

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI  
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI  
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria



Mandanti



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA



MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

GENERALI  
FABBRICATI E PIAZZALI  
RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO ENERGIA (IMBOCCO NORD GALLERIA)

L'Appaltatore

Ing. Gianguido Babini

A.A. D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.p.A.  
Il Direttore Tecnico  
(Ing. Gianguido Babini)

I progettisti (il Direttore della progettazione)

Ing. Massimo Facchini



Data 07/07/2023

firma

Data 07/07/2023

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I 0 B	0 2	E	Z Z	C L	F A 0 0 0 0	0 0 2	B	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autolizzato/Data
A	Emissione Esecutiva	D. Salzillo	12/12/2022	G. Mennillo	14/12/2022	R. Fabrizio	16/12/2022	
B	Revisione per RdV LI0B-RV-0000000275	D. Salzillo	30/06/2023	G. Mennillo	03/07/2023	R. Fabrizio	05/07/2023	M. Facchini 07/07/2023

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>FA 00 00</b>			PROGR <b>002</b>

## INDICE

<b>1.. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2.. NORME DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>4</b>
<b>3.. VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>4.. MATERIALI.....</b>	<b>6</b>
4.1 Calcestruzzo strutture in fondazione C25/30 .....	6
4.2 Calcestruzzo strutture in elevazione C32/40.....	8
4.3 Acciaio B450C per calcestruzzo armato .....	9
4.4 Copriferro minimo per opere in c.a.....	10
<b>5.. TERRENO DI FONDAZIONE .....</b>	<b>11</b>
5.1 Determinazione della costante di Winkler .....	12
<b>6.. ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>13</b>
6.1 Pesì propri strutturali .....	13
6.2 Carichi permanenti non strutturali .....	14
6.3 Sovraccarichi accidentali.....	14
6.4 Azione sismica .....	16
6.5 Combinazioni .....	23
<b>7.. INDICAZIONI SUL SOFTWARE UTILIZZATO.....</b>	<b>40</b>
<b>8.. SCHEMA DI CALCOLO E CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....</b>	<b>41</b>
8.1 Modello FEM .....	41
8.2 Applicazione dei Carichi.....	44
8.3 Assegnazione dei Vincoli Esterni.....	49
8.4 Modi di vibrare, masse modali e coefficienti di partecipazione modale .....	49
8.5 Criteri di verifica .....	52
8.6 Armature, deformate, involuppo delle sollecitazioni e verifiche.....	59
<b>9.. RISULTATI VERIFICHE .....</b>	<b>94</b>
9.1 Coefficienti di sicurezza .....	94
9.2 Verifica Degli Spostamenti Relativi SLD .....	96
9.3 Verifica Degli Spostamenti Relativi SLO .....	96
9.4 Solaio predalles.....	96
9.5 Verifiche geotecniche.....	102

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	2

**1. PREMESSA**

Nell'ambito della progettazione di raddoppio della tratta ferroviaria Termoli-Lesina, nei lotti 2 e 3 è prevista la realizzazione di alcuni fabbricati.

Nella presente relazione si tratta del Fabbricato Energia da realizzare alla progressiva 5+200 circa.

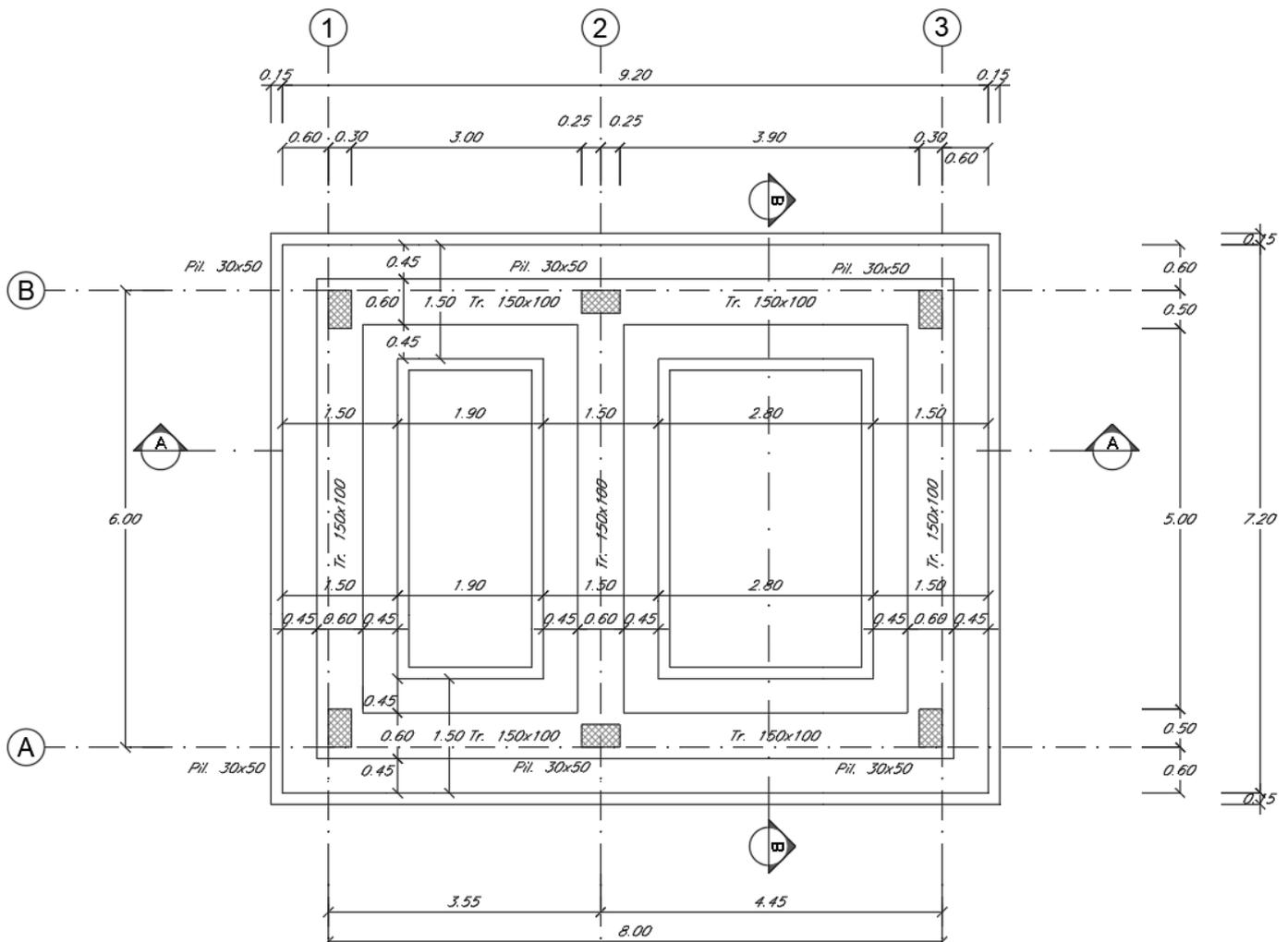
La struttura dell'edificio in oggetto presenta, in elevazione, una estensione in pianta di 8.00x6.00m; presenta un solo piano con quota copertura al rustico a +3.95m. L'altezza della struttura dallo spiccato di fondazione è pari a 5.45m oltre il magrone.

In elevazione presenta 6 pilastri 30x50cm disposti su due assi. Le travi perimetrali sono tutte emergenti di sezione 30x40cm.

Il solaio di copertura, ordito lungo la direzione longitudinale del fabbricato, è del tipo semiprefabbricato a prèdalles, con getto in opera dei travetti e della caldana superiore. Lo spessore totale del solaio di copertura è di 24 cm e comprende 4 cm di prèdalles, 16 cm di nervature e 4 cm di caldana superiore. Le lastre tipo prèdalles sono larghe 120 cm e presentano tre tralicci di irrigidimento ed elementi di alleggerimento delimitanti le nervature intermedie.

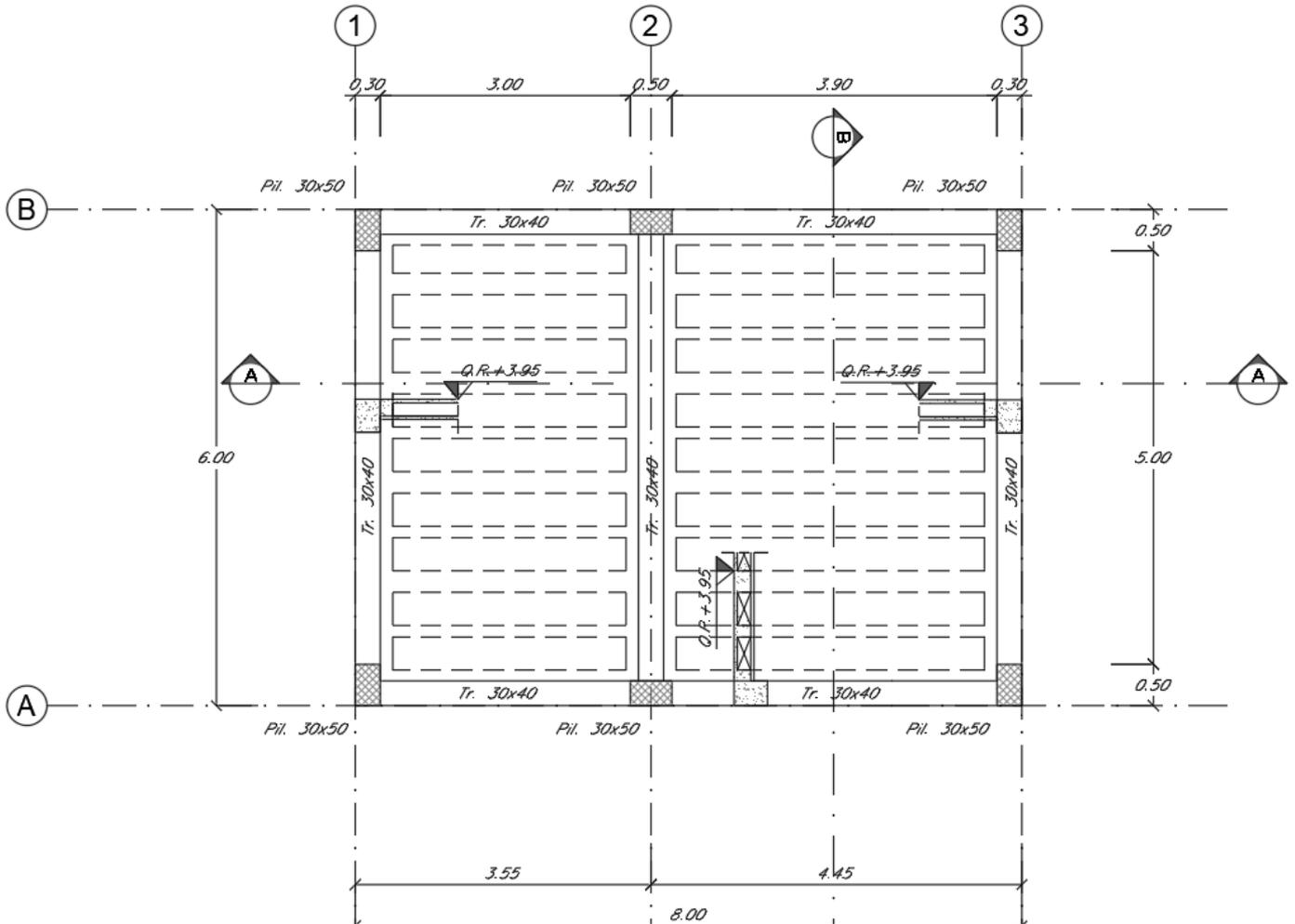
La fondazione è prevista in travi a T rovesce composte da base 150x40cm ed anima superiore 60x60cm. Complessivamente in fondazione presenta una estensione di 9.20x7.20m.

Di seguito si riporta uno stralcio delle tavole per meglio individuare l'opera in parola.



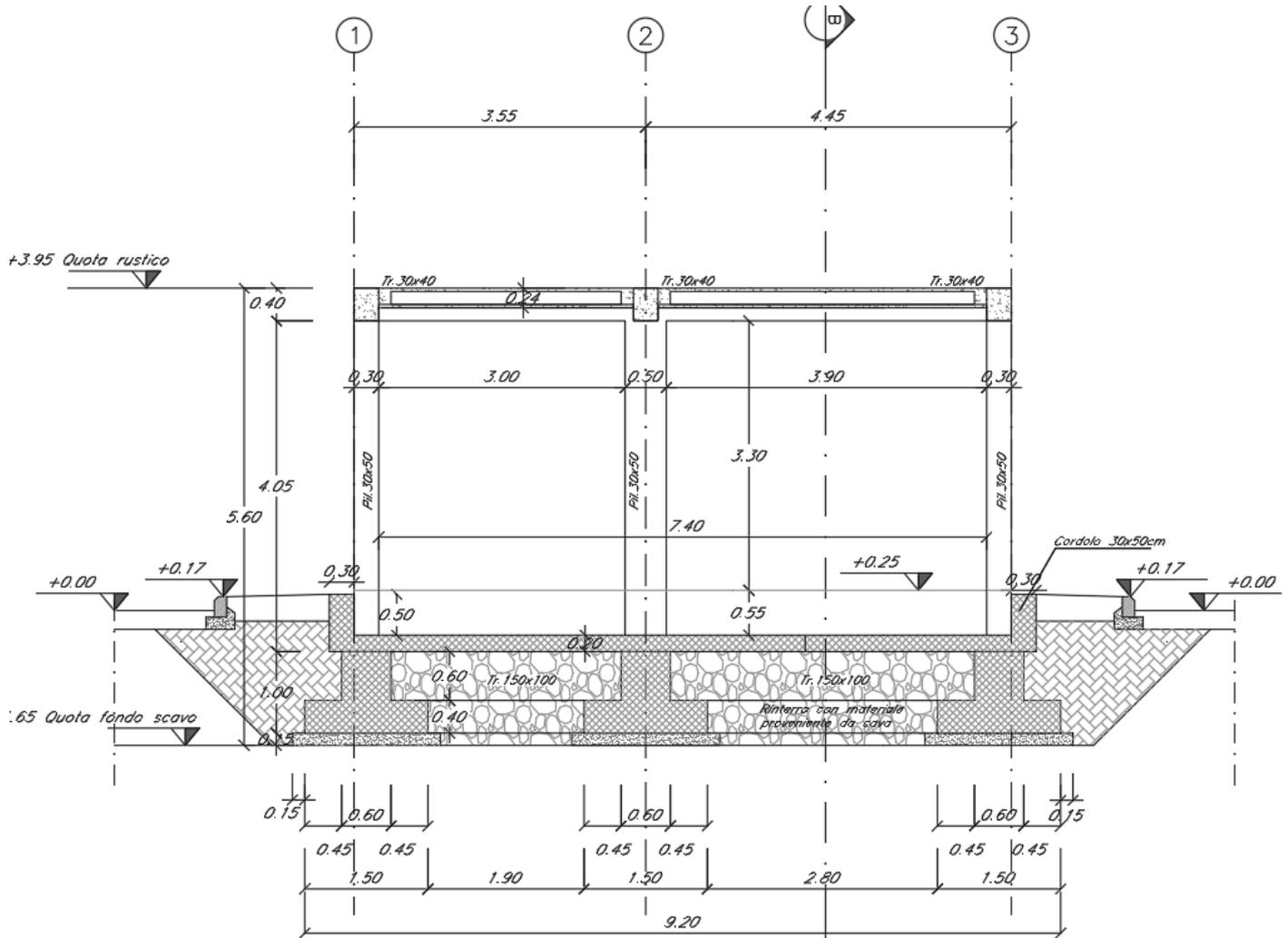
**Relazione di calcolo fabbricato energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	3



**Relazione di calcolo fabbricato energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	4



L'analisi dell'opera è stata eseguita con il software di calcolo IperSpace BIM con metodo agli elementi finiti.

## 2. NORME DI RIFERIMENTO

Nel seguente elenco sono riportate le norme di riferimento secondo le quali sono state condotte le fasi di calcolo e verifica degli elementi strutturali:

**Legge 5 novembre 1971 n. 1086** (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”

**Legge 2 febbraio 1974 n. 64** (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”

**D.M. 14.01.2008 ("Nuove norme tecniche per le costruzioni")**

Nel seguito denominate NT (norme tecniche)

**Circolare 2 febbraio 2009 n°617**

Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale

**UNI EN 1992-1-1**

Progettazione delle strutture di calcestruzzo

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

### UNI EN 206-1-2016

Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità.

REGOLAMENTO UE N.1299/2014 della COMMISSIONE del 18 novembre 2014 e successivo REGOLAMENTO DI ESECUZIONE (UE) 2019/776 DELLA COMMISSIONE del 16 maggio 2019.

### Norme tecniche, circolari e istruzioni Rete Ferroviaria Italiana

#### **RFI DTC INC CS LG IFS 001 A**

Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra

#### **RFI DTC INC CS SP IFS 001 A**

Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie

#### **RFI DTC INC PO SP IFS 001 A**

Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario

#### **RFI DTC INC PO SP IFS 002 A**

Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria

#### **RFI DTC INC PO SP IFS 003 A**

Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari

#### **RFI DTC INC PO SP IFS 004 A**

Specifica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo

#### **RFI DTC INC PO SP IFS 005 A**

Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia.

#### **RFI DTC SI PS MA IFS 001 B**

Manuale di progettazione delle opere civili.

### **3. VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO**

Al fine di definire i parametri di progettazione della struttura bisogna individuare la vita nominale e la classe d'uso che definiscono il periodo di riferimento.

La vita nominale di progetto  $V_N$  di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. La struttura oggetto di analisi rientra nelle "Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari" e quindi, a vantaggio di sicurezza si è considerato:

$$V_N \geq 50 \text{ anni}$$

Inoltre, in base alla tabella 2.5.1.1.1-1 del "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" Parte II Sezione 2 (rif. RFI DTC SI MA IFS 001 B) si tratta di un'opera nuova su una infrastruttura ferroviaria esistente; pertanto, la vita nominale risulta:

$$V_N = 75 \text{ anni}$$

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso; nello specifico la struttura in oggetto può essere classificata come segue:

*Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al*

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica". Per questa è previsto un Coefficiente d'uso:

$$C_U = 2$$

In conclusione, è possibile considerare un periodo di riferimento:

$$V_r = V_N \cdot C_U = 150.0 \text{ anni}$$

La vita di riferimento sarà utilizzata per la definizione degli spettri di risposta riportati nei paragrafi successivi.

Di seguito si riportano periodo di ritorno e probabilità di superamento impostato per l'analisi delle azioni sismiche ai seguenti stati limite: SLV, SLD, SLO. (p.to 2.4 delle NT):

Vita della struttura	
Tipo	Opere ordinarie (50-100)
Vita nominale VN [anni]	75.0
Classe d'uso	IV
Coefficiente d'uso CU	2.00
Periodo di riferimento VR [anni]	150.000
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite di esercizio - SLO	81.0%
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite di esercizio - SLD	63.0%
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite ultimo - SLV	10.0%
Periodo di ritorno TR SLO [anni]	90.3
Periodo di ritorno TR SLD [anni]	150.9
Periodo di ritorno TR SLV [anni]	1423.7

Per maggiori dettagli riguardo l'azione sismica si veda la definizione degli spettri di risposta

## 4. MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali, di cui si riportano nell'ordine le proprietà meccaniche adottate nel calcolo elastico e le resistenze di calcolo per le verifiche di sicurezza. Tutti i materiali impiegati dovranno essere comunque verificati con opportune prove di laboratorio secondo le prescrizioni della vigente Normativa.

### 4.1 CALCESTRUZZO STRUTTURE IN FONDAZIONE C25/30

Ai fini della valutazione del comportamento e della resistenza delle strutture in calcestruzzo, questo viene identificato mediante la classe di resistenza contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cilindrica e cubica a compressione uniassiale, misurate rispettivamente su provini cilindrici e cubici, espressa in MPa. Alla tabella 4.1.I delle NTC sono riportate le classi di resistenza. Per le fondazioni dell'opera strutturale in esame si utilizza calcestruzzo **C25/30**. Con riferimento alla normativa vigente si riportano le caratteristiche del materiale utilizzato.

[NTC – 4.1.2.1.1.1] La resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo  $f_{cd}$  è calcolata:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck} \cdot \alpha_{cc}}{1.5} = 14.17 \text{ MPa}$$

dove:

- $\alpha_{cc}$  è il coefficiente che tiene conto degli effetti di lunga durata sulla resistenza a compressione, pari a 0.85;

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>FA 00 00</b>			PROGR <b>002</b>

- $\gamma_c$  è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo, pari a 1.5;
- $f_{ck}$  è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni.

[NTC – 11.2.10.3] Per modulo elastico del calcestruzzo, in sede di progettazione, si può assumere:

$$E_{cm} = 22.000 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0.3} = 22.000 \cdot \left(\frac{33}{10}\right)^{0.3} = 31476 \text{ MPa}$$

dove  $f_{cm}$  è il valore medio della resistenza cilindrica, calcolato come segue:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 25 + 8 = 33 \text{ MPa}$$

[NTC – 4.1.2.1.1.2] La resistenza di calcolo a trazione  $f_{ctd}$  è definita come:

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{0.7 \cdot f_{ctm}}{\gamma_c} = \frac{0.7 \cdot 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}}{\gamma_c} = 1.20 \text{ MPa}$$

dove [NTC – 11.2.10.2]:

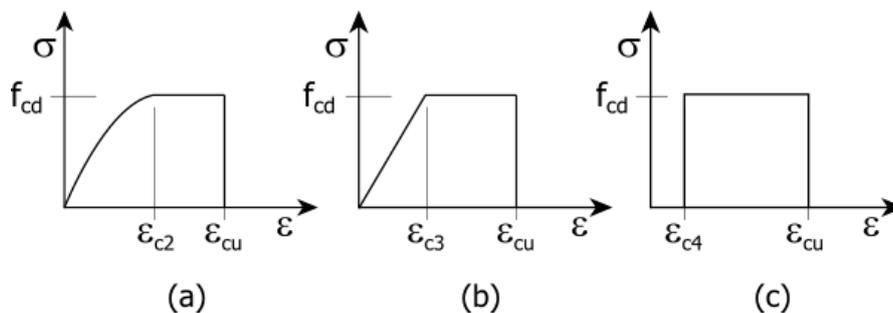
- $f_{ctk}$  è la resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.79 \text{ MPa}$$

- $f_{ctm}$  è la resistenza media a trazione semplice (assiale) per classi inferiori o uguali a C50/60.

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ MPa}$$

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo e dell'acciaio per calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2 delle NT; in particolare per le verifiche delle sezioni in calcestruzzo armato è stato adottato il modello di calcestruzzo riportato in (a) della figura seguente:



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo - a) parabola-rettangolo; b) triangolo-rettangolo; c) rettangolo (stress-block)

Nelle verifiche allo stato limite di esercizio, la massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$  deve rispettare le seguenti limitazione previste dalle NTC al par. 4.1.2.2.5.1:

$$\sigma_c < 0.60 \cdot f_{ck} = 14.94 \text{ MPa (Condizione caratteristica rara)}$$

$$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck} = 11.21 \text{ MPa (Condizione caratteristica quasi permanente)}$$

Le strutture di progetto saranno soggette alle intemperie e/o interrate. La classe di esposizione del calcestruzzo utilizzata è **XC2** (calcestruzzo armato ordinario prevalentemente immerso in terreno non aggressivo), in accordo con la tabella 4.1.III delle NTC.

MANDATARIA  MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
<b>LI0B</b>		<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>8</b>

## 4.2 CALCESTRUZZO STRUTTURE IN ELEVAZIONE C32/40

Ai fini della valutazione del comportamento e della resistenza delle strutture in calcestruzzo, questo viene identificato mediante la classe di resistenza contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cilindrica e cubica a compressione uniassiale, misurate rispettivamente su provini cilindrici e cubici, espressa in MPa. Alla tabella 4.1.I delle NTC sono riportate le classi di resistenza. Per l'opera strutturale in esame si utilizza calcestruzzo **C32/40**. Con riferimento alla normativa vigente si riportano le caratteristiche del materiale utilizzato.

[NTC – 4.1.2.1.1] La resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo  $f_{cd}$  è calcolata:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck} \cdot \alpha_{cc}}{1.5} = 18.13 MPa$$

dove:

- $\alpha_{cc}$  è il coefficiente che tiene conto degli effetti di lunga durata sulla resistenza a compressione, pari a 0.85;
- $\gamma_c$  è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo, pari a 1.5;
- $f_{ck}$  è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni.

[NTC – 11.2.10.3] Per modulo elastico del calcestruzzo, in sede di progettazione, si può assumere:

$$E_{cm} = 22.000 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0.3} = 22.000 \cdot \left(\frac{40}{10}\right)^{0.3} = 33346 MPa$$

dove  $f_{cm}$  è il valore medio della resistenza cilindrica, calcolato come segue:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32 + 8 = 40 MPa$$

[NTC – 4.1.2.1.2] La resistenza di calcolo a trazione  $f_{ctd}$  è definita come:

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{0.7 \cdot f_{ctm}}{\gamma_c} = \frac{0.7 \cdot 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}}{\gamma_c} = 1.41 MPa$$

dove [NTC – 11.2.10.2]:

- $f_{ctk}$  è la resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.17 MPa$$

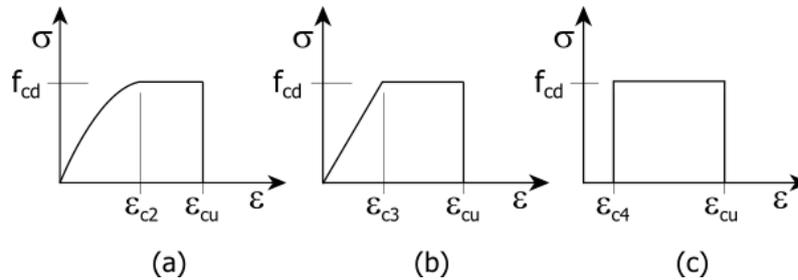
- $f_{ctm}$  è la resistenza media a trazione semplice (assiale) per classi inferiori o uguali a C50/60.

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.10 MPa$$

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo e dell'acciaio per calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2 delle NT; in particolare per le verifiche delle sezioni in calcestruzzo armato è stato adottato il modello di calcestruzzo riportato in (a) della figura seguente:

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	9



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo - a) parabola-rettangolo; b) triangolo-rettangolo; c) rettangolo (stress-block)

Nelle verifiche allo stato limite di esercizio, la massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$  deve rispettare le seguenti limitazione previste dalle NTC al par. 4.1.2.2.5.1:

$$\sigma_c < 0.60 \cdot f_{ck} = 19.92 \text{MPa} \text{ (Condizione caratteristica rara)}$$

$$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck} = 14.94 \text{MPa} \text{ (Condizione caratteristica quasi permanente)}$$

Le strutture di progetto, seppur non rientranti in ambienti chiusi, sono riparate dalla pioggia e/o rivestite con intonaci, materiali lapidei incollati etc. La classe di esposizione del calcestruzzo utilizzata **XC3** (Calcestruzzo armato ordinario in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia) rientra tra le “condizioni ambientali ordinarie” in accordo con la tabella 4.1.III delle NTC.

**4.3 ACCIAIO B450C PER CALCESTRUZZO ARMATO**

Le norme prescrivono, per il calcestruzzo armato, l’utilizzo di armature di classe B450C. Tali armature hanno una resistenza  $f_{yd}$ , riferita alla tensione di snervamento [NTC – 4.1.6]:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1.15} = 391.3 \text{MPa}$$

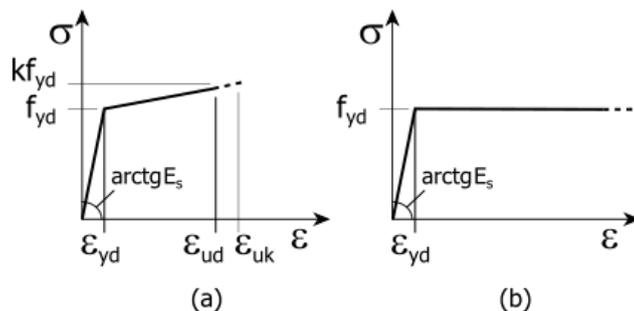
Dove

- $\gamma_s$  è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio, pari ad 1,15 per tutti i tipi di acciaio;
- $f_{yk}$  per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio [NTC – 11.3.2].

[NTC – 11.3.4.1] In sede di progettazione si può assumere convenzionalmente il valore nominale del modulo elastico, pari a:

$$E_s = 210000 \text{MPa}$$

I diagrammi costitutivi dell'acciaio per calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2 delle NT



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione dell'acciaio per calcestruzzo.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

Nelle verifiche allo stato limite di esercizio, la massima tensione  $\sigma_s$  per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente [NTC2008 al par. 4.1.2.2.5.2]:

$$\sigma_s < 0.80 \cdot f_{yk} = 360.0 \text{MPa} \text{ (Condizione caratteristica rara)}$$

#### 4.4 COPRIFERRO MINIMO PER OPERE IN C.A.

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario o precompresso, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

A tal fine in fase di progetto la prescrizione, valutate opportunamente le condizioni ambientali del sito ove sorgerà la costruzione o quelle di impiego, deve fissare le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare (composizione e resistenza meccanica), i valori del copriferro e le regole di maturazione.

Per copriferro delle armature si intende la distanza tra la superficie esterna dell'armatura, inclusi collegamenti e staffe, e la superficie di calcestruzzo più vicina. La protezione dell'armatura contro la corrosione si basa sulla presenza continua di un ambiente alcalino ottenuto con un adeguato spessore di calcestruzzo di buona qualità, correttamente maturato. Lo spessore di copriferro dipende sia dalle condizioni ambientali che dalla qualità del calcestruzzo.

Pertanto, il progetto dovrà contenere tutte le indicazioni costruttive per realizzare e controllare il copriferro.

Il copriferro nominale, in accordo all'EC2, si può calcolare come segue:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

dove:

- $c_{nom}$  è il valore nominale di progetto;
- $c_{min}$  è il valore minimo del copriferro;
- $\Delta c_{dev}$  è la tolleranza di esecuzione relativa al copriferro.

Il valore della tolleranza di esecuzione  $\Delta c_{dev}$ , è assunto di norma pari a 10 mm, ma se in cantiere si prevedono controlli di qualità che comportano la misura dei copriferri, può assumersi  $\Delta c_{dev}=5$  mm. Nel caso specifico si considera pari a 10mm.

Il valore minimo del copriferro è dato da:

$$c_{min} = \text{MAX} (c_{min,b} ; c_{min,dur} ; 10 \text{ mm})$$

dove:

- $c_{min,b}$  è il copriferro minimo necessario per l'aderenza delle armature;
- $c_{min,dur}$  è il copriferro minimo correlato alle condizioni ambientali (durabilità).

Il valore di  $c_{min,b}$  è da assumersi pari al diametro della barra. Se la dimensione dell'inerte è più grande di 32 mm, il valore di  $c_{min,b}$  deve essere maggiorato di 5 mm.

Le dimensioni minima da assumere per il copriferro in relazione alle condizioni ambientali ( $c_{min,dur}$ ), sono funzione della classe strutturale e della classe ambientale e si ricavano dalla tabella 4.4N dell'Eurocodice 2 che qui si riporta.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

Tab. 4.4 N - Copriferro minimo richiesto (mm)							
Classe Strutturale	Classi di esposizione ambientale in accordo con il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 /XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

La classe strutturale da prendere normalmente a riferimento per gli edifici è la S4 (vita media di progetto della struttura 50 anni).

A partire dalla classe strutturale di progetto della struttura, per il dimensionamento del copriferro minimo può farsi riferimento ad altre classi strutturali qualora sussistano le condizioni riportate nella tabella 4.3N a cui si rimanda.

Per le fondazioni, per classe di esposizione XC2 si considera un copriferro minimo pari a 25mm. A questi è stata aggiunta la tolleranza di 10mm ed un ulteriore incremento di 5mm per elementi interrati. In conclusione, si considera un copriferro di **40mm**.

Nel caso delle strutture in elevazione, per classe di esposizione XC3 si considera un copriferro minimo pari a 25mm. A questi è stata aggiunta la tolleranza di 10mm. In conclusione, si considera un copriferro di **40mm**. Nel calcolo si riporta anche il “copriferro di calcolo” che dipende dalle armature utilizzate.

Per la soletta collaborante dei solai si considera un copriferro minimo di 30mm.

Riassumendo si avrà quanto segue:

- Strutture in elevazione: **40mm**;
- Soletta collaborante dei solai: **30mm**;
- Strutture in fondazione: **40mm**.

## 5. TERRENO DI FONDAZIONE

Il piano di posa della fondazione della struttura in oggetto avrà una quota, rispetto al piano campagna esistente, pari a -1.50m. Al di sotto della fondazione è previsto un getto di calcestruzzo magro (magrone) di spessore 0.15m.

Dalla documentazione geologica risulta che il terreno presenta n°3 strati.

Dalle risultanze delle prove MASW e come illustrato nell’elaborato “Planimetria con classificazione sismica – Tav. 2 di 9” (LI0B02EZZN5GE0003002A-plan 2-9) lo stesso rientra nella **categoria C** (Tab. 3.2.II della NT) in quanto presenta velocità di onde di taglio compresa tra 180 e 360m/s.

Si considera la stratigrafia S17v riportata nell’elaborato “Carta geologica, con elementi di morfologia e profilo geologico – Tav. 2 di 6 dal km 4+000.00 al km 8+000.00 – Finestra F1” (LI0B02EZZF6GE0005004B); i parametri geotecnici adottati, in maniera cautelativa nell’analisi sono i seguenti:

MANDATARIA  MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
<b>LI0B</b>		<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>12</b>

### 0,00÷2.00 Depositi Alluvionali Terrazzati - Unità bn3 (Argilla limosa e Limi argillosi)

$\gamma = 19\div 20$ kN/m <sup>3</sup>	peso di volume naturale
$\varphi' = 17\div 29^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 6\div 12$ kPa	coesione drenata
$N_{spt} = 13\div 72$	numero di colpi da prova SPT
$G_o = 60\div 120$ MPa	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 150\div 500$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)
$E' = 30\div 100$ MPa	modulo di deformazione operativo
$c_u = 75\div 270$ kPa	coesione non drenata
$k = 6 \cdot 10^{-8}\div 3 \cdot 10^{-7}$ m/s	permeabilità

### 2.00÷14.30 Depositi Alluvionali Terrazzati - Unità bn2 (Sabbia, sabbia limosa, sabbia con limo)

$\gamma = 21\div 22$ kN/m <sup>3</sup>	peso di volume naturale
$c' = 0$ kPa	coesione drenata
$\varphi' = 34\div 38^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$N_{spt} = 24\div 63$	numero di colpi da prova SPT
$G_o = 100\div 200$ MPa	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 260\div 520$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale
$E' = 52\div 104$ MPa	modulo di deformazione operativo
$k = 5 \cdot 10^{-7}\div 1 \cdot 10^{-5}$ m/s	permeabilità

### 14.30÷30.00 Argille subappenniniche – Unità ASP (Argille limose e limi argillosi)

$\gamma = 19.6\div 21.0$ kN/m <sup>3</sup>	peso di volume naturale
$c' = 4\div 52$ kPa	coesione drenata
$\varphi' = 19\div 26^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$N_{spt} = 37\div 43$	numero di colpi da prova SPT
$G_o = 70\div 230$ MPa	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 180\div 600$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale
$E' = 36\div 120$ MPa	modulo di deformazione operativo
$c_u = 100\div 330$ kPa	coesione non drenata
$k = 10^{-9}\div 10^{-8}$ m/s	permeabilità

Nota. È il modulo di deformabilità operativo di primo carico adottato per il calcolo delle fondazioni assunto pari ad 1/5 di quello iniziale  $E_o$ .

La falda idrica è cautelativamente considerata sempre a circa 5.00m da p.c. Tale valore è esterno ai volumi significativi delle opere in oggetto.

## 5.1 DETERMINAZIONE DELLA COSTANTE DI WINKLER

Nel presente sottoparagrafo sono trattati gli aspetti di natura geotecnica riguardanti l'interazione terreno-struttura relativamente all'opera in esame.

Il terreno di base è stato modellato come un mezzo elastico omogeneo a cui si è assegnata un'apposita costante di sottofondo. Per la determinazione della costante di sottofondo si può fare riferimento alle seguenti formulazioni assimilando il comportamento del terreno a quello di un mezzo elastico omogeneo:

$$s = B \cdot c_t \cdot \frac{(q - \sigma_{v0})(1 - \nu^2)}{E}$$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>FA 00 00</b>			PROGR <b>002</b>

Dove:

- $s$  = cedimento elastico totale;
- $B$  = lato minore della fondazione, pari a 1.50m;
- $L$  = lato maggiore della fondazione, pari a 9.20m;
- $c_t$  = coefficiente adimensionale di forma ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles (1960), determinato in funzione del rapporto  $L/B$  come segue:

$$L/B = 6.13 < 10 \rightarrow c_t = 0.853 + 0.534 \cdot \ln(9.20/1.50) = 1.82$$

- $q$  = pressione media agente sul terreno;
- $\sigma_{v0}$  = tensione litostatica verticale alla quota di posa della fondazione;
- $\nu$  = coefficiente di Poisson del terreno (assunto pari a 0.3);
- $E$  = è il valore medio del modulo elastico operativo del terreno sottostante l'opera, pari a 65 N/mmq.

Il valore della costante di sottofondo  $k_w$  è valutato attraverso il rapporto tra il carico applicato ed il corrispondente cedimento, pertanto, si ottiene:

$$k_w = \frac{E}{(1 - \nu^2) \cdot B \cdot c_t} = \frac{65000}{(1 - 0.3^2) \cdot 1.50 \cdot 1.82} = 26142 \text{ kN/mc} \approx 2.6 \cdot 10^6 \text{ kg/mc}$$

Pertanto, secondo le formulazioni sopra riportate e volendo operare a vantaggio di sicurezza si assume nei calcoli un valore della costante di Winkler di sottofondo pari a  $2 \cdot 10^6 \text{ kg/mc}$ .

## 6. ANALISI DEI CARICHI

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni contenute nel D.M. 14.01.2008 ("Nuove norme tecniche per le costruzioni").

Il peso proprio degli elementi strutturali viene determinato automaticamente dal software in uso dopo aver impostato il peso specifico del materiale da costruzione utilizzato. Di seguito si riportano tutti i valori utilizzati.

### 6.1 PESI PROPRI STRUTTURALI

La struttura è composta da tutti elementi in calcestruzzo armato il cui peso per unità di volume è impostato pari a:

$$\gamma_{cls} = 2500 \text{ Kg/m}^3$$

Inoltre, è prevista la posa di un solaio alleggerito in calcestruzzo tipo predalles di spessore 24cm (4+16+4cm). Gli elementi presentano una larghezza di 120cm. Di seguito si riporta l'analisi dei carichi:

N°	Descrizione	s	L	$\gamma$	Peso
		[m]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
1	Travetto	0.16	0.40	2.50	1.60
	Predalles + EPS		1.20	1.15	1.38
2	Caldana in calcestruzzo	0.04	1.20	2.50	1.20
<b>Carico totale</b>					<b>4.18</b>

Si può assumere un valore al mq pari a:

$$g_1 = 3.48 \text{ kN/m}^2$$

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

## 6.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

I carichi permanenti non strutturali sono rappresentati dal rivestimento/pavimentazione delle scale, dal peso dei gradini portati, dal terreno laterale di riempimento per la realizzazione del rilevato ferroviario, dalle banchine e dalle pensiline. Tutti i carichi esposti rappresenteranno un'azione fissa sulla struttura.

### 6.2.1 Copertura

In copertura è previsto il pacchetto architettonico D2 composto da pavimentazione, massetto delle pendenze, impermeabilizzazione ed isolamento. Di seguito l'analisi dei carichi:

N°	Descrizione	s	$\gamma$	Peso
		[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
1	Quadrotti in cls (30x30cm)			0.90
2	Massetto delle pendenze alleggerito	0.10	16.00	1.60
3	Doppia guaina impermeabilizzante	0.008		0.09
4	Isolamento in polistirene			0.08
5	Barriera vapore			0.005
7	Impianti			0.35
<b>Carico totale</b>				<b>3.025</b>

Si può assumere, in maniere cautelativa con leggero incremento, un carico distribuito pari a:

$$g_{2,SolaioH12} = 3.10 \text{ kN/m}^2$$

### 6.2.2 Pareti perimetrali

La struttura risulta chiusa perimetralmente da blocchi cavi prefabbricati in conglomerato normale di cemento vibrocompresso da 30cm e isolante esterno in polistirene da 6cm di spessore (Murature M6). Il peso medio di tali blocchi compresi di rivestimento è pari a:

$$g_{2,Tompagni} = 5.00 \text{ kN/m}^2$$

## 6.3 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

La copertura rientra nella categoria "Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione" secondo le NTC 2008. Pertanto, il carico da considerare è pari a:

$$q = QV_{solaio} = 0.50 \text{ kN/m}^2$$

### 6.3.1 Azione termica

Si considera una variazione termica differenziale pari a  $DT = \pm 15^\circ\text{C}$ .

### 6.3.2 Azione del vento

Per il carico da vento si è fatto riferimento a quanto riportato dalla circolare 02 febbraio 2009, n.617 (Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008). L'azione del vento viene calcolata come segue [3.3.4 NT]:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove

- $q_r$  è la pressione cinetica di riferimento di cui al § 3.3.6 NT;
- $c_e$  è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7 NT;

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

- $c_p$  è il coefficiente di pressione di cui al § 3.3.8 NT;
- $c_d$  è il coefficiente dinamico di cui al § 3.3.9 NT.

La pressione cinetica di riferimento  $q_r$  è data dall'espressione [3.3.6 NT]:

$$q_r = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_r^2$$

dove

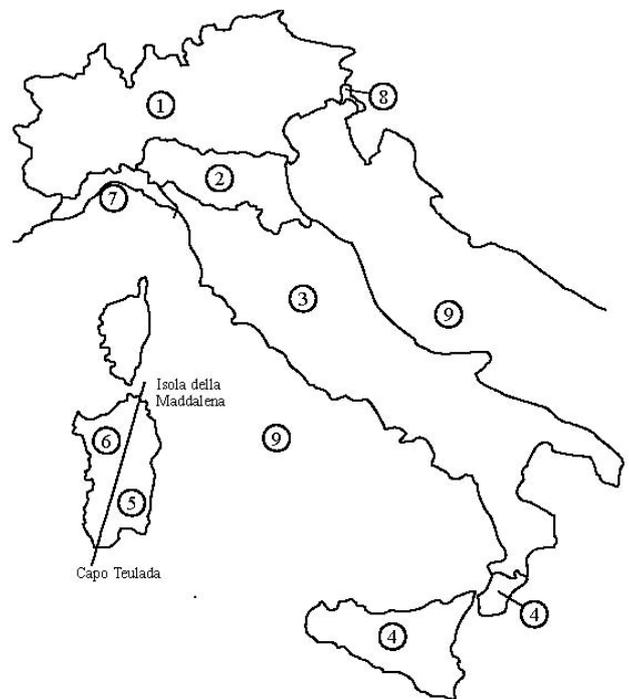
- $v_r$  è la velocità di riferimento del vento di cui al § 3.3.2 NT;
- $\rho$  è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a  $1,25 \text{ kg/m}^3$ .

La struttura ricade in zona 3: "Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria) per cui si ha:

Zona	$V_{b,0}$ (m/s)	$a_0$ (m)	$K_a$
3	27	500	0.02

Inoltre si può considerare una classe di rugosità del terreno tipo D non essendoci ostacoli diffusi ed una classe di esposizione II. Quindi si ha:

Categoria di esposizione	$K_r$	$z_0$ (m)	$z_{min}$ (m)
II	0.19	0.05	4



ZONE 1,2,3,4,5						
	costa		500 m	750 m		
	mare	2 km				
A	-	IV	IV	V	V	V
B	-	III	III	IV	IV	IV
C	-	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

\* Categoria II in zona 1,2,3,4  
 Categoria III in zona 5

\*\* Categoria III in zona 2,3,4,5  
 Categoria IV in zona 1

Per cui si ha:

Velocità di riferimento del vento

$$v_b = v_{b,0} = 27 \cdot 1 = 27 \text{ m/s per } a_s = 18 \leq a_0$$

Coefficiente dinamico

$$c_d = 1$$

Coefficiente di esposizione

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln \frac{z}{z_0} \cdot \left( 7 + c_t \cdot \ln \frac{z}{z_0} \right) = 1.95 \quad \text{per } z = 5.20 \text{ m} \geq z_{min} = 4 \text{ m}$$

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	16

Le azioni del vento si traducono in pressioni (positive) e depressioni (negative) agenti normalmente alla superficie degli elementi che compongono la costruzione. La pressione agente su un singolo elemento è data dall'espressione:

$$p = q_b \cdot c_p \cdot c_e \cdot c_d = -355 N/m^2$$

$$p = q_b \cdot c_p \cdot c_e \cdot c_d = 711 N/m^2$$

### 6.3.3 Azione della neve

Per il carico da vento si è fatto riferimento a quanto riportato in NTC2008. Il carico da neve per superficie unitaria di copertura  $q_s$  viene valutato attraverso l'espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot c_e \cdot c_t$$

dove:

- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura e che nel caso in esame, trattandosi di copertura piana si assume pari a 0.8;
- $q_{sk}$  è il valore caratteristico di riferimento del carico da neve al suolo; in mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, la norma fornisce un valore minimo di  $q_{sk}$  riferito ad un periodo di ritorno pari a 50 anni. Per la zona II (Campobasso) e per una quota del suolo sul livello del mare inferiore a 200 m si assume  $q_{sk} = 1.00 \text{ kN/m}^2$ ;
- $c_E$  è il coefficiente di esposizione che, per classe di topografia "normale", assume valore unitario;
- $c_t$  è il coefficiente termico che tiene conto della riduzione del carico da neve a causa dello scioglimento della stessa, dovuto alla perdita di calore della costruzione. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato  $c_t = 1$ .

Ne consegue che per la struttura in esame si considera un carico da neve uniforme in copertura pari a:

Zona	II
Altitudine $a_s$	18.00 m
Area topografica	normale
Inclinazione falde	0°
$q_{sk}$	1.00 kN/m <sup>2</sup>
coeff esposizione $c_E$	1.00
coeff termico $c_t$	1.00
coefficiente di forma $\mu_i$	0.80
<b>carico neve <math>q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot c_E \cdot c_t = 0.80 \text{ kN/m}^2</math></b>	

### 6.4 AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata valutata secondo le specifiche delle NTC2008.

Le azioni sismiche di progetto sono calcolate partendo dalla pericolosità sismica di base definita da uno studio condotto dall'INGV (Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia) i cui risultati sono disponibili e consultabili mediante mappe interattive. Dalla pericolosità sismica di base si ricava la risposta sismica locale tenendo conto delle condizioni morfologiche e stratigrafiche del sito di costruzione. In questa sede, per la valutazione dell'azione sismica sulla struttura si procede con la definizione di uno spettro di risposta elastico in accelerazione, calcolato sulla base della pericolosità sismica di base definita dall'INGV. Il calcolo degli spettri di risposta si basa su tre parametri fondamentali che definiscono la pericolosità sismica di base:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

- $T_C^*$  valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione orizzontale è la seguente:

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad 0 \leq T < T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \quad T_B \leq T < T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T T_C}{T} \quad T_C \leq T < T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_B \cdot T_C}{T} \quad T_D \leq T$$

In cui

- $S = S_e \cdot S_T$
- $S_s$ : coefficiente di amplificazione stratigrafica;
- $S_T$ : coefficiente di amplificazione topografica.
- $\eta$ : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  $\xi$ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ( $\eta=1$  per  $\xi=5$ ):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

$T_B$ ,  $T_C$ , e  $T_D$  rappresentano i periodi che separano i diversi rami dello spettro e che sono pari a:

$$T_C = T_C \cdot T_C^*$$

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

$$T_D = 4.0 + \frac{a_g}{g} + 1.6$$

In cui:

- $C_C$ : coefficiente che tiene conto della categoria del terreno;
- $T_C^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

### Categoria sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3 NTC 08. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Nel caso specifico, dalle risultanze delle prove MASW e come illustrato nell'elaborato "Planimetria con classificazione sismica – Tav. 2 di 9" (LI0B02EZZN5GE0003002A-plan 2-9) lo stesso rientra nella **categoria C** (Tab. 3.2.II della NT): "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina)".

### Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	18

Per le categorie di sottosuolo B,C,D ed E i coefficienti Ss e Cc possono essere calcolati in funzione dei valori f0 e Tc\* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella tab. 3.2.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

#### Condizioni topografiche

Con riferimento alle caratteristiche della superficie topografica inerente all'opera in oggetto, si adotta la seguente categoria topografica:

Categoria topografica T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .

#### Classe di duttilità

La costruzione oggetto della presente relazione, soggetta all'azione sismica, non dotata di appositi dispositivi dissipativi, è stata progettata considerando un comportamento strutturale dissipativo. Nel comportamento strutturale dissipativo, gli effetti combinati delle azioni sismiche e delle altre azioni sono calcolati tenendo conto delle non linearità di comportamento (di materiale sempre, geometriche quando rilevanti). In particolare è stata adottata la "Classe di duttilità bassa (CD"B")".

#### Regolarità

La struttura è rispondente a tutti i requisiti di regolarità in pianta ed in elevazione elencati nel §7.2.2 NTC 08.

- Regolare in pianta                   SI
- Regolare in altezza                SI

#### Tipologia strutturale

La struttura "sismo resistente in calcestruzzo armato" (§7.4.3.1 NTC 08) è classificabile come:

- Struttura a telaio

Di seguito, in tabella, si riportano tutti i dati ed i parametri utilizzati per la definizione degli spettri di risposta.

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	19

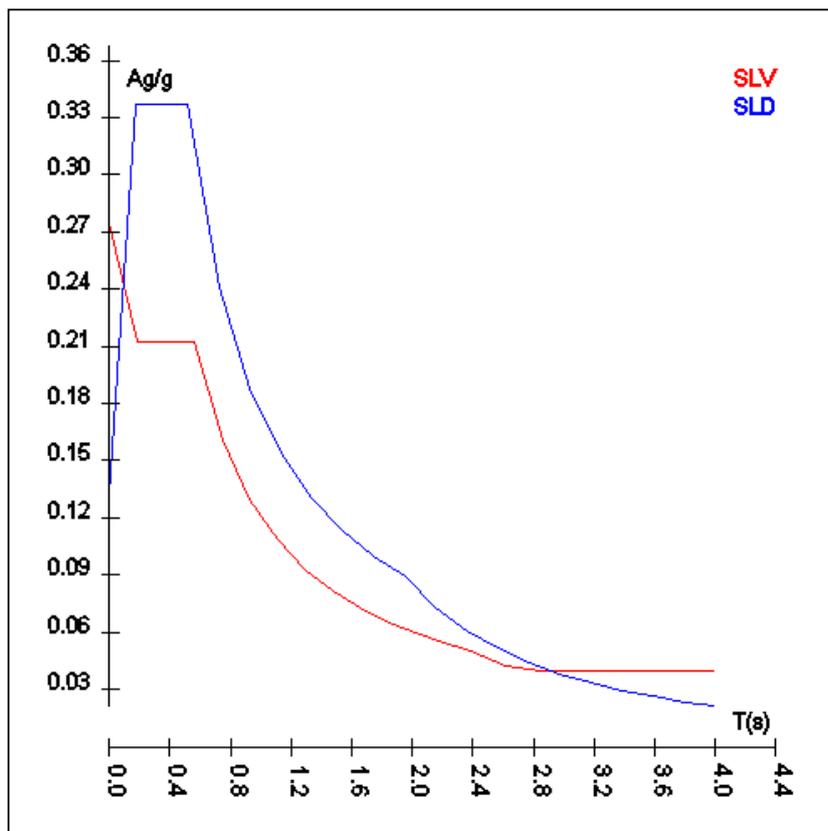
<b>Vita della struttura</b>	
Tipo	Opere ordinarie (50-100)
Vita nominale VN [anni]	75.0
Classe d'uso	IV
Coefficiente d'uso CU	2.000
Periodo di riferimento VR [anni]	150.000
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite di esercizio - SLO	81.0%
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite di esercizio - SLD	63.0%
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite ultimo - SLV	10.0%
Periodo di ritorno TR SLO [anni]	90.3
Periodo di ritorno TR SLD [anni]	150.9
Periodo di ritorno TR SLV [anni]	1423.7
<b>Parametri del sito</b>	
Comune	
Longitudine	15.0205
Latitudine	41.953
Id reticolo del sito	28106-28328-28105-28327
<b>Valori di riferimento del sito</b>	
Accelerazione orizzontale massima del sito Ag/g - SLO (TR=90.3)	0.0709
Fattore di amplificazione dello spettro Fo - SLO (TR=90.3)	2.5202
Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante T°C [s] - SLO (TR=90.3)	0.336
Accelerazione orizzontale massima del sito Ag/g - SLD (TR=150.9)	0.0874
Fattore di amplificazione dello spettro Fo - SLD (TR=150.9)	2.5687
Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante T°C [s] - SLD (TR=150.9)	0.347
Accelerazione orizzontale massima del sito Ag/g - SLV (TR=1423.7)	0.1965
Fattore di amplificazione dello spettro Fo - SLV (TR=1423.7)	2.5514
Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante T°C [s] - SLV (TR=1423.7)	0.398
Coefficiente Amplificazione Topografica St	1.000
Categoria terreno	C
<b>Stato limite SLV</b>	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss	1.40
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro TB [s]	0.19
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro TC [s]	0.57
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro TD [s]	2.39
<b>Stato limite SLD</b>	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss	1.50
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro TB [s]	0.17
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro TC [s]	0.52
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro TD [s]	1.95
<b>Stato limite SLO</b>	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss	1.50
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro TB [s]	0.17
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro TC [s]	0.51
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro TD [s]	1.88
<b>Fattori di comportamento (SLV)</b>	
Classe duttilità	B
Tipo struttura	Cemento armato
Fattore di riduzione per regolarità in altezza Kr- Struttura regolare	1.000000
Fattore di riduzione per rottura pareti Kw	1.000
Regolare in pianta	SI
Coefficiente moltiplicativo Ce - struttura a telaio, a pareti accoppiate e miste	3.000
Au/A1 - Telaio 1 piano	1.100
Fattore di comportamento $q = Kw \cdot Kr \cdot q_0 = Kw \cdot Kr \cdot Ce \cdot Au/A1$	3.300
<b>Fattore di comportamento (SLD)</b>	
q	1.000
<b>Fattore di comportamento SLO (spettro elastico)</b>	
q	1.000

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	20

*Spettro SLV ed SLD – Componente orizzontale*

T SLV [s]	Sd SLV[a/g]	T SLD [s]	Sd SLD[a/g]
0.00000	0.27495	0.00000	0.13103
0.18868	0.21258	0.17218	0.33658
0.56605	0.21258	0.51653	0.33658
0.74805	0.16086	0.72123	0.24105
0.93005	0.12938	0.92592	0.18776
1.11205	0.10821	1.13062	0.15377
1.29404	0.09299	1.33532	0.13019
1.47604	0.08152	1.54002	0.11289
1.65804	0.07257	1.74472	0.09964
1.84004	0.06540	1.94942	0.08918
2.02204	0.05951	2.15448	0.07301
2.20404	0.05460	2.35953	0.06087
2.38604	0.05043	2.56459	0.05153
2.61661	0.04193	2.76965	0.04418
2.84717	0.03930	2.97471	0.03830
3.07774	0.03930	3.17977	0.03352
3.30830	0.03930	3.38483	0.02958
3.53887	0.03930	3.58988	0.02630
3.76943	0.03930	3.79494	0.02353
4.00000	0.03930	4.00000	0.02118



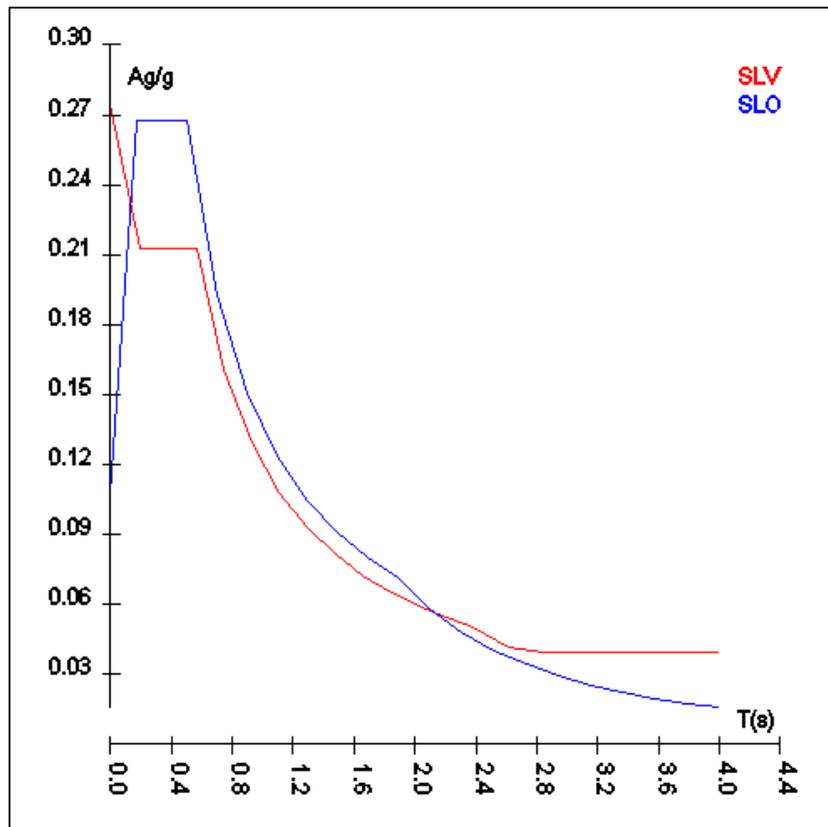
*Spettro SLV ed SLD – Componente orizzontale*

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	21

*Spettro SLV ed SLO – Componente orizzontale*

T SLV [s]	Sd SLV[a/g]	T SLO [s]	Sd SLO[a/g]
0.00000	0.27495	0.00000	0.10628
0.18868	0.21258	0.16846	0.26784
0.56605	0.21258	0.50539	0.26784
0.74805	0.16086	0.70225	0.19275
0.93005	0.12938	0.89911	0.15055
1.11205	0.10821	1.09597	0.12351
1.29404	0.09299	1.29282	0.10470
1.47604	0.08152	1.48968	0.09087
1.65804	0.07257	1.68654	0.08026
1.84004	0.06540	1.88340	0.07187
2.02204	0.05951	2.09506	0.05808
2.20404	0.05460	2.30672	0.04791
2.38604	0.05043	2.51838	0.04020
2.61661	0.04193	2.73004	0.03421
2.84717	0.03930	2.94170	0.02946
3.07774	0.03930	3.15336	0.02564
3.30830	0.03930	3.36502	0.02251
3.53887	0.03930	3.57668	0.01993
3.76943	0.03930	3.78834	0.01776
4.00000	0.03930	4.00000	0.01593



*Spettro SLV ed SLO – Componente orizzontale*

Per tener conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, al centro di massa deve essere attribuita un'eccentricità accidentale rispetto alla sua posizione quale deriva dal calcolo.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

In assenza di più accurate determinazioni l'eccentricità accidentale in ogni direzione non può essere considerata inferiore a 0.05 volte la dimensione dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell'azione sismica.

Il calcolo delle azioni sismiche è stato eseguito in analisi dinamica modale, considerando il comportamento della struttura in regime elastico lineare. Le masse sono applicate nei nodi del modello. Tali masse sono ottenute considerando le reazioni vincolari di incastro perfetto che si ottengono per effetto dei carichi agenti sulle membrature che collegano i nodi. La risposta massima di una generica caratteristica E, conseguente alla sovrapposizione dei modi, è valutata con la tecnica della combinazione probabilistica definita CQC (Complete Quadratic Combination - Combinazione Quadratica Completa):

$$E = \sqrt{\sum_{i,j=1,n} \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j}$$

con:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2 \cdot (1 + \beta_{ij}) \cdot \beta_{ij}^{\frac{3}{2}}}{(1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4\xi^2 \cdot \beta_{ij} \cdot (1 + \beta_{ij}^2)} \quad \beta_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$

dove:

- n è il numero di modi di vibrazione considerati;
- x è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente espresso in percentuale;
- b<sub>ij</sub> è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia i-j di modi di vibrazione.

Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state calcolate considerando varie posizioni del baricentro come specificato in precedenza e riportato di seguito.

Posizione	% Spostamento direzione X	% Spostamento direzione Y
1	0	-5
2	5	0
3	0	5
4	-5	0

#### 6.4.1 Combinazioni del Sisma in X e Y

Gli effetti delle forze equivalenti dovute all'eccentricità accidentale, vengono portati in conto nella combinazione sismica, sommandoli al contributo delle sollecitazioni che si ottengono a valle dell'analisi dinamica lineare con spettro di risposta.

Come metodo di analisi per determinare gli effetti dell'azione sismica si è scelto di utilizzare l'analisi dinamica lineare o analisi modale.

Come prescritto dalle NT al paragrafo 7.3.3.1, devono essere considerati tutti i modi di vibrare con massa partecipante significativa. E' opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%. Per la combinazione degli effetti relativi ai singoli modi, deve essere utilizzata una combinazione quadratica completa degli effetti relativi a ciascun modo.

La risposta della struttura viene calcolata separatamente per ciascuna delle tre componenti dell'azione sismica. Nel caso specifico non risulta necessario considerare l'azione in direzione verticale. Gli effetti sulla struttura, in termini di sollecitazioni e spostamenti, sono poi combinati applicando le seguenti espressioni:

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_z$$

$$1.00 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_z$$

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

Si ottiene così:

Combinazione	Pos. Sisma X	Pos. Sisma Y	Fattore partecipazione Sisma X	Fattore partecipazione Sisma Y
1	1	2	1	0.3
2	1	2	0.3	1
3	1	4	1	0.3
4	1	4	0.3	1
5	3	2	1	0.3
6	3	2	0.3	1
7	3	4	1	0.3
8	3	4	0.3	1

Ogni combinazione genera al massimo otto (8) sotto-combinazioni in base a tutte le combinazioni possibili dei segni di Fattori di partecipazione.

## 6.5 COMBINAZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

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

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

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

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

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

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

dove:

	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Copertura accessibile per sola manutenzione	0.00	0.00	0.00
Neve	0.50	0.20	0.00
Termica	0.60	0.50	0.00

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>FA 00 00</b>			PROGR <b>002</b>

Mentre per i coefficienti di amplificazione si considera la tabella 2.6.I delle NT Colonna A1:

		Coefficiente	EQU	A1	A2
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

**Combinazione n° 1: Permanenti**

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 2: CombSLU1**

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
QV Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento X	0.9	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.75	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.9	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 3: CombSLU2**

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
QV Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento -X	0.9	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.75	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.9	Si	n.a.	n.a.

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	25

**Combinazione n° 4: CombSLU3  
Tipo: STR+GEO**

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
QV Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento Y	0.9	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.75	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.9	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 5: CombSLU4  
Tipo: STR+GEO**

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
QV Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento -Y	0.9	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.75	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.9	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 6: CombSLU5  
Tipo: STR+GEO**

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento X	1.5	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.75	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.9	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 7: CombSLU6  
Tipo: STR+GEO**

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento -X	1.5	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.75	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.9	Si	n.a.	n.a.

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	26

**Combinazione n° 8: CombSLU7**

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento Y	1.5	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.75	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.9	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 9: CombSLU8**

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento -Y	1.5	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.75	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.9	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 10: CombSLU9**

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento X	0.9	Si	n.a.	n.a.
Neve	1.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.9	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 11: CombSLU10**

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento -X	0.9	Si	n.a.	n.a.
Neve	1.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.9	Si	n.a.	n.a.

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	27

**Combinazione n° 12: CombSLU11**

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento Y	0.9	Si	n.a.	n.a.
Neve	1.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.9	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 13: CombSLU12**

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento -Y	0.9	Si	n.a.	n.a.
Neve	1.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.9	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 14: CombSLU13**

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento X	0.9	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.75	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.9	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 15: CombSLU14**

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento -X	0.9	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.75	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.9	Si	n.a.	n.a.

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	28

**Combinazione n° 16: CombSLU15**

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento Y	0.9	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.75	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.9	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 17: CombSLU16**

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento -Y	0.9	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.75	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.9	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 18: CombSLU17**

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento X	0.9	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.75	Si	n.a.	n.a.
Termici	1.5	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 19: CombSLU18**

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento -X	0.9	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.75	Si	n.a.	n.a.
Termici	1.5	Si	n.a.	n.a.

<b>MANDATARIA</b> 	<b>MANDANTI</b> 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	<b>COMMESSA</b> <b>LI0B</b>	<b>LOTTO</b> <b>02</b>	<b>FASE</b> <b>E</b>	<b>ENTE</b> <b>ZZ</b>	<b>TIPO DOC</b> <b>CL</b>	<b>OPERA 7 DISCIPLINA</b> <b>FA 00 00</b>			<b>PROGR</b> <b>002</b>

**Combinazione n° 20: CombSLU19**

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento Y	0.9	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.75	Si	n.a.	n.a.
Termici	1.5	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 21: CombSLU20**

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento -Y	0.9	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.75	Si	n.a.	n.a.
Termici	1.5	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 22: CombRARA1**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QV Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento X	0.6	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.6	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 23: CombRARA2**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QV Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento -X	0.6	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.6	Si	n.a.	n.a.

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	30

**Combinazione n° 24: CombRARA3**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QV Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento Y	0.6	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.6	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 25: CombRARA4**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QV Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento -Y	0.6	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.6	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 26: CombRARA5**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento X	1	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.6	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 27: CombRARA6**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento -X	1	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.6	Si	n.a.	n.a.

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>31</b>

**Combinazione n° 28: CombRARA7**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento Y	1	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.6	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 29: CombRARA8**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento -Y	1	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.6	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 30: CombRARA9**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento X	0.6	Si	n.a.	n.a.
Neve	1	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.6	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 31: CombRARA10**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento -X	0.6	Si	n.a.	n.a.
Neve	1	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.6	Si	n.a.	n.a.

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	32

**Combinazione n° 32: CombRARA11**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento Y	0.6	Si	n.a.	n.a.
Neve	1	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.6	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 33: CombRARA12**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento -Y	0.6	Si	n.a.	n.a.
Neve	1	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.6	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 34: CombRARA13**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento X	0.6	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.6	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 35: CombRARA14**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento -X	0.6	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.6	Si	n.a.	n.a.

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	33

**Combinazione n° 36: CombRARA15**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento Y	0.6	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.6	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 37: CombRARA16**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento -Y	0.6	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.6	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 38: CombRARA17**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento X	0.6	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	1	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 39: CombRARA18**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento -X	0.6	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	1	Si	n.a.	n.a.

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	34

**Combinazione n° 40: CombRARA19**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento Y	0.6	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	1	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 41: CombRARA20**

Tipo: SLE Rara

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento -Y	0.6	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.5	Si	n.a.	n.a.
Termici	1	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 42: CombFREQ1**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 43: CombFREQ2**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 44: CombFREQ3**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	35

**Combinazione n° 45: CombFREQ4**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 46: CombFREQ5**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento X	0.2	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 47: CombFREQ6**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento -X	0.2	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 48: CombFREQ7**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento Y	0.2	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 49: CombFREQ8**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento -Y	0.2	Si	n.a.	n.a.

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	36

**Combinazione n° 50: CombFREQ9**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.2	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 51: CombFREQ10**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.2	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 52: CombFREQ11**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.2	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 53: CombFREQ12**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Neve	0.2	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 54: CombFREQ13**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	37

**Combinazione n° 55: CombFREQ14**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 56: CombFREQ15**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 57: CombFREQ16**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 58: CombFREQ17**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.5	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 59: CombFREQ18**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento -X	0	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.5	Si	n.a.	n.a.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>FA 00 00</b>			PROGR <b>002</b>

**Combinazione n° 60: CombFREQ19**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Vento Y	0	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.5	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 61: CombFREQ20**

Tipo: SLE Freq.

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Termici	0.5	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 62: CombQ.PERM1**

Tipo: SLE Q.Perm.

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.

**Combinazione n° 63: Sisma SLVX**

Tipo: Modale STR+GEO

Spettro: Spettro-SLV\_SLD

Fattore sisma: 1.00

Angolo ingresso sisma [°]: 0

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QP Solai	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
Tamponamento	1	Si	Si	1

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	39

**Combinazione n° 64:** **Sisma SLVY**  
 Tipo: Modale STR+GEO  
 Spettro: Spettro-SLV\_SLD  
 Fattore sisma: 1.00  
 Angolo ingresso sisma [°]: 90

Condizione di carico	Fattore di combinazioni	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QP Solai	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
Tamponamento	1	Si	Si	1

**Combinazione n° 65:** **Sisma SLDX**  
 Tipo: Modale SLE  
 Spettro: Spettro-SLV\_SLD  
 Fattore sisma: 1.00  
 Angolo ingresso sisma [°]: 0

Condizione di carico	Fattore di combinazioni	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QP Solai	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
Tamponamento	1	Si	Si	1

**Combinazione n° 66:** **Sisma SLDY**  
 Tipo: Modale SLE  
 Spettro: Spettro-SLV\_SLD  
 Fattore sisma: 1.00  
 Angolo ingresso sisma [°]: 90

Condizione di carico	Fattore di combinazioni	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QP Solai	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
Tamponamento	1	Si	Si	1

**Scenario : Set\_NT\_SLO**

**Combinazione n° 1:** **Sisma SLOX**  
 Tipo: Modale SLE  
 Spettro: Spettro-SLV\_SLO  
 Fattore sisma: 1.00  
 Angolo ingresso sisma [°]: 0

Condizione di carico	Fattore di combinazioni	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QP Solai	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
Tamponamento	1	Si	Si	1

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

**Combinazione n° 2:**            **Sisma SLOY**  
Tipo:                                Modale SLE  
Spettro:                           Spettro-SLV\_SLO  
Fattore sisma:                   1.00  
Angolo ingresso sisma [°]: 90

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QP Solai	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
Tamponamento	1	Si	Si	1

## 7. INDICAZIONI SUL SOFTWARE UTILIZZATO

Autori:	dott. ing. Dario PICA prof. ing. Paolo BISEGNA dott. ing. Donato Sista
Produzione e distribuzione	SOFT.LAB srl via Borgo II - 82030 PONTE (BN) tel. ++39 (824) 874392 fax ++39 (824) 874431 internet: <a href="http://www.soft.lab.it">http://www.soft.lab.it</a> e.mail: <a href="mailto:info@soft.lab.it">info@soft.lab.it</a>
Sigla:	IperSpaceBIM 5.0.1
Licenza n.	Concesso in licenza a GROMA SRLS GROMA SRLS codice utente C0093905

Il modello di calcolo assunto è di tipo spaziale e l'analisi condotta è una Analisi Elastica Lineare.

Il modello di calcolo è definito dalla posizione dei nodi collegati da elementi di tipo Beam o elementi di tipo shell, a comportamento sia flessionale che membranale; l'elemento finito shell utilizzato è anche in grado di esprimere una rigidezza rotazionale in direzione ortogonale al suo piano.

L'analisi sismica utilizzata è l'analisi modale con Combinazione Quadratica Completa degli effetti del sisma. Il modello è stato analizzato sia per le combinazioni dei carichi verticali sia per le combinazioni di carico verticale e sisma. Un particolare chiarimento richiede la definizione delle masse nell'analisi sismica.

Pur avendo considerato il modello con impalcati rigidi non si rende necessario calcolare il modello con la metodologia del MASTER-SLAVE, in quanto gli impalcati rigidi sono stati modellati con elementi di tipo shell a comportamento membranale in corrispondenza dei campi di solaio. Per ottenere tale modellazione il programma inserisce in automatico elementi di tipo shell a comportamento membranale in corrispondenza del campo di solaio intercluso tra una maglia di travi; la loro rigidezza membranale è sufficientemente alta da rendere il campo di solaio rigido nel proprio piano, ma tale da non condizionare in modo errato la matrice di rigidezza della struttura.

Qualora una maglia di travi non sia collegata da solai, lo shell non viene inserito rendendo tale campo libero di deformarsi con il solo vincolo dato dalle travi; la rigidezza flessionale delle travi è trascurabile rispetto a quella degli elementi che contornano il campo, per cui lo shell impone un vincolo orizzontale solo nel piano dell'impalcato tra i nodi collegati; pertanto, non è necessario definire preventivamente il centro di massa e momento d'inerzia delle masse poiché le masse sono trasferite direttamente nei nodi del modello (modello Lumped Mass) dal codice di calcolo.

Il metodo per calcolare le masse nei nodi può essere quello per aree di influenza, ma questo richiederebbe l'intervento diretto dell'operatore; il codice di calcolo utilizza una metodologia leggermente più raffinata per tener conto del fatto che su un elemento il carico portato non è uniforme. Il codice di calcolo, infatti, considera

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	41

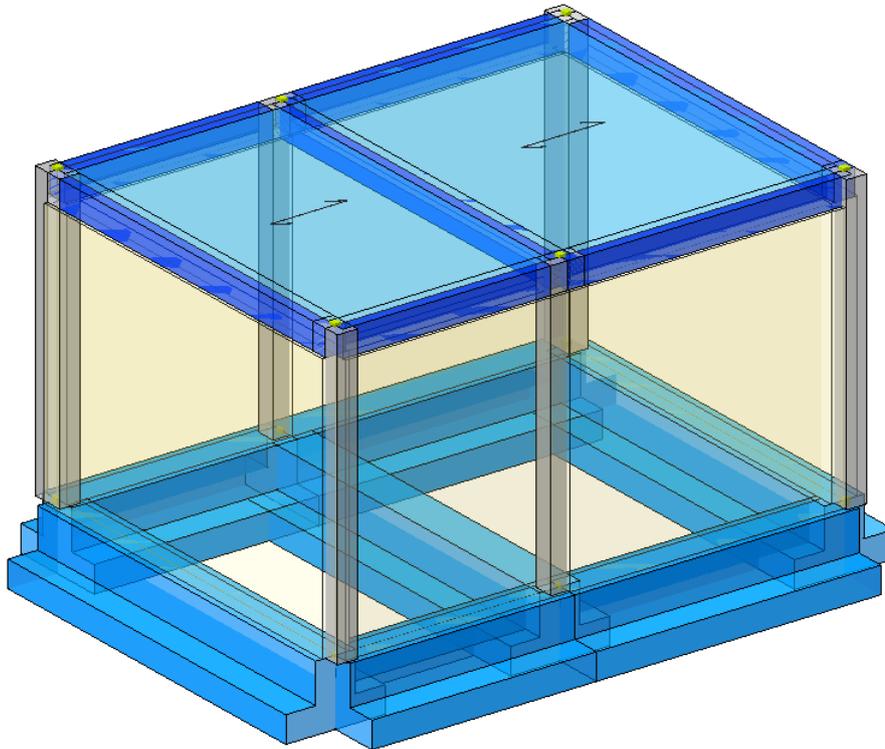
i carichi presenti sull'asta, che sono stati indicati come quelli che contribuiscono alla formazione della massa (tipicamente  $G + y2Q$ ) e calcola le reazioni di incastro perfetto verticali; tali reazioni divise per l'accelerazione di gravità  $g$  forniscono il contributo dell'elemento alla determinazione della massa del nodo e, sommando i contributi di tutti gli elementi che convergono nel nodo, si ottiene la massa complessiva.

Per gli elementi shell invece si utilizza il metodo delle aree di influenza: in ognuno dei 3 oppure 4 nodi che definiscono lo shell si assegna  $1/3$  oppure  $1/4$  del peso dell'elemento shell e  $1/3$  oppure  $1/4$  dell'eventuale carico variabile ridotto; sommando i contributi di tutti gli shell che convergono nel nodo si ottiene la massa da assegnare a quest'ultimo.

## 8. SCHEMA DI CALCOLO E CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

### 8.1 MODELLO FEM

Di seguito si riportano alcune viste del modello di calcolo con la numerazione di nodi, pilastri e travi.



*Figure 8-1 Vista del modello di calcolo*

**Relazione di calcolo fabbricato energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	42

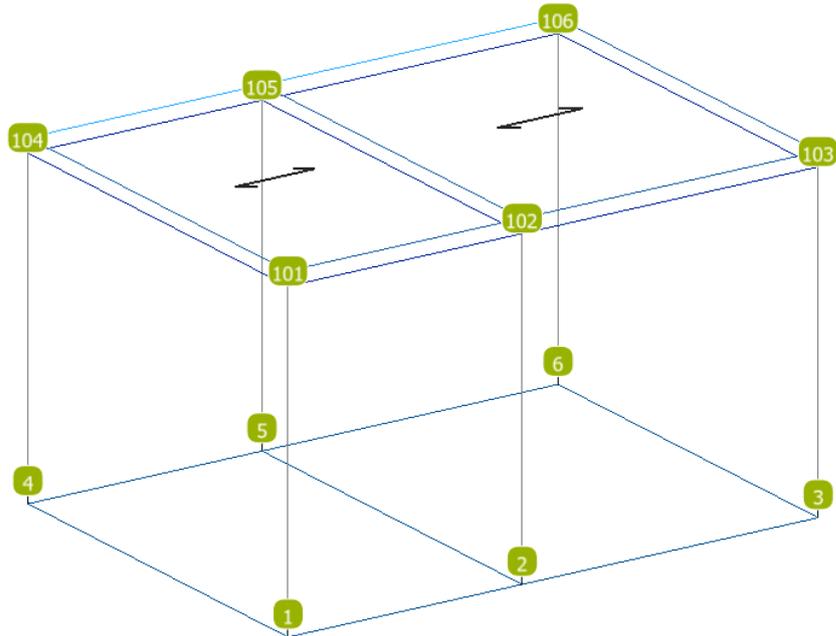


Figure 8-2 Numerazioni nodi

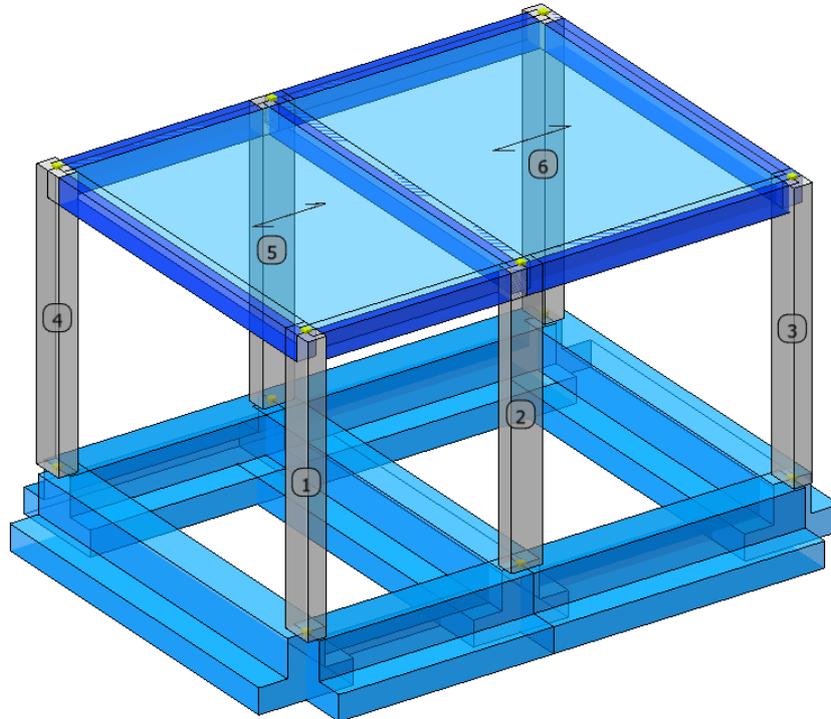


Figure 8-3 Numerazione pilastri

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	43

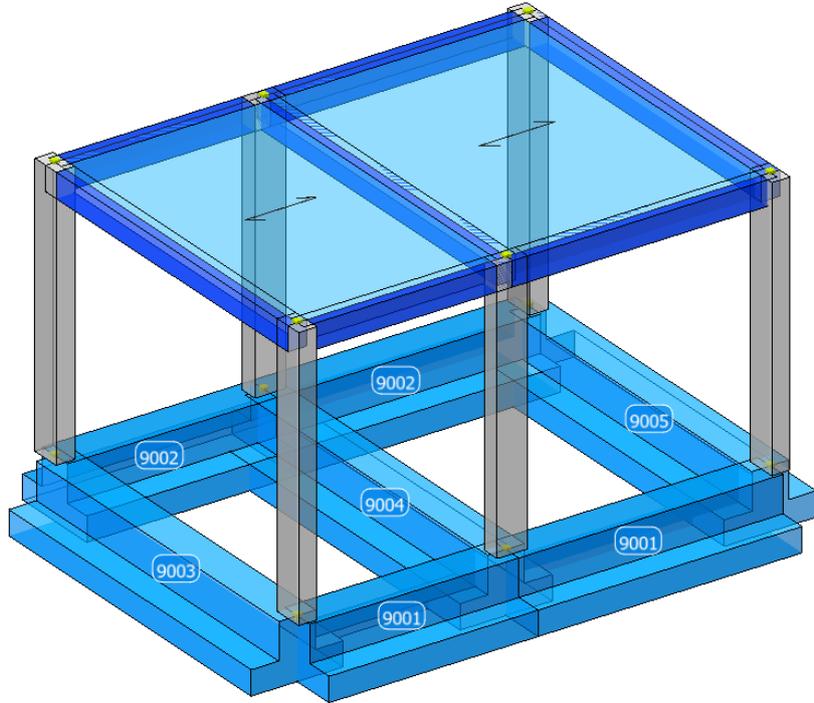


Figure 8-4 Numerazione travi di fondazione

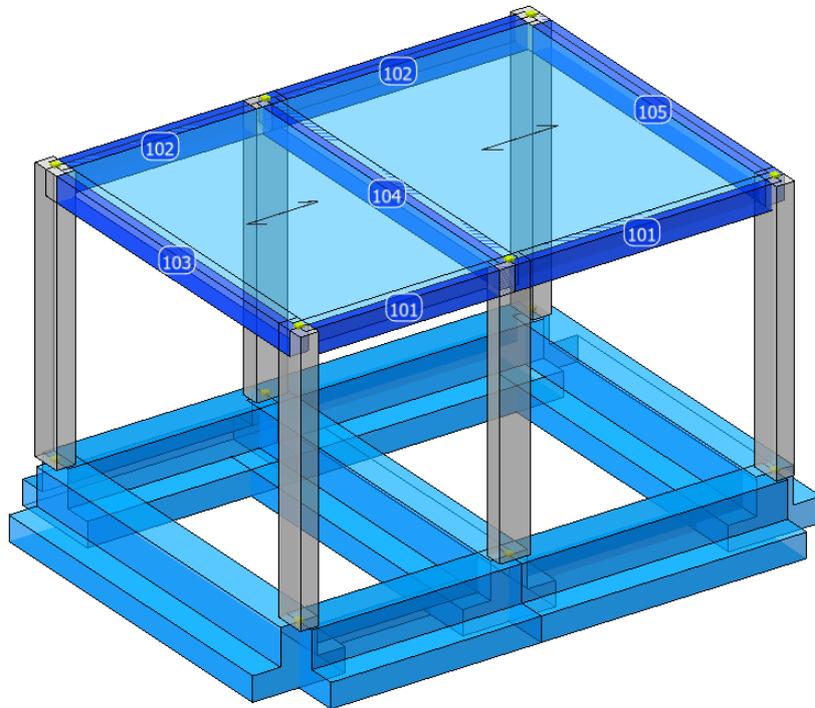


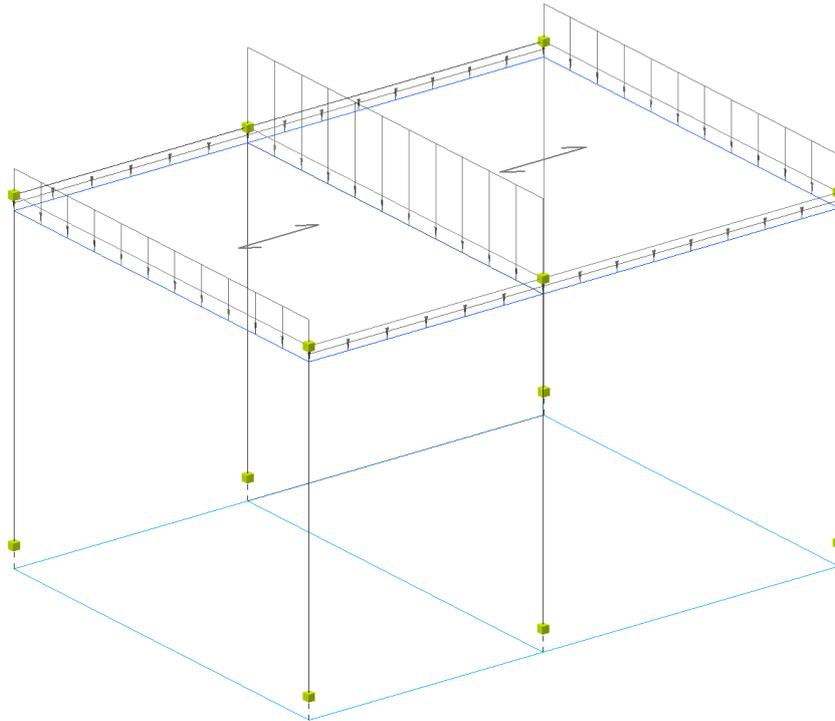
Figure 8-5 Numerazione travi

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

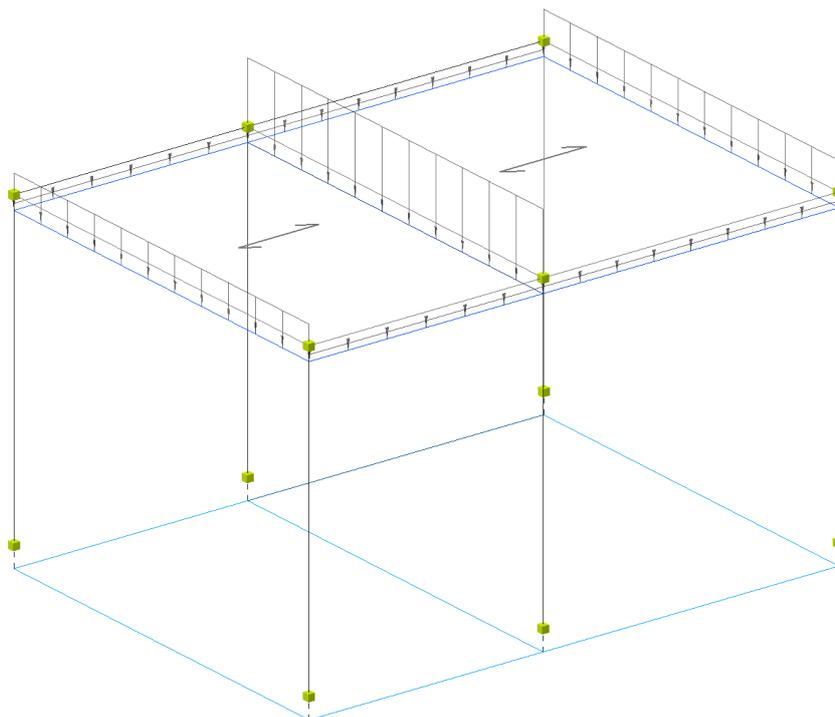
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	44

**8.2 APPLICAZIONE DEI CARICHI**

Nel presente sottoparagrafo si riportano immagini schematiche dell'applicazione dei carichi esterni sul modello FEM.



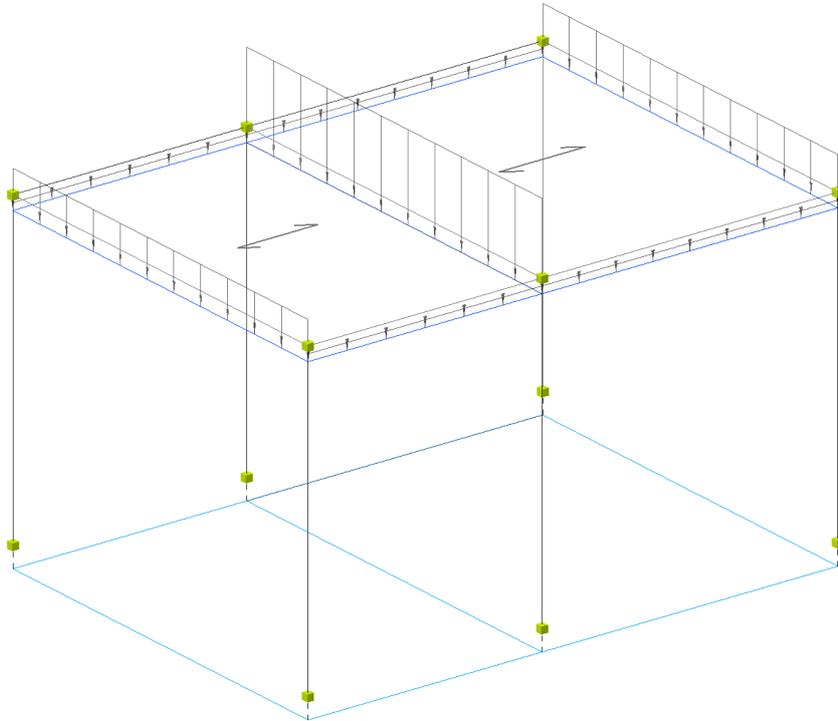
*Figure 8-6 Applicazione carico permanente strutturale solaio (QP solai).*



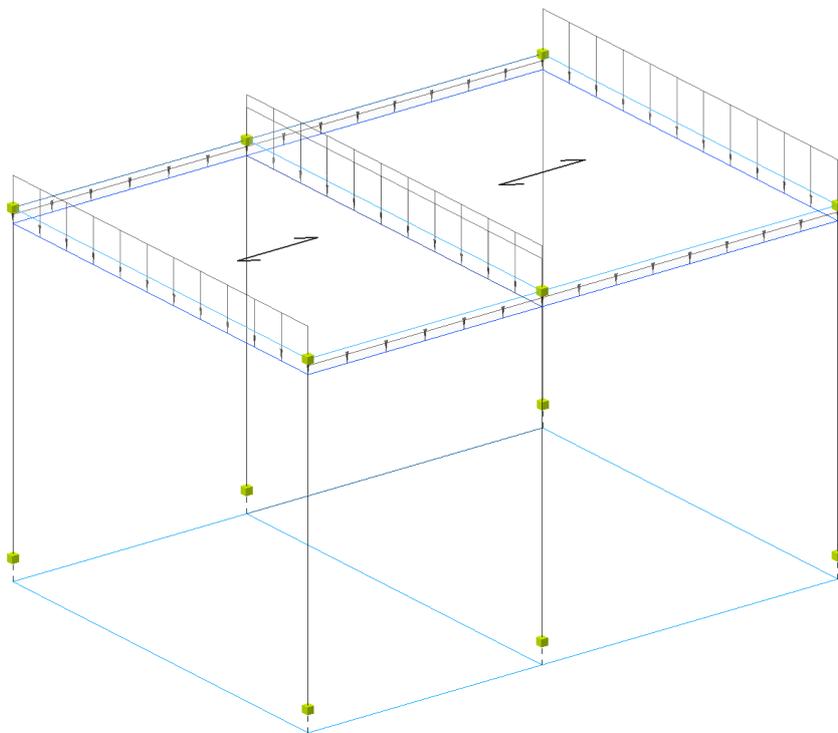
*Figure 8-7 Applicazione carico permanente non strutturale solaio (QFissi solai).*

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	45



*Figure 8-8 Applicazione carico variabile solaio (QV solai).*



*Figure 8-9 Applicazione carico neve (Neve).*

**Relazione di calcolo fabbricato energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	46

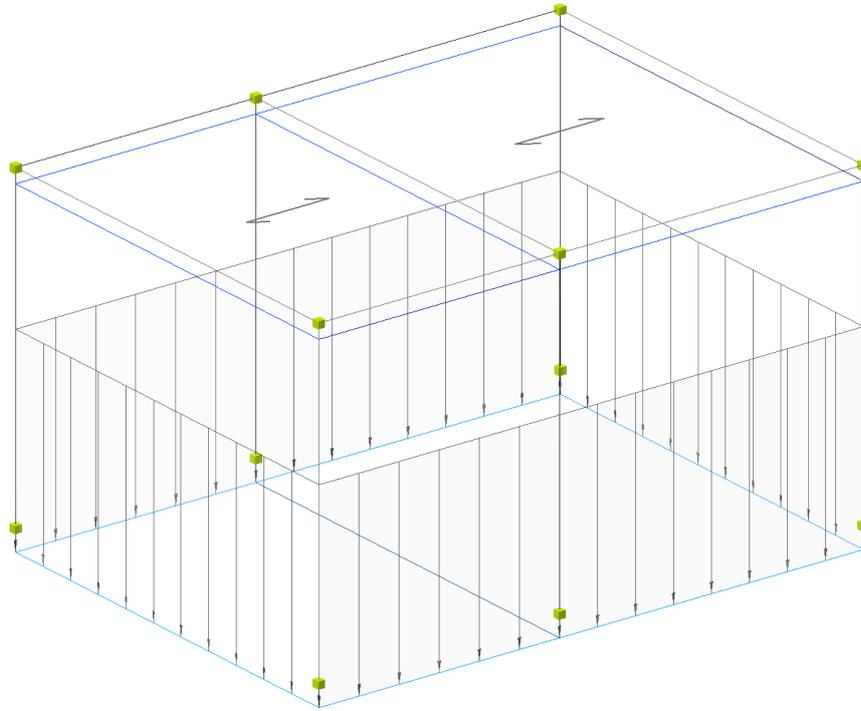


Figure 8-10 Applicazione carico permanente non strutturale (Tamponamento).

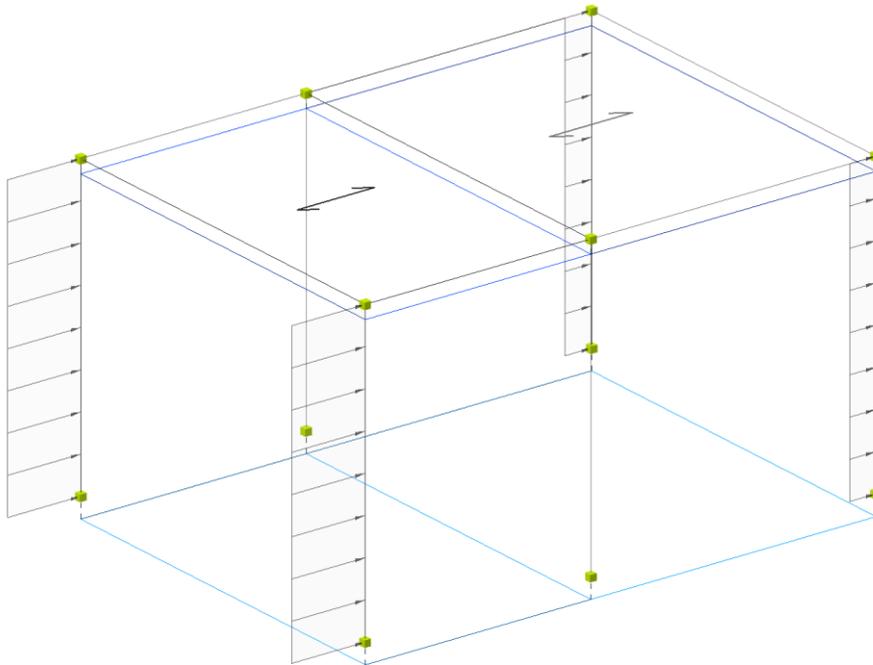


Figure 8-11 Applicazione carico da Vento +X.

**Relazione di calcolo fabbricato energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	47

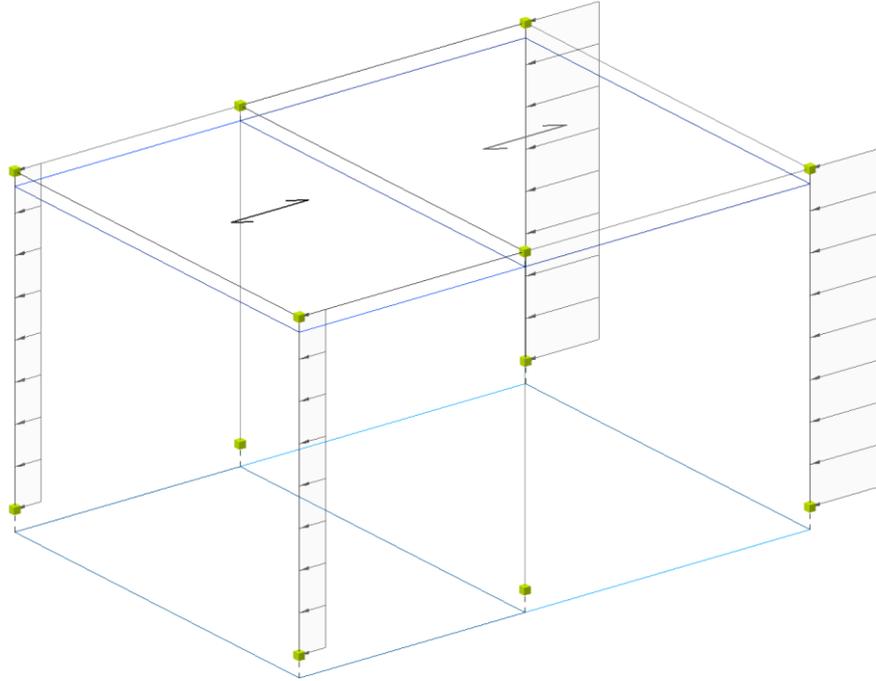


Figure 8-12 Applicazione carico da Vento -X.

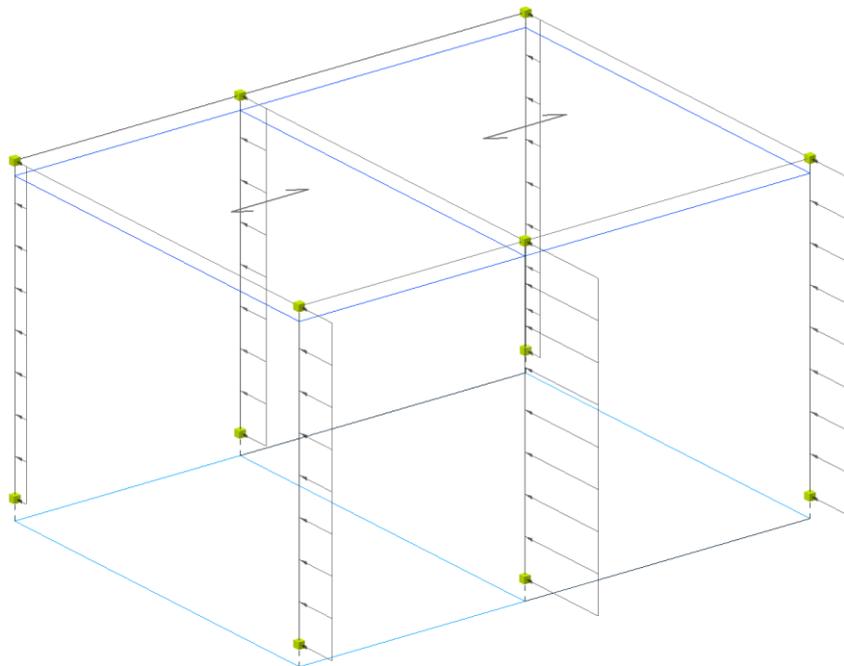
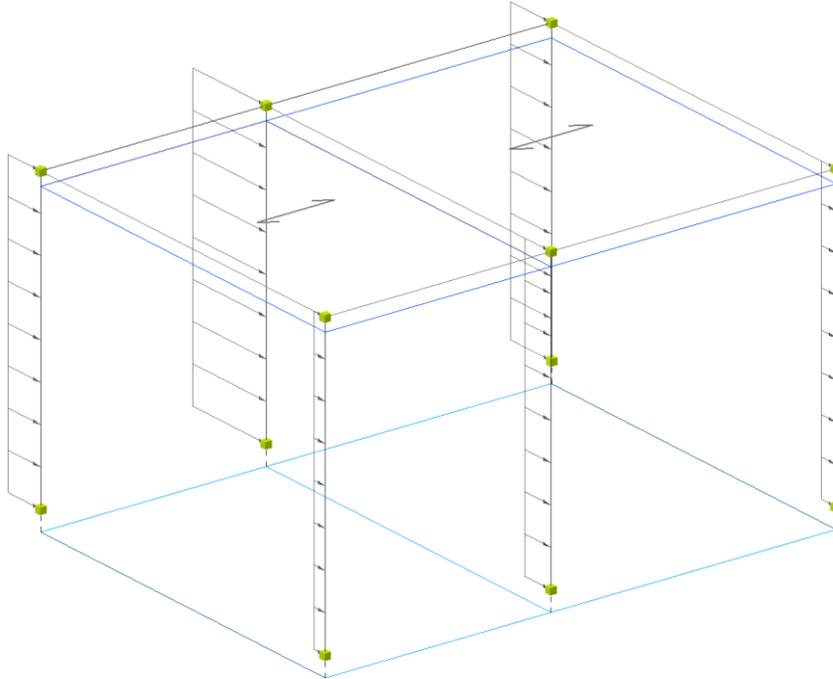


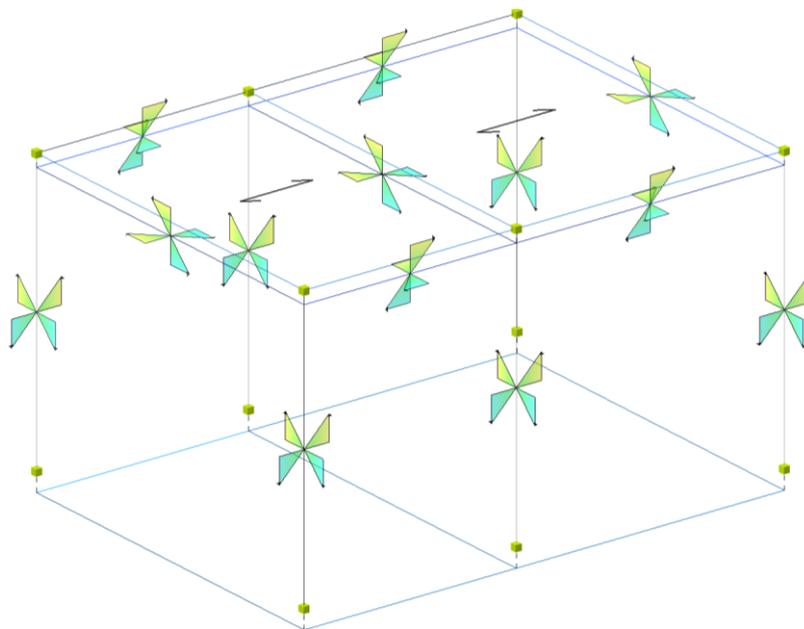
Figure 8-13 Applicazione carico da Vento +Y.

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>48</b>



*Figure 8-14 Applicazione carico da Vento -Y.*



*Figure 8-15 Applicazione variazione termica differenziale (Termici).*

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	49

### 8.3 ASSEGNAZIONE DEI VINCOLI ESTERNI

Per quanto concerne i vincoli esterni, ai nodi di base (alla base dei pilastri) vengono assegnati dei vincoli che impediscono la traslazione nelle due direzioni orizzontali ( $T_x$ ,  $T_y$ ) e la rotazione rispetto all'asse verticale ( $R_z$ ). Le travi di fondazione vengono modellate tramite elementi "Travi Winkler", ovvero elementi monodimensionali su suolo elastico alla Winkler; modello matematico di travi monodimensionali poggianti su semipiano elastico costituito da molle indipendenti che rappresentano il vincolo al suolo; per ulteriori dettagli relativi al valore della costante di Winkler  $k_w$  considerata nel calcolo, si rimanda al § 5.1 della presente relazione. Nel seguito immagini schematiche del modello relative all'assegnazione dei vincoli esterni.

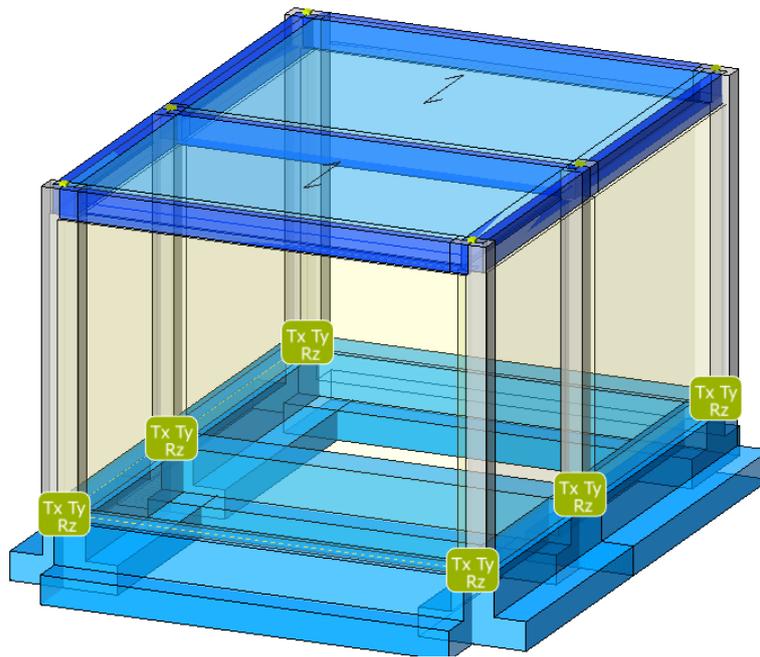


Figure 8-16 Assegnazione dei vincoli esterni.

### 8.4 MODI DI VIBRARE, MASSE MODALI E COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE MODALE

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_SLV\_SLD**

#### Posizione masse 1

Numero di Frequenze 3

N	T	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
	s			kgm*g			
1	0.2343	11.849	65.435	1377	41989	3.15	96.03
2	0.2329	-65.015	12.199	41452	1459	94.80	3.34
3	0.1876	8.853	2.011	769	40	1.76	0.09
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				43597	43488		
Masse strutturali libere [kgm*g]				43724	43724		
Percentuale				99.71	99.46	99.71	99.46

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali		Percentuali
			kgm*g		
1	0.2343	26.577	6927		0.98
2	0.2329	-50.505	25014		3.53
3	0.1876	-262.729	676918		95.47

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>50</b>

**Posizione masse 2**

Numero di Frequenze 3

N	T	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
	s			kgm*g			
1	0.2369	0.000	65.333	0	41859	0.00	95.74
2	0.2318	-66.676	0.000	43597	0	99.71	0.00
3	0.1870	0.000	12.885	0	1628	0.00	3.72
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				43597	43487		
Masse strutturali libere [kgm*g]				43724	43724		
Percentuale				99.71	99.46	99.71	99.46

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
				kgm*g			
1	0.2369	86.021		72566		10.07	
2	0.2318	-0.000		0		0.00	
3	0.1870	-257.015		647796		89.90	

**Posizione masse 3**

Numero di Frequenze 3

N	T	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
	s			kgm*g			
1	0.2343	-11.849	65.435	1377	41989	3.15	96.03
2	0.2329	-65.015	-12.199	41452	1459	94.80	3.34
3	0.1876	8.853	-2.011	769	40	1.76	0.09
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				43597	43488		
Masse strutturali libere [kgm*g]				43724	43724		
Percentuale				99.71	99.46	99.71	99.46

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
				kgm*g			
1	0.2343	26.577		6927		0.98	
2	0.2329	50.505		25014		3.53	
3	0.1876	262.729		676918		95.47	

**Posizione masse 4**

Numero di Frequenze 3

N	T	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
	s			kgm*g			
1	0.2355	-0.000	65.987	0	42701	0.00	97.66
2	0.2318	-66.676	-0.000	43597	0	99.71	0.00
3	0.1862	-0.000	8.961	0	787	0.00	1.80
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				43597	43489		
Masse strutturali libere [kgm*g]				43724	43724		
Percentuale				99.71	99.46	99.71	99.46

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
				kgm*g			
1	0.2355	-52.465		26994		3.87	
2	0.2318	-0.000		0		0.00	
3	0.1862	261.455		670368		96.11	

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	51

Tipo diagramma: Deformata modale [modo 2]  
 Combinazione corrente : Scenario Set\_NT\_SLV\_SLD\_A2\_STR/GEO - C 63-I  
 Posizione masse N° 1

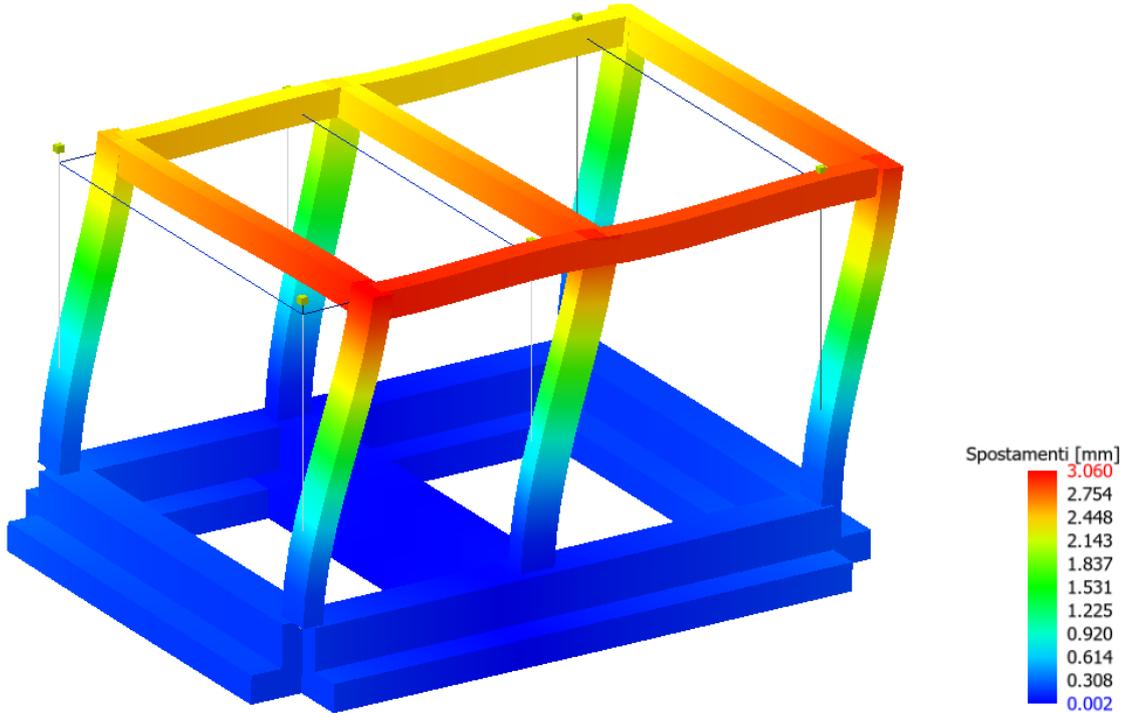


Figure 8-17 Deformata per Sisma – Direzione X – Modi di Vibrare n. 2

Tipo diagramma: Deformata modale [modo 1]  
 Combinazione corrente : Scenario Set\_NT\_SLV\_SLD\_A2\_STR/GEO - C 64-I  
 Posizione masse N° 1

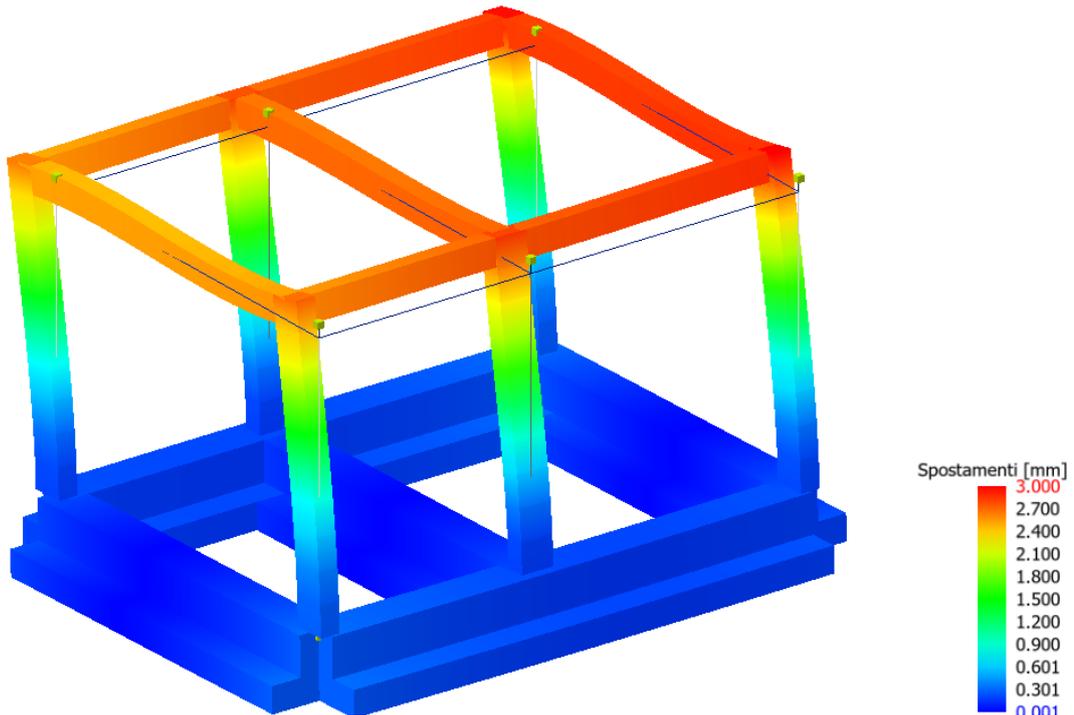


Figure 8-18 Deformata per Sisma – Direzione Y – Modi di Vibrare n. 1

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

## 8.5 CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di sicurezza sono state effettuate sulla base dei criteri definiti nelle vigenti norme – “Norme tecniche per le costruzioni” – DM 14.01.2008.

In particolare, vengono effettuate le verifiche agli stati limite di esercizio ed allo stato limite ultimo. Le combinazioni di carico considerate ai fini delle verifiche sono quelle riportate nei paragrafi precedenti.

Si espongono di seguito i criteri di verifica adottati per le verifiche strutturali in c.a. sia in forma descrittiva che tabellare con tutti i parametri di input.

### 8.5.1 Verifiche agli stati limite di esercizio

#### 8.5.1.1 Verifica spostamento relativo impalcato

Per le costruzioni ricadenti in classe d'uso I e II si deve verificare che l'azione sismica di progetto non produca agli elementi costruttivi senza funzione strutturale danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti eccessivi interpiano, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo SLD (v. § 3.2.1 e § 3.2.3.2) siano inferiori ai limiti indicati nel seguito

b) per tamponature progettate in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d'interpiano  $d_{rp}$ , per effetto della loro deformabilità intrinseca oppure dei collegamenti alla struttura:

$$qd_r \leq d_{rp} \leq 0.0100 h$$

Per le costruzioni ricadenti in classe d'uso III e IV si deve verificare che l'azione sismica di progetto non produca danni agli elementi costruttivi senza funzione strutturale tali da rendere temporaneamente non operativa la costruzione.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo SLO (v. § 3.2.1 e § 3.2.3.2) siano inferiori ai 2/3 dei limiti in precedenza indicati.

#### 8.5.1.2 Verifica a fessurazione

Le verifiche a fessurazione sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 4.1.2.2.4.5 del DM 14.1.2008.

Con riferimento alle classi di esposizione delle varie parti della struttura (si veda il paragrafo relativo alle caratteristiche dei materiali impiegati), alle corrispondenti condizioni ambientali ed alla sensibilità delle armature alla corrosione (armature sensibili per gli acciai da precompresso; poco sensibili per gli acciai ordinari), si individua lo stato limite di fessurazione per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture, in accordo con il DM 14.1.2008:

*Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione - Tabella 4.1.IV del DM 14.1.2008*

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

$w_1, w_2, w_3$  sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo  $w_d$ , è definito al § 4.1.2.2.4.6.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

Nella tabella sopra riportata,  $w_1=0.2\text{mm}$ ,  $w_2=0.3\text{mm}$ ;  $w_3=0.4\text{mm}$ .

Si assume per gli elementi strutturali analizzati nel presente documento:

- Stato *limite di fessurazione*:  $w_d \leq w_3 = 0.4 \text{ mm}$  - combinazione di carico frequente
- Stato *limite di fessurazione*:  $w_d \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$  - combinazione di carico quasi permanente

In accordo con la vigente normativa, il valore di calcolo di apertura delle fessure  $w_d$  è dato da:

$$w_d = 1,7 \cdot w_m$$

dove  $w_m$  rappresenta l'ampiezza media delle fessure calcolata come prodotto della deformazione media delle barre di armatura  $\varepsilon_{sm}$  per la distanza media tra le fessure  $\Delta_{sm}$ ;

$$w_m = \varepsilon_{sm} \cdot \Delta_{sm}$$

Per il calcolo di  $\varepsilon_{sm}$  e  $\Delta_{sm}$  vanno utilizzati i criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.

### 8.5.1.3 Verifica delle tensioni in esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si verifica che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti definiti nel paragrafo delle caratteristiche dei materiali e che fanno riferimento al par. 4.1.2.2.5 delle Norme Tecniche delle costruzioni NTC2008.

## 8.5.2 Verifiche agli stati limite ultimi

### 8.5.2.1 Sollecitazioni flettenti

La verifica di resistenza (SLU) è stata condotta attraverso il calcolo dei domini di interazione N-M, ovvero il luogo dei punti rappresentativi di sollecitazioni che portano in crisi la sezione di verifica secondo i criteri di resistenza da normativa.

Nel calcolo dei domini sono state mantenute le consuete ipotesi, tra cui:

- conservazione delle sezioni piane;
- legame costitutivo del calcestruzzo parabola-rettangolo non reagente a trazione, con plateau ad una deformazione pari a 0.002 e a rottura pari a 0.0035 ( $\sigma_{\max} = 0.85 \times 0.83 \times R_{ck} / 1.5$ );
- legame costitutivo dell'armatura d'acciaio elastico-perfettamente plastico con deformazione limite di rottura a 0.01 ( $\sigma_{\max} = f_{yk} / 1.15$ )

### 8.5.2.2 8.2.2 Sollecitazioni taglianti

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi sprovvisti di specifica armatura è stata calcolata sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d$$

con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

e dove:

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \times d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>FA 00 00</b>			PROGR <b>002</b>

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione e dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti

$$1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2.5$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

Dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" è stata calcolata con

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" è stata calcolata con

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

In cui:

- d è l'altezza utile della sezione
- $b_w$  è la larghezza minima della sezione
- $\sigma_{cp}$  è la tensione media di compressione della sezione;
- $A_{sw}$  è l'area dell'armatura trasversale;
- S è interasse tra due armature trasversali consecutive
- $\theta$  è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave
- $f'_{cd}$  è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f'_{cd}=0.5f_{cd}$ );
- $\alpha$  è un coefficiente maggiorativo, pari ad 1 per membrature non compresse

### 8.5.3 Parametri di verifica

CLS_TraviFondazione_ND		
Generici		
Resistenza caratteristica Rck	MPa	30
Tensione caratteristica snervamento acciaio barre fyk	MPa	450
Tensione caratteristica snervamento acciaio staffe fyk	MPa	450
Deformazione unitaria $\epsilon_{c0}$		0.002
Deformazione ultima $\epsilon_{cu}$		0.0022
$\epsilon_{fu}$ (solo incrudimento)		0.002
Modulo elastico E acciaio	MPa	2.10E05
Copriferro di calcolo	cm	5.8
Copriferro di disegno	cm	4.0
Coefficiente di sicurezza $\gamma_{Cl}$		1.5
Coefficiente di sicurezza $\gamma_{Acc}$		1.15
Riduzione fcd calcestruzzo		0.85
Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma		Si
Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma		No
Generici N.T.		
Inclinazione bielle compresse $\text{cotg}(\theta)$		1.00
Modello acciaio		Incrudente
Incrudimento $E_y/E_0$		0.000
Elemento esistente		No
Fessurazioni		
Verifica aperture fessure		Si

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	55

Classe di esposizione		XC2
Tipo armatura		Poco sensibile
Combinazione Rara		No
Combinazione QP		Si
W ammissibile Combinazione QP	mm	0.300
Combinazione Freq.		Si
W ammissibile Combinazione Freq.	mm	0.400
Valore caratteristico apertura fessure $wk(*w_m)$		1
Resistenza media a trazione $f_{ctm}$	MPa	2599.2
Coefficiente di breve o lunga durata $k_t$		0.40
Coefficiente di aderenza $k_1$		0.80
<b>Tensioni ammissibili di esercizio</b>		
Verifica Combinazione Rara		Si
Tensione ammissibile $\sigma_{Cls}$	MPa	15
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	MPa	360
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile $\sigma_{Cls}$	MPa	11
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	MPa	360
Verifica Combinazione Freq.		No
<b>Coefficienti di omogeneizzazione</b>		
Acciaio - Cls compresso		15
Cls tesoro - Cls compresso		0.5
<b>Armatura travi</b>		
Numero di bracci delle staffe		2
Numero minimo di ferri superiori		2
Numero minimo di ferri inferiori		2
Numero minimo di ferri di parete		1
Numero reggistaffe superiori		0
Numero reggistaffe intermedi		4
Numero reggistaffe inferiori		2
Diametro ferri superiori	mm	16
Diametro ferri inferiori	mm	16
Diametro staffe	mm	10
Percentuale armatura rispetto alla base per verifica a taglio	%	100.00
Minima percentuale armatura compressa rispetto alla tesa	%	50.00
Minima percentuale armatura rispetto al Cls	%	0.20
Massima percentuale armatura rispetto al Cls	%	1.55
<b>Calcolo travi</b>		
Traslazione momento		Si
<b>Verifica travi</b>		
Verifica a torsione		No
Verifica a pressoflessione retta		No
Trave a spessore		No
<b>Verifica N.T. travi</b>		
Trave tozza		No
Gerarchia Flessione-Taglio		No
Escludi dalla gerarchia trave-pilastro		No
<b>Verifica a taglio N.T. travi</b>		
Includi effetto spinotto nel taglio		Si
Considera la resistenza a taglio VRDns		NO
Coefficiente di sovra resistenza $\gamma_{Rd}$ (CDA)		1.2
Coefficiente di sovra resistenza $\gamma_{Rd}$ (CDB)		1

<b>CLS_Pilastr</b>		
<b>Generici</b>		
Resistenza caratteristica $R_{ck}$	MPa	40
Tensione caratteristica snervamento acciaio barre $f_{yk}$	MPa	450
Tensione caratteristica snervamento acciaio staffe $f_{yk}$	MPa	450
Deformazione unitaria $\epsilon_{c0}$		0.002

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	56

Deformazione ultima $\epsilon_{cu}$		0.0035
$\epsilon_{fu}$ (solo incrudimento)		0.01
Modulo elastico E acciaio	MPa	2.10E05
Copriferro di calcolo	cm	5.8
Copriferro di disegno	cm	4.0
Coefficiente di sicurezza $\gamma_{Cl}$		1.5
Coefficiente di sicurezza $\gamma_{Acc}$		1.15
Riduzione fcd calcestruzzo		0.85
Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma		Si
Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma		Si
<b>Generici N.T.</b>		
Inclinazione bielle compresse $\cotg(\theta)$		1.00
Modello acciaio		Elasto-plastico
Elemento esistente		No
Sforzo normale ammissibile $v_{max}$ (CDA)		0.550
Sforzo normale ammissibile $v_{max}$ (CDB)		0.650
<b>Fessurazioni</b>		
Verifica aperture fessure		Si
Classe di esposizione		XC3
Tipo armatura		Poco sensibile
Combinazione Rara		No
Combinazione QP		Si
W ammissibile Combinazione QP	mm	0.300
Combinazione Freq.		Si
W ammissibile Combinazione Freq.	mm	0.400
Valore caratteristico apertura fessure $w_k(*w_m)$		1
Resistenza media a trazione $f_{ctm}$	MPa	3098.9
Coefficiente di breve o lunga durata $k_t$		0.40
Coefficiente di aderenza $k_1$		0.80
<b>Tensioni ammissibili di esercizio</b>		
Verifica Combinazione Rara		Si
Tensione ammissibile $\sigma_{Cl}$	MPa	20
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	MPa	360
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile $\sigma_{Cl}$	MPa	15
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	MPa	360
Verifica Combinazione Freq.		No
<b>Coefficienti di omogeneizzazione</b>		
Acciaio - Cls compresso		15
Cls tesò - Cls compresso		0.5
<b>Armatura pilastri</b>		
Massimo numero di ferri in ogni spigolo		1
Diametro ferri di spigolo	mm	16
Diametro ferri laterali	mm	16
Diametro staffe	mm	10
Numero braccia staffe lato lungo		2
Minima percentuale armatura rispetto al Cls	%	1.00
Massima percentuale armatura rispetto al Cls	%	4.00
<b>Verifica pilastri</b>		
Verifica a carico di punta		No
Verifica a pressoflessione deviata		Si
Verifica come pareti		No
<b>Verifica N.T. pilastri</b>		
Verifica pilastri tozzi		Si
Gerarchia Flessione-Taglio		Si
<b>Verifica a taglio pilastri</b>		
Effetto spinotto		Si
Traslazione momento		Si
Considera la resistenza a taglio VRDns		NO

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	57

**Verifica a taglio N.T. pilastri**

Coefficiente di amplificazione $\gamma_{Rd}$ (CDA)		1.3
Coefficiente di amplificazione $\gamma_{Rd}$ (CDB)		1.1
<b>Gerarchia delle resistenze pilastri</b>		
Direzione Y		Si
Direzione Z		Si

**CLS\_TraviAlte**

<b>Generici</b>		
Resistenza caratteristica Rck	MPa	40
Tensione caratteristica snervamento acciaio barre fyk	MPa	450
Tensione caratteristica snervamento acciaio staffe fyk	MPa	450
Deformazione unitaria $\epsilon_{c0}$		0.002
Deformazione ultima $\epsilon_{cu}$		0.0035
$\epsilon_{fu}$ (solo incrudimento)		0.01
Modulo elastico E acciaio	MPa	2.10E05
Copriferro di calcolo	cm	5.8
Copriferro di disegno	cm	4.0
Coefficiente di sicurezza $\gamma_{Cls}$		1.5
Coefficiente di sicurezza $\gamma_{Acc}$		1.15
Riduzione fcd calcestruzzo		0.85
Usa staffe minime di normativa in assenza di sisma		Si
Usa staffe minime di normativa in presenza di sisma		Si
<b>Generici N.T.</b>		
Inclinazione bielle compresse $\cotg(\theta)$		1.00
Modello acciaio		Elasto-plastico
Elemento esistente		No
<b>Fessurazioni</b>		
Verifica aperture fessure		Si
Classe di esposizione		XC3
Tipo armatura		Poco sensibile
Combinazione Rara		No
Combinazione QP		Si
W ammissibile Combinazione QP	mm	0.300
Combinazione Freq.		Si
W ammissibile Combinazione Freq.	mm	0.400
Valore caratteristico apertura fessure $w_k(*w_m)$		1
Resistenza media a trazione $f_{ctm}$	MPa	3098.9
Coefficiente di breve o lunga durata kt		0.40
Coefficiente di aderenza k1		0.80
<b>Tensioni ammissibili di esercizio</b>		
Verifica Combinazione Rara		Si
Tensione ammissibile $\sigma_{Cls}$	MPa	20
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	MPa	360
Verifica Combinazione QP		Si
Tensione ammissibile $\sigma_{Cls}$	MPa	15
Tensione ammissibile $\sigma_{Acciaio}$	MPa	360
Verifica Combinazione Freq.		No
<b>Coefficienti di omogeneizzazione</b>		
Acciaio - Cls compresso		15
Cls teso - Cls compresso		0.5
<b>Armatura travi</b>		
Numero di bracci delle staffe		2
Numero minimo di ferri superiori		4
Numero minimo di ferri inferiori		4
Numero minimo di ferri di parete		2
Numero reggistaffe superiori		0
Numero reggistaffe intermedi		0
Numero reggistaffe inferiori		0

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	58

Diametro ferri superiori	mm	16
Diametro ferri inferiori	mm	16
Diametro staffe	mm	10
Percentuale armatura rispetto alla base per verifica a taglio	%	100.00
Minima percentuale armatura compressa rispetto alla tesa	%	50.00
Minima percentuale armatura rispetto al Cls	%	0.31
Massima percentuale armatura rispetto al Cls	%	1.55
<b>Calcolo travi</b>		
Traslazione momento		Si
<b>Verifica travi</b>		
Verifica a torsione		No
Verifica a pressoflessione retta		No
Trave a spessore		No
<b>Verifica N.T. travi</b>		
Trave tozza		Si
Gerarchia Flessione-Taglio		Si
Escludi dalla gerarchia trave-pilastro		No
<b>Verifica a taglio N.T. travi</b>		
Includi effetto spinotto nel taglio		Si
Considera la resistenza a taglio VRDns		NO
Coefficiente di sovra resistenza $\gamma_{Rd}$ (CDA)		1.2
Coefficiente di sovra resistenza $\gamma_{Rd}$ (CDB)		1

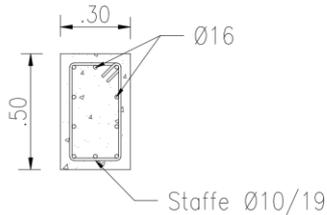
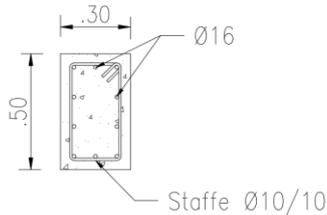
**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	59

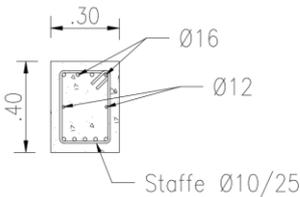
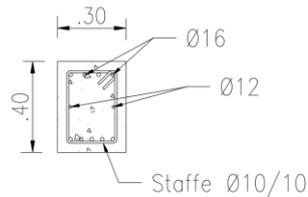
**8.6 ARMATURE, DEFORMATE, INVILUPPO DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE**

**8.6.1 Armature**

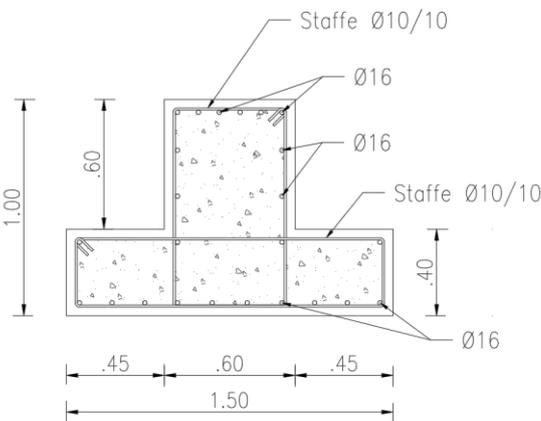
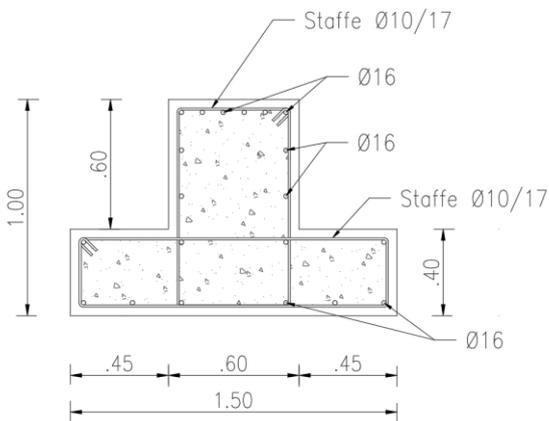
Di seguito si riportano le sezioni tipologiche con le armature correnti previste per la struttura oggetto di calcolo. In questa fase non è richiesta la rappresentazione delle zone in cui sarà necessario raffittire l'armatura. La rappresentazione completa delle armature sarà definita nella successiva fase di progettazione costruttiva. Analizzando le armature complessive da posare è possibile definire le seguenti incidenze di armatura:



PILASTRI  
30x50cm  
Incidenza armatura  
250kg/m<sup>3</sup>



TRAVI  
30x40cm  
Incidenza armatura  
190kg/m<sup>3</sup>



TRAVE DI FONDAZIONE  
150x100cm  
Incidenza armatura  
120kg/m<sup>3</sup>

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	60

**8.6.2 Diagrammi delle Sollecitazioni per Involuppo delle Combinazioni agli SLU e Verifiche**

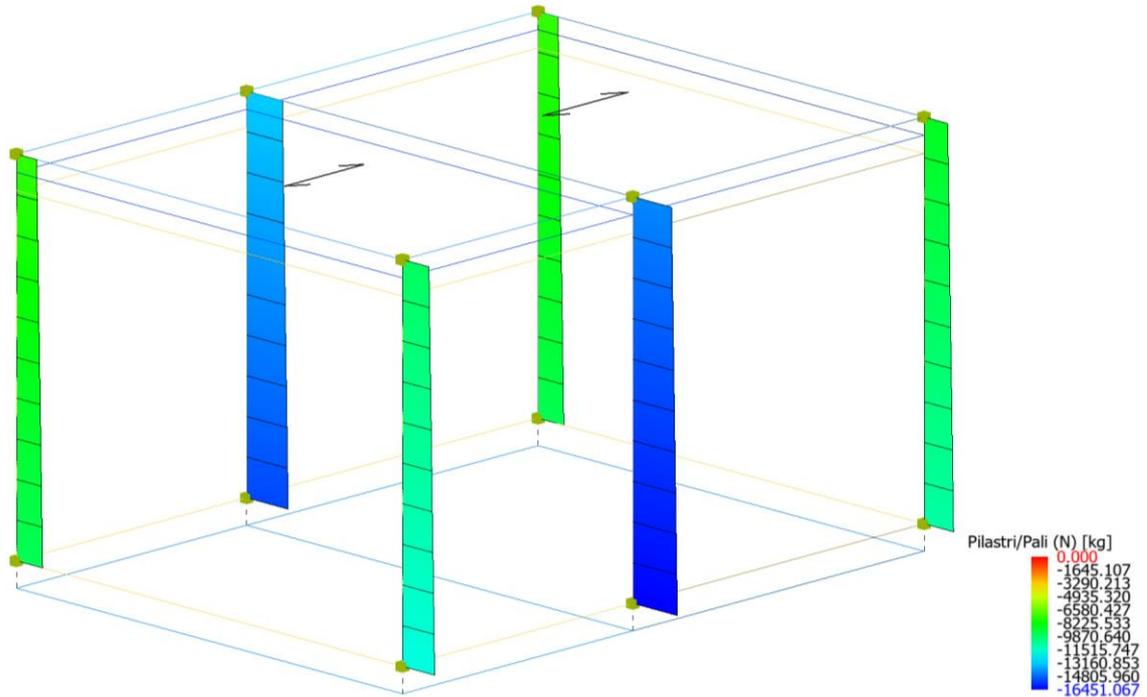


Figure 8-19 Involuppo Pilastr (Sollecitazione: Sforzo normale; Combinazione: SLU).

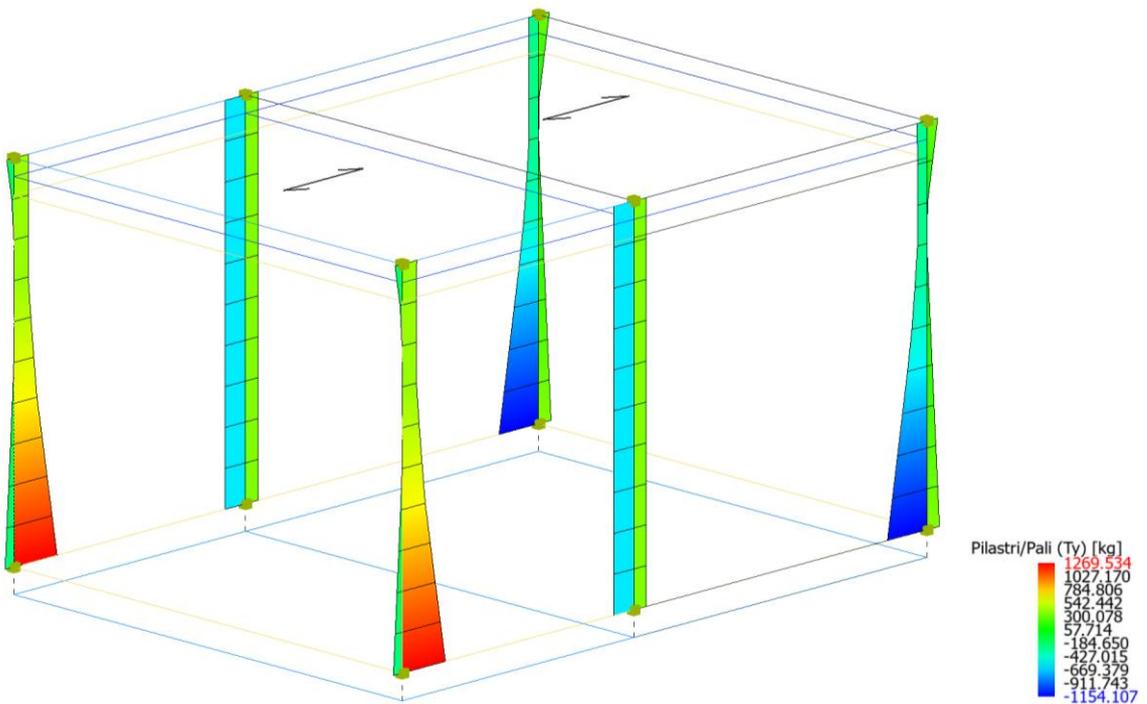


Figure 8-20 Involuppo Pilastr (Sollecitazione: Taglio Ty; Combinazione: SLU).

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	61

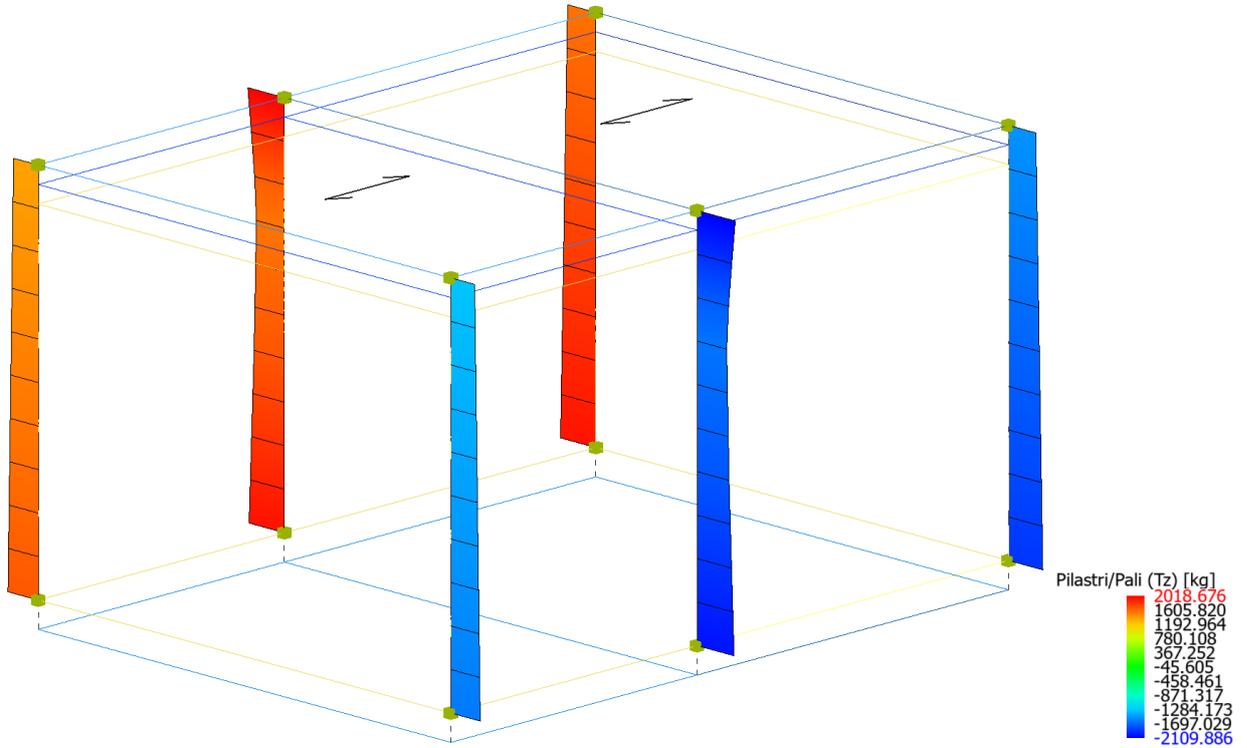


Figure 8-21 Involuppo Pilastri (Sollecitazione: Taglio Tz; Combinazione: SLU).

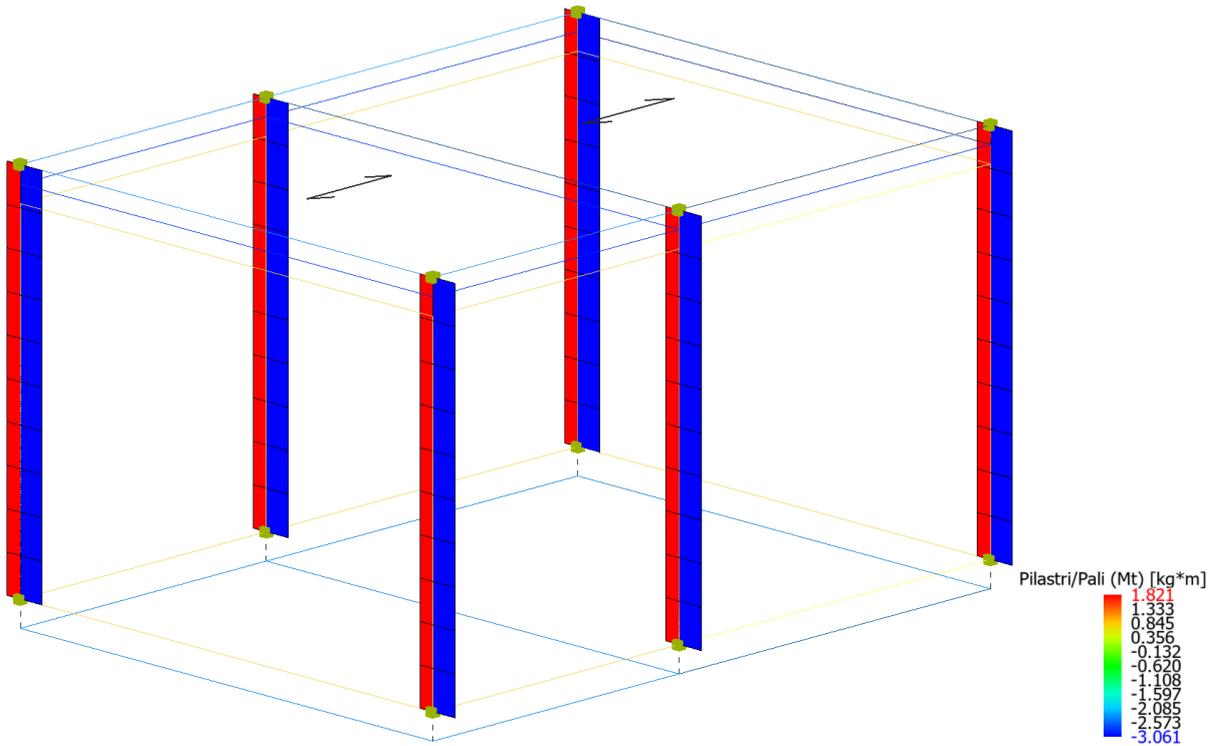


Figure 8-22 Involuppo Pilastri (Sollecitazione: Momento torcente Mt; Combinazione: SLU).

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	62

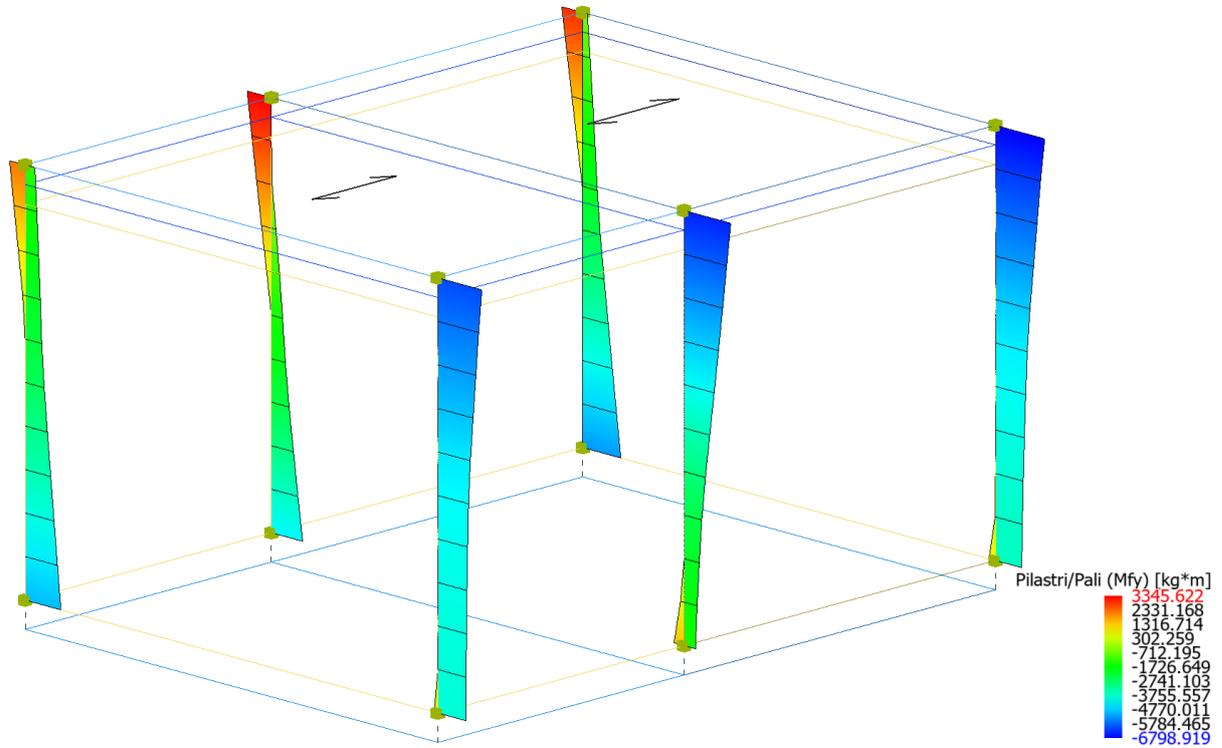


Figure 8-23 Inviluppo Pilastri (Sollecitazione: Momento flettente Mfy; Combinazione: SLU).

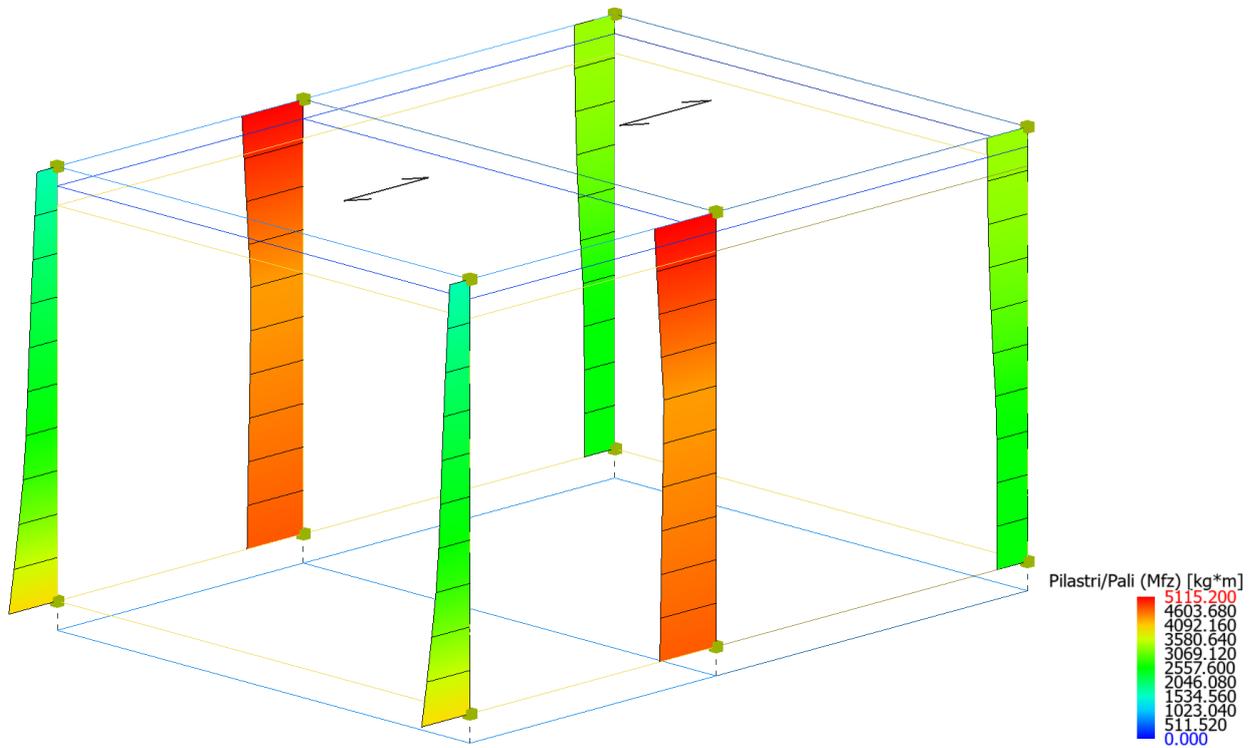


Figure 8-24 Inviluppo Pilastri (Sollecitazione: Momento flettente Mfz; Combinazione: SLU).

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	63

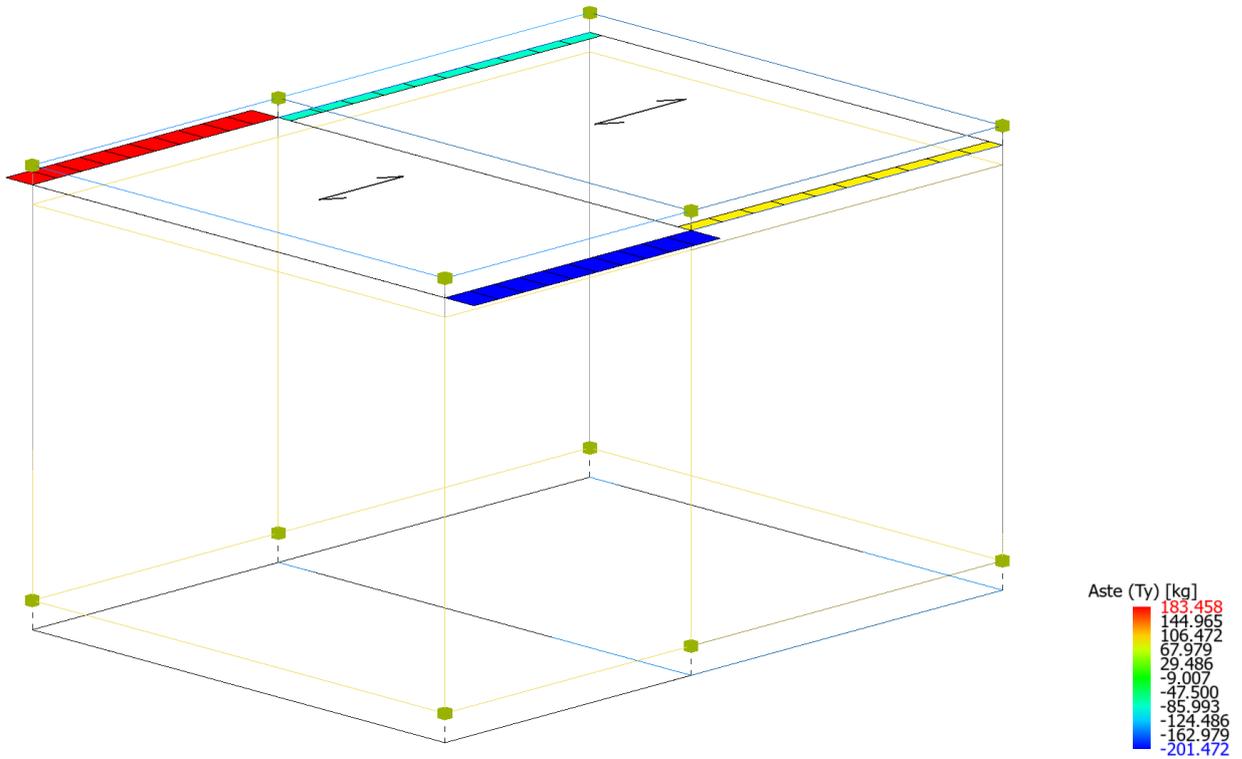


Figure 8-25 Involuppo Travi (Sollecitazione: Taglio Ty; Combinazione: SLU).

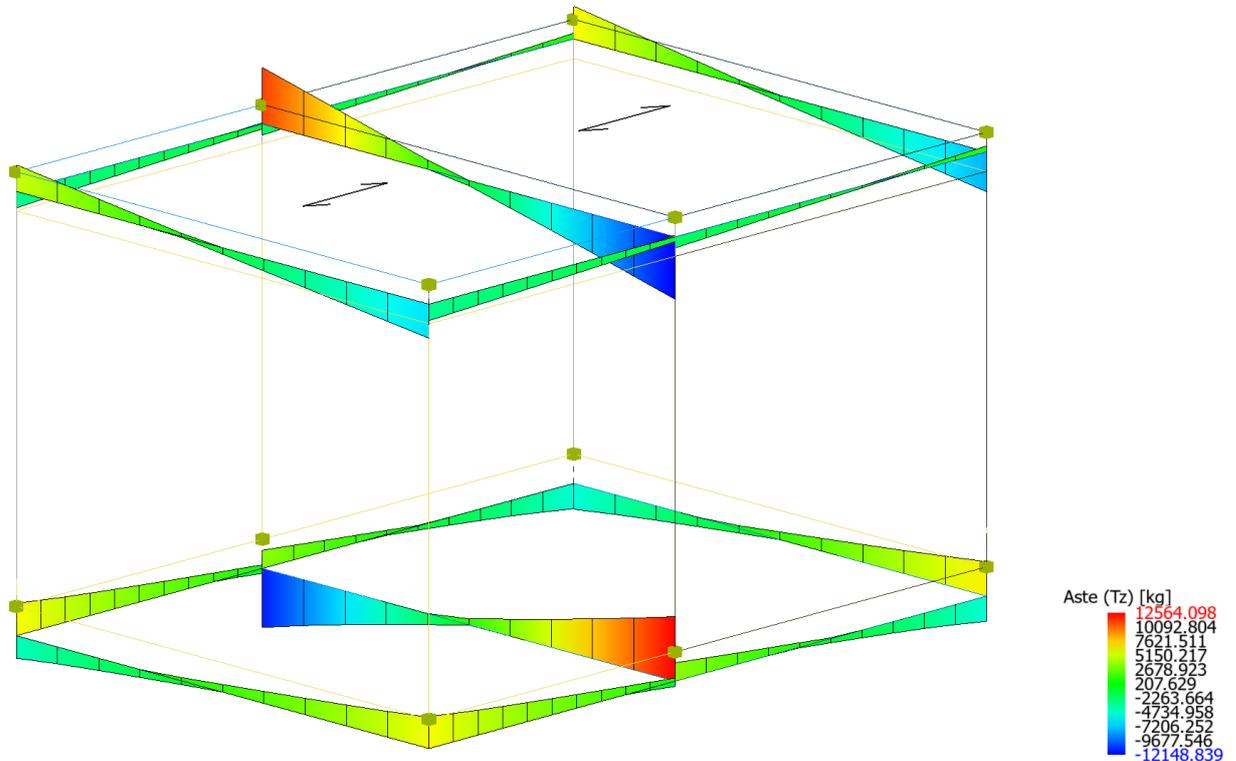


Figure 8-26 Involuppo Travi (Sollecitazione: Taglio Tz; Combinazione: SLU).

Relazione di calcolo fabbricato  
energia

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	64

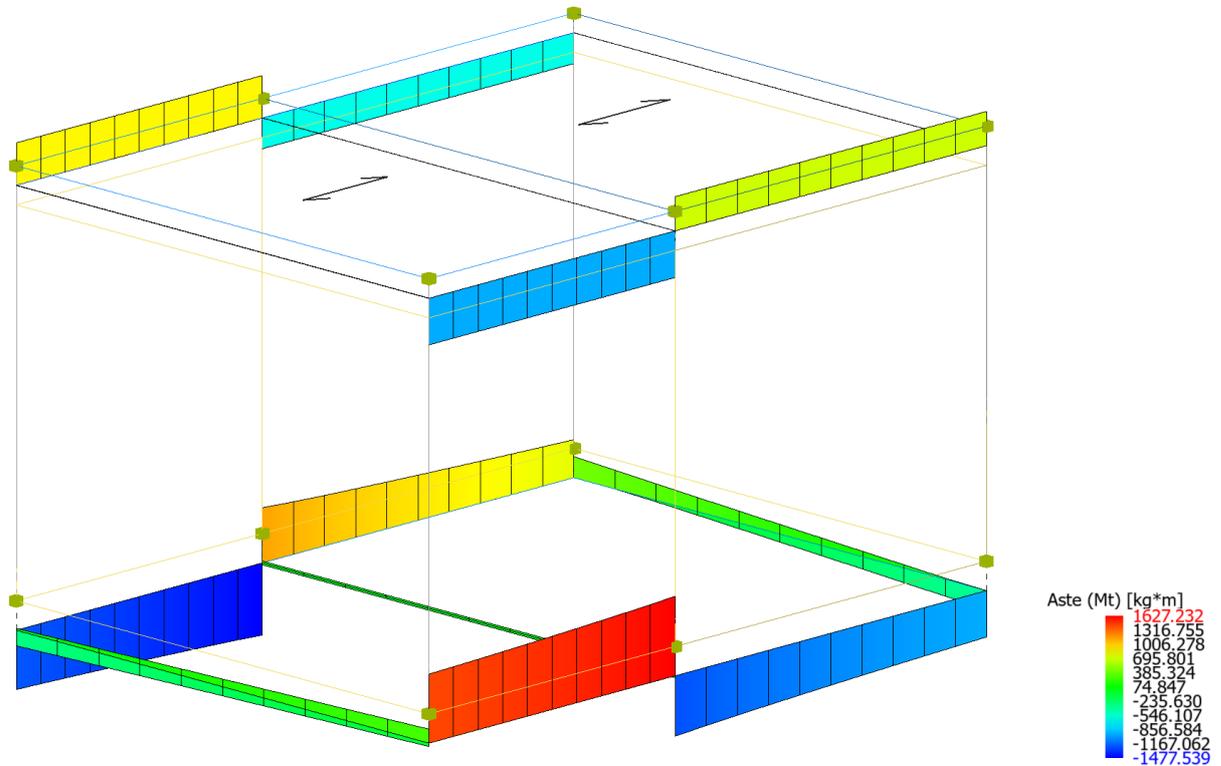


Figure 8-27 Involuppo Travi (Sollcitazione: Momento torcente Mt; Combinazione: SLU).

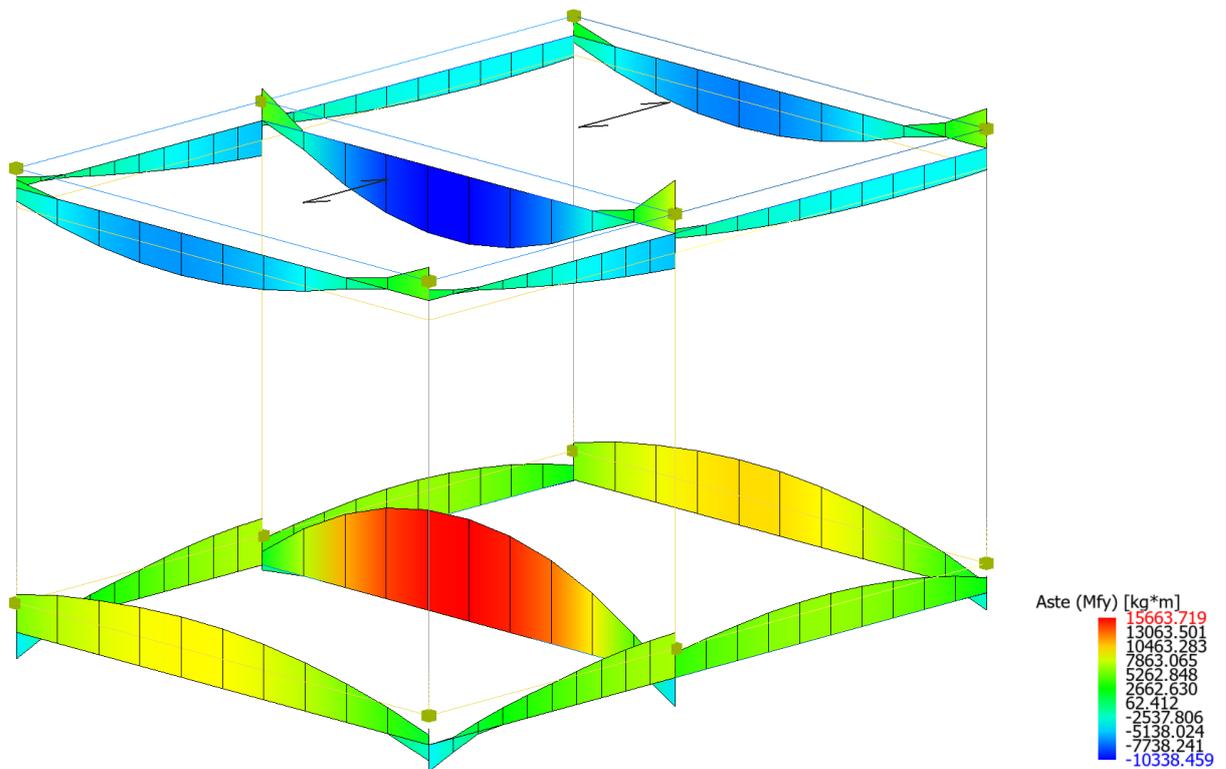


Figure 8-28 Involuppo Travi (Sollcitazione: Momento flettente Mfy; Combinazione: SLU).

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	65

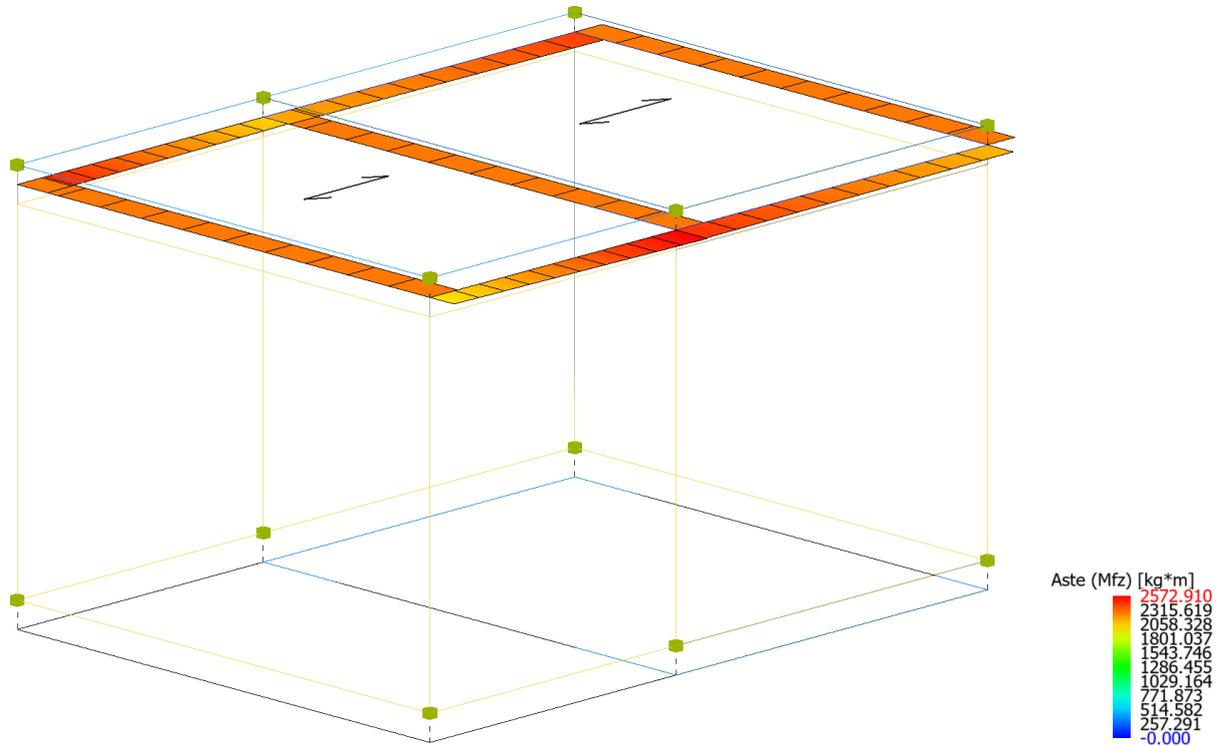


Figure 8-29 Involuppo Travi (Sollecitazione: Momento flettente Mfz; Combinazione: SLU).

Di seguito tabelle riassuntive contenenti le massime sollecitazioni di calcolo nelle combinazioni più gravose agli SLU, individuando gli elementi maggiormente sollecitati (in grassetto nelle tabelle di sintesi riportate di seguito).

**Risultati Analisi Statica - Sollecitazioni massime - Travi di fondazione**

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_SLU\_A2\_STR/GEO**

Asta	N.in. N.fin.	N kg	Ty kg	Tz kg	Mt kg*m	My kg*m	Mz kg*m
9001	1	0	0	6195(20)	1412(19)	-4071(17)	0
	2	0	0	-1011(2)	1627(17)	6890(20)	0
9001	2	0	0	3569(1)	-1235(18)	3803(6)	0
	3	0	0	-4895(8)	-950(19)	2294(17)	0
9002	4	0	0	6295(19)	-1213(8)	-4133(17)	0
	5	0	0	-959(2)	-1478(5)	7131(19)	0
9002	5	0	0	3533(1)	1128(6)	3938(6)	0
	6	0	0	-4948(7)	777(8)	2234(17)	0
	9003	1	0	0	6066(18)	287(8)	-2443(19)
<b>9004</b>	4	0	0	-4369(2)	-318(7)	5794(19)	0
	2	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12564(19)</b>	<b>40(8)</b>	<b>-4409(19)</b>	<b>0</b>
	5	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-11473(4)</b>	<b>-40(7)</b>	<b>2081(19)</b>	<b>0</b>
9005	3	0	0	6709(17)	-394(8)	-2671(19)	0
	6	0	0	-5043(1)	430(7)	5701(19)	0

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

### Risultati Analisi Statica - Sollecitazioni massime - Pilastrri

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_SLU\_A2\_STR/GEO**

Asta	N.in. N.fin.	N kg	Ty kg	Tz kg	Mt kg*m	My kg*m	Mz kg*m
1	1	-11882(18)	1267(5)	-1619(8)	-3(8)	-3855(19)	4003(17)
	101	-9712(18)	428(18)	-1312(8)	-3(8)	-6058(4)	1668(18)
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>-16451(4)</b>	<b>-595(6)</b>	<b>-2042(8)</b>	<b>-3(8)</b>	<b>-1562(19)</b>	<b>4666(17)</b>
	<b>102</b>	<b>-14282(4)</b>	<b>-595(6)</b>	<b>-2110(7)</b>	<b>-3(8)</b>	<b>-6445(4)</b>	<b>5115(18)</b>
3	3	-10890(4)	-1154(6)	-1899(8)	-3(8)	-3621(19)	2528(17)
	103	-8721(4)	321(6)	-1512(8)	-3(8)	-6799(4)	3331(18)
4	4	-9645(18)	1270(5)	1667(7)	-3(8)	-4927(19)	4014(17)
	104	-7475(18)	432(18)	1360(7)	-3(8)	2152(3)	1660(18)
5	5	-15310(3)	-591(6)	1951(7)	-3(8)	-4303(19)	4681(17)
	105	-13141(3)	-591(6)	2019(8)	-3(8)	3346(3)	5104(18)
6	6	-9544(3)	-1154(6)	1942(7)	-3(8)	-5257(19)	2529(17)
	106	-7375(3)	321(6)	1555(7)	-3(8)	2891(3)	3329(18)

### Risultati Analisi Statica - Sollecitazioni massime - Travi

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_SLU\_A2\_STR/GEO**

Asta	N.in. N.fin.	N kg	Ty kg	Tz kg	Mt kg*m	My kg*m	Mz kg*m
101	101	0	-201(4)	-3212(18)	-954(4)	1668(18)	1996(19)
	102	0	-201(4)	-936(18)	-954(4)	-5383(18)	2573(20)
101	102	0	93(4)	-2151(18)	700(4)	-757(17)	2447(20)
	103	0	93(4)	1135(5)	700(4)	-3330(18)	2112(19)
102	104	0	183(3)	-3207(18)	868(3)	1660(18)	2522(19)
	105	0	183(3)	-931(18)	868(3)	-5374(18)	2047(20)
102	105	0	-84(3)	-2151(18)	-631(3)	-758(17)	2145(20)
	106	0	-84(3)	1135(5)	-631(3)	-3329(18)	2414(19)
103	101	0	0	-6629(20)	3(8)	5105(20)	2271(20)
	104	0	0	5171(3)	3(8)	-1987(20)	2271(19)
<b>104</b>	<b>102</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-12149(4)</b>	<b>1(8)</b>	<b>8157(4)</b>	<b>2271(20)</b>
	<b>105</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11005(3)</b>	<b>1(8)</b>	<b>4898(3)</b>	<b>2271(19)</b>
105	103	0	0	-7767(20)	1(7)	6080(4)	2271(19)
	106	0	0	6386(3)	1(7)	2243(3)	2271(20)

Di seguito si riportano per ogni tipologia di elemento (trave di fondazione, piastrini, travi) i risultati delle verifiche estese eseguite per l'elemento maggiormente sollecitato rispetto alla combinazione di carico associata.

### Verifica delle Travi (Travi di Fondazione, Travi)

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_SLU\_A2\_STR/GEO**

#### Simbologia Adottata Verifica Travi (Travi di fondazione, Travi):

- Terreno Nome della stratigrafia per travi Winkler  
 L [cm] Lunghezza teorica elemento (distanza tra i nodi)  
 Ln [cm] Lunghezza netta elemento (tiene conto dei conchi rigidi)  
 L2,L3 [cm] Lunghezze libere di inflessione  
 Sez. R: Sezione Rettangolare  
     By[cm]: Larghezza (asse locale y)  
     Bz[cm]: Larghezza (asse locale z)  
 Sez. T: Sezione a T (rovescia e non )  
     Ba[cm]: Larghezza base inferiore  
     Ha[cm]: Altezza inferiore  
     Bs[cm]: Larghezza superiore  
     Hs[cm]: Altezza superiore  
 Fatt.Ampl.Sisma Fattore moltiplicativo di gruppo per le azioni sismiche (solo se diverso da 1.0)  
 X [cm] Punto di verifica

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>67</b>

ILN	Inizio luce netta
CAMP	Punto di massimo momento sia superiore che inferiore ad esclusione degli estremi
FLN	Fine luce netta
M- [kg*m]	Momento negativo massimo di calcolo <sup>(1)</sup>
N- [kg]	Sforzo normale corrispondente ad M-
M+ [kg*m]	Momento positivo massimo di calcolo <sup>(1)</sup>
N+ [kg]	Sforzo normale corrispondente ad M+
DM- [kg*m]	Incremento di M- per la traslazione del diagramma del momento a causa del taglio
DM+ [kg*m]	Incremento di M+ per la traslazione del diagramma del momento a causa del taglio
Afs [cmq]	Area di ferro superiore
Afi [cmq]	Area di ferro inferiore
C-	Combinazione di carico generatore di M-:N-
C+	Combinazione di carico generatore di M+:N+
x- [cm]	Profondità asse neutro per la combinazione C- <sup>(5)</sup>
d- [cm]	Altezza utile della sezione per la combinazione C- <sup>(6)</sup>
x+ [cm]	Profondità asse neutro per la combinazione C+ <sup>(5)</sup>
d+ [cm]	Altezza utile della sezione per la combinazione C+ <sup>(6)</sup>
Mr- [kg*m]	Momento resistente superiore
Mr+ [kg*m]	Momento resistente inferiore
Stato-	Stato della sezione per la combinazione C- <sup>(7)</sup>
Stato+	Stato della sezione per la combinazione C+ <sup>(7)</sup>
Comb	Combinazione di carico: quando Comb non è sismica è individuata dal codice [ C ], quando è sismica è individuata dal codice [(Cx+Cy) Cm Sc].
- C	Individua la Combinazione di Carico (1, 2, ecc. come da scenario; I, II, III, IV, V, ecc. come da Combinazioni Sisma in Spostamento masse impalcato);
Sez	Sezione di verifica [Sinistra/Destra]
Td [kg]	Taglio di verifica <sup>(2)</sup>
VRdns [kg]	Resistenza a taglio in assenza di armature
VRcd [kg]	Resistenza taglio-compressione calcestruzzo
VRsd [kg]	Resistenza taglio-trazione acciaio
VRd [kg]	Resistenza a taglio =min(VRcd,VRsd)
VRd,f [kg]	Resistenza a taglio dovuta alla resistenza a trazione del calcestruzzo ad alte prestazioni (quando presente)(cfr. eq 4.2 CNR204/2006), oppure resistenza rinforzo del composito (quando presente)(cfr. eq 4.19 CNR200/2013), oppure resistenza rinforzo della camicia in acciaio (quando presente)(cfr. eq C8.7.4.5 Circolare NTC)
Mt [kg*m]	Momento torcente
Tpl [kg]	Taglio dovuto ai momenti resistenti alle estremità della trave
Mr [kg*m]	Momento resistente (ultimo) utilizzato per il calcolo di Tpl quando richiesto
Dx [cm]	Distanza dall'estremo da armare con staffe
Staffe [cmq]	Area delle staffe
cot(θ)	cot(θ) secondo il punto 4.1.2.1.3 delle Norme Tecniche
F.Par. [cmq]	Area armatura longitudinale di parete <sup>(3)</sup>
Cs	Coefficiente di sicurezza definito dal rapporto Fr/Fd (Fr=resistenza,Fd=azione)

Note Verifica travi:

- (1) il valore del momento di verifica è dato da M +DM
- (2) Td è il valore di verifica a taglio esso è calcolato in funzione della somma tra taglio da carichi verticali il valore di Tpl ovvero quando la trave è tozza amplificando il taglio di calcolo dovuto al sisma per il fattore di comportamento
- (3) armatura necessaria per la sola verifica a torsione
- (5) distanza tra la fibra di cls compressa piu' lontata e l'asse neutro in direzione ortogonale all'asse neutro
- (6) distanza tra le fibre sollecitate piu' lontane dall'asse neutro: nel caso di sezione parzializzata le due fibre sono quella di cls compresso e quella dell'acciaio teso piu lontane da n-n, mentre nel caso di sezione completamente compressa le due fibre sono le due di cls compresso piu lontane da n-n
- (7) Indica lo stato della sezione se: completamente compressa (Compr.),completamente tesa (Tesa), parzializzata (Parz.)

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>68</b>

**Trave di fondazione: 9004 [2,5],** Pilastrate [2,5] Sez. T: Ba=150.0 cm Ha=40.0 cm Bs=60.0cm Hs=60.0 cm L=570.0 cm Ln=570.0 cm Terreno=Terreno1 Criterio : CLS\_TraviFondazione\_ND - Verifica a flessione Fatt.Ampl.Sisma = 1.1 : **Verificato**

X	M-	M+	DM-	DM+	Afs	Afi	Mr-	Mr+	C-	C+	CS
cm	kg*m	kg*m	kg*m	kg*m	cmq	cmq	kg*m	kg*m			
ILN	-1361	4409	10209	--	12.06	20.11	42436	67997			
57.0	4799	-2040	7548	6449	12.06	12.06	42412	41556	4	19	4.8
CAMP	15664	-7111	--	10637	12.06	12.06	42412	41556	2	19	2.7
513.0	7134	-4959	6448	5756	12.06	12.06	42412	41556	3	8	3.1
FLN	1574	797	9098	--	12.06	20.11	42436	67997	3	8	4.0

X	x-	d-	x-/d-	x+	d+	x+/d+	Mr-	Mr+	C-	C+	Stato-	Stato+
cm	cm	cm		cm	cm		kg*m	kg*m				
ILN	12.9	94.4	0.137	24.3	94.4	0.258	42436	67997	4	19	Parz.	Parz.
57.0	13.3	94.4	0.141	19.3	94.4	0.204	42412	41556	4	19	Parz.	Parz.
CAMP	13.4	94.4	0.142	19.3	94.4	0.204	42412	41556	2	19	Parz.	Parz.
513.0	13.4	94.4	0.141	19.2	94.4	0.204	42412	41556	3	8	Parz.	Parz.
FLN	13.0	94.4	0.137	24.3	94.4	0.257	42436	67997	3	8	Parz.	Parz.

Verifica a taglio: cot(θ) Sin=2.426,cot(θ) Cen=2.500,cot(θ) Des=2.426 Comb: Sin=19 Cen=19 Des=4

Sez	Td	VRdns	VRcd	VRsd	VRd	Tpl	Mr	Dx	Staffe	CS
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg*m	cm	cmq/m	
Sin	12564	--	126703	126703	126703	0	67997	101.0	15.71	10
Cen	7728	--	124012	76796	76796	--	--	--	9.24	9.9
Des	11473	--	126703	126703	126703	0	42436	101.0	15.71	11

**Trave: 104 [102,105],** Pilastrate [2,5] Sez. R: By=30.0 cm Bz=40.0 cm L=570.0 cm Ln=570.0 cm Criterio : CLS\_TraviAlte - Verifica a flessione : **Verificato**

X	M-	M+	DM-	DM+	Afs	Afi	Mr-	Mr+	C-	C+	CS
cm	kg*m	kg*m	kg*m	kg*m	cmq	cmq	kg*m	kg*m			
ILN	8157	--	--	--	8.04	10.05	9847	12095			
57.0	1890	-1610	4231	3254	8.04	10.05	9847	12095	4	1	1.2
CAMP	-2796	10338	3156	--	8.04	10.05	9847	12095	4	19	1.6
513.0	-718	2736	3791	2521	8.04	10.05	9847	12095	8	18	1.2
FLN	4898	-2229	--	3351	8.04	10.05	9847	12095	3	20	2.3
									3	20	2.0

X	x-	d-	x-/d-	x+	d+	x+/d+	Mr-	Mr+	C-	C+	Stato-	Stato+
cm	cm	cm		cm	cm		kg*m	kg*m				
ILN	10.8	34.2	0.316	--	--	--	9847	12095	4	1	Parz.	--
57.0	10.7	34.2	0.313	11.7	34.2	0.341	9847	12095	4	19	Parz.	Parz.
CAMP	10.4	34.2	0.304	12.2	34.2	0.357	9847	12095	8	18	Parz.	Parz.
513.0	10.5	34.2	0.308	11.9	34.2	0.347	9847	12095	3	20	Parz.	Parz.
FLN	10.6	34.2	0.311	11.7	34.2	0.341	9847	12095	3	20	Parz.	Parz.

Verifica a taglio: cot(θ) Sin=1.895,cot(θ) Cen=2.500,cot(θ) Des=1.895 Comb: Sin=4 Cen=4 Des=3

Sez	Td	VRdns	VRcd	VRsd	VRd	Tpl	Mr	Dx	Staffe	CS
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg*m	cm	cmq/m	
Sin	12149	--	35853	35853	35853	0	0	40.0	15.71	3.0
Cen	9843	--	29952	18919	18919	--	--	--	6.28	1.9
Des	11005	--	35853	35853	35853	0	0	40.0	15.71	3.3

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

## Verifica dei Pilastri

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_SLU\_A2\_STR/GEO**

### Simbologia Adottata:

L [cm]	Lunghezza teorica elemento (distanza tra i nodi)
Ln [cm]	Lunghezza netta elemento (tiene conto dei conci rigidi)
L2,L3 [cm]	Lunghezze libere di inflessione
Sez. R:	Sezione Rettangolare
	By[cm]: Larghezza (asse locale y)
	Bz[cm]: Larghezza (asse locale z)
Aspighi	Area di ferro negli spighi
Afy	Area di ferro sul lato Y
Afz	Area di ferro sul lato Z
Zona	Punto di verifica
1/N	Distanza dall'inizio della lunghezza netta
Piede	Inizio lunghezza netta
Testa	Fine lunghezza netta
Comb	Combinazione di carico: quando Comb non è sismica è individuata dal codice [(+/-)C], quando è sismica è individuata dal codice [(+/-)(Cx+Cy) Cm Sc], (+/-) rappresenta la eventuale traslazione del diagramma del momento dovuta al taglio, come specificato nel criterio di verifica [ positiva (+) o negativa (-)]
- C	Individua la Combinazione di Carico (1, 2, ecc. come da scenario; I, II, III, IV, V, ecc. come da Combinazioni Sisma in Spostamento masse impalcato);
N [kg]	Sforzo Normale
My [kg*m]	Momento flettente dir Y
Mz [kg*m]	Momento flettente dir Z
T [kg]	Valore del taglio
Dir[Y-Z]	Direzione della componente di taglio
VRdns [kg]	Resistenza a taglio in assenza di armature
VRcd [kg]	Resistenza taglio-compressione calcestruzzo
VRsd [kg]	Resistenza taglio-trazione acciaio
VRd [kg]	Resistenza a taglio =min(VRcd,VRsd)
VRd,f [kg]	Resistenza a taglio dovuta alla resistenza a trazione del calcestruzzo ad alte prestazioni (quando presente)(cfr. eq 4.2 CNR204/2006), oppure resistenza rinforzo del composito (quando presente)(cfr. eq 4.19 CNR200/2013), oppure resistenza rinforzo della camicia in acciaio (quando presente)(cfr. eq C8.7.4.5 Circolare NTC)
Ast/m [cmq]	Armatura staffe
Cs	Coefficiente di sicurezza definito dal rapporto  Fr / Fd  (Fr=punto sul dominio di resistenza ottenuto aumentando proporzionalmente Fd,Fd=azione), quando richiesto dal criterio di verifica

**Pilastro: 2 [2,102]** Sez. R: By=50.0 cm Bz=30.0 cm L=445.0 cm Ln=445.0 cm Criterio: CLS\_Pilastri - Verifica a pressoflessione deviata: **Verificato**

Piede	AfSpigolo = 2.01	Afy = 4.02	Afz = 2.01
Testa	AfSpigolo = 2.01	Afy = 4.02	Afz = 2.01

Zona	C.	N	My	Mz	Mry+	Mrz+	Mry-	Mrz-	CS
		kg	kg*m	kg*m	kg*m	kg*m	kg*m	kg*m	
Piede	19(+)	-15154	-1625	3948	10172	18653	10172	18653	4.6
Testa	18(+)	-12957	-6291	5115	9969	18277	9969	18277	1.5

### Verifica a taglio

Dir	C.	MrSup	MrInf	T	Vrdns	Vrcd	Vrsd	Vrd	Ast/m	cot(θ)	Cs
		kg*m	kg*m	kg	kg	kg	kg	kg	cmq/m		
Y	6	--	--	595	--	40527	32173	32173	8.27	2.500	54
Z	7	--	--	2110	--	36987	17615	17615	8.27	2.500	8.3

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	70

**8.6.3 Diagrammi delle Sollecitazioni per Involuppo delle Combinazioni agli SLV e Verifiche**

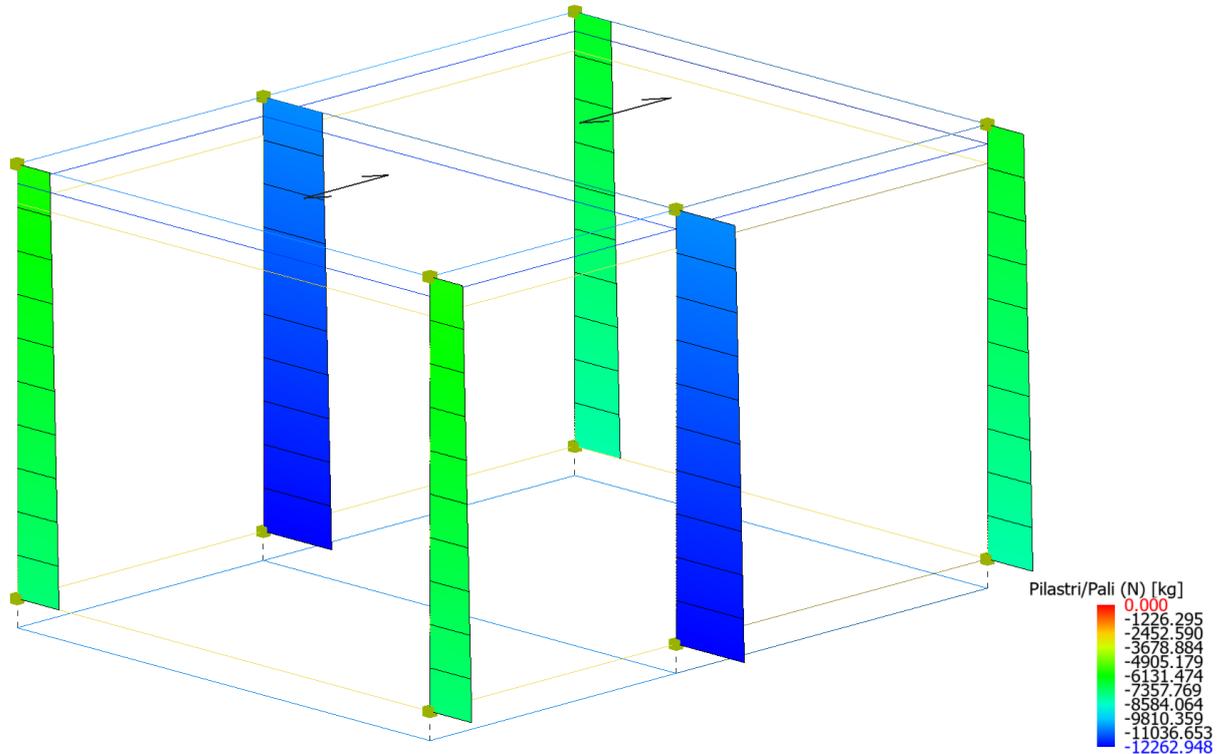


Figure 8-30 Involuppo Pilastr (Sollecitazione: Sforzo normale; Combinazione: SLV).

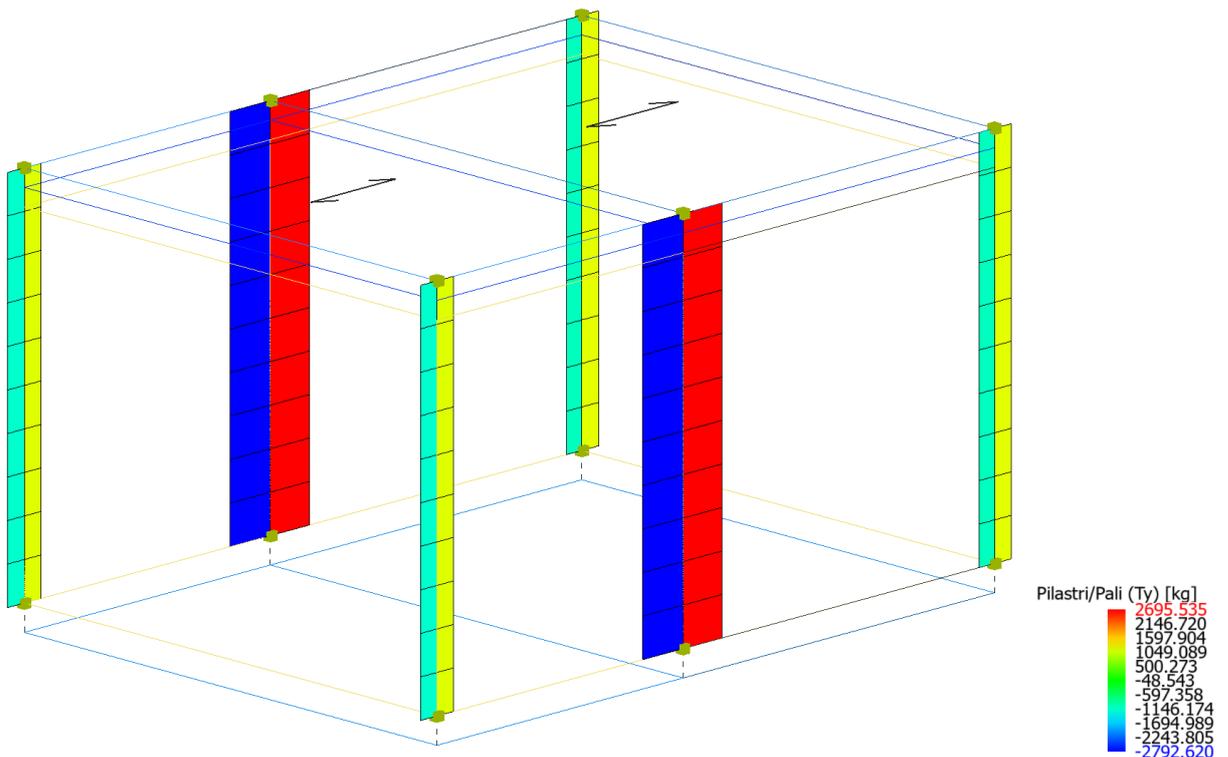


Figure 8-31 Involuppo Pilastr (Sollecitazione: Taglio Ty; Combinazione: SLV).

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	71

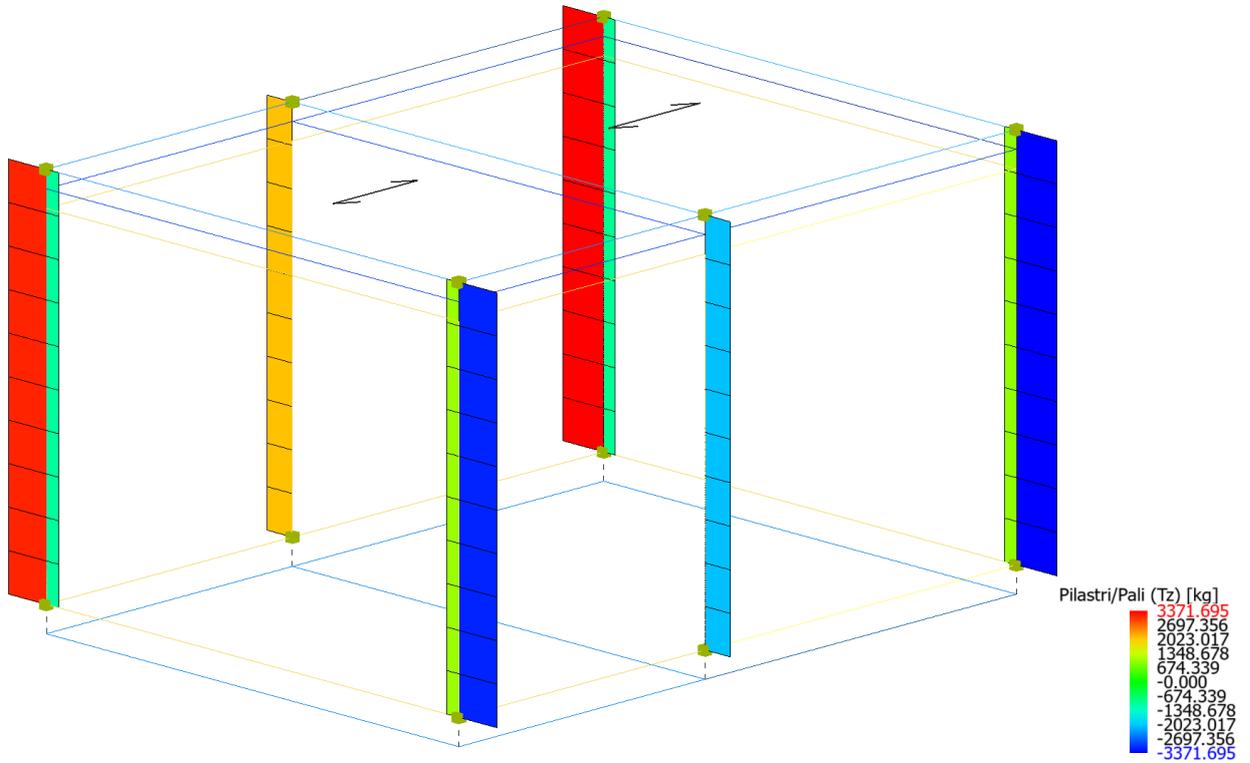


Figure 8-32 Involuppo Pilastri (Sollecitazione: Taglio Tz; Combinazione: SLV).

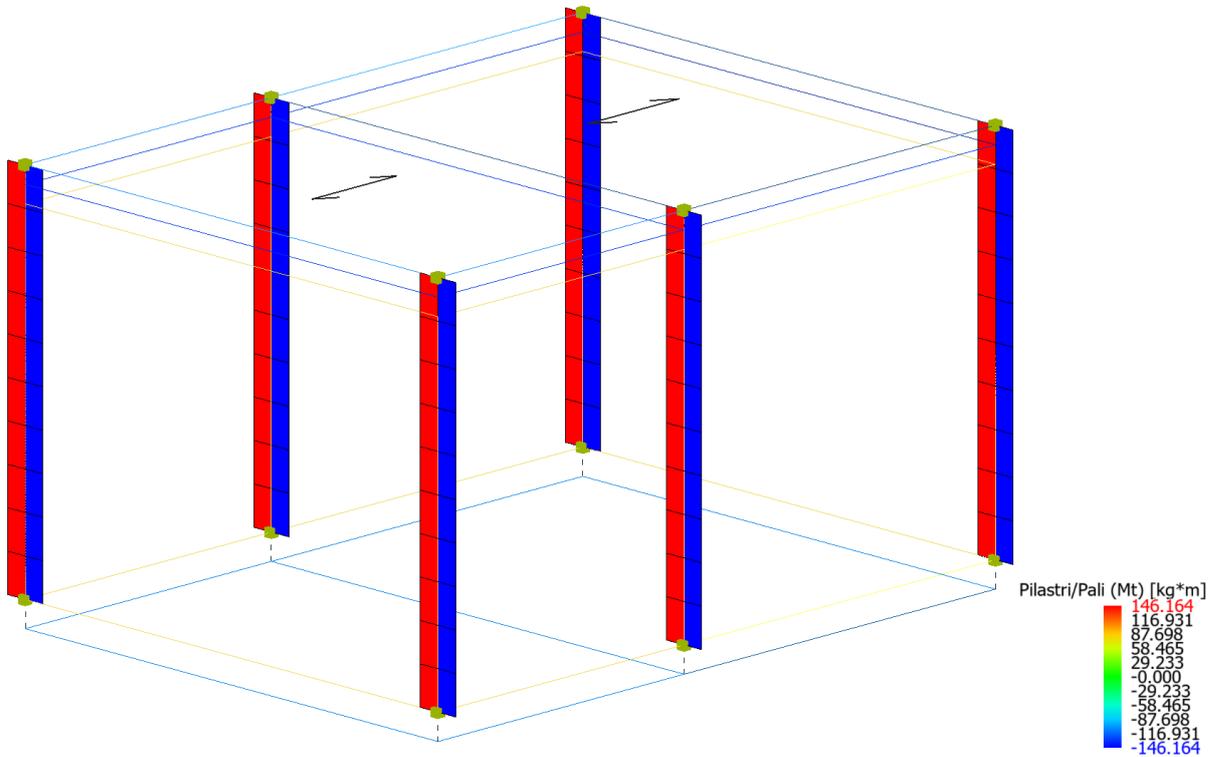


Figure 8-33 Involuppo Pilastri (Sollecitazione: Momento torcente Mt; Combinazione: SLV).

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	72

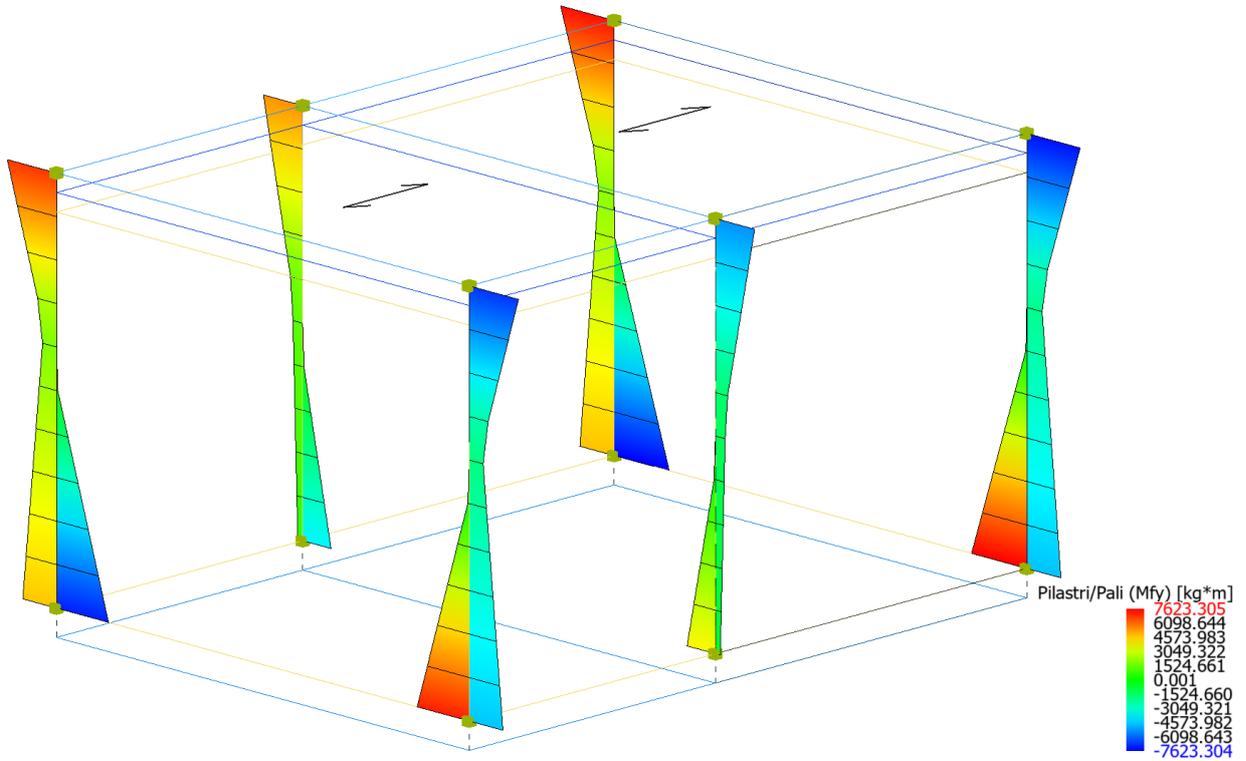


Figure 8-34 Inviluppo Pilastr (Sollecitazione: Momento flettente Mfy; Combinazione: SLV).

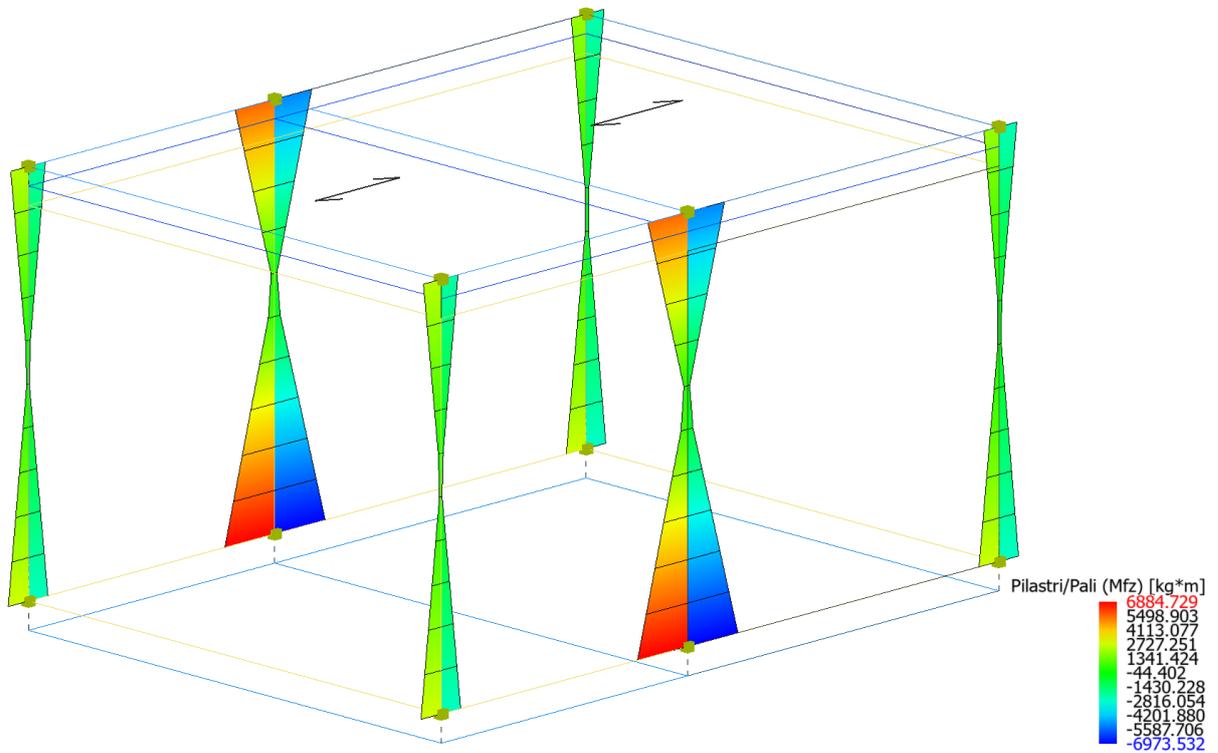


Figure 8-35 Inviluppo Pilastr (Sollecitazione: Momento flettente Mfz; Combinazione: SLV).

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	73

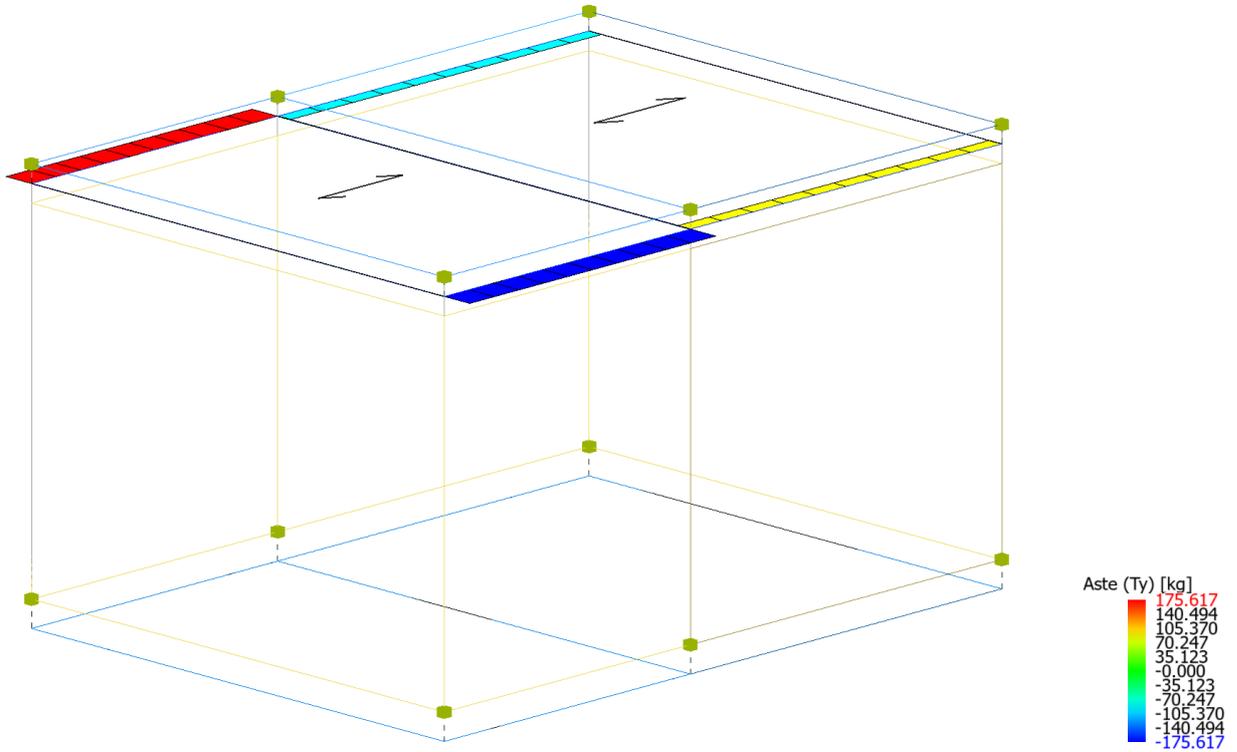


Figure 8-36 Involuppo Travi (Sollecitazione: Taglio Ty; Combinazione: SLV).

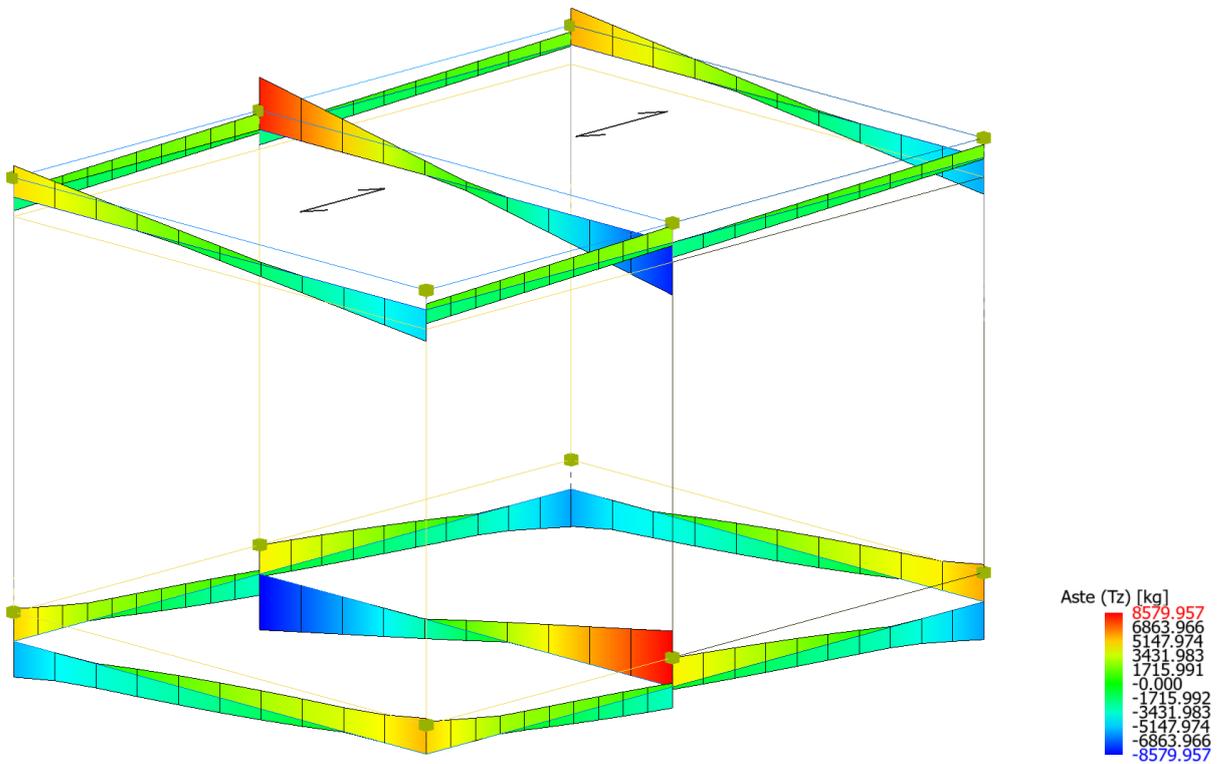


Figure 8-37 Involuppo Travi (Sollecitazione: Taglio Tz; Combinazione: SLV).

**Relazione di calcolo fabbricato energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	74

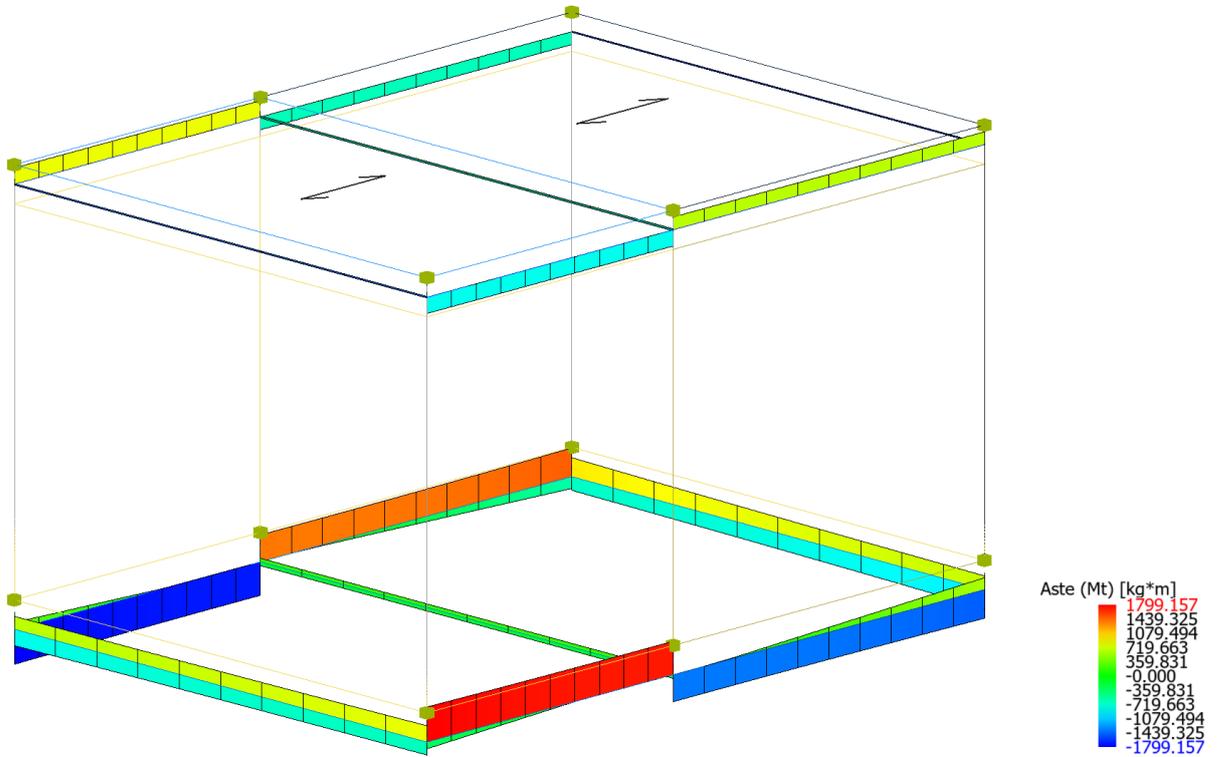


Figure 8-38 Inviluppo Travi (Sollcitazione: Momento torcente  $M_t$ ; Combinazione: SLV).

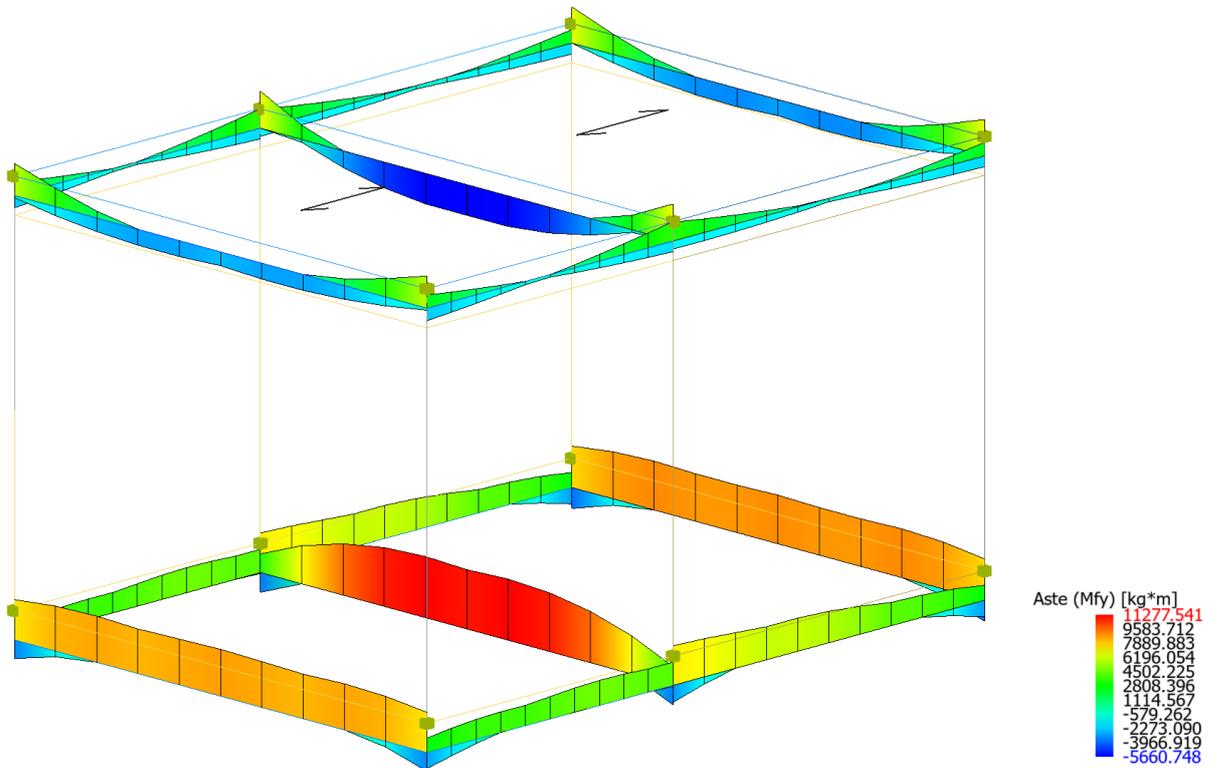


Figure 8-39 Inviluppo Travi (Sollcitazione: Momento flettente  $M_{fy}$ ; Combinazione: SLV).

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	75

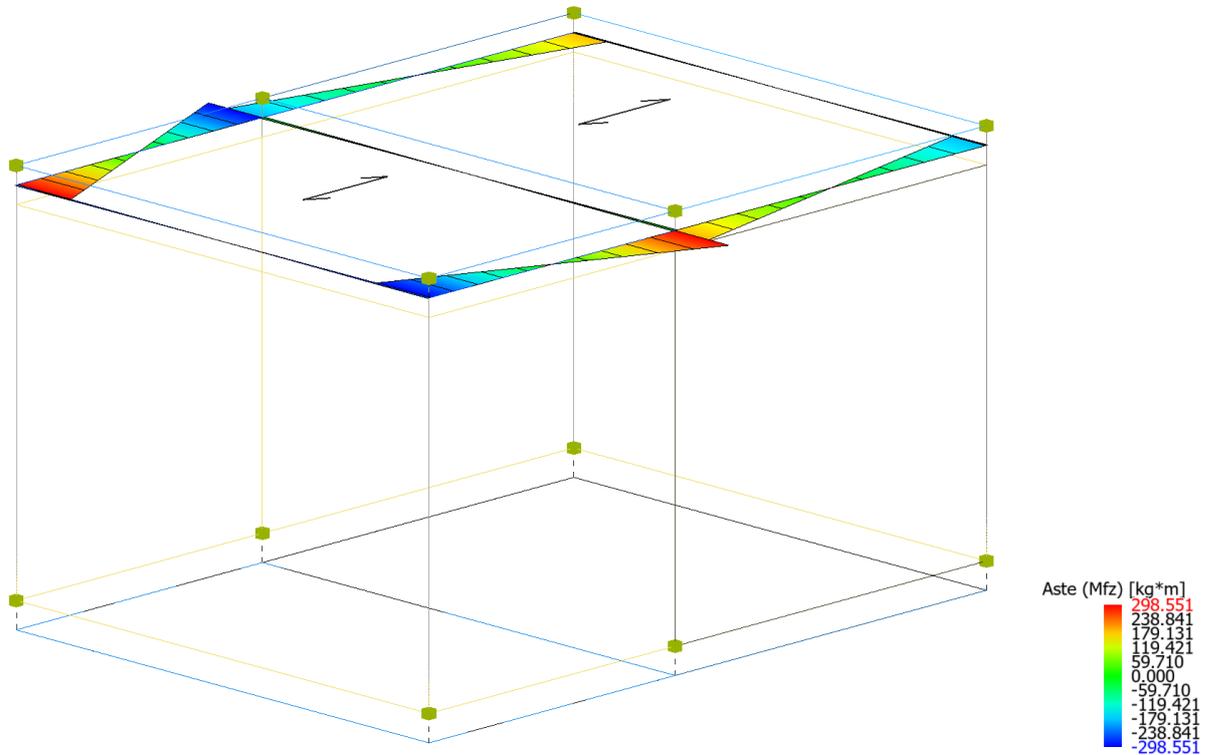


Figure 8-40 Involuppo Travi (Sollecitazione: Momento flettente Mfz; Combinazione: SLV).

Di seguito tabelle riassuntive contenenti le massime sollecitazioni di calcolo nelle combinazioni più gravose agli SLV, individuando gli elementi maggiormente sollecitati (in grassetto nelle tabelle di sintesi riportate di seguito).

**Risultati Analisi Dinamica - Sollecitazioni massime - Involuppi - Travi di fondazione**

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_SLV\_A2\_STR/GEO**

Asta	N.in. N.fin.	N kg	Ty kg	Tz kg	Mt kg*m	My kg*m	Mz kg*m
9001	1	0	0	4999(2-II-4)	1799(2-I-4)	-2956(1-I-1)	0
	2	0	0	-3256(1-II-1)	1714(2-I-4)	4285(1-I-1)	0
9001	2	0	0	4431(1-I-1)	-1379(2-I-2)	7293(1-II-1)	0
	3	0	0	-5798(2-II-2)	-1468(2-I-2)	-3039(1-II-1)	0
9002	4	0	0	4999(2-I-4)	-1799(2-II-4)	-2956(1-I-3)	0
	5	0	0	-3256(1-II-3)	-1714(2-II-4)	4285(1-I-3)	0
9002	5	0	0	4431(1-I-3)	1379(2-II-2)	7293(1-II-3)	0
	6	0	0	-5798(2-I-2)	1468(2-II-2)	-3039(1-II-3)	0
9003	1	0	0	5496(1-II-1)	836(2-II-4)	7425(2-II-4)	0
	4	0	0	-5496(1-II-3)	-836(2-I-4)	7425(2-I-4)	0
<b>9004</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8580(2-I-3)</b>	<b>198(1-II-3)</b>	<b>-3636(2-I-3)</b>	<b>0</b>
	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-8580(2-II-1)</b>	<b>-198(1-II-1)</b>	<b>-3636(2-II-1)</b>	<b>0</b>
9005	3	0	0	5736(1-I-1)	-970(2-II-2)	7636(2-II-2)	0
	6	0	0	-5736(1-I-3)	970(2-I-2)	7636(2-I-2)	0

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>

### Risultati Analisi Dinamica - Sollecitazioni massime - Involuppi - Pilastrini

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_SLV\_A2\_STR/GEO**

Asta	N.in. N.fin.	N kg	Ty kg	Tz kg	Mt kg*m	My kg*m	Mz kg*m
1	1	-7523(1-II-4)	-1153(1-II-1)	-3140(2-II-4)	-146(2-II-2)	7176(2-II-4)	2790(1-I-1)
	101	-5854(1-II-4)	-1153(1-II-1)	-3140(2-II-4)	-146(2-II-2)	-6799(2-II-4)	2451(1-II-1)
2	2	<b>-12263(2-II-4)</b>	<b>-2793(1-II-1)</b>	<b>-2095(2-II-3)</b>	<b>-146(2-II-2)</b>	<b>3907(2-II-3)</b>	<b>-6974(1-II-1)</b>
	102	-10594(2-II-4)	-2793(1-II-1)	-2095(2-II-3)	-146(2-II-2)	-5418(2-II-3)	5454(1-II-1)
3	3	-8171(1-I-2)	1174(1-I-1)	-3372(2-II-2)	146(2-I-2)	7623(2-II-2)	-2728(1-II-1)
	103	-6502(1-I-2)	1174(1-I-1)	-3372(2-II-2)	146(2-I-2)	-7381(2-II-2)	-2501(1-I-1)
4	4	-7523(1-II-4)	-1153(1-II-3)	3140(2-I-4)	146(2-I-2)	-7176(2-I-4)	2790(1-I-3)
	104	-5854(1-II-4)	-1153(1-II-3)	3140(2-I-4)	146(2-I-2)	6799(2-I-4)	2451(1-II-3)
5	5	-12263(2-I-4)	-2793(1-II-3)	2095(2-I-1)	146(2-I-2)	-3907(2-I-1)	-6974(1-II-3)
	105	-10594(2-I-4)	-2793(1-II-3)	2095(2-I-1)	146(2-I-2)	5418(2-I-1)	5454(1-II-3)
6	6	-8171(1-I-2)	1174(1-I-3)	3372(2-I-2)	-146(2-II-2)	-7623(2-I-2)	-2728(1-II-3)
	106	-6502(1-I-2)	1174(1-I-3)	3372(2-I-2)	-146(2-II-2)	7381(2-I-2)	-2501(1-I-3)

### Risultati Analisi Dinamica - Sollecitazioni massime - Involuppi - Travi

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_SLV\_A2\_STR/GEO**

Asta	N.in. N.fin.	N kg	Ty kg	Tz kg	Mt kg*m	My kg*m	Mz kg*m
101	101	0	-176(2-II-4)	-2124(1-II-1)	-831(2-II-4)	2434(1-II-1)	-299(2-II-4)
	102	0	-176(2-II-4)	2561(1-I-1)	-831(2-II-4)	3595(1-I-1)	299(2-II-4)
101	102	0	87(2-II-2)	-2321(1-II-1)	656(2-II-2)	3456(1-II-1)	188(2-II-2)
	103	0	87(2-II-2)	1971(1-I-1)	656(2-II-2)	2480(1-I-1)	-188(2-II-2)
102	104	0	176(2-I-4)	-2124(1-II-3)	831(2-I-4)	2434(1-II-3)	299(2-I-4)
	105	0	176(2-I-4)	2561(1-I-3)	831(2-I-4)	3595(1-I-3)	-299(2-I-4)
102	105	0	-87(2-I-2)	-2321(1-II-3)	-656(2-I-2)	3456(1-II-3)	-188(2-I-2)
	106	0	-87(2-I-2)	1971(1-I-3)	-656(2-I-2)	2480(1-I-3)	188(2-I-2)
103	101	0	-3(2-I-2)	-4837(2-II-4)	39(2-II-2)	5933(2-II-4)	8(2-II-2)
	104	0	-3(2-I-2)	4837(2-I-4)	-39(2-I-2)	5933(2-I-4)	8(2-I-2)
104	102	<b>0</b>	<b>-4(2-I-2)</b>	<b>-8068(2-II-3)</b>	<b>54(2-II-2)</b>	<b>6828(2-II-3)</b>	<b>12(2-II-2)</b>
	105	<b>0</b>	<b>-4(2-I-2)</b>	<b>8068(2-I-3)</b>	<b>-54(2-I-2)</b>	<b>6828(2-I-1)</b>	<b>12(2-I-2)</b>
105	103	0	2(2-II-2)	-5651(2-II-2)	33(2-II-2)	6710(2-II-2)	-7(2-I-2)
	106	0	2(2-II-2)	5651(2-I-2)	-33(2-I-2)	6710(2-I-2)	-7(2-II-2)

Di seguito si riportano per ogni tipologia di elemento (trave di fondazione, piastri, travi) i risultati delle verifiche estese eseguite per l'elemento maggiormente sollecitato rispetto alla combinazione di carico associata.

### Verifica delle travi (Travi di fondazione, Travi)

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_SLV\_A2\_STR/GEO**

#### Simbologia Adottata:

- Terreno Nome della stratigrafia per travi Winkler
- L [cm] Lunghezza teorica elemento (distanza tra i nodi)
- Ln [cm] Lunghezza netta elemento (tiene conto dei conci rigidi)
- L2,L3 [cm] Lunghezze libere di inflessione
- Sez. R: Sezione Rettangolare
  - By[cm]: Larghezza (asse locale y)
  - Bz[cm]: Larghezza (asse locale z)
- Sez. T: Sezione a T (rovescia e non )
  - Ba[cm]: Larghezza base inferiore
  - Ha[cm]: Altezza inferiore
  - Bs[cm]: Larghezza superiore

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>77</b>

Hs[cm]:	Altezza superiore
Fatt.Ampl.Sisma	Fattore moltiplicativo di gruppo per le azioni sismiche (solo se diverso da 1.0)
X [cm]	Punto di verifica
ILN	Inizio luce netta
CAMP	Punto di massimo momento sia superiore che inferiore ad esclusione degli estremi
FLN	Fine luce netta
M- [kg*m]	Momento negativo massimo di calcolo <sup>(1)</sup>
N- [kg]	Sforzo normale corrispondente ad M-
M+ [kg*m]	Momento positivo massimo di calcolo <sup>(1)</sup>
N+ [kg]	Sforzo normale corrispondente ad M+
DM- [kg*m]	Incremento di M- per la traslazione del diagramma del momento a causa del taglio
DM+ [kg*m]	Incremento di M+ per la traslazione del diagramma del momento a causa del taglio
Afs [cmq]	Area di ferro superiore
Afi [cmq]	Area di ferro inferiore
C-	Combinazione di carico generatore di M-:N-
C+	Combinazione di carico generatore di M+:N+
x- [cm]	Profondità asse neutro per la combinazione C- <sup>(5)</sup>
d- [cm]	Altezza utile della sezione per la combinazione C- <sup>(6)</sup>
x+ [cm]	Profondità asse neutro per la combinazione C+ <sup>(5)</sup>
d+ [cm]	Altezza utile della sezione per la combinazione C+ <sup>(6)</sup>
Mr- [kg*m]	Momento resistente superiore
Mr+ [kg*m]	Momento resistente inferiore
Stato-	Stato della sezione per la combinazione C- <sup>(7)</sup>
Stato+	Stato della sezione per la combinazione C+ <sup>(7)</sup>
Comb	Combinazione di carico: quando Comb non è sismica è individuata dal codice [ C ], quando è sismica è individuata dal codice [(Cx+Cy) Cm Sc].
- C	Individua la Combinazione di Carico (1, 2, ecc. come da scenario; I, II, III, IV, V, ecc. come da Combinazioni Sisma in Spostamento masse impalcato)
Td [kg]	Taglio di verifica <sup>(2)</sup>
VRdns [kg]	Resistenza a taglio in assenza di armature
VRcd [kg]	Resistenza taglio-compressione calcestruzzo
VRsd [kg]	Resistenza taglio-trazione acciaio
VRd [kg]	Resistenza a taglio =min(VRcd,VRsd)
VRd,f [kg]	Resistenza a taglio dovuta alla resistenza a trazione del calcestruzzo ad alte prestazioni (quando presente)(cfr. eq 4.2 CNR204/2006), oppure resistenza rinforzo del composito (quando presente)(cfr. eq 4.19 CNR200/2013), oppure resistenza rinforzo della camicia in acciaio (quando presente)(cfr. eq C8.7.4.5 Circolare NTC)
Mt [kg*m]	Momento torcente
Tpl [kg]	Taglio dovuto ai momenti resistenti alle estremità della trave
Mr [kg*m]	Momento resistente (ultimo) utilizzato per il calcolo di Tpl quando richiesto
Dx [cm]	Distanza dall'estremo da armare con staffe
Staffe [cmq]	Area delle staffe
cot(θ)	cot(θ) secondo il punto 4.1.2.1.3 delle Norme Tecniche
F.Par. [cmq]	Area armatura longitudinale di parete <sup>(3)</sup>
Cs	Coefficiente di sicurezza definito dal rapporto Fr/Fd (Fr=resistenza,Fd=azione)
ζE	Livello di sicurezza sismico definito come rapporto tra l'accelerazione sopportabile e l'accelerazione di progetto, quando richiesto dal criterio di verifica

Note Verifica travi:

- (1) il valore del momento di verifica è dato da M +DM
- (2) Td è il valore di verifica a taglio esso è calcolato in funzione della somma tra taglio da carichi verticali il valore di Tpl ovvero quando la trave è tozza amplificando il taglio di calcolo dovuto al sisma per il fattore di comportamento
- (3) armatura necessaria per la sola verifica a torsione
- (5) distanza tra la fibra di cls compressa piu' lontata e l'asse neutro in direzione ortogonale all'asse neutro
- (6) distanza tra le fibre sollecitate piu' lontane dall'asse neutro: nel caso di sezione parzializzata le due fibre sono quella di cls compresso e quella dell'acciaio teso piu lontane da n-n, mentre nel caso di sezione completamente compressa le due fibre sono le due di cls compresso piu lontane da n-n

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

(7) Indica lo stato della sezione se: completamente compressa (Compr.),completamente tesa (Tesa), parzializzata (Parz.)

**Trave di fondazione: 9004 [2,5]**, Pilastrate [2,5] Sez. T: Ba=150.0 cm Ha=40.0 cm Bs=60.0cm Hs=60.0 cm L=570.0 cm Ln=570.0 cm Terreno=Terreno1 Criterio: CLS\_TraviFondazione\_ND - Verifica a flessione Fatt.Ampl.Sisma = 1.1,ζE=4.618 [(1+2)-IV-3] : **Verificato**

X	M-	M+	DM-	DM+	Afs	Afi	Mr-	Mr+	C-	C+	CS
cm	kg*m	kg*m	kg*m	kg*m	cmq	cmq	kg*m	kg*m			
ILN	3414	3605	5700	--	12.06	20.11	42436	67997	(1+2)-VIII-4	(1+2)-VIII-1	4.7
57.0	7005	-864	3652	4469	12.06	12.06	42412	41556	(1+2)-VIII-4	(1+2)-VIII-1	4.0
CAMP	11292	-4535	--	7528	12.06	12.06	42412	41556	(1+2)-VIII-4	(1+2)-IV-2	3.8
513.0	7005	-864	3652	4469	12.06	12.06	42412	41556	(1+2)-IV-3	(1+2)-IV-2	4.0
FLN	3414	3605	5700	--	12.06	20.11	42436	67997	(1+2)-IV-3	(1+2)-IV-2	4.7

X	x-	d-	x-/d-	x+	d+	x+/d+	Mr-	Mr+	C-	C+	Stato-	Stato+
cm	cm	cm		cm	cm		kg*m	kg*m				
ILN	12.9	94.4	0.137	24.3	94.4	0.257	42436	67997	(1+2)-VIII-4	(1+2)-VIII-1	Parz.	Parz.
57.0	13.3	94.4	0.141	19.3	94.4	0.204	42412	41556	(1+2)-VIII-4	(1+2)-VIII-1	Parz.	Parz.
CAMP	13.3	94.4	0.141	19.2	94.4	0.204	42412	41556	(1+2)-VIII-4	(1+2)-IV-2	Parz.	Parz.
513.0	13.3	94.4	0.141	19.3	94.4	0.204	42412	41556	(1+2)-IV-3	(1+2)-IV-2	Parz.	Parz.
FLN	12.9	94.4	0.137	24.3	94.4	0.257	42436	67997	(1+2)-IV-3	(1+2)-IV-2	Parz.	Parz.

Verifica a taglio: cot(θ) Sin=2.426,cot(θ) Cen=2.500,cot(θ) Des=2.426 Comb: Sin=(1+2)-VI-3 Cen=(1+2)-VIII-4 Des=(1+2)-II-4

Sez	Td	VRdns	VRcd	VRsd	VRd	Tpl	Mr	Dx	Staffe	CS
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg*m	cm	cmq/m	
Sin	8579	--	126703	126703	126703	0	67997	101.0	15.71	15
Cen	5756	--	124012	76796	76796	--	--	--	9.24	13
Des	8579	--	126703	126703	126703	0	42436	101.0	15.71	15

**Trave: 104 [102,105]**, Pilastrate [2,5] Sez. R: By=30.0 cm Bz=40.0 cm L=570.0 cm Ln=570.0 cm Criterio : CLS\_TraviAlte - Verifica a flessione : **Verificato**

X	M-	M+	ΔM-	ΔM+	Afs	Afi	Mr-	Mr+	C-	C+	CS
cm	kg*m	kg*m	kg*m	kg*m	cmq	cmq	kg*m	kg*m			
ILN	6838	--	--	--	8.04	10.05	9847	12095	(1+2)-IV-2	(1+2)-I-1	1.4
57.0	2658	530	2822	1717	8.04	10.05	9847	12095	(1+2)-IV-2	(1+2)-IV-3	1.8
CAMP	-682	5661	2255	--	8.04	10.05	9847	12095	(1+2)-IV-2	(1+2)-VII-4	2.1
513.0	2658	530	2822	1717	8.04	10.05	9847	12095	(1+2)-VIII-1	(1+2)-VIII-4	1.8
FLN	6838	--	--	--	8.04	10.05	9847	12095	(1+2)-VIII-1	(1+2)-I-1	1.4

X	x-	d-	x-/d-	x+	d+	x+/d+	Mr-	Mr+	C-	C+	Stato-	Stato+
cm	cm	cm		cm	cm		kg*m	kg*m				
ILN	10.7	34.2	0.314	--	--	--	9847	12095	(1+2)-IV-2	(1+2)-I-1	Parz.	--
57.0	10.7	34.2	0.312	11.7	34.2	0.342	9847	12095	(1+2)-IV-2	(1+2)-IV-3	Parz.	Parz.
CAMP	10.5	34.2	0.306	11.9	34.2	0.348	9847	12095	(1+2)-IV-2	(1+2)-VII-4	Parz.	Parz.
513.0	10.7	34.2	0.312	11.7	34.2	0.342	9847	12095	(1+2)-VIII-1	(1+2)-VIII-4	Parz.	Parz.
FLN	10.7	34.2	0.314	--	--	--	9847	12095	(1+2)-VIII-1	(1+2)-I-1	Parz.	--

<small>MANDATARIA</small>  <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>	<small>MANDANTI</small> 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>79</b>

Verifica a taglio:  $\cot(\theta) \sin=1.895, \cot(\theta) \text{Cen}=2.500, \cot(\theta) \text{Des}=1.895$  Comb:  $\sin=(1+2)\text{-VIII-4}$   $\text{Cen}=(1+2)\text{-VIII-4}$   $\text{Des}=(1+2)\text{-VIII-4}$

Sez	Td	VRdns	VRcd	VRsd	VRd	Tpl	Mr	Dx	Staffe	CS
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg*m	cm	cmq/m	
Sin	9679	--	35853	35853	35853	0	0	40.0	15.71	3.7
Cen	8205	--	29952	18919	18919	--	--	--	6.28	2.3
Des	9679	--	35853	35853	35853	0	0	40.0	15.71	3.7

### Verifica dei Pilastri

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_SLV\_A2\_STR/GEO**

#### Simbologia Adottata:

L [cm]	Lunghezza teorica elemento (distanza tra i nodi)
Ln [cm]	Lunghezza netta elemento (tiene conto dei conci rigidi)
L2,L3 [cm]	Lunghezze libere di inflessione
Sez. R:	Sezione Rettangolare
	By[cm]: Larghezza (asse locale y)
	Bz[cm]: Larghezza (asse locale z)
Aspigoli	Area di ferro negli spigoli
Afy	Area di ferro sul lato Y
Afz	Area di ferro sul lato Z
Zona	Punto di verifica
1/N	Distanza dall'inizio della lunghezza netta
Piede	Inizio lunghezza netta
Testa	Fine lunghezza netta
Comb	Combinazione di carico: quando Comb non è sismica è individuata dal codice [(+/-)C], quando è sismica è individuata dal codice [(+/-)(Cx+Cy) Cm Sc], (+/-) rappresenta la eventuale traslazione del diagramma del momento dovuta al taglio, come specificato nel criterio di verifica [ positiva (+) o negativa (-)]
- C	Individua la Combinazione di Carico (1, 2, ecc. come da scenario; I, II, III, IV, V, ecc. come da Combinazioni Sisma in Spostamento masse impalcato)
N [kg]	Sforzo Normale
My [kg*m]	Momento flettente dir Y
Mz [kg*m]	Momento flettente dir Z
T [kg]	Valore del taglio
Dir[Y-Z]	Direzione della componente di taglio
VRdns [kg]	Resistenza a taglio in assenza di armature
VRdns [kg]	Resistenza a taglio in assenza di armature
VRcd [kg]	Resistenza taglio-compressione calcestruzzo
VRsd [kg]	Resistenza taglio-trazione acciaio
VRd [kg]	Resistenza a taglio =min (VRcd,VRsd)
VRd,f [kg]	Resistenza a taglio dovuta alla resistenza a trazione del calcestruzzo ad alte prestazioni (quando presente)(cfr. eq 4.2 CNR204/2006), oppure resistenza rinforzo del composito (quando presente)(cfr. eq 4.19 CNR200/2013), oppure resistenza rinforzo della camicia in acciaio (quando presente)(cfr. eq C8.7.4.5 Circolare NTC)
Ast/m [cmq]	Armatura staffe
Min.Norm.	Valore minimo di norma dell'area delle staffe
cot(θ)	cot(θ) secondo il punto 4.1.2.1.3 delle Norme Tecniche
Cs	Coefficiente di sicurezza definito dal rapporto  Fr / Fd  (Fr=punto sul dominio di resistenza ottenuto aumentando proporzionalmente Fd,Fd=azione), quando richiesto dal criterio di verifica
ξE	Livello di sicurezza sismico definito come rapporto tra l'accelerazione sopportabile e l'accelerazione di progetto (valore stampato quando richiesto dal criterio di verifica)

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	80

**Pilastro: 2 [2,102]** Sez. R: By=50.0 cm Bz=30.0 cm L=445.0 cm Ln=445.0 cm Criterio: CLS\_Pilastrì - Verifica a pressoflessione deviata: **Verificato**

Piede	AfSpigolo = 2.01	Afy = 4.02	Afz = 2.01
Testa	AfSpigolo = 2.01	Afy = 4.02	Afz = 2.01

$v_{max} = N / (f_{cd} * A) = 0.043 \leq 0.65$  [Comb. (1+2)-IV-2(-)]

Zona	C.	N	My	Mz	Mry+	Mrz+	Mry-	Mrz-	CS
		kg	kg*m	kg*m	kg*m	kg*m	kg*m	kg*m	
Piede	(1+2)-I-4(-)	-11131	2217	-7298	9799	17960	9799	17960	2.3
Testa	(1+2)-II-4(+)	-10334	-5333	2599	9724	17821	9724	17821	1.9

Verifica a taglio

Dir	C.	MrSup	MrInf	T	Vrdns	Vrcd	Vrsd	Vrd	Ast/m	cot(θ)	Cs
		kg*m	kg*m	kg	kg	kg	kg	kg	cmq/m		
Y	(1+2)-IV-2	17889	18179	8916	--	40295	32173	32173	8.27	2.500	3.6
Z	(1+2)-IV-2	--	--	4182	--	36875	17615	17615	8.27	2.500	4.2

#### 8.6.4 Diagrammi delle Sollecitazioni per Involuppo delle Combinazioni agli SLE e Verifiche

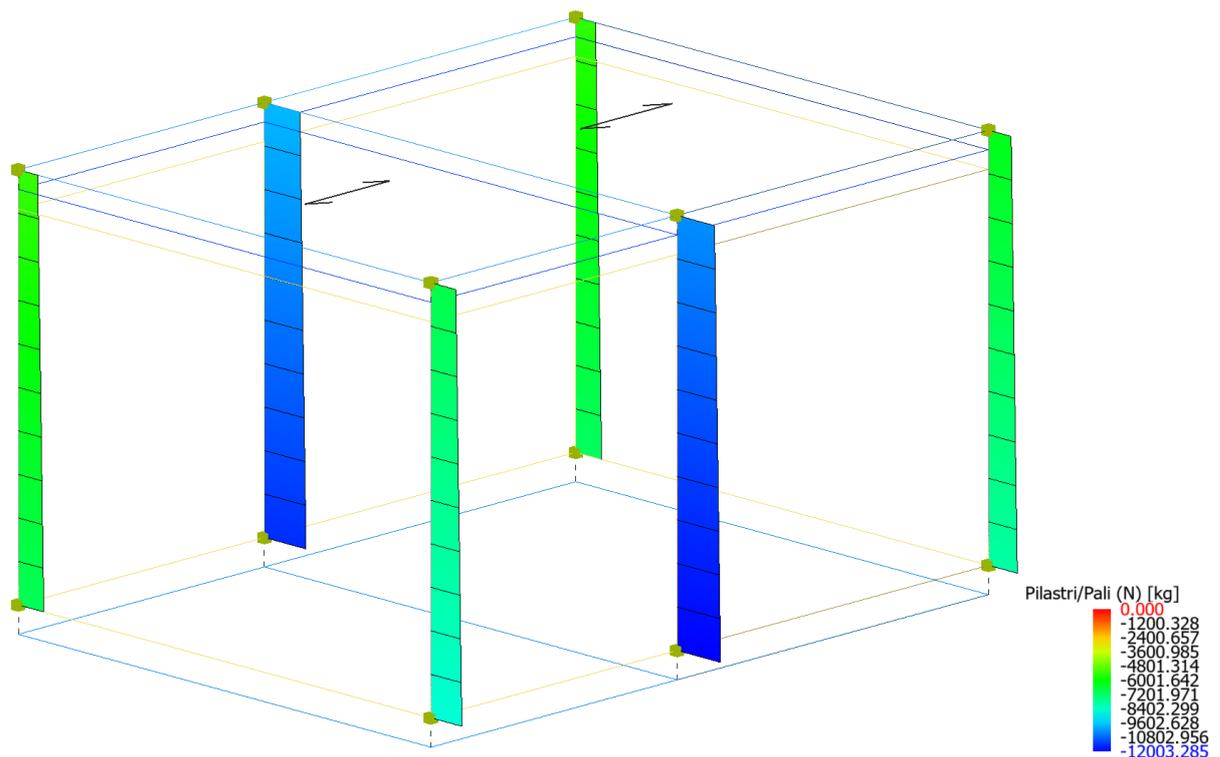


Figure 8-41 Involuppo Pilastrì (Sollecitazione: Sforzo normale; Combinazione: SLE).

Relazione di calcolo fabbricato  
energia

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	81

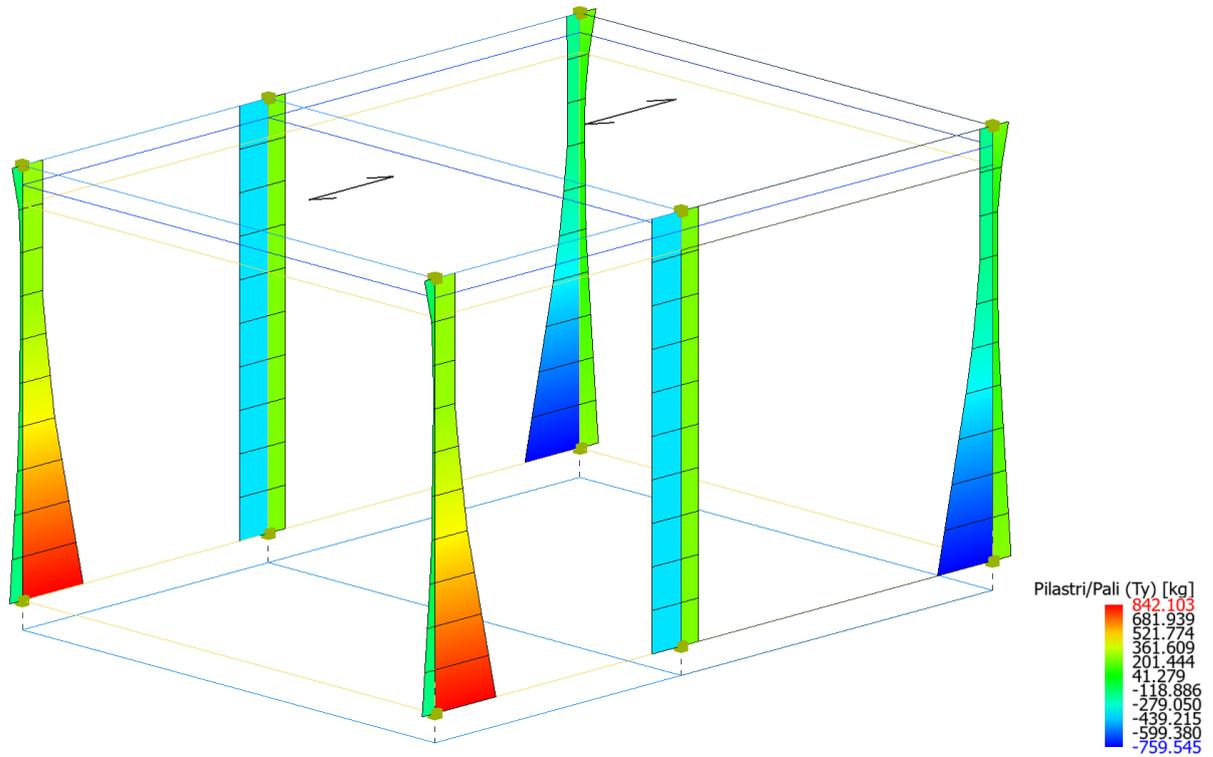


Figure 8-42 Involuppo Pilastri (Solicitazione: Taglio Ty; Combinazione: SLE).

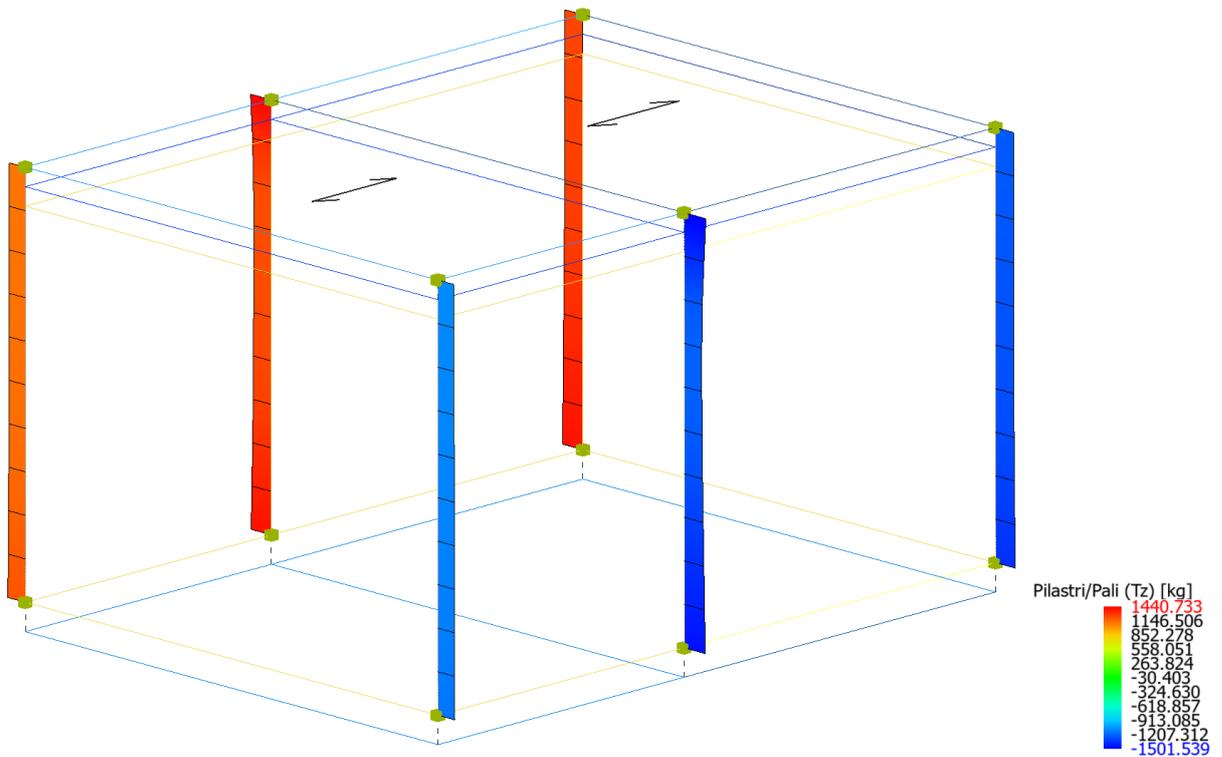


Figure 8-43 Involuppo Pilastri (Solicitazione: Taglio Tz; Combinazione: SLE).

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	82

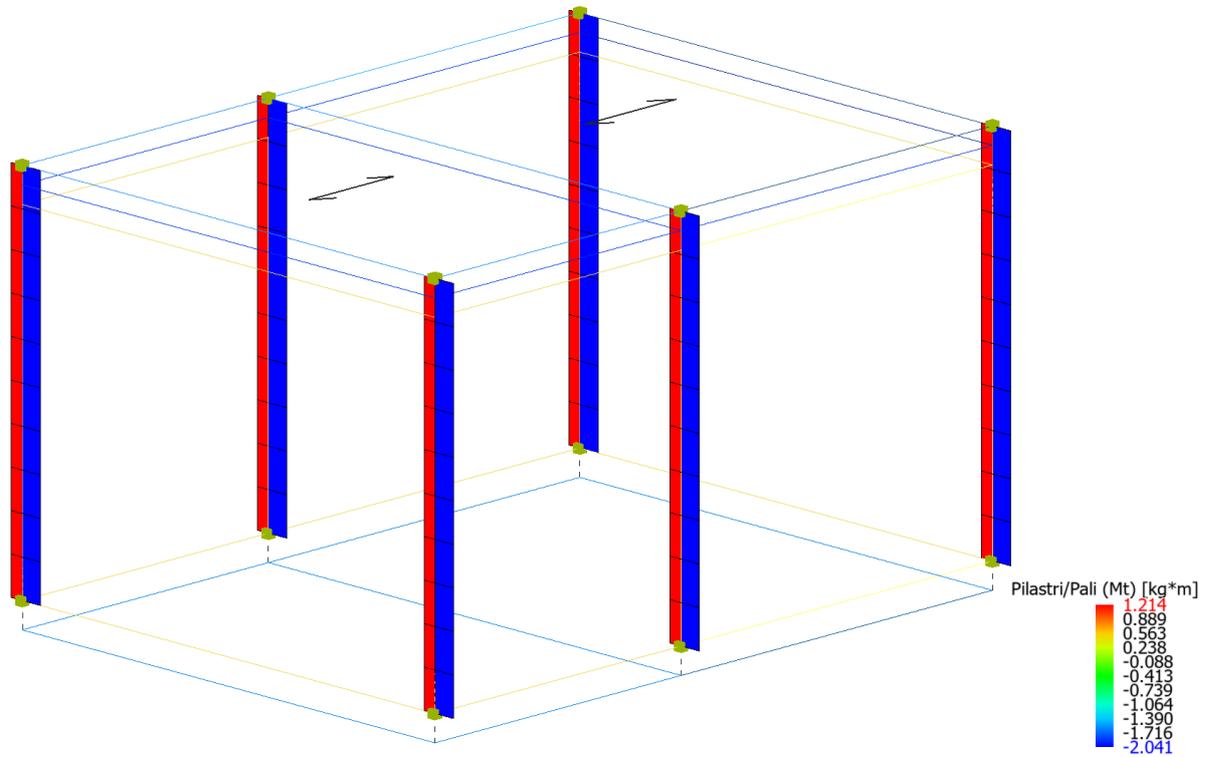


Figure 8-44 Involuppo Pilastr (Sollecitazione: Momento torcente  $M_t$ ; Combinazione: SLE).

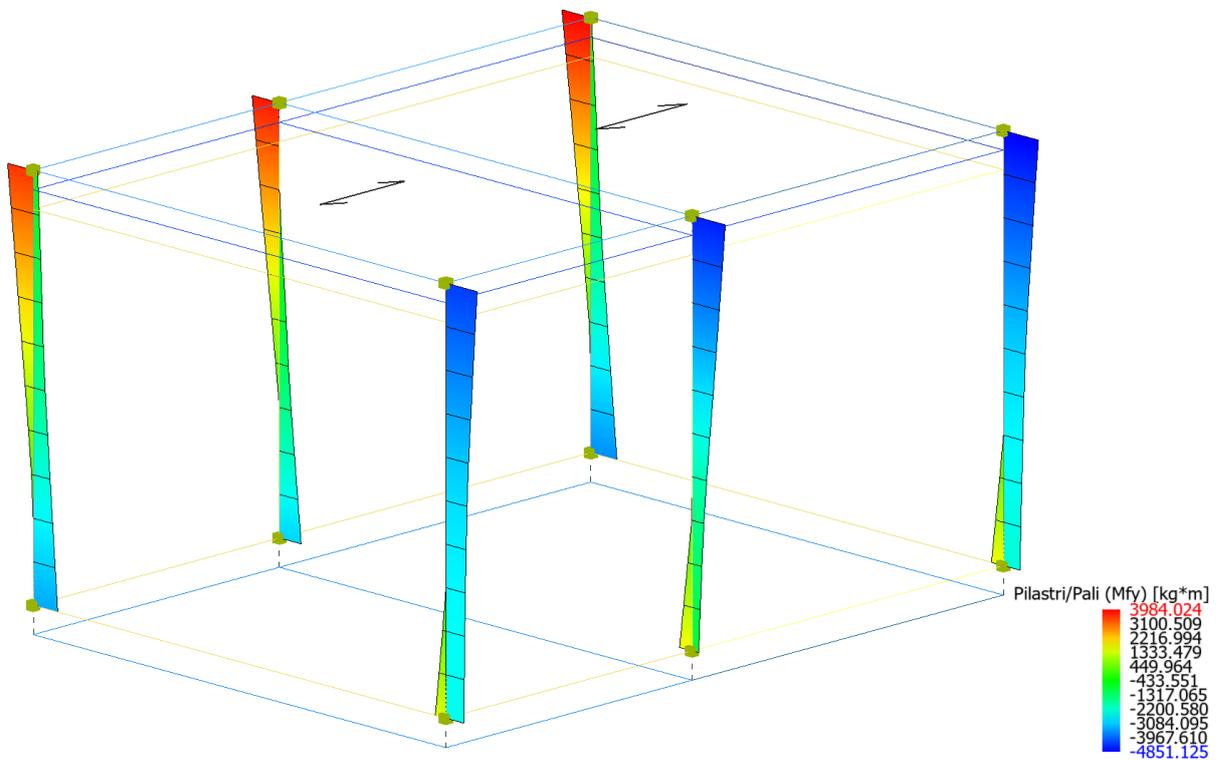


Figure 8-45 Involuppo Pilastr (Sollecitazione: Momento flettente  $M_{fy}$ ; Combinazione: SLE).

Relazione di calcolo fabbricato  
energia

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	83

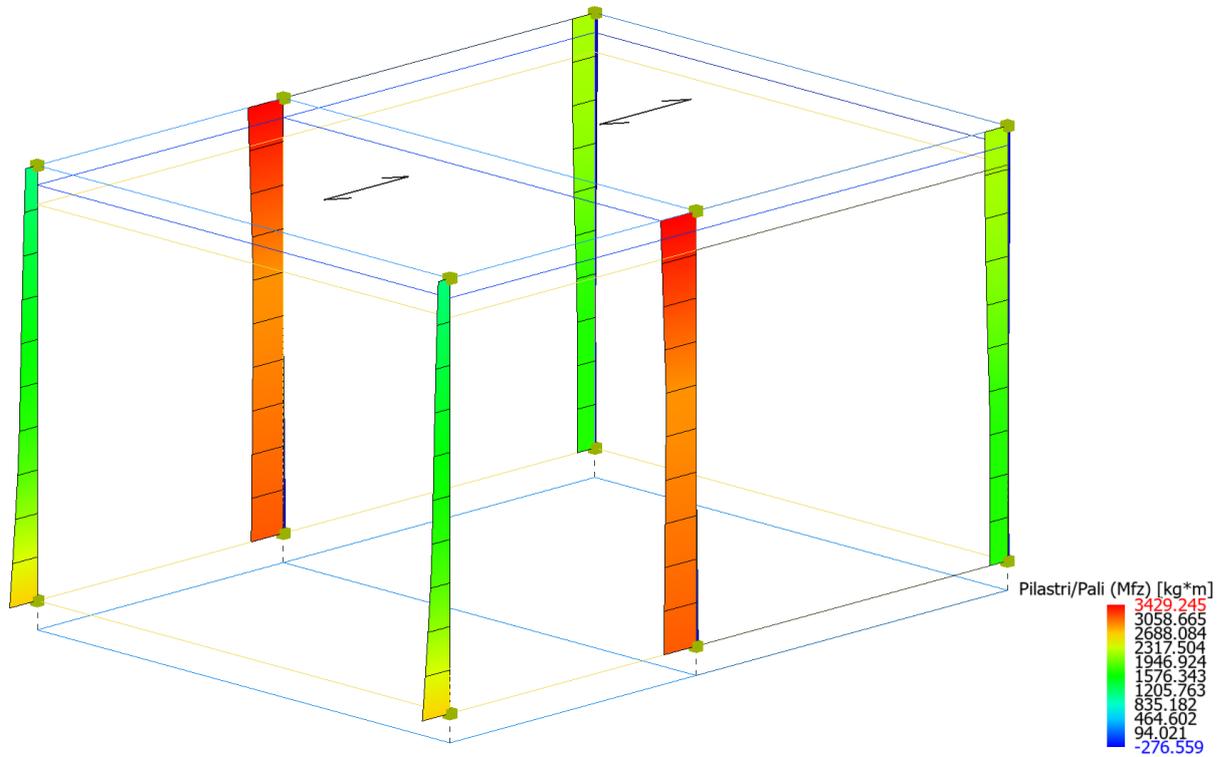


Figure 8-46 Inviluppo Pilastri (Sollecitazione: Momento flettente Mfz; Combinazione: SLE).

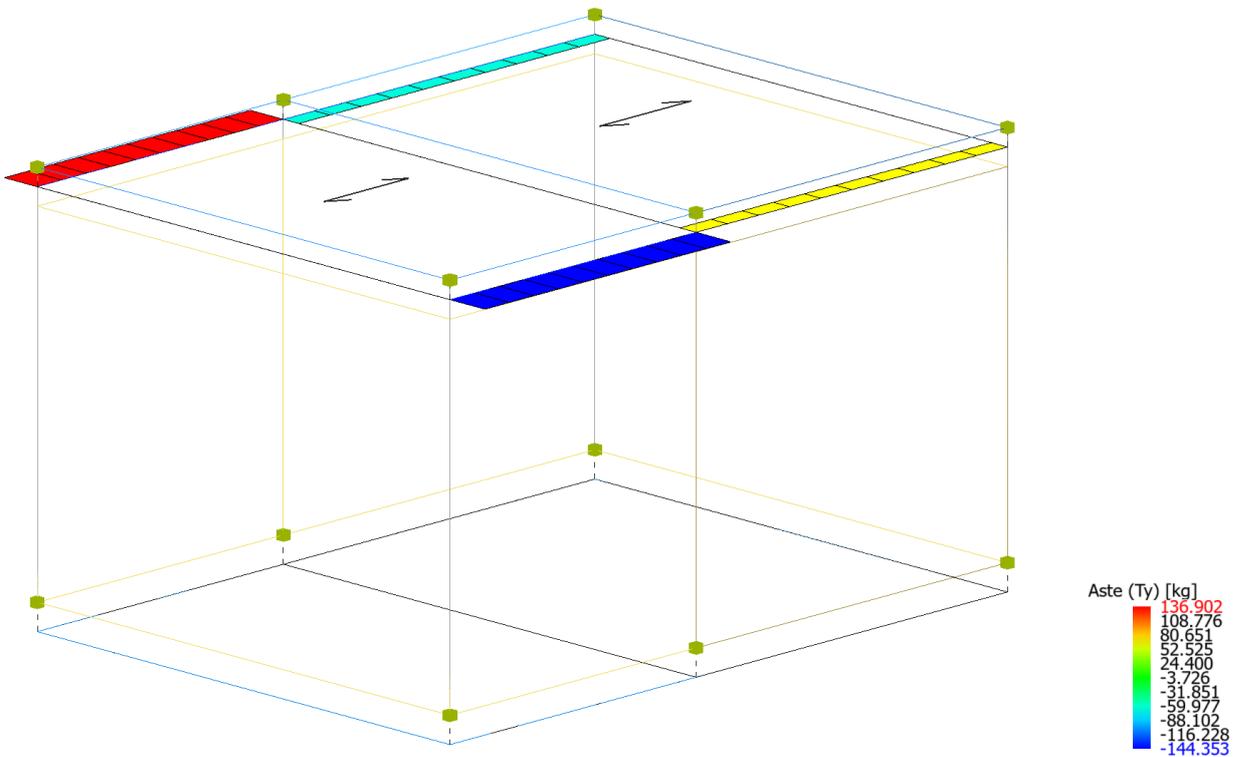


Figure 8-47 Inviluppo Travi (Sollecitazione: Taglio Ty; Combinazione: SLE).

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	84

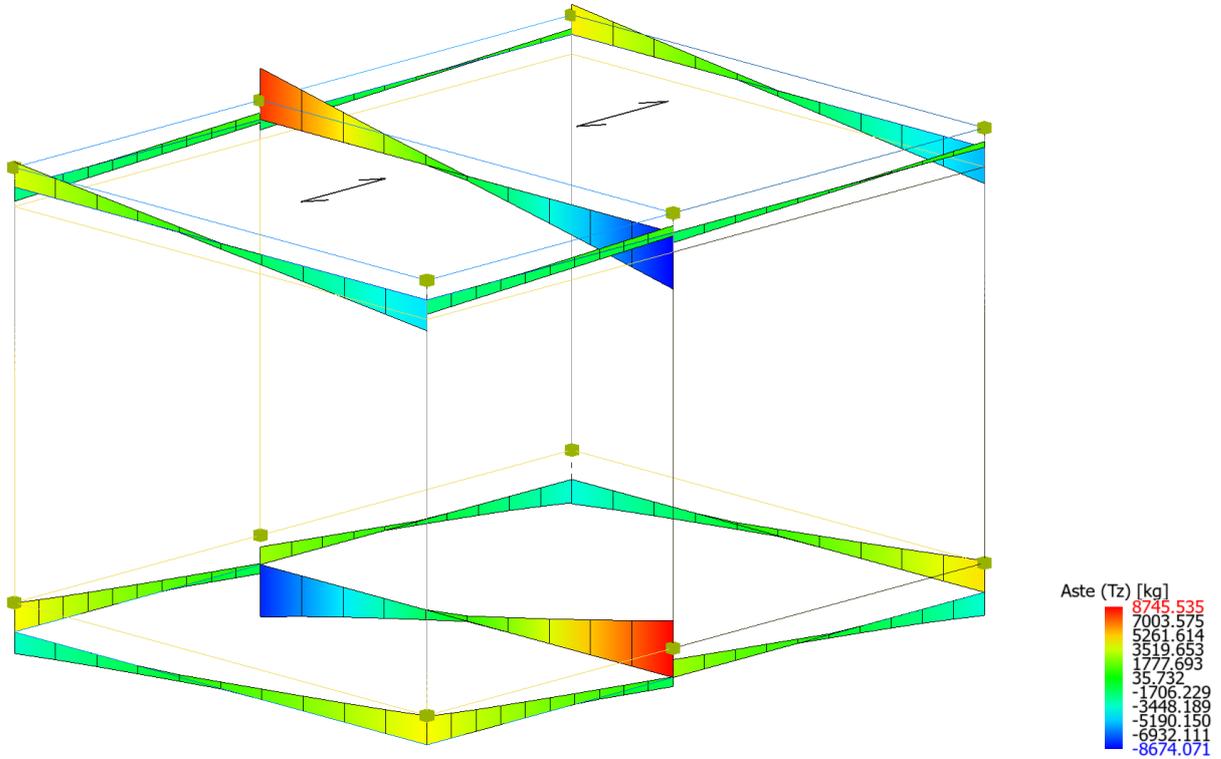


Figure 8-48 Involuppo Travi (Sollecitazione: Taglio Tz; Combinazione: SLE).

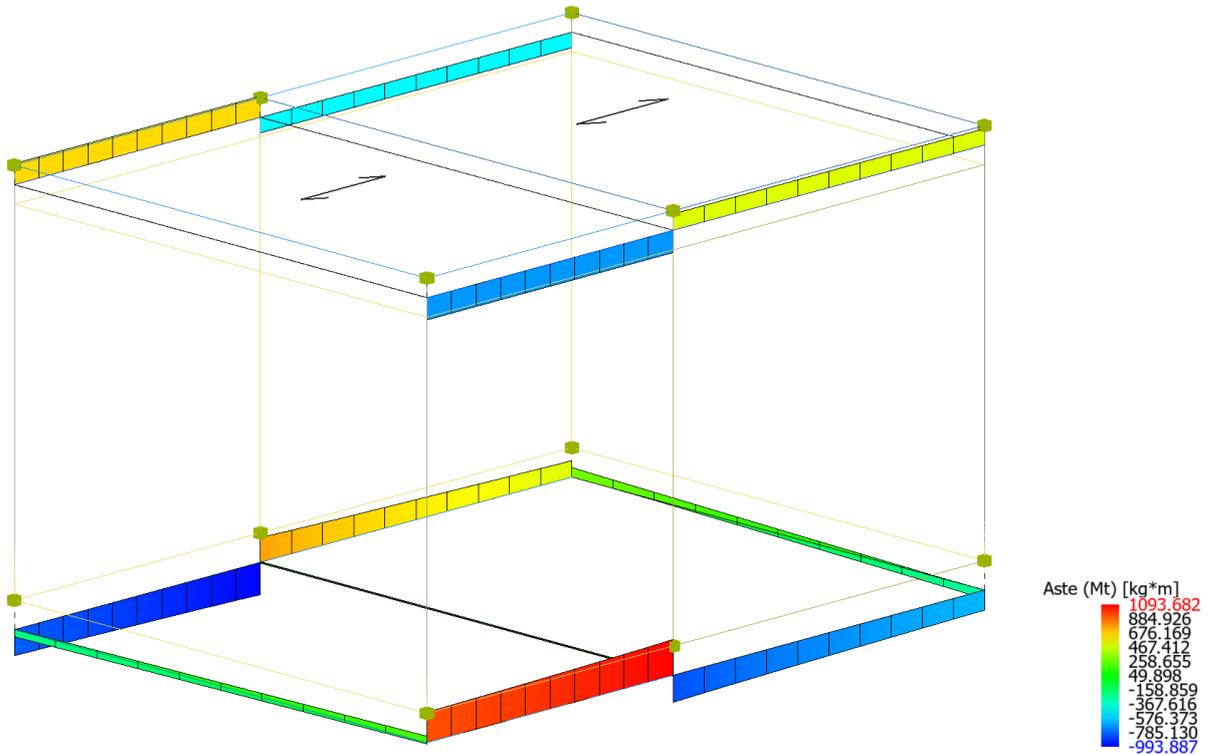


Figure 8-49 Involuppo Travi (Sollecitazione: Momento torcente Mt; Combinazione: SLE).

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	85

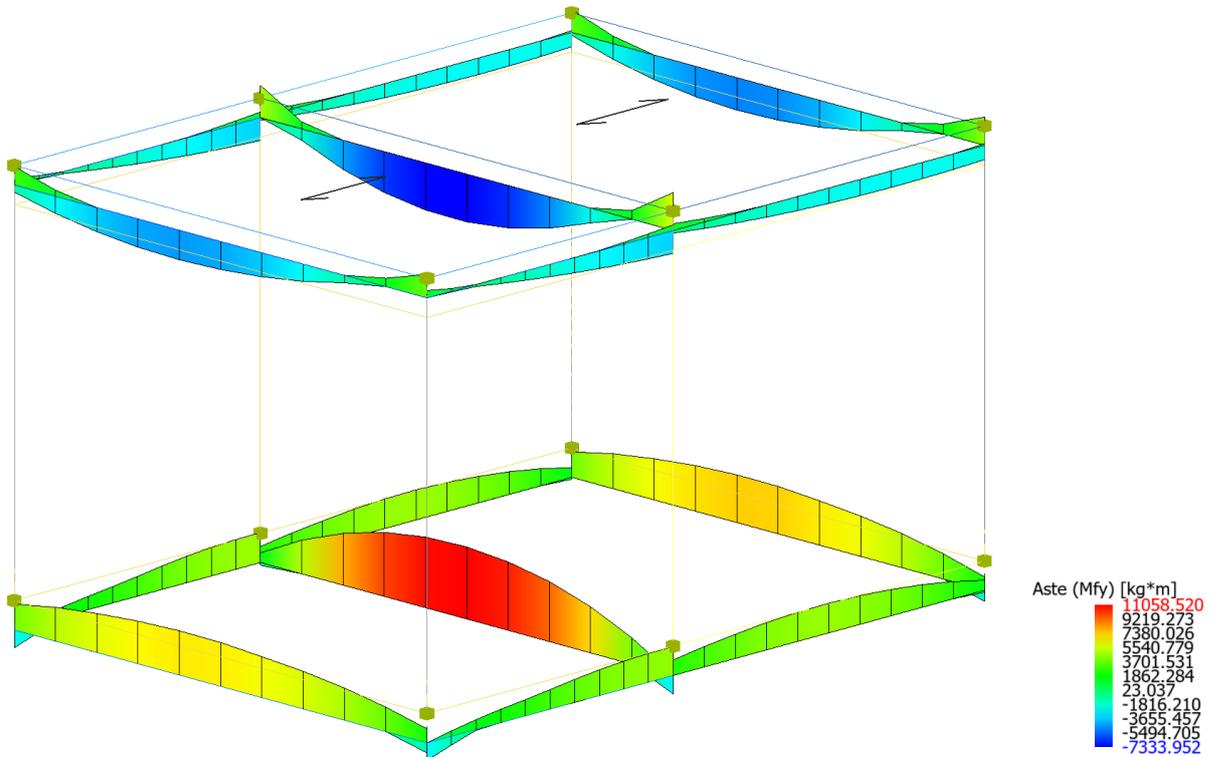


Figure 8-50 Inviluppo Travi (Sollecitazione: Momento flettente Mfy; Combinazione: SLE).

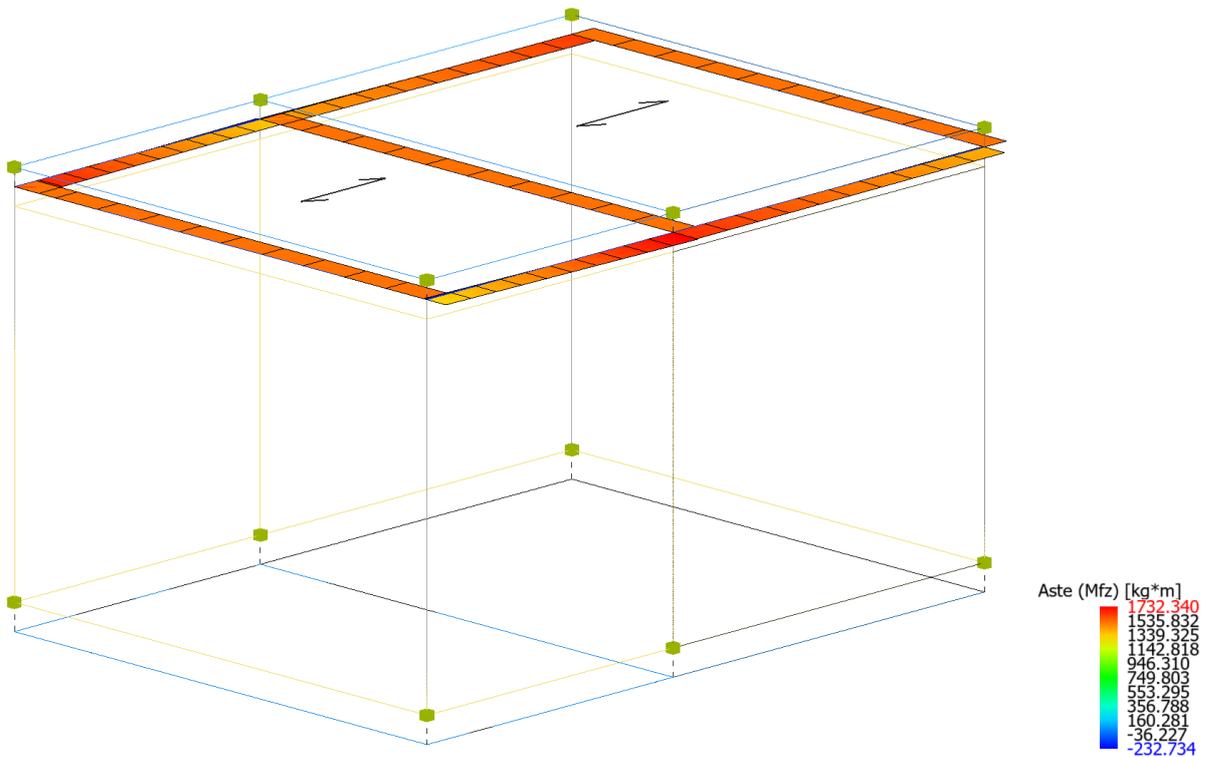


Figure 8-51 Inviluppo Travi (Sollecitazione: Momento flettente Mfz; Combinazione: SLE).

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	86

Di seguito tabelle riassuntive contenenti le massime sollecitazioni di calcolo nelle combinazioni più gravose agli SLE, individuando gli elementi maggiormente sollecitati (in grassetto nelle tabelle di sintesi riportate di seguito).

**Risultati Analisi Statica - Sollecitazioni massime - Travi di fondazione - S.L.E**

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_SLE\_A2\_STR/GEO**

Asta	N.in. N.fin.	N kg	Ty kg	Tz kg	Mt kg*m	My kg*m	Mz kg*m
9001	1	0	0	4349(20)	933(19)	-2714(17)	0
	2	0	0	-1395(29)	1094(17)	4437(20)	0
9001	2	0	0	2739(1)	-831(18)	2384(6)	0
	3	0	0	-3558(8)	-618(19)	1533(17)	0
9002	4	0	0	4416(19)	-800(8)	-2756(17)	0
	5	0	0	-1395(29)	-994(5)	4598(19)	0
9002	5	0	0	2715(1)	759(6)	2474(6)	0
	6	0	0	-3593(7)	503(8)	1493(17)	0
9003	1	0	0	4436(18)	196(8)	2155(28)	0
	4	0	0	-3306(2)	-216(7)	3955(19)	0
<b>9004</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8746(19)</b>	<b>28(8)</b>	<b>-2825(19)</b>	<b>0</b>
	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-8018(4)</b>	<b>-28(7)</b>	<b>1502(19)</b>	<b>0</b>
9005	3	0	0	4871(17)	-269(8)	2064(28)	0
	6	0	0	-3760(1)	293(7)	3901(19)	0

**Risultati Analisi Statica - Sollecitazioni massime - Pilastri - S.L.E**

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_SLE\_A2\_STR/GEO**

Asta	N.in. N.fin.	N kg	Ty kg	Tz kg	Mt kg*m	My kg*m	Mz kg*m
1	1	-8533(18)	840(5)	-1166(8)	-2(8)	-2469(19)	2665(17)
	101	-6865(18)	281(18)	-1101(28)	-2(8)	-4326(4)	1127(18)
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>-12003(4)</b>	<b>-402(6)</b>	<b>-1456(8)</b>	<b>-2(8)</b>	<b>1728(28)</b>	<b>3105(17)</b>
	<b>102</b>	<b>-10335(4)</b>	<b>-402(6)</b>	<b>-1502(7)</b>	<b>-2(8)</b>	<b>-4588(4)</b>	<b>3429(18)</b>
3	3	-7954(4)	-760(6)	-1364(8)	-2(8)	-2298(19)	1696(17)
	103	-6285(4)	224(6)	-1242(28)	-2(8)	-4851(4)	2187(18)
4	4	-7042(18)	842(5)	1199(7)	-2(8)	-3386(19)	2672(17)
	104	-5373(18)	284(18)	1101(27)	-2(8)	3536(27)	1122(18)
5	5	-11491(29)	-400(6)	1395(7)	-2(8)	-2999(19)	3115(17)
	105	-9822(29)	-400(6)	1441(8)	-2(8)	3785(29)	3422(18)
6	6	-7135(29)	-759(6)	1392(7)	-2(8)	-3620(19)	1696(17)
	106	-5467(29)	224(6)	1242(27)	-2(8)	3984(27)	2186(18)

**Risultati Analisi Statica - Sollecitazioni massime - Travi - S.L.E**

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_SLE\_A2\_STR/GEO**

Asta	N.in. N.fin.	N kg	Ty kg	Tz kg	Mt kg*m	My kg*m	Mz kg*m
101	101	0	-144(4)	-2213(18)	-683(4)	1127(18)	1313(19)
	102	0	-144(4)	1069(25)	-683(4)	-3511(18)	1732(20)
101	102	0	67(4)	-1564(18)	502(4)	1032(26)	1641(20)
	103	0	67(4)	899(25)	502(4)	-2187(18)	1398(19)
102	104	0	137(29)	-2210(18)	648(29)	1122(18)	1698(19)
	105	0	137(29)	1069(25)	648(29)	-3505(18)	1347(20)
102	105	0	-64(29)	-1563(18)	-477(29)	1032(26)	1420(20)
	106	0	-64(29)	899(25)	-477(29)	-2186(18)	1619(19)
103	101	0	0	-4737(20)	2(8)	3641(20)	1514(20)
	104	0	0	3803(29)	2(8)	2870(27)	1514(19)
<b>104</b>	<b>102</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-8674(4)</b>	<b>0</b>	<b>5816(4)</b>	<b>1514(20)</b>
	<b>105</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7912(3)</b>	<b>0</b>	<b>4951(29)</b>	<b>1514(19)</b>
105	103	0	0	-5550(20)	0	4336(4)	1514(19)
	106	0	0	4629(3)	0	3500(27)	1514(20)

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>87</b>

Di seguito si riportano per ogni tipologia di elemento (trave di fondazione, piastrini, travi) i risultati delle verifiche estese eseguite per l'elemento maggiormente sollecitato rispetto alla combinazione di carico associata.

### Verifica delle travi (Travi di fondazione, Travi) - Stati limite esercizio

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_SLE\_A2\_STR/GEO**

#### Simbologia Adottata:

Terreno	Nome della stratigrafia per travi Winkler
L [cm]	Lunghezza teorica elemento (distanza tra i nodi)
Ln [cm]	Lunghezza netta elemento (tiene conto dei conci rigidi)
L2,L3 [cm]	Lunghezze libere di inflessione
Sez. R: Sezione Rettangolare	
	By[cm]: Larghezza (asse locale y)
	Bz[cm]: Larghezza (asse locale z)
Sez. T: Sezione a T (rovescia e non )	
	Ba[cm]: Larghezza base inferiore
	Ha[cm]: Altezza inferiore
	Bs[cm]: Larghezza superiore
	Hs[cm]: Altezza superiore
X [cm]	Punto di verifica
$\sigma_{ca}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione ammissibile nel cls
$\sigma_{fa}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione ammissibile nell'acciaio
$\sigma_{cta}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione ammissibile a trazione (quando richiesto dalla verifica)
M- [kg*m]	Momento negativo massimo di calcolo
M+ [kg*m]	Momento positivo massimo di calcolo
M [kg*m]	Momento di calcolo (travi a flessione, pilastri circolari)
My [kg*m]	Momento calcolo per verifiche a pressoflessione
Mz [kg*m]	Momento calcolo per verifiche a pressoflessione (Sez. L, Pilastri)
N [kg]	Sforzo normale corrispondente ad My ( e Mz per Sez. L, Pilastri)
Afsup [cm <sup>2</sup> ]	Area di ferro superiore
Afinf [cm <sup>2</sup> ]	Area di ferro inferiore
Afsin [cm <sup>2</sup> ]	Area di ferro sinistra (Sez. L)
Afdes [cm <sup>2</sup> ]	Area di ferro destra (Sez. L)
$\sigma_{c-}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nel cls compresso per effetto di M-
$\sigma_{cy}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nel cls compresso per effetto di (N,My) in caso di pressoflessione retta
$\sigma_{cz}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nel cls compresso per effetto di (N,Mz) in caso di pressoflessione retta
$\sigma_{c+}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nel cls compresso per effetto di M+
$\sigma_{ct-}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nel cls teso per effetto di M-
$\sigma_{ct+}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nel cls teso per effetto di M+
$\sigma_{f-}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nell'acciaio per effetto di M-
$\sigma_{f+}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nell'acciaio per effetto di M+
$\sigma_{fy}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nel acciaio per effetto di (N,My) in caso di pressoflessione retta
$\sigma_{fz}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nel acciaio per effetto di (N,Mz) in caso di pressoflessione retta
Cb-	Combinazione di carico generatore di M-
Cb+	Combinazione di carico generatore di M+
$\sigma_c$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nel cls per effetto di N My
$\sigma_f$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nell'acciaio per effetto di N My
Cb	Combinazione di carico generatore di N My
Act [mq]	Area di calcestruzzo teso
Aft [cm <sup>2</sup> ]	Area di acciaio teso
pAft [cm]	Perimetro area di acciaio teso
$S_{r,max}$ [cm]	Distanza massima delle fessure
$\sigma_{sfmed}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione media dell'acciaio
Wd [mm]	Apertura delle fessure
Wk [mm]	Apertura caratteristica delle fessure

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	88

Wamm\_Freq [mm] Apertura ammissibile delle fessure per combinazione Frequente  
 Wamm\_Qp [mm] Apertura ammissibile delle fessure per combinazione Quasi Permanente  
 Wamm\_Rara [mm] Apertura ammissibile delle fessure per combinazione Rara  
 Cs Coefficiente di sicurezza definito come minimo di  $\sigma_{Amm}/\sigma$  tra acciaio e calcestruzzo oppure Wamm/Wk

**Trave di fondazione: 9004 [2,5],** Pilastrate [2,5] Sez. T: Ba=150.0 cm Ha=40.0 cm Bs=60.0cm Hs=60.0 cm L=570.0 cm Ln=570.0 cm Terreno=Terreno1 Criterio: CLS\_TraviFondazione\_ND

Combinazione Rara:  $\sigma_{ca}[kg/cm^2]=149$   $\sigma_{fa}[kg/cm^2]=3600$

X	M+	M-	Afsup	Afinf	$\sigma_{c+}$	$\sigma_{f+}$	$\sigma_{c-}$	$\sigma_{f-}$	Cb+	Cb-	Ver.	CS
cm	kg*m	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq				
0.0	2825	--	12.06	20.11	-4	162	--	--	19	8	Si	22
57.0	--	3553	12.06	12.06	--	--	-4	328	19	8	Si	11
285.0	--	11059	12.06	12.06	--	--	-11	1020	20	2	Si	3.5
513.0	--	5158	12.06	12.06	--	--	-5	476	8	19	Si	7.6
570.0	417	1502	12.06	20.11	-1	24	-1	138	8	19	Si	26

Combinazione QP:  $\sigma_{ca}[kg/cm^2]=112$   $\sigma_{fa}[kg/cm^2]=3600$

X	M+	M-	Afsup	Afinf	$\sigma_{c+}$	$\sigma_{f+}$	$\sigma_{c-}$	$\sigma_{f-}$	Cb+	Cb-	Ver.	CS
cm	kg*m	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq				
0.0	96	--	12.06	20.11	-0	5	--	--	41	41	Si	>100
57.0	--	3934	12.06	12.06	--	--	-4	363	41	41	Si	9.9
285.0	--	10816	12.06	12.06	--	--	-11	998	41	41	Si	3.6
513.0	--	3934	12.06	12.06	--	--	-4	363	41	41	Si	9.9
570.0	96	--	12.06	20.11	-0	5	--	--	41	41	Si	>100

Verifica aperture fessure: Wamm\_Freq[mm]=0.400 Wamm\_Qp[mm]=0.300

X	M	Act	Aft	pAft	Sr,max	$\sigma_{fmed}$	Wd	Wk	Cb	Ver.	Cs
cm	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm			
0.0	-1184	0.2	20.11	50.27	42.0	68	0.008	0.008	37(Fr)	Si	49
0.0	-96	0.2	20.11	50.27	42.0	5	0.001	0.001	41(Qp)	Si	>100
57.0	3934	0.1	12.06	30.16	32.5	363	0.034	0.034	41(Qp)	Si	8.9
57.0	4054	0.1	12.06	30.16	32.5	374	0.035	0.035	28(Fr)	Si	12
285.0	10816	0.1	12.06	30.16	32.5	998	0.093	0.093	41(Qp)	Si	3.2
285.0	10924	0.1	12.06	30.16	32.5	1008	0.094	0.094	29(Fr)	Si	4.3
513.0	3934	0.1	12.06	30.16	32.5	363	0.034	0.034	41(Qp)	Si	8.9
513.0	4293	0.1	12.06	30.16	32.5	396	0.037	0.037	37(Fr)	Si	11
570.0	-96	0.2	20.11	50.27	42.0	5	0.001	0.001	41(Qp)	Si	>100
570.0	447	0.1	12.06	30.16	32.5	41	0.004	0.004	37(Fr)	Si	>100

**Trave: 104 [102,105],** Pilastrate [2,5] Sez. R: By=30.0 cm Bz=40.0 cm L=570.0 cm Ln=570.0 cm Criterio: CLS\_TraviAlte

Combinazione Rara:  $\sigma_{ca}[kg/cm^2]=199$   $\sigma_{fa}[kg/cm^2]=3600$

X	M+	M-	Afsup	Afinf	$\sigma_{c+}$	$\sigma_{f+}$	$\sigma_{c-}$	$\sigma_{f-}$	Cb+	Cb-	Ver.	CS
cm	kg*m	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq				
0.0	--	5816	8.04	10.05	--	--	-80	2426	7	4	Si	1.5
57.0	--	1342	8.04	10.05	--	--	-18	560	7	4	Si	6.4
285.0	7334	--	8.04	10.05	-97	2467	--	--	18	7	Si	1.5
513.0	1741	--	8.04	10.05	-23	586	--	--	20	3	Si	6.1
570.0	--	3643	8.04	10.05	--	--	-50	1519	20	3	Si	2.4

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOLGIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

Combinazione QP:  $\sigma_{ca}$ [kg/cm<sup>2</sup>]=149  $\sigma_{fa}$ [kg/cm<sup>2</sup>]=3600

X	M+	M-	Afsup	Afinf	$\sigma_{c+}$	$\sigma_{f+}$	$\sigma_{c-}$	$\sigma_{f-}$	Cb+	Cb-	Ver.	CS
cm	kg*m	kg*m	cmq	cmq	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>				
0.0	--	4846	8.04	10.05	--	--	-67	2021	41	41	Si	1.8
57.0	--	1064	8.04	10.05	--	--	-15	444	41	41	Si	8.1
285.0	5660	--	8.04	10.05	-75	1904	--	--	41	41	Si	1.9
513.0	--	1064	8.04	10.05	--	--	-15	444	41	41	Si	8.1
570.0	--	4846	8.04	10.05	--	--	-67	2021	41	41	Si	1.8

Verifica aperture fessure:  $Wamm\_Freq$ [mm]=0.400  $Wamm\_Qp$ [mm]=0.300

X	M	Act	Aft	pAft	$S_{r,max}$	$\sigma_{fmed}$	Wd	Wk	Cb	Ver.	Cs
cm	kg*m	m <sup>2</sup>	cmq	cm	cm	kg/cm <sup>2</sup>	mm	mm			
0.0	5065	0.0	8.04	20.11	23.3	2113	0.165	0.165	37(Fr)	Si	2.4
0.0	4846	0.0	8.04	20.11	23.3	2021	0.155	0.155	41(Qp)	Si	1.9
57.0	1064	0.0	8.04	20.11	23.3	444	0.030	0.030	41(Qp)	Si	10
57.0	1102	0.0	8.04	20.11	23.3	460	0.031	0.031	37(Fr)	Si	13
285.0	-5660	0.0	10.05	25.13	21.0	1904	0.138	0.138	41(Qp)	Si	2.2
285.0	-6346	0.0	10.05	25.13	21.0	2135	0.161	0.161	37(Fr)	Si	2.5
513.0	1064	0.0	8.04	20.11	23.3	444	0.030	0.030	41(Qp)	Si	10
513.0	1097	0.0	8.04	20.11	23.3	458	0.030	0.030	27(Fr)	Si	13
570.0	4846	0.0	8.04	20.11	23.3	2021	0.155	0.155	41(Qp)	Si	1.9
570.0	4951	0.0	8.04	20.11	23.3	2065	0.159	0.159	29(Fr)	Si	2.5

### Verifica dei pilastri (Stati limite esercizio)

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_SLE\_A2\_STR/GEO**

#### Simbologia Adottata:

Terreno	Nome della stratigrafia per travi Winkler
L [cm]	Lunghezza teorica elemento (distanza tra i nodi)
Ln [cm]	Lunghezza netta elemento (tiene conto dei conchi rigidi)
L2,L3 [cm]	Lunghezze libere di inflessione
Sez. R: Sezione Rettangolare	
	By[cm]: Larghezza (asse locale y)
	Bz[cm]: Larghezza (asse locale z)
X [cm]	Punto di verifica
$\sigma_{ca}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione ammissibile nel cls
$\sigma_{fa}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione ammissibile nell'acciaio
$\sigma_{cta}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione ammissibile a trazione (quando richiesto dalla verifica)
M- [kg*m]	Momento negativo massimo di calcolo
M+ [kg*m]	Momento positivo massimo di calcolo
M [kg*m]	Momento di calcolo (travi a flessione, pilastri circolari)
My [kg*m]	Momento calcolo per verifiche a pressoflessione
Mz [kg*m]	Momento calcolo per verifiche a pressoflessione (Sez. L,Pilastri)
N [kg]	Sforzo normale corrispondente ad My ( e Mz per Sez. L,Pilastri)
Afsup [cmq]	Area di ferro superiore
Afinf [cmq]	Area di ferro inferiore
Afsin [cmq]	Area di ferro sinistra (Sez. L)
Afdes [cmq]	Area di ferro destra (Sez. L)
$\sigma_{c-}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nel cls compresso per effetto di M-
$\sigma_{cy}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nel cls compresso per effetto di (N,My) in caso di pressoflessione retta
$\sigma_{cz}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nel cls compresso per effetto di (N,Mz) in caso di pressoflessione retta
$\sigma_{c+}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nel cls compresso per effetto di M+
$\sigma_{ct-}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nel cls teso per effetto di M-
$\sigma_{ct+}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nel cls teso per effetto di M+
$\sigma_{f-}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nell'acciaio per effetto di M-
$\sigma_{f+}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Tensione nell'acciaio per effetto di M+

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

$\sigma_f$ [kg/cmq]	Tensione nel acciaio per effetto di (N,My) in caso di pressoflessione retta
$\sigma_z$ [kg/cmq]	Tensione nel acciaio per effetto di (N,Mz) in caso di pressoflessione retta
Cb-	Combinazione di carico generatore di M-
Cb+	Combinazione di carico generatore di M+
$\sigma_c$ [kg/cmq]	Tensione nel cls per effetto di N My
$\sigma_f$ [kg/cmq]	Tensione nell'acciaio per effetto di N My
Cb	Combinazione di carico generatore di N My
Act [mq]	Area di calcestruzzo teso
Aft [cmq]	Area di acciaio teso
pAft [cm]	Perimetro area di acciaio teso
S <sub>r,max</sub> [cm]	Distanza massima delle fessure
$\sigma_{fmed}$ [kg/cmq]	Tensione media dell'acciaio
Wd [mm]	Apertura delle fessure
Wk [mm]	Apertura caratteristica delle fessure
Wamm_Freq [mm]	Apertura ammissibile delle fessure per combinazione Frequente
Wamm_Qp [mm]	Apertura ammissibile delle fessure per combinazione Quasi Permanente
Wamm_Rara [mm]	Apertura ammissibile delle fessure per combinazione Rara
Cs	Coefficiente di sicurezza definito come minimo di $\sigma_{Amm}/\sigma$ tra acciaio e calcestruzzo oppure Wamm/Wk

**Pilastro: 2 [2,102]** Sez. R: By=50.0 cm Bz=30.0 cm L=445.0 cm Ln=445.0 cm L2=445.0 cm L3=445.0 cm Criterio: CLS\_Pilastri

Zona	Armature		
cm	cmq	cmq	cmq
0.0	AfSpigolo = 2.01	Afy = 4.02	Afz = 2.01
445.0	AfSpigolo = 2.01	Afy = 4.02	Afz = 2.01

Verifica snellezza: fcd=188 [kg/cmq] - **Verificato**

Cb	N	fcd*Ac	v	$\lambda_{max}$	$\lambda_{lim}$
	kg	kg			
4	12003	282200	0.043	51.384	121.218

Combinazione Rara:  $\sigma_{ca}$ [kg/cmq]=199  $\sigma_{fa}$ [kg/cmq]=3600

X	N	My	Mz	$\sigma_c$	$\sigma_f$	Cb	Ver.	Cs
cm	kg	kg*m	kg*m	kg/cmq	kg/cmq			
0.0	-11139	-910	2606	-47	536	19	Si	4.2
445.0	-9452	-4486	3429	-138	2527	18	Si	1.4

Combinazione QP:  $\sigma_{ca}$ [kg/cmq]=149  $\sigma_{fa}$ [kg/cmq]=3600

X	N	My	Mz	$\sigma_c$	$\sigma_f$	Cb	Ver.	Cs
cm	kg	kg*m	kg*m	kg/cmq	kg/cmq			
0.0	-11314	1614	-44	-32	317	41	Si	4.6
445.0	-9645	-3706	172	-77	1504	41	Si	1.9

Verifica aperture fessure: Wamm\_Freq[mm]=0.400 Wamm\_Qp[mm]=0.300

X	N	My	Mz	Act	Aft	pAft	S <sub>r,max</sub>	$\sigma_{fmed}$	Wd	Wk	Cb	Ver.	Cs
cm	kg	kg*m	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	mm			
0.0	-11314	1614	-44	0.0	10.14	25.34	20.9	212	0.013	0.013	41(Qp)	Si	24
0.0	-11294	1614	-211	0.0	10.14	25.36	20.9	259	0.015	0.015	26(Fr)	Si	26
445.0	-9645	-3706	172	0.0	11.05	27.63	22.1	1148	0.072	0.072	41(Qp)	Si	4.1
445.0	-9356	-3997	1623	0.0	11.11	27.78	22.2	1298	0.082	0.082	37(Fr)	Si	4.9

**Relazione di calcolo fabbricato energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	91

**8.6.5 Diagrammi delle Deformate**

Tipo diagramma: Deformata  
Combinazione corrente : Scenario Set\_NT\_SLV\_SLD\_A2\_STR/GEO - C 1

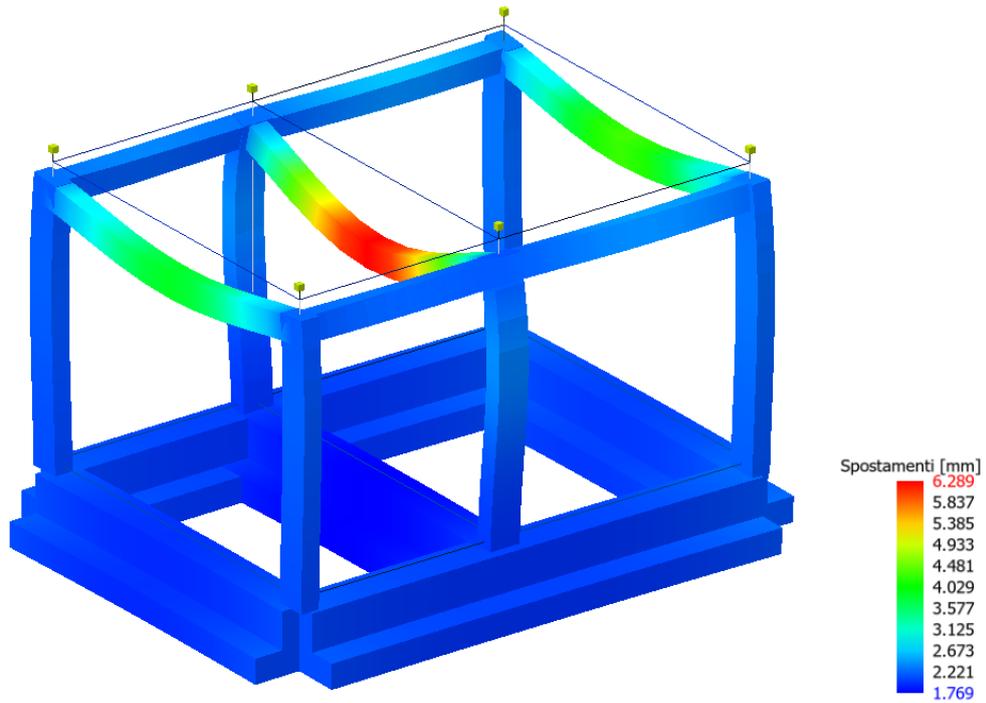
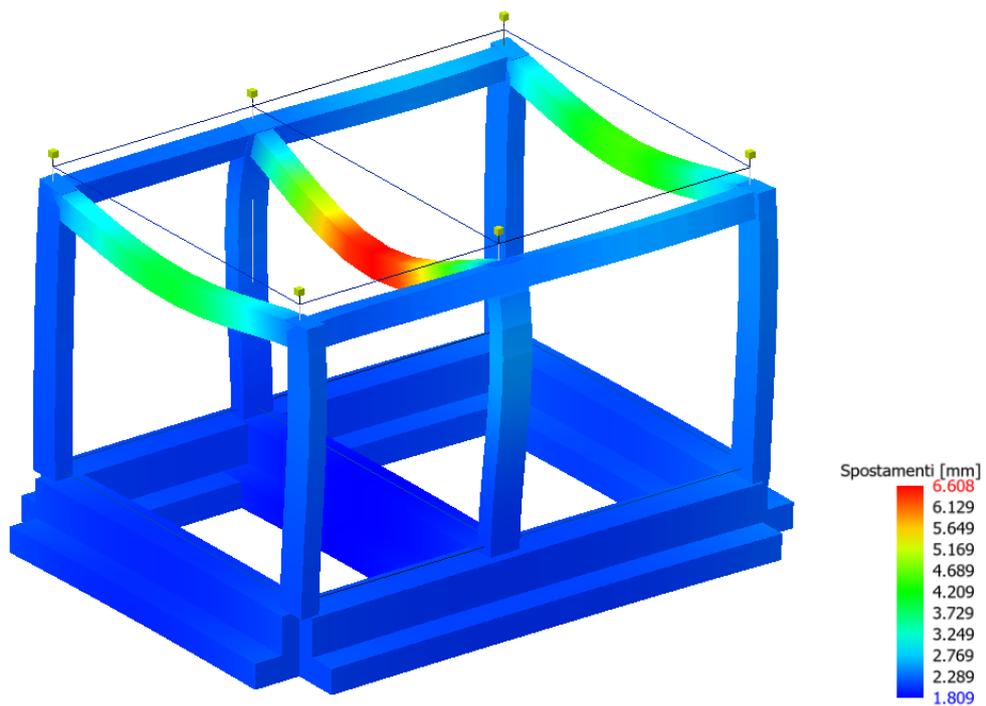


Figure 8-52 Deformata per soli carichi permanenti

Tipo diagramma: Deformata  
Combinazione corrente : Scenario Set\_NT\_SLV\_SLD\_A2\_STR/GEO - C 2



**Relazione di calcolo fabbricato energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	92

Figure 8-53 Deformata per carichi verticali amplificati (combinazione 2)

Tipo diagramma: Deformata  
Combinazione corrente : Scenario Set\_NT\_SLV\_SLD\_A2\_STR/GEO - C 63-I  
Posizione masse N° 1

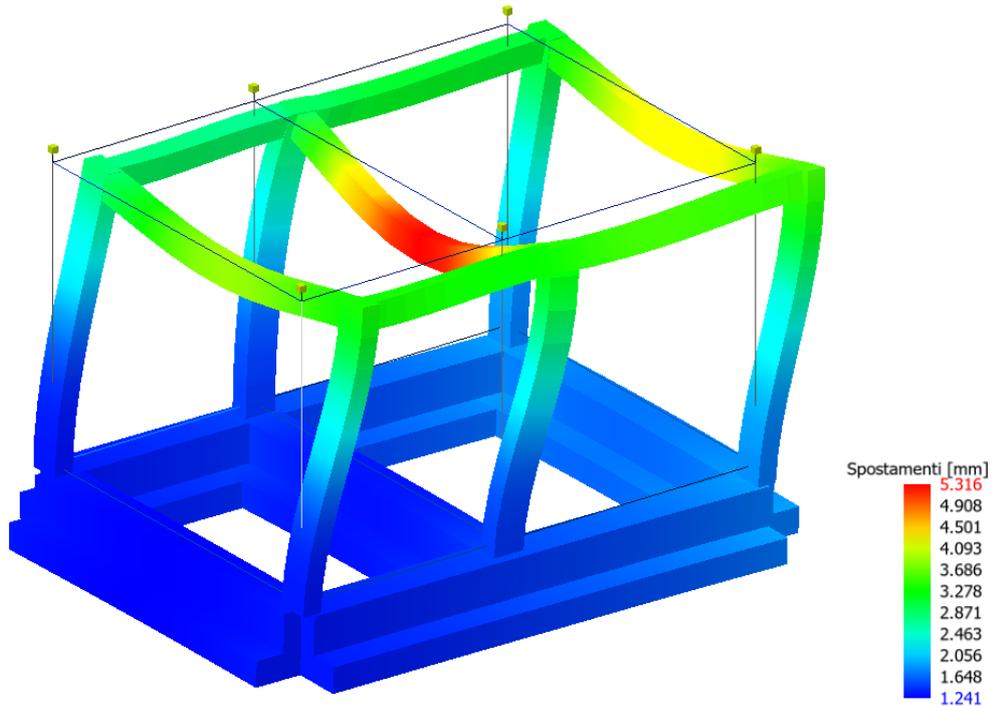


Figure 8-54 Deformata sotto sisma direzione X (posizione masse n°1)

Tipo diagramma: Deformata  
Combinazione corrente : Scenario Set\_NT\_SLV\_SLD\_A2\_STR/GEO - C 64-I  
Posizione masse N° 1

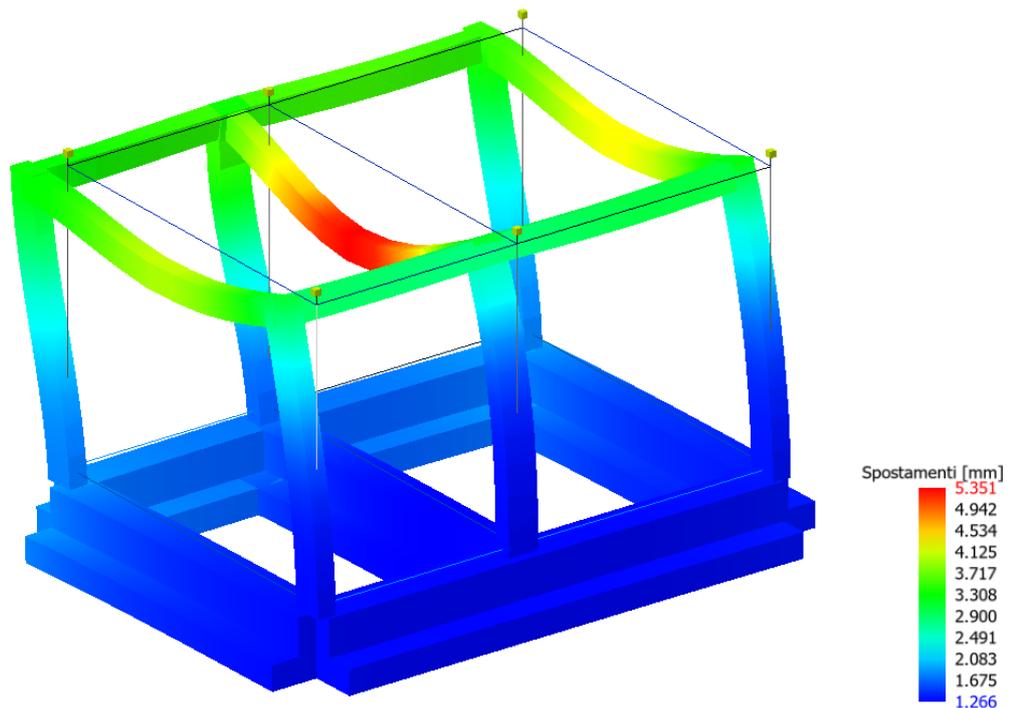


Figure 8-55 Deformata sotto sisma direzione Y (posizione masse n°1)

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	93

Tipo diagramma: Deformata  
Combinazione corrente : Scenario Set\_NT\_SLV\_SLD\_A2\_STR/GEO - C 65-I  
Posizione masse N° 1

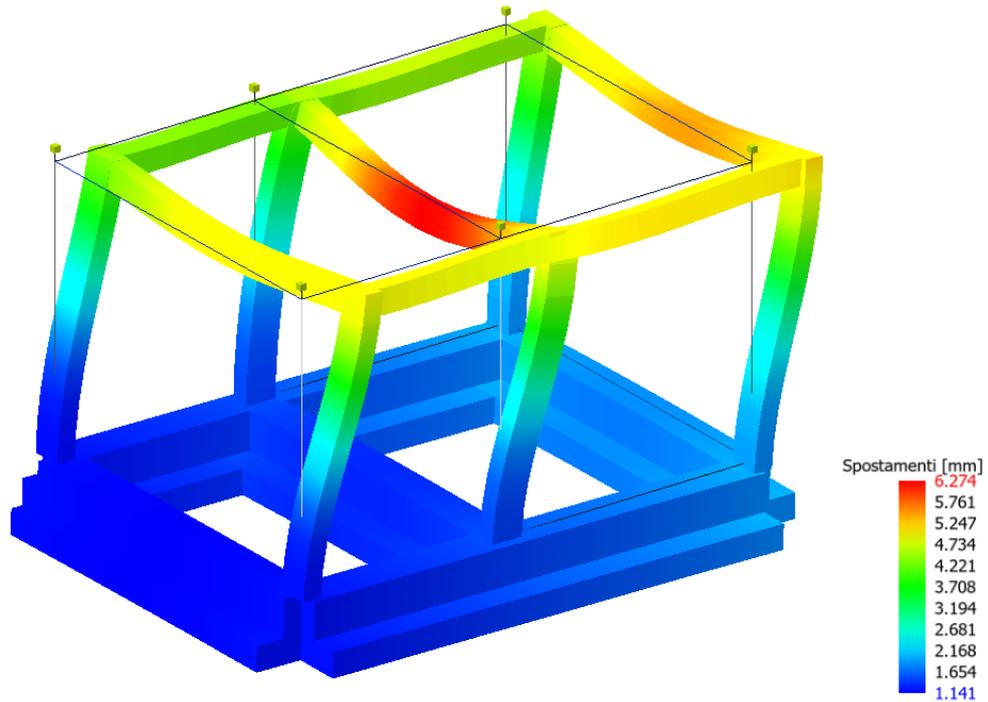


Figure 8-56 Deformata sotto sisma direzione X SLD (posizione masse n°1)

Tipo diagramma: Deformata  
Combinazione corrente : Scenario Set\_NT\_SLV\_SLD\_A2\_STR/GEO - C 66-I  
Posizione masse N° 1

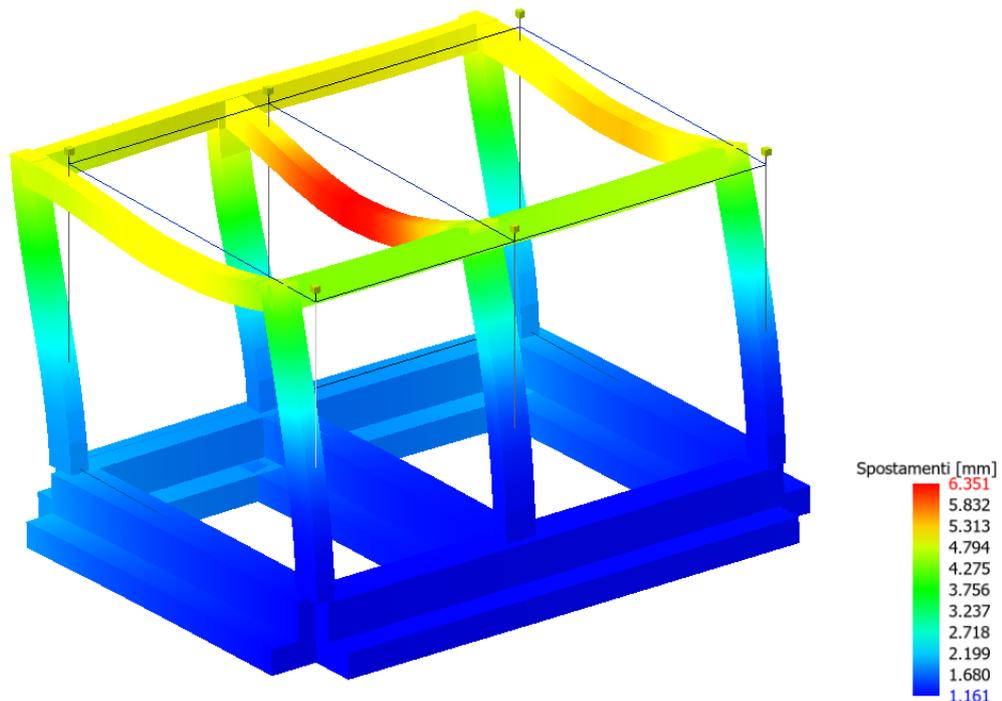


Figure 8-57 Deformata sotto sisma direzione Y SLD (posizione masse n°1)

MANDATARIA  	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
<b>LI0B</b>		<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>94</b>

## 9. RISULTATI VERIFICHE

### 9.1 COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Di seguito si riporta i coefficienti di sicurezza raggiunti per i vari elementi.

Coefficienti di sicurezza filtrati per minimo Globale (Aste CIs/Peda-> coeff. glob. flessione,altro-> coeff. globale)

Nome	Combinazione	Cs
Winkler 9001: Nodi[1,2] Tipo:Calcestruzzo		21 6.155
Winkler 9002: Nodi[4,5] Tipo:Calcestruzzo		20 5.947
Winkler 9002: Nodi[5,6] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-V-3	5.379
Winkler 9001: Nodi[2,3] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-I-4	5.379
Winkler 9003: Nodi[1,4] Tipo:Calcestruzzo	3	4.567
Winkler 9005: Nodi[3,6] Tipo:Calcestruzzo	2	4.224
Winkler 9004: Nodi[2,5] Tipo:Calcestruzzo	3	2.708
Trave 102: Nodi[105,106] Tipo:Calcestruzzo	20	2.637
Trave 101: Nodi[102,103] Tipo:Calcestruzzo	21	2.637
Pilastro 1: Nodi[1,101] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-IV-2	2.336
Pilastro 4: Nodi[4,104] Tipo:Calcestruzzo	18	2.281
Pilastro 6: Nodi[6,106] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-VI-3	2.242
Pilastro 3: Nodi[3,103] Tipo:Calcestruzzo	21	2.055
Pilastro 5: Nodi[5,105] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-VI-3	1.883
Trave 102: Nodi[104,105] Tipo:Calcestruzzo	19	1.833
Trave 101: Nodi[101,102] Tipo:Calcestruzzo	19	1.83
Trave 103: Nodi[101,104] Tipo:Calcestruzzo	21	1.511
Pilastro 2: Nodi[2,102] Tipo:Calcestruzzo	19	1.496
Trave 105: Nodi[103,106] Tipo:Calcestruzzo	21	1.379
Trave 104: Nodi[102,105] Tipo:Calcestruzzo	19	1.17
Minimi		1.17

Coefficienti di sicurezza filtrati per minimo Globale taglio aste cls

Nome	Combinazione	Cs
Winkler 9002: Nodi[5,6] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-VI-3	20.9
Winkler 9001: Nodi[2,3] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-II-4	20.9
Winkler 9003: Nodi[1,4] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-VIII-4	18.85
Winkler 9001: Nodi[1,2] Tipo:Calcestruzzo	18	18.39
Winkler 9002: Nodi[4,5] Tipo:Calcestruzzo	18	18
Winkler 9005: Nodi[3,6] Tipo:Calcestruzzo	20	17.3
Winkler 9004: Nodi[2,5] Tipo:Calcestruzzo	20	9.938
Trave 101: Nodi[102,103] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-I-4	3.923
Trave 102: Nodi[105,106] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-V-3	3.923
Pilastro 4: Nodi[4,104] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-VIII-1	3.902
Pilastro 1: Nodi[1,101] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-IV-2	3.902
Pilastro 6: Nodi[6,106] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-I-1	3.751
Pilastro 3: Nodi[3,103] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-V-2	3.751
Pilastro 2: Nodi[2,102] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-IV-2	3.609
Pilastro 5: Nodi[5,105] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-VIII-1	3.609
Trave 101: Nodi[101,102] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-III-3	3.272
Trave 102: Nodi[104,105] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-VII-4	3.272
Trave 103: Nodi[101,104] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-VIII-4	3.004
Trave 105: Nodi[103,106] Tipo:Calcestruzzo	(63+64)-VIII-4	2.744
Trave 104: Nodi[102,105] Tipo:Calcestruzzo	5	1.922
Minimi		1.922

MANDATARIA 	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
		<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>		COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>FA 00 00</b>			PROGR <b>002</b>

Coefficienti di sicurezza filtrati per minimo Tensioni SLE

Nome	Combinazione	Cs
Winkler 9001: Nodi[1,2] Tipo:Calcestruzzo	41	8.799
Winkler 9001: Nodi[2,3] Tipo:Calcestruzzo	41	8.566
Winkler 9002: Nodi[4,5] Tipo:Calcestruzzo	40	8.491
Winkler 9002: Nodi[5,6] Tipo:Calcestruzzo	40	8.448
Winkler 9003: Nodi[1,4] Tipo:Calcestruzzo	23	5.796
Winkler 9005: Nodi[3,6] Tipo:Calcestruzzo	22	5.364
Trave 102: Nodi[105,106] Tipo:Calcestruzzo	39	3.612
Trave 101: Nodi[102,103] Tipo:Calcestruzzo	39	3.611
Winkler 9004: Nodi[2,5] Tipo:Calcestruzzo	23	3.529
Pilastro 6: Nodi[6,106] Tipo:Calcestruzzo	40	2.733
Pilastro 1: Nodi[1,101] Tipo:Calcestruzzo	38	2.586
Trave 102: Nodi[104,105] Tipo:Calcestruzzo	39	2.465
Trave 101: Nodi[101,102] Tipo:Calcestruzzo	39	2.46
Pilastro 4: Nodi[4,104] Tipo:Calcestruzzo	38	2.173
Trave 103: Nodi[101,104] Tipo:Calcestruzzo	39	2.008
Pilastro 5: Nodi[5,105] Tipo:Calcestruzzo	62	1.939
Pilastro 3: Nodi[3,103] Tipo:Calcestruzzo	41	1.883
Trave 105: Nodi[103,106] Tipo:Calcestruzzo	38	1.803
Trave 104: Nodi[102,105] Tipo:Calcestruzzo	39	1.459
Pilastro 2: Nodi[2,102] Tipo:Calcestruzzo	39	1.425
Minimi		1.425

Coefficienti di sicurezza filtrati per minimo Fessure

Nome	Combinazione	Cs
Winkler 9002: Nodi[4,5] Tipo:Calcestruzzo	62	13.04
Winkler 9001: Nodi[1,2] Tipo:Calcestruzzo	62	13.04
Trave 102: Nodi[104,105] Tipo:Calcestruzzo	58	10.94
Trave 101: Nodi[101,102] Tipo:Calcestruzzo	58	10.92
Trave 101: Nodi[102,103] Tipo:Calcestruzzo	58	10.18
Trave 102: Nodi[105,106] Tipo:Calcestruzzo	58	10.18
Winkler 9002: Nodi[5,6] Tipo:Calcestruzzo	62	9.182
Winkler 9001: Nodi[2,3] Tipo:Calcestruzzo	62	9.182
Pilastro 4: Nodi[4,104] Tipo:Calcestruzzo	62	9.02
Pilastro 1: Nodi[1,101] Tipo:Calcestruzzo	62	9.02
Pilastro 6: Nodi[6,106] Tipo:Calcestruzzo	62	7.036
Pilastro 3: Nodi[3,103] Tipo:Calcestruzzo	62	7.036
Winkler 9003: Nodi[1,4] Tipo:Calcestruzzo	62	5.51
Winkler 9005: Nodi[3,6] Tipo:Calcestruzzo	62	5.107
Pilastro 5: Nodi[5,105] Tipo:Calcestruzzo	62	4.14
Pilastro 2: Nodi[2,102] Tipo:Calcestruzzo	62	4.14
Trave 103: Nodi[101,104] Tipo:Calcestruzzo	62	3.898
Winkler 9004: Nodi[2,5] Tipo:Calcestruzzo	62	3.234
Trave 105: Nodi[103,106] Tipo:Calcestruzzo	62	3.181
Trave 104: Nodi[102,105] Tipo:Calcestruzzo	62	1.941
Minimi		1.941

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

## 9.2 VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI RELATIVI SLD

Scenario di calcolo: **Set\_NT\_SLV\_SLD\_A2\_STR/GEO**

Interp.	Comb.	hXv	hXh	hYv	hYh	Nodo1	Nodo2	h	hAmm	Cs
		mm	mm	mm	mm			mm	mm	
0-1	(65+66)-IV-3	0.01	1.92	0.00	5.21	1	101	5.21	44.50	8.5
0-1	(65+66)-I-4	0.01	5.00	0.00	1.20	2	102	5.01	44.50	8.9
0-1	(65+66)-II-4	0.01	2.13	0.00	5.41	3	103	5.41	44.50	8.2
0-1	(65+66)-IV-3	0.01	0.73	0.00	5.21	4	104	5.21	44.50	8.5
0-1	(65+66)-V-3	0.01	5.00	0.00	1.20	5	105	5.01	44.50	8.9
0-1	(65+66)-VI-3	0.01	2.13	0.00	5.41	6	106	5.41	44.50	8.2
<b>Minimo</b>										
0-1	(65+66)-VI-3	0.01	2.13	0.00	5.41	6	106	5.41	44.50	8.2

## 9.3 VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI RELATIVI SLO

Scenario di calcolo: **Set\_SLO**

Interp.	Comb.	hXv	hXh	hYv	hYh	Nodo1	Nodo2	h	hAmm	Cs
		mm	mm	mm	mm			mm	mm	
0-1	(1+2)-IV-3	0.01	1.53	0.00	4.15	1	101	4.15	29.37	7.1
0-1	(1+2)-I-4	0.01	3.98	0.00	0.96	2	102	3.99	29.37	7.4
0-1	(1+2)-II-4	0.01	1.69	0.00	4.30	3	103	4.30	29.37	6.8
0-1	(1+2)-IV-3	0.01	0.58	0.00	4.15	4	104	4.15	29.37	7.1
0-1	(1+2)-V-3	0.01	3.98	0.00	0.96	5	105	3.99	29.37	7.4
0-1	(1+2)-VI-3	0.01	1.69	0.00	4.30	6	106	4.30	29.37	6.8
<b>Minimo</b>										
0-1	(1+2)-VI-3	0.01	1.69	0.00	4.30	6	106	4.30	29.37	6.8

## 9.4 SOLAIO PREDALLES

La struttura presenterà un solaio di copertura in c.a. alleggerito da realizzare tramite l'impiego di lastre predalles prefabbricate in calcestruzzo armato di larghezza 120cm e spessore 4cm, nelle quali sono annegati dei tralicci posti in direzione dell'orditura del solaio e opportunamente distanziati con l'interposizione di elementi di alleggerimento in polistirolo espanso.

In particolare, si prevede la realizzazione di un solaio di altezza totale 24cm: 4cm spessore lastra predalles tralicciata autoportante in calcestruzzo armato + 16cm spessore travetti in c.a. e blocchi di polistirolo (alleggerimento) + 4 cm di sovrastante soletta in c.a.

L'armatura è costituita per ogni singolo travetto da n.2 barre Ø10 inferiori e n.2 barre Ø10 superiori.

Nella soletta superiore in getto di calcestruzzo si prevede l'inserimento di armatura di ripartizione realizzata da rete elettrosaldata Ø8/20cm, per assicurare la continuità del getto e la ripartizione dei carichi.

Durante la fase di getto e completamento del solaio, si considera la presenza di puntelli tali da poter escludere la verifica in fase di getto.

Di seguito sezione tipologica del solaio:

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	97

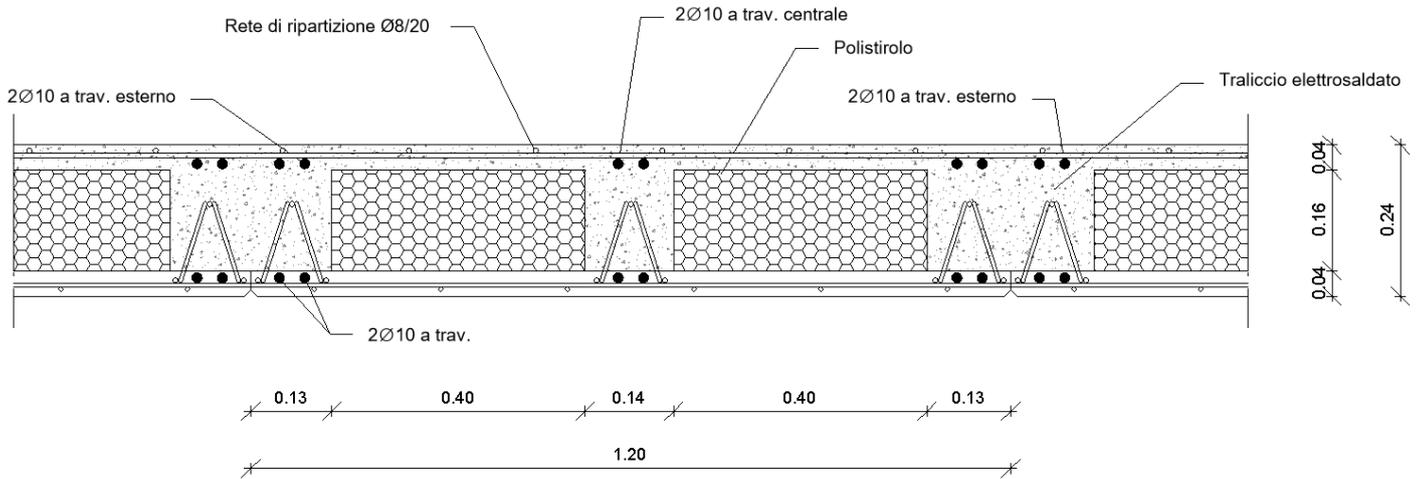


Figure 9-1 Sezione tipologica solaio di copertura.

In accordo con quanto riportato nel paragrafo dell'analisi dei carichi, si considerano i seguenti carichi al mq:

- Peso proprio ( $g_1$ ) = 3.48 kN/m<sup>2</sup>
- Permanenti ( $g_2$ ) = 3.10 kN/m<sup>2</sup>
- Sovraccarico Cat. H ( $q_k$ ) = 0.50 kN/m<sup>2</sup>
- Neve = 0.80 kN/m<sup>2</sup>

Le sollecitazioni massime, sia a momento positivo (in campata) che a momento negativo (sugli appoggi), vengono calcolate schematizzando il solaio come una trave continua su n. 3 appoggi costituita da n. 2 campata di luce 3.40m e 4.30m.

Per massimizzare le sollecitazioni flessionali, sia il momento positivo in campata che il momento negativo in corrispondenza degli appoggi, sono state adoperate combinazioni dei carichi verticali a scacchiera.

Le combinazioni considerate, sono state ottenute utilizzando i coefficienti parziali di sicurezza proposti dalla Normativa Tecnica NTC 2018, sfruttando la differenziazione dei coefficienti parziali per condizioni favorevoli all'equilibrio e sfavorevoli all'equilibrio. Pertanto, nelle diverse combinazioni delle NT2018, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali per le azioni (Tab. 2.6.I NT2018) e dei coefficienti di combinazione (Tab. 2.5.I NT2018), per una fascia di solaio di larghezza 1.20m si hanno i seguenti carichi:

**Comb. Fondamentale - SLU**

Carico Massimo Solaio:  $1.2 (1.3 \times 3.48 + 1.5 \times 3.10 + 1.5 \times 0.50 + 1.5 \times 0.5 \times 0.8) = 12.63 \text{ kN/m}^2$   
 Carico Minimo Solaio:  $1.2 (1.0 \times 3.48 + 0.8 \times 3.10 + 0.0 \times 0.50 + 0.0 \times 0.5 \times 0.8) = 7.15 \text{ kN/m}^2$

**Comb. Caratteristica Rara - SLE**

Carico Massimo Solaio:  $1.2 (1.0 \times 3.48 + 1.0 \times 3.10 + 1.0 \times 0.50 + 1.0 \times 0.0 \times 0.8) = 8.50 \text{ kN/m}^2$   
 Carico Minimo Solaio:  $1.2 (1.0 \times 3.48 + 0.0 \times 3.10 + 0.0 \times 0.50 + 0.0 \times 0.8) = 4.18 \text{ kN/m}^2$

**Comb. Frequente - SLE**

Carico Massimo Solaio:  $1.2 (1.0 \times 3.48 + 1.0 \times 3.10 + 1.0 \times 0.2 \times 0.80 + 1.0 \times 0.0 \times 0.5) = 8.09 \text{ kN/m}^2$   
 Carico Minimo Solaio:  $1.2 (1.0 \times 3.48 + 0.0 \times 3.10 + 0.0 \times 0.50 + 0.0 \times 0.80) = 4.18 \text{ kN/m}^2$

**Comb. Quasi Permanente - SLE**

Carico Massimo Solaio:  $1.2 (1.0 \times 3.48 + 1.0 \times 3.10 + 1.0 \times 0.0 \times 0.50 + 1.0 \times 0.0 \times 0.8) = 7.90 \text{ kN/m}^2$   
 Carico Minimo Solaio:  $1.2 (1.0 \times 3.48 + 0.0 \times 3.10 + 0.0 \times 0.50 + 0.0 \times 0.8) = 4.18 \text{ kN/m}^2$

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	98

Di seguito le combinazioni dei carichi considerate al fine di massimizzare il momento positivo in campata ed il momento negativo all'appoggio.

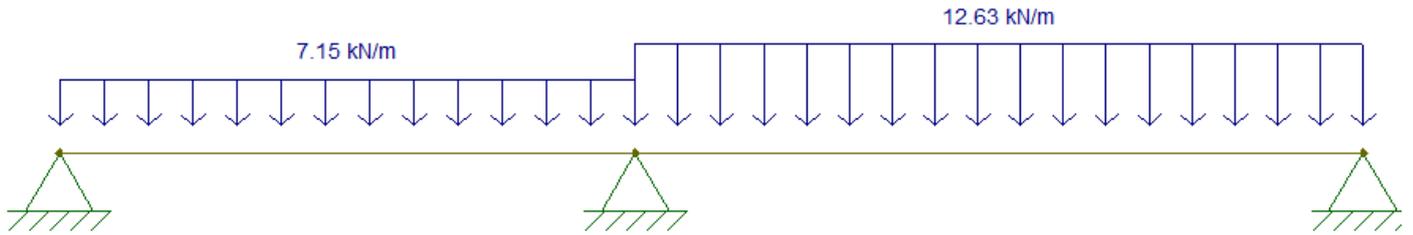


Figure 9-2 Comb.1\_SLU: Combinazione per massimizzare il momento in campata (SLU).

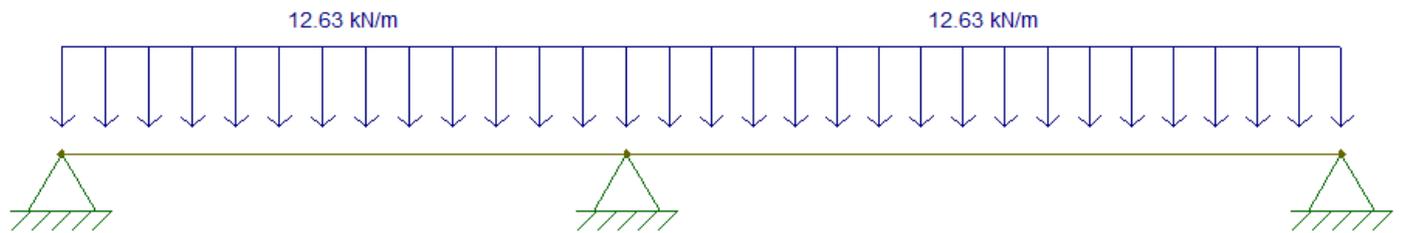


Figure 9-3 Comb.2\_SLU: Combinazione per massimizzare il momento in appoggio (SLU).

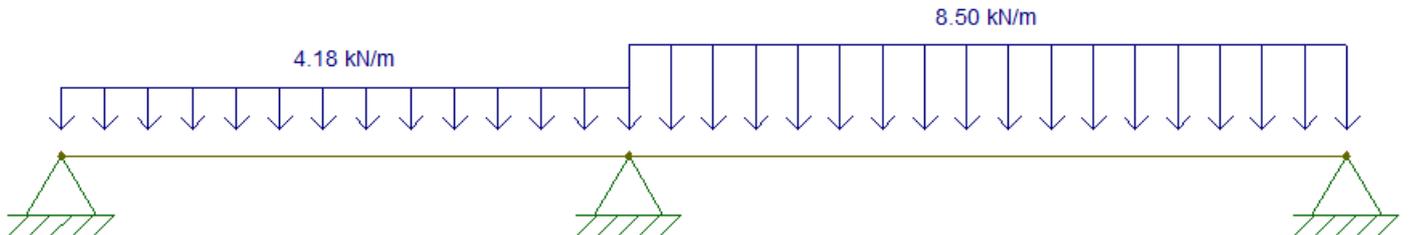


Figure 9-4 Comb.3\_SLE: Combinazione per massimizzare il momento in campata (Rara).

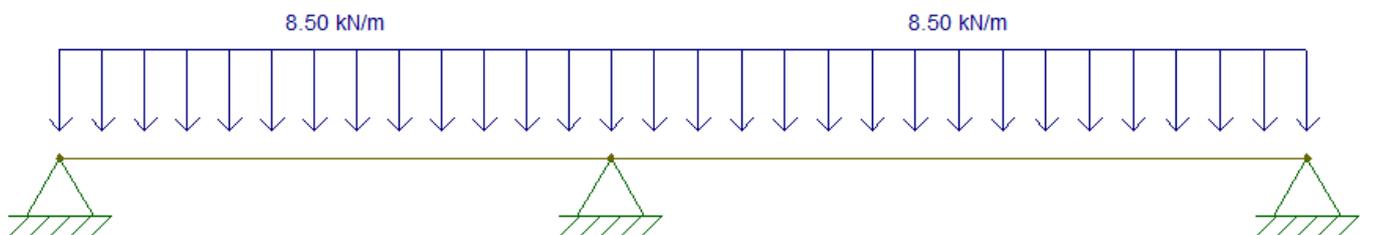


Figure 9-5 Comb.4\_SLE: Combinazione per massimizzare il momento in appoggio (Rara).

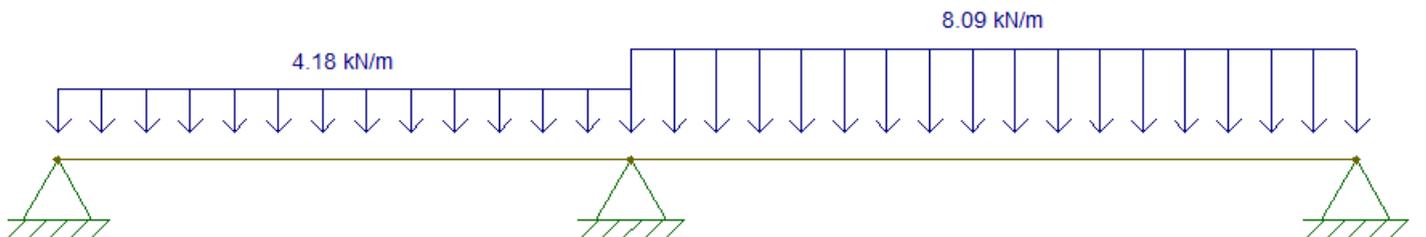


Figure 9-6 Comb.5\_SLE: Combinazione per massimizzare il momento in campata (Frequente).

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	99

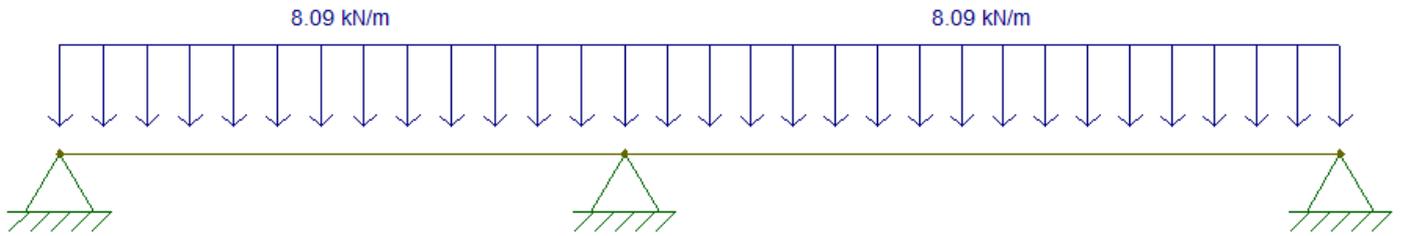


Figure 9-7 Comb.6\_SLE: Combinazione per massimizzare il momento in appoggio (Frequente).

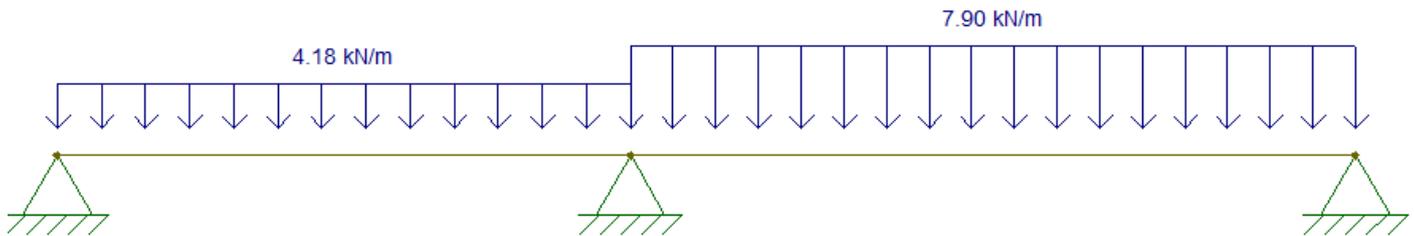


Figure 9-8 Comb.7\_SLE: Combinazione per massimizzare il momento in campata (Quasi Permanente).

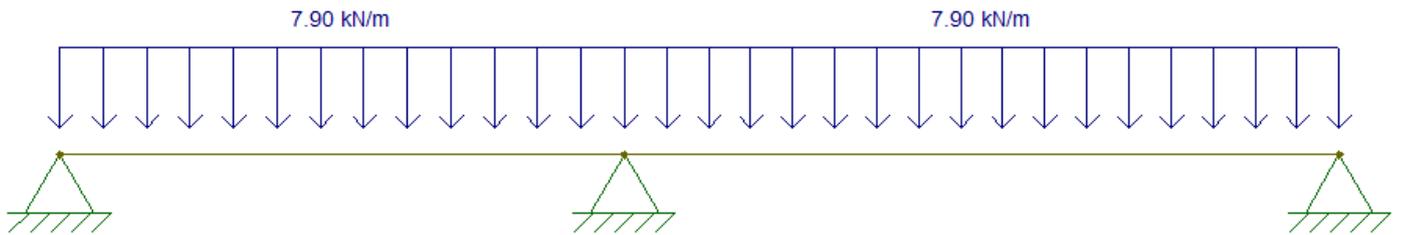


Figure 9-9 Comb.8\_SLE: Combinazione per massimizzare il momento in appoggio (Quasi Permanente).

Si riportano i diagrammi delle sollecitazioni relativi alla combinazione dei carichi allo SLU utilizzata per massimizzare il momento positivo in campata (Vedi Figure 9-2).

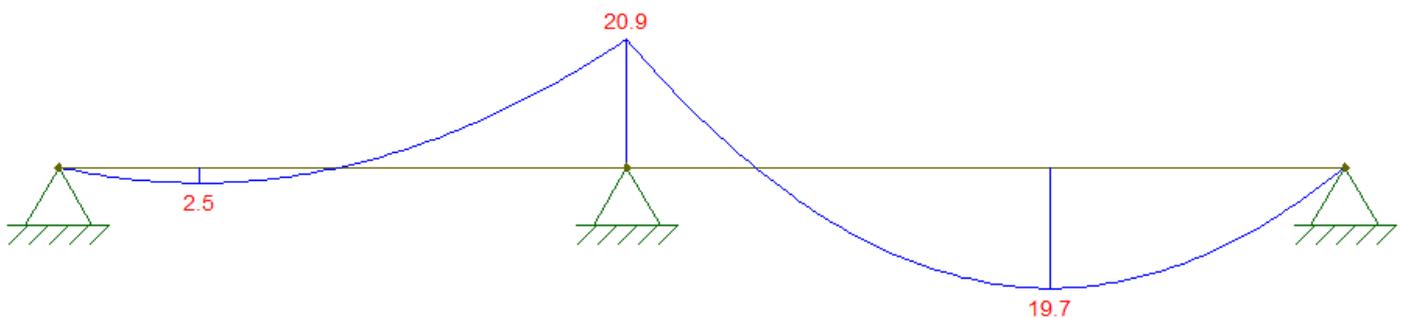


Figure 9-10 Diagramma del momento flettente (Comb.1\_SLU).

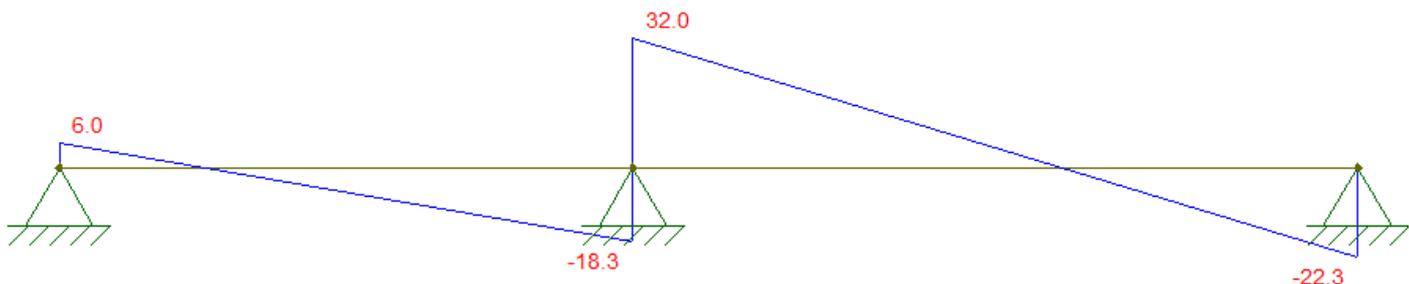


Figure 9-11 Diagramma del taglio (Comb.1\_SLU).

MANDATARIA  	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
<b>LI0B</b>		<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	100

Nella tabella di seguito si riportano i valori massimi delle sollecitazioni ottenuti nelle diverse combinazioni di norma considerate.

Id Comb.	Combinazione	Stato Limite	V <sub>Ed,max</sub> [kN]	M <sup>+</sup> <sub>Ed,max</sub> [kNm]	M <sup>-</sup> <sub>Ed,max</sub> [kNm]
Comb.1_SLU	SLU	SLU	32.0	19.7	20.9
Comb.2_SLU	SLU	SLU	32.8	18.3	24.4
Comb.3_SLE	Rara	SLE	21.4	13.4	13.6
Comb.4_SLE	Rara	SLE	22.1	12.3	16.4
Comb.5_SLE	Frequente	SLE	20.4	12.7	13.1
Comb.6_SLE	Frequente	SLE	21.0	11.7	15.6
Comb.7_SLE	Quasi Permanente	SLE	20.0	12.4	12.9
Comb.8_SLE	Quasi Permanente	SLE	20.5	11.4	15.2

Le verifiche vengono condotte con riferimento ad una sezione equivalente a T con larghezza della soletta pari a 1.20m e spessore 4cm ed un travetto di larghezza 40cm (13+14+13cm) per un'altezza di 20cm. L'armatura ipotizzata è costituita, per singolo travetto, da n.2 barre Ø10 inferiori e n.2 barre Ø10 superiori. Ne consegue quindi un'armatura costituita da n.6 barre Ø10 superiori e n.6 barre Ø10 inferiori.

Di seguito i risultati delle verifiche effettuate.

#### Verifica SLU:

Sez. T: Sezione a T (rovescia e non )

Ba[cm]: Larghezza base inferiore

Ha[cm]: Altezza inferiore

Bs[cm]: Larghezza superiore

Hs[cm]: Altezza superiore

M- [kg\*m] Momento negativo massimo di calcolo<sup>(1)</sup>

N- [kg] Sforzo normale corrispondente ad M-

M+ [kg\*m] Momento positivo massimo di calcolo<sup>(1)</sup>

N+ [kg] Sforzo normale corrispondente ad M+

ΔM- [kg\*m] Incremento di M- per la traslazione del diagramma del momento a causa del taglio

ΔM+ [kg\*m] Incremento di M+ per la traslazione del diagramma del momento a causa del taglio

Afs [cmq] Area di ferro superiore

Afi [cmq] Area di ferro inferiore

C- Combinazione di carico generatore di M-:N-

C+ Combinazione di carico generatore di M+:N+

x- [cm] Profondità asse neutro per la combinazione C-<sup>(5)</sup>

d- [cm] Altezza utile della sezione per la combinazione C-<sup>(6)</sup>

x+ [cm] Profondità asse neutro per la combinazione C+<sup>(5)</sup>

d+ [cm] Altezza utile della sezione per la combinazione C+<sup>(6)</sup>

Mr- [kg\*m] Momento resistente superiore

Mr+ [kg\*m] Momento resistente inferiore

Stato- Stato della sezione per la combinazione C-<sup>(7)</sup>

Stato+ Stato della sezione per la combinazione C+<sup>(7)</sup>

Td [kg] Taglio di verifica<sup>(2)</sup>

VRdns [kg] Resistenza a taglio in assenza di armature

VRcd [kg] Resistenza taglio-compressione calcestruzzo

VRsd [kg] Resistenza taglio-trazione acciaio

VRd [kg] Resistenza a taglio =min(VRcd,VRsd)

MANDATARIA  	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	101

VRd,f [kg] Resistenza a taglio dovuta alla resistenza a trazione del calcestruzzo ad alte prestazioni (quando presente)(cfr. eq 4.2 CNR204/2006), oppure resistenza rinforzo del composito (quando presente)(cfr. eq 4.19 CNR200/2013), oppure resistenza rinforzo della camicia in acciaio (quando presente)(cfr. eq C8.7.4.5 Circolare NTC)

Mt [kg\*m] Momento torcente

Tpl [kg] Taglio dovuto ai momenti resistenti alle estremità della trave

Mr [kg\*m] Momento resistente (ultimo) utilizzato per il calcolo di Tpl quando richiesto

Dx [cm] Distanza dall'estremo da armare con staffe

Staffe [cmq] Area delle staffe

cot(θ) cot(θ) secondo il punto 4.1.2.1.3 delle Norme Tecniche

Sez. T: Ba=40.0 cm Ha=20.0 cm Bs=120.0cm Hs=4.0 cm L=100.0 cm Ln=100.0 cm Criterio: CLS\_Travi - Verifica a presso-flessione retta : **Verificato**

M-	N-	ΔM-	M+	N+	ΔM+	Afs	Afi	Mr-	Mr+	CS
kg*m	kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	cmq	cmq	kg*m	kg*m	
2440	0	--	1970	-0	--	4.71	4.71	3450	4116	1.4

x-	d-	x-/d-	x+	d+	x+/d+	Mr-	Mr+	Stato-	Stato+
cm	cm		cm	cm		kg*m	kg*m		
6.0	19.5	0.306	3.9	19.5	0.198	3450	4116	Parz.	Parz.

Verifica a taglio: cot(θ) =2.500 Comb: 3

Td	VRdns	VRcd	VRsd	VRd	Tpl	Mr	Dx	Staffe	CS
kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg*m	cm	cmq/m	
3280	5086	--	--	5086	0	4116	100.0	0.00	1.6
						3450			

### Verifiche SLE:

Sez. T: Sezione a T (rovescia e non)

Ba[cm]: Larghezza base inferiore

Ha[cm]: Altezza inferiore

Bs[cm]: Larghezza superiore

Hs[cm]: Altezza superiore

σca [kg/cm<sup>2</sup>]

Tensione ammissibile nel cls

σfa [kg/cm<sup>2</sup>]

Tensione ammissibile nell'acciaio

σcta [kg/cm<sup>2</sup>]

Tensione ammissibile a trazione (quando richiesto dalla verifica)

My [kg\*m]

Momento calcolo per verifiche a pressoflessione

N [kg]

Sforzo normale corrispondente ad My (e Mz per Sez. L, Pilastri)

Afsup [cm<sup>2</sup>]

Area di ferro superiore

Afinf [cm<sup>2</sup>]

Area di ferro inferiore

σc [kg/cm<sup>2</sup>]

Tensione nel cls per effetto di N My

σf [kg/cm<sup>2</sup>]

Tensione nell'acciaio per effetto di N My

Act [m<sup>2</sup>]

Area di calcestruzzo teso

Aft [cm<sup>2</sup>]

Area di acciaio teso

pAft [cm]

Perimetro area di acciaio teso

Sr,max [cm]

Distanza massima delle fessure

σsfmed [kg/cm<sup>2</sup>]

Tensione media dell'acciaio

Wd [mm]

Apertura delle fessure

Wk [mm]

Apertura caratteristica delle fessure

Wamm\_Freq [mm]

Apertura ammissibile delle fessure per combinazione Frequente

Wamm\_Qp [mm]

Apertura ammissibile delle fessure per combinazione Quasi Permanente

Wamm\_Rara [mm]

Apertura ammissibile delle fessure per combinazione Rara

Cs Coefficiente di sicurezza definito come minimo di σAmm/σ tra acciaio e calcestruzzo oppure Wamm/Wk

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

Sez. T: Ba=40.0 cm Ha=20.0 cm Bs=120.0cm Hs=4.0 cm L=100.0 cm Ln=100.0 cm Criterio: CLS\_Travi

Combinazione Rara:  $\sigma_{ca}[kg/cm^2]=199$   $\sigma_{fa}[kg/cm^2]=3600$

N	My	Afsup	Afinf	$\sigma_c$	$\sigma_f$	Ver.	Cs
kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq		
0	1640	4.71	4.71	-65	2040	Si	1.8

Combinazione QP:  $\sigma_{ca}[kg/cm^2]=149$   $\sigma_{fa}[kg/cm^2]=3600$

N	My	Afsup	Afinf	$\sigma_c$	$\sigma_f$	Ver.	Cs
kg	kg*m	cmq	cmq	kg/cmq	kg/cmq		
0	1520	4.71	4.71	-61	1891	Si	1.9

Verifica aperture fessure:  $W_{amm\_Freq}[mm]=0.400$   $W_{amm\_Qp}[mm]=0.300$

N	My	Act	Aft	pAft	$S_{r,max}$	$\sigma_{fmed}$	Wd	Wk	Comb	Ver.	Cs
kg	kg*m	mq	cmq	cm	cm	kg/cmq	mm	Mm			
0	1520	0.0	4.71	18.85	22.5	1891	0.122	0.207	Qp	Si	1.4
0	1560	0.0	4.71	18.85	22.5	1941	0.125	0.213	Fr	Si	1.9

## 9.5 VERIFICHE GEOTECNICHE

Per le verifiche geotecniche si considera la stratigrafia di riferimento costituita da n. 3 strati riportata al capitolo 5 della presente relazione di calcolo; la presenza della falda è presa in considerazione in base alla sua profondità dal piano campagna. Per la verifica a carico limite si adotta l'approccio 2 con una unica combinazione di carico A1+M1+R3, in cui i coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze sono unitari ed il coefficiente di sicurezza globale è pari a 2.3 per il carico limite verticale e pari a 1.1 per il coefficiente di sicurezza per il carico limite orizzontale. L'effetto del sisma è portato in conto considerando una la forza statica orizzontale; poiché tale forza non è né centrata né verticale è necessario considerare fattori correttivi per l'inclinazione del carico e una riduzione delle dimensioni della fondazione, in funzione dell'eccentricità. Di seguito si riporta il calcolo per le combinazioni più gravose; in calce è riportato un riepilogo per tutte le combinazioni.

### 9.5.1 Carico limite

Il calcolo del carico limite è valutato secondo la formula di Terzaghi-Meyerof

$$Q_{lim} = q \cdot N_q \cdot \zeta_q \cdot \xi_q \cdot \alpha_q \cdot \beta_q \cdot \psi_q \cdot z_q + c \cdot N_c \cdot \zeta_c \cdot \xi_c \cdot \alpha_c \cdot \beta_c \cdot \psi_c \cdot z_c + \gamma \cdot N_\gamma \cdot \frac{B}{2} \cdot \zeta_\gamma \cdot \xi_\gamma \cdot \alpha_\gamma \cdot \beta_\gamma \cdot \psi_\gamma \cdot z_\gamma$$

dove:

- $N_q, N_c, N_\gamma$  Coefficienti di Terzaghi - Meyerof per la striscia indefinita
- $\zeta_q, \zeta_c, \zeta_\gamma$  Coefficienti correttivi di forma, funzione del rapporto B/L
- $\xi_q, \xi_c, \xi_\gamma$  Coefficienti correttivi di inclinazione del carico, dipendenti da H/V
- $\alpha_q, \alpha_c, \alpha_\gamma$  Coefficienti correttivi di inclinazione del piano di posa
- $\beta_q, \beta_c, \beta_\gamma$  Coefficienti correttivi di inclinazione del piano campagna
- $Z_q, Z_c, Z_\gamma$  Coefficienti sismici per considerare l'effetto cinematico, considerati solo in presenza di sisma
- $\psi_q, \psi_c, \psi_\gamma$  Coefficienti correttivi di punzonamento dipendenti da un indice di rigidezza del terreno.

MANDATARIA  	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	103

Le espressioni dei coefficienti correttivi sono riportate di seguito.

- Coefficienti di forma

$$\zeta_q = 1 + \frac{B}{L} \operatorname{tg}(\phi) \quad \zeta_c = 1 + \frac{B N_q}{L N_c} \quad \zeta_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

- Coefficienti di inclinazione del carico

$$\xi_q = \left[ 1 - \frac{H \operatorname{tg}(\phi)}{V \operatorname{tg}(\phi) + B L c} \right]^m \quad \xi_c = \xi_q - \frac{1 - \xi_q}{N_c \operatorname{tg}(\phi)} \quad \xi_\gamma = \left[ 1 - \frac{H \operatorname{tg}(\phi)}{V \operatorname{tg}(\phi) + B L c} \right]^{m+1}$$

essendo

$$m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$$

- Coefficienti correttivi di inclinazione del piano di posa

$$\alpha_q = (1 - \epsilon \operatorname{tg}(\phi))^2 \quad \alpha_c = \alpha_q - \frac{1 - \alpha_q}{N_c \operatorname{tg}(\phi)} \quad \alpha_\gamma = \alpha_q$$

con

$$\epsilon < \pi/4$$

- Coefficienti correttivi di inclinazione del piano campagna

$$\beta_q = (1 - \operatorname{tg}(\omega))^2 \cos(\phi) \quad \beta_c = \beta_q - \frac{q - \beta_\gamma}{N_c \operatorname{tg}(\phi)} \quad \beta_\gamma = \frac{\beta_q}{\cos(\omega)}$$

con

$$\omega < \pi/4; \quad \omega < \phi$$

- Coefficienti di punzonamento

$$\psi_q = \left( \left( 0.6 \frac{B}{L} - 4.4 \right) \operatorname{tg}(\phi) + \frac{3.07 \sin(\phi) \log_{10}(2I_r)}{1 + \sin(\phi)} \right)$$

$$\psi_c = \psi_q - \frac{1 - \psi_q}{N_q \operatorname{tg}(\phi)} \quad \text{se } \phi \neq 0$$

$$\psi_c = 0.32 + 0.12 \frac{B}{L} + 0.6 \log_{10}(I_r) \quad \text{se } \phi = 0$$

$$\psi_\gamma = \psi_q$$

- Coefficienti sismici

$$z_q = z_c = 1 \quad z_g = \left( 1 - \frac{kh}{\operatorname{tg}(\phi)} \right)^{0.45}$$

con

$$kh = \beta \frac{a_{max}}{g} \quad (\text{cfr. NT - 7.11.3})$$

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

Detto  $I_r$  l'indice di rigidezza del terreno (secondo la teoria di Vesic dipendente dal modulo tangenziale  $G=0.5 \cdot E/(1+\nu)$  del terreno, dalla coesione  $c$ , dalla tensione effettiva alla profondità  $B/2$  sotto il piano di posa e dall'angolo di attrito del terreno di fondazione) ed  $I_{rcrit}$  l'indice di rigidezza critico (dipendente dall'angolo di attrito del terreno e dal rapporto  $B/L$ ), i coefficienti di punzonamento sono uguali alla unità quando  $I_r \geq I_{rcrit}$ , mentre sono minori dell'unità quando  $I_r < I_{rcrit}$ .

Oltre a queste correzioni un'altra deriva dall'eccentricità del carico e consiste nel ridurre le dimensioni della fondazione in modo che il carico risulti centrato rispetto alla fondazione ridotta; dette  $e_b$  ed  $e_l$  le eccentricità del carico nella direzione di  $B$  ed  $L$ , il carico limite si calcola per una fondazione di dimensioni ridotte  $B' = B - 2e_b$  e  $L' = L - 2e_l$ .

Altra correzione deriva dalla presenza della falda inserendo i pesi del terreno immerso nel primo e terzo termine dell'espressione del carico limite, in particolare, detta  $H_f$  la profondità della falda e  $D$  la profondità del piano di posa, si assume che quando:

- $H_f \leq D$  si valuta la pressione effettiva sul piano di posa considerando che parte del terreno superiore è immerso, mentre nel terzo termine si userà il peso immerso;
- $D < H_f \leq D + B$  il peso del terreno del terzo termine si interpola tra i valori immerso e secco secondo la formula:  $\gamma^* = \gamma'' + (\gamma - \gamma'') D/B$ ;
- $D + B < H_f$  la falda è trascurata.

I coefficienti di Terzaghi - Meyerof per la striscia ed i coefficienti correttivi sono dati dalle relazioni:

$$N_q = \frac{1 + \sin(\phi)}{1 - \sin(\phi)} e^{\pi \tan(\phi)} \quad N_c = (N_q - 1) \cot(\phi)$$

I valori del coefficiente  $N_\gamma$  sono riportati nella tabella seguente in funzione dell'angolo di attrito del terreno.

$\phi^\circ$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$N_\gamma$	0	0.07	0.15	0.24	0.34	0.45	0.57	0.71	0.86
$\phi^\circ$	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$N_\gamma$	1.03	1.22	1.44	1.69	1.97	2.29	2.65	3.06	3.53
$\phi^\circ$	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$N_\gamma$	4.07	4.68	5.39	6.2	7.13	8.2	9.44	10.88	12.54
$\phi^\circ$	27	28	29	30	31	32	33	34	35
$N_\gamma$	14.47	16.72	19.34	22.4	25.99	30.22	35.19	41.06	48.03
$\phi^\circ$	36	37	38	39	40	41	42	43	44
$N_\gamma$	56.31	66.19	78.03	92.25	109.41	130.22	155.55	186.54	224.64
$\phi^\circ$	45	46	47	48	49	50	-	-	-
$N_\gamma$	271.76	330.75	403.67	496.01	613.16	762.89	-	-	-

Per la fondazione composta si adotta una fondazione rettangolare equivalente ottenuta mediando le basi dei tratti pesati rispetto alla loro lunghezza; il numero di tratti che si prendono in considerazione sono quelli che si ottengono considerando la parte di fondazione sulla quale le tensioni del terreno non sono nulle considerando le sole condizioni di equilibrio (metodo del trapezio). La fondazione equivalente è poi ridotta in base alle eccentricità della risultante dei carichi verticali.

### Simbologia carico limite fondazione composta:

- B Base del tratto
- L Lunghezza del tratto
- $X_q$  Distanza inizio carico distribuito dall'estremo sinistro del tratto
- $L_q$  Lunghezza del carico distribuito
- $E_q$  Eccentricità del carico distribuito rispetto all'asse del tratto
- $Q_{v1}$  Primo valore del carico distribuito normale
- $Q_{v2}$  Secondo valore del carico distribuito normale

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	105

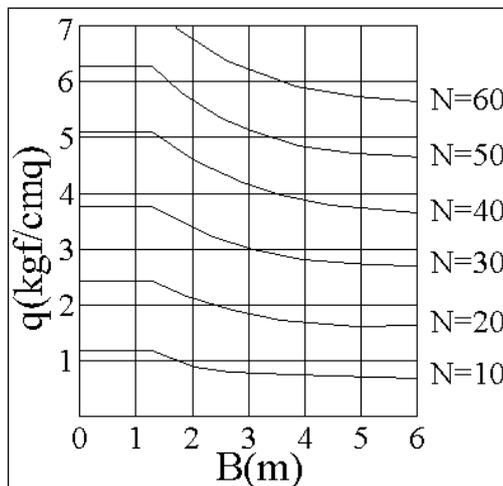
- Qh<sub>1</sub> Primo valore del carico distribuito tangenziale
- Qh<sub>2</sub> Secondo valore del carico distribuito tangenziale
- XF Distanza forza dall'estremo sinistro della fondazione; n.b. la posizione è comprensiva di eventuali momenti di trasporto; quindi, sono possibili valori negativi e valori superiori alla lunghezza della fondazione
- EF Eccentricità forza dall'asse del tratto
- Fv Componente normale della forza
- Fh Componente tangenziale della forza
- D Profondità del piano di posa
- ε Inclinazione del piano di posa
- ω Inclinazione del piano campagna
- φ Angolo di attrito del terreno di fondazione
- c Coesione del terreno di fondazione
- G Modulo tangenziale del terreno di fondazione
- γ<sub>1</sub> Peso specifico terreno superiore
- γ Peso specifico terreno di fondazione
- γ<sub>1Sat</sub> Peso specifico terreno saturo superiore
- γ<sub>Sat</sub> Peso specifico terreno saturo di fondazione
- Hf Profondità della falda
- W0 Peso specifico acqua

Il terreno è modellato come sequenza di strati di tipo incoerente (terreni ad elevata permeabilità). Per i terreni incoerenti non è possibile prelevare campioni intatti; per la valutazione dei parametri meccanici occorre riferirsi a prove in sito quali CPT ed SPT e quindi far uso di correlazioni empiriche per la loro valutazione. Per tali terreni, quindi, i metodi per la valutazione dei cedimenti sono empirici o semi-empirici.

**Simbologia terreno incoerente: Metodo di Terzaghi e Peck**

- H Spessore dello strato
- Df Profondità della fondazione rispetto allo scavo del cassone della struttura
- γ Peso specifico del terreno dello strato
- γ<sub>Sat</sub> Peso specifico del terreno saturo dello strato
- N<sub>SPT</sub> Numero di colpi Standard Penetration Test
- F.Fine Indica se la frazione fina è rilevante, quando lo strato si trova sotto falda il numero di colpi deve essere corretto

Il cedimento é calcolato con il metodo di Terzaghi e Peck, in base a prove SPT. Gli A.A. propongono un abaco in funzione di B, base della fondazione ed N, numero di colpi, in cui forniscono il carico q che provoca un cedimento di 2.5 cm, assumendo che tale valore fosse un cedimento accettabile. Il metodo nasce come metodo di verifica, in seguito il metodo è stato usato per il calcolo dei cedimenti istituendo una proporzionalità diretta tra q e w secondo la relazione  $w(\text{cm})=2.5 * q/q_{\text{abaco}}$ .



MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

Il valore di N da introdurre è quello compreso tra le profondità D e D+B e va corretto in presenza di sabbie fini e/o limose sottofalda per tener conto del fittizio aumento di resistenza per l'insorgere di sovrappressioni neutre durante l'infissione dello strumento di prova.

La correzione da apportare è data da:  $N' = 15 + 0.5 \cdot (N - 15)$  solo se  $N > 15$ .

Il valore del carico che si legge sull'abaco va corretto in base alla profondità della falda e della profondità del piano di posa.

Per  $H_f = D$   $q_{abaco}$  va dimezzato.

Per  $H_f \geq D+B$   $q_{abaco}$  è intero.

Per  $D < H_f < D+B$  si interpola linearmente.

Al valore così calcolato si applica un coefficiente di profondità dato dalla relazione  $C_D = (1 - 0.25 \cdot D/B)$  per  $0 < D < B$ ,  $C_D = 1$  per  $D > B$ .

## Risultati dell'analisi

### Travata 9005-2

La fondazione è composta da elementi rettangolari, la profondità della falda è  $H_f = 5.00$  m e il peso specifico dell'acqua è  $W_0 = 1.00$  t/mc.

### Geometria fondazione

Tratto	B	L
	m	m
1	1.80	5.70

### Parametri geotecnici

D	$\varepsilon$	$\omega$	$\phi$	c	G	$\gamma_1$	$\gamma$	$\gamma_{1Sat}$	$\gamma_{Sat}$
m	°	°	°	kg/cmq	kg/cmq	t/mc	t/mc	t/mc	t/mc
1.50	0.00	0.00	17.00	0.06	115.39	1.90	2.10	2.00	2.20

### Carichi distribuiti

Carico	Xq	Lq	Eq	Qv1	Qv2	Qh1	Qh2
	m	m	m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m
1	0.00	5.70	0.00	6218.25	6218.25	-0.00	0.00

### Carichi concentrati

Forza	XF	EF	Fv	Fh
	m	m	kg	kg
1		1.36	0.00	5770
2		4.62	0.00	7504

### Carico limite

La fondazione data è equivalente a una fondazione rettangolare di dimensioni  $B = 1.80$  m ed  $L = 5.51$  m. Si riportano di seguito i coefficienti correttivi.

$N_q$	$N_c$	$N_\gamma$
4.772	12.338	3.530
$\alpha_q$	$\alpha_c$	$\alpha_\gamma$
1.000	1.000	1.000
$\beta_q$	$\beta_c$	$\beta_\gamma$
1.000	1.000	1.000
$\xi_q$	$\xi_c$	$\xi_\gamma$
1.000	1.000	1.000
$\psi_q$	$\psi_c$	$\psi_\gamma$
1.000	1.000	1.000
$\zeta_q$	$\zeta_c$	$\zeta_\gamma$

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

1.100	1.126	0.869
zq	zc	zg
1.000	1.000	1.000
N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>	N <sub>γ</sub>
5.249	13.897	3.069

Di seguito si riporta una sintesi dei valori utilizzati per effettuare la verifica della fondazione.

Indice di rigidità critico I <sub>crit</sub>	35.440
Indice di rigidità I <sub>r</sub>	563.087
Azione verticale sollecitante V	48718 kg
Azione orizzontale sollecitante H	0 kg
Eccentricità lungo B e <sub>b</sub>	0.00 m
Eccentricità lungo L e <sub>l</sub>	0.10 m
Carico limite verticale di calcolo Q <sub>lim</sub>	2.91 kg/cmq
Carico limite verticale di progetto Q <sub>d</sub>	1.27 kg/cmq
Coefficiente di sicurezza γ <sub>v</sub>	2.300

Carico limite orizzontale di calcolo H <sub>lim</sub>	20844 kg
Carico limite orizzontale di progetto H <sub>d</sub>	18949 kg
Coefficiente di sicurezza γ <sub>h</sub>	1.100
V=48718 kg ≤ V <sub>d</sub> =125442 kg	<b>VERIFICATO</b>
H=0 kg ≤ H <sub>d</sub> =18949 kg	<b>VERIFICATO</b>

### Tensioni indotte sul terreno

Le tensioni sono riferite ai vertici dei tratti della fondazione posti in un riferimento XY con X coincidente con l'asse dei tratti ed origine nel primo tratto. I tratti sono considerati consecutivamente uno dopo l'altro in direzione X.

X	Y	σ
m	m	kg/cmq
0.00	0.90	0.43
5.70	0.90	0.52
0.00	-0.90	0.43
5.70	-0.90	0.52

N°	H	γ	γ <sub>Sat</sub>	N <sub>SPT</sub>	F.Fine
	m	t/mc	t/mc		
1	2.00	1.90	2.00	13	Si
2	12.30	2.10	2.20	24	Si
3	15.70	1.96	2.06	37	Si

Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

Profondità fondazione D <sub>f</sub>	1.50 m
Carico totale q <sub>tot</sub>	0.19 kg/cmq
Valore medio di N <sub>SPT</sub>	20.944
Valore di q(2.5 cm)	2.31955 kg/cmq
Valore di q(2.5 cm) ridotto	1.8363 kg/cmq
CD	0.792
CW	1.000
Cedimento W	3 mm

### Travata 9005-8

La fondazione è composta da elementi rettangolari, la profondità della falda è H<sub>f</sub>=5.00 m e il peso specifico dell'acqua é W<sub>0</sub>=1.00 t/mc.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

### Geometria fondazione

Tratto	B	L
	m	m
1	1.80	5.70

### Parametri geotecnici

D	$\varepsilon$	$\omega$	$\phi$	c	G	$\gamma_1$	$\gamma$	$\gamma_{1Sat}$	$\gamma_{Sat}$
m	°	°	°	kg/cmq	kg/cmq	t/mc	t/mc	t/mc	t/mc
1.50	0.00	0.00	17.00	0.06	115.39	1.90	2.10	2.00	2.20

### Carichi distribuiti

Carico	Xq	Lq	Eq	Qv1	Qv2	Qh1	Qh2
	m	m	m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m
1	0.00	5.70	0.00	6218.25	6218.25	-0.00	0.00

### Carichi concentrati

Forza	XF	EF	Fv	Fh
	m	m	kg	kg
1	1.38	0.00	4998	-51
2	4.64	0.00	7309	1051

### Carico limite

La fondazione data è equivalente a una fondazione rettangolare di dimensioni B=1.80 m ed L=5.46 m. Si riportano di seguito i coefficienti correttivi.

$N_q$	$N_c$	$N_\gamma$
4.772	12.338	3.530
$\alpha_q$	$\alpha_c$	$\alpha_\gamma$
1.000	1.000	1.000
$\beta_q$	$\beta_c$	$\beta_\gamma$
1.000	1.000	1.000
$\xi_q$	$\xi_c$	$\xi_\gamma$
0.974	0.967	0.959
$\psi_q$	$\psi_c$	$\psi_\gamma$
1.000	1.000	1.000
$\zeta_q$	$\zeta_c$	$\zeta_\gamma$
1.101	1.128	0.868
$z_q$	$z_c$	$z_\gamma$
1.000	1.000	1.000
$N'_q$	$N'_c$	$N'_\gamma$
5.117	13.455	2.940

Di seguito si riporta una sintesi dei valori utilizzati per effettuare la verifica della fondazione.

Indice di rigidezza critico $I_{r_{crit}}$	35.374
Indice di rigidezza $I_r$	563.087
Azione verticale sollecitante V	47751 kg
Azione orizzontale sollecitante H	1000 kg
Eccentricità lungo B eb	0.00 m
Eccentricità lungo L el	0.12 m
Carico limite verticale di calcolo $Q_{lim}$	2.82 kg/cmq
Carico limite verticale di progetto Qd	1.23 kg/cmq
Coefficiente di sicurezza $\gamma_v$	2.300

Carico limite orizzontale di calcolo $H_{lim}$	20493 kg
Carico limite orizzontale di progetto Hd	18630 kg
Coefficiente di sicurezza $\gamma_h$	1.100

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

V=47751 kg ≤ Vd=120508 kg  
H=1000 kg ≤ Hd=18630 kg

**VERIFICATO**  
**VERIFICATO**

### Tensioni indotte sul terreno

Le tensioni sono riferite ai vertici dei tratti della fondazione posti in un riferimento XY con X coincidente con l'asse dei tratti ed origine nel primo tratto. I tratti sono considerati consecutivamente uno dopo l'altro in direzione X.

X	Y	σ
m	m	kg/cmq
0.00	0.90	0.41
5.70	0.90	0.52
0.00	-0.90	0.41
5.70	-0.90	0.52

N°	H	γ	γ <sub>Sat</sub>	N <sub>SPT</sub>	F.Fine
	m	t/mc	t/mc		
1	2.00	1.90	2.00	13	Si
2	12.30	2.10	2.20	24	Si
3	15.70	1.96	2.06	37	Si

Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

Profondità fondazione D<sub>f</sub> 1.50 m  
Carico totale q<sub>tot</sub> 0.18 kg/cmq  
Valore medio di N<sub>SPT</sub> 20.944  
Valore di q(2.5 cm) 2.31955 kg/cmq  
Valore di q(2.5 cm) ridotto 1.8363 kg/cmq  
CD 0.792  
CW 1.000  
Cedimento W 2 mm

### Travata 9005-(63+64)-VIII-1

La fondazione è composta da elementi rettangolari, la profondità della falda è H<sub>f</sub>=5.00 m e il peso specifico dell'acqua é W<sub>0</sub>=1.00 t/mc.

### Geometria fondazione

Tratto	B	L
	m	m
1	1.80	5.70

### Parametri geotecnici

D	ε	ω	φ	c	G	γ <sub>1</sub>	γ	γ <sub>1Sat</sub>	γ <sub>Sat</sub>
m	°	°	°	kg/cmq	kg/cmq	t/mc	t/mc	t/mc	t/mc
1.50	0.00	0.00	17.00	0.06	115.39	1.90	2.10	2.00	2.20

### Carichi distribuiti

Carico	X <sub>q</sub>	L <sub>q</sub>	E <sub>q</sub>	Q <sub>V1</sub>	Q <sub>V2</sub>	Q <sub>H1</sub>	Q <sub>H2</sub>
	m	m	m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m
1	0.00	5.70	0.00	4465.50	4465.50	-0.00	0.00

### Carichi concentrati

Forza	XF	EF	Fv	Fh
	m	m	kg	kg
1	1.49	0.00	3198	198
2	4.64	0.00	6467	1744

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>Relazione di calcolo fabbricato energia</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B

### Carico limite

La fondazione data è equivalente a una fondazione rettangolare di dimensioni B=1.80 m ed L=5.29 m. Si riportano di seguito i coefficienti correttivi.

$N_q$	$N_c$	$N_\gamma$
4.772	12.338	3.530
$\alpha_q$	$\alpha_c$	$\alpha_\gamma$
1.000	1.000	1.000
$\beta_q$	$\beta_c$	$\beta_\gamma$
1.000	1.000	1.000
$\xi_q$	$\xi_c$	$\xi_\gamma$
0.938	0.921	0.904
$\psi_q$	$\psi_c$	$\psi_\gamma$
1.000	1.000	1.000
$\zeta_q$	$\zeta_c$	$\zeta_\gamma$
1.104	1.132	0.864
$z_q$	$z_c$	$z_\gamma$
1.000	1.000	0.878
$N'_q$	$N'_c$	$N'_\gamma$
4.941	12.864	2.419

Di seguito si riporta una sintesi dei valori utilizzati per effettuare la verifica della fondazione

Coeff. sismico $K_h$	0.077
Indice di rigidezza critico $I_{r_{crit}}$	35.147
Indice di rigidezza $I_r$	563.087
Azione verticale sollecitante $V$	35118 kg
Azione orizzontale sollecitante $H$	1942 kg
Eccentricità lungo B $e_b$	0.00 m
Eccentricità lungo L $e_l$	0.21 m
Carico limite verticale di calcolo $Q_{lim}$	2.64 kg/cmq
Carico limite verticale di progetto $Q_d$	1.15 kg/cmq
Coefficiente di sicurezza $\gamma_v$	2.300

Carico limite orizzontale di calcolo $H_{lim}$	16448 kg
Carico limite orizzontale di progetto $H_d$	14953 kg
Coefficiente di sicurezza $\gamma_h$	1.100
$V=35118 \text{ kg} \leq V_d=109148 \text{ kg}$	<b>VERIFICATO</b>
$H=1942 \text{ kg} \leq H_d=14953 \text{ kg}$	<b>VERIFICATO</b>

### Tensioni indotte sul terreno

Le tensioni sono riferite ai vertici dei tratti della fondazione posti in un riferimento XY con X coincidente con l'asse dei tratti ed origine nel primo tratto. I tratti sono considerati consecutivamente uno dopo l'altro in direzione X.

X	Y	$\sigma$
m	m	kg/cmq
0.00	0.90	0.27
5.70	0.90	0.42
0.00	-0.90	0.27
5.70	-0.90	0.42

N°	H	$\gamma$	$\gamma_{Sat}$	$N_{SPT}$	F.Fine
	m	t/mc	t/mc		
1	2.00	1.90	2.00	13	Si
2	12.30	2.10	2.20	24	Si
3	15.70	1.96	2.06	37	Si

Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>111</b>

Profondità fondazione Df 1.50 m  
 Carico totale q<sub>tot</sub> 0.06 kg/cmq  
 Valore medio di N<sub>SPT</sub> 20.944  
 Valore di q(2.5 cm) 2.31955 kg/cmq  
 Valore di q(2.5 cm) ridotto 1.8363 kg/cmq  
 CD 0.792  
 CW 1.000  
 Cedimento W 1 mm

**Riepilogo risultati del calcolo**

Elm.	Combinazione	V	Vd	CsV (>2.30)	H	Hd	CsH (>1.10)	Qd	qe	W
		kg	kg		kg	kg		kg/cmq	kg/cmq	mm
9001	1	58565	168820	6.63	0	23652	>100	1.25	0.14	2
	2	59885	166971	6.41	561	24042	47.14	1.23	0.15	2
	3	59879	165882	6.37	561	23990	47.04	1.23	0.15	2
	4	59013	168796	6.58	0	23776	>100	1.25	0.14	2
	5	60703	168750	6.39	0	24243	>100	1.25	0.15	2
	6	59065	165740	6.45	934	23831	28.06	1.22	0.14	2
	7	59055	163914	6.38	934	23744	27.96	1.22	0.14	2
	8	57611	168802	6.74	0	23386	>100	1.25	0.13	2
	9	60429	168724	6.42	0	24166	>100	1.25	0.15	2
	10	59720	166966	6.43	561	23996	47.06	1.23	0.15	2
	11	59713	165874	6.39	561	23944	46.96	1.23	0.15	2
	12	58847	168794	6.60	0	23729	>100	1.25	0.14	2
	13	60538	168748	6.41	0	24197	>100	1.25	0.15	2
	14	59058	166947	6.50	560	23812	46.73	1.23	0.14	2
	15	59052	165843	6.46	560	23760	46.64	1.23	0.14	2
	16	58186	168785	6.67	0	23545	>100	1.25	0.13	2
	17	59876	168739	6.48	0	24013	>100	1.25	0.15	2
	18	58940	166905	6.51	559	23777	46.76	1.23	0.14	2
	19	58934	165799	6.47	559	23725	46.66	1.23	0.14	2
	20	58068	168740	6.68	0	23510	>100	1.25	0.13	2
	21	59758	168694	6.49	0	23978	>100	1.25	0.15	2
	(63+64)-I-1	41180	154666	8.64	2277	18908	9.13	1.13	0.01	0
	(63+64)-I-2	44156	154682	8.06	2442	19751	8.90	1.13	0.03	0
	(63+64)-I-3	41012	146939	8.24	2268	18481	8.96	1.13	0.01	0
	(63+64)-I-4	43988	147104	7.69	2433	19331	8.74	1.13	0.03	0
	(63+64)-II-1	37650	162889	9.95	625	17925	31.57	1.19	0.00	0
	(63+64)-II-2	47569	162373	7.85	789	20672	28.81	1.19	0.06	1
	(63+64)-II-3	37599	158907	9.72	624	17722	31.25	1.19	0.00	0
	(63+64)-II-4	47518	159231	7.71	788	20509	28.62	1.19	0.06	1
	(63+64)-III-1	41148	154488	8.64	2276	18890	9.13	1.13	0.01	0
	(63+64)-III-2	44188	154847	8.06	2444	19768	8.90	1.13	0.03	0
	(63+64)-III-3	40980	147115	8.26	2266	18480	8.97	1.13	0.01	0
	(63+64)-III-4	44020	146941	7.68	2435	19332	8.73	1.13	0.03	0
	(63+64)-IV-1	37543	163567	10.02	623	17927	31.66	1.19	0.00	0
	(63+64)-IV-2	47676	161841	7.81	791	20677	28.76	1.19	0.06	1
	(63+64)-IV-3	37492	159575	9.79	622	17724	31.34	1.19	0.00	0
	(63+64)-IV-4	47625	158705	7.66	790	20514	28.56	1.19	0.06	1
	(63+64)-V-1	41123	154291	8.63	2274	18873	9.13	1.13	0.01	0
	(63+64)-V-2	44099	154335	8.05	2439	19718	8.89	1.13	0.03	0
	(63+64)-V-3	41069	146569	8.21	2271	18479	8.95	1.13	0.01	0
	(63+64)-V-4	44045	146759	7.66	2436	19330	8.73	1.13	0.03	0
	(63+64)-VI-1	37633	163017	9.96	624	17926	31.58	1.19	0.00	0
	(63+64)-VI-2	47552	162474	7.86	789	20672	28.82	1.19	0.06	1
	(63+64)-VI-3	37616	158781	9.71	624	17721	31.23	1.19	0.00	0
	(63+64)-VI-4	47535	159131	7.70	789	20509	28.61	1.19	0.06	1

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	112

Elm.	Combinazione	V	Vd	CsV (>2.30)	H	Hd	CsH (>1.10)	Qd	qe	W
	(63+64)-VII-1	41091	154113	8.63	2272	18856	9.13	1.13	0.01	0
	(63+64)-VII-2	44131	154500	8.05	2441	19735	8.90	1.13	0.03	0
	(63+64)-VII-3	41037	146744	8.22	2270	18478	8.96	1.13	0.01	0
	(63+64)-VII-4	44077	146597	7.65	2438	19331	8.72	1.13	0.03	0
	(63+64)-VIII-1	37526	163695	10.03	623	17928	31.68	1.19	0.00	0
	(63+64)-VIII-2	47659	161942	7.82	791	20677	28.77	1.19	0.06	1
	(63+64)-VIII-3	37510	159448	9.78	622	17723	31.33	1.19	0.00	0
	(63+64)-VIII-4	47642	158606	7.66	790	20514	28.55	1.19	0.06	1
9002	1	58565	168820	6.63	0	23652	>100	1.25	0.14	2
	2	59908	166980	6.41	561	24049	47.13	1.23	0.15	2
	3	59902	165892	6.37	561	23997	47.04	1.23	0.15	2
	4	60726	168760	6.39	0	24250	>100	1.25	0.15	2
	5	59036	168806	6.58	0	23782	>100	1.25	0.14	2
	6	59088	165749	6.45	935	23838	28.06	1.22	0.14	2
	7	59078	163923	6.38	934	23751	27.96	1.22	0.14	2
	8	60452	168734	6.42	0	24173	>100	1.25	0.15	2
	9	57635	168812	6.74	0	23393	>100	1.25	0.13	2
	10	59743	166975	6.43	561	24003	47.05	1.23	0.15	2
	11	59736	165884	6.39	561	23951	46.96	1.23	0.15	2
	12	60561	168758	6.41	0	24204	>100	1.25	0.15	2
	13	58870	168804	6.59	0	23736	>100	1.25	0.14	2
	14	59081	166956	6.50	561	23819	46.73	1.23	0.14	2
	15	59075	165853	6.46	561	23767	46.63	1.23	0.14	2
	16	59899	168749	6.48	0	24020	>100	1.25	0.15	2
	17	58209	168796	6.67	0	23552	>100	1.25	0.13	2
	18	58978	166921	6.51	560	23789	46.75	1.23	0.14	2
	19	58972	165816	6.47	560	23736	46.65	1.23	0.14	2
	20	59796	168711	6.49	0	23990	>100	1.25	0.15	2
	21	58106	168757	6.68	0	23522	>100	1.25	0.13	2
	(63+64)-I-1	44099	154335	8.05	2439	19718	8.89	1.13	0.03	0
	(63+64)-I-2	41123	154291	8.63	2274	18873	9.13	1.13	0.01	0
	(63+64)-I-3	44045	146759	7.66	2436	19330	8.73	1.13	0.03	0
	(63+64)-I-4	41069	146569	8.21	2271	18479	8.95	1.13	0.01	0
	(63+64)-II-1	47552	162474	7.86	789	20672	28.82	1.19	0.06	1
	(63+64)-II-2	37633	163017	9.96	624	17926	31.58	1.19	0.00	0
	(63+64)-II-3	47535	159131	7.70	789	20509	28.61	1.19	0.06	1
	(63+64)-II-4	37616	158781	9.71	624	17721	31.23	1.19	0.00	0
	(63+64)-III-1	44131	154500	8.05	2441	19735	8.90	1.13	0.03	0
	(63+64)-III-2	41091	154113	8.63	2272	18856	9.13	1.13	0.01	0
	(63+64)-III-3	44077	146597	7.65	2438	19331	8.72	1.13	0.03	0
	(63+64)-III-4	41037	146744	8.22	2270	18478	8.96	1.13	0.01	0
	(63+64)-IV-1	47659	161942	7.82	791	20677	28.77	1.19	0.06	1
	(63+64)-IV-2	37526	163695	10.03	623	17928	31.68	1.19	0.00	0
	(63+64)-IV-3	47642	158606	7.66	790	20514	28.55	1.19	0.06	1
	(63+64)-IV-4	37510	159448	9.78	622	17723	31.33	1.19	0.00	0
	(63+64)-V-1	44156	154682	8.06	2442	19751	8.90	1.13	0.03	0
	(63+64)-V-2	41180	154666	8.64	2277	18908	9.13	1.13	0.01	0
	(63+64)-V-3	43988	147104	7.69	2433	19331	8.74	1.13	0.03	0
	(63+64)-V-4	41012	146939	8.24	2268	18481	8.96	1.13	0.01	0
	(63+64)-VI-1	47569	162373	7.85	789	20672	28.81	1.19	0.06	1
	(63+64)-VI-2	37650	162889	9.95	625	17925	31.57	1.19	0.00	0
	(63+64)-VI-3	47518	159231	7.71	788	20509	28.62	1.19	0.06	1
	(63+64)-VI-4	37599	158907	9.72	624	17722	31.25	1.19	0.00	0
	(63+64)-VII-1	44188	154847	8.06	2444	19768	8.90	1.13	0.03	0
	(63+64)-VII-2	41148	154488	8.64	2276	18890	9.13	1.13	0.01	0
	(63+64)-VII-3	44020	146941	7.68	2435	19332	8.73	1.13	0.03	0
	(63+64)-VII-4	40980	147115	8.26	2266	18480	8.97	1.13	0.01	0
	(63+64)-VIII-1	47676	161841	7.81	791	20677	28.76	1.19	0.06	1

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOLGIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	113

Elm.	Combinazione	V	Vd	CsV (>2.30)	H	Hd	CsH (>1.10)	Qd	qe	W
	(63+64)-VIII-2	37543	163567	10.02	623	17927	31.66	1.19	0.00	0
	(63+64)-VIII-3	47625	158705	7.66	790	20514	28.56	1.19	0.06	1
	(63+64)-VIII-4	37492	159575	9.79	622	17724	31.34	1.19	0.00	0
9003	1	45770	125126	6.29	0	18115	>100	1.27	0.16	2
	2	46417	125245	6.21	0	18301	>100	1.27	0.17	2
	3	47374	125333	6.08	0	18570	>100	1.27	0.18	2
	4	46914	122396	6.00	582	18412	34.82	1.24	0.17	2
	5	46914	123625	6.06	582	18469	34.93	1.24	0.17	2
	6	45588	125166	6.31	0	18067	>100	1.27	0.16	2
	7	47182	125316	6.11	0	18516	>100	1.27	0.17	2
	8	46416	120395	5.97	972	18253	20.67	1.23	0.17	2
	9	46416	122444	6.07	972	18348	20.77	1.23	0.17	2
	10	46317	125236	6.22	0	18272	>100	1.27	0.17	2
	11	47273	125324	6.10	0	18542	>100	1.27	0.18	2
	12	46813	122381	6.01	582	18384	34.75	1.24	0.17	2
	13	46813	123613	6.07	582	18441	34.86	1.24	0.17	2
	14	45914	125198	6.27	0	18159	>100	1.27	0.16	2
	15	46871	125287	6.15	0	18428	>100	1.27	0.17	2
	16	46411	122321	6.06	583	18270	34.48	1.24	0.17	2
	17	46411	123563	6.12	583	18327	34.59	1.24	0.17	2
	18	46068	125251	6.25	0	18204	>100	1.27	0.16	2
	19	47025	125339	6.13	0	18474	>100	1.27	0.17	2
	20	46565	122373	6.04	585	18315	34.45	1.24	0.17	2
	21	46565	123611	6.11	585	18372	34.56	1.24	0.17	2
	(63+64)-I-1	29469	117630	9.18	473	13489	31.40	1.21	0.00	0
	(63+64)-I-2	29469	120821	9.43	492	13645	30.52	1.21	0.00	0
	(63+64)-I-3	36960	118392	7.37	617	15622	27.86	1.21	0.08	1
	(63+64)-I-4	36960	121116	7.54	593	15747	29.22	1.21	0.08	1
	(63+64)-II-1	32091	108733	7.79	1747	14072	8.86	1.15	0.03	0
	(63+64)-II-2	32091	117064	8.39	1754	14483	9.09	1.15	0.03	0
	(63+64)-II-3	34339	109035	7.30	1876	14722	8.63	1.15	0.05	1
	(63+64)-II-4	34339	116981	7.84	1870	15112	8.89	1.15	0.05	1
	(63+64)-III-1	29469	117469	9.17	478	13483	31.01	1.21	0.00	0
	(63+64)-III-2	29469	120924	9.44	498	13651	30.18	1.21	0.00	0
	(63+64)-III-3	36960	118255	7.36	624	15617	27.53	1.21	0.08	1
	(63+64)-III-4	36960	121188	7.54	600	15752	28.88	1.21	0.08	1
	(63+64)-IV-1	32091	108249	7.76	1768	14052	8.74	1.15	0.03	0
	(63+64)-IV-2	32091	116574	8.35	1774	14464	8.97	1.15	0.03	0
	(63+64)-IV-3	34339	108575	7.27	1899	14704	8.52	1.15	0.05	1
	(63+64)-IV-4	34339	116514	7.80	1892	15095	8.78	1.14	0.05	1
	(63+64)-V-1	29469	117287	9.15	492	13478	30.14	1.21	0.00	0
	(63+64)-V-2	29469	120675	9.42	473	13634	31.73	1.21	0.00	0
	(63+64)-V-3	36960	118693	7.39	593	15632	29.01	1.21	0.08	1
	(63+64)-V-4	36960	121203	7.54	617	15756	28.10	1.21	0.08	1
	(63+64)-VI-1	32091	108640	7.79	1754	14068	8.83	1.15	0.03	0
	(63+64)-VI-2	32091	117159	8.40	1747	14486	9.12	1.15	0.03	0
	(63+64)-VI-3	34339	109125	7.31	1870	14725	8.66	1.15	0.05	1
	(63+64)-VI-4	34339	116889	7.83	1876	15109	8.86	1.15	0.05	1
	(63+64)-VII-1	29469	117126	9.14	498	13471	29.78	1.21	0.00	0
	(63+64)-VII-2	29469	120777	9.43	478	13640	31.37	1.21	0.00	0
	(63+64)-VII-3	36960	118557	7.38	600	15627	28.65	1.21	0.08	1
	(63+64)-VII-4	36960	121276	7.55	624	15761	27.78	1.21	0.08	1
	(63+64)-VIII-1	32091	108156	7.75	1774	14049	8.71	1.15	0.03	0
	(63+64)-VIII-2	32091	116669	8.36	1768	14467	9.00	1.15	0.03	0
	(63+64)-VIII-3	34339	108665	7.28	1892	14707	8.55	1.15	0.05	1
	(63+64)-VIII-4	34339	116422	7.80	1899	15092	8.74	1.14	0.05	1
9004	1	41467	127116	7.05	0	17010	>100	1.26	0.12	2
	2	42303	127231	6.92	0	17247	>100	1.26	0.13	2

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	114

Elm.	Combinazione	V	Vd	CsV (>2.30)	H	Hd	CsH (>1.10)	Qd	qe	W
	3	42321	127232	6.91	0	17252	>100	1.26	0.13	2
	4	42321	124461	6.76	525	17228	36.12	1.24	0.13	2
	5	42321	125527	6.82	525	17277	36.22	1.24	0.13	2
	6	41763	127200	7.01	0	17096	>100	1.26	0.12	2
	7	41794	127202	7.00	0	17104	>100	1.26	0.12	2
	8	41793	122560	6.74	875	17063	21.46	1.23	0.12	2
	9	41793	124341	6.84	875	17145	21.56	1.23	0.12	2
	10	42195	127225	6.93	0	17217	>100	1.26	0.13	2
	11	42213	127226	6.93	0	17222	>100	1.26	0.13	2
	12	42213	124450	6.78	525	17197	36.05	1.24	0.13	2
	13	42213	125518	6.84	525	17246	36.16	1.24	0.13	2
	14	41763	127200	7.01	0	17096	>100	1.26	0.12	2
	15	41782	127201	7.00	0	17101	>100	1.26	0.12	2
	16	41781	124405	6.85	525	17076	35.80	1.24	0.12	2
	17	41781	125484	6.91	525	17126	35.90	1.24	0.12	2
	18	41673	127239	7.02	0	17073	>100	1.26	0.12	2
	19	41692	127240	7.02	0	17078	>100	1.26	0.12	2
	20	41691	124444	6.87	524	17053	35.82	1.24	0.12	2
	21	41691	125525	6.92	524	17102	35.93	1.24	0.12	2
	(63+64)-I-1	30239	120176	9.14	485	13825	31.36	1.21	0.01	0
	(63+64)-I-2	30239	122637	9.33	505	13946	30.40	1.21	0.01	0
	(63+64)-I-3	30362	119964	9.09	507	13854	30.07	1.21	0.01	0
	(63+64)-I-4	30362	122615	9.29	487	13975	31.57	1.21	0.01	0
	(63+64)-II-1	30282	111452	8.47	1649	13694	9.14	1.15	0.01	0
	(63+64)-II-2	30282	116197	8.83	1655	13928	9.26	1.15	0.01	0
	(63+64)-II-3	30319	111391	8.45	1657	13703	9.10	1.15	0.01	0
	(63+64)-II-4	30319	116260	8.82	1651	13940	9.29	1.15	0.01	0
	(63+64)-III-1	30239	120088	9.13	491	13822	30.98	1.21	0.01	0
	(63+64)-III-2	30239	122666	9.33	511	13949	30.05	1.21	0.01	0
	(63+64)-III-3	30362	119875	9.08	513	13851	29.72	1.21	0.01	0
	(63+64)-III-4	30362	122643	9.29	493	13978	31.20	1.21	0.01	0
	(63+64)-IV-1	30282	111167	8.44	1668	13684	9.02	1.15	0.01	0
	(63+64)-IV-2	30282	115909	8.80	1674	13919	9.14	1.15	0.01	0
	(63+64)-IV-3	30319	111106	8.43	1676	13693	8.99	1.15	0.01	0
	(63+64)-IV-4	30319	115972	8.80	1670	13931	9.17	1.15	0.01	0
	(63+64)-V-1	30239	119953	9.12	505	13819	30.12	1.21	0.01	0
	(63+64)-V-2	30239	122614	9.33	485	13940	31.62	1.21	0.01	0
	(63+64)-V-3	30362	120187	9.10	487	13860	31.31	1.21	0.01	0
	(63+64)-V-4	30362	122637	9.29	507	13981	30.35	1.21	0.01	0
	(63+64)-VI-1	30282	111387	8.46	1655	13692	9.10	1.15	0.01	0
	(63+64)-VI-2	30282	116262	8.83	1649	13930	9.29	1.15	0.01	0
	(63+64)-VI-3	30319	111456	8.46	1651	13704	9.13	1.15	0.01	0
	(63+64)-VI-4	30319	116195	8.81	1657	13938	9.25	1.15	0.01	0
	(63+64)-VII-1	30239	119864	9.12	511	13816	29.77	1.21	0.01	0
	(63+64)-VII-2	30239	122643	9.33	491	13943	31.25	1.21	0.01	0
	(63+64)-VII-3	30362	120099	9.10	493	13857	30.93	1.21	0.01	0
	(63+64)-VII-4	30362	122666	9.29	513	13983	30.01	1.21	0.01	0
	(63+64)-VIII-1	30282	111102	8.44	1674	13683	8.99	1.15	0.01	0
	(63+64)-VIII-2	30282	115974	8.81	1668	13920	9.18	1.15	0.01	0
	(63+64)-VIII-3	30319	111171	8.43	1670	13695	9.02	1.15	0.01	0
	(63+64)-VIII-4	30319	115907	8.79	1676	13929	9.14	1.15	0.01	0
9005	1	47070	125249	6.12	0	18482	>100	1.27	0.17	2
	2	48718	125442	5.92	0	18949	>100	1.27	0.19	3
	3	47830	125365	6.03	0	18699	>100	1.27	0.18	2
	4	48294	122511	5.83	599	18802	34.54	1.24	0.19	3
	5	48294	123697	5.89	599	18857	34.64	1.24	0.19	3
	6	48457	125419	5.95	0	18875	>100	1.27	0.19	3
	7	46977	125288	6.13	0	18458	>100	1.27	0.17	2

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>115</b>

Elm.	Combinazione	V	Vd	CsV (>2.30)	H	Hd	CsH (>1.10)	Qd	qe	W
	8	47751	120508	5.80	1000	18630	20.50	1.23	0.18	2
	9	47751	122487	5.90	1000	18722	20.60	1.23	0.18	2
	10	48608	125432	5.94	0	18918	>100	1.27	0.19	3
	11	47720	125355	6.04	0	18668	>100	1.27	0.18	2
	12	48184	122496	5.85	599	18771	34.48	1.24	0.18	3
	13	48184	123684	5.90	599	18826	34.58	1.24	0.18	3
	14	48168	125394	5.99	0	18794	>100	1.27	0.18	3
	15	47281	125316	6.10	0	18544	>100	1.27	0.18	2
	16	47745	122434	5.90	600	18647	34.21	1.24	0.18	2
	17	47745	123634	5.96	600	18702	34.31	1.24	0.18	2
	18	48319	125438	5.97	0	18838	>100	1.27	0.19	3
	19	47431	125361	6.08	0	18588	>100	1.27	0.18	2
	20	47895	122478	5.88	602	18691	34.18	1.24	0.18	2
	21	47895	123674	5.94	602	18746	34.28	1.24	0.18	2
	(63+64)-I-1	37508	118450	7.26	602	15773	28.84	1.21	0.08	1
	(63+64)-I-2	37508	121110	7.43	626	15905	27.95	1.21	0.08	1
	(63+64)-I-3	30679	117644	8.82	512	13833	29.72	1.21	0.01	0
	(63+64)-I-4	30679	121135	9.08	492	13993	31.28	1.21	0.01	0
	(63+64)-II-1	35118	108858	7.13	1912	14932	8.59	1.15	0.06	1
	(63+64)-II-2	35118	116570	7.63	1919	15314	8.78	1.14	0.06	1
	(63+64)-II-3	33069	108542	7.55	1807	14340	8.73	1.15	0.04	1
	(63+64)-II-4	33069	116665	8.11	1801	14738	9.00	1.15	0.04	1
	(63+64)-III-1	37508	118521	7.27	609	15778	28.51	1.21	0.08	1
	(63+64)-III-2	37508	120976	7.42	633	15900	27.62	1.21	0.08	1
	(63+64)-III-3	30679	117740	8.83	518	13839	29.39	1.21	0.01	0
	(63+64)-III-4	30679	120980	9.07	498	13987	30.90	1.21	0.01	0
	(63+64)-IV-1	35118	109109	7.15	1935	14949	8.50	1.15	0.06	1
	(63+64)-IV-2	35118	116816	7.65	1942	15331	8.69	1.14	0.06	1
	(63+64)-IV-3	33069	108818	7.57	1828	14358	8.64	1.15	0.04	1
	(63+64)-IV-4	33069	116936	8.13	1822	14757	8.91	1.15	0.04	1
	(63+64)-V-1	37508	118567	7.27	626	15784	27.74	1.21	0.08	1
	(63+64)-V-2	37508	121443	7.45	602	15915	29.10	1.21	0.08	1
	(63+64)-V-3	30679	117468	8.81	492	13820	30.90	1.21	0.01	0
	(63+64)-V-4	30679	120760	9.05	512	13980	30.03	1.21	0.01	0
	(63+64)-VI-1	35118	108897	7.13	1919	14935	8.56	1.15	0.06	1
	(63+64)-VI-2	35118	116532	7.63	1912	15311	8.81	1.15	0.06	1
	(63+64)-VI-3	33069	108498	7.55	1801	14336	8.76	1.15	0.04	1
	(63+64)-VI-4	33069	116708	8.12	1807	14742	8.97	1.15	0.04	1
	(63+64)-VII-1	37508	118638	7.27	633	15789	27.42	1.21	0.08	1
	(63+64)-VII-2	37508	121308	7.44	609	15910	28.75	1.21	0.08	1
	(63+64)-VII-3	30679	117564	8.81	498	13826	30.54	1.21	0.01	0
	(63+64)-VII-4	30679	120605	9.04	518	13974	29.68	1.21	0.01	0
	(63+64)-VIII-1	35118	109148	7.15	1942	14953	8.47	1.15	0.06	1
	(63+64)-VIII-2	35118	116779	7.65	1935	15328	8.71	1.14	0.06	1
	(63+64)-VIII-3	33069	108774	7.57	1822	14355	8.67	1.15	0.04	1
	(63+64)-VIII-4	33069	116979	8.14	1828	14760	8.88	1.15	0.04	1
<b>Minimi coeff. sic.</b>										
9005	8			5.80						
9005	(63+64)-VIII-1						8.47			

Wmax=3 mm

Wmin=0 mm

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>FA</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	116

**Verifica a scorrimento globale della fondazione**

Combinazione N	Combinazione di verifica Sforzo normale
Hd	Azione orizzontale depurata dalle azioni assorbite da pali e plinti su pali
R	Resistenza allo scorrimento $R=A*c+N*tg(\phi)$
CS	R/Hd
CSd	Coefficiente di sicurezza di progetto

Area delle strutture di fondazione a contatto con il terreno **A=58.5000 m<sup>2</sup>**

Combinazione	N kg	Hd kg	R kg	CS.	CSd	ver
1	250571	0	111707	--	1.10	Si
2	256498	2403	113519	47.24	1.10	Si
3	256498	2403	113519	47.24	1.10	Si
4	256497	3180	113519	35.70	1.10	Si
5	256497	3180	113519	35.70	1.10	Si
6	253203	4005	112512	28.09	1.10	Si
7	253203	4005	112512	28.09	1.10	Si
8	253202	5300	112512	21.23	1.10	Si
9	253202	5300	112512	21.23	1.10	Si
10	255839	2403	113318	47.16	1.10	Si
11	255839	2403	113318	47.16	1.10	Si
12	255838	3180	113318	35.63	1.10	Si
13	255838	3180	113318	35.63	1.10	Si
14	253203	2403	112512	46.82	1.10	Si
15	253204	2403	112512	46.82	1.10	Si
16	253203	3180	112512	35.38	1.10	Si
17	253203	3180	112512	35.38	1.10	Si
18	253201	2403	112511	46.82	1.10	Si
19	253202	2403	112512	46.82	1.10	Si
20	253201	3180	112511	35.38	1.10	Si
21	253201	3180	112511	35.38	1.10	Si
(63+64)-I-1	182139	10488	90786	8.66	1.10	Si
(63+64)-I-2	182139	10521	90786	8.63	1.10	Si
(63+64)-I-3	182129	10521	90782	8.63	1.10	Si
(63+64)-I-4	182129	10488	90782	8.66	1.10	Si
(63+64)-II-1	182136	10367	90784	8.76	1.10	Si
(63+64)-II-2	182136	10401	90784	8.73	1.10	Si
(63+64)-II-3	182133	10401	90784	8.73	1.10	Si
(63+64)-II-4	182133	10367	90784	8.76	1.10	Si
(63+64)-III-1	182139	10498	90786	8.65	1.10	Si
(63+64)-III-2	182139	10532	90786	8.62	1.10	Si
(63+64)-III-3	182129	10532	90782	8.62	1.10	Si
(63+64)-III-4	182129	10498	90782	8.65	1.10	Si
(63+64)-IV-1	182136	10480	90784	8.66	1.10	Si
(63+64)-IV-2	182136	10514	90784	8.63	1.10	Si
(63+64)-IV-3	182133	10514	90784	8.63	1.10	Si
(63+64)-IV-4	182133	10480	90784	8.66	1.10	Si
(63+64)-V-1	182139	10521	90786	8.63	1.10	Si
(63+64)-V-2	182139	10488	90786	8.66	1.10	Si
(63+64)-V-3	182129	10488	90782	8.66	1.10	Si
(63+64)-V-4	182129	10521	90782	8.63	1.10	Si
(63+64)-VI-1	182136	10401	90784	8.73	1.10	Si
(63+64)-VI-2	182136	10367	90784	8.76	1.10	Si
(63+64)-VI-3	182133	10367	90784	8.76	1.10	Si
(63+64)-VI-4	182133	10401	90784	8.73	1.10	Si
(63+64)-VII-1	182139	10532	90786	8.62	1.10	Si
(63+64)-VII-2	182139	10498	90786	8.65	1.10	Si

**Relazione di calcolo fabbricato  
energia**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	FA	00	00	002	B	117

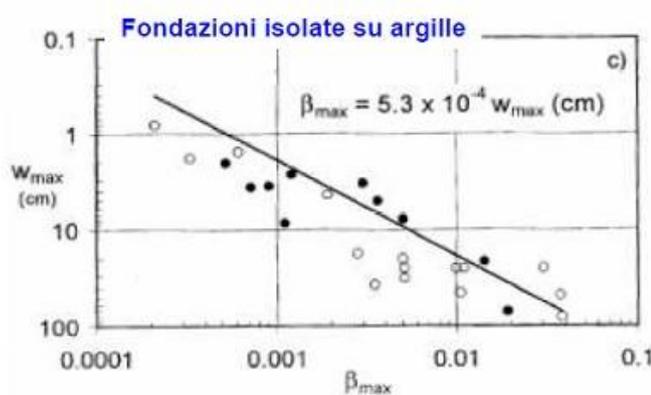
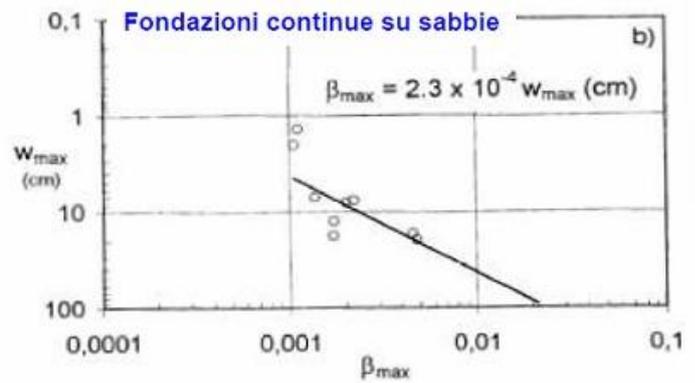
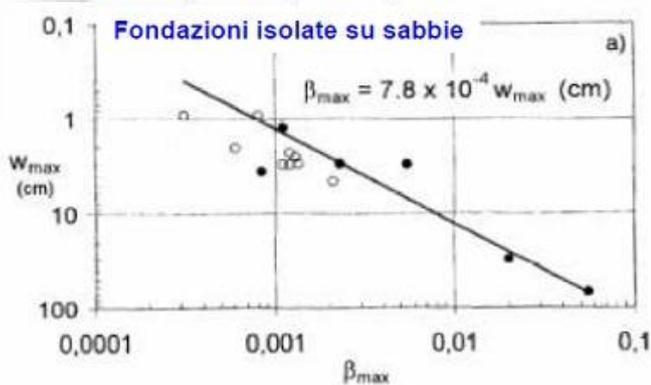
Combinazione	N	Hd	R	CS.	CSd	ver
(63+64)-VII-3	182129	10498	90782	8.65	1.10	Si
(63+64)-VII-4	182129	10532	90782	8.62	1.10	Si
(63+64)-VIII-1	182136	10514	90784	8.63	1.10	Si
(63+64)-VIII-2	182136	10480	90784	8.66	1.10	Si
(63+64)-VIII-3	182133	10480	90784	8.66	1.10	Si
(63+64)-VIII-4	182133	10514	90784	8.63	1.10	Si

**Verifica dei cedimenti differenziali della fondazione**

Facendo riferimento agli studi di Meyerhof (1974) i valori limiti di rotazione  $\beta$  relativa devono essere dell'ordine di:

- 1/250 = 0.004 per evitare danni alle strutture portanti;
- 1/500 = 0.002 per evitare danni ai tamponamenti.

In tal senso, un contributo fondamentale è stato quello fornito da Grant ed al., i quali hanno fornito una relazione diretta, su base sperimentale, tra il massimo cedimento misurato  $W_{max}$  e la massima distorsione angolare  $\beta_{max}$ . Di seguito le relazioni di riferimento ottenute:



Nel caso in esame si ottiene un cedimento massimo  $W_{max}$  di 3mm e quindi un valore della massima distorsione angolare  $\beta_{max}$  minore di 0.002

Pertanto, la verifica dei cedimenti differenziali della fondazione si ritiene soddisfatta.