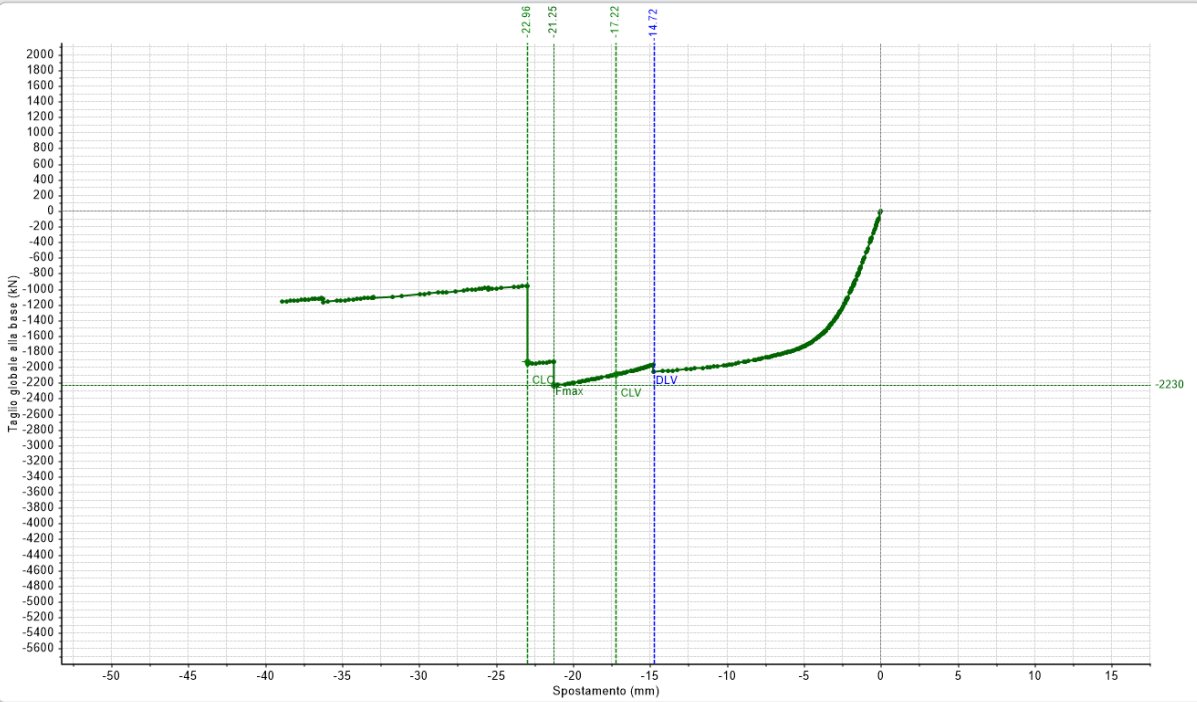
M-GDL (curva X)

E, -X+T (L3) SLV: C=22.68 > D=11.21 (Sistema M-GDL)



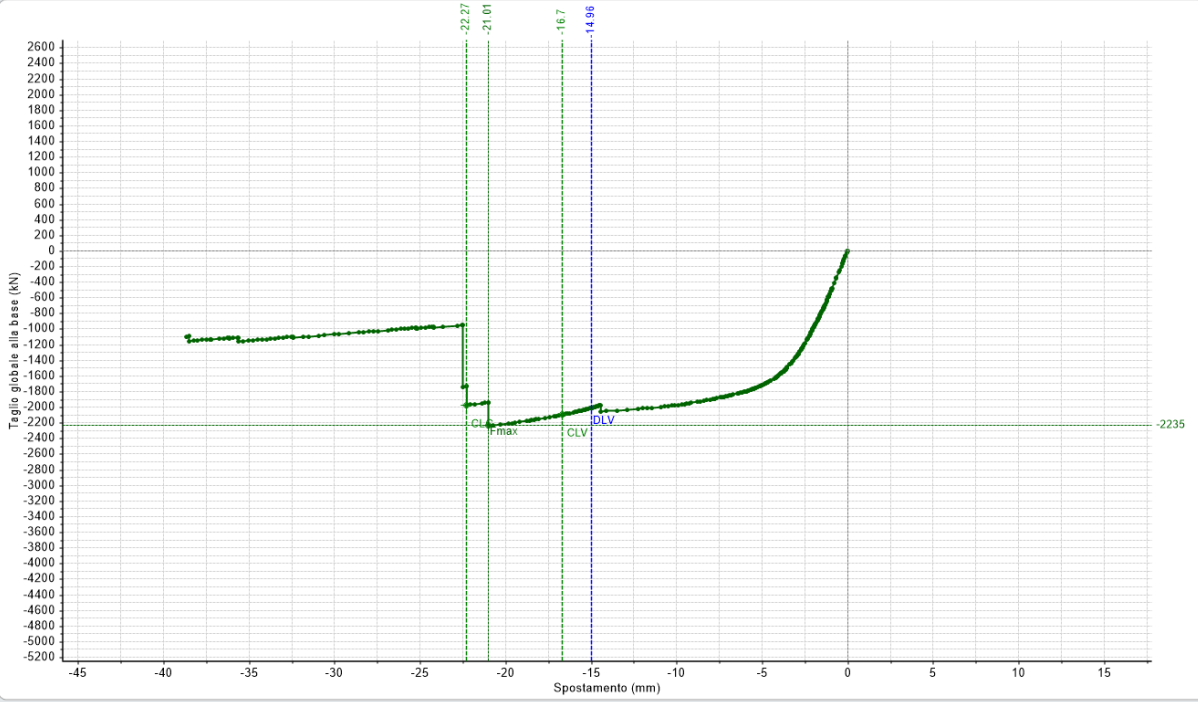
M-GDL (curva X)

E, -Y+T (L3) SLV: C=17.22 > D=14.72 (Sistema M-GDL)



M-GDL (curva Y)



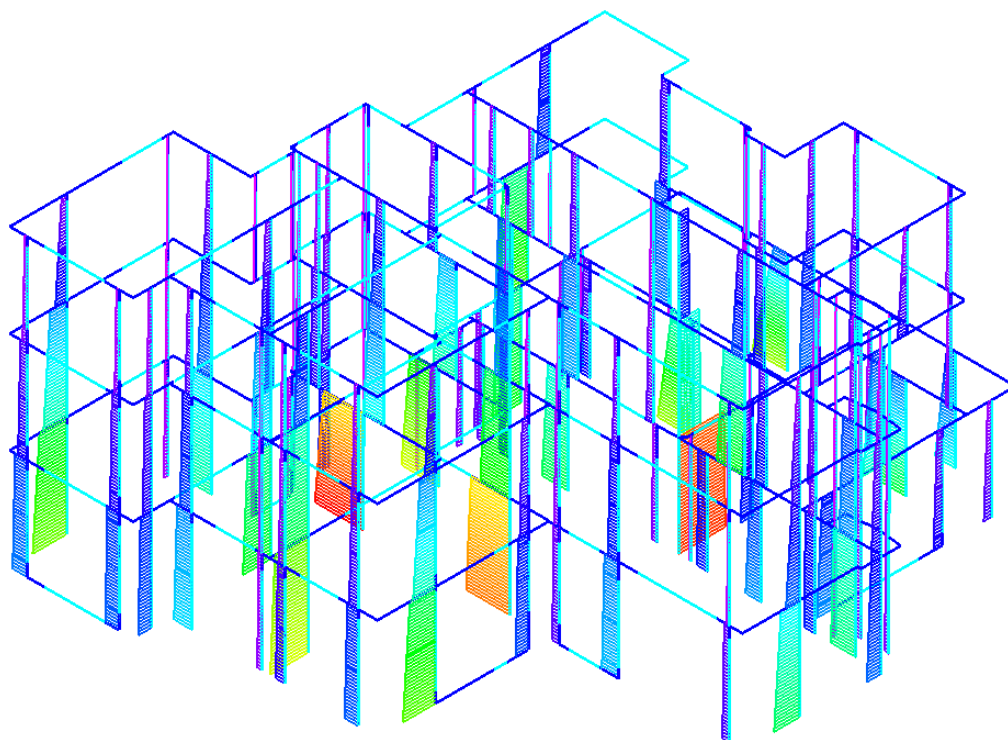


M-GDL (curva Y)

## 1.10.2 INVILUPPO DELLE SOLLECITAZIONI PIU' SIGNIFICATIVE

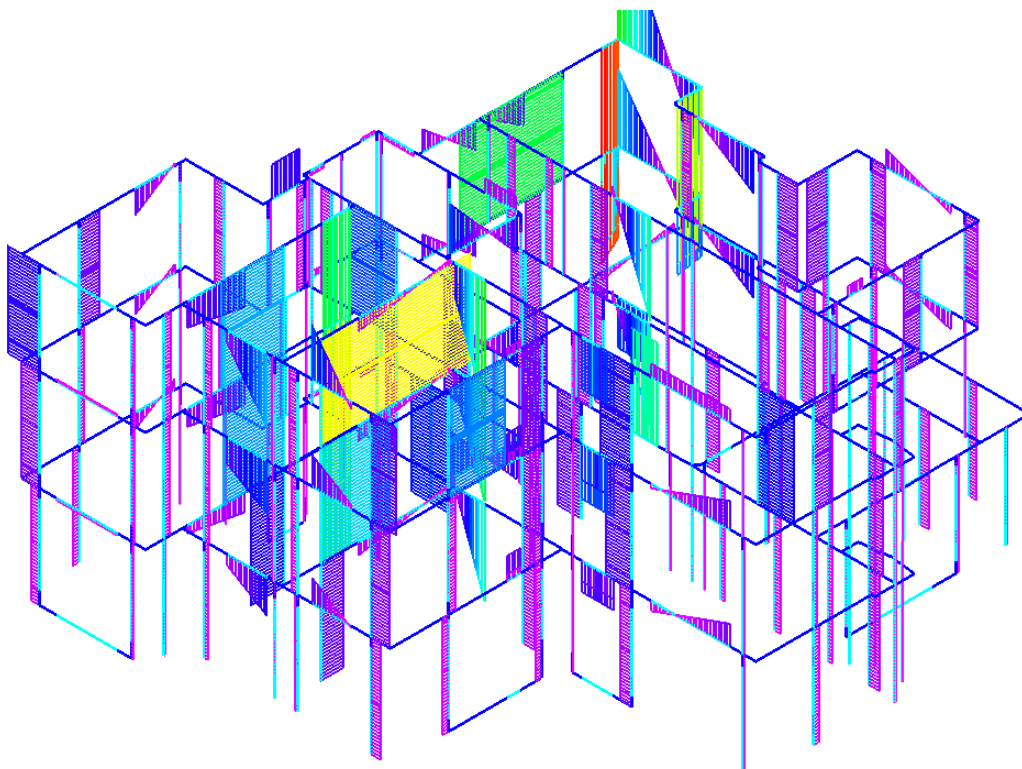
**Sforzo normale N**  
kN (Valore assoluto)

- 0.00 - 55.46
- 55.46 - 110.92
- 110.92 - 166.38
- 166.38 - 221.84
- 221.84 - 277.30
- 277.30 - 332.75
- 332.75 - 388.21
- 388.21 - 443.67
- 443.67 - 499.13
- 499.13 - 554.59



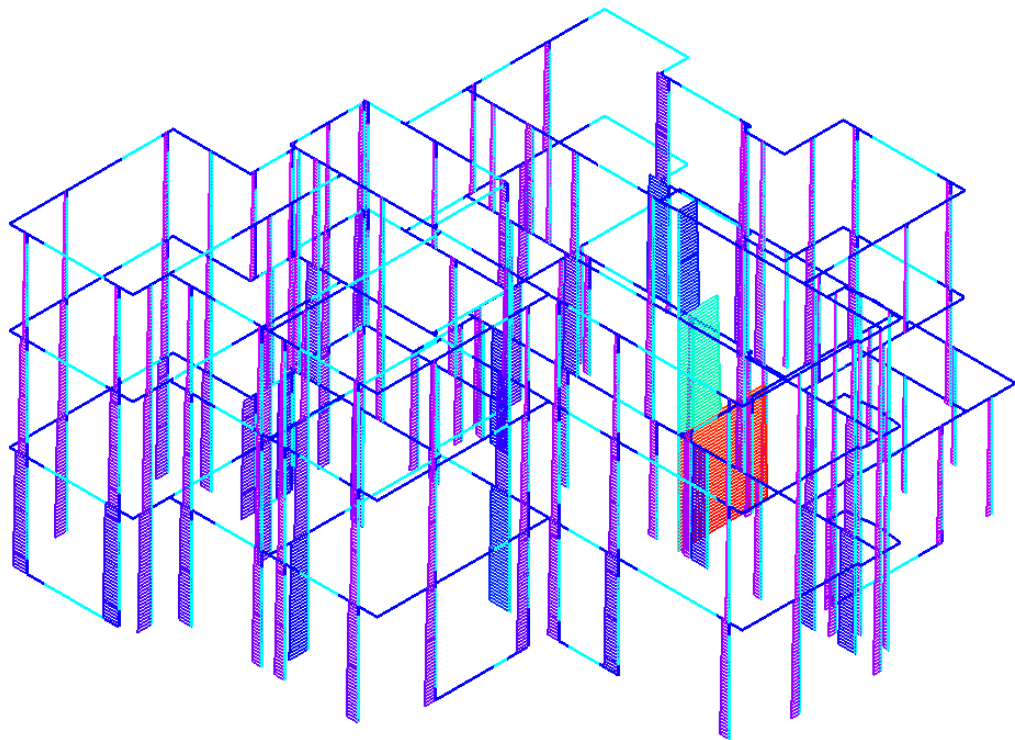
**Teglio Tz**  
kN (Valore assoluto)

- 0.00 - 6.61
- 6.61 - 13.21
- 13.21 - 19.82
- 19.82 - 26.42
- 26.42 - 33.03
- 33.03 - 39.64
- 39.64 - 46.24
- 46.24 - 52.85
- 52.85 - 59.45
- 59.45 - 66.06



**Tensione  $\sigma(N)$**   
N/mm<sup>2</sup>(Valore assoluto)

- 0.000 - 0.254
- 0.254 - 0.508
- 0.508 - 0.761
- 0.761 - 1.015
- 1.015 - 1.269
- 1.269 - 1.523
- 1.523 - 1.777
- 1.777 - 2.030
- 2.030 - 2.284
- 2.284 - 2.538



### 1.10.3 ANALISI STATICA MURATURE

*Pressoflessione Complanare*

*Taglio per scorrimento*

*Pressoflessione ortogonale*

#### 1.10.4 LIVELLI DI SICUREZZA OTTENUTI DALL'ANALISI PUSH - OVER

Di seguito verranno riportate la sintesi dei risultati ottenuti dall'analisi Pushover del modello in muratura.

N°curva	Corrente	Vista	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Ez	Control	$\zeta_{PGA}(SLV)$	$\zeta_{TR}(SLV)$	VN.CLV
1	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	A	+X'		+		L3	1.618	5.211	261
2	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+X'		-		L3	1.382	2.918	146
3	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+Y'		+		L3	1.341	2.632	132
4	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	+Y'		-		L3	1.350	2.659	133
5	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-X'		+		L3	1.618	5.211	261
6	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-X'		-		L3	1.618	5.211	261
7	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-Y'		+		L3	1.491	3.825	191
8	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	A	-Y'		-		L3	1.527	4.152	208
9	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+X'		+		L3	1.618	5.211	261
10	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+X'		-		L3	1.586	4.855	243
11	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+Y'		+		L3	<b>1.036</b>	1.118	56
12	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	+Y'		-		L3	1.123	1.419	71
13	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-X'		+		L3	1.568	4.613	231
14	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-X'		-		L3	1.618	5.211	261
15	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-Y'		+		L3	1.127	1.438	72
16	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	E	-Y'		-		L3	1.086	1.272	64

Gli interventi in progetto comportano l'adeguamento sismico del fabbricato, con un livello di sicurezza minimo pari a  $\zeta_{PGA} = 1.036$ .

Sia in direzione X che in direzione Y, data la disposizione delle pareti, il fabbricato presenta un buon funzionamento dovuto all'organizzazione strutturale.

## 1.11 PROGETTO E VERIFICHE DI RESISTENZA (S.L.U.) NUOVE STRUTTURE

### 1.12 INFORMAZIONI SUI CODICI DI CALCOLO

#### 1.12.1 SOFTWARE MODELLAZIONE MURATURA

##### PCM, PROGETTAZIONE DI COSTRUZIONI IN MURATURA

con *ANALISI MODALE, STATICA e SISMICA, LINEARE, PUSHOVER, CINEMATICA (MECCANISMI DI COLLASSO)*.

Conforme alle **NORMATIVE VIGENTI** (D.M.17.1.2018 e Circolare applicativa n.7 del 21.1.2019; D.M. 14.1.2008).

Software leader per la Ristrutturazione ed il Consolidamento AntiSismico.

Include la disponibilità di versioni precedenti di PCM per l'analisi con Norme previgenti (D.M. 16.1.1996, L.R. Umbria e Marche, D.M. 20.11.1987 e Norme collegate).

**Aedes.PCM2019**



Con PCM è possibile condurre una progettazione strutturale innovativa e funzionale alle esigenze dell'utente. La nuova interfaccia grafica è pensata per essere il più possibile lineare e chiara: ogni comando è posto proprio nella posizione in cui realmente è necessario.

Un percorso progettuale ottimale guida l'Utente nella realizzazione del progetto, attraverso una piena comprensione delle diverse fasi operative:

## 1. MODELLAZIONE ARCHITETTONICA

### 2. MODELLAZIONE STRUTTURALE

### 3. ANALISI LINEARI E PUSHOVER

### 4. MECCANISMI DI COLLASSO

## 1. MODELLAZIONE ARCHITETTONICA

Nella fase iniziale di modellazione architettonica, attraverso comandi all'avanguardia è possibile creare e modificare molto agevolmente le entità costruttive: muri, aperture, pilastri, travi, solai, volte e falde (spingenti e non), fondazioni.

PCM consente il completo controllo della modellazione architettonica. Principali funzionalità:

visualizzazioni grafiche consistenti in piante, prospetti, sezioni;

viste piane orizzontali, verticali, e qualsiasi;

viste spaziali in assonometria e in prospettiva, unitamente al rendering e ai comandi esplorativi della costruzione (walkthrough);

inserimento di riferimenti esterni, come immagini raster e disegni vettoriali in funzione di traccia sensibile per la generazione delle entità costruttive.

Il comando di generazione delle falde inclinate, particolarmente efficace, consente un'agevole rappresentazione della reale geometria delle coperture.

Oltre al modello 3D, è possibile definire singoli paramenti murari.

L'ambiente operativo consente la descrizione agevole dei casi di edifici con piani sfalsati, in aggregato, o scomposti in sottounità strutturali e/o singoli paramenti murari verticali.

## 2. MODELLAZIONE STRUTTURALE

Completata la modellazione architettonica, un apposito comando provvede alla creazione del modello strutturale a telaio equivalente. Vengono generati automaticamente Aste e Nodi e con le relative Proprietà, associandoli a maschi murari, fasce di piano (fasce alte e sottofinestra), pilastri, travi in elevazione e in fondazione. Particolari funzioni consentono varie alternative per la creazione delle zone rigide in corrispondenza delle intersezioni fra maschi e fasce, adottando modelli semplificati o avanzati, quali ad esempio la diffusione a 30°. Grazie alle funzioni appositamente implementate in PCM, il telaio equivalente è sotto il completo controllo del Progettista, in modo da consentire la

miglior schematizzazione possibile. Solo in tal modo si possono utilizzare tutte le notevoli potenzialità di questo tipo di modellazione, conseguendo uno studio corretto ed appropriato del comportamento strutturale.

Con la creazione del modello strutturale, le entità architettoniche (muri con aperture, solai, travi, colonne) generano automaticamente i carichi dovuti ai pesi propri e agli impalcati.

Le proprietà strutturali di Aste e Nodi sono modificabili a piacere, in particolare riguardo a materiali, zone rigide, vincoli esterni e interni, verifiche di sicurezza, interventi locali di consolidamento.

In ogni caso, le funzionalità di PCM assicurano la coerenza fra modello architettonico e strutturale: apportando modifiche geometriche all'edificio (ad es. inserendo una nuova apertura), il modello strutturale viene rigenerato mantenendo le proprietà precedentemente definite per tutte le entità non direttamente interessate dalla modifica.

La modellazione di impalcati rigidi, deformabili o parzialmente rigidi, distintamente per ogni livello, consente l'adeguata rappresentazione dei vari casi di edifici esistenti.

L'analisi pushover con impalcati deformabili in sommità prevede l'identificazione del punto di controllo nel centro di massa, coerentemente alle indicazioni normative ed evitando quindi interpretazioni dubbie.

E' comunque possibile definire il piano di appartenenza del punto di controllo: ciò è particolarmente utile nel caso di edifici con sopraelevazioni parziali o poco significative rispetto alle strutture sottostanti.

Strutture aggiuntive (aste e nodi) possono essere affiancate alle entità generate dal modello architettonico.

Oltre ai pesi propri e ai carichi di solaio, è possibile definire carichi distribuiti (uniformi o lineari) e concentrati su aste e nodi.

Le tecniche di consolidamento tradizionali (iniezioni, intonaco armato) sono affiancate da soluzioni innovative (reticoli di armature, cuciture attive). Oltre agli elementi in calcestruzzo armato, ogni parete muraria può essere studiata con leggi di comportamento parabolico-rettangolare, elaborando i domini di resistenza e garantendo coerenza fra zona compressa a pressoflessione e superficie attiva a taglio per scorrimento.

Nel modello 3D dell'edificio possono essere inseriti telai di cerchiatura in corrispondenza delle aperture (è richiesta l'abilitazione del software Aedes ACM). In tal modo, i singoli rafforzamenti

possono essere studiati dal punto di vista locale (in ACM) e globale (PCM), essendo quest'ultimo il comportamento da considerare quando l'insieme degli interventi richiede una valutazione complessiva dell'edificio. In PCM possono essere comunque modellati singoli paramenti con telai di cerchiatura, ad esempio per studiare l'effetto dei telai sul paramento da cielo a terra.

### 3. ANALISI LINEARI E PUSHOVER

Attraverso la definizione dei parametri di calcolo e delle grandezze riguardanti le analisi sismiche, conformemente alle Normative di nuova generazione, si può condurre con semplicità un'analisi globale approfondita e dettagliata.

PCM consente tutte le analisi previste dalle Normative: Statica non sismica, Analisi modale, Sismica statica lineare, Sismica dinamica modale, Statica non lineare (Pushover).

L'analisi pushover è dotata di numerose funzionalità: oltre alle distribuzioni di forze strettamente previste dalla Normativa, sono disponibili le distribuzioni adattive, con aggiornamento progressivo dei modi di vibrare durante la fase di fessurazione e lesionamento dell'edificio e conseguente modifica della ripartizione del taglio globale.

Un'esclusiva post-elaborazione 3D mostra la dipendenza dei risultati dell'analisi pushover dalla direzione ortogonale a quella di applicazione delle forze, mostrando la deviazione dello spostamento del punto di controllo e fornendo in tal modo un importante elemento di giudizio per l'attendibilità dell'analisi.

Le verifiche in termini di periodo di ritorno TR e di accelerazione al suolo PGA, con definizione degli Indicatori di Rischio Sismico ( $\zeta$ )E, corredano l'analisi di vulnerabilità sismica degli edifici, inquadrando correttamente gli interventi di adeguamento e di miglioramento anche in relazione all'entità di miglioramento indicata dalle disposizioni normative per gli edifici danneggiati da sisma soggetti a ristrutturazione.

### 4. MECCANISMI DI COLLASSO

L'analisi globale viene affiancata dall'analisi cinematica (meccanismi di collasso), avente primaria importanza per gli edifici esistenti. Comandi appositi consentono la generazione dei principali cinematismi a partire dal modello 3D; è possibile definire tiranti e considerare altre tecniche di consolidamento per stabilizzare i paramenti murari soggetti a ribaltamento.



Le verifiche cinematiche concorrono alla definizione degli Indicatori di Rischio in termini di TR e PGA, e costituiscono il riferimento fondamentale per gli edifici monumentali. Per essi, PCM prevede anche le verifiche tipiche proposte dalla specifica normativa (Direttive sui beni monumentali), come i modelli meccanici semplificati per palazzi, ville ed altre strutture con pareti di spina ed orizzontamenti intermedi.

### **1.12.2 SOFTWARE MODELLAZIONE CEMENTO ARMATO E ACCIAIO**

Ditta produttrice: **En.Ex.Sys.** s.r.l. - Via Tizzano 46/2 - Casalecchio di Reno (Bologna)

Campo di applicazione: analisi statica e dinamica di strutture in campo elastico lineare.

Il cap. 10 del Decreto del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 17 Gennaio 2018 riguardante le “Nuove norme tecniche per le costruzioni”, fornisce le istruzioni relative alla Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo, cui il progettista delle strutture deve attenersi nella redazione degli elaborati progettuali.

Il punto 10.2 Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo specifica:

*“ [...] Qualora l'analisi strutturale e le relative verifiche siano condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, il progettista dovrà controllare l'affidabilità dei codici utilizzati e verificare l'attendibilità dei risultati ottenuti, curando nel contempo che la presentazione dei risultati stessi sia tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità.[...] “.*

Di seguito si riporta il controllo della affidabilità delle analisi numeriche automatiche, condotto su una serie di esempi di letteratura la cui soluzione sia esprimibile in forma chiusa (corredati dalla fonte di riferimento e dai risultati numerici), allo scopo di verificare l'affidabilità del software utilizzato.

## 1° Esempio

Fonte: Timoshenko - Strength of Material, Part I, Elementary Theory and Problems, pag. 26, problem 10

Tipi di Analisi: *Statica Lineare*

Descrizione schema statico: asta prismatica di sezione costante incastrata agli estremi e soggetta alle azioni assiali  $F_1$  ed  $F_2$  in corrispondenza di due sezioni intermedie.

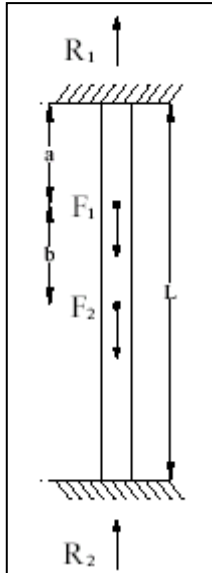


Fig. 1 Schema statico

**Obiettivo:** determinare le reazioni vincolari  $R_1$  ed  $R_2$  trascurando il peso delle aste.

**Dati:**

- $E = 2068428$  [Kg/cm<sup>2</sup>]
- $L = 24.5$  [m]
- $a = b = 0.3 L = 7.62$  [m]
- $A = 100$  [cm<sup>2</sup>]
- $F_1 = 2.0$  [t]
- $F_2 = 0.45349$  [t]

**Modello:** I nodi vengono inseriti in corrispondenza delle estremità vincolate e dei due punti di applicazione delle forze  $F_1$  ed  $F_2$ .

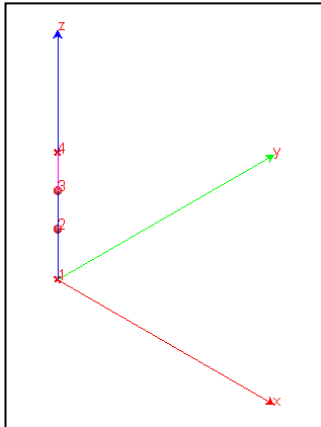


Fig. 2 Modello

**Analisi dei risultati:**

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
$R_1$ [Kg]	408.23	408.23	1.000
$R_2$ [Kg]	272.15	272.15	1.000

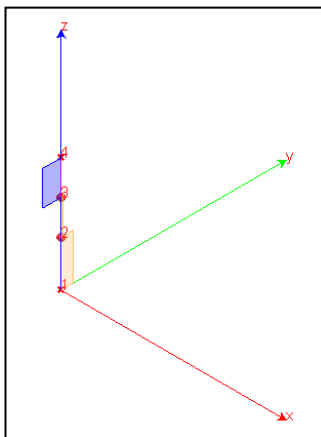


Fig. 3 Diagramma sforzo normale nelle aste: asta 1-2 compressa, asta 3-4 tesa

## 2° Esempio

Fonte: Timoshenko - Strength of Material, Part I, Elementary Theory and Problems, pag. 98, problem 4

Tipi di Analisi: *Statica Lineare*

Descrizione schema statico: trave isostatica di luce L con due sbalzi di luce a soggetti al carico distribuito di intensità  $w$ . La trave ha sezione a doppio T con sezione trasversale pari ad A.

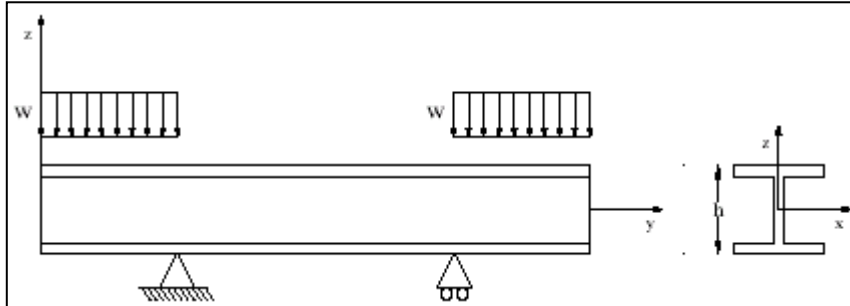


Fig. 1 Schema statico

Obiettivo: determinare nella sezione di mezziera il valore della tensione  $s_{max}$  e dello spostamento verticale d trascurando il peso delle aste.

Dati:

- $E = 2068428 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$
- $L = 609.6 \text{ [cm]}$
- $a = 304.8 \text{ [cm]}$
- $h = 76.2 \text{ [cm]}$
- $A = 326.77 \text{ [cm}^2\text{]}$
- $J = 328488 \text{ [cm}^4\text{]}$
- $w = 14.88 \text{ [t/m]}$

Modello: I due nodi di estremità e quello in posizione mediana sono liberi. Il primo nodo nella posizione del primo vincolo ha un solo grado di libertà libero (rotazione Y) mentre il nodo in corrispondenza del secondo vincolo ha due gradi di libertà (rotazione Y e traslazione X).

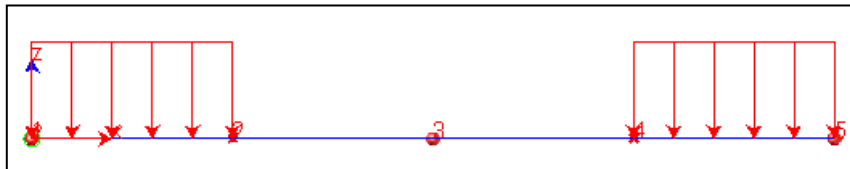


Fig. 2 Modello

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
s [cm <sup>2</sup> ]	786	802	1.020
d [mm]	4.620	4.725	1.023

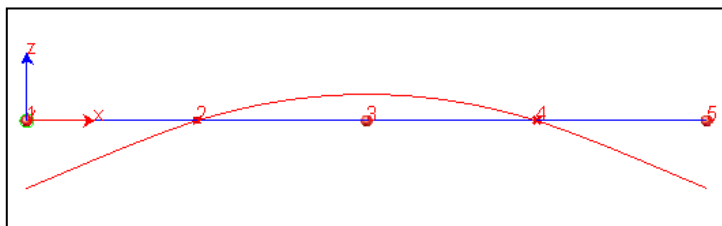


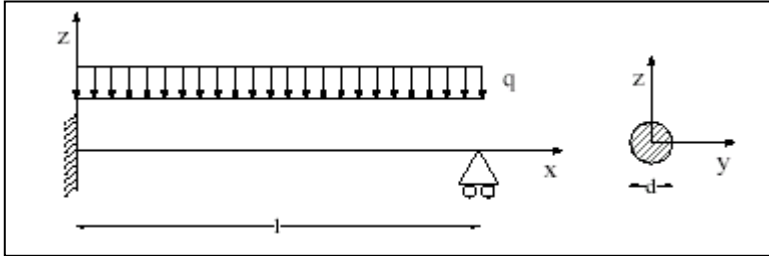
Fig. 3 Deformata

### 3° Esempio

Fonte: Cremonesi - Manuale Ingegneria Civile, ESAC, SEZ. I, pag. 82

Tipi di Analisi: *Statica Lineare*

**Descrizione schema statico:** trave con incastro sul primo estremo e carrello sull'estremo opposto. La trave con sezione trasversale circolare con diametro  $d$  e luce  $L$  è soggetta al carico uniformemente distribuito  $q$  su tutta la campata.



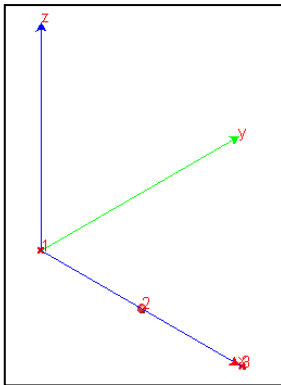
*Fig. 1 Schema statico*

**Obiettivo:** determinare nella sezione incastrata il valore del momento flettente  $M_a$  e nella sezione opposta il valore del taglio  $V_b$ . Si trascura il peso delle aste.

**Dati:**

- $E = 2068428 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$
- $L = 50.8 \text{ [cm]}$
- $d = 3.81 \text{ [cm]}$
- $q = 1.784 \text{ [t/m]}$

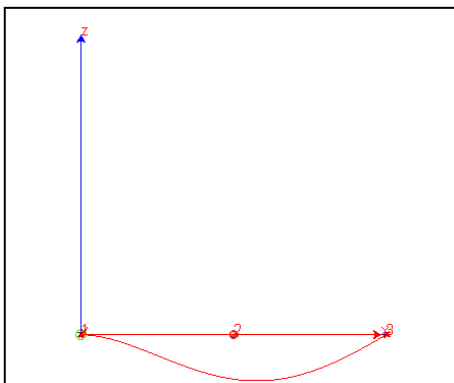
**Modello:** La trave viene modellata con due aste in serie. Il nodo sulla prima estremità viene incastrato (zero gradi di libertà), quello in posizione mediana è totalmente libero, il nodo sull'estremità opposta ha due gradi di libertà liberi (rotazione Y e traslazione X).



*Fig. 2 Modello*

**Analisi dei risultati:**

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
$M_a \text{ [tm]}$	0.057	0.057	1.000
$V_b \text{ [Kg]}$	340.19	340.17	1.000



*Fig. 3 Deformata*

#### 4° Esempio

Fonte: Timoshenko, **Strength of Material**, Part I, Elementary Theory and Problems, pag. 188

Tipi di Analisi: *Statica Lineare*

Descrizione schema statico: Portale incastrato alla base dei ritti e caricato nella mezzeria del traverso con un carico concentrato P. Lo schema è staticamente indeterminato.

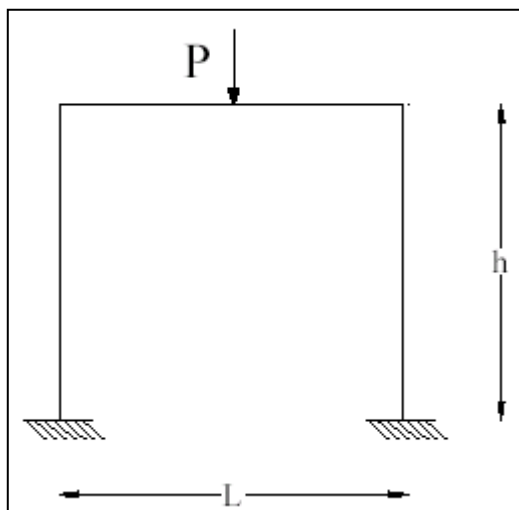


Fig. 1 Schema statico

Dati:

- $E = 2068428$  [Kg/cm<sup>2</sup>]
- $L = 3.04$  [m]
- $h = 2.54$  [m]
- $A_{rit} = 25.80$  [cm<sup>2</sup>]
- $A_{trav} = 51.61$  [cm<sup>2</sup>]
- $P = 0.45$  [t]

Obiettivo: determinare le reazioni verticali alla base dei ritti. Si trascura il peso delle aste.

Modello: I due nodi alla base del portale vengono vincolati in modo da lasciare libera solo la rotazione Z. I nodi rimanenti sono completamente liberi. Il carico P viene applicato al nodo inserito in mezzeria del travesso.

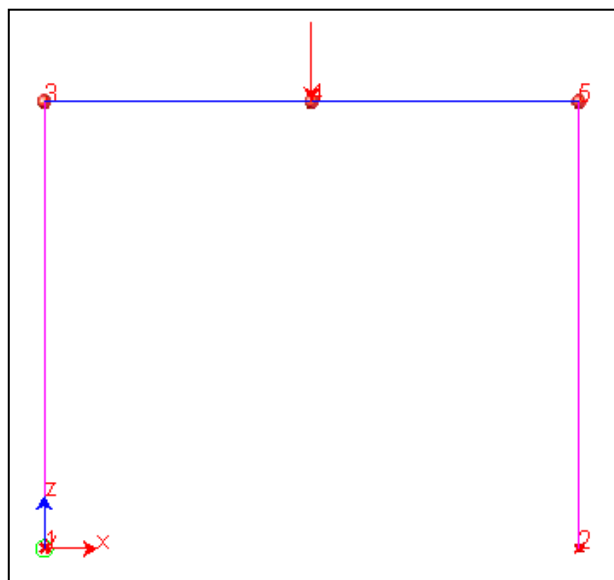


Fig. 2 Modello

Analisi dei risultati:

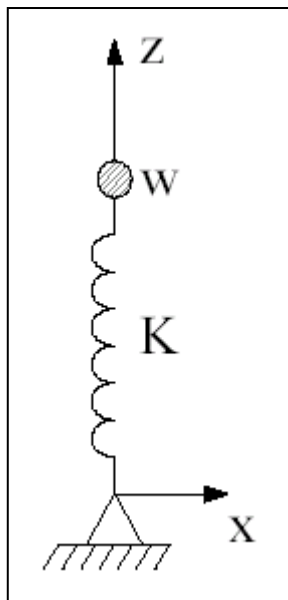
	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
$R1 = R2$ [t]	0.225	0.225	1.000

## 5° Esempio

Fonte: W. T. Thomson - **Vibrazioni Meccaniche Teoria ed applicazioni**; Tamburini editore Milano

Tipi di Analisi: **Dinamica Modale**

**Descrizione schema statico:** Sistema dinamico ad un solo grado di libertà formato da una molla con un estremo vincolato connessa nell'altro estremo ad una massa. La molla è considerata priva di massa e con rigidità  $K$ .



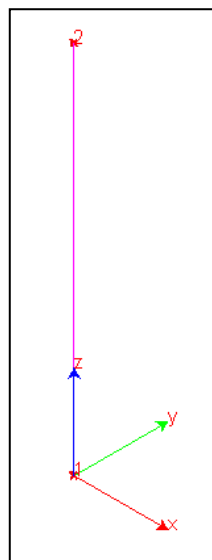
*Fig. 1 Schema statico*

**Dati:**

- $K = 857.18$  [Kg/m]
- $w = 1.13$  [Kg] (2.5 [lb])
- $g = 9.81$  [m/sec<sup>2</sup>]

**Obiettivo:** determinare il periodo proprio del sistema.

**Modello:** Per simulare la molla si è impiegato un elemento pilastro (in direzione  $Z$ ) con rigidità assiale  $EA/L$  pari a quella della molla. La lunghezza  $L$  della molla è arbitraria. Il primo nodo di estremità viene vincolato completamente in modo da bloccare tutti i gradi di libertà. L'estremo opposto ha un solo grado di libertà libero nella direzione di traslazione  $Z$ . La massa è modellata con una forza concentrata  $Pz$  in testa al pilastro pari a  $w$ .



*Fig. 2 Modello*

**Analisi dei risultati:**

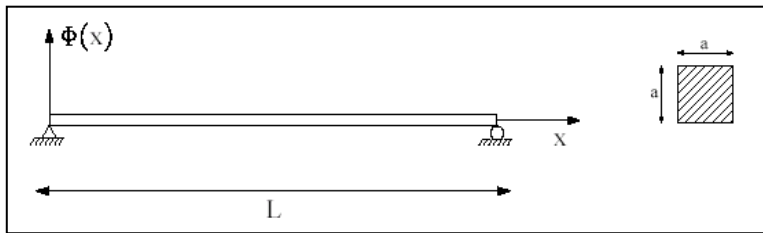
	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
$w_1$ [rad/s]	86.085	86.120	1.0000

## 6° Esempio

Fonte: Ray, W. Clough, Joseph Penzien - *Dynamics of Structures*; Mc Graw-Hill Book Company, cap. 18

Tipi di Analisi: *Dinamica Modale*

**Descrizione schema statico:** trave a sezione costante isostaticamente vincolata con due appoggi semplici soggetta al solo peso proprio.



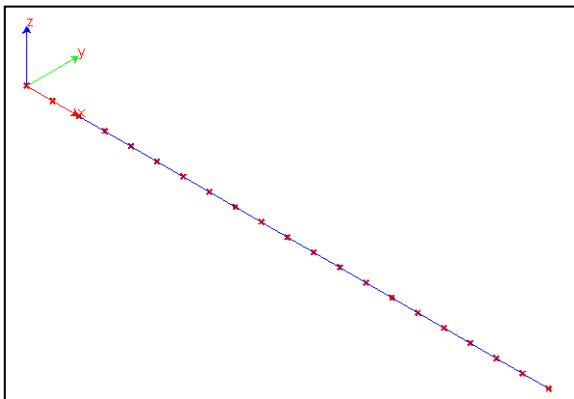
*Fig. 1 Schema statico*

**Obiettivo:** determinare i primi tre modi di vibrare.

**Dati:**

- $E = 2100000 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$
- $a = 30 \text{ [cm]}$
- $L = 10 \text{ [m]}$
- $P_p = 706.5 \text{ [Kg/m]}$

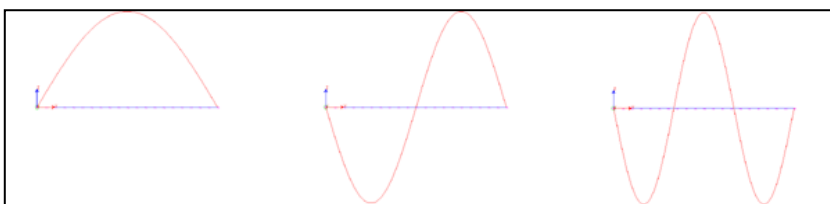
**Modello:** La trave reale viene modellata con 20 elementi finiti di uguale lunghezza. I nodi di estremità vengono vincolati in modo da lasciare libera solo la rotazione Y. Per tutti i nodi restanti si lascia libera la rotazione Y e le traslazioni nel piano XZ.



*Fig. 2 Modello*

**Analisi dei risultati:**

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
$w_1 \text{ [rad/s]}$	43.79	43.74	0.999
$w_2 \text{ [rad/s]}$	175.16	174.34	0.995
$w_3 \text{ [rad/s]}$	394.11	389.96	0.990



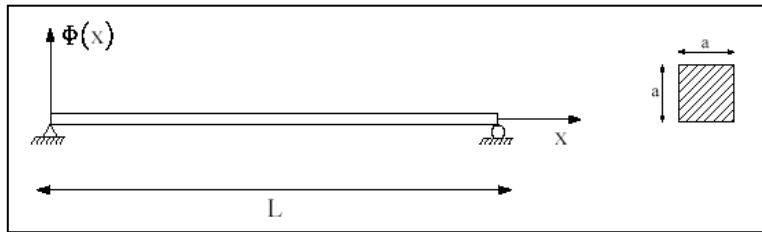
*Fig. 3 Prime tre forme modali*

## 7° Esempio

Fonte: Ray, W. Clough, Joseph Penzien - *Dynamics of Structures*; Mc Graw-Hill Book Company, cap. 1

Tipi di Analisi: *Dinamica Modale*

**Descrizione schema statico:** trave a sezione costante con un estremo incastrato e l'altro libero soggetta al solo peso proprio.



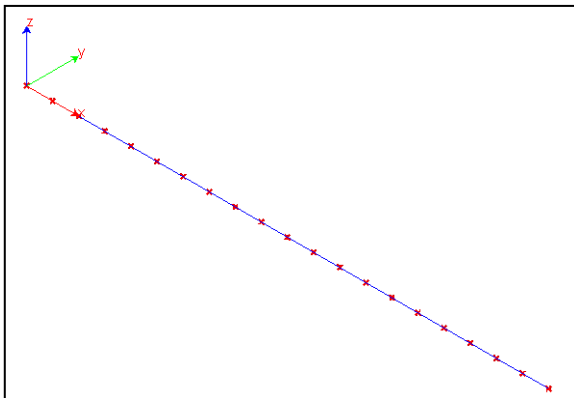
*Fig. 1 Schema statico*

**Obiettivo:** determinare i primi tre modi di vibrare.

**Dati:**

- $E = 2100000 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$
- $a = 30 \text{ [cm]}$
- $L = 10 \text{ [m]}$
- $P_p = 706.5 \text{ [Kg/m]}$

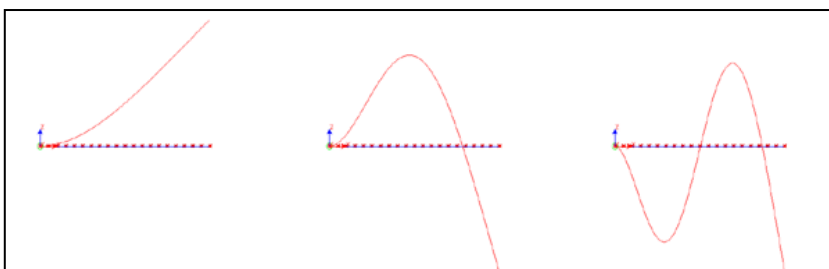
**Modello:** La trave reale viene modellata con 20 elementi finiti di uguale lunghezza. Il primo nodo di estremità viene vincolato completamente in modo da bloccare tutti i gradi di libertà. Per tutti i nodi restanti si lascia libera la rotazione Y e le traslazioni nel piano XZ.



*Fig. 2 Modello*

**Analisi dei risultati:**

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
$w_1 \text{ [rad/s]}$	15.60	15.57	0.998
$w_2 \text{ [rad/s]}$	97.76	97.00	0.992
$w_3 \text{ [rad/s]}$	273.76	269.52	0.985



*Fig. 3 Prime tre forme modali*



### 1.13 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI AEDES

Come indicato al punto 10.2 del DM 17/01/2018, di seguito si condurranno una serie di semplici calcoli di massima, volti a comprovare l'attendibilità dei risultati del calcolo automatico effettuato.

#### Calcolo massa sismica di piano primo

Riguardo le masse il software fornisce i seguenti risultati:

Piano	Comp1.	Massa	Spostamento	Punto di controllo	Spostamento
	rigido	(k*kgm)	(mm)		normalizzato
1	X	181.90	1807.19		28.931
2	X	117.72	3018.52		48.323
3	X	48.51	3902.03	X	62.466

Si fa riferimento solo alla massa che compete al solaio di piano primo (solaio 1).

$$UTM \equiv \text{kg} / \text{g} \quad \text{con } g = 9,81 \text{ m/sec}^2$$

#### Calcolo massa solaio 1 (piano primo)

$M_{\text{tipo}} = 18190 \times 9,81 = 178444 \text{ kg}$  questo è il valore derivante dal calcolo automatico

La massa sismica si calcola secondo la formula 3.2.17 del DM 14/01/2008

$$G_1 + G_2 + \psi_2 Q$$

$$M_{\text{piano}} = 90 \times (230 + 210 + 0,3 \times 200) + 18 \times (230 + 120 + 0,3 \times 200) = 52380 \text{ kg}$$

$$A_{\text{balconi}} = 20 \text{ mq}$$

$$M_{\text{balconi}} = 20 \times (230 + 120 + 0,3 \times 400) = 9400 \text{ kg}$$

$$H_{\text{muraturaPT}} = 3,60 / 2 = 1,80 \text{ m}$$

$$H_{\text{muraturaP1}} = 3,1 / 2 = 1,55 \text{ m}$$

$$P.P._{\text{muratura}} = 1800 \text{ kg/m}^3$$

$$M_{\text{muratura}} = (10,3 + 9,7 + 6,8 + 3,5 + 12,63 + 7,8 + 7,8 + 3,3 + 9,7 + 2,2 + 4,05) \times 1800 \times 0,3 \times 3,35 +$$

$$(1,36 + 1,36 + 1,8) \times 0,3 \times 1,82 \times 1800 = (140704 + 4442) \times 0,8 = 116116 \text{ Kg}$$

$$M_{\text{TOT}} = 52380 + 9400 + 116116 = 177896 \text{ kg}$$

10% 178444 = 17844 kg → 178444 - 177896 = 548 kg **OK**

La differenza fra il valore assunto nel calcolo automatico, con quello sopra riportato è inferiore al 10%, per cui si ritiene che le masse sismiche di piano calcolate dal software automatico siano corrette.