



Comune di Camugnano  
Città Metropolitana di Bologna



PNRR M1C3 CULTURA 4.0 - MISURA 2 "RIGENERAZIONE DI PICCOLI SITI CULTURALI, PATRIMONIO CULTURALE, RELIGIOSO E RURALE", INVESTIMENTO 2.1: "ATTRATTIVITA" DEI BORCHI STORICI", FINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA – NextGenerationEU CUP B78H22000090006 – CIG 9862180066 - INTERVENTO 01 (PIAZZA KENNEDY 5);  
PNRR M5C2 - COMPONENTE C2 - INVESTIMENTO 2.3 - PROGRAMMA INNOVATIVO NAZIONALE PER LA QUALITÀ DELL'ABITARE – FRAGILE A CHI? – CUP B77H21000820005 – CIG 986213399A - APPARTAMENTI PIAZZA KENNEDY 6.

# Piazza Kennedy 5 e 6

RECUPERO DI UNITÀ IMMOBILIARI OGGI SFITTE, DA RIQUALIFICARE E DESTINARE AD ALLOGGI CON SERVIZI e CASA FAMIGLIA

## PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

### Progettisti:

Studio LADO Architetti  
Arch. Luca Ladinetti  
Arch. Anna Branzanti  
Arch. Riccardo Bozzini

Via Nosadella 45, 40123 Bologna  
TEL 051 0011066

### Committente:

Comune di Camugnano

### Il R.U.P.:

Geom. Alessandro Degli Esposti

Impianti: Studio tecnico Suppini - Ing. Saverio Suppini  
Strutture: Ingegneria Mengoli - Ing. Luca Mengoli  
CSE: Studio Tecnico Mantovan - Geom. Davide Mantovan  
Indagini geologiche: Geol. Luca Monti

RELAZIONE STRUTTURALE

# STR.REL

Novembre 2023





	<b>ingegneria mengoli</b> <i>progettazione e servizi di ingegneria</i> <small>EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54</small> <small>PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16</small> <a href="http://www.ingegneriamengoli.com">www.ingegneriamengoli.com</a>	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
		OGGETTO	<b>PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)</b>
			RELAZIONE DI CALCOLO

6.1	Livelli di conoscenza e fattori di confidenza .....	23
6.2	Caratterizzazione meccanica dei materiali .....	23
6.3	Verifica degli elementi oggetto di intervento .....	23
7	AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE .....	25
7.1	Azione della neve .....	25
7.2	Azione del sisma .....	26
7.3	Analisi dei carichi.....	28
7.3.1	Solaio pianerottolo - piano primo .....	28
7.3.2	Copertura pianerottolo .....	28
7.3.3	Copertura vano ascensore.....	29
7.3.4	Copertura nuovo vano serbatoio.....	29
7.3.5	Carichi ascensore – schema di carico .....	29
7.4	Combinazioni di carico .....	30
8	MODELLO NUMERICO .....	33
8.1	Programma agli elementi finiti .....	33
8.2	Descrizione del modello .....	33
8.2.1	Fattore di comportamento.....	35
8.2.2	Numerazione nodi e aste Mastersap, carichi applicati e sollecitazioni	35
8.2.3	Modi di vibrare .....	66
8.3	Verifica del giunto sismico tra abitazione e portico.....	69
9	PRINCIPALI RISULTATI .....	71
9.1	Principali risultati .....	71
10	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI .....	77
11	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI E DI ESERCIZIO .....	79
11.1	Verifica lamiera grecata portante – pianerottolo di ingresso e copertura	79
11.1.1	Verifiche flessionali in campata:.....	80
11.1.2	Verifiche di deformazione in campata: .....	81
11.1.3	Verifiche a taglio: .....	81
11.2	Verifica trave UPN 200 - pianerottolo di ingresso e copertura.....	82

	<b>ingegneria mengoli</b> <i>progettazione e servizi di ingegneria</i> <small>EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54</small> <small>PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16</small> <a href="http://www.ingegneriamengoli.com">www.ingegneriamengoli.com</a>	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
		OGGETTO	<b>PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)</b>
			RELAZIONE DI CALCOLO

11.3	Verifica trave L 200x200x15 - pianerottolo di ingresso e copertura	83
11.4	Verifica collegamento del profilo L 200x200x15mm su muratura esistente	84
11.5	Verifica collegamento del profilo UPN200 su setto in ca .....	86
11.6	Verifica ringhiere del pianerottolo di ingresso .....	87
11.7	Verifica rigidezza parete e calcolo portale in c.a. – centrale termica/serbatoio .....	89
11.7.1	Verifica degli elementi del telaio .....	89
11.7.2	Verifica dei piedritti in c.a. – sezione 28x30cm .....	91
11.7.3	Verifica dell'architrave in c.a. ....	92
11.7.1	Confronto tra stato di fatto e stato di progetto .....	93
11.8	Verifica rigidezza parete – Piano primo .....	98
11.8.1	Confronto tra stato pre e post operam .....	98
11.9	Architrave – porta piano primo .....	104
11.10	Cuci e scuci .....	106
11.11	Platea di fondazione in c.a. ....	107
11.11.1	Verifica della platea in c.a. ....	107
11.11.2	Verifica di portanza del terreno .....	111
11.11.3	Verifica dei cedimenti differenziali della platea di fondazione in c.a.	112

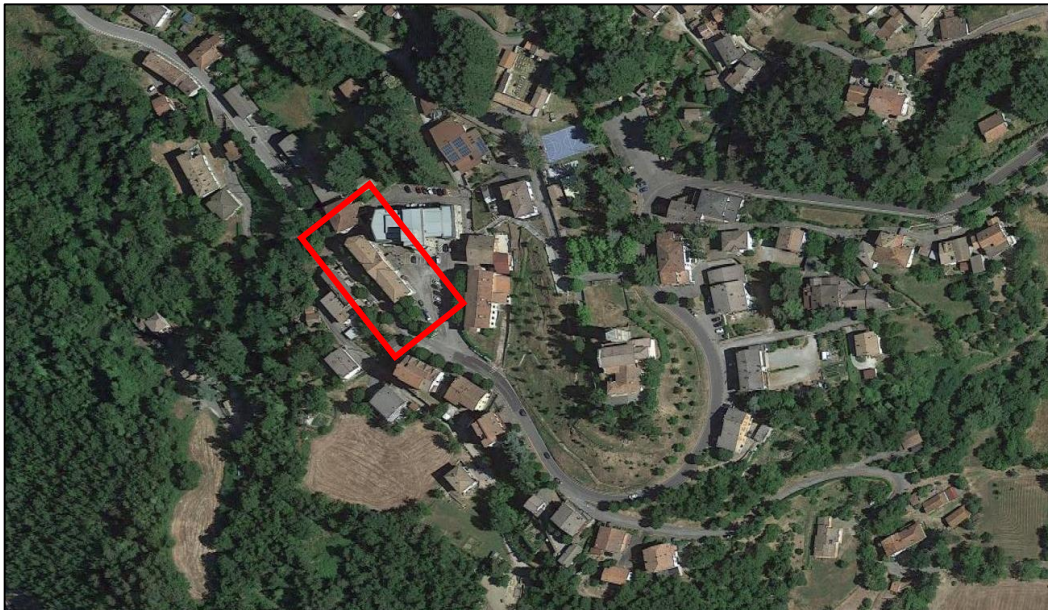


 <b>ingegneria mengoli</b> <i>progettazione e servizi di ingegneria</i> <b>EMILIA ROMAGNA:</b> via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 <b>PUGLIA:</b> via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	<b>ELABORATO</b>	230089-PE-RTS-001-00
	<b>OGGETTO</b>	<b>PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)</b>  RELAZIONE DI CALCOLO

## 1 PREMESSA E OGGETTO DELLA RELAZIONE

Oggetto della presente relazione è la progettazione e la verifica degli elementi strutturali che costituiscono il vano ascensore esterno e il serbatoio al piano seminterrato, oltre agli interventi localizzati per le modifiche interne da realizzarsi nell'edificio sito in piazza J.F. Kennedy n.1 nel Comune di Camugnano (BO).

Si riporta in fig. 1.1 l'individuazione del fabbricato.



**fig. 1.1 Stralcio ortofoto – Immobile in piazza J.F.Kennedy 2 Camugnano (BO)**

La struttura portante del vano ascensore sarà realizzata con setti in c.a., ai verranno collegati, tramite profili in acciaio, il solaio di arrivo e di copertura del pianerottolo di ingresso all'abitazione. I solai saranno realizzati con lamiera grecata e soletta collaborante.

La fondazione sarà del tipo superficiale a platea in c.a.

All'interno dell'abitazione, verranno realizzati piccoli interventi strutturali localizzati per migliorare la distribuzione e la funzionalità degli ambienti interni. In particolare, sulla parete portante interna del fabbricato al piano primo, sarà chiusa una piccola nicchia e verrà allargata l'apertura di una porta interna esistente.





 <b>ingegneria mengoli</b> <i>progettazione e servizi di ingegneria</i> EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

## 2 ILLUSTRAZIONE SINTETICA

### 2.1 Contesto edilizio

Il contesto edilizio in cui si colloca il fabbricato, oggetto di questa relazione, è di tipo residenziale.

### 2.2 Descrizione della struttura

Il fabbricato esistente oggetto di intervento si sviluppa su 2 piani fuori terra e la struttura portante è in muratura con mattoni pieni. Per garantire l'accesso al piano primo, sarà realizzato un vano ascensore con una struttura portante in c.a., indipendente dal fabbricato esistente, con un pianerottolo e copertura in acciaio.

### 2.3 Normativa di riferimento

Si riportano gli estremi delle normative osservate per la realizzazione del presente progetto, rimandando a pag.21 per maggiori dettagli:

- D.M. 17 Gennaio 2018;
- Circolare 21 Febbraio 2019, n.7;
- D.G.R. Emilia Romagna 26 luglio 2010 n.1071 "Approvazione dell'atto esecutivo di indirizzo recante "individuazione dei contenuti cogenti del progetto esecutivo riguardante le strutture, ai sensi dell'art. 12, comma 1, della L.R. n. 19 del 2008" e precisazioni in merito ai limiti e alle modalità di controllo di conformità del progetto esecutivo".

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)
		RELAZIONE DI CALCOLO

## 2.4 Parametri di progetto

Si riportano in tab. 2.1 i principali parametri di progetto

Classe d'uso	II
Vita nominale	50 anni
Categoria sottosuolo	B
Categoria topografica	T1
Smorzamento	5%
Coordinate topografiche	Lat. 44.168665, Long. 11.087328

tab. 2.1 - Determinazione delle caratteristiche della struttura e del sottosuolo

## 2.5 Materiali utilizzati

Si elencano di seguito i materiali utilizzati per gli interventi descritti nel presente progetto:

- Calcestruzzo magro per sottofondazioni (C12/15)
- Calcestruzzo per fondazioni (25/30)
- Calcestruzzo per strutture in elevazione (25/30)
- Acciaio in barre per calcestruzzo (saldabile) B450C
- Acciaio per carpenteria metallica S275, S280GD
- Bulloni, barre filettate e rosette CLASSE 8.8
- Saldature II CLASSE
- Resine Bicomponenti Hilti HIT-HY 270 + HIT-V(8.8)
- Mattoni pieni in laterizio per muratura portante  $fbk \geq 10 \text{ N/mm}^2$
- Malta per muratura M5

## 2.6 Principali combinazioni agli SLU e SLE

Le combinazioni di carico considerate per le verifiche successivamente riportate sono state ottenute seguendo le normative tecniche per le costruzioni, che al capitolo 2 definiscono:

	<b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
		OGGETTO	<b>PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)</b>
			RELAZIONE DI CALCOLO

- la combinazione fondamentale, utilizzata per gli stati limite ultimi statici

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- la combinazione rara

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- la combinazione frequente

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- la combinazione quasi permanente

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- la combinazione sismica, da utilizzare sia per gli stati limite ultimi che di esercizio

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- la combinazione eccezionale

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

## 2.7 Tipo di analisi svolta

È stata svolta un'analisi lineare dinamica, altrimenti detta analisi modale. Questo tipo di analisi, indicata sia per sistemi dissipativi che per sistemi non dissipativi, tratta l'equilibrio in maniera dinamica e consente di modellare l'azione sismica direttamente attraverso lo spettro di progetto, calcolando gli effetti sulla struttura mediante la combinazione degli effetti sulla stessa per ciascun modo di vibrare.

La combinazione avviene mediante una formula di tipo quadratico:

$$E = \left( \sum_j \sum_i \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j \right)^{\frac{1}{2}}$$

Come prescritto dalla normativa vigente, si deve tenere conto degli effetti dell'eccentricità accidentale del centro di massa, incrementando del 5% l'eccentricità accidentale rispetto alla sua posizione quale deriva dal calcolo.

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

## 2.8 Stati limite indagati

Sono stati indagati gli stati limite ultimi e di esercizio in termini di resistenza, tensioni e deformazioni.

## 2.9 Deformazioni e sollecitazioni

Si rimanda al capitolo delle verifiche per la lettura delle principali sollecitazioni e deformazioni dei vari elementi costituenti la struttura.

## 2.10 Codice di calcolo

Per l'implementazione del modello strutturale è stato utilizzato il programma agli elementi finiti Mastersap della AMV. Si rimanda ai tabulati di calcolo per l'affidabilità e la validazione del codice di calcolo.

## 2.11 Particolarità delle opere geotecniche

La fondazione sarà realizzata con una platea in c.a. ad una profondità di posa di -3,45 m dal manto stradale adiacente e sarà appoggiata su uno strato di magrone di 10 cm.

## 2.12 Categoria di intervento previsto

Gli interventi previsti consistono nella realizzazione di un vano ascensore, per garantire l'accesso al piano primo dell'edificio esistente, di un serbatoio al piano seminterrato per la centrale termica e la sostituzione di un architrave per la parete portante al piano primo.

Il vano ascensore e il serbatoio saranno realizzati con un'unica unità strutturale in c.a., indipendente dall'edificio esistente. In particolare, la struttura portante sarà realizzata da setti in c.a. di spessore 20 cm, chiusi da solette in c.a. alte 20 cm. Ai setti del vano ascensore, saranno collegati degli travi UPN200 in acciaio S275 per sostenere il pianerottolo di ingresso e una copertura in lamiera grecata.

Pertanto, dovranno essere realizzati i seguenti elementi portanti:

- fondazione con platea in c.a.;
- setti in c.a. per il vano ascensore e il vano serbatoio al piano seminterrato;

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

- soletta in c.a. di copertura per il vano ascensore e per il serbatoio;
- travi in acciaio;
- solaio con lamiera grecata;
- elementi tubolari in acciaio per le ringhiere;
- sostituzione architrave al primo piano.

### 2.13 Descrizione della struttura esistente

Il fabbricato esistente oggetto di intervento si sviluppa su 2 piani fuori terra e la struttura portante è in muratura con mattoni pieni.

### 2.14 Proprietà meccaniche dei materiali interessati dall'intervento

Per le pareti costituite da muratura in mattoni pieni e malta di calce, secondo quanto riportato nella C.M. 21/01/2019, si considerano le seguenti caratteristiche meccaniche:

$$f_d = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma_M} = \frac{26}{1,35 \cdot 3} = 6,42 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{\tau_m}{FC \cdot \gamma_M} = \frac{0,5}{1,35 \cdot 3} = 0,123 \text{ daN/cm}^2$$

$$E_d = E_m = 15000 \text{ daN/cm}^2$$

$$G_d = G_m = 5000 \text{ daN/cm}^2$$

### 2.15 Livelli di sicurezza pre e post intervento

I livelli di sicurezza per l'opera di nuova realizzazione sono quelli imposti dalla normative per gli edifici nuovi.



 <b>ingegneria mengoli</b> <i>progettazione e servizi di ingegneria</i> EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

### 3 ANALISI STORICO-CRITICA E RILIEVO

In conformità al D.M. 17/01/2018 vigente, si riporta nel presente capitolo la valutazione della sicurezza del fabbricato. Tale valutazione viene condotta, in particolare, secondo i paragrafi 8.3 e 8.5 del già citato decreto.

Secondo il paragrafo 8.4.1 della normativa tecnica vigente, trattandosi di interventi localizzati, l'analisi della sicurezza può essere riferita alle sole parti o elementi interessati dall'intervento.

#### 3.1 Analisi storico - critica

Il fabbricato esistente oggetto di intervento si sviluppa su 2 piani fuori terra e la struttura portante è in muratura con mattoni pieni.

#### 3.2 Rilievo

E' stato eseguito un rilievo dello stato di fatto, concentrato soprattutto intorno agli elementi su cui si interviene. I risultati di tale rilievo sono riportati nell'elaborato grafico di progetto.





 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

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

### 4.1 Descrizione degli interventi

Gli interventi previsti consistono nella realizzazione di un vano ascensore, per garantire l'accesso al piano primo dell'edificio esistente, di un serbatoio al piano seminterrato per la centrale termica e la sostituzione di un architrave per la parete portante al piano primo.

Il vano ascensore e il serbatoio saranno realizzati con un'unica unità strutturale in c.a., indipendente dall'edificio esistente. In particolare, la struttura portante sarà realizzata da setti in c.a. di spessore 20 cm, chiusi da solette in c.a. alte 20 cm. Ai setti del vano ascensore, saranno collegati degli travi UPN200 in acciaio S275 per sostenere il pianerottolo di ingresso e una copertura in lamiera grecata.

Pertanto, dovranno essere realizzati i seguenti elementi portanti:

- fondazione con platea in c.a.;
- setti in c.a. per il vano ascensore e il vano serbatoio al piano seminterrato;
- soletta in c.a. di copertura per il vano ascensore e per il serbatoio;
- travi in acciaio;
- solaio con lamiera grecata;
- elementi tubolari in acciaio per le ringhiere;
- sostituzione architrave al primo piano.

### 4.2 Criteri di progettazione, analisi e verifica

Per l'implementazione del modello strutturale è stato utilizzato il programma agli elementi finiti Mastersap. svolgendo un'analisi lineare dinamica, altrimenti detta analisi modale.

Questo tipo di analisi, indicata sia per sistemi dissipativi che per sistemi non dissipativi, tratta l'equilibrio in maniera dinamica e consente di modellare l'azione sismica direttamente

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)
		RELAZIONE DI CALCOLO

attraverso lo spettro di progetto, calcolando gli effetti sulla struttura mediante al combinazione degli effetti sulla stessa per ciascun modo di vibrare.

La combinazione avviene mediante una formula di tipo quadratico:

$$E = \left( \sum_j \sum_i \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Come prescritto dalla normativa vigente, si deve tenere conto degli effetti dell'eccentricità accidentale del centro di massa, incrementando del 5% l'eccentricità accidentale rispetto alla sua posizione quale deriva dal calcolo.

Le sollecitazioni fornite dal programma agli elementi finiti e quelle calcolate mediante metodi tradizionali sono state confrontate tra loro e successivamente con le resistenze di progetto delle sezioni maggiormente significative, mentre le deformazioni calcolate sono state confrontate con i limiti imposti dalle normative tecniche vigenti, ovvero con quelli ritenuti idonei dal progettista strutturale.

### 4.3 Materiali utilizzati

Si elencano di seguito i materiali utilizzati per gli interventi descritti nel presente progetto:

- Calcestruzzo magro per sottofondazioni (C12/15)
- Calcestruzzo per fondazioni (25/30)
- Calcestruzzo per strutture in elevazione (25/30)
- Acciaio in barre per calcestruzzo (saldabile) B450C
- Acciaio per carpenteria metallica S275, S280GD
- Bulloni, barre filettate e rosette CLASSE 8.8
- Saldature II CLASSE
- Resine Bicomponenti Hilti HIT-HY 270 + HIT-V(8.8)
- Mattoni pieni in laterizio per muratura portante fbk ≥ 10 N/mm<sup>2</sup>
- Malta per muratura M5

 <b>ingegneria mengoli</b> <i>progettazione e servizi di ingegneria</i> EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

#### 4.4 Relazione geologica e geotecnica e relazione sulle fondazioni

Dalla relazione geologica a firma del Dott. Geol. Pier Luigi Dallari, per l'esecuzione delle analisi sismiche, emerge un terreno con categoria di sottosuolo di tipo B e categoria topografica T1.



 <b>ingegneria mengoli</b> <i>progettazione e servizi di ingegneria</i> EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

## 5 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

La valutazione dei carichi, il dimensionamento e le verifiche di sicurezza sono state condotte facendo riferimento alla normativa:

- D.M. 17 gennaio 2018: “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare Ministeriale 21 gennaio 2019 n. 7 “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- D.G.R. Emilia Romagna 26 luglio 2010 n.1071 “Approvazione dell’atto esecutivo di indirizzo recante “individuazione dei contenuti cogenti del progetto esecutivo riguardante le strutture, ai sensi dell’art. 12, comma 1, della L.R. n. 19 del 2008” e precisazioni in merito ai limiti e alle modalità di controllo di conformità del progetto esecutivo”.



 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

## 6 LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

### 6.1 Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

Per l'analisi dello stato di fatto sono stati eseguiti opportuni rilievi sulla struttura portante, di tipo geometrico e volti a verificare i più importanti dettagli costruttivi.

Secondo quanto riporta la C.M. 21 gennaio 2019, esplicativa rispetto al relativo decreto, si può affermare di avere un livello di conoscenza pari a 1. Pertanto il fattore di confidenza da adottarsi risulta pari a

$$FC=1,35$$

### 6.2 Caratterizzazione meccanica dei materiali

Per le pareti costituite da muratura in mattoni pieni e malta di calce, secondo quanto riportato nella C.M. 21/01/2019, si considerano le seguenti caratteristiche meccaniche:

$$f_d = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma_M} = \frac{26}{1,35 \cdot 3} = 6,42 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{\tau_m}{FC \cdot \gamma_M} = \frac{0,5}{1,35 \cdot 3} = 0,123 \text{ daN/cm}^2$$

$$E_d = E_m = 15000 \text{ daN/cm}^2$$

$$G_d = G_m = 5000 \text{ daN/cm}^2$$

### 6.3 Verifica degli elementi oggetto di intervento

Trattandosi di interventi localizzati, le vigenti normative impongono di eseguire la valutazione della sicurezza solamente sugli elementi strutturali direttamente interessati dagli interventi.





 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

## 7 AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE

Vengono definiti sovraccarichi variabili quelli dovuti ad azioni di tipo diretto (interne o esterne) che possono interessare il fabbricato in modo periodico, occasionale o discontinuo.

### 7.1 Azione della neve

Il carico di neve viene valutato, secondo quanto specificato dalla normativa di riferimento, con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

dove

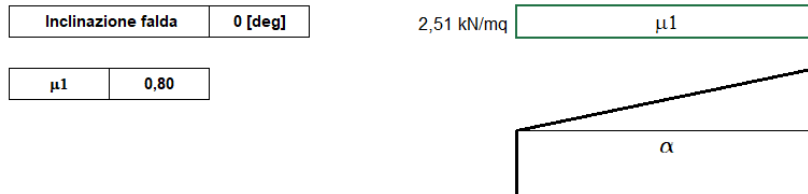
- $q_s$  carico di neve sulla copertura
- $\mu_i$  coefficiente di forma della copertura
- $q_{sk}$  valore di riferimento del carico neve al suolo
- $C_E$  coefficiente di esposizione
- $C_t$  coefficiente termico

Tenuto conto della localizzazione (Camugnano, zona I,  $a_s = 692\text{m} > 200\text{ m}$  altitudine sul livello del mare), si assume:

- $q_{sk} = 313\text{ daN}/\text{m}^2$
- $\mu_i = 0,8$  (copertura del tipo piana e/o a due falde inclinate con un angolo  $\alpha < 30^\circ$ )
- $C_E = 1$
- $C_t = 1$ .

Per il calcolo si considera la più gravosa delle condizioni di carico, di seguito riportate:

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)
		RELAZIONE DI CALCOLO



Pertanto il carico di neve, da considerarsi uniformemente distribuito sull'orizzontale per la copertura del vano ascensore, vale:

$$q_s = 251 \text{ daN/m}^2.$$

## 7.2 Azione del sisma

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali si calcola mediante le espressioni sotto riportate:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T \leq T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T \leq T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T \leq T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Dove:

$T$  è il periodo di vibrazione

$S_e$  è l'accelerazione spettrale

$S$  è il coefficiente di sottofondo che tiene conto della categoria del sottosuolo e delle condizioni tipografiche mediante la relazione  $S = S_S \cdot S_T$

$S_S$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_T$  è il coefficiente di amplificazione topografica

$\eta$  è il fattore che altera lo spettro di risposta per coefficienti viscosi convenzionali  $\xi$  diversi

da 5% mediante la relazione  $\eta = \sqrt{\frac{10}{5+\xi}} \geq 0,55$

$F_0$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

$T_C = C_C \cdot T_C^*$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in funzione della categoria del sottosuolo

$T_C^*$  è il periodo di inizio del tratto a velocità costante fornito dalla normativa e dipendente dalla collocazione geografica del sito.

$C_C$  è un coefficiente in funzione del sottosuolo

$T_B = \frac{T_C}{3}$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante

$T_D = 4 \cdot \frac{a_g}{g} + 1.6$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro

$a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima del sito.

Lo spettro di risposta elastica verticale è definito dalle espressioni riportate di seguito:

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Dove

$F_v$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima mediante la relazione  $F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$

$T_B = 0,05s$ ,  $T_C = 0,15s$ ,  $T_D = 1,0s$  e  $S_S = 1,0$  per qualunque tipo di sottosuolo

Il sito su cui vengono progettate le opere oggetto della presente relazione ha circa le coordinate Lat. 44.168665, Long. 11.087328

Classe d'uso	II
Vita nominale	50 anni
Categoria sottosuolo	B
Categoria topografica	T1
Smorzamento	5%

**tab. 7.1 - Determinazione delle caratteristiche della struttura e del sottosuolo**

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

Si riportano in tab. 7.1 le caratteristiche delle strutture e del sottosuolo necessarie per la determinazione dei parametri sintetizzati in tab. 7.2, necessari per tracciare gli spettri di risposta elastici:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,061	2,473	0,256
SLD	50	0,077	2,455	0,265
SLV	475	0,185	2,410	0,294
SLC	975	0,230	2,434	0,304

tab. 7.2 - Determinazione dei parametri per gli spettri di risposta

### 7.3 Analisi dei carichi

Nel presente paragrafo si stimano i carichi permanenti e accidentali relativi allo stato di progetto.

#### 7.3.1 Solaio pianerottolo - piano primo

Descrizione	Carico [daN/m <sup>2</sup> ]
Pesi permanenti portanti	16,35
Pesi permanenti portati	250
Carico accidentale (cat. A)	400

#### 7.3.2 Copertura pianerottolo

Descrizione	Carico [daN/m <sup>2</sup> ]
Pesi permanenti portanti	16,35
Pesi permanenti portati	120
Carico accidentale (neve)	251



 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

## 7.4 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico considerate per le verifiche successivamente riportate sono state ottenute seguendo le normative tecniche per le costruzioni, che al capitolo 2 definiscono:

- la combinazione fondamentale, utilizzata per gli stati limite ultimi statici

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- la combinazione rara

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- la combinazione frequente

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- la combinazione quasi permanente

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- la combinazione sismica, da utilizzare sia per gli stati limite ultimi che di esercizio

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- la combinazione eccezionale

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Nelle espressioni sopra riportate si intende con:

$G_1$  pesi permanenti portanti

$G_2$  pesi permanenti non portanti

$P$  pretensione e precompressione

$E$  azione derivante dai terremoti

$Q_{k1}$  l'azione variabile dominante

$Q_{k2}, Q_{k3}, \dots$  azioni variabili che possono agire contemporaneamente a quella dominante

 <b>ingegneria mengoli</b> <i>progettazione e servizi di ingegneria</i> <small>EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54</small> <small>PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16</small> <a href="http://www.ingegneriamengoli.com">www.ingegneriamengoli.com</a>	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

- $\psi_{ij}$  Coefficienti di combinazione i cui valori sono riportati in tabella 2.5.1 delle NTC 2018
- $\gamma_{ij}$  Coefficienti parziali per le azioni, in cui valori sono riportati in tabella 2.6.1 delle NTC 2018





 <b>ingegneria mengoli</b> <i>progettazione e servizi di ingegneria</i> EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

## 8 MODELLO NUMERICO

### 8.1 Programma agli elementi finiti

Per l'implementazione del modello strutturale è stato utilizzato il programma agli elementi finiti Mastersap della AMV. Si rimanda ai tabulati di calcolo per l'affidabilità e la validazione del codice di calcolo.

### 8.2 Descrizione del modello

Gli interventi di nuova realizzazione riguardano un vano ascensore, per garantire l'accesso al piano primo dell'edificio esistente e un serbatoio al piano seminterrato per la centrale termica. Sarà realizzata un'unica unità strutturale in c.a., indipendente dall'edificio esistente, costituita da setti e solette in c.a. Ai setti del vano ascensore, saranno collegate delle travi UPN200 in acciaio S275, costituenti il pianerottolo di ingresso e di copertura in lamiera grecata.

Pertanto, il modello strutturale si compone di una struttura intelaiata in c.a., costituita da setti e solette in c.a., platea in c.a. e di travi in acciaio.

Il modello è stato implementato coerentemente con le ipotesi di calcolo e con i dettagli previsti e descritti negli elaborati grafici. Infine, dal modello sono state estrapolate le sollecitazioni agenti su ogni singolo elemento e le verifiche degli stessi.



**ingegneria mengoli**

*progettazione e servizi di ingegneria*

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

[www.ingegneriamengoli.com](http://www.ingegneriamengoli.com)

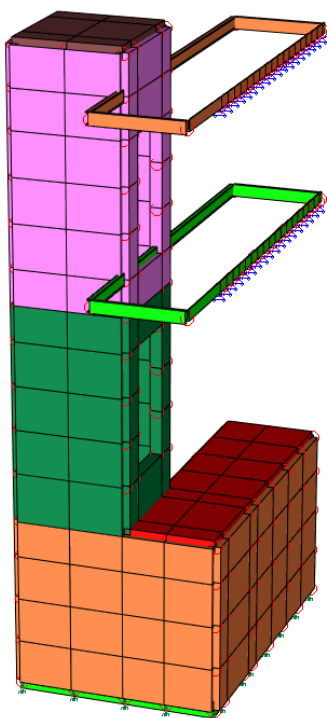
ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

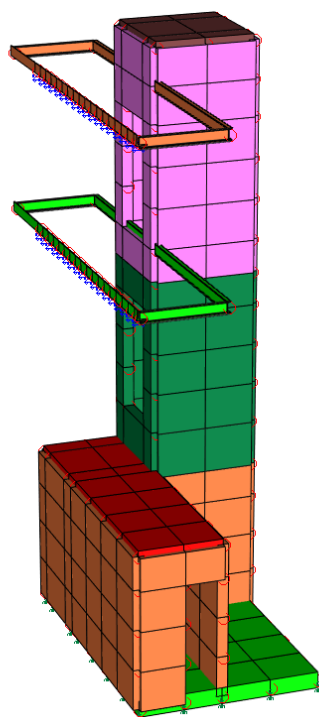
OGGETTO

**PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)**

RELAZIONE DI CALCOLO



**fig. 8.1 Modello dello stato di progetto**



**fig. 8.2 Modello dello stato di progetto**

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

### 8.2.1 Fattore di comportamento

Il valore del fattore di comportamento  $q$  da utilizzare per ciascuna direzione orizzontale dell'azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e considera le non linearità del materiale.

Nel rispetto delle prescrizioni delle NTC-18, la struttura si considera non regolare in altezza. Per una struttura deformabile torsionalmente, progettata in Classe di Duttività Bassa risulta:

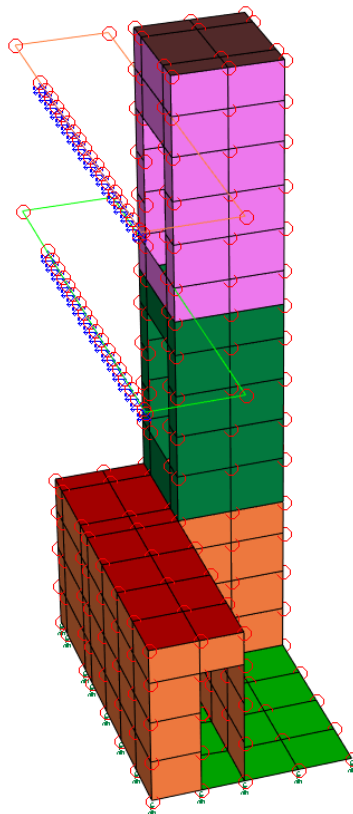
$$q_0 = 2$$

Il fattore di comportamento assume quindi il seguente valore:

$$q = q_0 \cdot k_r = 2 \cdot 0,8 = 1,6$$

### 8.2.2 Numerazione nodi e aste Mastersap, carichi applicati e sollecitazioni

Si riportano di seguito la numerazione usata dal software di calcolo per i nodi e le aste, i diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione e dei carichi applicati.



**fig. 8.3 Modello Wireframe**

	<b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
		OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)
			RELAZIONE DI CALCOLO

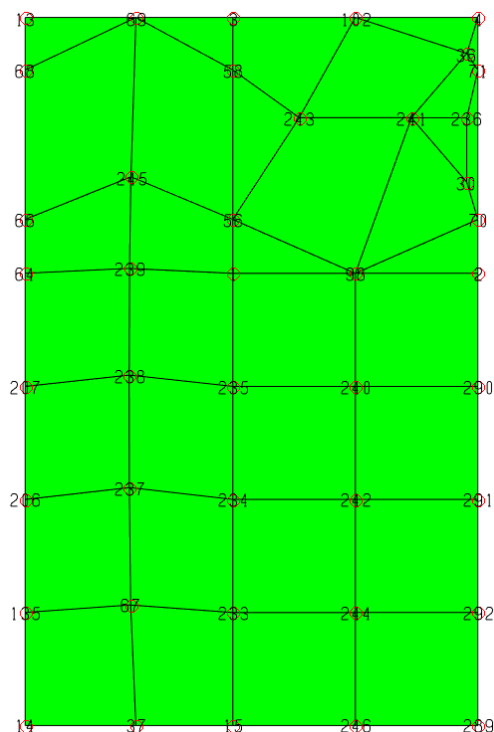


fig. 8.4 Numerazione nodi platea

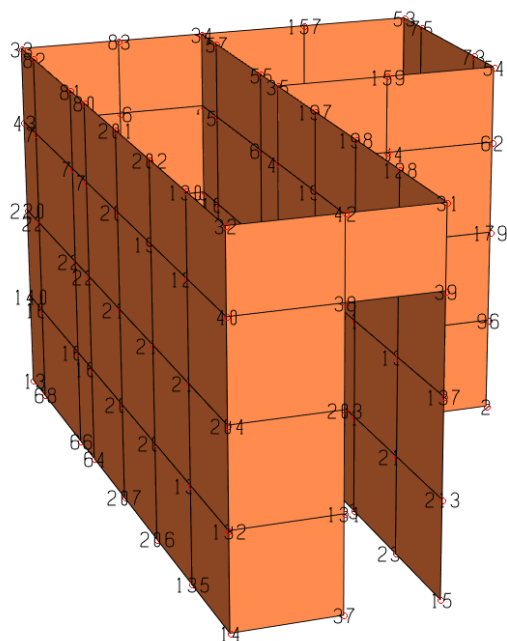
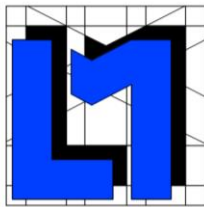


fig. 8.5 Numerazione nodi setti piano seminterrato



**ingegneria mengoli**

progettazione e servizi di ingegneria

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

www.ingegneriamengoli.com

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)

RELAZIONE DI CALCOLO

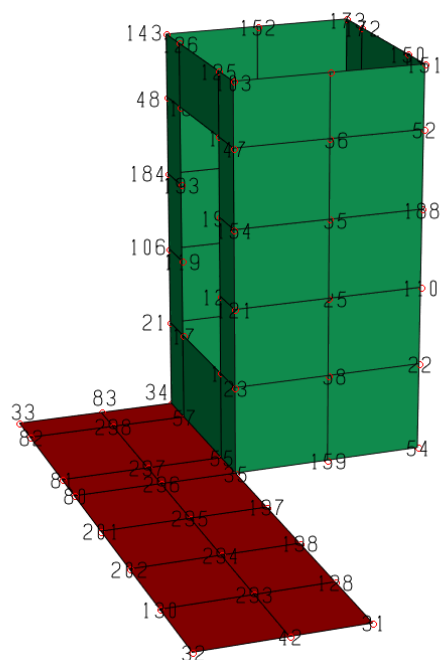


fig. 8.6 Numerazione nodi setti e soletta piano terra

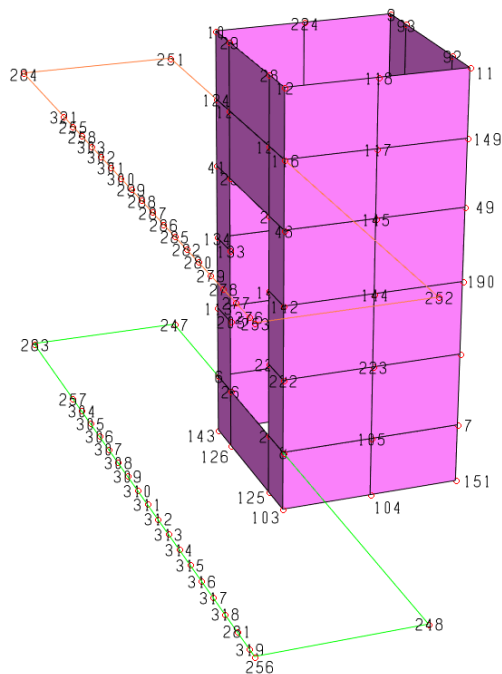


fig. 8.7 Numerazione nodi setti piano primo e travi pianerottolo e di copertura

	<b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
		OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)
			RELAZIONE DI CALCOLO

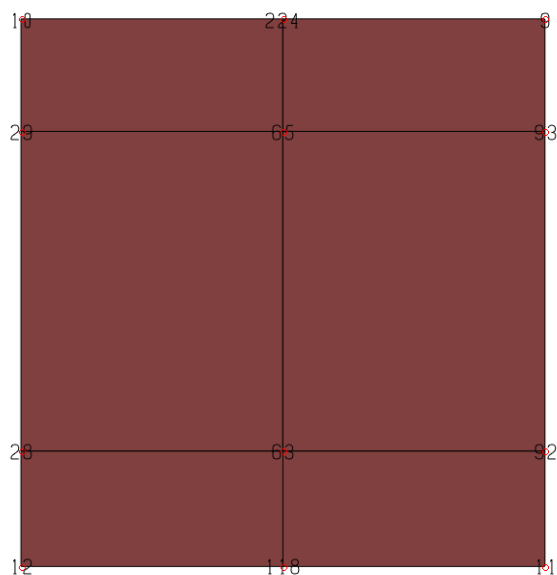


fig. 8.8 Numerazione nodi soletta di copertura vano ascensore

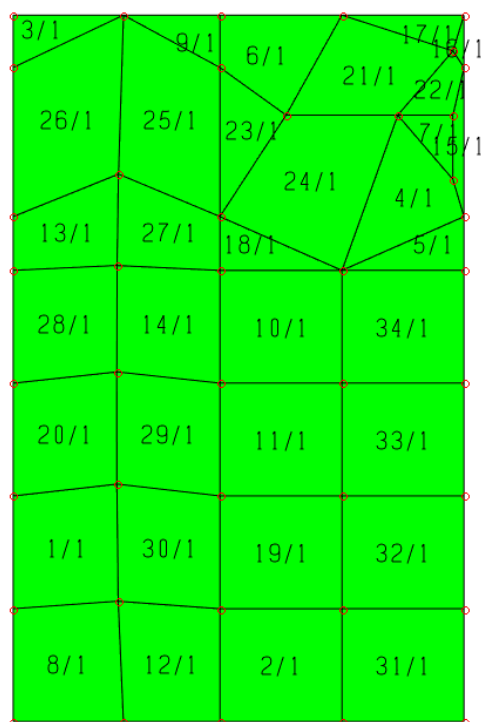


fig. 8.9 Numerazione elementi platea



	<b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
		OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)
			RELAZIONE DI CALCOLO



fig. 8.12 Numerazione elementi setti piano primo

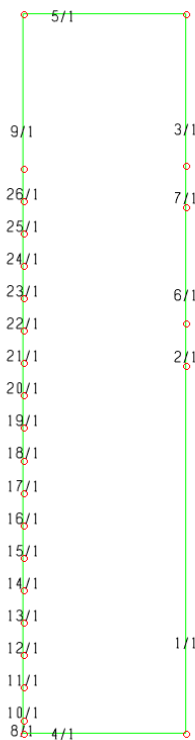
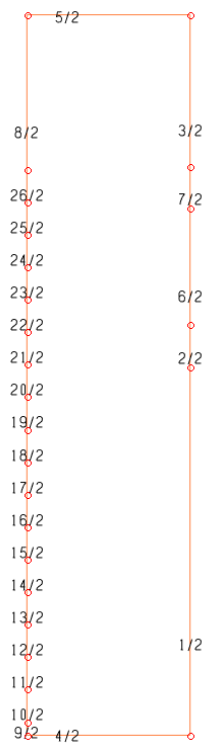


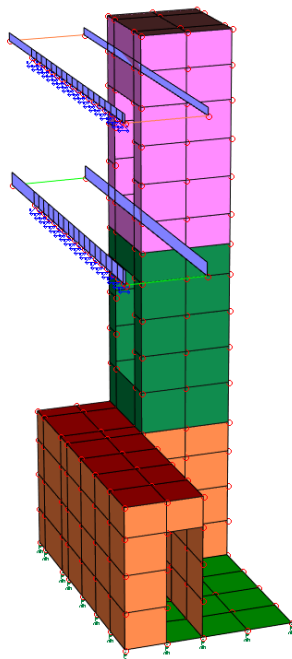
fig. 8.13 Numerazione elementi travi in acciaio pianerottolo di arrivo



	<b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria		ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54	PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 <a href="http://www.ingegneriamengoli.com">www.ingegneriamengoli.com</a>	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)
				RELAZIONE DI CALCOLO



**fig. 8.14 Numerazione elementi travi in acciaio pianerottolo di copertura**



**fig. 8.15 Carichi globali applicati sulla struttura**

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

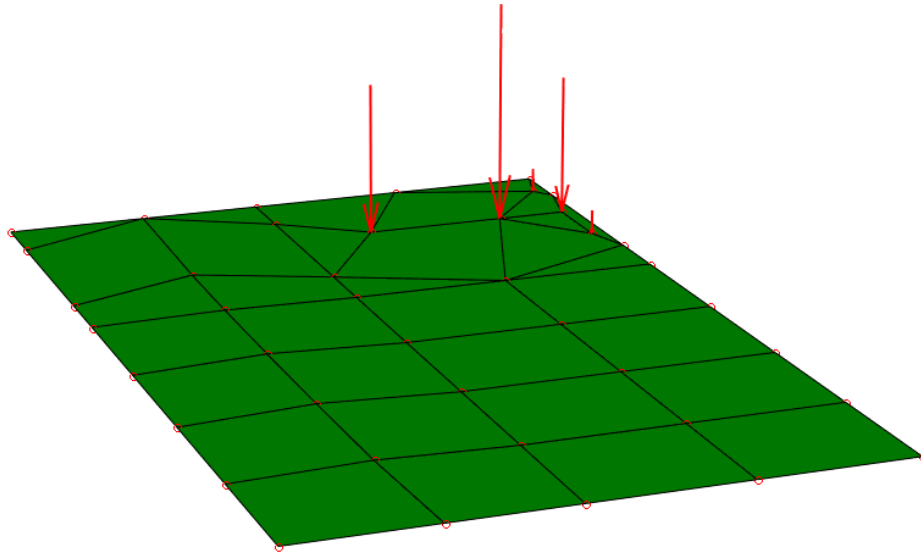


fig. 8.16 Scarichi ascensore su platea

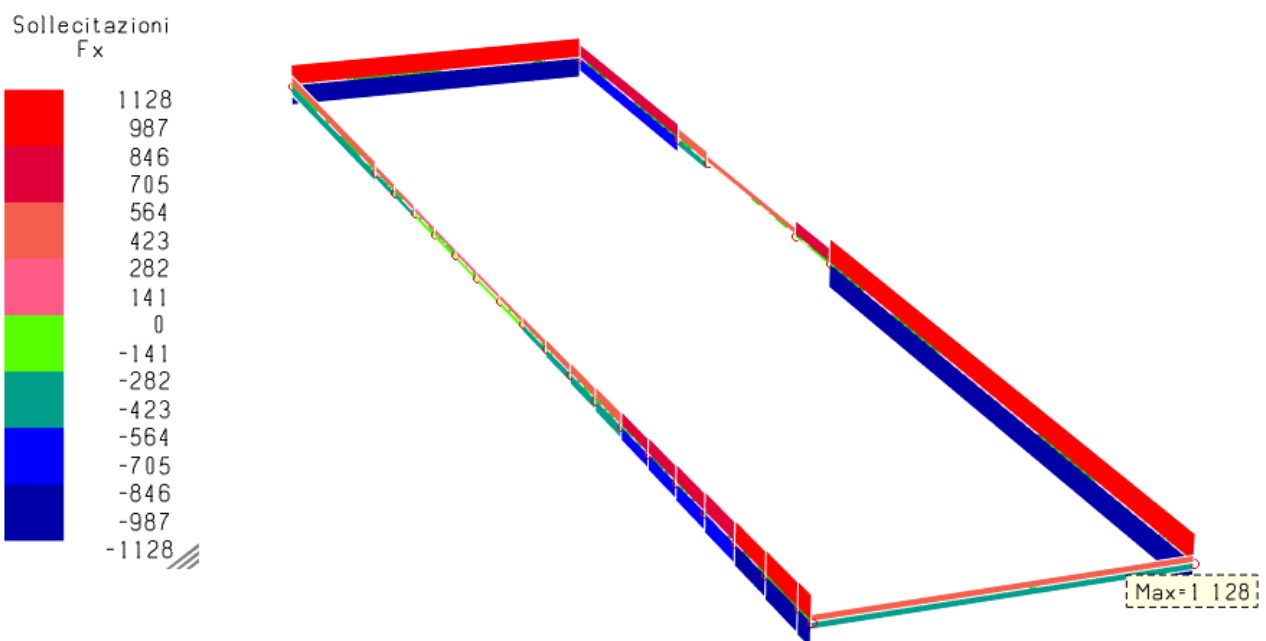


fig. 8.17 Diagramma dello sforzo normale  $F_x$  nella combinazione dinamica [daN] – pianerottolo di arrivo

	<b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria		ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54	PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)
				RELAZIONE DI CALCOLO

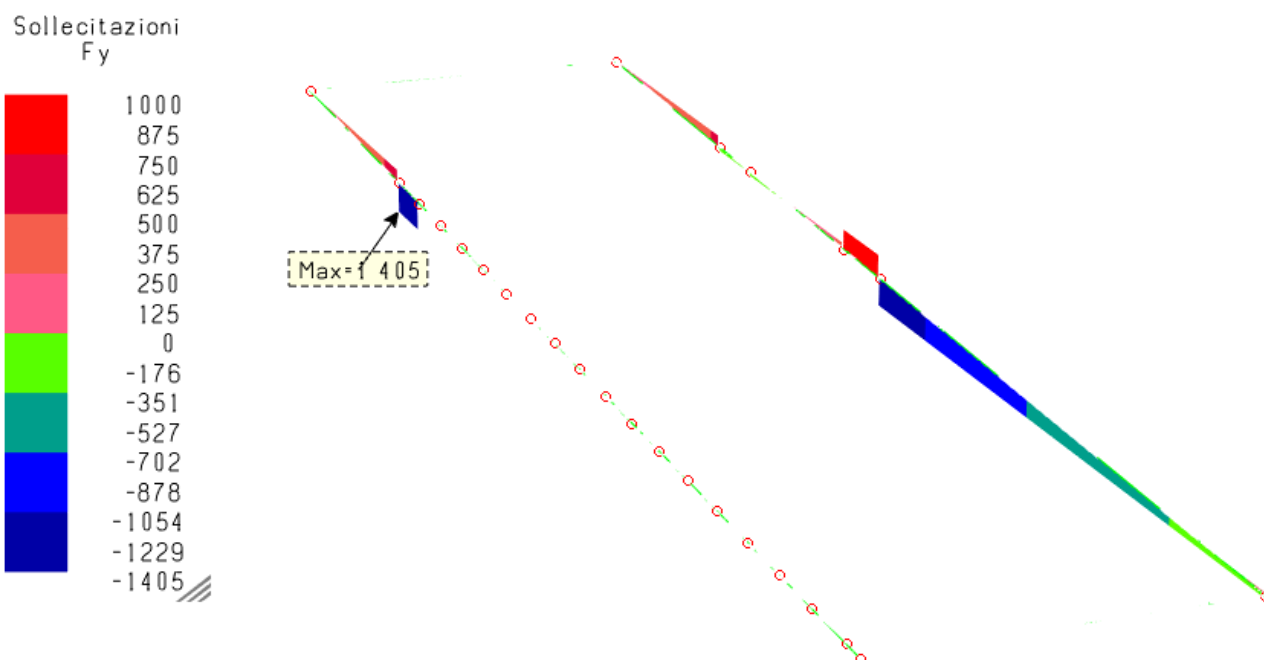


fig. 8.18 Diagramma del taglio Fy nella combinazione dinamica [daN] – pianerottolo di arrivo

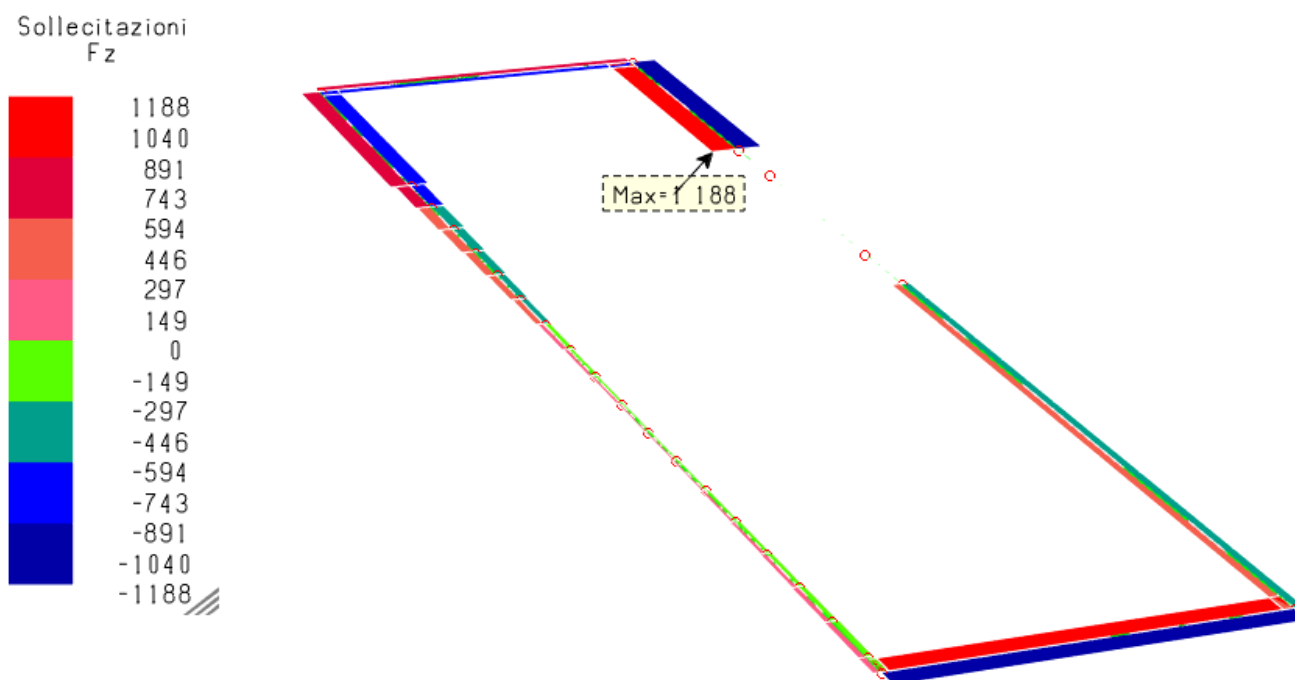


fig. 8.19 Diagramma del taglio Fz nella combinazione dinamica [daN] – pianerottolo di arrivo

	<b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
		OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)
			RELAZIONE DI CALCOLO

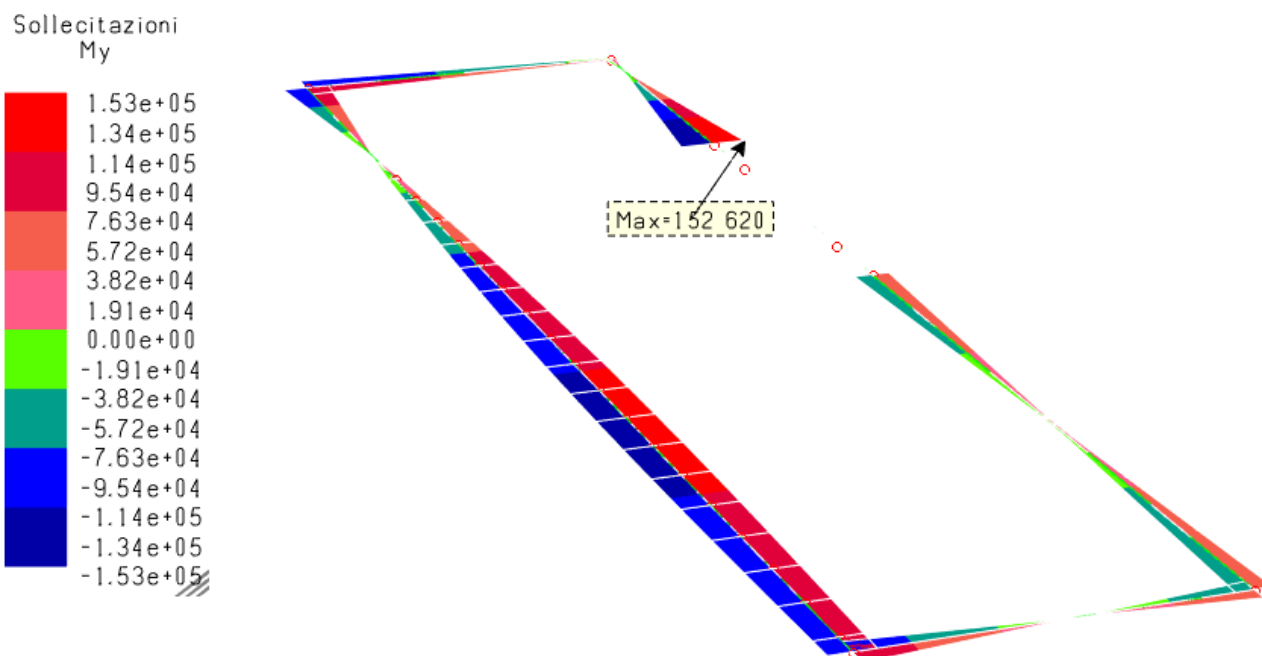


fig. 8.20 Diagramma del momento My nella combinazione dinamica [daNcm] – pianerottolo di arrivo

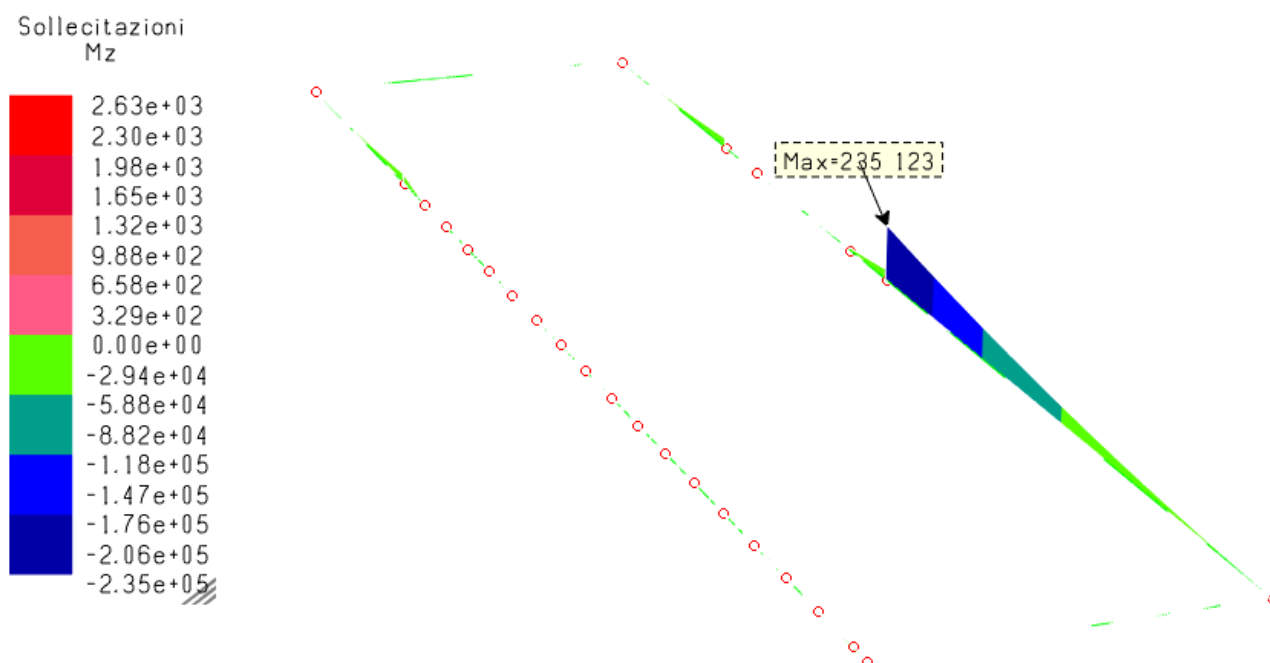


fig. 8.21 Diagramma del momento Mz nella combinazione dinamica [daNcm] – pianerottolo di arrivo

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)
		RELAZIONE DI CALCOLO

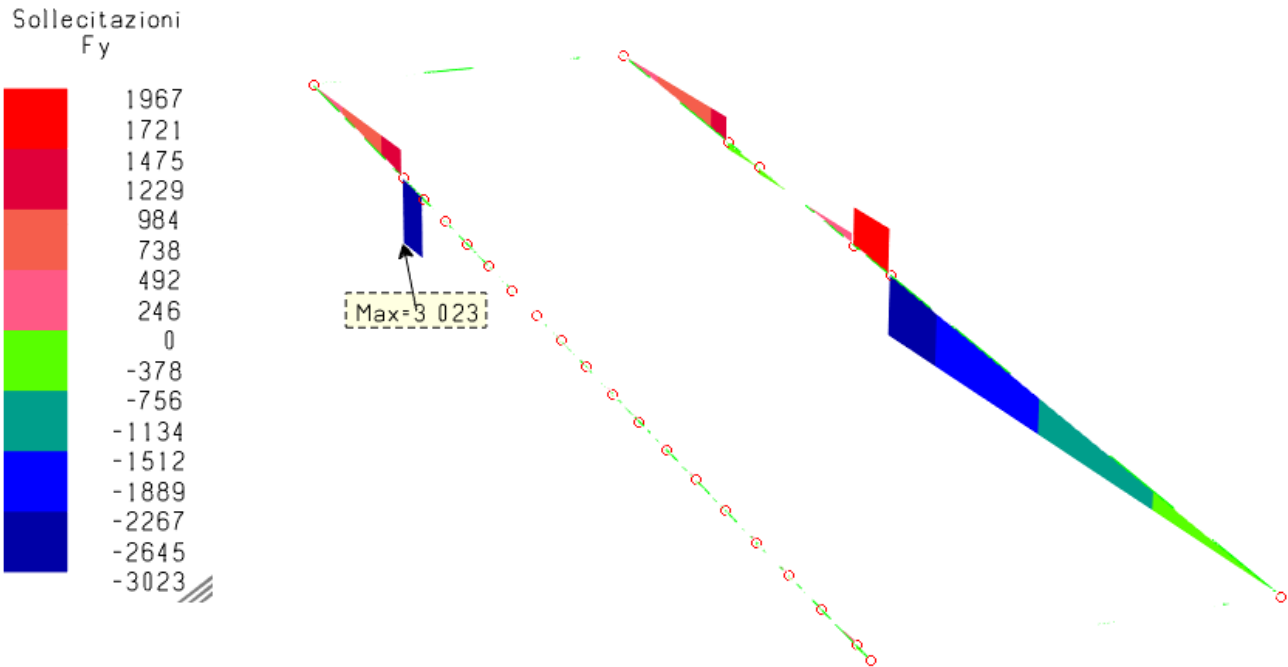


fig. 8.22 Diagramma del taglio Fy nella combinazione statica [daN] – pianerottolo di arrivo

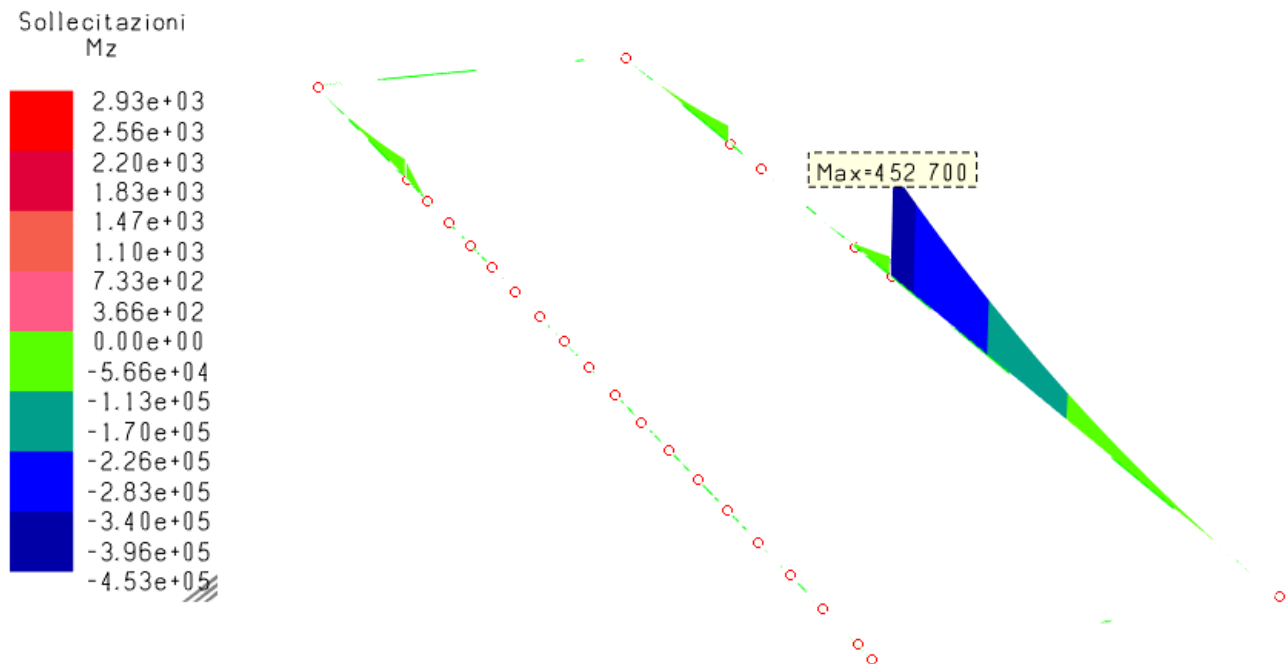


fig. 8.23 Diagramma del momento Mz nella combinazione statica [daNcm] – pianerottolo di arrivo

Sollecitazioni  
Fy

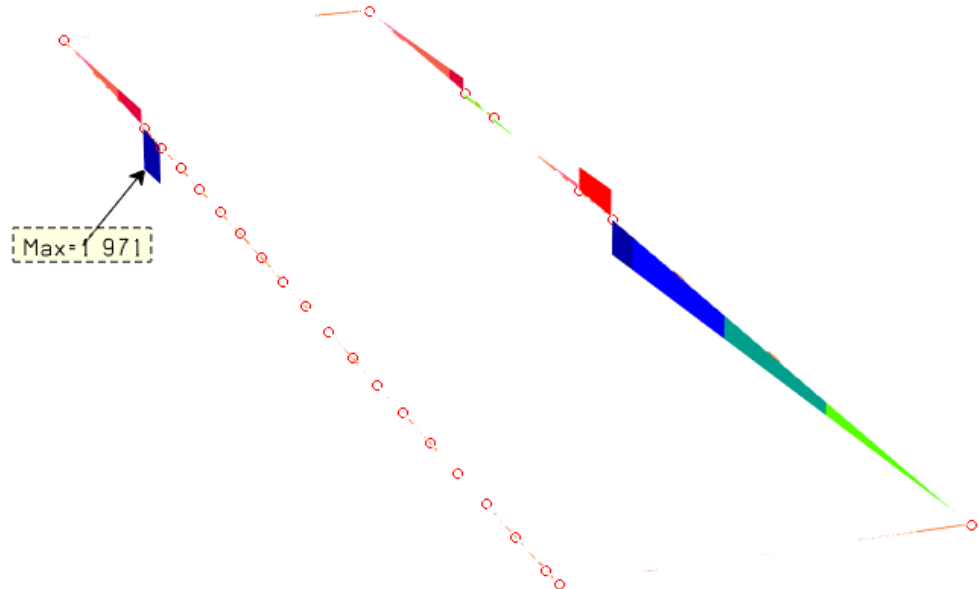
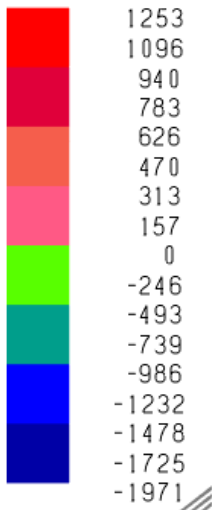


fig. 8.24 Diagramma del taglio Fy nella combinazione statica [daN] – pianerottolo di copertura

Sollecitazioni  
Mz

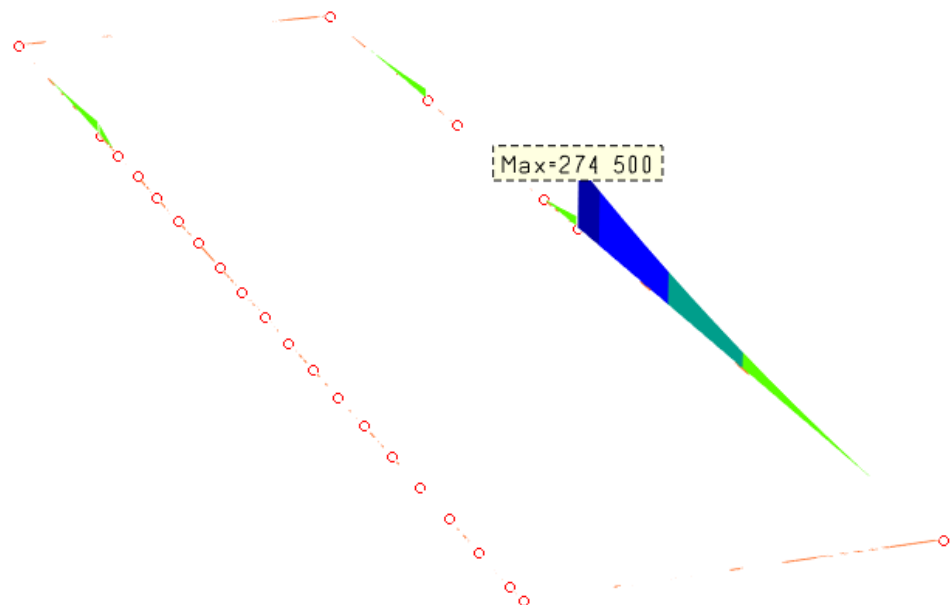
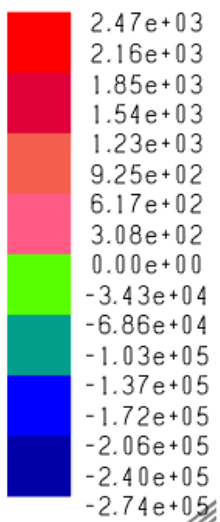


fig. 8.25 Diagramma del momento My nella combinazione statica [daN] – pianerottolo di copertura

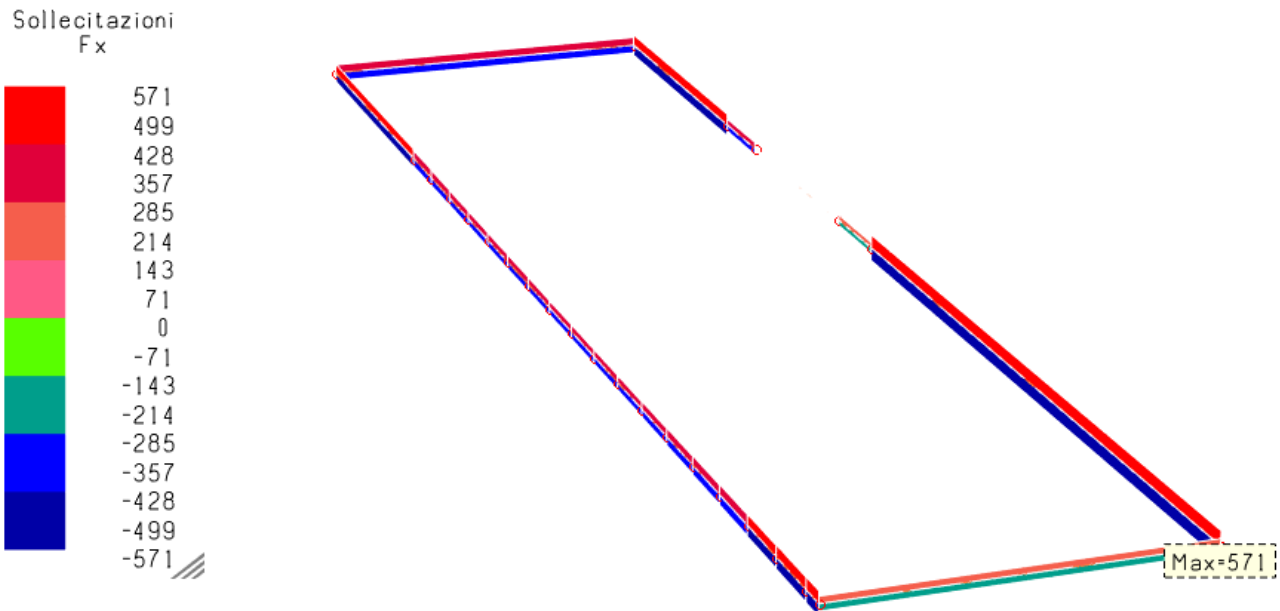


fig. 8.26 Diagramma dello sforzo normale Fx nella combinazione dinamica [daN] – pianerottolo di copertura

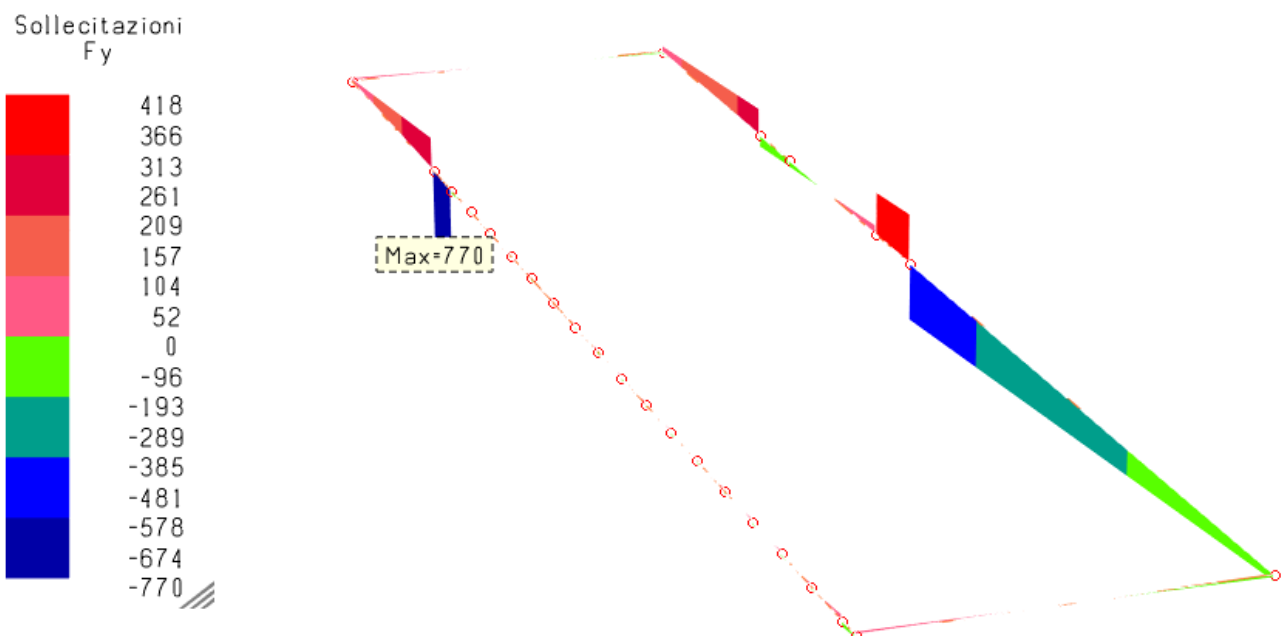


fig. 8.27 Diagramma del taglio Fy nella combinazione dinamica [daN] – pianerottolo di copertura

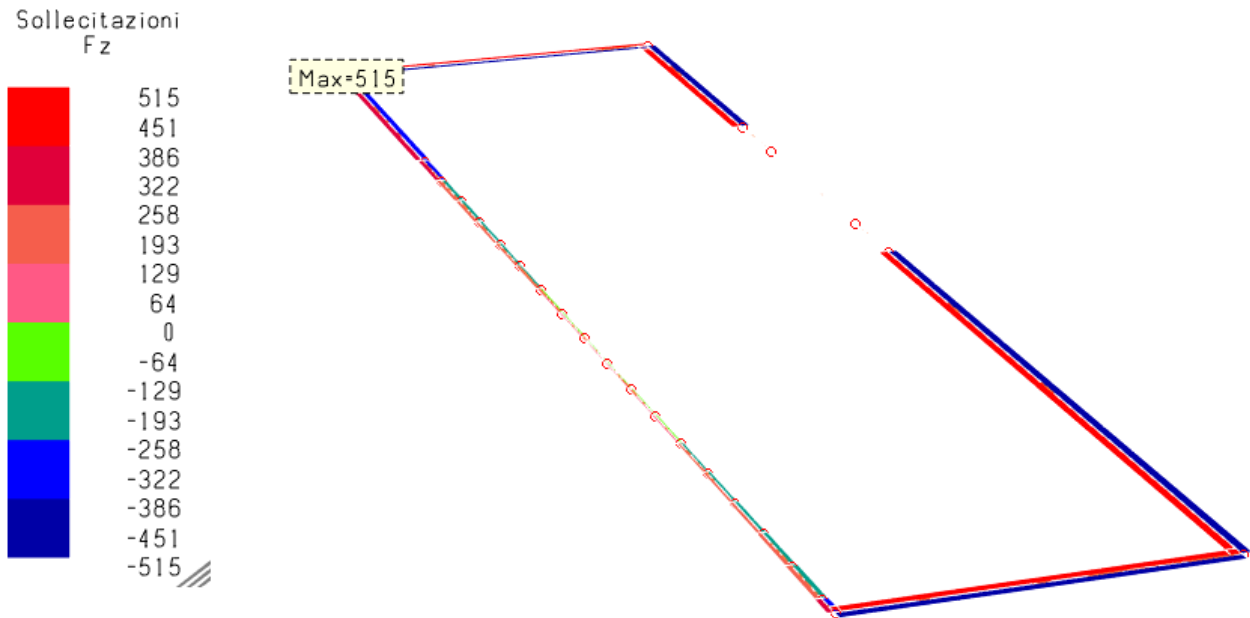


fig. 8.28 Diagramma del taglio Fz nella combinazione dinamica [daN] – pianerottolo di copertura

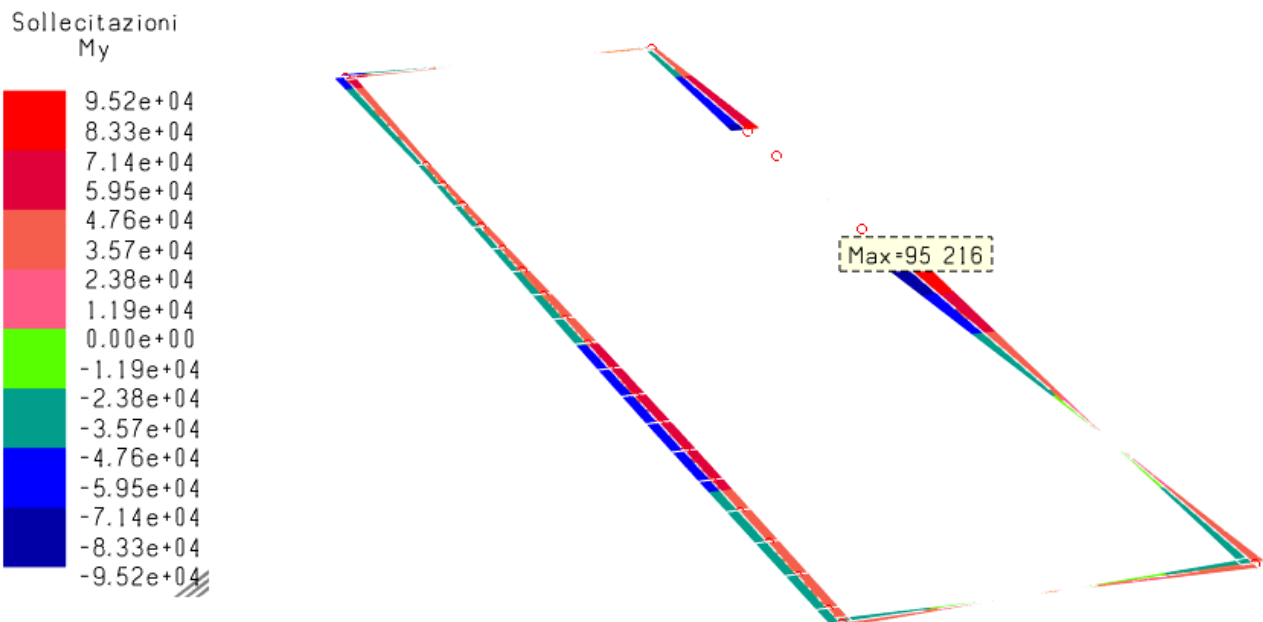


fig. 8.29 Diagramma del momento My nella combinazione dinamica [daNcm] – pianerottolo di copertura



	<b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria		ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 www.ingegneriamengoli.com	PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO) RELAZIONE DI CALCOLO

Sollecitazioni  
Mz

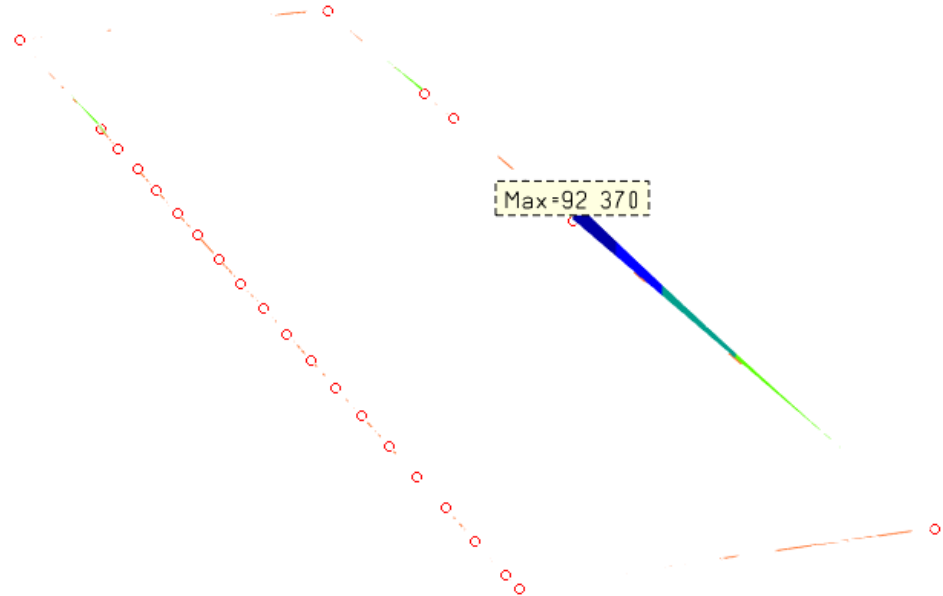
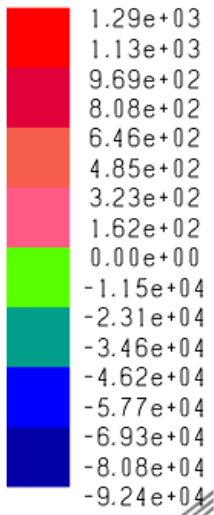


fig. 8.30 Diagramma del momento Mz nella combinazione dinamica [daNcm] – pianerottolo di copertura



**ingegneria mengoli**

progettazione e servizi di ingegneria

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

www.ingegneriamengoli.com

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)

RELAZIONE DI CALCOLO

$M_{xx}$   
kgxcm/cm

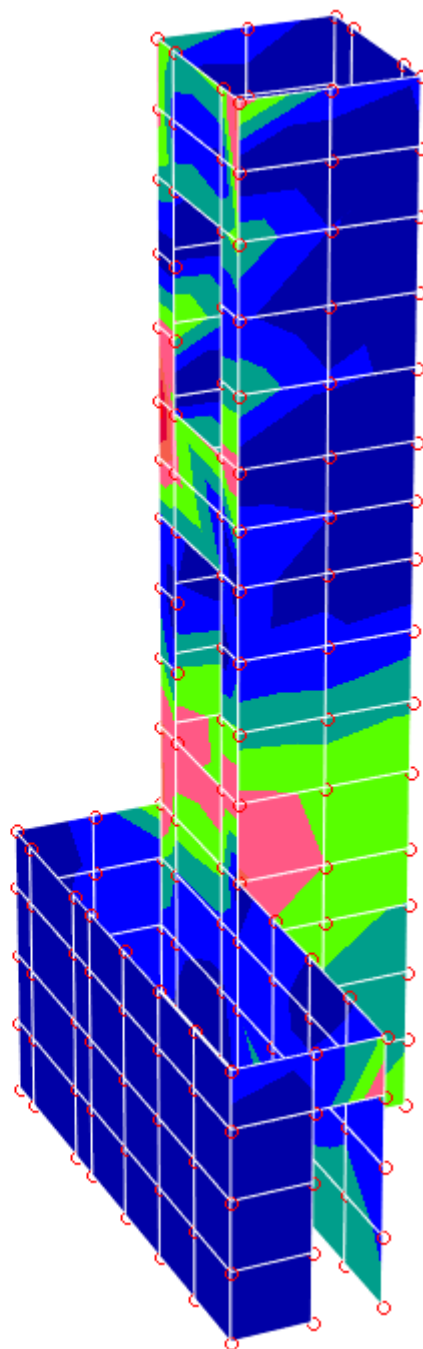
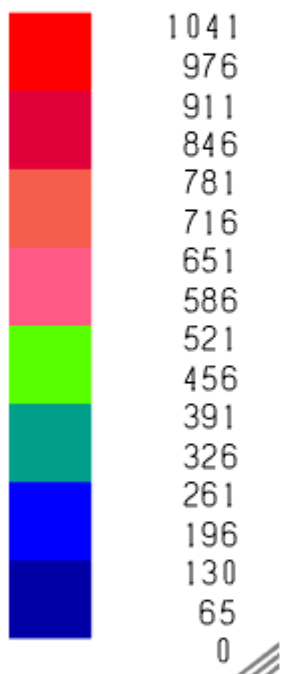


fig. 8.31 Tensioni flettenti  $M_{xx}$  nella combinazione dinamica – setti verticali



**ingegneria mengoli**

progettazione e servizi di ingegneria

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

[www.ingegneriamengoli.com](http://www.ingegneriamengoli.com)

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)

RELAZIONE DI CALCOLO

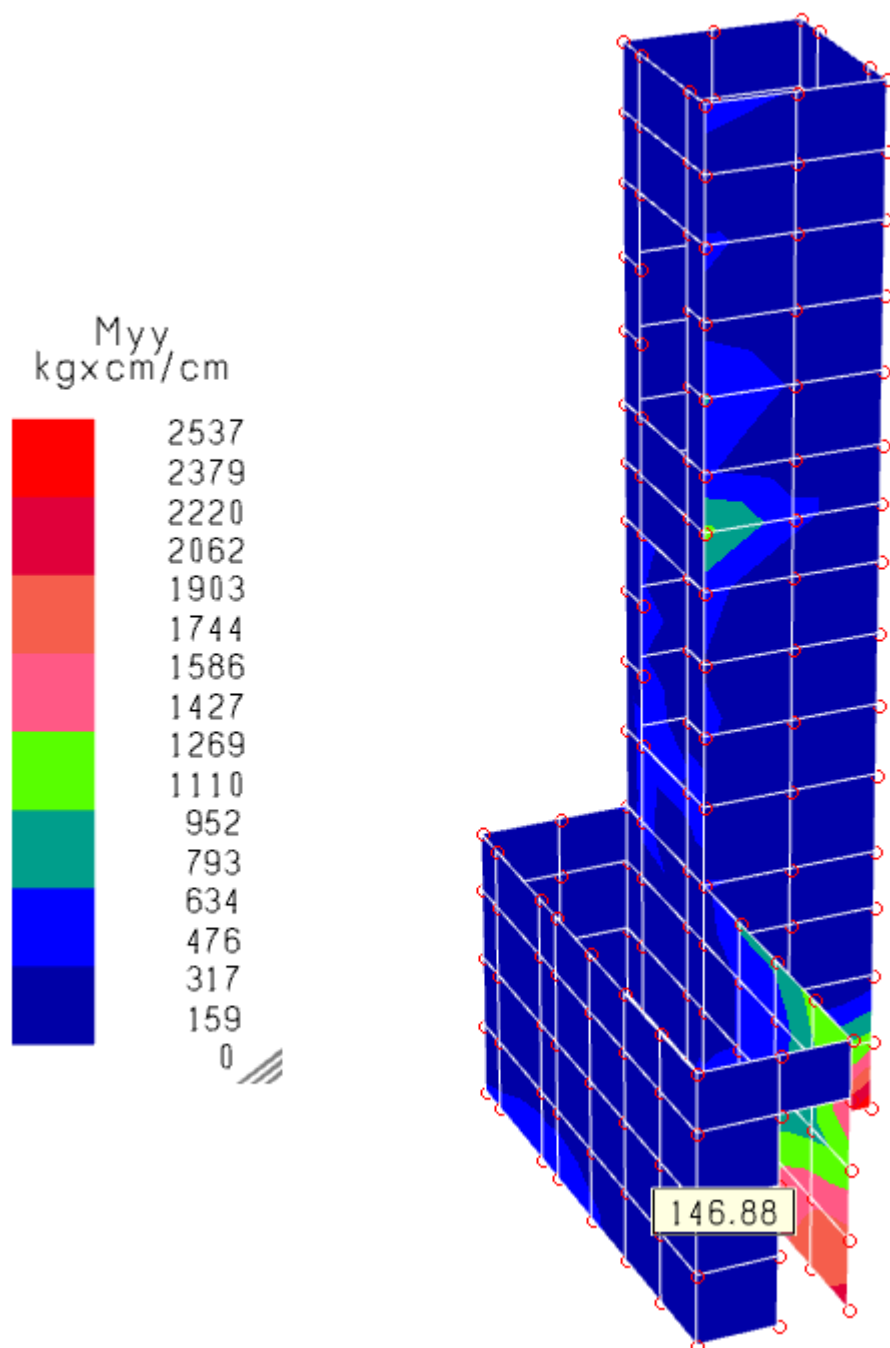
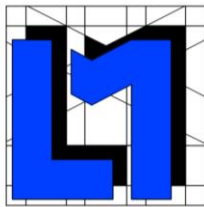


fig. 8.32 Tensioni flettenti Myy nella combinazione dinamica – setti verticali



**ingegneria mengoli**

*progettazione e servizi di ingegneria*

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

[www.ingegneriamengoli.com](http://www.ingegneriamengoli.com)

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

**PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)**

RELAZIONE DI CALCOLO

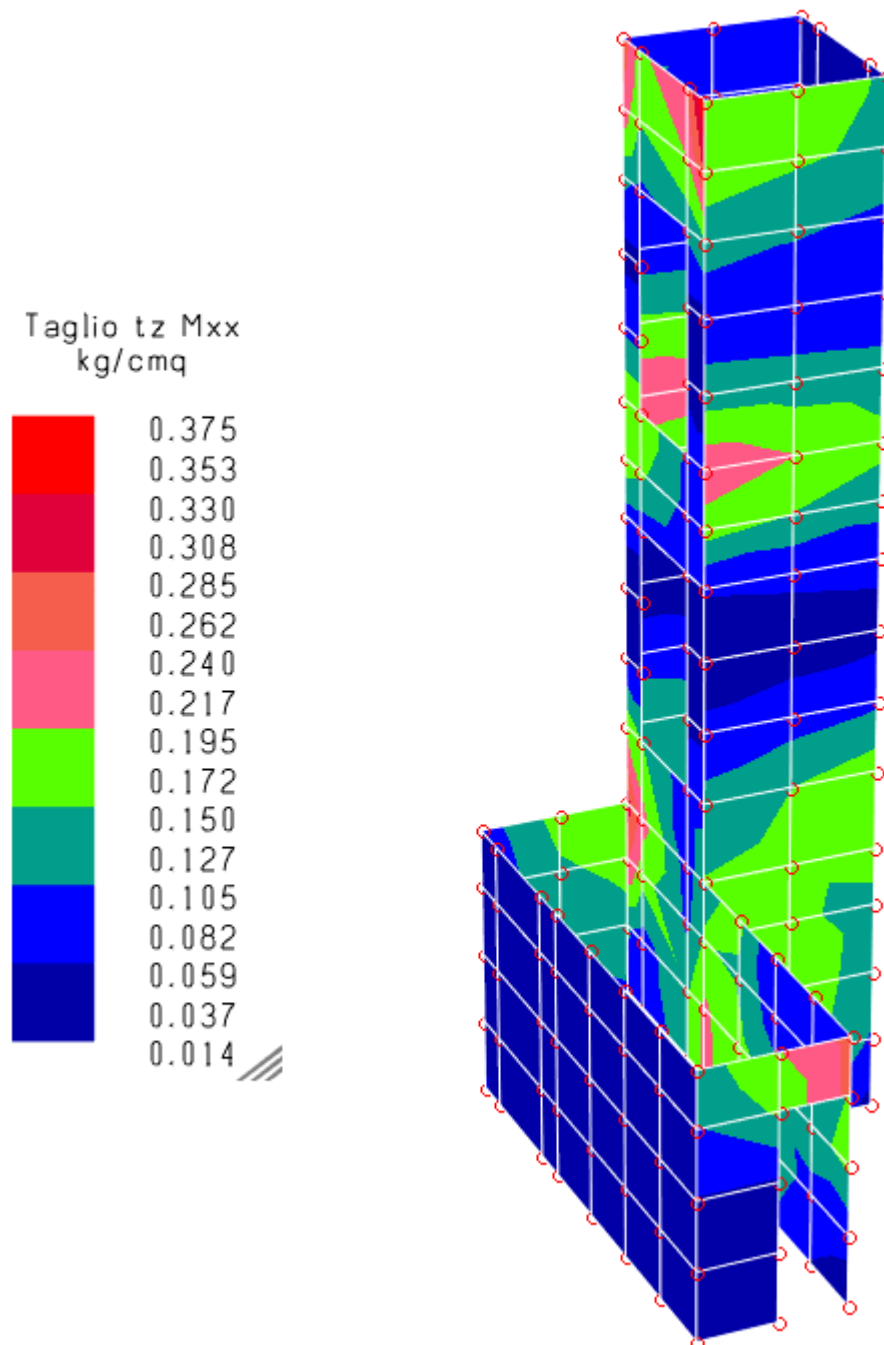


fig. 8.33 Tensioni di taglio  $t_z(M_{xx})$  nella combinazione dinamica – setti verticali



**ingegneria mengoli**

*progettazione e servizi di ingegneria*

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

[www.ingegneriamengoli.com](http://www.ingegneriamengoli.com)

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

**PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)**

RELAZIONE DI CALCOLO

Taglio  $t_z$  Myy  
kg/cmq

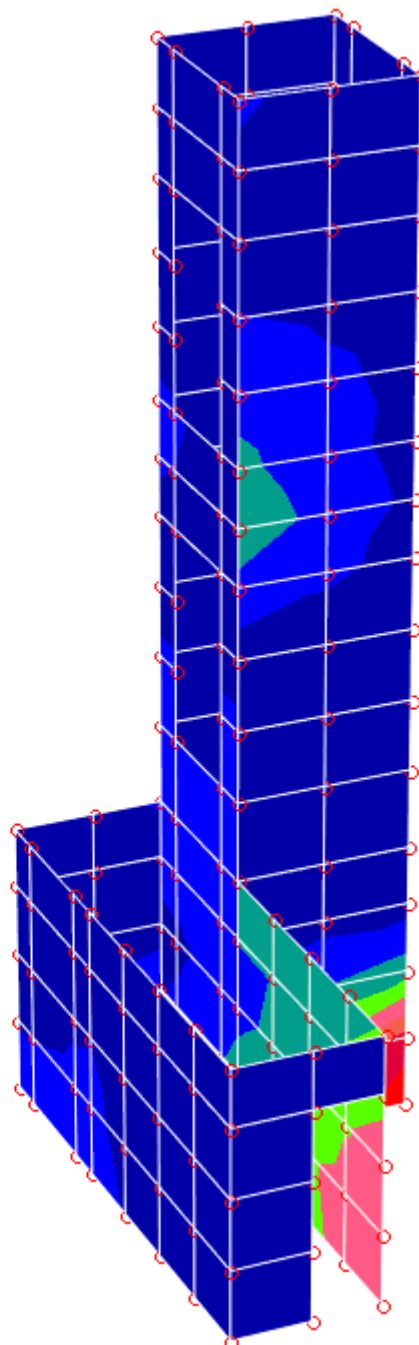
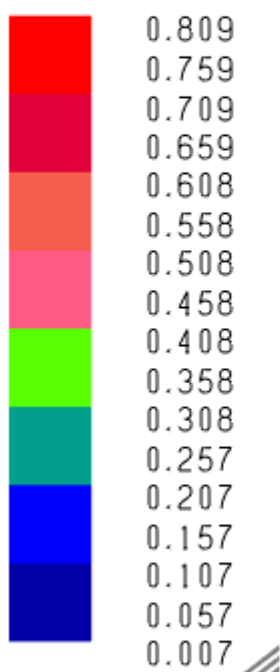
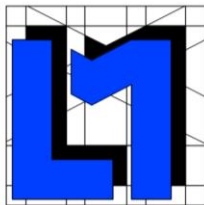


fig. 8.34 Tensioni di taglio  $t_z$ (Myy) nella combinazione dinamica – setti verticali



**ingegneria mengoli**

*progettazione e servizi di ingegneria*

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

[www.ingegneriamengoli.com](http://www.ingegneriamengoli.com)

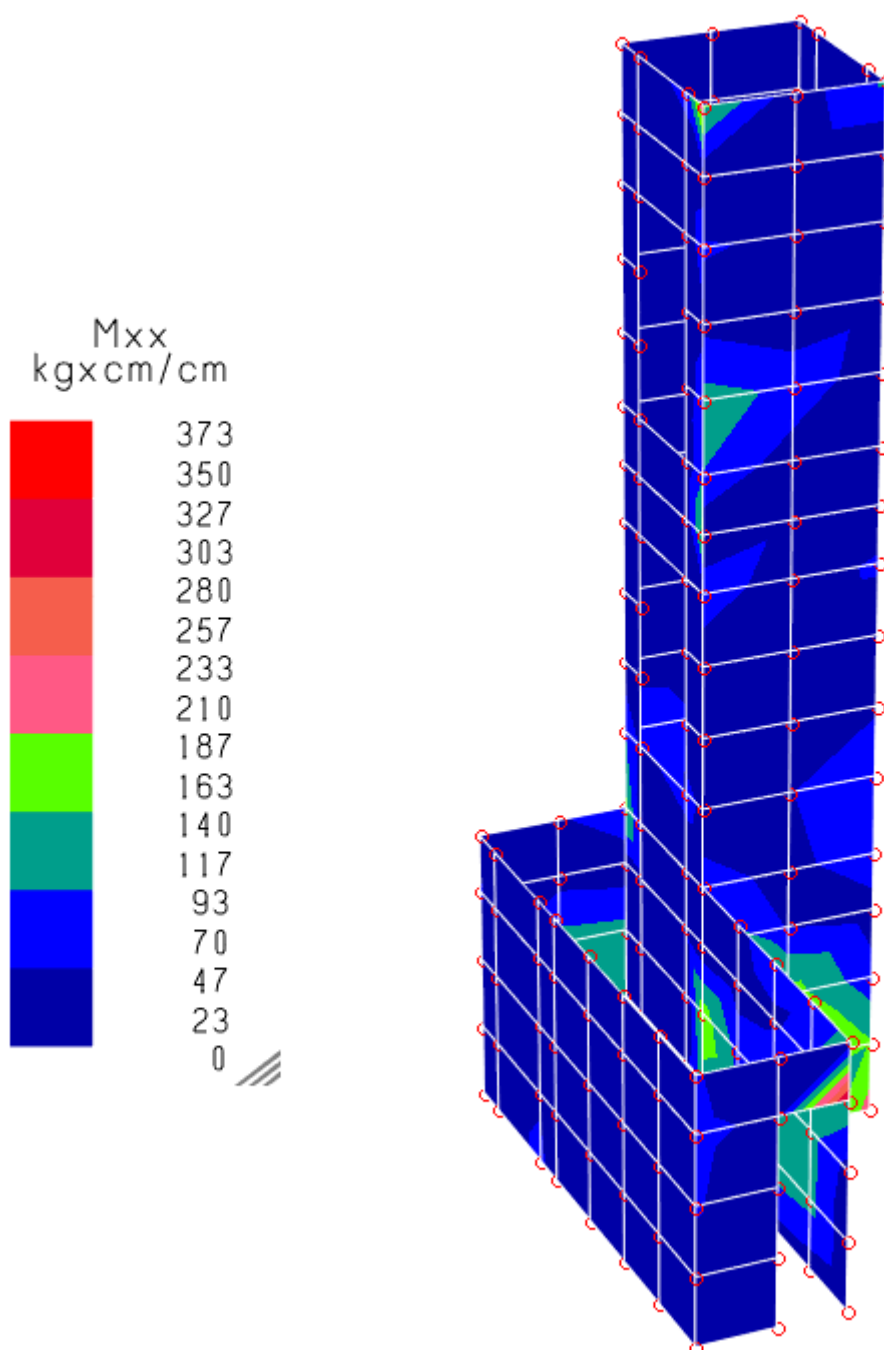
ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

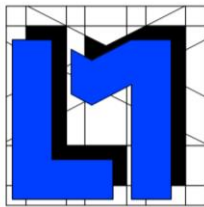
OGGETTO

**PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)**

RELAZIONE DI CALCOLO



**fig. 8.35 Tensioni flettenti Mxx nella combinazione statica – setti verticali**



**ingegneria mengoli**

*progettazione e servizi di ingegneria*

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

[www.ingegneriamengoli.com](http://www.ingegneriamengoli.com)

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

**PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)**

RELAZIONE DI CALCOLO

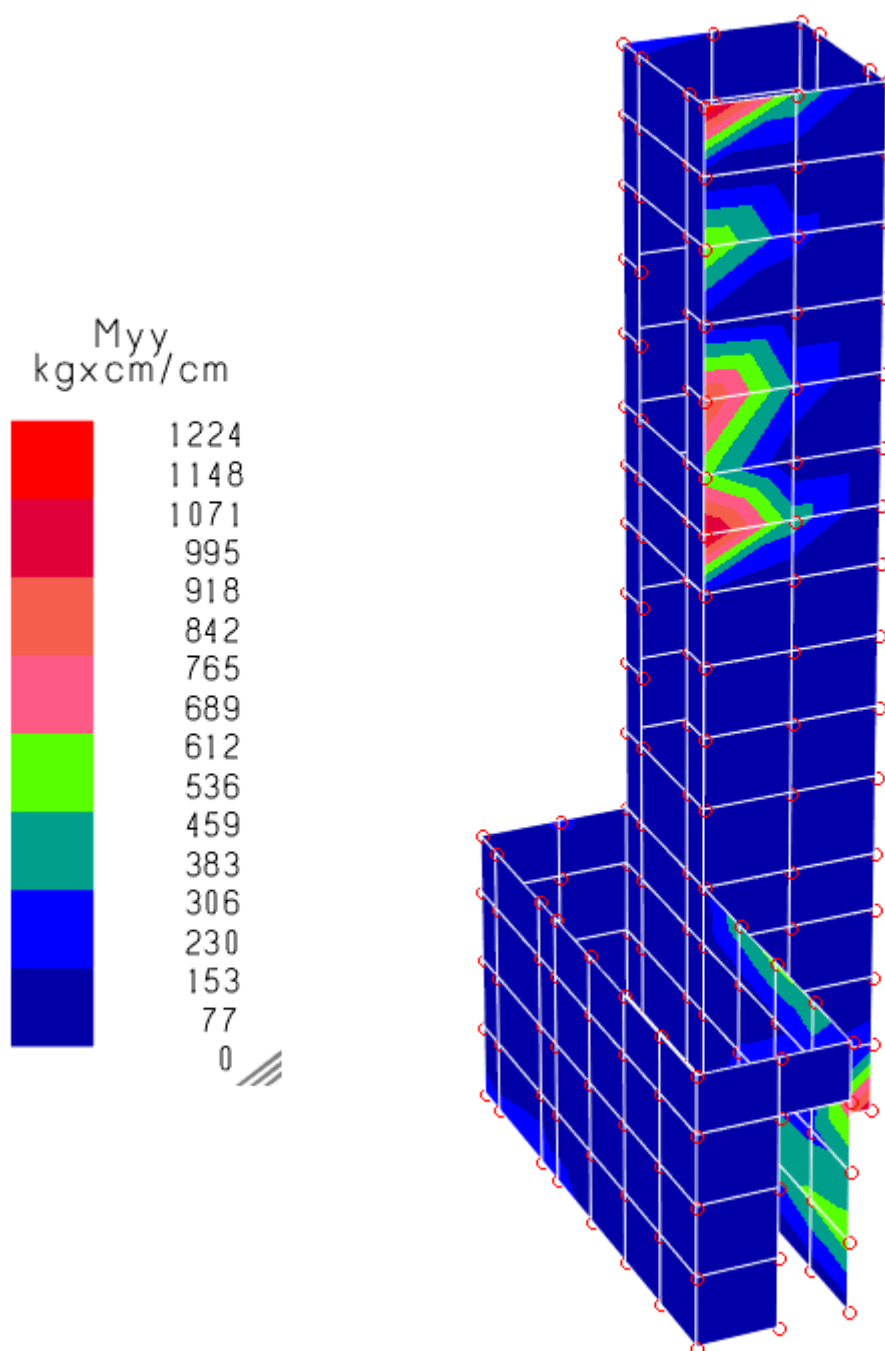
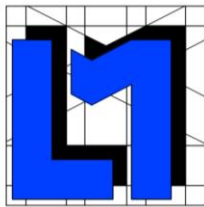


fig. 8.36 Tensioni flettenti  $M_{yy}$  nella combinazione statica – setti verticali



**ingegneria mengoli**

*progettazione e servizi di ingegneria*

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

[www.ingegneriamengoli.com](http://www.ingegneriamengoli.com)

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

**PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)**

RELAZIONE DI CALCOLO

Taglio  $t_z$   $M_{xx}$   
kg/cm<sup>2</sup>

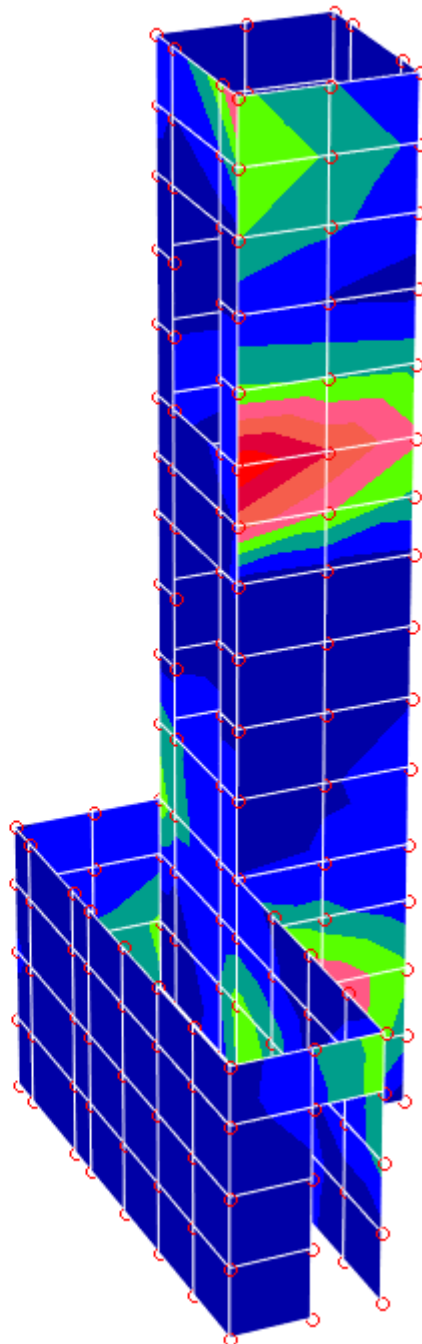
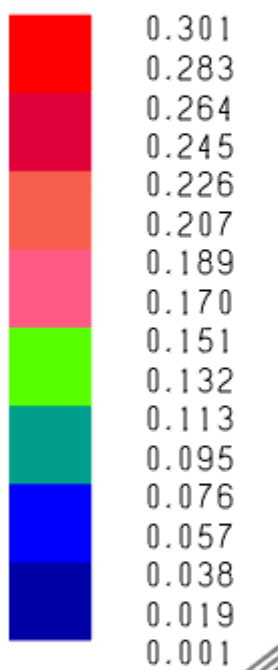


fig. 8.37 Tensioni di taglio  $t_z(M_{xx})$  nella combinazione statica – setti verticali





**ingegneria mengoli**

*progettazione e servizi di ingegneria*

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

[www.ingegneriamengoli.com](http://www.ingegneriamengoli.com)

ELABORATO

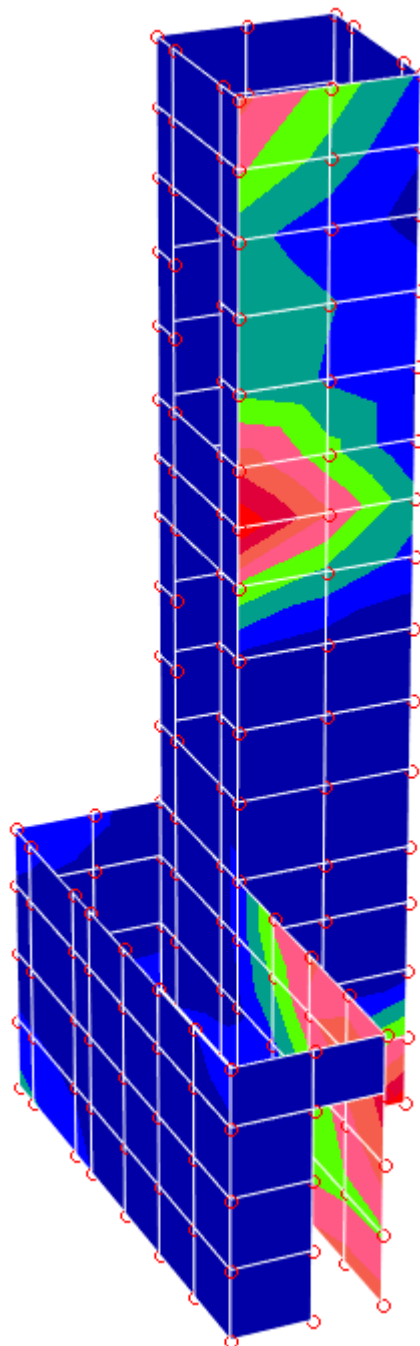
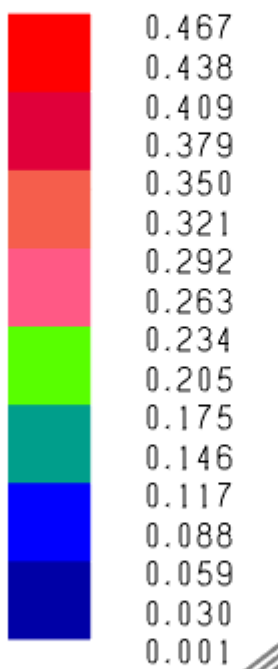
230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

**PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)**

RELAZIONE DI CALCOLO

Taglio  $t_z$  Myy  
kg/cmq



**fig. 8.38 Tensioni di taglio  $t_z$ (Myy) nella combinazione statica – setti verticali**

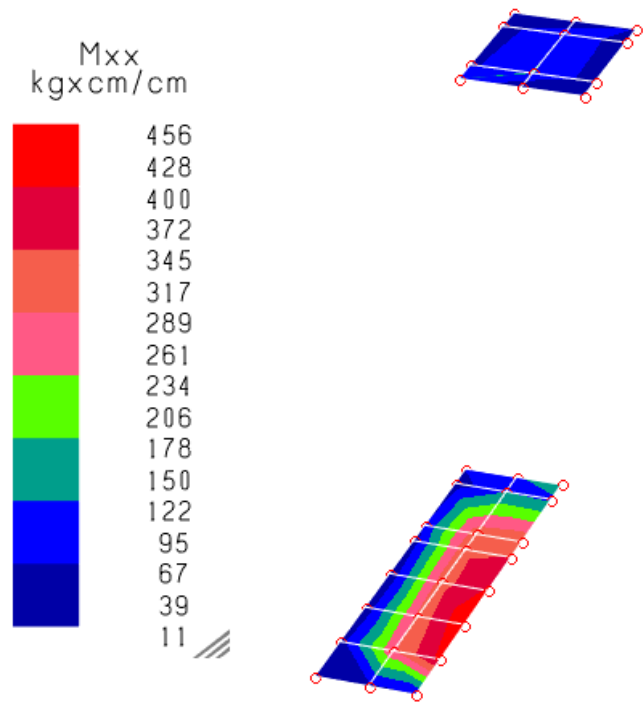


fig. 8.39 Tensioni flettenti Mxx nella combinazione statica – solette di copertura

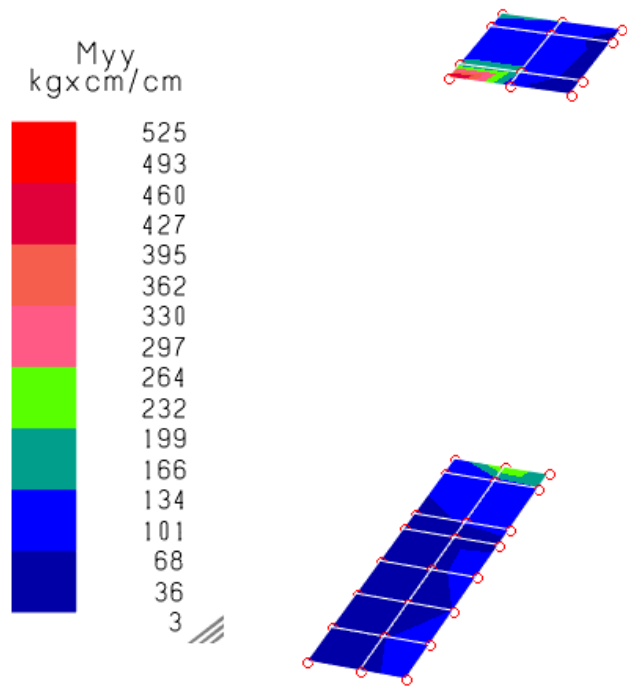


fig. 8.40 Tensioni flettenti Myy nella combinazione statica – solette di copertura

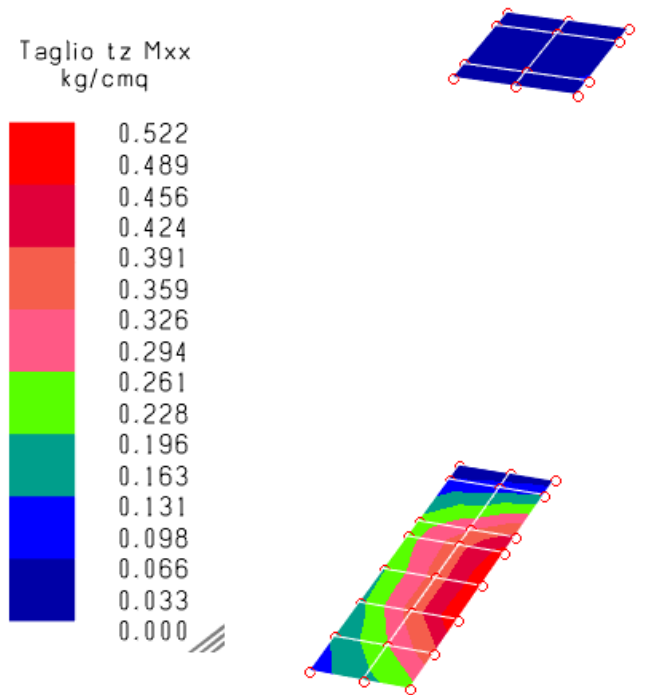


fig. 8.41 Tensioni di taglio  $t_z(M_{xx})$  nella combinazione statica – solette di copertura

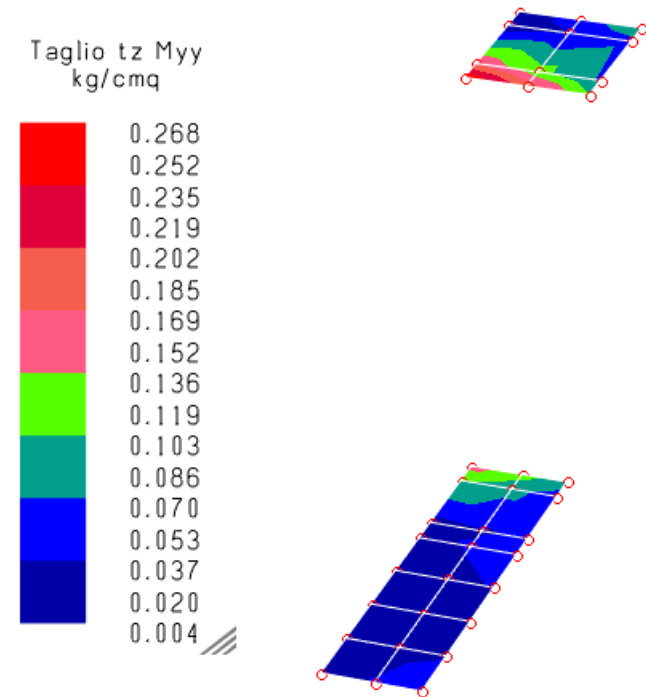


fig. 8.42 Tensioni di taglio  $t_z(M_{yy})$  nella combinazione statica – solette di copertura

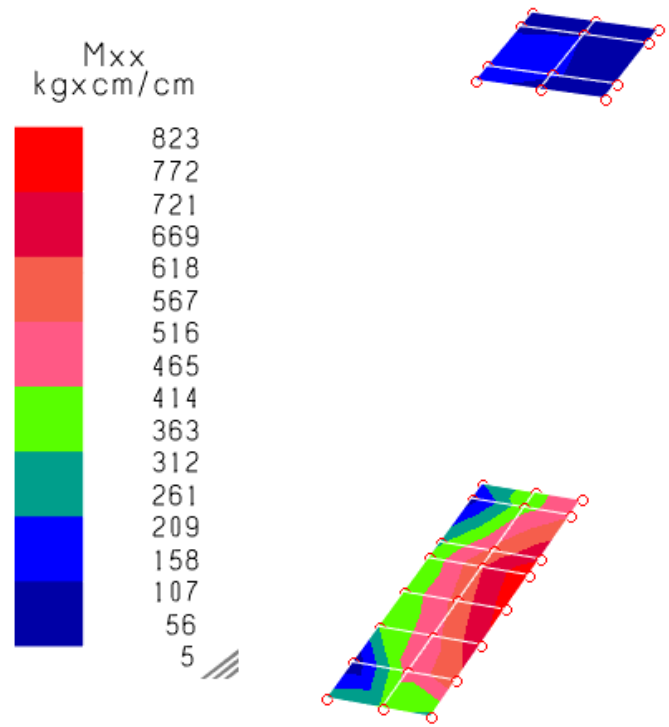


fig. 8.43 Tensioni flettenti  $M_{xx}$  nella combinazione dinamica – solette di copertura

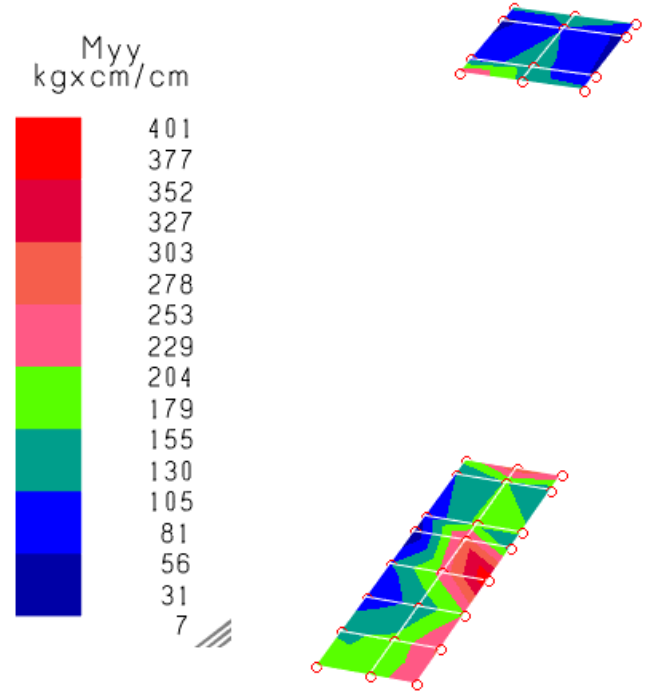


fig. 8.44 Tensioni flettenti  $M_{yy}$  nella combinazione dinamica – solette di copertura

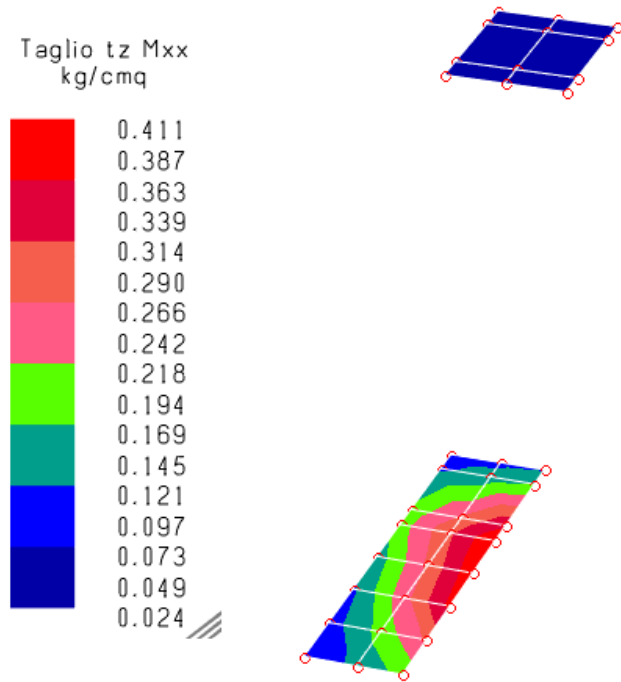


fig. 8.45 Tensioni di taglio  $t_z(M_{xx})$  nella combinazione dinamica – solette di copertura

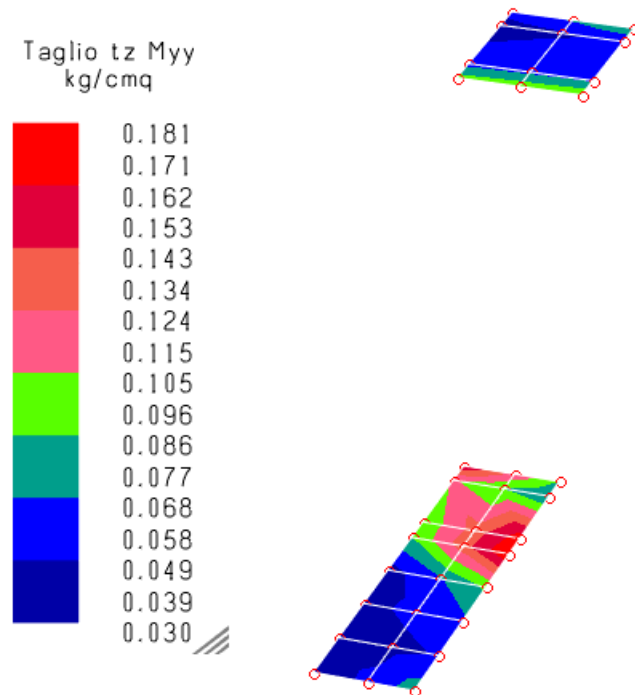


fig. 8.46 Tensioni di taglio  $t_z(M_{yy})$  nella combinazione dinamica – solette di copertura

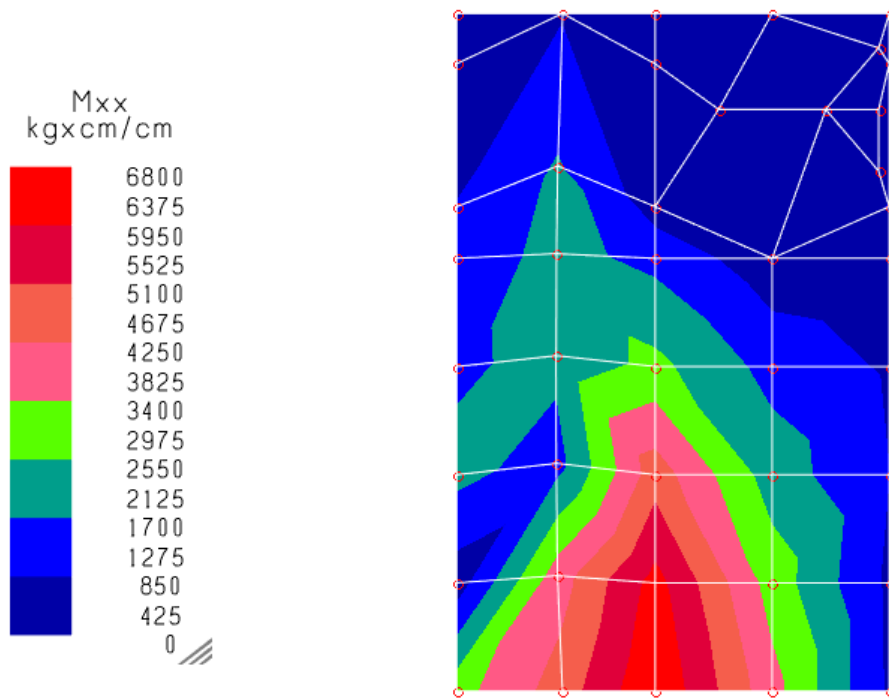


fig. 8.47 Tensioni flettenti Mxx nella combinazione dinamica – platea

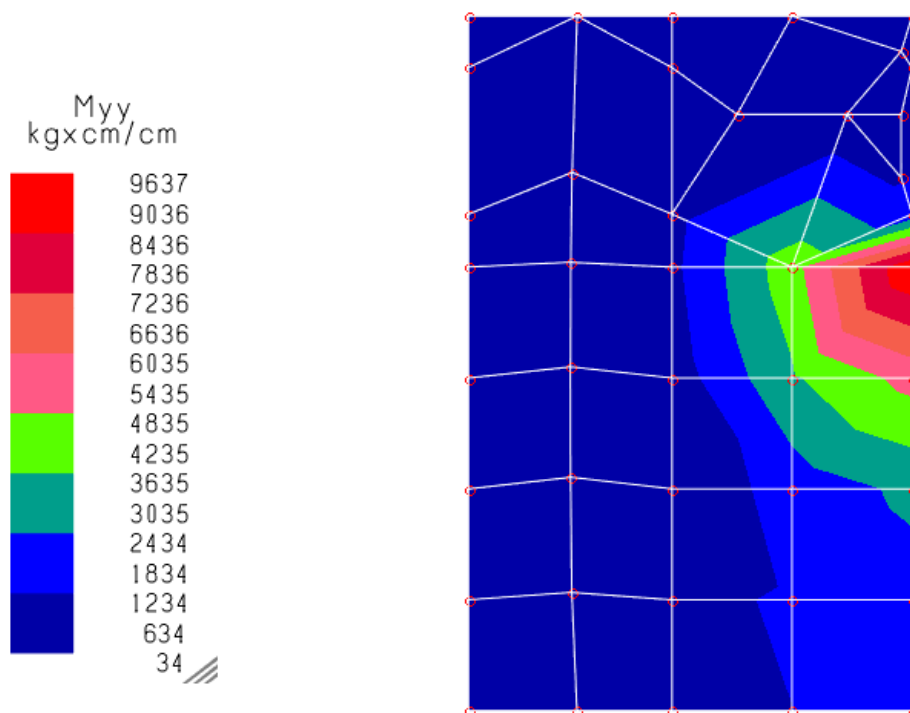


fig. 8.48 Tensioni flettenti Myy nella combinazione dinamica – platea

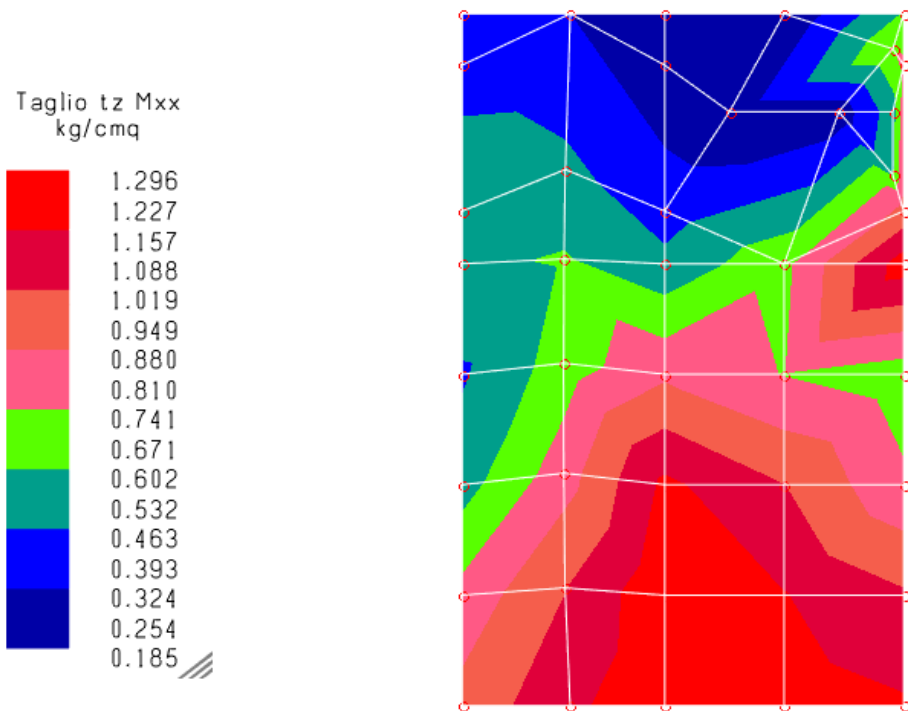


fig. 8.49 Tensioni di taglio  $t_z(M_{xx})$  nella combinazione dinamica – platea

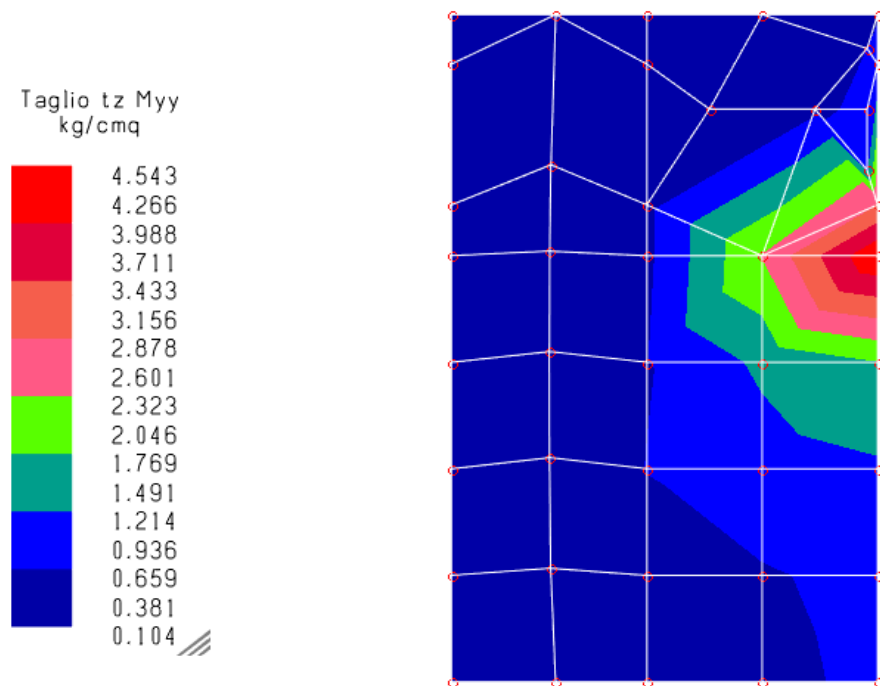


fig. 8.50 Tensioni di taglio  $t_z(M_{yy})$  nella combinazione dinamica – platea

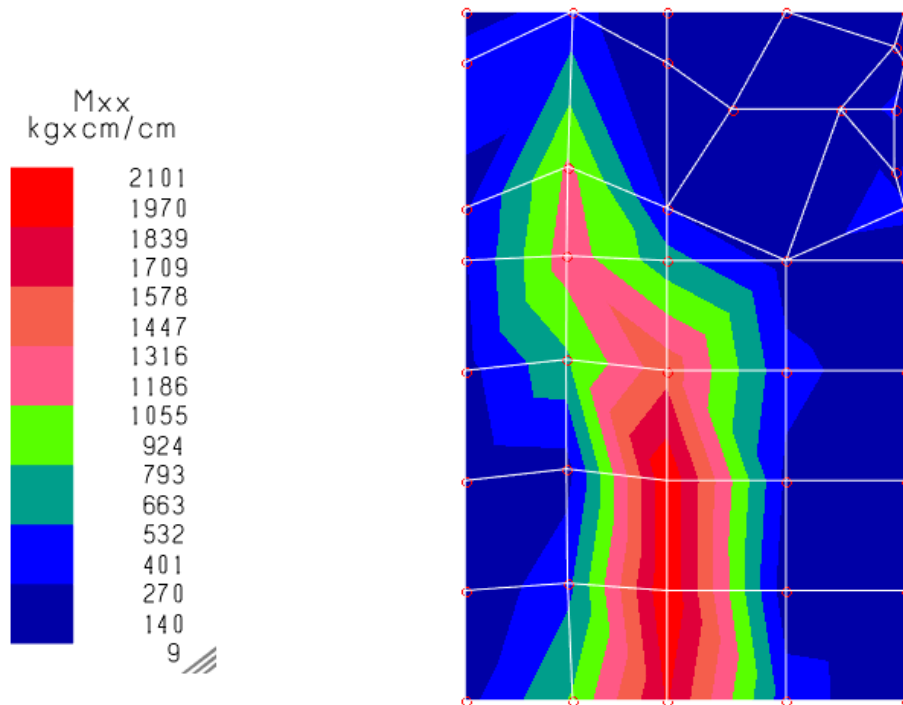


fig. 8.51 Tensioni flettenti Mxx nella combinazione statica – platea

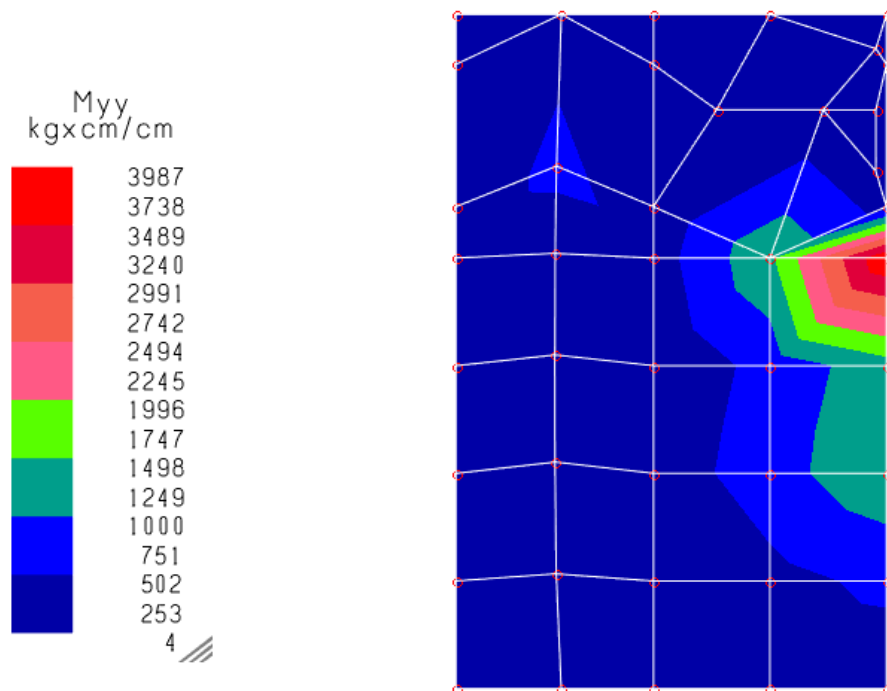


fig. 8.52 Tensioni flettenti Myy nella combinazione statica – platea



Taglio  $t_z$   $M_{xx}$   
kg/cmq

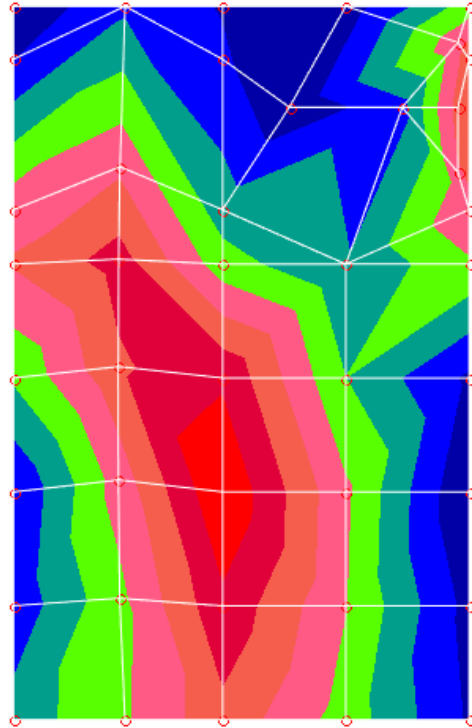
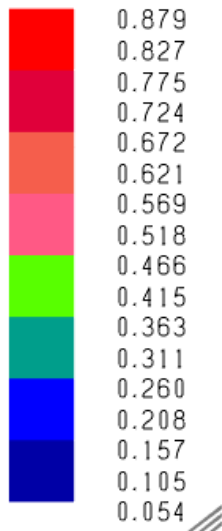


fig. 8.53 Tensioni di taglio  $t_z(M_{xx})$  nella combinazione statica – platea

Taglio  $t_z$   $M_{yy}$   
kg/cmq

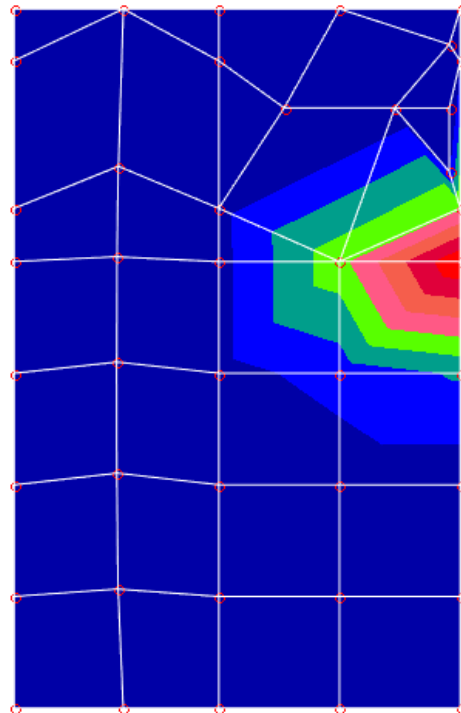
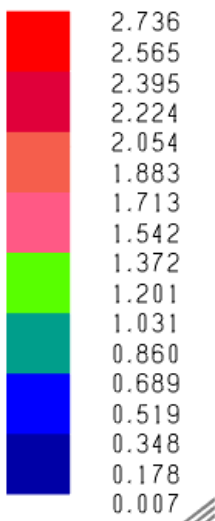
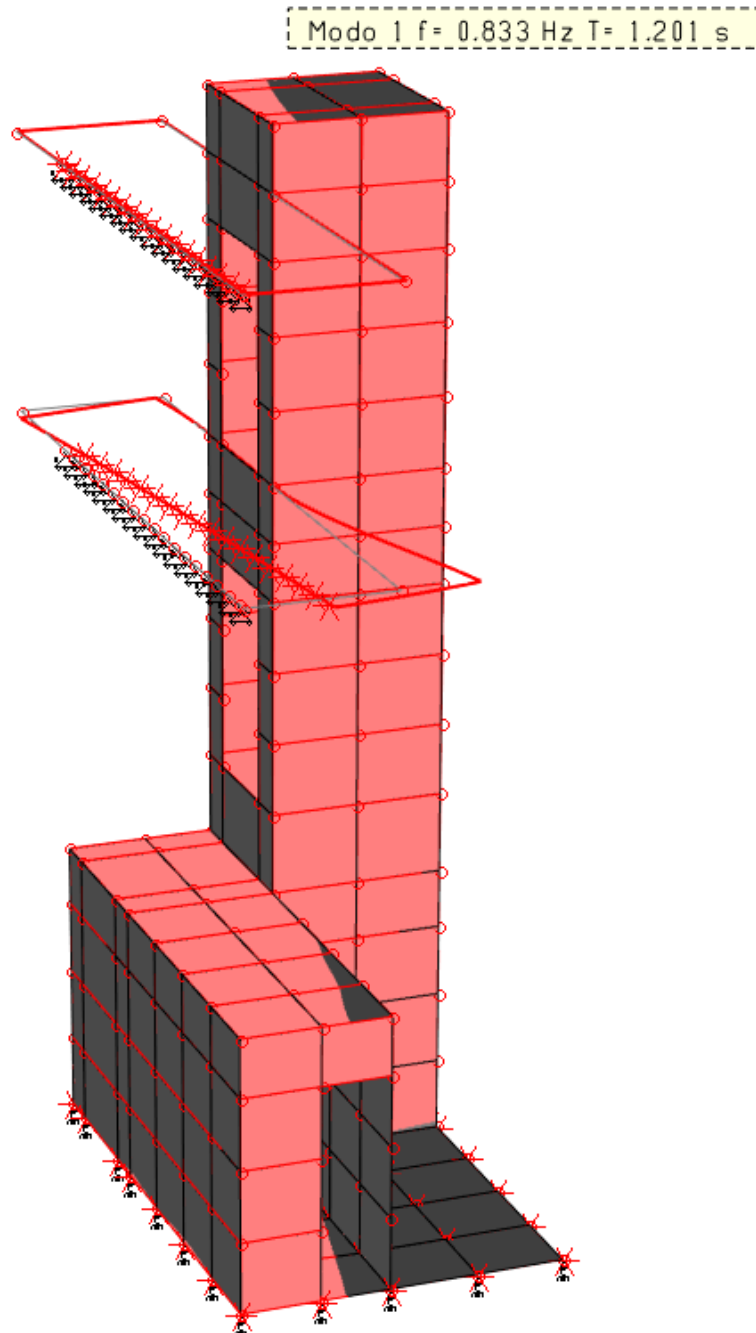


fig. 8.54 Tensioni di taglio  $t_z(M_{yy})$  nella combinazione statica – platea

### 8.2.3 Modi di vibrare

Si riportano di seguito i principali modi di vibrare che caratterizzano la struttura oggetto di studio:



**fig. 8.55 Modo di vibrare 1**



**ingegneria mengoli**

progettazione e servizi di ingegneria

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

www.ingegneriamengoli.com

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

ELABORATO

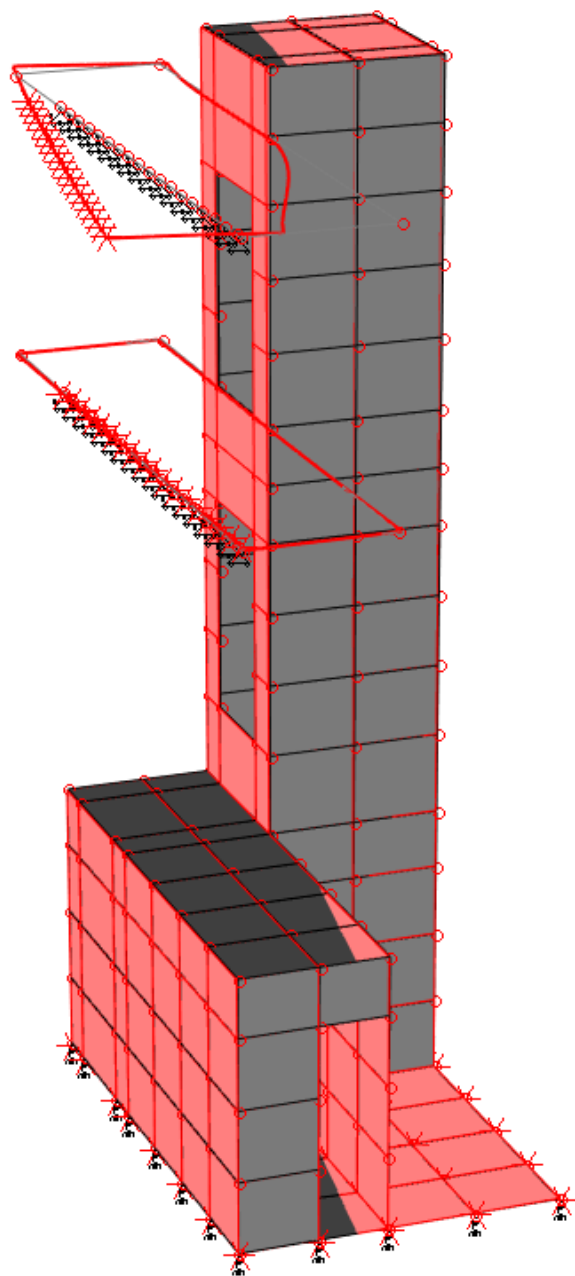
230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

**PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)**

RELAZIONE DI CALCOLO

Modo 2  $f = 1.193 \text{ Hz}$   $T = 0.838 \text{ s}$



**fig. 8.56 Modo di vibrare 2**



**ingegneria mengoli**

progettazione e servizi di ingegneria

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

[www.ingegneriamengoli.com](http://www.ingegneriamengoli.com)

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

ELABORATO

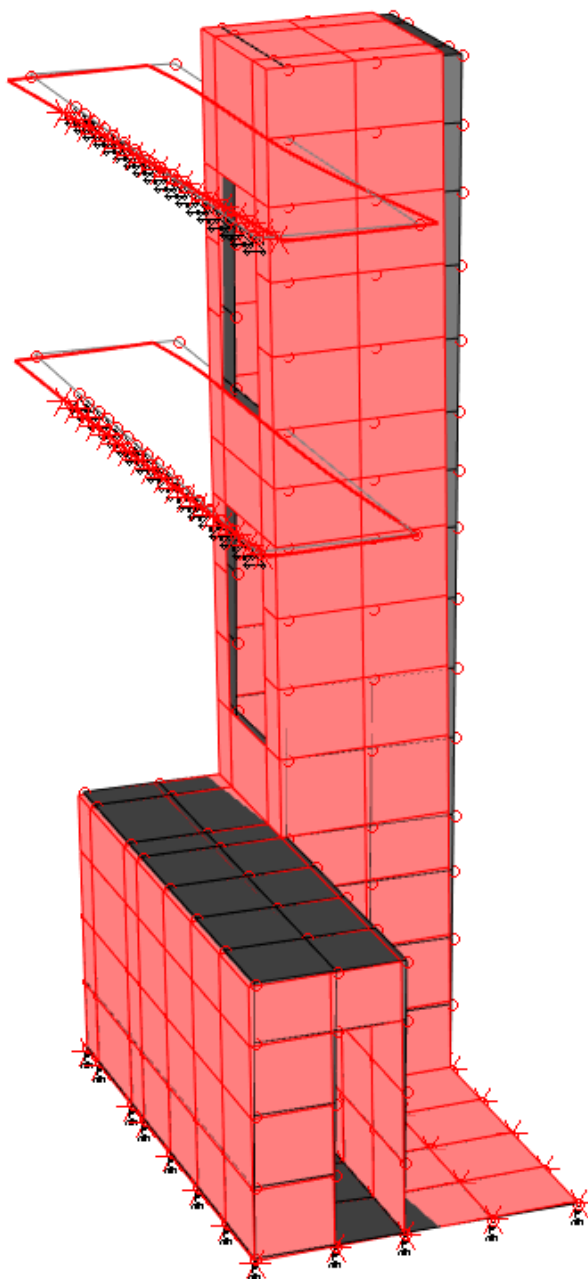
230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

**PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)**

RELAZIONE DI CALCOLO

Modo 3  $f = 1.713 \text{ Hz}$   $T = 0.584 \text{ s}$



**fig. 8.57 Modo di vibrare 3**

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

### 8.3 Verifica del giunto sismico tra abitazione e portico

Secondo quanto riporta la NTC18, la distanza tra costruzioni contigue deve essere tale da evitare fenomeni di martellamento e comunque non può essere inferiore alla somma degli spostamenti massimi determinati per lo SLV.

La distanza tra due punti di costruzioni che si fronteggiano non potrà essere inferiore a:

$$\frac{1}{100} h \cdot \frac{2 \cdot a_g \cdot S}{g}$$

Dove:

- h è l'altezza della struttura, misurata dallo spiccatto della fondazione;
- $a_g$  è l'accelerazione massima al sito;
- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la seguente relazione:  $S = S_s \times S_T$

essendo  $S_s$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica.

Quindi la struttura dell'abitazione dovrà avere un giunto sismico non inferiore a:

$$d = \frac{1}{100} h \cdot \frac{2 \cdot a_g \cdot S}{g} = \frac{1}{100} 10,27 m \cdot \frac{2 \cdot 0,185 g \cdot 1,2}{g} = 0,045 m = 4,5 cm$$

Essendo previsto da progetto un giunto sismico da 5,5 cm tra l'unità strutturale dell'abitazione e l'unità adiacente del vano ascensore, esso risulta maggiore della distanza minima necessaria prevista dalla NTC18, calcolata sopra.

Si calcola lo spostamento del vano ascensore: dal programma agli elementi finiti si legge uno spostamento per la struttura del vano ascensore pari a  $d_1 = 0,64$  cm, mentre lo spostamento è stato calcolato in base alle indicazioni riportate nel paragrafo 7.2.2 delle norme tecniche 2018 con la seguente espressione:

$$d_2 = \frac{1}{100} h \cdot \frac{2 \cdot a_g \cdot S}{g} = \frac{1}{100} 10,47 m \cdot \frac{2 \cdot 0,185 g \cdot 1,2}{g} = 0,046 m = 4,6 cm$$

Dove :

- h è la quota dei punti considerati misurata dal piano di fondazione e vale 10,62 metri

 <b>ingegneria mengoli</b> <i>progettazione e servizi di ingegneria</i> EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

- $a_g$  è accelerazione massima del terreno su sottosuolo tipo in esame e vale 0,185 g
- $S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, calcolato con l'espressione  $S = S_s \times S_T$ ,

dove

$S_T = 1$  per categoria topografica

$S_s = 1,2$  per la categoria di sottosuolo B

- $g$  accelerazione di gravità vale 9,81 m/s<sup>2</sup>

Il giunto presente è pari a 5,5 cm risultando quindi soddisfatta la verifica:

$$d_1 + d_2 = 0,64 + 4,7 = 5,24 < d_{\text{giunto previsto}} = 5,5 \text{ cm}$$

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

## 9 PRINCIPALI RISULTATI

Si riportano i principali risultati ottenuti dalla modellazione dell'unità strutturale, rimandando al capitolo sulle verifiche per le entità delle sollecitazioni verificate e ai tabulati di calcolo per la descrizione numerica di tutti i modelli e dei risultati forniti.

### 9.1 Principali risultati

Prima di dettagliare le verifiche svolte, si ritiene opportuno illustrare i modi di vibrare che caratterizzano la struttura oggetto di studio.

Sono stati analizzati i primi venticinque modi di vibrare, poiché quelli successivi eccitano una percentuale di massa inferiore al 1% e risultano pertanto poco significativi.

Si veda a tal proposito la successiva tabella.

### TABELLA MASSE ECCITATE

#### PROSPETTO RIASSUNTIVO MODI PRINCIPALI

Periodo principale	T1	Massa	Massa %	Modo	Note
Direzione X	+5.84e-01	+4.89e+01	43	3	--
Direzione Y	+4.48e-01	+3.01e+01	26	4	--
Direzione Z	+1.35e-01	+7.86e+01	70	11	--

Periodo	T2	Massa	Massa %	Modo	Note
Direzione X	+3.75e-02	+1.74e+01	16	20	--
Direzione Y	+3.94e-01	+1.94e+01	17	5	--
Direzione Z	+3.94e-01	+2.41e+00	2	5	--

#### PROSPETTO RIASSUNTIVO MASSE ECCITATE PER QUOTA MAGGIORE DI: 0.00

Analisi	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz. Z	%
--	+1.03e+02	93	+9.78e+01	88	+9.12e+01	82

#### FREQUENZE PROPRIE DI OSCILLAZIONE

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
1	5.233e+00	8.329e-01	1.201e+00	0.000e+00
2	7.498e+00	1.193e+00	8.379e-01	0.000e+00
3	1.077e+01	1.713e+00	5.836e-01	0.000e+00
4	1.402e+01	2.232e+00	4.481e-01	0.000e+00
5	1.595e+01	2.538e+00	3.939e-01	0.000e+00
6	2.163e+01	3.442e+00	2.905e-01	0.000e+00



**ingegneria mengoli**

*progettazione e servizi di ingegneria*

EMILIA ROMAGNA:  
via don G. Bedetti, 3/A  
40129 Bologna  
051 41 200 54

PUGLIA:  
via G. Argento, 45  
73100 Lecce  
0832 179 06 16

[www.ingegneriamengoli.com](http://www.ingegneriamengoli.com)

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

**PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)**

**RELAZIONE DI CALCOLO**

Numero	Pulsazione	Frequenza	Periodo	Precisione
7	2.306e+01	3.670e+00	2.725e-01	0.000e+00
8	2.894e+01	4.606e+00	2.171e-01	0.000e+00
9	3.532e+01	5.621e+00	1.779e-01	0.000e+00
10	4.144e+01	6.596e+00	1.516e-01	0.000e+00
11	4.638e+01	7.381e+00	1.355e-01	0.000e+00
12	5.373e+01	8.551e+00	1.169e-01	0.000e+00
13	7.707e+01	1.227e+01	8.152e-02	0.000e+00
14	1.073e+02	1.708e+01	5.855e-02	5.846e-214
15	1.159e+02	1.844e+01	5.422e-02	8.122e-206
16	1.256e+02	1.998e+01	5.004e-02	1.929e-198
17	1.361e+02	2.166e+01	4.616e-02	3.140e-191
18	1.481e+02	2.357e+01	4.243e-02	6.772e-183
19	1.659e+02	2.641e+01	3.786e-02	9.620e-172
20	1.676e+02	2.668e+01	3.748e-02	4.188e-171
21	1.868e+02	2.973e+01	3.364e-02	4.652e-162
22	2.073e+02	3.299e+01	3.032e-02	3.041e-152
23	2.339e+02	3.723e+01	2.686e-02	1.466e-141
24	2.592e+02	4.126e+01	2.424e-02	6.222e-132
25	2.709e+02	4.312e+01	2.319e-02	2.675e-128
26	3.179e+02	5.059e+01	1.977e-02	6.483e-114
27	3.350e+02	5.332e+01	1.876e-02	1.616e-106
28	3.361e+02	5.349e+01	1.870e-02	5.132e-107
29	3.743e+02	5.958e+01	1.678e-02	7.835e-99
30	4.083e+02	6.498e+01	1.539e-02	5.590e-90
31	4.166e+02	6.630e+01	1.508e-02	7.413e-87
32	4.381e+02	6.972e+01	1.434e-02	7.127e-83
33	4.651e+02	7.402e+01	1.351e-02	5.604e-78
34	4.799e+02	7.638e+01	1.309e-02	5.042e-75
35	5.253e+02	8.360e+01	1.196e-02	1.950e-66
36	5.362e+02	8.534e+01	1.172e-02	1.201e-63
37	5.589e+02	8.895e+01	1.124e-02	6.679e-58
38	5.799e+02	9.230e+01	1.083e-02	4.812e-56
39	5.960e+02	9.486e+01	1.054e-02	1.250e-51
40	5.982e+02	9.520e+01	1.050e-02	6.028e-52
41	6.226e+02	9.908e+01	1.009e-02	3.870e-48
42	6.364e+02	1.013e+02	9.874e-03	4.811e-46
43	6.522e+02	1.038e+02	9.633e-03	2.093e-43
44	6.606e+02	1.051e+02	9.512e-03	1.591e-42
45	6.899e+02	1.098e+02	9.108e-03	5.858e-39
46	6.973e+02	1.110e+02	9.011e-03	3.080e-37
47	7.027e+02	1.118e+02	8.941e-03	2.351e-36
48	7.256e+02	1.155e+02	8.660e-03	7.019e-35
49	7.400e+02	1.178e+02	8.491e-03	5.896e-33
50	7.604e+02	1.210e+02	8.263e-03	2.099e-30
51	7.757e+02	1.235e+02	8.100e-03	6.052e-28
52	7.823e+02	1.245e+02	8.032e-03	1.140e-26
53	7.957e+02	1.266e+02	7.896e-03	2.682e-25
54	8.124e+02	1.293e+02	7.734e-03	6.791e-25
55	8.230e+02	1.310e+02	7.634e-03	5.789e-24
56	8.439e+02	1.343e+02	7.445e-03	5.472e-22
57	8.570e+02	1.364e+02	7.332e-03	6.051e-21
58	8.953e+02	1.425e+02	7.018e-03	2.710e-17
59	9.126e+02	1.452e+02	6.885e-03	2.235e-11
60	9.129e+02	1.453e+02	6.883e-03	8.935e-12





**ingegneria mengoli**

*progettazione e servizi di ingegneria*

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

[www.ingegneriamengoli.com](http://www.ingegneriamengoli.com)

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

**PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)**

RELAZIONE DI CALCOLO

## COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE

Modo	Direz.X	Direz.Y
1	1.838e+00	-7.235e-01
2	-2.189e+00	5.973e-01
3	-6.992e+00	-1.214e+00
4	-1.869e+00	5.483e+00
5	2.743e-01	4.408e+00
6	8.521e-01	1.407e+00
7	-5.922e-02	-5.644e-01
8	-1.851e-01	3.491e-01
9	2.574e-02	-1.288e-01
10	-3.465e-01	2.880e-01
11	4.458e-01	1.567e+00
12	8.230e-02	-5.364e-02
13	2.227e-01	-9.573e-02
14	-2.267e-03	4.920e-03
15	1.166e-02	-2.589e-02
16	2.057e-01	-4.347e-01
17	3.768e-01	2.500e+00
18	4.885e-03	-3.143e-03
19	1.873e+00	-3.365e-01
20	-4.173e+00	8.240e-01
21	4.468e-01	1.167e-01
22	-9.120e-01	-4.823e-01
23	-4.529e-03	-1.070e-02
24	-8.179e-01	-1.016e-01
25	6.412e-01	2.035e+00
26	-2.113e-01	7.806e-01
27	5.284e-02	1.159e-01
28	-3.965e-01	-9.186e-01
29	-1.149e+00	8.073e-01
30	-2.831e-01	-1.680e+00
31	-2.508e-03	-3.539e-02
32	2.514e-01	1.749e+00
33	-6.004e-01	2.401e-01
34	-1.186e+00	-4.643e-01
35	1.962e+00	-6.239e-01
36	-3.644e-01	-2.809e-01
37	1.275e+00	2.226e+00
38	1.510e+00	2.231e-01
39	-1.062e-02	-6.230e-02
40	-3.222e-01	-1.808e+00
41	3.917e-02	2.517e-01
42	6.153e-01	3.666e-02
43	-4.806e-01	5.060e-01
44	1.960e-02	-8.307e-03
45	-6.172e-01	1.264e+00
46	3.023e-01	-1.422e+00
47	1.589e-01	4.080e-01
48	-1.474e+00	-1.476e+00
49	4.339e-01	1.721e-01
50	-1.169e+00	-7.308e-01
51	1.544e-01	5.005e-01
52	7.796e-01	6.484e-02



**ingegneria mengoli**

*progettazione e servizi di ingegneria*

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

[www.ingegneriamengoli.com](http://www.ingegneriamengoli.com)

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

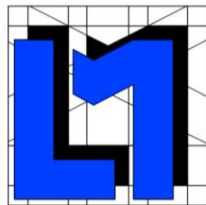
**PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)**

RELAZIONE DI CALCOLO

Modo	Direz.X	Direz.Y
53	1.282e-01	3.328e-01
54	-1.718e-01	-1.100e+00
55	-1.109e-01	8.084e-01
56	5.441e-01	-1.049e+00
57	-1.133e-01	-5.337e-01
58	5.102e-01	-1.302e+00
59	9.487e-01	3.392e-01
60	1.078e-01	3.891e-02

### MASSA ECCITATA PER QUOTA Z MAGGIORE DI :0.00

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%
Modo: 1	+3.38e+00	3	+5.23e-01	0	+2.87e-04	0
Progressiva	+3.38e+00	3	+5.23e-01	0	+2.87e-04	0
Modo: 2	+4.79e+00	4	+3.57e-01	0	+3.81e-03	0
Progressiva	+8.17e+00	7	+8.80e-01	1	+4.10e-03	0
Modo: 3	+4.89e+01	44	+1.47e+00	1	+6.53e-01	1
Progressiva	+5.71e+01	51	+2.35e+00	2	+6.57e-01	1
Modo: 4	+3.49e+00	3	+3.01e+01	27	+1.16e+00	1
Progressiva	+6.05e+01	54	+3.24e+01	29	+1.82e+00	2
Modo: 5	+7.53e-02	0	+1.94e+01	17	+2.41e+00	2
Progressiva	+6.06e+01	54	+5.18e+01	47	+4.23e+00	4
Modo: 6	+7.26e-01	1	+1.98e+00	2	+8.18e-01	1
Progressiva	+6.13e+01	55	+5.38e+01	48	+5.05e+00	5
Modo: 7	+3.51e-03	0	+3.19e-01	0	+1.48e+00	1
Progressiva	+6.13e+01	55	+5.41e+01	49	+6.53e+00	6
Modo: 8	+3.43e-02	0	+1.22e-01	0	+2.12e-01	0
Progressiva	+6.14e+01	55	+5.43e+01	49	+6.74e+00	6
Modo: 9	+6.62e-04	0	+1.66e-02	0	+1.50e+00	1
Progressiva	+6.14e+01	55	+5.43e+01	49	+8.24e+00	7
Modo: 10	+1.20e-01	0	+8.30e-02	0	+1.41e+00	1
Progressiva	+6.15e+01	55	+5.44e+01	49	+9.65e+00	9
Modo: 11	+1.99e-01	0	+2.46e+00	2	+7.86e+01	71
Progressiva	+6.17e+01	55	+5.68e+01	51	+8.83e+01	79
Modo: 12	+6.77e-03	0	+2.88e-03	0	+4.33e-03	0
Progressiva	+6.17e+01	55	+5.68e+01	51	+8.83e+01	79
Modo: 13	+4.96e-02	0	+9.16e-03	0	+8.77e-05	0
Progressiva	+6.18e+01	55	+5.68e+01	51	+8.83e+01	79
Modo: 14	+5.14e-06	0	+2.42e-05	0	+2.87e-01	0
Progressiva	+6.18e+01	55	+5.68e+01	51	+8.86e+01	80
Modo: 15	+1.36e-04	0	+6.70e-04	0	+9.84e-06	0
Progressiva	+6.18e+01	55	+5.68e+01	51	+8.86e+01	80
Modo: 16	+4.23e-02	0	+1.89e-01	0	+1.06e-03	0
Progressiva	+6.18e+01	55	+5.70e+01	51	+8.86e+01	80
Modo: 17	+1.42e-01	0	+6.25e+00	6	+5.58e-05	0
Progressiva	+6.19e+01	56	+6.33e+01	57	+8.86e+01	80
Modo: 18	+2.39e-05	0	+9.88e-06	0	+1.51e-01	0
Progressiva	+6.19e+01	56	+6.33e+01	57	+8.87e+01	80
Modo: 19	+3.51e+00	3	+1.13e-01	0	+6.98e-05	0
Progressiva	+6.55e+01	59	+6.34e+01	57	+8.87e+01	80
Modo: 20	+1.74e+01	16	+6.79e-01	1	+7.69e-05	0
Progressiva	+8.29e+01	74	+6.41e+01	58	+8.87e+01	80

**ingegneria mengoli***progettazione e servizi di ingegneria*

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

[www.ingegneriamengoli.com](http://www.ingegneriamengoli.com)

ELABORATO

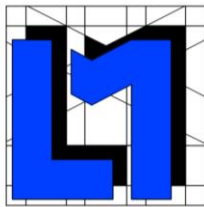
230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

**PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)**

RELAZIONE DI CALCOLO

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%
Modo: 21	+2.00e-01	0	+1.36e-02	0	+1.81e-03	0
Progressiva	+8.31e+01	75	+6.41e+01	58	+8.87e+01	80
Modo: 22	+8.32e-01	1	+2.33e-01	0	+5.69e-03	0
Progressiva	+8.39e+01	75	+6.43e+01	58	+8.87e+01	80
Modo: 23	+2.05e-05	0	+1.15e-04	0	+2.39e-07	0
Progressiva	+8.39e+01	75	+6.43e+01	58	+8.87e+01	80
Modo: 24	+6.69e-01	1	+1.03e-02	0	+1.23e-02	0
Progressiva	+8.46e+01	76	+6.43e+01	58	+8.88e+01	80
Modo: 25	+4.11e-01	0	+4.14e+00	4	+1.53e-02	0
Progressiva	+8.50e+01	76	+6.85e+01	61	+8.88e+01	80
Modo: 26	+4.46e-02	0	+6.09e-01	1	+1.49e-01	0
Progressiva	+8.50e+01	76	+6.91e+01	62	+8.89e+01	80
Modo: 27	+2.79e-03	0	+1.34e-02	0	+3.97e-03	0
Progressiva	+8.50e+01	76	+6.91e+01	62	+8.89e+01	80
Modo: 28	+1.57e-01	0	+8.44e-01	1	+2.48e-01	0
Progressiva	+8.52e+01	76	+6.99e+01	63	+8.92e+01	80
Modo: 29	+1.32e+00	1	+6.52e-01	1	+2.64e-01	0
Progressiva	+8.65e+01	78	+7.06e+01	63	+8.94e+01	80
Modo: 30	+8.02e-02	0	+2.82e+00	3	+2.46e-01	0
Progressiva	+8.66e+01	78	+7.34e+01	66	+8.97e+01	81
Modo: 31	+6.29e-06	0	+1.25e-03	0	+5.81e-05	0
Progressiva	+8.66e+01	78	+7.34e+01	66	+8.97e+01	81
Modo: 32	+6.32e-02	0	+3.06e+00	3	+1.45e-02	0
Progressiva	+8.66e+01	78	+7.65e+01	69	+8.97e+01	81
Modo: 33	+3.61e-01	0	+5.77e-02	0	+7.03e-02	0
Progressiva	+8.70e+01	78	+7.65e+01	69	+8.98e+01	81
Modo: 34	+1.41e+00	1	+2.16e-01	0	+1.66e-02	0
Progressiva	+8.84e+01	79	+7.67e+01	69	+8.98e+01	81
Modo: 35	+3.85e+00	3	+3.89e-01	0	+1.38e-04	0
Progressiva	+9.23e+01	83	+7.71e+01	69	+8.98e+01	81
Modo: 36	+1.33e-01	0	+7.89e-02	0	+4.33e-02	0
Progressiva	+9.24e+01	83	+7.72e+01	69	+8.98e+01	81
Modo: 37	+1.62e+00	1	+4.95e+00	4	+1.62e-01	0
Progressiva	+9.40e+01	84	+8.22e+01	74	+9.00e+01	81
Modo: 38	+2.28e+00	2	+4.98e-02	0	+2.60e-01	0
Progressiva	+9.63e+01	86	+8.22e+01	74	+9.02e+01	81
Modo: 39	+1.13e-04	0	+3.88e-03	0	+2.41e-04	0
Progressiva	+9.63e+01	86	+8.22e+01	74	+9.02e+01	81
Modo: 40	+1.04e-01	0	+3.27e+00	3	+2.33e-01	0
Progressiva	+9.64e+01	87	+8.55e+01	77	+9.05e+01	81
Modo: 41	+1.53e-03	0	+6.34e-02	0	+2.15e-02	0
Progressiva	+9.64e+01	87	+8.55e+01	77	+9.05e+01	81
Modo: 42	+3.79e-01	0	+1.34e-03	0	+2.97e-03	0
Progressiva	+9.68e+01	87	+8.55e+01	77	+9.05e+01	81
Modo: 43	+2.31e-01	0	+2.56e-01	0	+2.35e-02	0
Progressiva	+9.70e+01	87	+8.58e+01	77	+9.05e+01	81
Modo: 44	+3.84e-04	0	+6.90e-05	0	+1.73e-05	0
Progressiva	+9.70e+01	87	+8.58e+01	77	+9.05e+01	81
Modo: 45	+3.81e-01	0	+1.60e+00	1	+3.22e-01	0
Progressiva	+9.74e+01	87	+8.74e+01	78	+9.09e+01	82
Modo: 46	+9.14e-02	0	+2.02e+00	2	+9.10e-04	0
Progressiva	+9.75e+01	88	+8.94e+01	80	+9.09e+01	82
Modo: 47	+2.52e-02	0	+1.66e-01	0	+5.10e-03	0
Progressiva	+9.75e+01	88	+8.96e+01	80	+9.09e+01	82
Modo: 48	+2.17e+00	2	+2.18e+00	2	+4.36e-02	0

**ingegneria mengoli****progettazione e servizi di ingegneria**

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

www.ingegneriamengoli.com

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

**PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)**

RELAZIONE DI CALCOLO

Modo	Direz.X	%	Direz.Y	%	Direz.Z	%
Progressiva	+9.97e+01	90	+9.18e+01	82	+9.09e+01	82
Modo: 49	+1.88e-01	0	+2.96e-02	0	+1.40e-01	0
Progressiva	+9.99e+01	90	+9.18e+01	82	+9.10e+01	82
Modo: 50	+1.37e+00	1	+5.34e-01	0	+1.05e-01	0
Progressiva	+1.01e+02	91	+9.23e+01	83	+9.11e+01	82
Modo: 51	+2.39e-02	0	+2.50e-01	0	+9.90e-03	0
Progressiva	+1.01e+02	91	+9.26e+01	83	+9.12e+01	82
Modo: 52	+6.08e-01	1	+4.20e-03	0	+2.65e-02	0
Progressiva	+1.02e+02	91	+9.26e+01	83	+9.12e+01	82
Modo: 53	+1.64e-02	0	+1.11e-01	0	+1.13e-03	0
Progressiva	+1.02e+02	91	+9.27e+01	83	+9.12e+01	82
Modo: 54	+2.95e-02	0	+1.21e+00	1	+1.28e-02	0
Progressiva	+1.02e+02	92	+9.39e+01	84	+9.12e+01	82
Modo: 55	+1.23e-02	0	+6.53e-01	1	+2.40e-03	0
Progressiva	+1.02e+02	92	+9.46e+01	85	+9.12e+01	82
Modo: 56	+2.96e-01	0	+1.10e+00	1	+5.41e-03	0
Progressiva	+1.02e+02	92	+9.57e+01	86	+9.12e+01	82
Modo: 57	+1.28e-02	0	+2.85e-01	0	+1.85e-02	0
Progressiva	+1.02e+02	92	+9.59e+01	86	+9.12e+01	82
Modo: 58	+2.60e-01	0	+1.70e+00	2	+2.48e-03	0
Progressiva	+1.03e+02	92	+9.76e+01	88	+9.12e+01	82
Modo: 59	+9.00e-01	1	+1.15e-01	0	+1.80e-02	0
Progressiva	+1.03e+02	93	+9.78e+01	88	+9.12e+01	82
Modo: 60	+1.16e-02	0	+1.51e-03	0	+2.35e-04	0
Progressiva	+1.03e+02	93	+9.78e+01	88	+9.12e+01	82

**MASSA TOTALE ECCITABILE**

Direzione X

+1.11e+02

Direzione Y

+1.11e+02

Direzione Z

+1.11e+02

 <b>ingegneria mengoli</b> <i>progettazione e servizi di ingegneria</i> EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

## 10 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

I risultati del modello implementato sono stati analizzati dallo scrivente e le principali sollecitazioni e deformazioni fornite sono state confrontate con quelle ottenibili da veloci calcoli manuali, con valori di letteratura e coi valori attesi per verificarne l'ordine di grandezza e quindi l'affidabilità.

Le verifiche sui singoli elementi strutturali orizzontali sono state condotte dallo scrivente avvalendosi di software liberi o di fogli di calcolo elettronici personalmente realizzati e verificati. Anche questi risultati sono comunque stati confrontati con veloci calcoli manuali e con valori attesi.



 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

## 11 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI E DI ESERCIZIO

Il presente capitolo descrive e verifica gli interventi localizzati da eseguirsi nel fabbricato oggetto di studio.

### 11.1 Verifica lamiera grecata portante – pianerottolo di ingresso e copertura

Per la realizzazione del pianerottolo di ingresso all'abitazione e della sua copertura, verrà realizzato un solaio con lamiera grecata del tipo A75-P720-G5, che sarà appoggiata su due travi UPN200 in acciaio S275, a loro volta ancorate chimicamente ai setti in c.a. del vano ascensore.

Si riporta di seguito la verifica degli elementi principali.

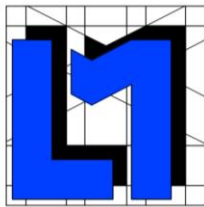
Come descritto nella relativa scheda tecnica, le verifiche della lamiera grecata A75-P720-G5 spessore 1,2 mm vengono effettuate con il metodo delle tensioni ammissibili.

Si prevede l'impiego dell'acciaio S 280 GD definito dalla norma UNI EN 10326 ed equivalente, per le prestazioni meccaniche, al tipo Fe360 prescritto dalle norme UNI - CNR 10022; la tensione complessiva nella lamiera non dovrà superare 165 N/mm<sup>2</sup>:

$$\sigma_{amm} = k = 165 \frac{N}{mm^2} = 1650 \frac{daN}{cm^2}$$

Si considera il peso proprio della lamiera e i carichi portati e accidentali pari a

$$q_{rara} = 16,35 daN / m^2 + 250 daN / m^2 + 400 daN / m^2 = 670 daN / m^2$$



**ingegneria mengoli**

progettazione e servizi di ingegneria

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

www.ingegneriamengoli.com

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)

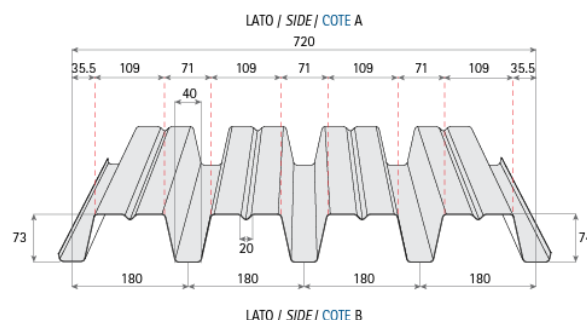
RELAZIONE DI CALCOLO

## A75-P720-G5

Carico massimo uniformemente distribuito in daN/m<sup>2</sup>

Max load uniformly distributed in daN/m<sup>2</sup>

Charge maximale uniformément répartie en daN/m<sup>2</sup>




S mm	Sezione lorda Gross Section Section brute					Larghezza efficace appoggio: 50 mm Support width: 50 mm Largeur efficace appui: 50 mm													
	Kg/m <sup>2</sup>	J <sub>y</sub> cm <sup>4</sup> /m	W <sub>e,inf</sub> cm <sup>3</sup> /m	W <sub>e,sup</sub> cm <sup>3</sup> /m	W <sub>p</sub> cm <sup>3</sup> /m	l=m	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4
0,8	10,90	97,35	21,25	34,53	31,09	P = daN/m <sup>2</sup>	1000	1000	1000	1000	865	635	460	340	260	200	160	125	100
1,0	13,62	120,66	26,34	42,79	38,86		1000	1000	1000	1000	1000	810	585	435	335	260	205	160	130
1,2	16,35	143,01	31,23	50,70	46,45		1000	1000	1000	1000	1000	990	715	530	405	315	250	200	160

fig. 11.1 – Caratteristiche della lamiera grecata

### 11.1.1 Verifiche flessionali in campata:

Si calcola il momento sollecitante:

$$M = \frac{q_{RARA} \cdot l_{infl} \cdot L^2}{8} = \frac{670 \text{ daN/m} \cdot 1 \text{ m} \cdot (1,4 \text{ m})^2}{8} = 165 \text{ daNm}$$

- lembo inferiore lamiera:

$$\sigma_1^i = \frac{M}{w_i} = \frac{165 \text{ daNm}}{31,23 \text{ cm}^3} = 5,28 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} < k$$

- lembo superiore lamiera:

$$\sigma_1^s = \frac{M}{w_s} = \frac{165 \text{ daNm}}{50,70 \text{ cm}^3} = 3,25 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} < k$$

Pertanto le verifiche tensionali a flessione sono soddisfatte.

Si ripropone la stessa verifica allo SLU. Si calcola il momento sollecitante allo SLU:



 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

$$q_{SLU} = 1,3 \cdot 16,35 \text{ daN} / \text{m}^2 + 1,5 \cdot 250 \text{ daN} / \text{m}^2 + 1,5 \cdot 400 \text{ daN} / \text{m}^2 = 997 \text{ daN} / \text{m}^2$$

$$M_{sd} = \frac{q_{SLU} \cdot l_{infl} \cdot L^2}{8} = \frac{997 \text{ daN} / \text{mq} \cdot 1 \text{ m} \cdot (1,4 \text{ m})^2}{8} = 245 \text{ daNm}$$

Il momento resistente della lamiera grecata al lembo inferiore è pari a:

$$M_{R,i} = \frac{w_i \cdot f_{yk}}{1,05} = \frac{31,23 \text{ cm}^3 \cdot 2800 \text{ daN} / \text{cmq}}{1,05} = 83280 \text{ daNcm} = 832,80 \text{ daNm}$$

Il momento resistente della lamiera grecata al lembo superiore è pari a:

$$M_{R,s} = \frac{w_s \cdot f_{yk}}{1,05} = \frac{50,70 \text{ cm}^3 \cdot 2800 \text{ daN} / \text{cmq}}{1,05} = 135200 \text{ daNcm} = 1352 \text{ daNm}$$

Pertanto la verifica a flessione della lamiera risulta soddisfatta.

#### 11.1.2 Verifiche di deformazione in campata:

Si deve verificare che la freccia massima  $f$  sia:

$$f \leq \frac{L}{240}$$

Si calcola la freccia massima:

$$f = \frac{5q_{rara}L^4}{384EJ} = \frac{5 \cdot 6,7 \text{ daN} / \text{cm} \cdot (140 \text{ cm})^4}{384 \cdot 2100000 \text{ daN} / \text{cm}^2 \cdot 143,01 \text{ cm}^4} = 0,11 \text{ cm}$$

$$f = 0,11 \text{ cm} \leq \frac{L}{240} = \frac{140}{240} = 0,58 \text{ cm}$$

Pertanto la verifica a deformazione risulta soddisfatta.

#### 11.1.3 Verifiche a taglio:

Si calcola il taglio sollecitante agente agli appoggi della lamiera grecata:

$$V_s = \frac{q_{rara} \cdot l_{infl} \cdot L}{2} = \frac{670 \text{ daN} / \text{mq} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1,4 \text{ m}}{2} = 469 \text{ daN}$$

Come tensione tangenziale ammissibile si considera:

$$\tau_{adm} = 0,577 \sigma_{adm} = 0,577 \cdot 1650 \text{ daN} / \text{cm}^2 = 952 \text{ daN} / \text{cm}^2$$

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

Si calcola la tensione tangenziale sollecitante considerando le sole anime della lamiera

$$\tau = \frac{V_s}{A_v} = \frac{469 \text{ daN}}{11,7,5 \text{ cm} \cdot 0,12 \text{ cm}} = 47,37 \text{ daN / cm}^2 < \tau_{amm}$$

Pertanto la verifica a taglio risulta soddisfatta.

Si ripropone la stessa verifica allo SLU. Si calcola il taglio sollecitante allo SLU in corrispondenza della nervatura della lamiera grecata:

$$V_{sd} = \frac{q_{SLU} \cdot l_{infl} \cdot L}{2} = \frac{997 \text{ daN / mq} \cdot 0,18 \text{ m} \cdot 1,4 \text{ m}}{2} = 125,6 \text{ daN}$$

Il taglio resistente della singola nervatura della lamiera è pari a:

$$V_{Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot 1,05} = \frac{4 \text{ cm} \cdot 0,12 \text{ cm} \cdot 2800 \text{ daN / cm}^2}{\sqrt{3} \cdot 1,05} = 739 \text{ daN}$$

Pertanto la verifica a taglio della lamiera risulta soddisfatta.

## 11.2 Verifica trave UPN 200 - pianerottolo di ingresso e copertura

Si riportano di seguito le verifiche eseguite per la trave UPN 200 in acciaio S275, su cui sarà appoggiato il solaio con lamiera grecata del pianerottolo di ingresso e della copertura.

Si riporta la verifica per la condizione di carico più sfavorevole tra il pianerottolo di ingresso e di copertura. Si considera il peso proprio della lamiera e i carichi portati e accidentali pari a

$$q_{SLU} = 1,3 \cdot 25,3 \text{ daN / m} + ((1,3 \cdot 16,35 + 1,5 \cdot 250 + 1,5 \cdot 400) \text{ daN / m}^2 \cdot 0,7) = 731 \text{ daN / m}$$

Si ricavano le sollecitazioni seguenti:

$$M_{sd}^+ = 4040 \text{ daNm}$$

$$V_{sd} = 2430 \text{ daN}$$

La resistenza a taglio della sezione considerata è pari a

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{17,25 \text{ cm}^2 \cdot 2750 \text{ daN / cm}^2}{\sqrt{3} \cdot 1,05} = 26084 \text{ daN} > V_{sd}$$

dove:

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

$A_v = A - 2bt_f + (t_w + r)t_f$  per profilati a C o a U caricati nel piano dell'anima.

A è l'area lorda della sezione del profilo

b è la larghezza delle ali

r è il raggio di raccordo tra anima e ala

$t_f$  è lo spessore delle ali

$t_w$  è lo spessore dell'anima

$f_{yk} = 275 \frac{N}{mm^2}$  per acciaio tipo S 275

$\gamma_{M0} = 1,05$

Poiché il taglio di calcolo

$$V_{s,d} < 0,5V_{c,rd}$$

Si calcola la resistenza a flessione come

$$M_{Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{191cm^3 \cdot 2750daN / cm^2}{1.05} = 500238 daNcm = 5002,38 daNm$$

Per gli elementi si ha

$M_{Rd} = 5002,38 daNm > M_{sd} = 4040 daNm$  e si calcola poi la freccia massima verticale per lo stato

limite di deformazione:

$$\delta_{max}^{rara} = \frac{5q_{rara}L^4}{384EJ} = \frac{5 \cdot 4,94 daN / cm \cdot (665cm)^4}{384 \cdot 2100000 daN / cm^2 \cdot 8208cm^4} = 0,73cm$$

$$\delta_{max}^{rara} = 7,3mm < \frac{l}{250} = 26,6mm$$

### 11.3 Verifica trave L 200x200x15 - pianerottolo di ingresso e copertura

Si riportano di seguito le verifiche eseguite per la trave in acciaio S275 con profilo ad L di dimensioni 200x200x15, su cui sarà appoggiata la trave UPN 200 del solaio del pianerottolo di ingresso e della copertura.

Si riporta la verifica per la condizione di carico più sfavorevole tra il pianerottolo di ingresso e di copertura. Si considera il peso proprio della lamiera e i carichi portati e accidentali pari a

$$q_{SLU} = 1,3 \cdot (45,6 + 25,3) daN / m + ((1,3 \cdot 16,35 + 1,5 \cdot 250 + 1,5 \cdot 400) daN / m^2 \cdot 0,7m) = 790 daN / m$$

	<b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria	
	EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 www.ingegneriamengoli.com	PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16
	ELABORATO  OGGETTO	230089-PE-RTS-001-00 <b>PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)</b>  RELAZIONE DI CALCOLO

Si ricavano le sollecitazioni seguenti:

$$M_{sd}^+ = 2839 \text{ daNm}$$

$$V_{sd} = 2125 \text{ daN}$$

La resistenza a taglio della sezione considerata è pari a

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{30 \text{ cm}^2 \cdot 2750 \text{ daN / cm}^2}{\sqrt{3} \cdot 1,05} = 45363 \text{ daN} > V_{sd}$$

Poiché il taglio di calcolo

$$V_{s,d} < 0,5V_{c,Rd}$$

Si calcola la resistenza a flessione come

$$M_{Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{152,5 \text{ cm}^3 \cdot 2750 \text{ daN / cm}^2}{1,05} = 399405 \text{ daNcm} = 3994,05 \text{ daNm}$$

Per gli elementi si ha

$M_{Rd} = 3994,05 \text{ daNm} > M_{sd} = 2839 \text{ daNm}$  e si calcola poi la freccia massima verticale per lo stato

limite di deformazione:

$$\delta_{\max}^{rara} = \frac{5q_{rara}L^4}{384EJ} = \frac{5 \cdot 5,40 \text{ daN / cm} \cdot (535 \text{ cm})^4}{384 \cdot 2100000 \text{ daN / cm}^2 \cdot 2209 \text{ cm}^4} = 1,24 \text{ cm}$$

$$\delta_{\max}^{rara} = 1,24 \text{ mm} < \frac{l}{250} = 21,4 \text{ mm}$$

#### 11.4 Verifica collegamento del profilo L 200x200x15mm su muratura esistente

L'ancoraggio della trave con profilo L (200x200x15mm) in acciaio S275 sulla parete portante dell'edificio esistente avviene mediante ancoraggi chimici con barre M12, disposte a quinconce con passo 30 cm e disposti su due file distanti 20cm.

In particolare si è scelto di utilizzare resine bicomponenti tipo Hilti HIT-HY 270+HIT-V(8.8).

La verifica dell'ancoraggio è stata effettuata attraverso il software HILTI PROFIS ANCHOR.

Inserendo i dati relativi ai materiali e alla geometria e applicando la sollecitazione di taglio si è ricavato una profondità di posa ottimizzata che risulta pari a 10cm.

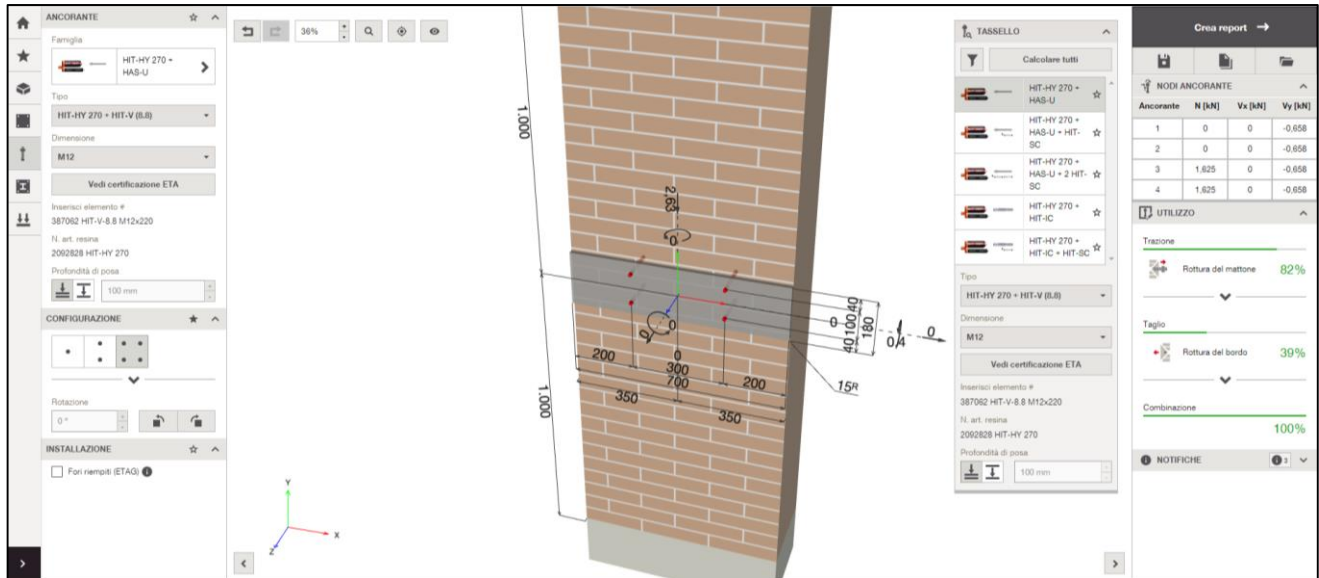


fig. 11.2 - Verifica ancoraggio con il software HILTI PROFIS ANCHOR

3 Carico di trazione (EOTA TR054, Sezione 4.2.1)				
	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_N$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	1,625	44,933	4	OK
Rottura per sfilamento*	1,625	2,000	82	OK
Rottura del mattone**	3,250	4,000	82	OK
Sfilamento a trazione di un mattone*	1,625	2,153	76	OK
*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)				

4 Carico di taglio (EOTA TR054, Sezione 4.2.2)				
	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_V$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	0,657	26,960	3	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura locale di un mattone*	-	-	39	OK
Rottura del bordo di un mattone x-**	-	-	39	OK
Sfilamento a taglio di un mattone **	N/A	N/A	N/A	N/A
*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)				

5 Carichi combinati di trazione e di taglio (EOTA TR054, Sezione 4.2.3)				
$\beta_N$	$\beta_V$	$\alpha$	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
0,812	0,387	1,000	100	OK
$(\beta_N + \beta_V) / 1.2 \leq 1$				

fig. 11.3 - Verifica ancoraggio con il software HILTI PROFIS ANCHOR

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

### 11.5 Verifica collegamento del profilo UPN200 su setto in ca

La trave UPN 200 in acciaio, lato ascensore, verrà collegata al setto in c.a. tramite barre filettate. Pertanto, durante il getto del setto in c.a. verranno predisposte delle boccole, che ospiteranno le barre filettate M12 del nodo.

Il nodo di collegamento tra UPN200 e setto, verrà realizzato tramite 14 barre filettate M12 classe 8.8 disposte a quinconce sulla schiena del profilo UPN.

Si riporta uno schema del nodo con la disposizione delle barre filettate:

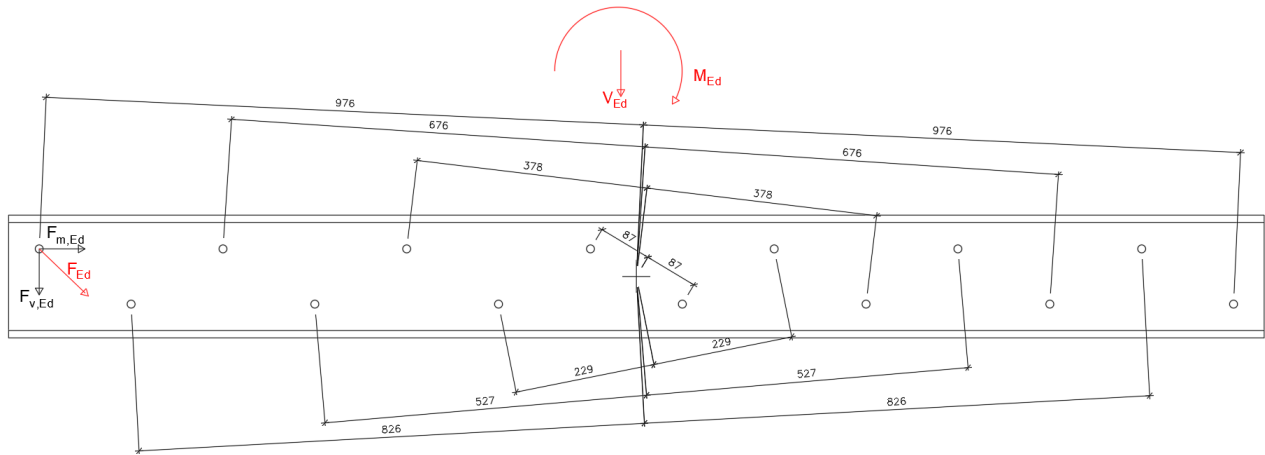


fig. 11.4 Dettaglio collegamento

Il collegamento è sollecitato da una forza di taglio  $V_{Ed}$  e da un momento  $M_{Ed}$ :

$$V_{Ed} = 3879 \text{ daN}$$

$$M_{Ed} = 4527 \text{ daNm}$$

Si calcolano le forze nei bulloni più distanti, dovute separatamente al taglio e al momento.

$$\text{In ciascun bullone per effetto del taglio } F_{v,Ed} = \frac{V_{Ed}}{n_{barre}} = \frac{39 \text{ KN}}{14} = 2,79 \text{ KN}$$

$$\text{Mentre per effetto del momento } F_{m,Ed} = \frac{M_{Ed} \cdot r}{\sum r_i} = \frac{4527 \text{ KNmm} \cdot 976 \text{ mm}}{514684 \text{ mm}^2} = 0,86 \text{ KN}$$

$$\text{La massima azione nel bullone risulta } F_{Ed} = \sqrt{F_{m,Ed}^2 + F_{v,Ed}^2} = 2,91 \text{ KN} = 291 \text{ daN}$$



 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

Per la verifica a taglio dei bulloni si considera il taglio sollecitante sul bullone, moltiplicato per 1,1 e per  $\gamma_{Rd}=1,25$  (# 7.5 NTC 2018):

$$V_{sd} = 1,1 \cdot 1,25 \cdot 291 \text{ daN} = 400 \text{ daN}$$

Le verifiche risultano soddisfatte, in particolare:

- verifica delle bullonature a taglio

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 8000 \text{ daN/cm}^2 \cdot 0,843 \text{ cm}^2}{1,25} = 3237 \text{ daN} > V_{sd} = 400 \text{ daN}$$

- verifica a rifollamento della piastra

$$F_{b,Rd} = \frac{k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{1,66 \cdot 0,4 \cdot 4300 \text{ daN/cm}^2 \cdot 1,2 \text{ cm} \cdot 0,85 \text{ cm}}{\gamma_{M2}} = 2329,8 \text{ daN} > V_{sd} = 400 \text{ daN}$$

Pertanto, il collegamento con 14 M12, disposti a quinconce, risulta verificato.

## 11.6 Verifica ringhiere del pianerottolo di ingresso

Si riportano le verifiche dei singoli elementi che costituiscono le ringhiere del pianerottolo di ingresso per l'abitazione. Esse verranno realizzate con profili scatolari in acciaio S275, alti 3m e disposti a interasse massimo di 14 cm per il lato lungo del pianerottolo, con interasse massimo di 120 cm per il lato corto (per i dettagli si rimanda agli elaborati grafici strutturali).

Come riportato nelle NTC 2018 alla Tab. 3.1.II, per le ringhiere dei balconi si considera un carico accidentale lineare e orizzontale pari a:  $H_k$  (cat. A) = 200 daN/m

Per la verifica degli elementi verticali della ringhiera, si considera l'interasse massimo di 120 cm, e il carico concentrato F dovuto a un ipotetico corrimano pari a 1.20 m.

I valori di taglio e momento flettente ottenibili da calcoli manuali risultano:

$$F = 1,5 \cdot H_{sk} \cdot l_{inf} = 1,5 \cdot 200 \text{ daN/m} \cdot 0,6 \text{ m} = 180 \text{ daN}$$

$$V_{Ed}^{inf} = \frac{F \cdot h_{sup}}{h} = \frac{180 \text{ daN} \cdot 1,80 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 108 \text{ daN}$$

$$V_{Ed}^{sup} = \frac{F \cdot h_{inf}}{h} = \frac{180 \text{ daN} \cdot 1,20 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 72 \text{ daN}$$

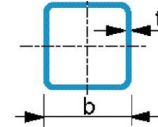
$$M_{Ed} = \frac{F \cdot h_{inf} \cdot h_{sup}}{h} = \frac{180 \text{ daN} \cdot 1,20 \text{ m} \cdot 1,80 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 130 \text{ daNm}$$

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	<b>PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)</b>
		RELAZIONE DI CALCOLO

Per gli elementi verticali della ringhiera verranno usati dei profili cavi a sezione quadrata 40x40mm e spessore pari a 4mm. Si riportano in fig. 11.5 le proprietà geometriche:

**PROFILI CAVI PER LA COSTRUZIONE FORMATI A FREDDO  
EN 10219**

Dimensioni e caratteristiche dei profili cavi a sezione quadrata



Dimensione del lato	Spessore	Massa a ml	Area della sezione	Momento d'inerzia	Raggio d'inerzia	Modulo di resistenza elastico	Modulo di resistenza plastico	Momento d'inerzia di torsione	Costante di torsione	Superficie esterna a ml	Lunghezza per ton
b mm	t mm	M kg/m	A cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	i cm	W <sub>el</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>pl</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>t</sub> cm <sup>4</sup>	C <sub>t</sub> cm <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> /m	m/t
20	2	1,05	1,34	0,681	0,714	0,681	0,87	1,21	1,06	0,073	953
25	2	1,36	1,74	1,47	0,92	1,18	1,46	2,53	1,8	0,093	733
25	2,5	1,64	2,09	1,66	0,892	1,33	1,7	2,97	2,07	0,091	610
25	3	1,89	2,41	1,79	0,863	1,43	1,89	3,33	2,27	0,09	529
30	2	1,68	2,14	2,7	1,12	1,8	2,2	4,54	2,75	0,113	596
30	2,5	2,03	2,59	3,12	1,1	2,08	2,6	5,4	3,2	0,111	492
30	3	2,36	3,01	3,45	1,07	2,3	2,94	6,15	3,58	0,11	423
40	2	2,31	2,94	6,92	1,53	3,46	4,13	11,3	5,23	0,153	434
40	2,5	2,82	3,59	8,17	1,51	4,08	4,95	13,6	6,21	0,151	355
40	3	3,3	4,21	9,24	1,48	4,62	5,7	15,8	7,07	0,15	303
40	4	4,2	5,35	10,9	1,43	5,45	6,97	19,4	8,48	0,146	238

fig. 11.5 - Proprietà geometriche dei profili cavi a sezione quadrata

Si procede a verificare la sezione nei confronti delle massime sollecitazioni agenti sui montanti nella combinazione di carico allo SLU. Le resistenze a flessione e taglio sono:

$$M_{Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{5,45 \text{ cm}^3 \cdot 2750 \text{ daN/cm}^2}{1,05} = 14274 \text{ daNcm} = 142,74 \text{ daNm}$$

$$V_{Rd,z} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{A h / (b + h) \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{5,35 \text{ cm}^2 \cdot 4 \text{ cm} / (4 + 4) \text{ cm} \cdot 2750 \text{ daN/cm}^2}{1,05 \cdot \sqrt{3}} = 4045 \text{ daN}$$

Si eseguono le verifiche a deformabilità istantanea con la combinazione caratteristica (rara). Il valore di deformazione massima si ottiene attribuendo all'acciaio un modulo elastico pari a 2100000 daN/cm<sup>2</sup>:

$$f = \frac{F h_{sup} h_{inf}}{3 E J h} = \frac{120 \text{ daN} \cdot 180 \text{ cm} \cdot 120 \text{ cm}}{3 \cdot 2100000 \text{ daN/cm}^2 \cdot 10,9 \text{ cm}^4} = 0,0378 \text{ cm} < \frac{L}{200} = 1,5 \text{ cm}$$

Di conseguenza il profilo risulta verificato.



 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

### 11.7 Verifica rigidezza parete e calcolo portale in c.a. – centrale termica/serbatoio

Al piano seminterrato, per collegare il nuovo serbatoio al vano della centrale termica, verrà realizzata un'apertura di dimensioni 70x200 cm.

Al fine di non alterare il comportamento intrinseco dell'edificio, si prevede la realizzazione di una cerchiatura in c.a. gettate in opera (si rimanda agli elaborati per maggiori dettagli).

Come si può notare dal diagramma finale successivamente riportato, la rigidezza della parete rimane pressoché uguale, in particolare si ha una differenza di  $\approx 8\%$  tra stato di fatto e di progetto. Per ripristinare la rigidezza della porzione di muratura asportata, si adottano due pilastri di sezione 28x30cm come piedritti ed un architrave di sezione 28x25cm, utilizzando cls C25/30. Di seguito si riporta in dettaglio i carichi utilizzati per il calcolo del portale:

$$q_{sd, \text{peso\_copertura}} = (750 \cdot 1,3 + 400 \cdot 1,5 + 400 \cdot 1,5) \cdot 1,50m = 3263 \text{ daN/m}$$

$$q_{sd, \text{muratura\_portante}} = 1,5 \cdot \left( 2000 \text{ daN/m}^3 \cdot 0,28m \cdot 1m \right) = 840 \text{ daN/m}$$

$$q_{sd, \text{peso\_proprio\_architrave}} = 1,3 \cdot \left( 2500 \text{ daN/m}^3 \cdot 0,28m \cdot 0,25m \right) = 227,5 \text{ daN/m}$$

$$q_{sd, \text{tot}} = 4330 \text{ daN/m}$$

#### 11.7.1 Verifica degli elementi del telaio

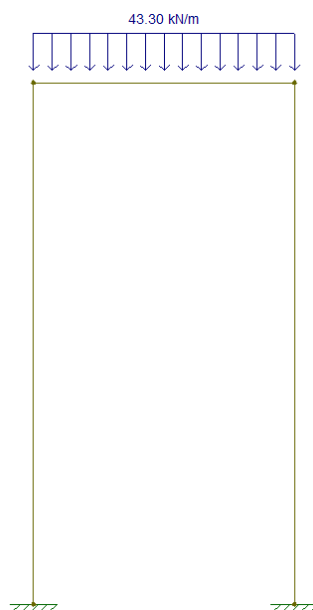


fig. 11.6 - Schema statico adottato per il calcolo dell'architrave – carico uniforme distribuito 43,30 kN/m

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)
		RELAZIONE DI CALCOLO

Si registrano le seguenti sollecitazioni:

$$N_{sd} = 2380 \text{ daN}$$

$$M_{sd} = 380 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$V_{sd} = 2380 \text{ daN}$$

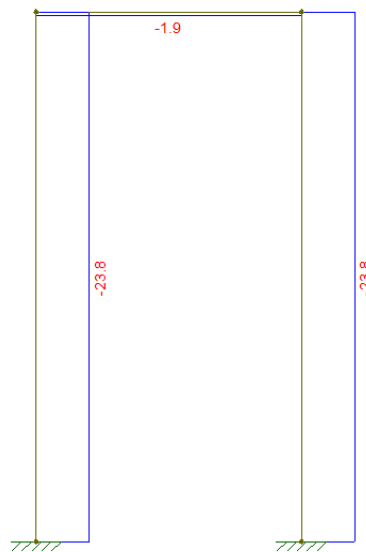


fig. 11.7 - Diagramma sforzo normale agli slu

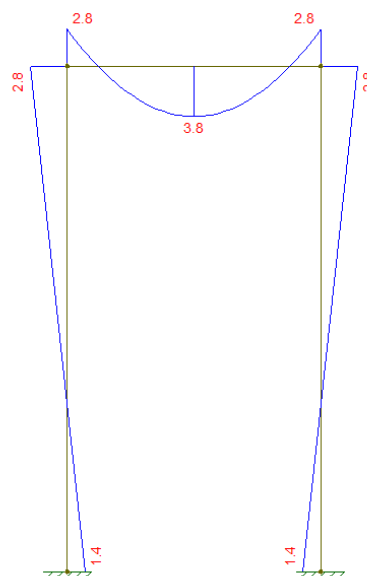


fig. 11.8 - Diagramma momenti flettenti agli slu

	<b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria		ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54	PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)
				RELAZIONE DI CALCOLO

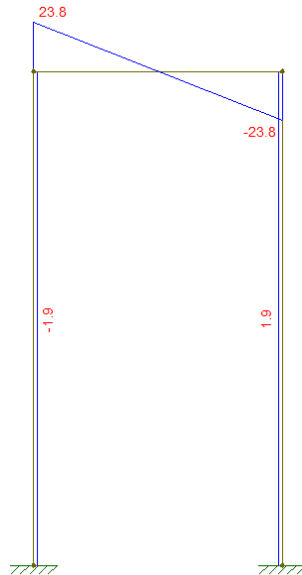


fig. 11.9 - Sollecitazioni taglienti agli slu

#### 11.7.2 Verifica dei piedritti in c.a. – sezione 28x30cm

Si registrano le seguenti sollecitazioni agenti sul pilastro 28x30 cm:

$$N_{sd} = 2380 \text{ daN}$$

$$M_{sd} = 280 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

$$V_{sd} = 190 \text{ daN}$$

Si eseguono le verifiche agli stati limite ultimi.

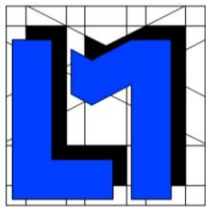
Per i suddetti pilastri si adotta:

- armatura longitudinale  $2 + 2\phi 16$  per tutto lo sviluppo del pilastro.

Il momento resistente che ne deriva vale  $M_{rd} = 4234 \text{ daN} \cdot \text{m}$ .

- staffe  $\phi 8 / 10''$  a due braccia nelle zone critiche,
- staffe  $\phi 8 / 20''$  a due braccia nella zona centrale,

Si riporta di seguito la verifica a presso flessione deviata condotta sui pilastri del portale nella combinazione precedentemente riportata.



**ingegneria mengoli**

progettazione e servizi di ingegneria

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

www.ingegneriamengoli.com

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)

RELAZIONE DI CALCOLO

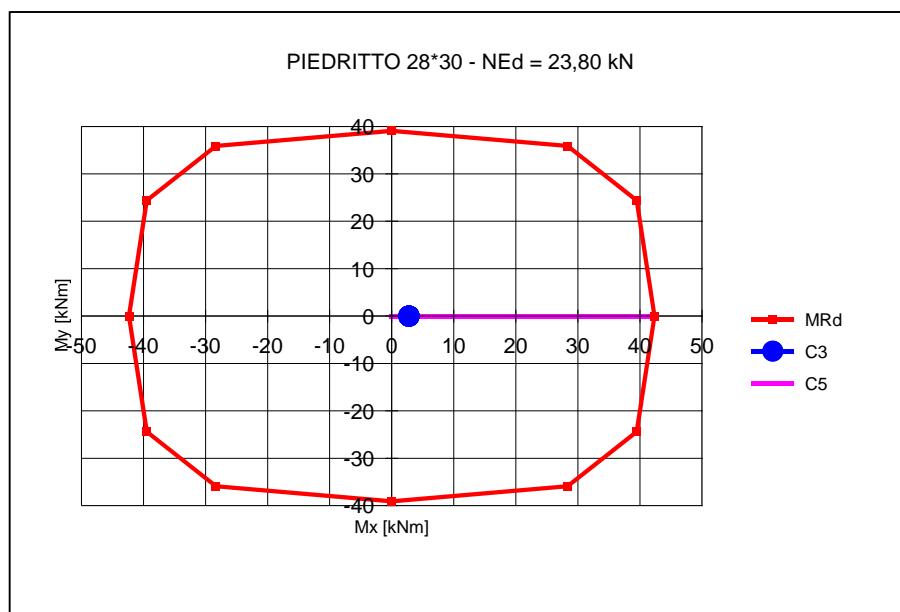


fig. 11.10 - Dominio di resistenza

Si verifica che lo sforzo assiale massimo non superi il 65% della resistenza massima a compressione del pilastro in esame della sezione di solo calcestruzzo:

$$N_{sd} = 2380 daN < N_{Rd} = 119028 daN \cdot 0,65 = 77368,2 daN$$

Le verifiche a taglio porgono i risultati seguenti:

Lato acciaio:  $V_{r,sd} = 4780 daN > V_{sd}$

Lato calcestruzzo:  $V_{r,c,d} = 24098 daN > V_{sd}$

### 11.7.3 Verifica dell'architrave in c.a.

Si registrano le seguenti sollecitazioni nell'architrave avente sezione 28x25 cm:

$$M_{sd}^{+} = 380 daN \cdot m$$

$$M_{sd}^{-} = 280 daN \cdot m$$

$$V_{sd} = 2380 daN$$

Si adotta:

- armatura longitudinale corrente  $2\phi 16$  superiore e  $2\phi 16$  inferiore.  
Il momento resistente che ne deriva vale  $M_{rd} = 2990 daN \cdot m > M_{sd}$ ,
- staffe  $\phi 8 / 5''$  a due braccia nelle zone critiche,
- staffe  $\phi 8 / 10''$  a due braccia nella zona centrale,

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

Le verifiche a taglio porgono i risultati seguenti:

Lato acciaio:  $V_{r,sd} = 7789 daN > V_{sd}$

Lato calcestruzzo:  $V_{r,c,d} = 19635 daN > V_{sd}$

I carichi uniformemente distribuiti relativi agli stati limite di esercizio forniscono i momenti flettenti:

$M_{sd} = 270 daN \cdot m$  per la combinazione rara

$M_{sd} = 240 daN \cdot m$  per la combinazione frequente

$M_{sd} = 230 daN \cdot m$  per la combinazione quasi permanente

La verifica a deformabilità risulta soddisfatta poiché

$$\lambda = \frac{L}{h} = 4,4 < K \left[ 11 + \frac{0.0015 \cdot f_{ck}}{\rho + \rho'} \right] \left[ \frac{500 \cdot A_{s,eff}}{f_{yk} \cdot A_{s,calc}} \right] = 124,69$$

Si riportano le verifiche a fessurazione condotte tenendo conto dell'ambiente in condizioni ordinarie e delle armature poco sensibili in appoggio:

per combinazione frequente	per combinazione quasi permanente
$w_d = 1,7 \cdot w_m = 0,0216 mm < w_3 = 0,4 mm$	$w_d = 1,7 \cdot w_m = 0,207 mm < w_2 = 0,3 mm$

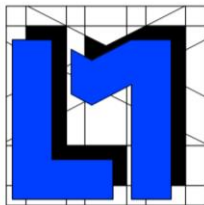
Le massime tensioni che si registrano nel calcestruzzo e nell'acciaio sono le seguenti in appoggio:

per combinazione rara	per combinazione quasi permanente
$\sigma_{c,s,d} = 1,05 N/mm^2$	$\sigma_{c,sd} = 0,90 N/mm^2$
$< 0,6 \cdot f_{ck} = 15 N/mm^2$	$< 0,45 \cdot f_{ck} = 11,25 N/mm^2$
$\sigma_{s,sd} = 34,41 N/mm^2$	
$< 0,8 \cdot f_{yk} = 360 N/mm^2$	

### 11.7.1 Confronto tra stato di fatto e stato di progetto

La realizzazione del portale in calcestruzzo non altera il comportamento intrinseco dell'edificio, come si riporta in seguito, è stata calcolata la rigidezza pre e post operam delle pareti. I risultati oltre che numericamente sono stati riportati anche graficamente per una controverifica più speditiva, in particolare in fig. 11.11. La rigidezza è rappresentata dalla





**ingegneria mengoli**

progettazione e servizi di ingegneria

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

www.ingegneriamengoli.com

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)

RELAZIONE DI CALCOLO

## Stato di progetto

### MASCHIO 1

Sforzo normale sul maschio murario:

N= 22,84 kN

Lunghezza maschio murario

b= 70 cm

Spessore maschio murario

s= 28 cm

Altezza maschio murario:

h= 300 cm

Grado di vincolo in testa:

n= 12

da 3 a 12 a seconda del vincolo in sommità alla parete muraria.

Valori estremi:

n=3 per mensola

n=12 per incastro scorrevole

Duttilità del maschio murario:

$\mu$ = 1,5

variabile tra 1,5 e 2

Tensione media sul maschio murario:

$\sigma_0 = N/A =$  0,011652 kN/cm<sup>2</sup>

0,116518 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a taglio del maschio murario:

$$T_u = A \tau_k \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1,5 \tau_k}} =$$

12775,72179 N = 12,77572 kN

Rigidezza alla traslazione del maschio murario:

$$K = \frac{GA}{h \left( 1,2 + \frac{2}{n} \cdot \left( \frac{h}{b} \right)^2 \right)} =$$

5749,521073 N/mm

Spostamento limite elastico:

$\delta_0 = T_u/K =$  2,22205 mm

Spostamento ultimo:

$\delta_u = \delta_0 * \mu =$  3,333075 mm

tab. 11.2 - Calcoli per determinare il comportamento del maschio 1 allo stato di progetto



**ingegneria mengoli**

progettazione e servizi di ingegneria

EMILIA ROMAGNA:  
via don G. Bedetti, 3/A  
40129 Bologna  
051 41 200 54

PUGLIA:  
via G. Argento, 45  
73100 Lecce  
0832 179 06 16

www.ingegneriamengoli.com

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)

RELAZIONE DI CALCOLO

## Stato di progetto

### MASCHIO 2

Sforzo normale sul maschio murario:

N= 57,09375 kN

Lunghezza maschio murario

b= 175 cm

Spessore maschio murario

s= 28 cm

Altezza maschio murario:

h= 300 cm

Grado di vincolo in testa:

n= 12 da 3 a 12 a seconda del vincolo in sommità alla parete muraria.

Valori estremi: n=3 per mensola

n=12 per incastro scorrevole

Duttilità del maschio murario:

$\mu$ = 1,5 variabile tra 1,5 e 2

Tensione media sul maschio murario:

$\sigma_0 = N/A = 0,011652$  kN/cm<sup>2</sup>

0,116518 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a taglio del maschio murario:

$$T_u = A\tau_k \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1,5\tau_k}} = 31939,30447 \text{ N} = 31,9393 \text{ kN}$$

Rigidezza alla traslazione del maschio murario:

$$K = \frac{GA}{h \left( 1,2 + \frac{2}{n} \cdot \left( \frac{h}{b} \right)^2 \right)} = 36246,98068 \text{ N/mm}$$

Spostamento limite elastico:

$\delta_0 = T_u/K = 0,881158$  mm

Spostamento ultimo:

$\delta_u = \delta_0 \cdot \mu = 1,321736$  mm

tab. 11.3 - Calcoli per determinare il comportamento del maschio 2 allo stato di progetto



**ingegneria mengoli***progettazione e servizi di ingegneria*

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

www.ingegneriamengoli.com

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

**PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)**

RELAZIONE DI CALCOLO

**Stato di progetto****PIEDRITTI IN CALCESTRUZZO**

Modulo elastico calcestruzzo:

E= 31500 N/mm<sup>2</sup>

Momento d'inerzia della sezione:

J= 63000 cm<sup>4</sup> = 630000000 mm<sup>4</sup>

Modulo di resistenza flessionale della sezione:

W= 4200 cm<sup>3</sup> = 4200000 mm<sup>3</sup>

Altezza del piedritto:

h= 218 cm = 2175 mm

Tensione di rottura:

f<sub>cd</sub>= 14,17 N/mm<sup>2</sup>

Rigidezza alla traslazione del piedritto:

K=12EJ/h<sup>3</sup>= 23144,86 N/mm

Forza di snervamento:

F<sub>y</sub>= 54725,52 N = 54,72551724 kN

Spostamento di snervamento:

δ<sub>el</sub>= 2,364478 mm

Numero di piedritti di cui si compone il telaio:

N= 1

**PIEDRITTO IN CALCESTRUZZO 2**

Modulo elastico calcestruzzo:

E= 31500 N/mm<sup>2</sup>

Momento d'inerzia della sezione:

J= 63000 cm<sup>4</sup> = 630000000 mm<sup>4</sup>

Modulo di resistenza flessionale della sezione:

W= 4200 cm<sup>3</sup> = 4200000 mm<sup>3</sup>

Altezza del piedritto:

h= 218 cm = 2175 mm

Tensione di rottura:

f<sub>cd</sub>= 14,17 N/mm<sup>2</sup>

Rigidezza alla traslazione del piedritto:

K=12EJ/h<sup>3</sup>= 23144,86 N/mm

Forza di snervamento:

F<sub>y</sub>= 54725,52 N = 54,72551724 kN

Spostamento di snervamento:

δ<sub>el</sub>= 2,364478 mm

Numero di piedritti di cui si compone il telaio:

N= 1

**tab. 11.4 - Calcolo dei piedritti in calcestruzzo allo stato di progetto**

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)
		RELAZIONE DI CALCOLO

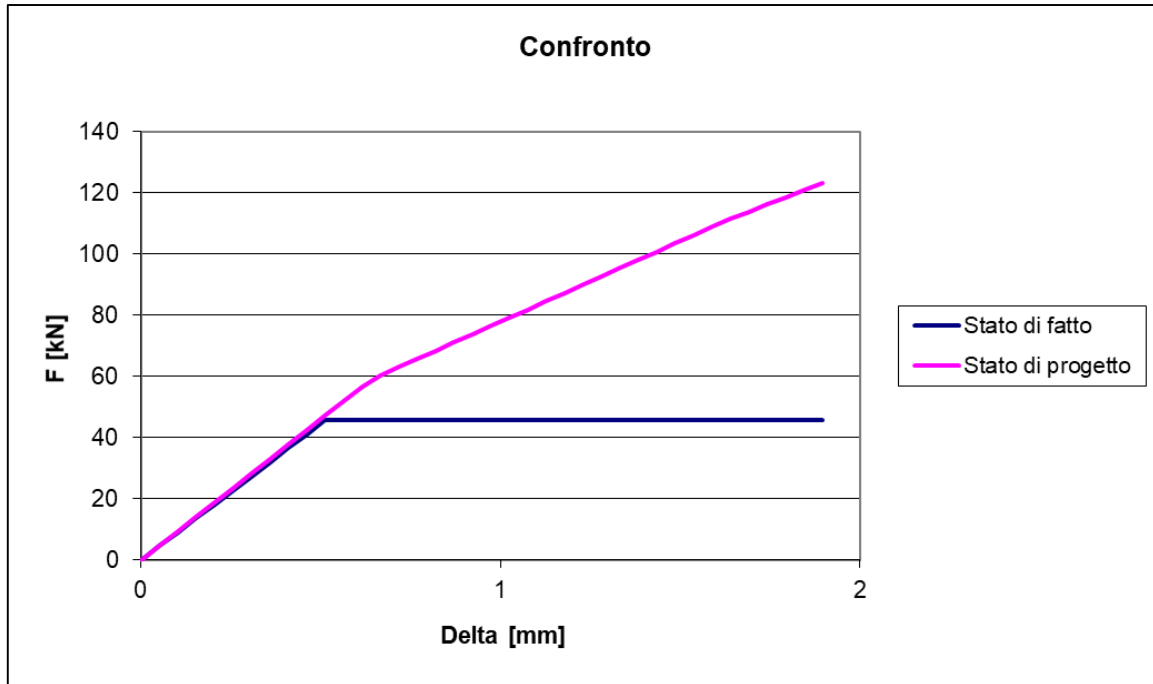


fig. 11.11 – Confronto tra i diagrammi sforzo – spostamento

## 11.8 Verifica rigidezza parete – Piano primo

All'interno dell'abitazione, verranno realizzati piccoli interventi strutturali localizzati per migliorare la distribuzione e la funzionalità degli ambienti interni. In particolare, sulla parete portante interna del fabbricato al piano primo, sarà chiusa una piccola nicchia e verrà allargata l'apertura di una porta interna esistente

Si riporta di seguito il calcolo della rigidezza della parete pre e post intervento.

### 11.8.1 Confronto tra stato pre e post operam

Si riporta il calcolo delle singole rigidezze pre e post operam:



**ingegneria mengoli**

progettazione e servizi di ingegneria

EMILIA ROMAGNA:  
via don G. Bedetti, 3/A  
40129 Bologna  
051 41 200 54

PUGLIA:  
via G. Argento, 45  
73100 Lecce  
0832 179 06 16

www.ingegneriamengoli.com

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)

RELAZIONE DI CALCOLO

## Stato di fatto

### MASCHIO 1

Sforzo normale sul maschio murario:

N= 393,46 kN

Lunghezza maschio murario

b= 405 cm

Spessore maschio murario

s= 55 cm

Altezza maschio murario:

h= 300 cm

Grado di vincolo in testa:

n= 12 da 3 a 12 a seconda del vincolo in sommità alla parete muraria.

Valori estremi: n=3 per mensola

n=12 per incastro scorrevole

Duttilità del maschio murario:

$\mu = 1,5$  variabile tra 1,5 e 2

Tensione media sul maschio murario:

$\sigma_0 = N/A = 0,017664$  kN/cm<sup>2</sup>

0,176636 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a taglio del maschio murario:

$$T_u = A \tau_k \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1,5 \tau_k}} = 168660,64 \text{ N} = 168,6606 \text{ kN}$$

Rigidità alla traslazione del maschio murario:

$$K = \frac{GA}{h \left( 1,2 + \frac{2}{n} \cdot \left( \frac{h}{b} \right)^2 \right)} = 287467,69 \text{ N/mm}$$

Spostamento limite elastico:

$\delta_0 = T_u/K = 0,586712$  mm

Spostamento ultimo:

$\delta_u = \delta_0 * \mu = 0,880067$  mm

**Tabella 11-1 - Calcoli per determinare il comportamento del maschio murario 1 allo stato di fatto**



**ingegneria mengoli**

progettazione e servizi di ingegneria

EMILIA ROMAGNA:  
via don G. Bedetti, 3/A  
40129 Bologna  
051 41 200 54

PUGLIA:  
via G. Argento, 45  
73100 Lecce  
0832 179 06 16

www.ingegneriamengoli.com

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)

RELAZIONE DI CALCOLO

## Stato di fatto

### MASCHIO 2

Sforzo normale sul maschio murario:

N= 244,82 kN

Lunghezza maschio murario

b= 252 cm

Spessore maschio murario

s= 49 cm

Altezza maschio murario:

h= 300 cm

Grado di vincolo in testa:

n= 12 da 3 a 12 a seconda del vincolo in sommità alla parete muraria.

Valori estremi: n=3 per mensola

n=12 per incastro scorrevole

Duttilità del maschio murario:

$\mu = 1,5$  variabile tra 1,5 e 2

Tensione media sul maschio murario:

$\sigma_0 = N/A = 0,019827$  kN/cm<sup>2</sup>

0,198265 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a taglio del maschio murario:

$$T_u = A\tau_k \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1,5\tau_k}} = 97753,601 \text{ N} = 97,7536 \text{ kN}$$

Rigidezza alla traslazione del maschio murario:

$$K = \frac{GA}{h \left( 1,2 + \frac{2}{n} \cdot \left( \frac{h}{b} \right)^2 \right)} = 143294,25 \text{ N/mm}$$

Spostamento limite elastico:

$\delta_0 = T_u/K = 0,682188$  mm

Spostamento ultimo:

$\delta_u = \delta_0 * \mu = 1,023282$  mm

**Tabella 11-2 - Calcoli per determinare il comportamento del maschio murario 2 allo stato di fatto**



**ingegneria mengoli**

progettazione e servizi di ingegneria

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

www.ingegneriamengoli.com

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)

RELAZIONE DI CALCOLO

## Stato di progetto

### MASCHIO 1

Sforzo normale sul maschio murario:

N= 393,46 kN

Lunghezza maschio murario

b= 405 cm

Spessore maschio murario

s= 55 cm

Altezza maschio murario:

h= 300 cm

Grado di vincolo in testa:

n= 12

da 3 a 12 a seconda del vincolo in sommità alla parete muraria.

Valori estremi:

n=3 per mensola

n=12 per incastro scorrevole

Duttilità del maschio murario:

$\mu$ = 1,5

variabile tra 1,5 e 2

Tensione media sul maschio murario:

$\sigma_0 = N/A =$  0,017664 kN/cm<sup>2</sup>

0,176636 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a taglio del maschio murario:

$$T_u = A \tau_k \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1,5 \tau_k}} = 168660,643 \text{ N} = 168,6606 \text{ kN}$$

Rigidezza alla traslazione del maschio murario:

$$K = \frac{GA}{h \left( 1,2 + \frac{2}{n} \cdot \left( \frac{h}{b} \right)^2 \right)} = 287467,6923 \text{ N/mm}$$

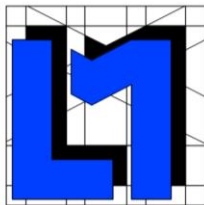
Spostamento limite elastico:

$\delta_0 = T_u/K =$  0,586712 mm

Spostamento ultimo:

$\delta_u = \delta_0 \cdot \mu =$  0,880067 mm

**Tabella 11-3 - Calcoli per determinare il comportamento del maschio 1 allo stato di progetto**



**ingegneria mengoli**

progettazione e servizi di ingegneria

EMILIA ROMAGNA:  
via don G. Bedetti, 3/A  
40129 Bologna  
051 41 200 54

PUGLIA:  
via G. Argento, 45  
73100 Lecce  
0832 179 06 16

www.ingegneriamengoli.com

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)

RELAZIONE DI CALCOLO

## Stato di progetto

### MASCHIO 2

Sforzo normale sul maschio murario:

N= 66,062 kN

Lunghezza maschio murario

b= 68 cm

Spessore maschio murario

s= 49 cm

Altezza maschio murario:

h= 300 cm

Grado di vincolo in testa:

n= 12 da 3 a 12 a seconda del vincolo in sommità alla parete muraria.

Valori estremi: n=3 per mensola

n=12 per incastro scorrevole

Duttilità del maschio murario:

$\mu$ = 1,5 variabile tra 1,5 e 2

Tensione media sul maschio murario:

$\sigma_0 = N/A = 0,019827$  kN/cm<sup>2</sup>

0,198265 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a taglio del maschio murario:

$$T_u = A\tau_k \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1,5\tau_k}} = 26377,95592 \text{ N} = 26,37796 \text{ kN}$$

Rigidezza alla traslazione del maschio murario:

$$K = \frac{GA}{h \left( 1,2 + \frac{2}{n} \cdot \left( \frac{h}{b} \right)^2 \right)} = 12496,40531 \text{ N/mm}$$

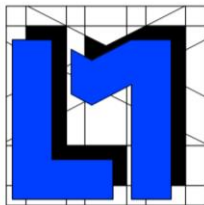
Spostamento limite elastico:

$\delta_0 = T_u/K = 2,110844$  mm

Spostamento ultimo:

$\delta_u = \delta_0 * \mu = 3,166265$  mm

**Tabella 11-4 - Calcoli per determinare il comportamento del maschio 2 allo stato di progetto**



**ingegneria mengoli**

progettazione e servizi di ingegneria

EMILIA ROMAGNA:  
via don G. Bedetti, 3/A  
40129 Bologna  
051 41 200 54

PUGLIA:  
via G. Argento, 45  
73100 Lecce  
0832 179 06 16

www.ingegneriamengoli.com

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)

RELAZIONE DI CALCOLO

## Stato di progetto

### MASCHIO 3

Sforzo normale sul maschio murario:

N= 225,388 kN

Lunghezza maschio murario

b= 232 cm

Spessore maschio murario

s= 49 cm

Altezza maschio murario:

h= 300 cm

Grado di vincolo in testa:

n= 12 da 3 a 12 a seconda del vincolo in sommità alla parete muraria.

Valori estremi: n=3 per mensola

n=12 per incastro scorrevole

Duttilità del maschio murario:

$\mu = 1,5$  variabile tra 1,5 e 2

Tensione media sul maschio murario:

$\sigma_0 = N/A = 0,019827$  kN/cm<sup>2</sup>

0,198265 N/mm<sup>2</sup>

$$T_u = A \tau_k \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1,5 \tau_k}} = 89995,37902 \text{ N} = 89,99538 \text{ kN}$$

Rigidezza alla traslazione del maschio murario:

$$K = \frac{GA}{h \left( 1,2 + \frac{2}{n} \cdot \left( \frac{h}{b} \right)^2 \right)} = 128131,7706 \text{ N/mm}$$

Spostamento limite elastico:

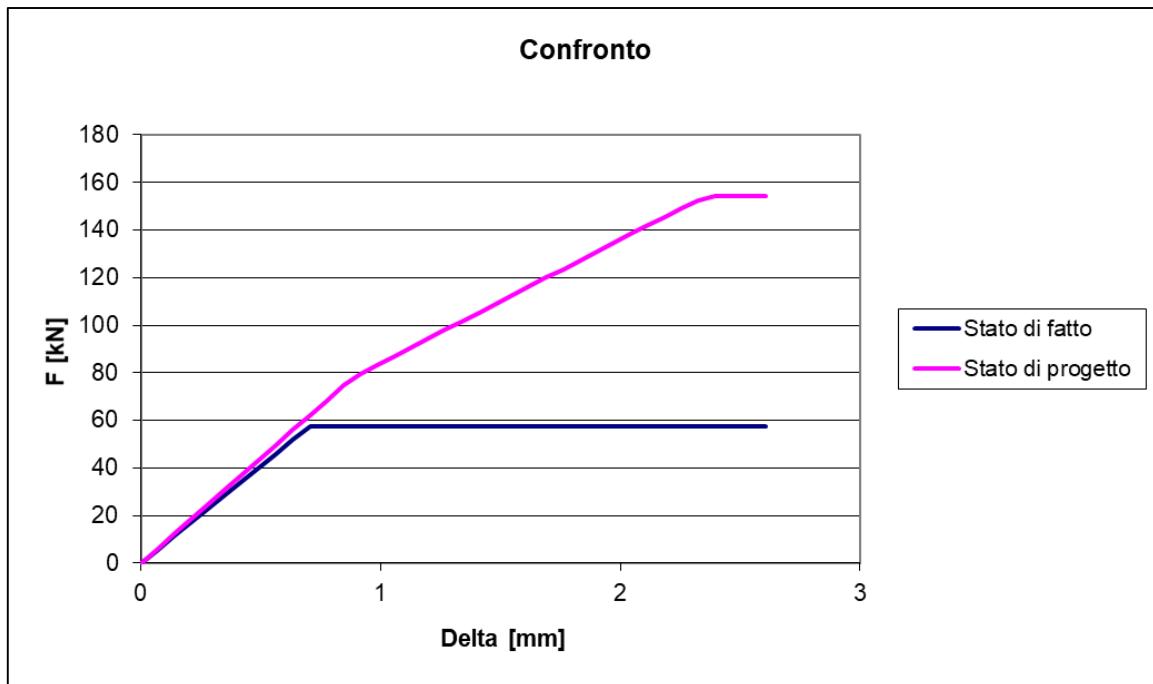
$\delta_0 = T_u/K = 0,702366$  mm

Spostamento ultimo:

$\delta_u = \delta_0 \cdot \mu = 1,053549$  mm

**Tabella 11-5 - Calcoli per determinare il comportamento del maschio 3 allo stato di progetto**

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)
		RELAZIONE DI CALCOLO



**Figura 11-1 Confronto tra i diagrammi sforzo – spostamento**

Nel calcolo della rigidezza della parete si ottiene un diagramma “Sforzo – Spostamento” (Figura 11-1) che mette a confronto le curve per lo stato di fatto e lo stato di progetto.

In particolare, essendo il primo tratto delle curve rappresentativo della rigidezza della parete, si può osservare che le pendenze dei tratti iniziali per le due curve (stato di fatto e stato di progetto) coincidono.

Pertanto si può affermare che non si verifica alcuna variazione di rigidezza post intervento e nessuna variazione di deformazione.

Infine, rimanendo invariati i carichi, le rigidezze e le masse tra lo stato di fatto e di progetto, non si verifica alcun aumento di eccentricità tra il baricentro delle masse e il centro delle rigidezze.

### 11.9 Architrave – porta piano primo

Per la realizzazione della nuova apertura, si prevede l'utilizzo di un nuovo architrave di tipo prefabbricato. Di seguito si riporta la procedura di calcolo adottata e le caratteristiche che il nuovo architrave dovrà soddisfare.



 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

Si considera il peso specifico della muratura in esame pari a  $1800 \text{ daN/m}^3$  e la combinazione dei carichi seguente:

$$q_{cop} = 1,3 \cdot 120 \text{ daN/m}^2 + 1,5 \cdot 120 \text{ daN/m}^2 + 1,5 \cdot 251 \text{ daN/m}^2 = 1425 \text{ daN/m}^2$$

$$q_{sol} = 1,3 \cdot 350 \text{ daN/m}^2 + 1,5 \cdot 280 \text{ daN/m}^2 + 1,5 \cdot 200 \text{ daN/m}^2 = 2350 \text{ daN/m}^2$$

$$q_{sd, muratura} = 1800 \text{ daN/m}^3 \cdot 3 \text{ m} \cdot 0,55 \text{ m} \cdot 1,3 = 3861 \text{ daN/m}$$

Non conoscendo a priori la sezione dell'architrave si stima il relativo contributo pari al 15% rispetto alla somma di  $q_{sd, sol}$  e  $q_{sd, muratura}$ , quindi:

$$q_{SLU} = (1425 + 2350 + 3861) \cdot 1,15 = 8781 \text{ daN/m}$$

Considerando la luce libera  $L=90\text{cm}$  e gli appoggi sulla muratura di  $30\text{cm}$  ognuno, si ottiene la lunghezza totale  $L=150\text{cm}$ . Dunque si procede con il calcolo del momento e del taglio massimi sollecitanti:

$$M_{sd} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{8781 \cdot 1,5^2}{8} = 2470 \text{ daNm}$$

$$V_{sd} = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{8781 \cdot 1,5}{2} = 6586 \text{ daN}$$

A vantaggio di sicurezza si amplificano di un ulteriore 15% i valori così ricavati, ottenendo i valori minimi che l'architrave dovrà rispettare.

$$M_{Rd} = 2470 \cdot 1,15 = 2840 \text{ daNm}$$

$$V_{Rd} = 6586 \cdot 1,15 = 7574 \text{ daN}$$

Inoltre, per garantire la verifica allo SLE, assumendo come valore massimo ammissibile della freccia

$$f = \frac{l}{250} = \frac{150}{250} = 0,60 \text{ cm}$$

si ottiene che il prodotto minimo tra il momento di inerzia e il modulo elastico è pari a:

$$EI = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot f} = \frac{5 \cdot 5612 \text{ daN/m} \cdot (1,5 \text{ m})^4}{384 \cdot 0,006 \text{ m}} \cdot 1,15 = 70905 \text{ daNm}^2$$

 <b>ingegneria mengoli</b> <i>progettazione e servizi di ingegneria</i> EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

### 11.10 Cuci e scuci

Per ripristinare la continuità della parete portante e chiudere la piccola nicchia, si adotta la tecnica del cuci e scuci. Poiché è bene che gli elementi sani di nuova introduzione abbiano caratteristiche geometriche e meccaniche simili a quelli presenti in situ, si prevede l'utilizzo di mattoni pieni analoghi a quelli che attualmente compongono la muratura. Per quanto riguarda le malte, si prescrive l'utilizzo di malte espansive a composizione prescritta, come riportato nell'elenco dei materiali utilizzati.

Si sceglie di utilizzare questa tecnica di riparazione poiché essa garantisce una buona riuscita nel ripristino della capacità portante iniziale delle murature su cui si interviene, senza apportare sensibili modifiche nel comportamento del muro e quindi in quello globale del fabbricato.

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16 www.ingegneriamengoli.com	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)  RELAZIONE DI CALCOLO

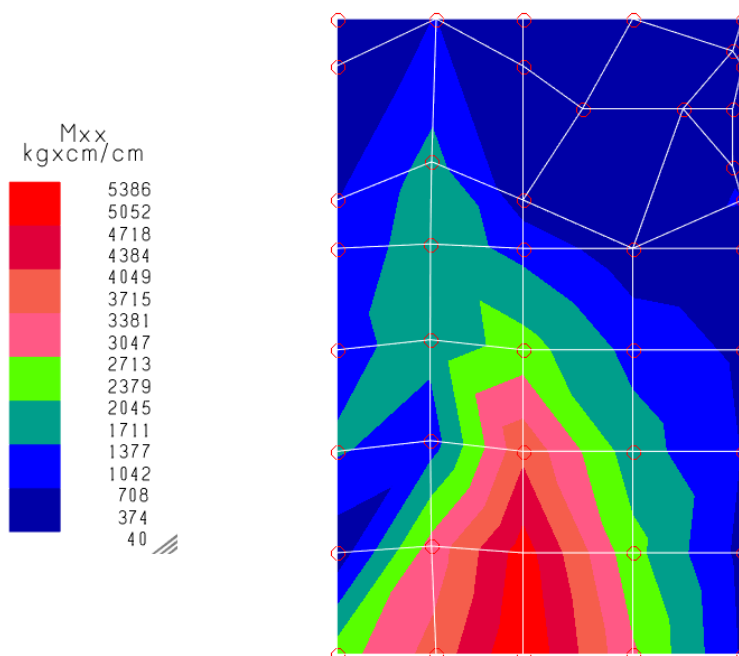
## 11.11 Platea di fondazione in c.a.

### 11.11.1 Verifica della platea in c.a.

La platea verrà realizzata con una sezione di altezza 30 cm in c.a. C 25/30.

Si adotta, come ipotesi di calcolo, la semplificazione del comportamento dell'intera platea a una fascia di 1 metro, assimilandola ad uno schema di trave rovescia nelle due direzioni principali. Dal modello agli elementi finiti, realizzato mediante il software di calcolo MasterSap, si ricavano le distribuzioni delle tensioni flessionali agli stati limite ultimi.

Al di sotto della sovrastruttura, è stato implementato un modello di platea su suolo elastico alla Winkler con costante elastica  $k = 1,663 \text{ daN/cm}^3$ , soggetta ai carichi trasferiti dai pilastri. In accordo con quanto prescritto dalle NTC 2018 nel paragrafo 7.5.4 in merito ai requisiti strutturali degli elementi di fondazione, le azioni ricavate vengono amplificate di un coefficiente  $\gamma_{ov}=1,1$ .



**Figura 11-2 Distribuzioni delle sollecitazioni flettenti sulla platea Mxx – involucro SLU / SLV**

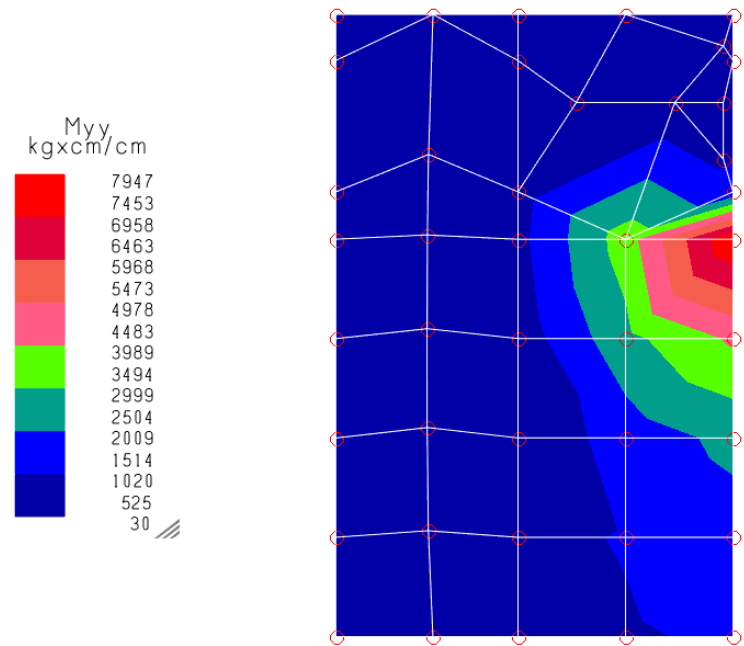


Figura 11-3 Distribuzioni delle sollecitazioni flettenti sulla platea Myy– involucro SLU / SLV

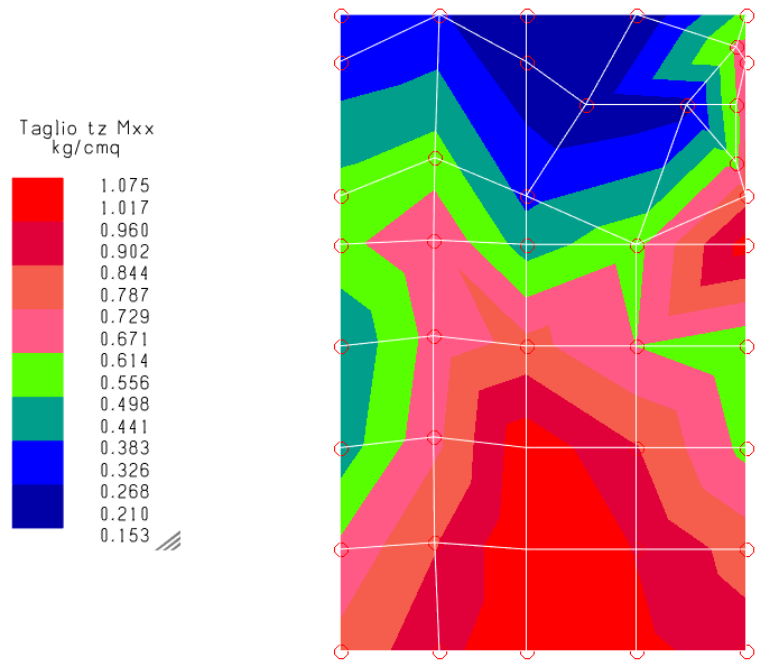
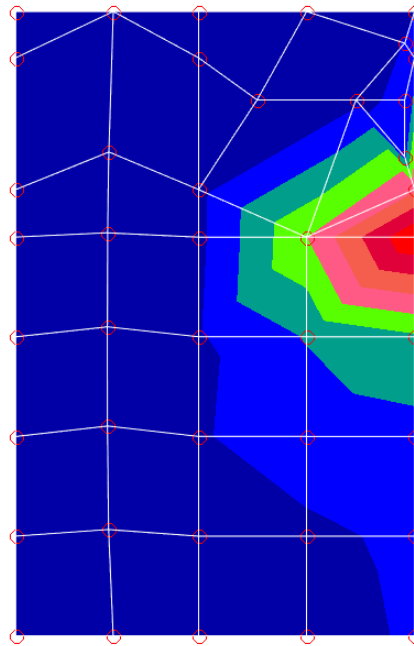
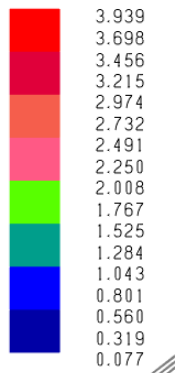


Figura 11-4 Distribuzioni delle sollecitazioni taglianti sulla platea legata a Mxx – involucro SLU / SLV

 <b>ingegneria mengoli</b> progettazione e servizi di ingegneria EMILIA ROMAGNA: via don G. Bedetti, 3/A 40129 Bologna 051 41 200 54 www.ingegneriamengoli.com PUGLIA: via G. Argento, 45 73100 Lecce 0832 179 06 16	ELABORATO	230089-PE-RTS-001-00
	OGGETTO	PIAZZA J.F.KENNEDY n°2, CAMUGNANO (BO)
		RELAZIONE DI CALCOLO

Taglio  $t_z$  Myy  
kg/cmq



**Figura 11-5 Distribuzioni delle sollecitazioni taglianti sulla platea legate a Myy – involucro SLU / SLV**

Per le verifiche si considerano quindi le seguenti sollecitazioni:

$$M_{sd} = 6958 \text{ daNm} \cdot 1,1 = 7655 \text{ daNm}$$

$$V_{sd} = 11094 \text{ daN} \cdot 1,1 = 12204 \text{ daN}$$

Al fine di poter calcolare l'armatura a flessione si verificano le strisce di platea di larghezza pari a 100 cm maggiormente sollecitate (si vedano le sollecitazioni prima riportate).

Si adotta armatura longitudinale corrente  $\Phi 12/15$  cm superiore ed inferiore, nel rispetto del minimo da norma dello 0,2% di armatura.

Il momento resistente che ne deriva vale  $M_{rd} = 7966 \text{ daNm}$

Il taglio resistente vale:  $V_{rd} = 14339 \text{ daN}$

Combinazione	Sollecitazione
combinazione rara	$M_{sd} = 3215 \text{ daNm}$
combinazione frequente	$M_{sd} = 3211 \text{ daNm}$
combinazione quasi permanente	$M_{sd} = 3221 \text{ daNm}$

Si riportano le verifiche a fessurazione condotte tenendo conto dell'ambiente in condizioni ordinarie e delle armature poco sensibili:

per combinazione frequente

$$w_d = 1,7 \cdot w_m = 0,013 \text{ mm}$$

$$< w_3 = 0,3 \text{ mm}$$

per combinazione quasi permanente

$$w_d = 1,7 \cdot w_m = 0,1304 \text{ mm}$$

$$< w_3 = 0,3 \text{ mm}$$

Le massime tensioni che si registrano nel calcestruzzo e nell'acciaio sono le seguenti:

per combinazione rara

$$\sigma_{c,sd} = 3,28 \text{ MPa}$$

$$< 0,6 \cdot f_{ck} = 15,00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s,sd} = 153,62 \text{ MPa}$$

$$< 0,8 \cdot f_{yk} = 360,00 \text{ MPa}$$

per combinazione quasi permanente

$$\sigma_{c,sd} = 3,29 \text{ MPa}$$

$$< 0,45 \cdot f_{ck} = 11,25 \text{ MPa}$$



PORTANZA - Terzaghi (Fondazione nastroforme di larghezza B)						
TERZAGHI	Terzaghi		Contributi			
	Nq	1,00	Sovraccarico	q	0,072 MPa	17,39%
	Nc	5,70	Coesione	c	0,342 MPa	82,61%
	N <sub>γ</sub>	0,00	Attrito	γ	0,000 MPa	0,00%
	Portanza		414,00	kPa	$q_{lim} = N_q \cdot \gamma_1 \cdot D + N_c \cdot c + N_\gamma \cdot \gamma_2 \cdot \frac{B}{2}$	
			1449,00	kN/m		
	Portanza / γ <sub>R</sub>		180,00	kPa		
			630,00	kN/m		

Per effettuare la verifica si confronta la tensione ottenuta dal modello con quella fornita dalla relazione geologica, pari a

$$\sigma_{sd} = 1,05 \frac{daN}{cm^2} < 1,80 \frac{daN}{cm^2}$$

La verifica, dunque, risulta soddisfatta.

### 11.11.3 Verifica dei cedimenti differenziali della platea di fondazione in c.a.

Per il calcolo dei cedimenti differenziali si considera la combinazione rara, da cui è possibile ottenere i cedimenti assoluti di seguito riportati:

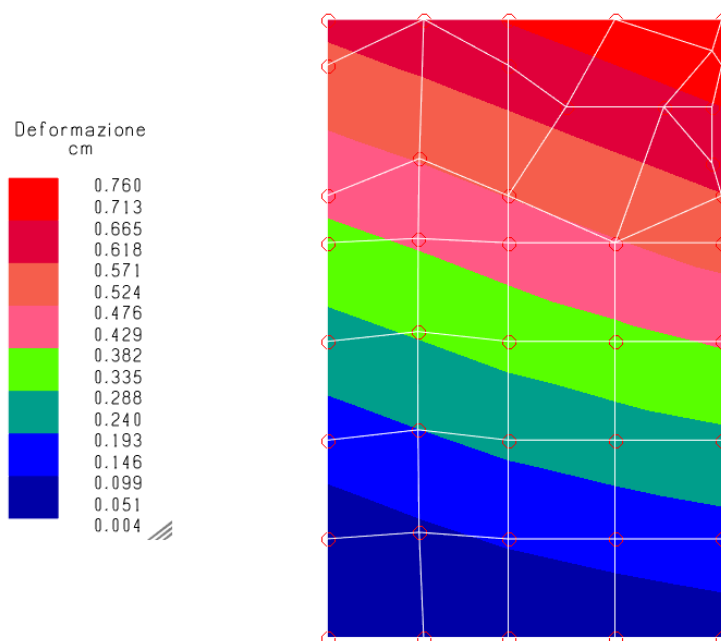


Figura 11-7 Cedimenti assoluti, Combinazione Rara





**ingegneria mengoli**

*progettazione e servizi di ingegneria*

EMILIA ROMAGNA:

via don G. Bedetti, 3/A

40129 Bologna

051 41 200 54

PUGLIA:

via G. Argento, 45

73100 Lecce

0832 179 06 16

[www.ingegneriamengoli.com](http://www.ingegneriamengoli.com)

ELABORATO

230089-PE-RTS-001-00

OGGETTO

**PIAZZA J.F.KENNEDY n°2,  
CAMUGNANO (BO)**

RELAZIONE DI CALCOLO

Nodo	Cedimento assoluto [cm]
	Caso 1
P1	0,670
P2	0,620
P3	0,479
P4	0,428
P5	0,321
P6	0,215
P7	0,109
P8	0,004

Nodi	$\Delta$ [cm]	L [cm]	$\tan \beta$
	Caso 1		Caso 1
P1-P2	0,050	38,0	0,001316
P2-P3	0,141	108,0	0,001306
P3-P4	0,051	39,0	0,001308
P4-P5	0,107	81,8	0,001309
P5-P6	0,106	81,8	0,001297
P6-P7	0,106	81,8	0,001297
P7-P8	0,105	81,8	0,001282

**Figura 11-8 Cedimenti assoluti a confronto e calcolo  $\tan \beta$**

Si può osservare che  $\tan \beta$  risulta sempre inferiore al valore limite di 0,004 imposto da normativa soddisfacendo la verifica relativa ai cedimenti differenziali.