

# CONSORZIO DI BONIFICA 2 - PALERMO

UTILIZZAZIONE INTEGRALE DELLE ACQUE INVASATE NEL  
SERBATOIO DI GARCIA SUL FIUME BELICE SINISTRO

OPERE DI DISTRIBUZIONE IRRIGUA  
SOLLEVAMENTO E DISTRIBUZIONE ZONA IVa  
I LOTTO FUNZIONALE  
STRALCIO

## PROGETTO ESECUTIVO

Titolo:

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE  
STRUTTURE E VERIFICHE GEOTECNICHE

All.

R.3.3

Data

SETTEMBRE 2022

Scala

Codice

143-E-GAR

I PROGETTISTI Dott. Ing. LUIGI DE BONI

Dott. Ing. MICHELE ANGELO CUCCARO

IL RESPONSABILE UNICO  
DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Salvatore Marino

COLLABORATORE Dott. Ing. POUL ERIK NIELSEN



**s.i.a.** studio ingegneri associati  
MILANO

STUDIO CUCCARO - ECOMAR s.r.l.  
ROMA

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO TECNICO .....</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>CLASSI DI ESPOSIZIONE.....</b>	<b>3</b>
4.1	COPRIFERRI DELLE ARMATURE .....	3
<b>5</b>	<b>MATERIALI .....</b>	<b>3</b>
<b>6</b>	<b>CRITERI DI PROGETTO.....</b>	<b>4</b>
6.1	MATERIALI.....	4
6.2	SPETTRI DI PROGETTO .....	4
<b>7</b>	<b>METODO DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE.....</b>	<b>7</b>
7.1	ANALISI DI CALCOLO .....	7
7.1.1	<i>Valutazione della sicurezza</i> .....	7
7.1.2	<i>Legami costitutivi dei materiali</i> .....	7
7.1.3	<i>Azioni sulle costruzioni</i> .....	9
7.1.4	<i>Azione sismica</i> .....	9
7.1.4.1	Valutazione dell'azione sismica .....	10
7.1.5	<i>Analisi allo S.L.U.</i> .....	11
7.1.5.1	Condizioni di Stato Limite Ultimo (S.L.U.).....	11
7.1.5.2	Analisi sismica .....	12
7.1.6	<i>Analisi allo S.L.E.</i> .....	13
7.1.6.1	Analisi sismica.....	16
<b>8</b>	<b>DESCRIZIONE ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>16</b>
8.1	AZIONI VERTICALI SUI MANUFATTI INTERRATI .....	16
8.1.1	<i>Peso proprio</i> .....	16
8.1.2	<i>Carico permanente</i> .....	17
8.1.3	<i>Carico accidentale</i> .....	17
8.2	AZIONI SISMICHE DI MASSA .....	17
8.2.1	<i>Calcolo dei pesi sismici</i> .....	17
<b>9</b>	<b>BASAMENTO PREFABBRICATI DEI TRASFORMATORI.....</b>	<b>18</b>
9.1	MODELLO DI CALCOLO .....	18
9.2	ANALISI DEI CARICHI .....	19
9.3	CALCOLO DELLE AZIONI.....	19
9.4	COMBINAZIONI DI CARICO ALLO S.L.U. ....	20
9.5	COMBINAZIONI DI CARICO ALLO S.L.E. ....	21
9.6	RISULTATI DELLE ANALISI.....	21
9.7	RAPPRESENTAZIONE GRAFICA SOLLECITAZIONI .....	22
9.8	DEFORMATE DELLA STRUTTURA.....	24

<b>10</b>	<b>MANUFATTO DI SPINTA RELINING.....</b>	<b>26</b>
10.1	MODELLO DI CALCOLO .....	26
10.2	ANALISI DEI CARICHI .....	27
10.3	CALCOLO DELLE AZIONI.....	28
10.4	COMBINAZIONI DI CARICO ALLO S.L.U. ....	29
10.5	COMBINAZIONI DI CARICO ALLO S.L.E. ....	29
10.6	RISULTATI DELLE ANALISI E DESCRIZIONE DELLE ARMATURE .....	30
10.7	RAPPRESENTAZIONE GRAFICA SOLLECITAZIONI .....	30
10.8	SPOSTAMENTI DELLA STRUTTURA .....	32
<b>11</b>	<b>MANUFATTO DI ALLOGGIO CASSA D'ARIA.....</b>	<b>32</b>
11.1	MODELLO DI CALCOLO .....	32
11.2	ANALISI DEI CARICHI .....	33
11.3	CALCOLO DELLE AZIONI.....	34
11.4	COMBINAZIONI DI CARICO ALLO S.L.U. ....	35
11.5	COMBINAZIONI DI CARICO ALLO S.L.E. ....	36
11.6	RISULTATI DELLE ANALISI E DESCRIZIONE DELLE ARMATURE .....	36
11.7	RAPPRESENTAZIONE GRAFICA SOLLECITAZIONI .....	37
11.8	DEFORMATE DELLA STRUTTURA.....	39
<b>12</b>	<b>BASAMENTO QUADRI.....</b>	<b>41</b>
12.1	MODELLO DI CALCOLO .....	41
12.2	ANALISI DEI CARICHI .....	42
12.3	CALCOLO DELLE AZIONI.....	43
12.4	COMBINAZIONI DI CARICO ALLO S.L.U. ....	44
12.5	COMBINAZIONI DI CARICO ALLO S.L.E. ....	45
12.6	RISULTATI DELLE ANALISI.....	45
12.7	RAPPRESENTAZIONE GRAFICA SOLLECITAZIONI .....	46
<b>13</b>	<b>SOLETTA CUNICOLO.....</b>	<b>48</b>
13.1	MODELLO DI CALCOLO .....	48
13.2	ANALISI DEI CARICHI .....	49
13.3	CALCOLO DELLE AZIONI.....	50
13.4	COMBINAZIONI DI CARICO ALLO S.L.U. ....	51
13.5	COMBINAZIONI DI CARICO ALLO S.L.E. ....	51
13.6	RISULTATI DELLE ANALISI.....	52
13.7	RAPPRESENTAZIONE GRAFICA SOLLECITAZIONI .....	52
13.8	DEFORMATE DELLA STRUTTURA.....	54
<b>14</b>	<b>LOCALI PREFABBRICATI.....</b>	<b>56</b>
14.1	MODELLO DI CALCOLO .....	56
14.2	ANALISI DEI CARICHI .....	57
14.3	CALCOLO DELLE AZIONI.....	57
14.4	COMBINAZIONI DI CARICO ALLO S.L.U. ....	58
14.5	COMBINAZIONI DI CARICO ALLO S.L.E. ....	61
14.6	RISULTATI DELLE ANALISI.....	61
14.7	RAPPRESENTAZIONE GRAFICA SOLLECITAZIONI .....	61

<b>15</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE .....</b>	<b>64</b>
15.1	MODALITÀ DI VERIFICA .....	64
15.2	BASAMENTO PREFABBRICATI .....	66
15.2.1	<i>Caratteristiche del terreno .....</i>	<i>66</i>
15.2.2	<i>Combinazioni di carico geotecniche.....</i>	<i>67</i>
15.2.3	<i>Verifica geotecnica .....</i>	<i>67</i>
15.3	BASAMENTO QUADRI .....	68
15.3.1	<i>Caratteristiche del terreno .....</i>	<i>68</i>
15.3.2	<i>Combinazioni di carico geotecniche.....</i>	<i>69</i>
15.3.3	<i>Verifica geotecnica .....</i>	<i>69</i>
15.4	MANUFATTO DI SPINTA RELINING.....	74
15.5	MANUFATTO CASSA D’ARIA .....	74
15.5.1	<i>Caratteristiche del terreno .....</i>	<i>75</i>
15.5.2	<i>Combinazioni di carico geotecniche.....</i>	<i>75</i>
15.5.3	<i>Verifica geotecnica .....</i>	<i>75</i>

#### ALLEGATO A – CD CON FILES TABULATI DI CALCOLO



## **1 PREMESSA**

Il presente elaborato concerne le verifiche strutturali per le opere in c.a. da eseguire nell'ambito dei lavori previsti nel progetto *“Utilizzazione integrale delle acque invase nel serbatoio di Garcia sul Fiume Belice Sinistro Derivazione dal fiume Belice destro e affluenti con immissione nel serbatoio di Garcia Opere di distribuzione irrigua - Sollevamento e distribuzione zona IVa - I Lotto funzionale”*.

Il progetto prevede platee di fondazione, solette e manufatti prefabbricati.

Il presente documento è stato redatto ai sensi dell'art. 37 del DPR 207/2010.

Per i particolari costruttivi si rimanda agli allegati elaborati grafici di progetto.

## **2 RIFERIMENTI NORMATIVI**

Le verifiche relative alle opere dell'intervento in esame sono state condotte secondo quanto prescritto dalle seguenti Normative:

- Legge n.1086 del 5 novembre 1971 “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Legge 2/2/74 n. 64 “Provvedimenti per costruzioni con particolari prescrizioni per zone sismiche”.
- D.M. LL.PP. 11 Maggio 1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992 “Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”.
- D.M. LL.PP. 9 gennaio 1996 “Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”.
- D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 “Norme tecniche relative a: Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”.
- Circ. Min LL.PP., 15 ottobre 1996, n. 252 “Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al D.M.LL.PP. 9 gennaio 1996”.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 n°65/AA.GG. “Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996”.

- Ordinanza n° 3274 del 20 Marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica.
- Eurocodice 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture.
- Ordinanza n° 3379 del 5 Novembre 2004 “Disposizioni urgenti di Protezione civile”.
- Ordinanza n° 3431 del 3 Maggio 2005.
- Ordinanza n° 3452 del 1 Agosto 2005.
- Ordinanza n° 3467 del 13 Ottobre 2005.
- D.M. del 14/09/2005 “Norme tecniche per le costruzioni”.
- UNI EN 206-1, 2006, “Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI 11104, 2004, Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1.
- D.M. del 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare n. 617 del 02/02/2009 Istruzioni per le applicazioni delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- NTC2018 D.M. del 17/01/2018 Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante “Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.

### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO TECNICO

Tutte le opere, oggetto della presente relazione sono ubicate nell'area dell'esistente Edificio comandi, ubicato al termine della passerella di accesso all'opera di presa esistente nel serbatoio del Garcia . Per il terreno di sedime possono essere assunte le seguenti caratteristiche:

***Argille limose da 0 m a circa 6,0 m di profondità:***

Peso dell'unità di volume:  $\gamma_n = 19.5 \text{ kN/m}^3$

Angolo di resistenza al taglio:  $\varphi' = 20^\circ$

Coesione:  $C_u = 10 \text{ kPa}$  (nei calcoli viene posto  $C_u = 0 \text{ kPa}$  a vantaggio di sicurezza)

Modulo Edometrico:  $E_{ed} = 10 \text{ MPa}$

Sulla base di quanto ottenuto dall'indagine geofisica condotta in situ, i terreni interessati dalle opere di progetto risultano classificabili nella categoria "B" di sottosuolo di fondazione. Per quello che concerne le condizioni topografiche del sito possono essere riferite alla categoria "T1".

## 4 Classi di esposizione

Nelle norme EN206-1 e UNI 11104 sono indicate, in base alle condizioni prevalenti della struttura, le classi di esposizione ambientale con le caratteristiche minime che deve avere il calcestruzzo.

Per le strutture di progetto si utilizza una classe di esposizione XC2.

### 4.1 Copriferri delle armature

Per i manufatti interrati di progetto è previsto un copriferro nominale pari a 40 mm.

## 5 MATERIALI

Requisiti dei materiali – Caratteristiche meccaniche

### Calcestruzzo classe C 25/30

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni di maturazione  $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

Modulo di elasticità normale  $E_{cm} = 22000 \cdot ((f_{ck} + 8)/10)^{0.3} = 31475 \text{ N/mm}^2$

Peso di volume  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$

### Caratteristiche meccaniche calcestruzzo

$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 14.11 \text{ N/mm}^2$

$f_{ctm} = 0.30 \cdot (f_{ck})^{(2/3)} = 2.56 \text{ N/mm}^2$

$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.79 \text{ N/mm}^2$

$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 2.15 \text{ N/mm}^2$

### Calcestruzzo magro per fondazione:

Si prevede un calcestruzzo di classe C 12/15.

### **Acciaio B450C controllato in stabilimento:**

- Resistenza a trazione caratteristica  $f_{tnom} = 540 \text{ N/mm}^2$
- Tensione di snervamento caratteristica  $f_{ynom} = 450 \text{ N/mm}^2$
- Allungamento uniforme al carico massimo  $\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k \geq 75 \%$
- Rapporto tra resistenza e tensione di snervamento  $1.15 < (f_t / f_y)_k < 1.35$ 
  - Modulo elastico (secondo EC2)  $E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$
  - Coefficiente di sicurezza parziale  $\gamma_s = 1.15$
  - Tensione di snervamento di calcolo  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ N/mm}^2$

Nel caso si presenti la necessità di interrompere i getti (in funzione delle dimensioni dei vari elementi costruttivi e/o di eventuali necessità di cantiere) si dovranno predisporre armature di attesa con le lunghezze di sovrapposizione non inferiori a 40 diametri.

## **6 Criteri di progetto**

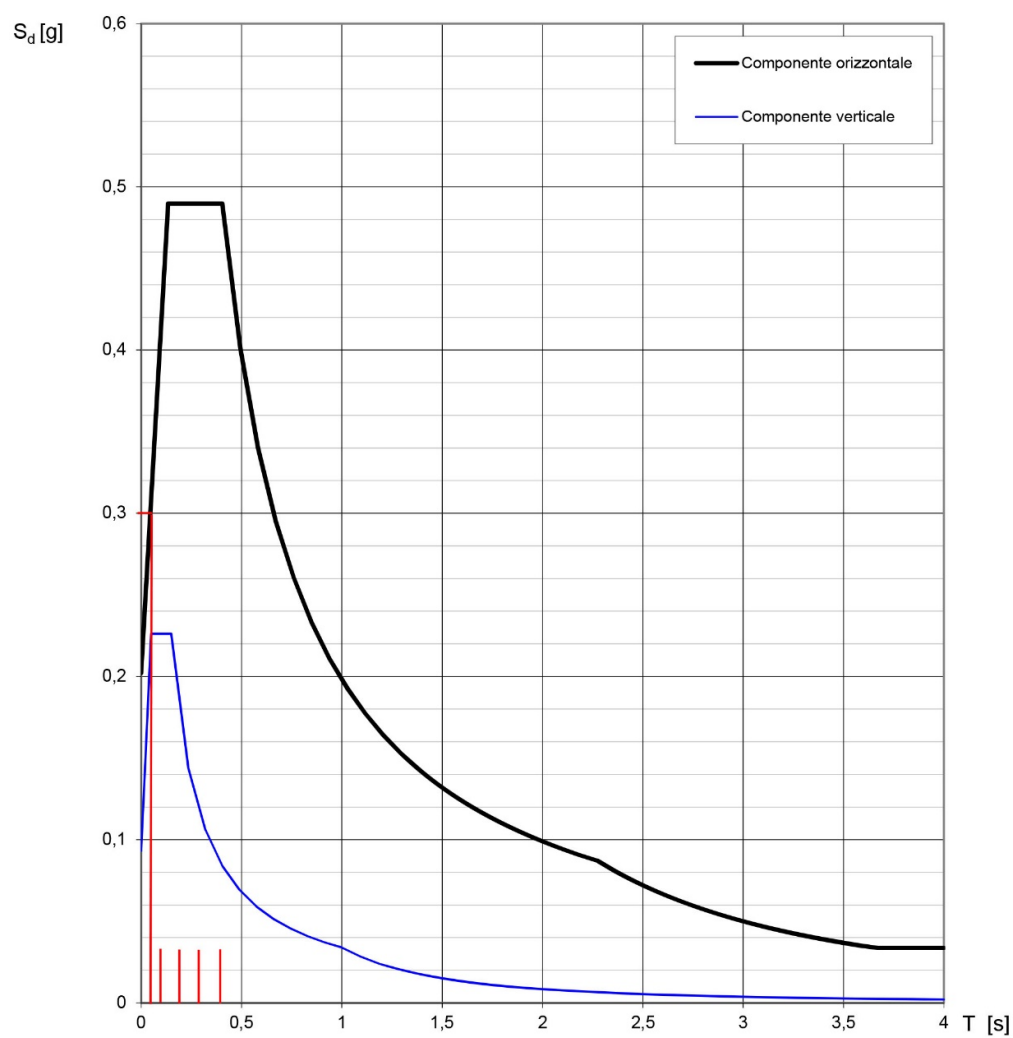
### **6.1 Materiali**

- Classe calcestruzzo C25/30
- Classe di esposizione XC2
- Acciaio per armatura B450C
- Classe d'uso: II;
- Sito in esame:
  - latitudine: 37,800400
  - longitudine: 13,099081
- Vita nominale: 50 anni;
- Categoria del suolo: B;
- Categoria topografica: T<sub>1</sub>;
- Coefficiente d'uso Cu: 1.0 ;

### **6.2 Spettri di progetto**

Di seguito si riporta i grafici ed i parametri dello spettro SLV.

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



## Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: **SLV**

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,168 g
$F_o$	2,423
$T_C^*$	0,286 s
$S_S$	1,200
$C_C$	1,413
$S_T$	1,000
$q$	1,000

### Parametri dipendenti

$S$	1,200
$\eta$	1,000
$T_B$	0,135 s
$T_C$	0,404 s
$T_D$	2,274 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

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

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

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

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

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,202
$T_B \leftarrow$	0,135	0,490
$T_C \leftarrow$	0,404	0,490
	0,493	0,401
	0,582	0,340
	0,671	0,295
	0,760	0,260
	0,849	0,233
	0,938	0,211
	1,027	0,193
	1,116	0,177
	1,205	0,164
	1,295	0,153
	1,384	0,143
	1,473	0,134
	1,562	0,127
	1,651	0,120
	1,740	0,114
	1,829	0,108
	1,918	0,103
	2,007	0,099
	2,096	0,094
	2,185	0,091
$T_D \leftarrow$	2,274	0,087
	2,356	0,081
	2,438	0,076
	2,520	0,071
	2,603	0,066
	2,685	0,062
	2,767	0,059
	2,849	0,055
	2,931	0,052
	3,014	0,050
	3,096	0,047
	3,178	0,045
	3,260	0,042
	3,342	0,040
	3,425	0,038
	3,507	0,037
	3,589	0,035
	3,671	0,034
	3,753	0,034
	3,836	0,034
	3,918	0,034
	4,000	0,034

## **7 Metodo di calcolo strutturale delle opere**

### **7.1 Analisi di calcolo**

Il dimensionamento degli spessori e delle armature degli elementi strutturali che compongono le opere di progetto è stato eseguito sia in condizioni di S.L.U. sia in condizioni di S.L.E..

#### **7.1.1 Valutazione della sicurezza**

La misura della sicurezza è stata valutata attraverso il “metodo dei coefficienti parziali” di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

in cui

$R_d$  , resistenza di progetto della struttura; funzione dei valori caratteristici delle resistenze dei materiali  $R_{k,i}$ , e i coefficiente parziali di sicurezza  $\gamma_{m,i}(> 1)$ ;

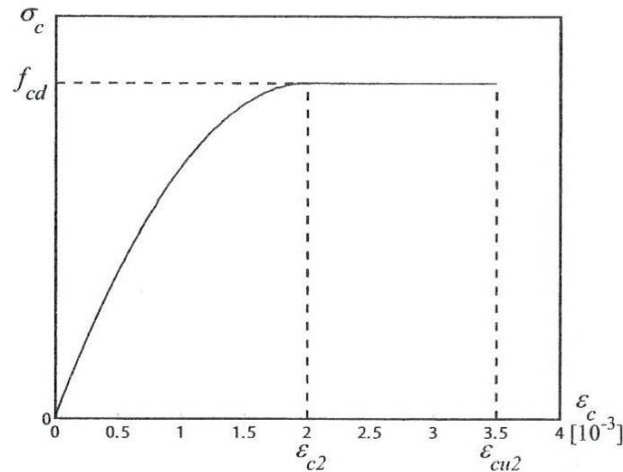
$E_d$  , valore di progetto dell'effetto delle azioni, funzione del valore caratteristico di ciascuna azione  $F_{k,j}$  per il relativo coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_{F,j}$ .

Per ogni opera strutturale di progetto è stata assegnata una vita nominale  $V_N$  e una classe d'uso  $C_N$ .

#### **7.1.2 Legami costitutivi dei materiali**

##### **a) Diagramma di calcolo tensione-deformazione del conglomerato cementizio**

Per il conglomerato cementizio è stato adottato il diagramma parabola-rettangolo, rappresentato nella figura 1, è definito da un arco di parabola di secondo grado passante per l'origine, avente asse parallelo a quello delle tensioni, e da un segmento di retta parallelo all'asse delle deformazioni tangente alla parabola nel punto di sommità. Il vertice della parabola ha ascissa  $\varepsilon_{c2} = 0.20\%$ , l'estremità del segmento ha ascissa  $\varepsilon_{cu2} = 0.35\%$ . L'ordinata massima del diagramma è pari a  $f_{cd}$ .



**Figura 1** - Diagramma di calcolo tensione-deformazione parabola-rettangolo del conglomerato cementizio a molto bassa e bassa e media resistenza

***b) Diagramma di calcolo tensione-deformazione dell'acciaio***

E' stato adottato, quale diagramma di calcolo tensione-deformazione, il diagramma rappresentato nella figura 2, riferito alla tensione di snervamento di calcolo  $f_{yd}$ , di un acciaio ordinario. Esso si ottiene a partire dal diagramma caratteristico, secondo le modalità indicate nella figura, in cui:

$\varepsilon_{ud} = 0.9 \cdot \varepsilon_{uk}$ , deformazione ultima di progetto;

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ , tensione di snervamento di progetto.

Il diagramma caratteristico è determinato dai seguenti parametri:

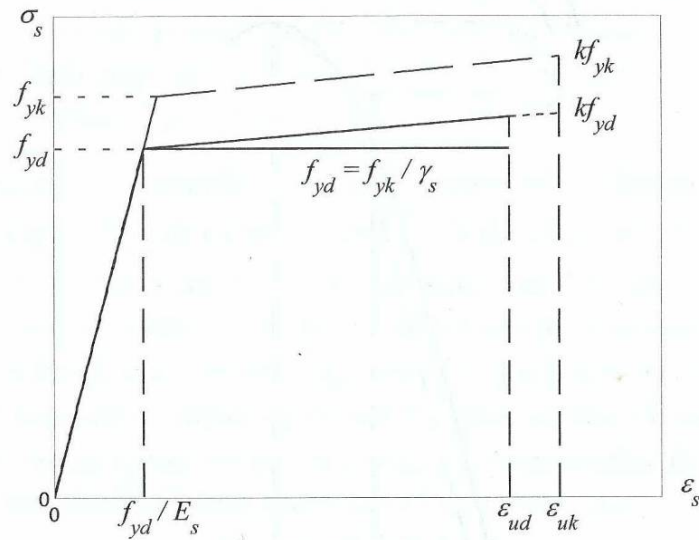
$f_{yk}$ , tensione caratteristica di snervamento;

$k$ , rapporto tra la tensione caratteristica di picco e la tensione caratteristica di snervamento;

$E_s$ , modulo elastico dell'acciaio;

$\varepsilon_{uk}$ , deformazione in corrispondenza del picco di tensione.





**Figura 2** – Diagrammi di calcolo tensione/deformazione per l'acciaio (linee continue) e diagramma caratteristico (linea tratteggiata)

### 7.1.3

#### Azioni sulle costruzioni

Le azioni prese in esame per l'analisi e le verifiche delle opere in progetto verranno classificate secondo la variazione della loro intensità nel tempo in:

- *Permanenti* (G);
- *Variabili* (Q);
- *Sismiche* (E);

Particolare attenzione è stata riservata al calcolo dell'azione sismica, effettuata in accordo con le prescrizioni delle NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (D.M. 14/01/2008).

### 7.1.4

#### Azione sismica

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ .

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono:

Stati limite di esercizio

- Stato Limite di Operatività (**SLO**);
- Stato Limite di Danno (**SLD**);

#### Stati limite ultimi

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**);
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (**SLC**).

Ad ogni stato limite corrisponde una probabilità di superamento  $P_{VR}$ .

Per le opere di progetto il rispetto dei vari stati limite si considera conseguito qualora siano soddisfatte le verifiche relative ai soli **SLD** e **SLV**.

#### **7.1.4.1 Valutazione dell'azione sismica**

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y ed una verticale Z, da considerarsi tra loro indipendenti. Le componenti sono descritte dagli spettri di risposta elastici in accelerazione funzione del periodo di riferimento  $P_{VR}$  e l'accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$ .

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali è definito dalla seguente espressione:

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

con:

- S, è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_S \cdot S_T$$

essendo  $S_S$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica;

- $\eta$ , è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la relazione seguente:

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0.55$$

- $F_o$ , è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2.;
- $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ , sono i periodi che separano i diversi rami dello spettro, dipendenti dalla categoria del suolo di fondazione.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale è definito dalla seguente espressione:

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

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

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

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

- $F_v$ , è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1.35 \cdot F_o \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$$

- $a_g$ ,  $F_o$ ,  $S$ ,  $\eta$ , sono stati definiti in precedenza;
- i valori di  $S_s$ ,  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  sono riportati nella tabella seguente.

Categoria di sottosuolo	$S_s$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

### 7.1.5

### Analisi allo S.L.U.

#### 7.1.5.1 Condizioni di Stato Limite Ultimo (S.L.U.)

Definite le opportune combinazioni delle azioni (azioni di calcolo,  $F_d$ ), si valutano le azioni interne (sollecitazioni di calcolo,  $E_d$ ) nei vari elementi strutturali. Per ogni elemento strutturale

sono valutate le resistenze (resistenze di calcolo,  $R_d$ ). La verifica della sicurezza agli stati limite ultimi si ritiene soddisfatta controllando che, per ogni elemento strutturale e per ciascuna delle combinazioni delle azioni prese in esame, risulti:

$$R_d \geq E_d$$

Le azioni di calcolo  $F_d$  si ottengono combinando le azioni caratteristiche secondo la seguente formula di correlazione:

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

dove:

$G_1$  rappresenta il valore nominale dei carichi permanenti (peso proprio, carichi permanenti portati, precompressione, ecc);

$G_2$  rappresenta il valore nominale dei carichi permanenti non strutturali;

$Q_{ki}$  rappresenta il valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;

$Q_{ki}$  rappresenta il valori caratteristico della  $i$ -esima azione variabile che può agire contemporaneamente all'azione dominante;

$\gamma_{G1}, \gamma_{G2}, \gamma_{Qi}$  rappresentano i coefficienti parziali;

$\psi_{0i}$  rappresentano i coefficienti di combinazione, da determinarsi sulla base di considerazioni statistiche, per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

#### **7.1.5.2 Analisi sismica**

##### ***Spettro di progetto per lo S.L.U.***

Le capacità dissipative delle strutture possono essere messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche. In tal caso, lo spettro di progetto  $S_d(T)$  utilizzato, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{vr}$  per lo S.L.V., con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

##### ***Combinazione dell'azione sismica con le altre azioni***

Relativamente alla verifica allo stato limite ultimo (S.L.U.), sono state effettuate le verifiche considerando la combinazione della azione sismica con le altre azioni:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$$

- $E$ , azione sismica per lo stato limite;
- $\psi_{2i}$ , coefficiente di combinazione che delle azioni variabili  $Q_{kj}$ ;

### 7.1.6 Analisi allo S.L.E.

Per le verifiche agli stati limite di esercizio si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

☞ combinazioni RARE:

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

☞ combinazioni FREQUENTI:

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

☞ combinazioni QUASI PERMANENTI:

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

$\psi_{0i}$ , coefficiente di combinazione, da determinarsi sulla base di considerazioni statistiche, per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici;

$\psi_{1i}$ , coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;

$\psi_{2i}$ , coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Nello spirito del metodo semiprobabilistico, la misura della sicurezza è condotta verificando, note che siano le condizioni ambientali (condizioni ordinarie, aggressive o molto aggressive) e la sensibilità delle armature alla corrosione (armature sensibili, poco sensibili), le combinazioni di azioni da considerare (combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti), che sia :

$$E_d \leq R_d$$

dove  $R_d$  è la resistenza di progetto, funzione delle proprietà dei materiali e fissata in base alle classi ambientali ed al tipo di armature, mentre  $E_d$  è l'effetto dell'applicazione delle azioni appena definite.

Gli stati limiti di esercizio di cui si prevede in seguito la verifica sono i seguenti:

- ☞ stato limite di fessurazione;
- ☞ stato limite delle tensioni di esercizio;
- ☞ stato limite di deformazione.

### **Stato limite di fessurazione**

Le fessure possono essere indotte da deformazioni imposte e dall'azioni dei carichi.

Le norme tecniche definiscono tre diversi stati limite di fessurazione che, in ordine decrescente di severità, sono lo stato limite di decompressione, lo stato limite di formazione delle fessure e lo stato limite di apertura delle fessure e vanno scelti a seconda delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature.

#### *Stato limite di decompressione*

Lo stato limite di decompressione consiste nel controllare che la tensione nel calcestruzzo, a causa delle sollecitazioni di progetto prescritte, sia al più nulla in tutti i punti della sezione cioè che la sezione deve essere soggetta esclusivamente a tensioni di compressione.

#### *Stato limite di formazione delle fessure*

Lo stato limite di formazione delle fessure consiste nel controllare che la massima tensione normale di trazione nel calcestruzzo risulti inferiore  $f_{ctm}/1.2$ , considerando le caratteristiche geometriche della sezione omogeneizzata non fessurata.

#### *Stato limite di apertura delle fessure*

Lo stato limite di apertura delle fessure consiste nel verificare che l'ampiezza caratteristica delle fessure che si formano nell'elemento in calcestruzzo armato si mantengono al di sotto dei limiti previsti dalla normativa. Il valore caratteristico di calcolo ( $w_d$ ) è espresso dalla relazione seguente:

$$w_d = 1.7 \cdot w_m$$

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

Per le strutture contenenti liquidi si esegue una verifica a fessurazione che prevede, per le combinazioni di carico quasi permanenti, uno stato limite di formazione delle fessure, mentre, per le combinazioni di carico frequenti, uno stato limite di apertura delle fessure con valore nominale delle aperture inferiore o uguale a  $w_1 = 0.2$  mm.

Per le altre tipologie di strutture si esegue una verifica a fessurazione che prevede, per le combinazioni di carico quasi permanenti e frequenti, uno stato limite di apertura delle fessure con valore nominale delle aperture inferiore o uguale rispettivamente a  $w_1 = 0.2$  mm e  $w_2 = 0.3$  mm.

### **Stato limite delle tensioni in esercizio**

La normativa impone di limitare le tensioni agenti (di lavoro) nei materiali in fase di esercizio. Questa verifica deve essere effettuata per le combinazioni di azioni rare e quasi permanenti

La massima tensione di compressione  $\sigma_c$  del conglomerato cementizio deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c \leq 0.60 \cdot f_{ck} \quad \text{per combinazione rara;}$$

$$\sigma_c \leq 0.45 \cdot f_{ck} \quad \text{per combinazione quasi permanenti;}$$

La tensione massima  $\sigma_s$  nell'acciaio, indotta dalle azioni dovute alle combinazioni rare, deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s \leq 0.8 \cdot f_{yk}$$

### **Stato limite di deformazione**

Le deformazioni di un elemento o di una struttura devono essere congruenti con le prestazioni richieste alla struttura con riferimento alle esigenze statiche, funzionali ed estetiche. I limiti di deformazione da imporre alla struttura, in linea di principio, non dovranno superare i valori per i quali si possono verificare inconvenienti agli elementi collegati alla struttura aventi comportamento fragile (vetrate, tramezzature, pavimentazioni, etc.). In altri casi i limiti possono essere imposti per assicurare il corretto funzionamento di macchinari o impianti. Seppur in via indiretta, il controllo delle deformazioni permette anche di limitare vibrazioni fastidiose.

Orientativamente, la norma ISO 4356 indica i valori massimi di deformazione validi per edifici di uso comune (abitazione, uffici, etc.) per i quali si ritiene che frecce inferiori a 1/250 della luce,

indotte da carichi quasi permanenti, non compromettano l'aspetto e la funzionalità della struttura. Inoltre, inflessioni non maggiori di 1/500 della luce, dovute al peso degli elementi non strutturali, sono in genere tollerabili senza che gli stessi si danneggino.

Nelle strutture in cemento armato devono considerarsi anche le componenti di deformazione differita del calcestruzzo quali il ritiro e la viscosità.

Per travi con sezione rettangolare o ad esse assimilabili aventi luce non superiore a 10 m e per piastre rettangolari, si può omettere la verifica di deformabilità purché i rapporti luce/altezza risultino inferiori a quelli riportati nella tabella seguente (nel caso delle piastre rettangolari la luce è la minore dimensione in pianta).

**Tabella – Rapporti di snellezza limite**

Condizioni di vincolo	l/h
Travi a sbalzo	7
Travi e piastre semplicemente appoggiate	20
Travi continue, piastre incastrate	26

#### **7.1.6.1 Analisi sismica**

##### ***Spettro di progetto per lo S.L.D.***

Per gli stati limite di esercizio lo spettro di progetto  $S_d(T)$  utilizzato, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{vr}$  per lo S.L.D.. Le verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio degli elementi strutturali, degli elementi non strutturali e degli impianti si effettuano rispettivamente nei termini specificati dalla Norme tecniche 2008.

## **8 Descrizione Analisi dei carichi**

### ***8.1 Azioni verticali sui manufatti interrati***

La platea di fondazione e le solette di coperture dei manufatti sono sottoposte a varie tipologie di carico, la cui descrizione e caratterizzazione è riportata di seguito.

#### **8.1.1 Peso proprio**

Il peso proprio dell'elemento strutturale è calcolato come prodotto fra il volume dell'elemento stesso per il peso specifico del materiale di cui è costituito:



$$p_{pr} = \gamma_m \cdot s \cdot A$$

con,

$\gamma_m$ , peso specifico del materiale costituente l'elemento strutturale;

A, area trasversale dell'elemento strutturale;

s, spessore dell'elemento.

### **8.1.2 Carico permanente**

Il carico permanente ( $p_{per}$ ) è dato dal peso degli elementi non strutturali, che può essere modellato come una forza concentrata o un carico distribuito.

### **8.1.3 Carico accidentale**

Il carico accidentale può essere di tipo puntuale (forza concentrata) ( $F_{acc}$ ) oppure distribuito ( $q_{acc}$ ).

## **8.2 Azioni sismiche di massa**

### **8.2.1 Calcolo dei pesi sismici**

I carichi sismici vengono valutati come indicato nel DM 2008, ovvero

$$W = G_k + \sum (\Psi_{2i} * Q_{ki})$$

$\Psi_{2i}$  è il coefficiente di destinazione d'uso associato all'azione variabile  $Q_i$ .

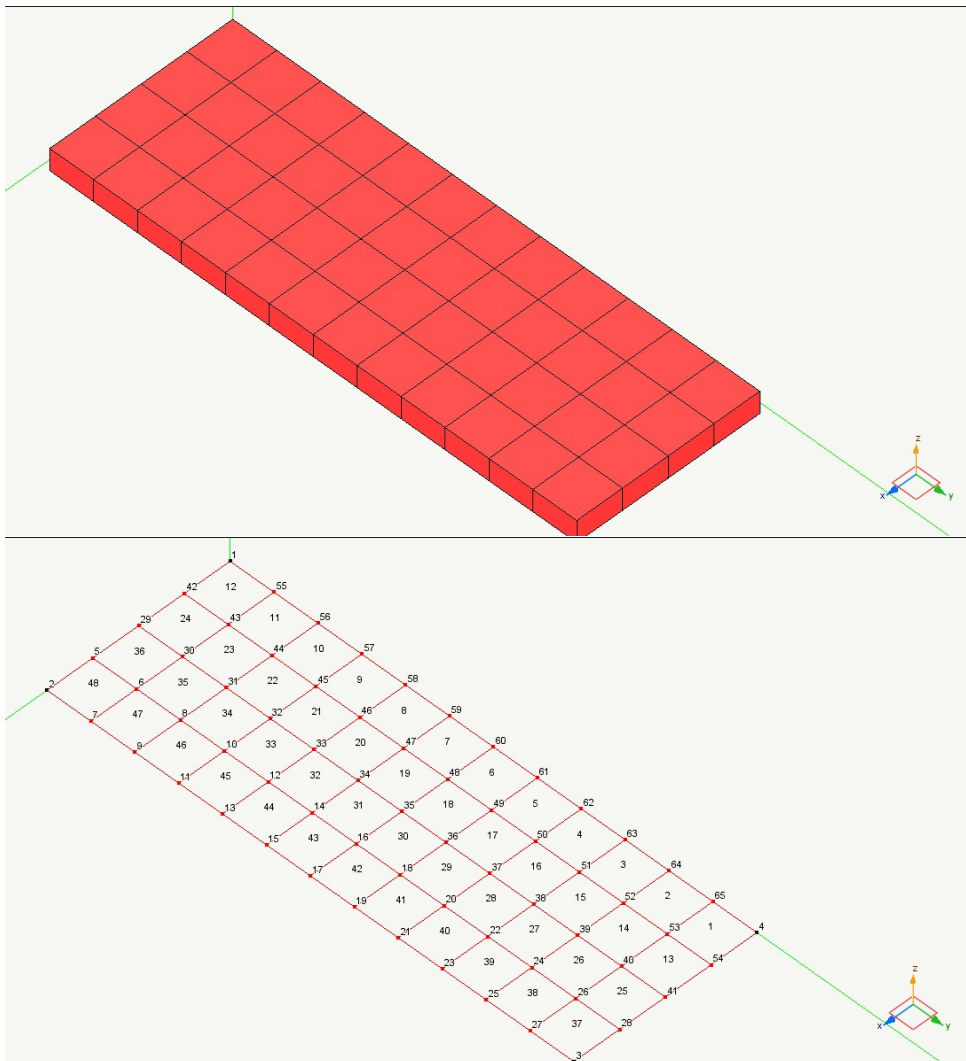
I valori delle sollecitazioni sismiche sono combinati linearmente (in somma e in differenza) con quelli conseguenti ai carichi statici per ottenere le sollecitazioni complessive, in condizione di sisma nelle direzioni di calcolo prescelte.

## 9 Basamento prefabbricati dei trasformatori

Il basamento ha dimensioni planimetriche di (3,3x9,50)m e spessore di 0,40 m.; su di esso si prevede di collocare n.4 prefabbricati in calcestruzzo armato ciascuno delle dimensioni planimetriche interne di (2,12x3,15) e dell'altezza di 2,80 m. In tre prefabbricati verranno installati altrettanti trasformatori in resina da 2500 kVA 20kV/6kV, nel quarto verrà alloggiato il trasformatore dei servizi ausiliari in resina da 2500 kVA 20kV/0,4kV.

### 9.1 Modello di calcolo

Si esegue un'analisi elastica lineare ad elementi finiti della struttura con il programma di calcolo Nolian. Il modello tridimensionale del manufatto è riportato nella Figura 1.



**Figura 1- Modello di calcolo basamento prefabbricati dei trasformatori**

## 9.2 Analisi dei carichi

Nel seguito sono riportati i carichi agenti sul manufatto.:

- Peso proprio;
- Carico dovuto ai prefabbricati ;
- Sovraccarico sul tetto dei prefabbricati
- Sovraccarico nel paviemnto dei prefabbricati
- Azione sismica

## 9.3 Calcolo delle azioni

**Peso proprio:** Viene calcolato in automatico dal programma, una volta assegnata la geometria dei vari elementi strutturali con i relativi materiali costituenti ( $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$  peso specifico del c.a.).

### **Sovraccarico accidentale sul pavimento dei prefabbricati:**

$$P_{p2} = 3 \text{ kN/m}^2$$

### **Azioni dovute ai prefabbricati**

I carichi verticali indotti da ciascun prefabbricato sono analizzati nel prospetto seguente.

<b>Analisi dei carichi gravanti sulla fondazione per ciascun locale trasformatore</b>						
					Peso (Kg)	Peso (Kg)
Impermeabilizzazione copertura	1	2,3	3,33	25	191,48	9356,18
Peso solaio cabina	1	2,3	3,33	0,12	2297,70	
Peso muri	2	2,3	0,09	2,8	2898,00	
Peso muri	2	3,15	0,09	2,8	3969,00	
Peso in elevazione					9356,18	
Peso solaio calpestio	1	2,3	3,33	0,1	1914,75	
A dedurre porta	1	1,2	0,09	2,15	-580,50	7184,25
peso trasformatore resina					5850,00	
Totale su pavimento					7184,25	
Peso muri vasca	2	2,3	0,085	0,5	488,75	
Peso muri vasca	2	3,15	0,085	0,5	669,38	
Peso soletta vasca	1	2,3	3,33	0,1	1914,75	
Totale vasca					3072,88	3072,88
<b>Totale peso prefabbricato</b>					<b>Kg</b>	<b>19613,30</b>

Totale sovraccarico su copertura (400 kg/m <sup>2</sup> )	Kg	3063,60
<b>Carico unitario sul basamento</b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	<b>2502,00</b>
<b>Sovraccarico da copertura su basamento</b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	<b>390,00</b>

Al basamento viene applicata una azione sismica pari a :

$$F_h = S_d(T) \cdot \frac{W}{g}$$

Dove:

- $F_h$  = è la forza sismica equivalente
- $S_d(T)$  = è l'accelerazione corrispondente sullo spettro di risposta al periodo di vibrare della struttura sovrastante il basamento.
- $W$  = carico gravante sul basamento
- $g$  = accelerazione di gravità = 9,81 m/s<sup>2</sup>

Nel caso in esame essendo il periodo di vibrare della struttura molto basso e pari a 0,01 s si può assumere dallo spettro di progetto  $S_d(T)$  =0,20.

La spinta sismica totale gravante sulla fondazione è pari a

$$F_h = 0,20 \times 19613 \times 4 = 15691 \text{ Kg.}$$

L'azione viene ripartita nella maniera seguente:

- su ciascuno dei nodi interni del basamento (33):  $F_h = 322$   $M_h = 322 \times 1,50 = 483$  Kgm
- su ciascuno dei nodi di frontiera del basamento (32):  $F_h = 161$   $M_h = 241,5$  Kgm

Le azioni di cui sopra vengono applicate nella direzione X e nella direzione Y.

#### 9.4 Combinazioni di carico allo S.L.U.

Di seguito, sono riportate le combinazioni essenziali di carico, con i relativi coefficienti parziali previsti dal D.M. 20/02/2018 (NTC 2018), utilizzate per le analisi agli stati limite ultimi.

1	-0.30 * (1) Sisma X + -1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 0.20 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
2	-0.30 * (1) Sisma X + 1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 0.20 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
3	0.30 * (1) Sisma X + -1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 0.20 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
4	0.30 * (1) Sisma X + 1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 0.20 * (1)

	Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
5	-0.30 * (1) Sisma Y + -1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 0.20 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
6	-0.30 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 0.20 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
7	0.30 * (1) Sisma Y + -1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 0.20 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
8	0.30 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 0.20 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
9	1.50 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
10	1.50 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 1.50 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
11	1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
12	1.50 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 1.30 * (1) Carico prefabbricato + 1.30 * (1) Peso proprio
13	1.50 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 1.50 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.30 * (1) Carico prefabbricato + 1.30 * (1) Peso proprio
14	1.30 * (1) Carico prefabbricato + 1.30 * (1) Peso proprio

### 9.5 Combinazioni di carico allo S.L.E.

Di seguito sono riportate le combinazioni di carico utilizzate per le analisi agli stati limite di esercizio delle strutture componenti.

1	Quasi Perm. 0.80 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Perm. Peso proprio
2	Quasi Perm. 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
3	Frequente 0.90 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
4	Frequente 0.80 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
5	Frequente 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
6	Rara 1.00 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
7	Rara 1.00 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 1.00 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
8	Rara 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio

### 9.6 Risultati delle analisi

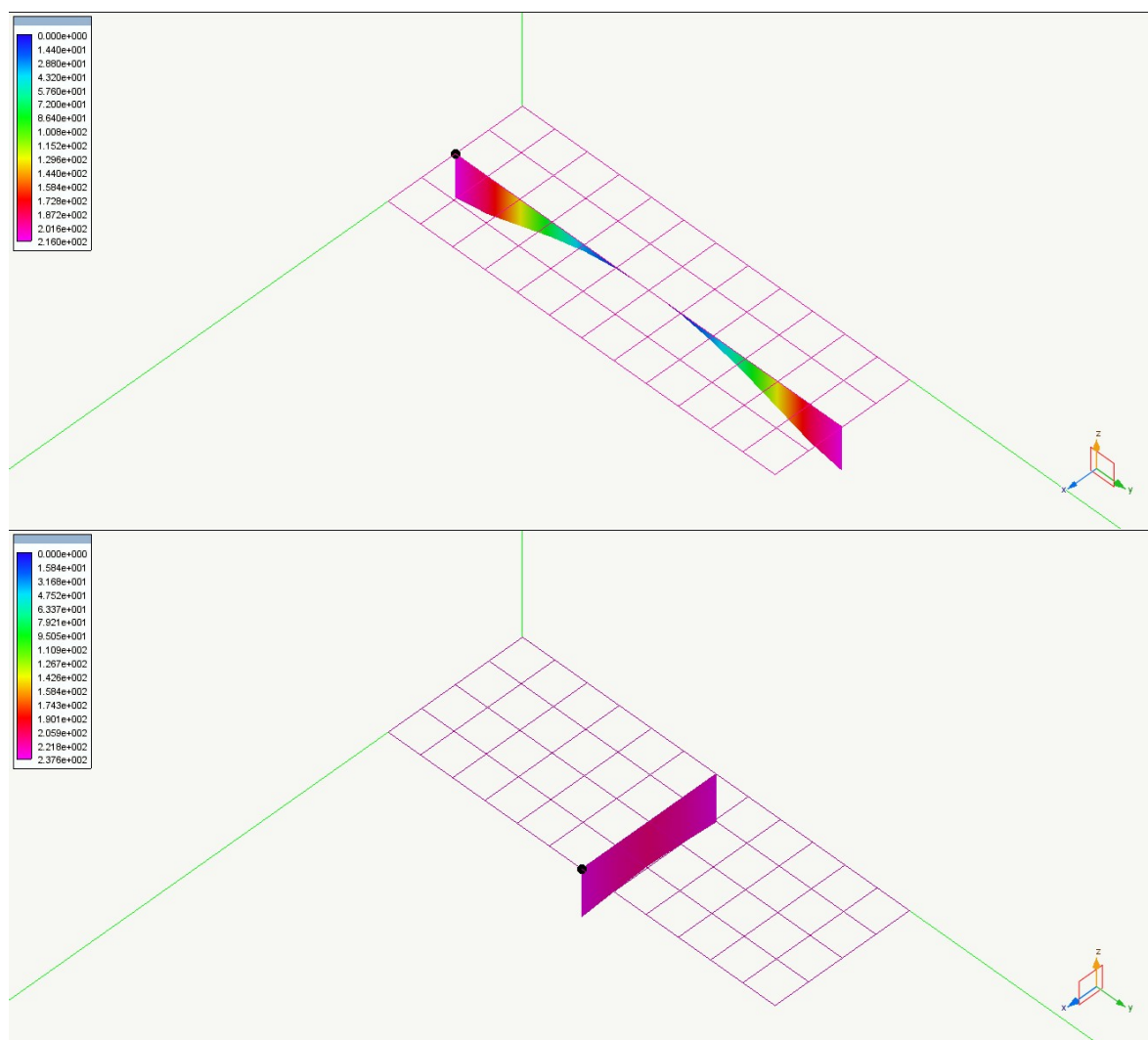
I risultati delle simulazioni numeriche in termini di stato tensionale negli elementi strutturali, ottenuti con Nolian e con il postprocessore Easy Wall, sono riportati nei files allegati alla presente relazione, per le combinazioni di carico relative sia allo stato limite ultimo sia allo stato limite di esercizio.

La descrizione delle armature previste per il basamento in conglomerato cementizio armato è riportata di seguito:

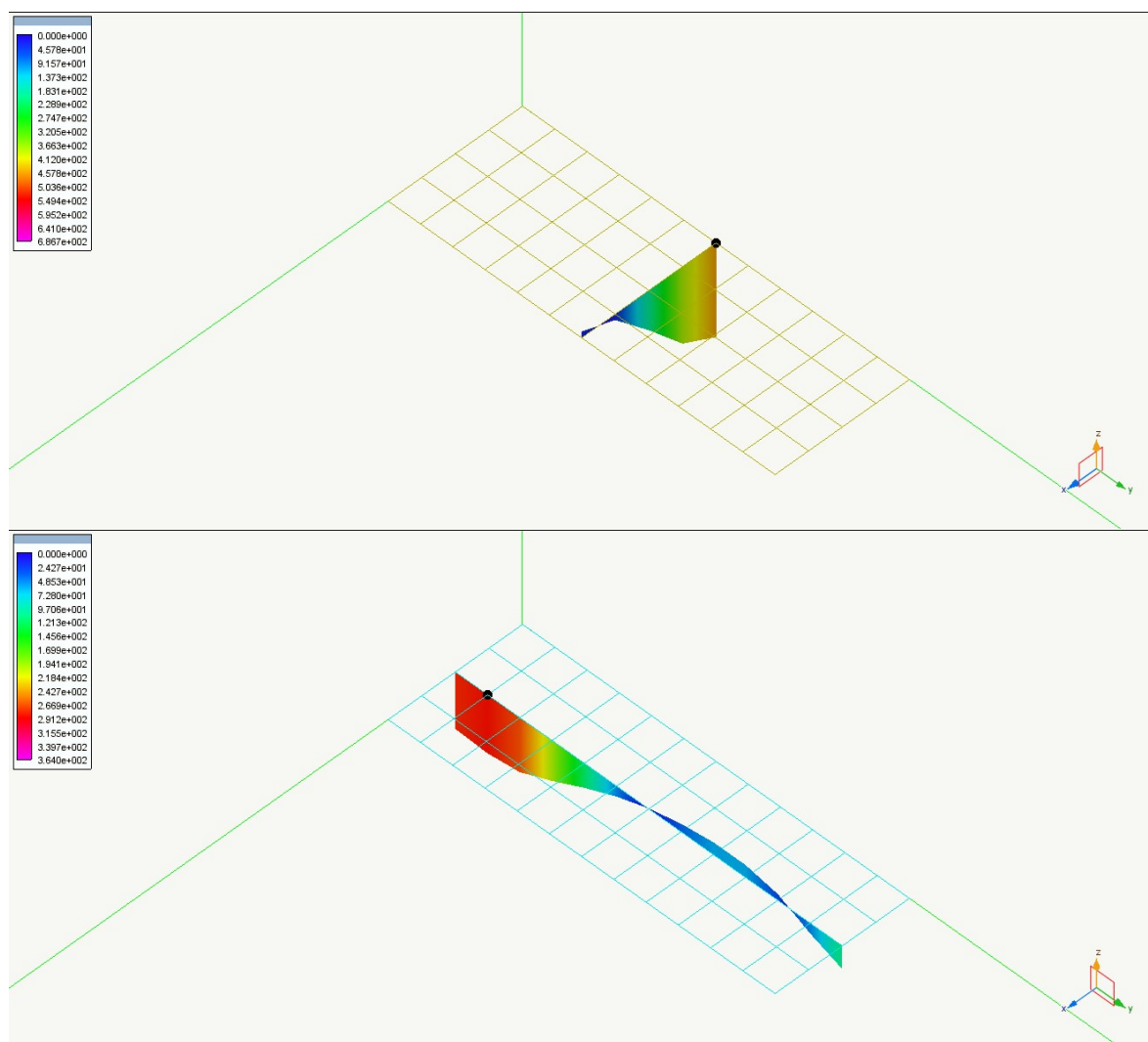
**platea di fondazione** (spessore = 0.40 m): faccia superiore  $\varnothing 14$  passo 20 in direzione trasversale e  $\varnothing 14$  passo 20 in direzione longitudinale; faccia inferiore maglia  $\varnothing 14$  passo 20 in entrambe le direzioni; incidenza armatura (compreso maggiorazione per sovrapposizioni) 65 Kg/m<sup>3</sup>.

## 9.7 Rappresentazione grafica sollecitazioni

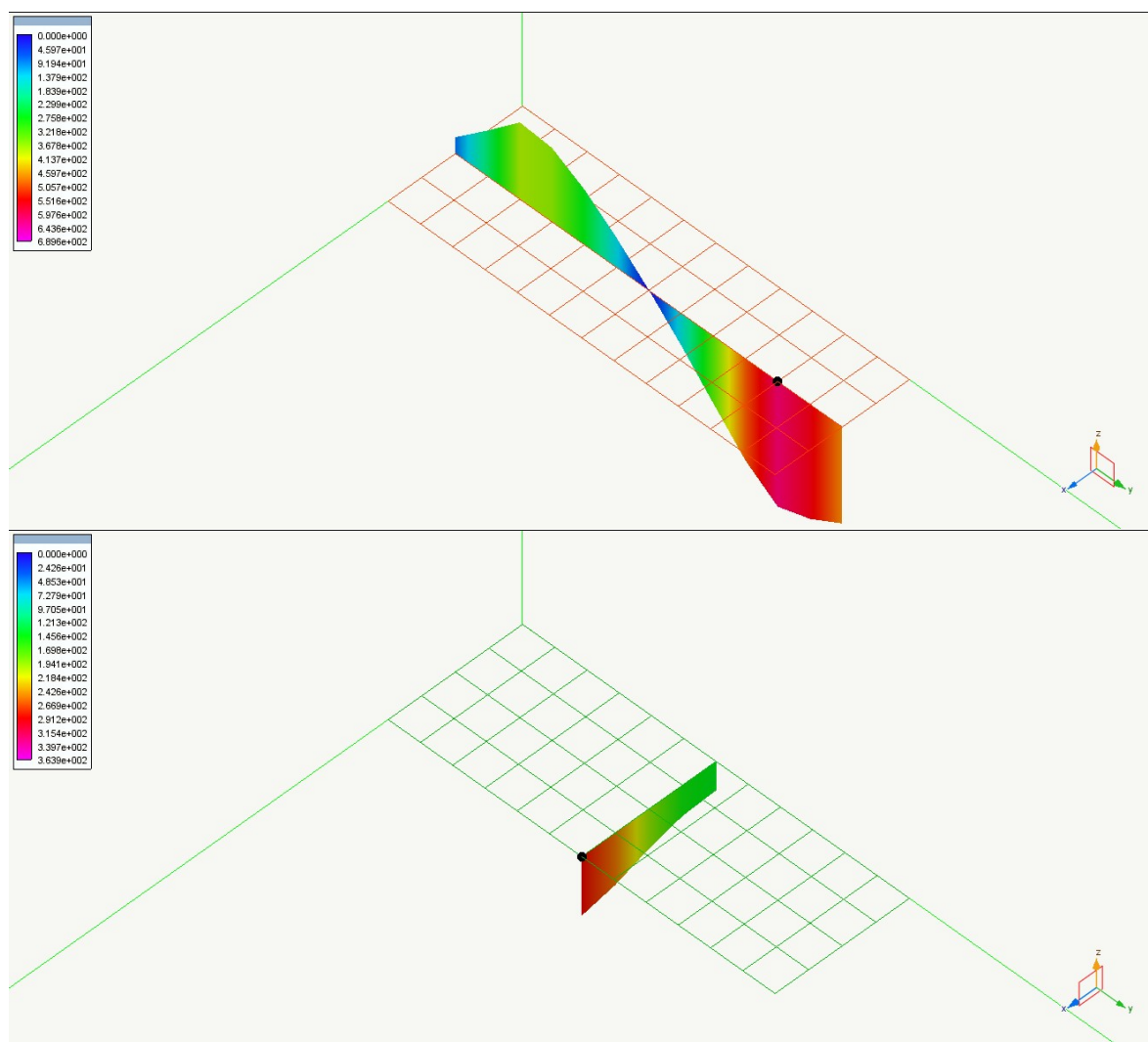
Di seguito vengono rappresentati graficamente i momenti flettenti per le situazioni di carico più significative (sono rappresentati i diagrammi nelle sezioni dove si verificano i valori massimi).



**Figura 2- Momento flettente su platea per combinazione esercizio 7**



**Figura 3- Momento flettente su plateaSLU6 sisma lungo l'asse X**

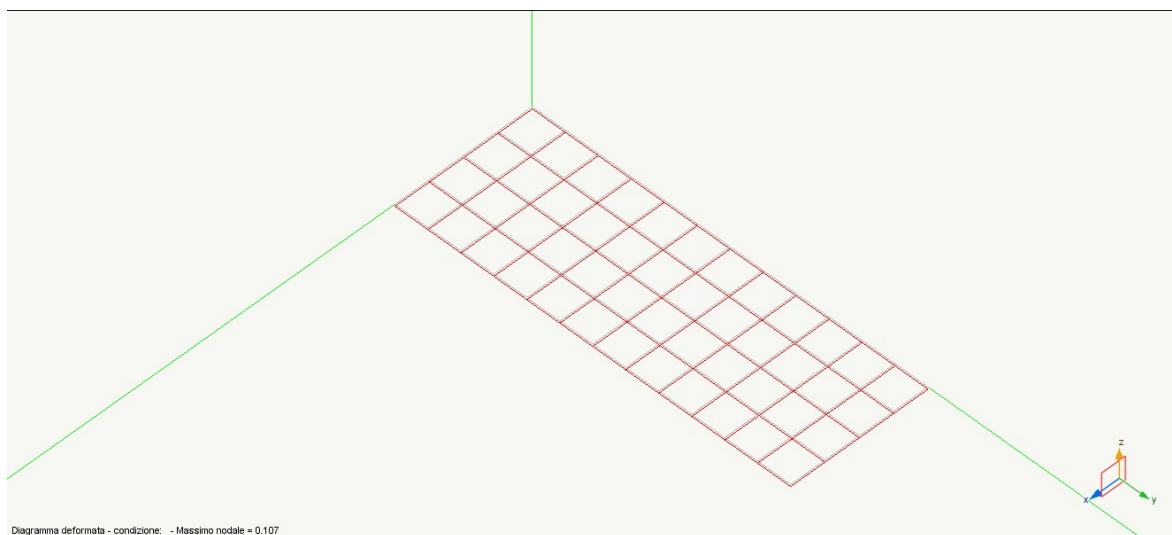


**Figura 4- Momento flettente su plateaSLU 2 sisma lungo l'asse Y**

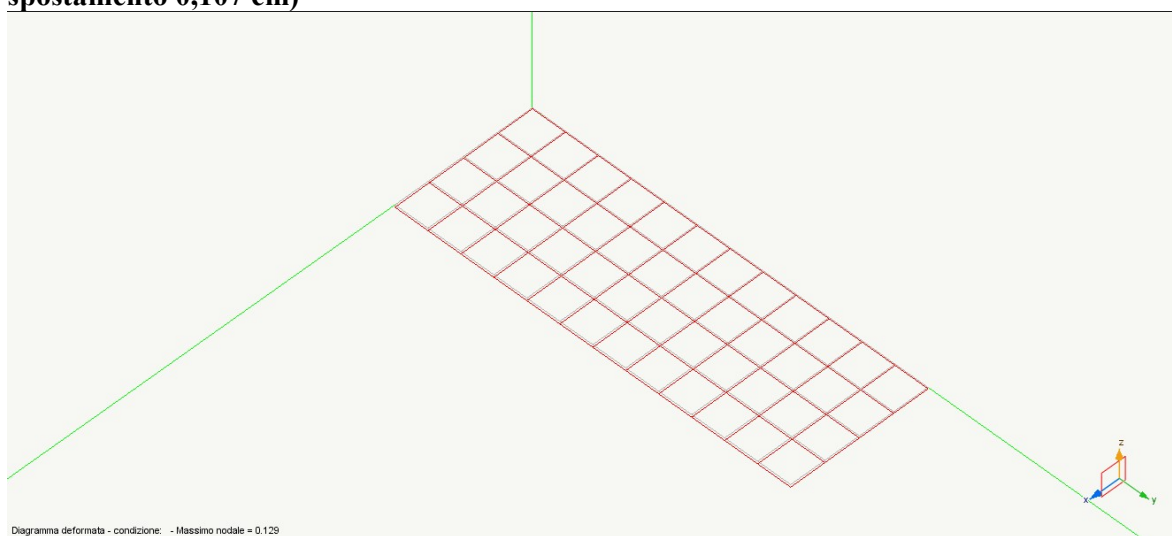
### **9.8 Deformate della struttura**

Nelle seguenti figure vengono riportate le deformate più significative della struttura.

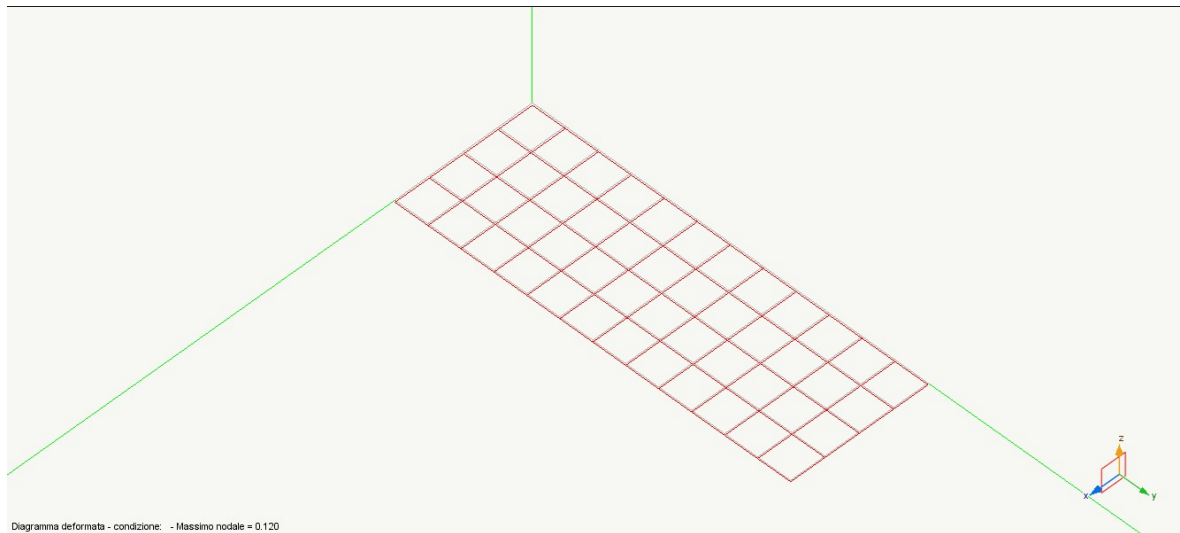




**Figura 5 – Deformata platea di fondazione per combinazione di esercizio 7 (massimo spostamento 0,107 cm)**



**Figura 6– Deformata platea di fondazioneSLU 6 sisma lungo l'asse X (massimo spostamento 0,129 cm)**



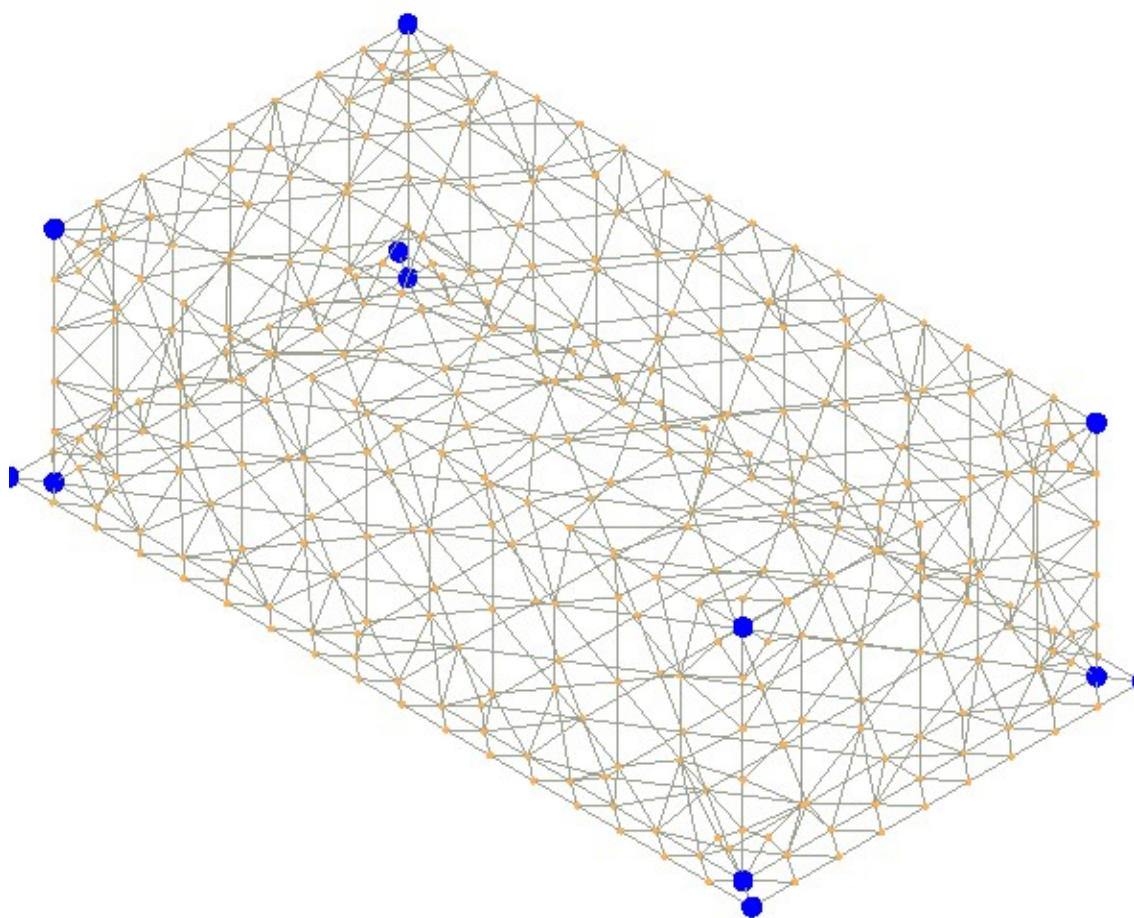
**Figura 7– Deformata platea di fondazioneSLU2 sisma lungo l'asse Y (massimo spostamento 0,12 cm)**

## **10 Manufatto di spinta relining**

Il manufatto ha dimensioni planimetriche di (8,2x4,30)m ed una altezza di 3,12 m; all'interno viene ricavato un vano per il valvolame e la tubazione della larghezza di 1,20 , delimitato da pareti dello spessore variabile da 0,40 a 0,60 m dell'altezza di 2,22 m che insistono su una platea dello spessore di 0,60 m. Il manufatto è completamente interrato e la sua quota di sommità coincide con il piano campagna.

### **10.1 Modello di calcolo**

Si esegue un'analisi elastica lineare ad elementi finiti della struttura con il programma di calcolo Edilus c.a.. Il modello tridimensionale del manufatto è riportato nella Figura 8Figura 13



**Figura 8- Modello di calcolo manufatto di spinta relining**

### ***10.2 Analisi dei carichi***

Nel seguito sono riportati i carichi agenti sul manufatto.:

- Peso proprio;
- Carico dovuto alla spinta del relining
- Spinta del terreno
- Incremento sismico spinta del terreno
- Azioni sismiche

### **10.3 Calcolo delle azioni**

**Peso proprio:** Viene calcolato in automatico dal programma, una volta assegnata la geometria dei vari elementi strutturali con i relativi materiali costituenti ( $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$  peso specifico del c.a.).

#### **Sovraccarico accidentale sul pavimento dei prefabbricati:**

$$P_{p2} = 5 \text{ kN/m}^2$$

#### **Carico accidentale sulle pareti dovute alla spinta:**

Sulle pareti del manufatto sono stati applicati alternativamente dei carichi per unità di superficie pari a  $100 \text{ kN/m}^2$ , applicati su una superficie di  $2 \times 2 \text{ m}^2$ , per complessivi  $400 \text{ kN}$ .

#### **Azioni dovute al terreno**

La spinta del terreno è definita dall'integrale della seguente distribuzione di pressione sulla parete, in presenza di falda ( $Q_f$ , quota della falda) :

per profondità  $z < Q_f$ :

$$\sigma_h(z) = K_o \cdot \gamma_{nat} \cdot z$$

per profondità  $z > Q_f$ :

$$\sigma_h(z) = K_o (\gamma_{nat} \cdot Q_f + \gamma' \cdot (z - Q_f)) + \gamma_w \cdot (z - Q_f)$$

Dove,

$z$ , profondità dal p.c.;

$\gamma_{nat}$ , peso dell'unità di volume del terreno;

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w ;$$

$\gamma_{sat}$ , peso saturo dell'unità di volume del terreno;

$\gamma_w$ , peso specifico dell'acqua;

$$K_o = (1 - \sin(\phi_d)) \cdot OCR_n$$

$OCR$ , grado di sovraconsolidazione, pari a 1;

$$n = 0.54 \cdot 10^{\frac{-I_p}{281}}, \text{ con } I_p \text{ indice di plasticità per terreni a grana fina;}$$

$\varphi_d$ , angolo di resistenza a taglio che caratterizza il terreno

#### 10.4 Combinazioni di carico allo S.L.U.

Di seguito, sono riportate le combinazioni essenziali di carico, con i relativi coefficienti parziali previsti dal D.M. 20/02/2018 (NTC 2018), utilizzate per le analisi agli stati limite ultimi.

<b>Id<sub>Comb</sub></b>	<b>CC 01</b> Carico Permanente	<b>CC 02</b> Autorimessa <= 30kN	<b>CC 03</b> Coperture accessibili solo per manutenzione	<b>CC 04</b> Spinta Terreno (statica)	<b>CC 05</b> Spinta Terreno (sisma)	<b>CC 06</b> Spinta relining
<b>01</b>	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>02</b>	1,00	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00
<b>03</b>	1,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>04</b>	1,00	1,50	0,00	1,50	0,00	0,00
<b>05</b>	1,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00
<b>06</b>	1,00	0,00	1,50	1,50	0,00	0,00
<b>07</b>	1,00	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>08</b>	1,00	1,05	0,00	1,50	0,00	0,00
<b>09</b>	1,00	1,05	1,50	0,00	0,00	0,00
<b>10</b>	1,00	1,05	1,50	1,50	0,00	0,00
<b>11</b>	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>12</b>	1,30	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00
<b>13</b>	1,30	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>14</b>	1,30	1,50	0,00	1,50	0,00	0,00
<b>15</b>	1,30	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00
<b>16</b>	1,30	0,00	1,50	1,50	0,00	0,00
<b>17</b>	1,30	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>18</b>	1,30	1,05	0,00	1,50	0,00	0,00
<b>19</b>	1,30	1,05	1,50	0,00	0,00	0,00
<b>20</b>	1,30	1,05	1,50	1,50	0,00	0,00

#### 10.5 Combinazioni di carico allo S.L.E.

Di seguito sono riportate le combinazioni di carico utilizzate per le analisi agli stati limite di esercizio delle strutture componenti.

<b>SERVIZIO(SLE): Caratteristica(RARA)</b>						
<b>Id<sub>Comb</sub></b>	<b>CC 01</b> Carico Permanente	<b>CC 02</b> Autorimessa <= 30kN	<b>CC 03</b> Coperture accessibili solo per manutenzione	<b>CC 04</b> Spinta Terreno (statica)	<b>CC 05</b> Spinta Terreno (sisma)	<b>CC 06</b> Spinta relining
<b>01</b>	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00
<b>02</b>	1,00	0,70	1,00	1,00	0,00	0,00
<b>03</b>	1,00	0,70	0,00	1,00	0,00	0,00

#### Frequente

<b>SERVIZIO(SLE): Frequente</b>						
<b>Id<sub>Comb</sub></b>	<b>CC 01</b> Carico Permanente	<b>CC 02</b> Autorimessa <= 30kN	<b>CC 03</b> Coperture accessibili solo per manutenzione	<b>CC 04</b> Spinta Terreno (statica)	<b>CC 05</b> Spinta Terreno (sisma)	<b>CC 06</b> Spinta relining
<b>01</b>	1,00	0,70	0,00	1,00	0,00	0,00
<b>02</b>	1,00	0,60	0,00	1,00	0,00	0,00

#### Quasi permanente

<b>SERVIZIO(SLE): Quasi permanente</b>						
--	--	--	--	--	--	--

<b>Id<sub>Comb</sub></b>	<b>CC 01</b> Carico Permanente	<b>CC 02</b> Autorimessa <= 30kN	<b>CC 03</b> Coperture accessibili solo per manutenzione	<b>CC 04</b> Spinta Terreno (statica)	<b>CC 05</b> Spinta Terreno (sisma)	<b>CC 06</b> Spinta relining
<b>01</b>	1,00	0,60	0,00	1,00	0,00	0,00

### 10.6 Risultati delle analisi e descrizione delle armature

I risultati delle simulazioni numeriche in termini di stato tensionale negli elementi strutturali, ottenuti con il codice di calcolo, sono riportati nei files allegati alla presente relazione, per le combinazioni di carico relative sia allo stato limite ultimo sia allo stato limite di esercizio.

La descrizione delle armature previste per il basamento in conglomerato cementizio armato è riportata di seguito:

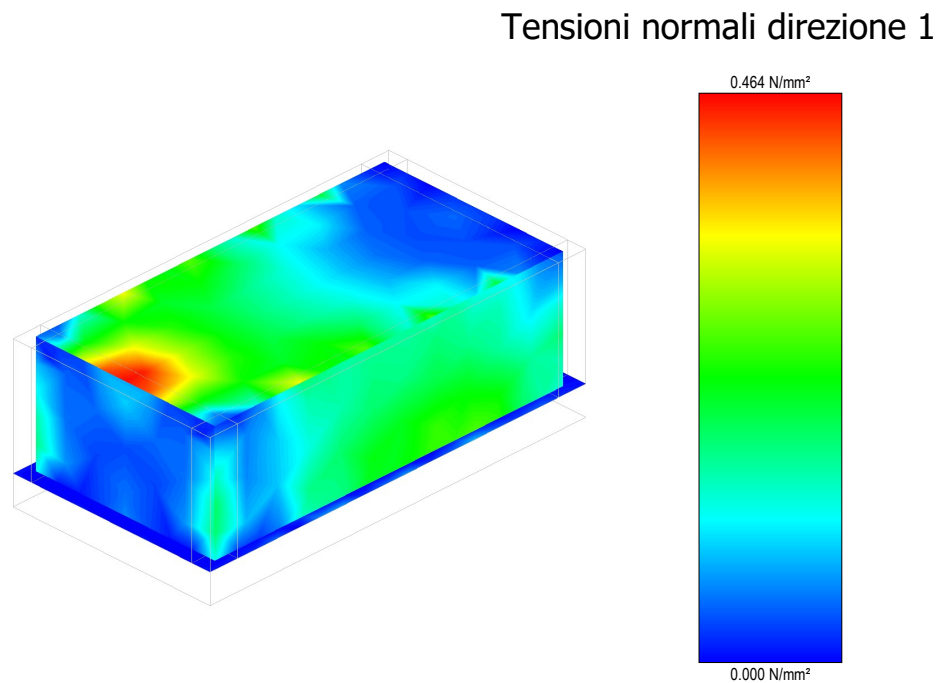
**platea di fondazione** (spessore = 0.60 m): faccia superiore  $\varnothing/14$  passo 20 in direzione trasversale e  $\varnothing/14$  passo 20 in direzione longitudinale; faccia inferiore maglia  $\varnothing/14$  passo 20 in entrambe le direzioni;

**pareti** (spessore = 0.30m): faccia interna e faccia esterna maglia di  $\varnothing/12$  passo 20 in entrambe le direzioni.

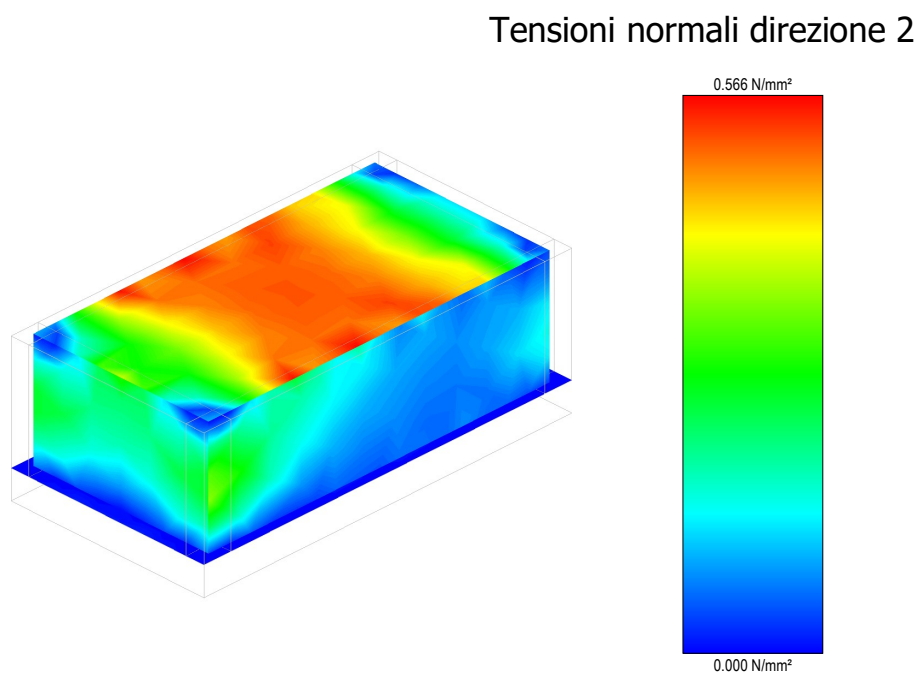
**pareti** (spessore = 0.60m): faccia interna e faccia esterna maglia di  $\varnothing/14$  passo 20 in entrambe le direzioni.

### 10.7 Rappresentazione grafica sollecitazioni

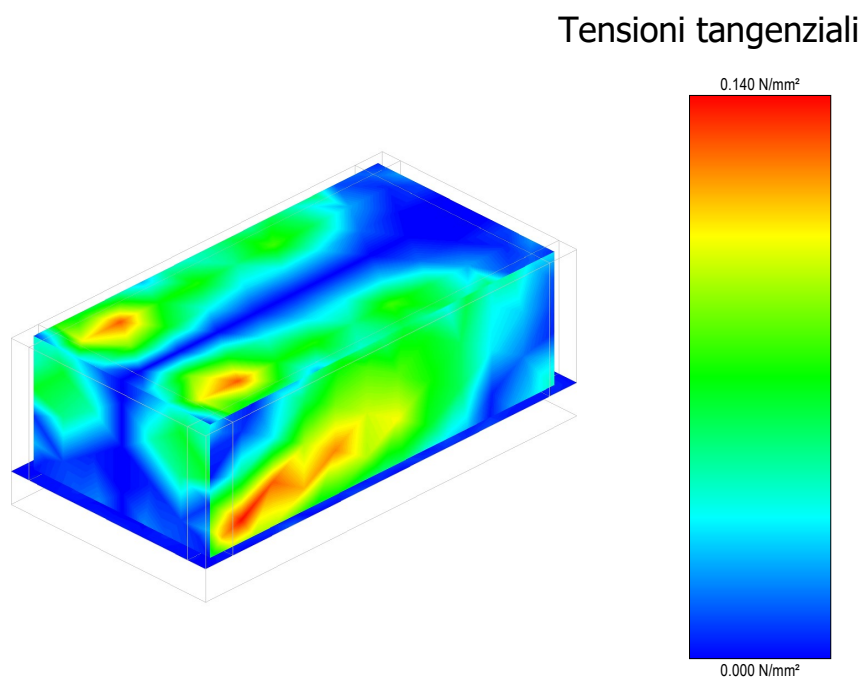
Di seguito vengono rappresentati graficamente gli stati tensionali per le situazioni di carico più significative (sono rappresentati i diagrammi nelle sezioni dove si verificano i valori massimi).



**Figura 9- Tensione normale in direzione 1**



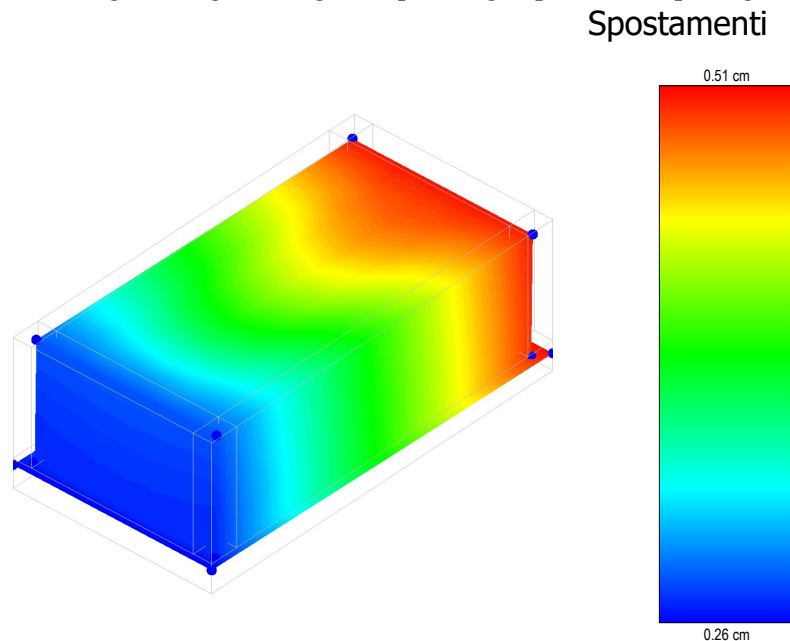
**Figura 10- Tensione normale in direzione 2**



**Figura 11- Tensione tangenziale in direzione 1-2**

### 10.8 Spostamenti della struttura

Nelle seguenti figure vengono riportati gli spostamenti più significativi della struttura.



**Figura 12 – Spostamento della struttura in condizione di spinta (massimo spostamento 0,51 cm)**

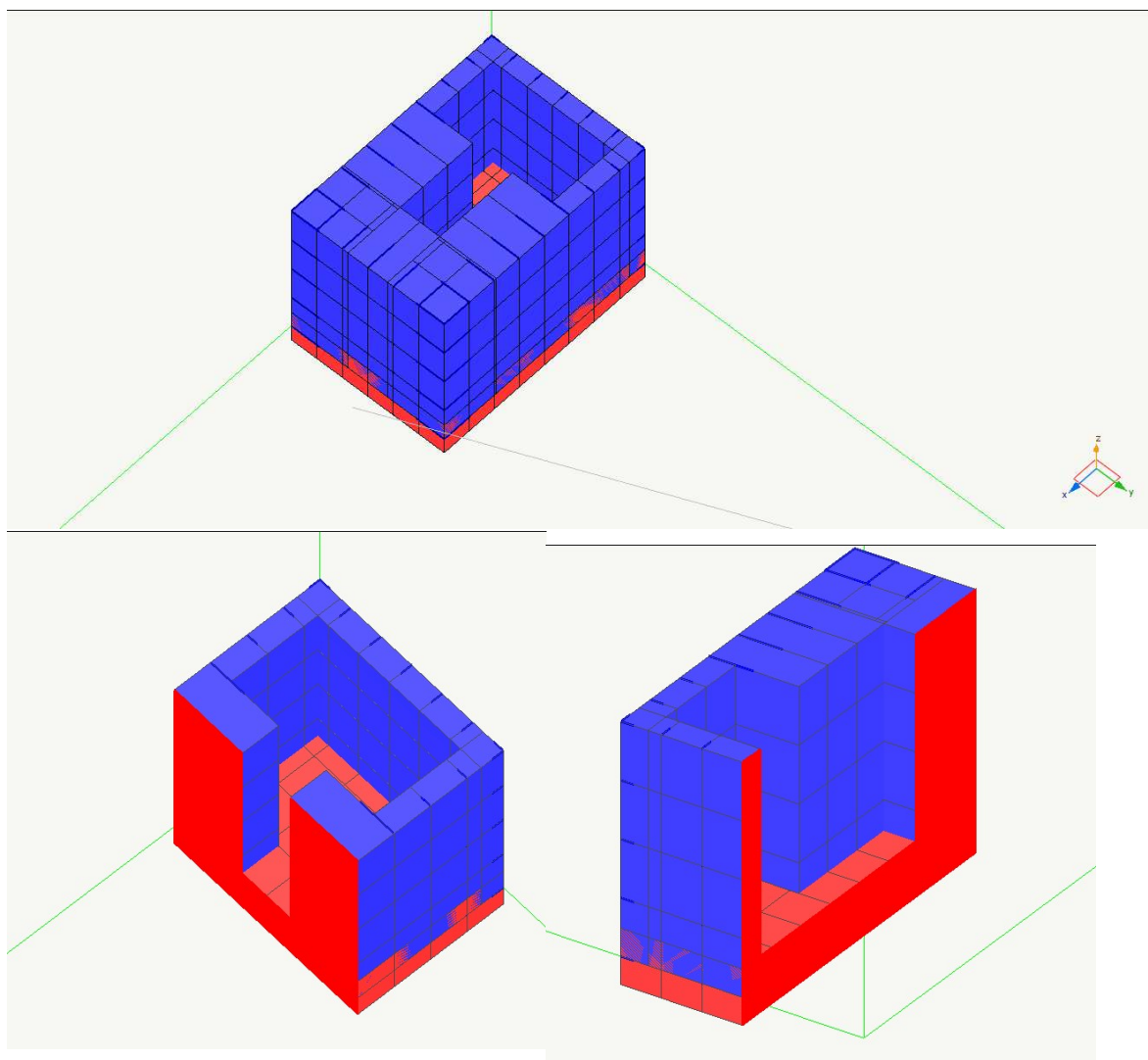
## 11 Manufatto di alloggio cassa d'aria

Il manufatto ha dimensioni planimetriche di (4,5x3,00)m ed una altezza di 2,80 m; all'interno viene ricavato un vano per il valvolame e la tubazione della larghezza di 1,00 , delimitato da pareti dello spessore variabile da 0,30 a 1,00 m dell'altezza di 2,20 m che insistono su una platea dello spessore di 0,60 m. Il manufatto è quasi completamente interrato e la sua quota di sommità sporge di circa 20 cm rispetto al piano campagna.

### 11.1 Modello di calcolo

Si esegue un'analisi elastica lineare ad elementi finiti della struttura con il programma di calcolo Nolian. Il modello tridimensionale del manufatto è riportato nella Figura 13





**Figura 13- Modello di calcolo manufatto cassa d'aria**

### **11.2 Analisi dei carichi**

Nel seguito sono riportati i carichi agenti sul manufatto.:

- Peso proprio;
- Carico dovuto alle apparecchiature ;
- Spinta del terreno
- Incremento sismico spinta del terreno
- Azioni sismiche

### 11.3 Calcolo delle azioni

**Peso proprio:** Viene calcolato in automatico dal programma, una volta assegnata la geometria dei vari elementi strutturali con i relativi materiali costituenti ( $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$  peso specifico del c.a.).

#### Sovraccarico accidentale sul pavimento dei prefabbricati:

$$P_{p2} = 3 \text{ kN/m}^2$$

#### Azioni dovute al terreno

Le azioni dovute al terreno sono analizzati nel prospetto seguente.

<b>Calcolo azioni orizzontali su manufatto cassa d'aria</b>		
Peso dell'unità di volume del terreno ( $\gamma_{nat}$ )	kg/m <sup>3</sup>	1950
Peso saturo dell'unità di volume del terreno ( $\gamma_{sat}$ )	kg/m <sup>3</sup>	2145
Peso specifico acqua( $\gamma_w$ )	kg/m <sup>3</sup>	1000
$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$	kg/m <sup>3</sup>	1145
<b>Spinta statica del terreno a riposo</b>		
Angolo resistenza al taglio terreno( $\phi_k$ )	°	20
Grado di sovraconsolidazione (OCR)		1
Indice di plasticità per i terreni a grana fina ( $I_p$ )		
Coefficiente di riduzione $\gamma_{\phi M1}$		1
Coefficiente di riduzione $\gamma_{\phi M2}$		1,25
Angolo di resistenza a taglio $\phi_{dM1}$	rad	0,3491
Angolo di resistenza a taglio $\phi_{dM2}$	rad	0,2833
Coefficiente di spinta $K_{0M1}$		0,6580
Coefficiente di spinta $K_{0M2}$		0,7204
Altezza massima terreno ( $z_{max}$ )	m	2,4
Presenza falda		No
Quota della falda dal piano campagna ( $Q_f$ )	m	1,5
<b>Combinazione A1-M1</b>		
$\sigma(0)$	kg/m <sup>2</sup>	0
$\sigma(Q_f)$	kg/m <sup>2</sup>	---
$\sigma(z_{max})$	kg/m <sup>2</sup>	3079
Spinta media per unità di altezza $\sigma_{med}$	kg/m <sup>2</sup> m	1283

<b>Combinazione A1-M2</b>		
$\sigma(0)$	kg/m <sup>2</sup>	0
$\sigma(Q_f)$	kg/m <sup>2</sup>	---
$\sigma(z_{max})$	kg/m <sup>2</sup>	3372
Spinta media per unità di altezza $\sigma_{med}$	kg/m <sup>2</sup> m	1405
<b>Incremento di spinta per sovraccarico uniformemente distribuito</b>		
Sovraccarico stradale (q)	kg/m <sup>2</sup>	2000
Combinazione A1-M1		
$\Delta\sigma_h(0)$	kg/m <sup>2</sup>	1316
$\Delta\sigma_h(z_{max})$	kg/m <sup>2</sup>	1316
Combinazione A1-M2		
$\Delta\sigma_h(0)$	kg/m <sup>2</sup>	1441
$\Delta\sigma_h(z_{max})$	kg/m <sup>2</sup>	1441
<b>Incremento sismico spinta terreno</b>		
Rapporto accelerazione orizzontale massima $a_g/g$		0,1680
Accelerazione orizzontale massima $a_g$	m/s <sup>2</sup>	1,648
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale $F_0$		2,4230
Categoria di suolo		B
Categoria topografica		T1
- Pianeggiante		
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$		1,237
Coefficiente di amplificazione topografica $S_T$		1,0
Coefficiente di sito S		1,24
$\beta_s$ -Coefficiente di riduzione		0,24
Coefficiente sismico orizzontale $k_h$		0,0499
Sovrappressione sismica (Wood, 1972) $P_E$	kg/m <sup>2</sup>	233

#### 11.4 Combinazioni di carico allo S.L.U.

Di seguito, sono riportate le combinazioni essenziali di carico, con i relativi coefficienti parziali previsti dal D.M. 20/02/2018 (NTC 2018), utilizzate per le analisi agli stati limite ultimi.

1	1.30 * (1) Sovraccarico A2M2 + 1.00 * (1) Terreno A2-M2 + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 1.00 * (1) Peso proprio
2	1.50 * (1) Sovraccarico A1M1 + 1.30 * (1) Terreno A1-M1 + 1.30 * (1) Carico apparecchiature + 1.30 * (1)

	Peso proprio
3	$-0.30 * (0) \text{ Azione sismica Y} + 0.80 * (1) \text{ Sovraccarico A2M2} + 1.00 * (1) \text{ Terreno A2-M2} + 1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio} + -1.00 * (0) \text{ Azione sismica X}$
4	$-0.30 * (0) \text{ Azione sismica Y} + 0.80 * (1) \text{ Sovraccarico A2M2} + 1.00 * (1) \text{ Terreno A2-M2} + 1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio} + 1.00 * (0) \text{ Azione sismica X}$
5	$0.30 * (0) \text{ Azione sismica Y} + 0.80 * (1) \text{ Sovraccarico A2M2} + 1.00 * (1) \text{ Terreno A2-M2} + 1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio} + -1.00 * (0) \text{ Azione sismica X}$
6	$0.30 * (0) \text{ Azione sismica Y} + 0.80 * (1) \text{ Sovraccarico A2M2} + 1.00 * (1) \text{ Terreno A2-M2} + 1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio} + 1.00 * (0) \text{ Azione sismica X}$
7	$-0.30 * (0) \text{ Azione sismica X} + 0.80 * (1) \text{ Sovraccarico A2M2} + 1.00 * (1) \text{ Terreno A2-M2} + 1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio} + -1.00 * (0) \text{ Azione sismica Y}$
8	$-0.30 * (0) \text{ Azione sismica X} + 0.80 * (1) \text{ Sovraccarico A2M2} + 1.00 * (1) \text{ Terreno A2-M2} + 1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio} + 1.00 * (0) \text{ Azione sismica Y}$
9	$0.30 * (0) \text{ Azione sismica X} + 0.80 * (1) \text{ Sovraccarico A2M2} + 1.00 * (1) \text{ Terreno A2-M2} + 1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio} + -1.00 * (0) \text{ Azione sismica Y}$
10	$0.30 * (0) \text{ Azione sismica X} + 0.80 * (1) \text{ Sovraccarico A2M2} + 1.00 * (1) \text{ Terreno A2-M2} + 1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio} + 1.00 * (0) \text{ Azione sismica Y}$

### 11.5 Combinazioni di carico allo S.L.E.

Di seguito sono riportate le combinazioni di carico utilizzate per le analisi agli stati limite di esercizio delle strutture componenti.

1	Quasi Perm. $0.80 * (1) \text{ Sovraccarico A1M1} + 1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
2	Quasi Perm. $1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
3	Frequente $0.90 * (1) \text{ Sovraccarico A1M1} + 1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
4	Frequente $0.80 * (1) \text{ Sovraccarico A1M1} + 1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
5	Frequente $1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
6	Rara $1.00 * (1) \text{ Sovraccarico A1M1} + 1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
7	Rara $1.00 * (1) \text{ Sovraccarico A1M1} + 1.00 * (1) \text{ Terreno A1-M1} + 1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
8	Rara $1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$

### 11.6 Risultati delle analisi e descrizione delle armature

I risultati delle simulazioni numeriche in termini di stato tensionale negli elementi strutturali, ottenuti con Nolian e con il postprocessore Easy Wall, sono riportati nei files allegati alla presente relazione, per le combinazioni di carico relative sia allo stato limite ultimo sia allo stato limite di esercizio.

La descrizione delle armature previste per il basamento in conglomerato cementizio armato è riportata di seguito:

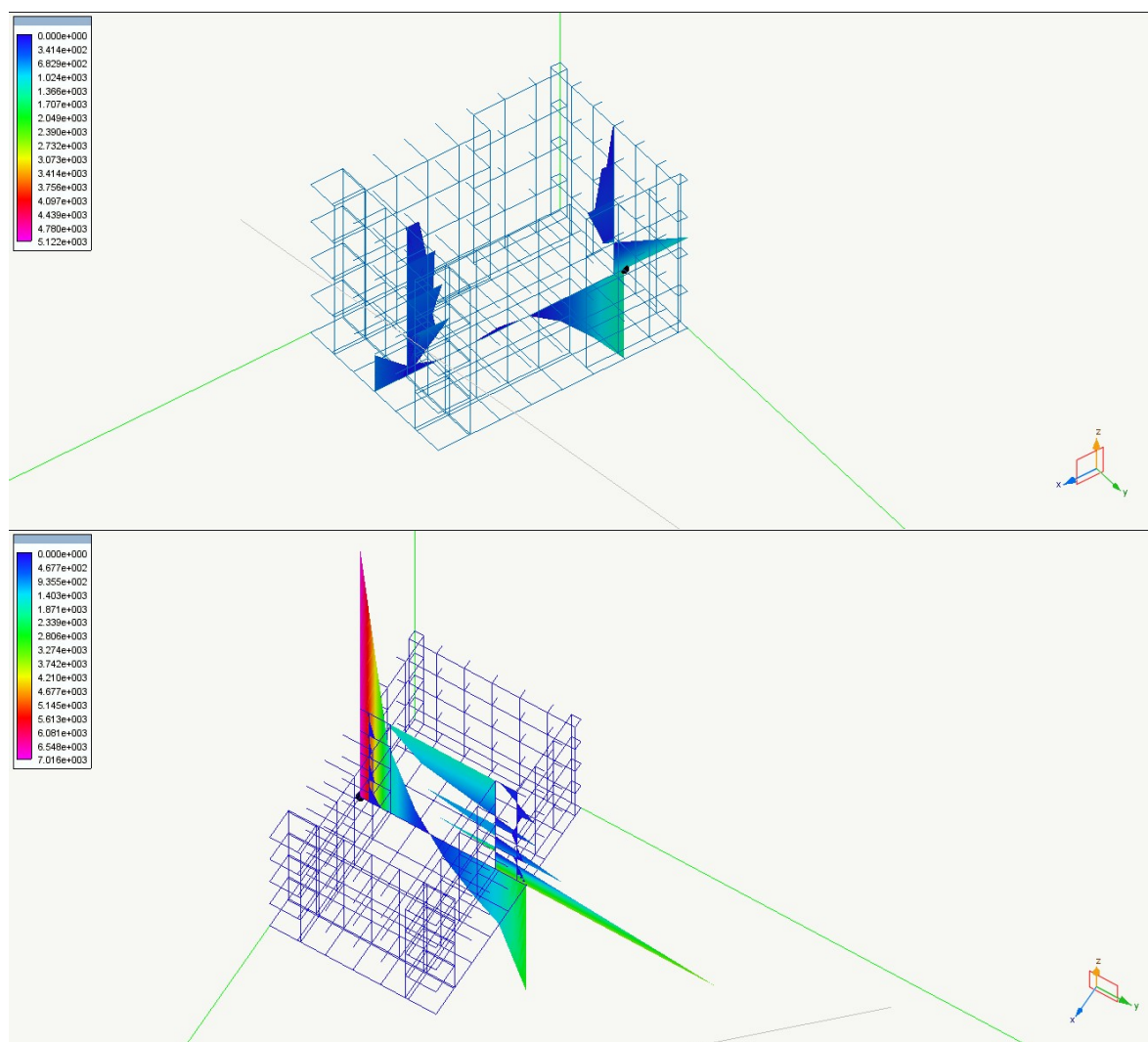
**platea di fondazione** (spessore = 0.60 m): faccia superiore  $\varnothing/16$  passo 20 in direzione trasversale e  $\varnothing/16$  passo 20 in direzione longitudinale; faccia inferiore maglia  $\varnothing/16$  passo 20 in entrambe le direzioni;

**pareti** (spessore = 0.30 m 1.00m): faccia interna e faccia esterna maglia di  $\varnothing/16$  passo 20 in entrambe le direzioni-

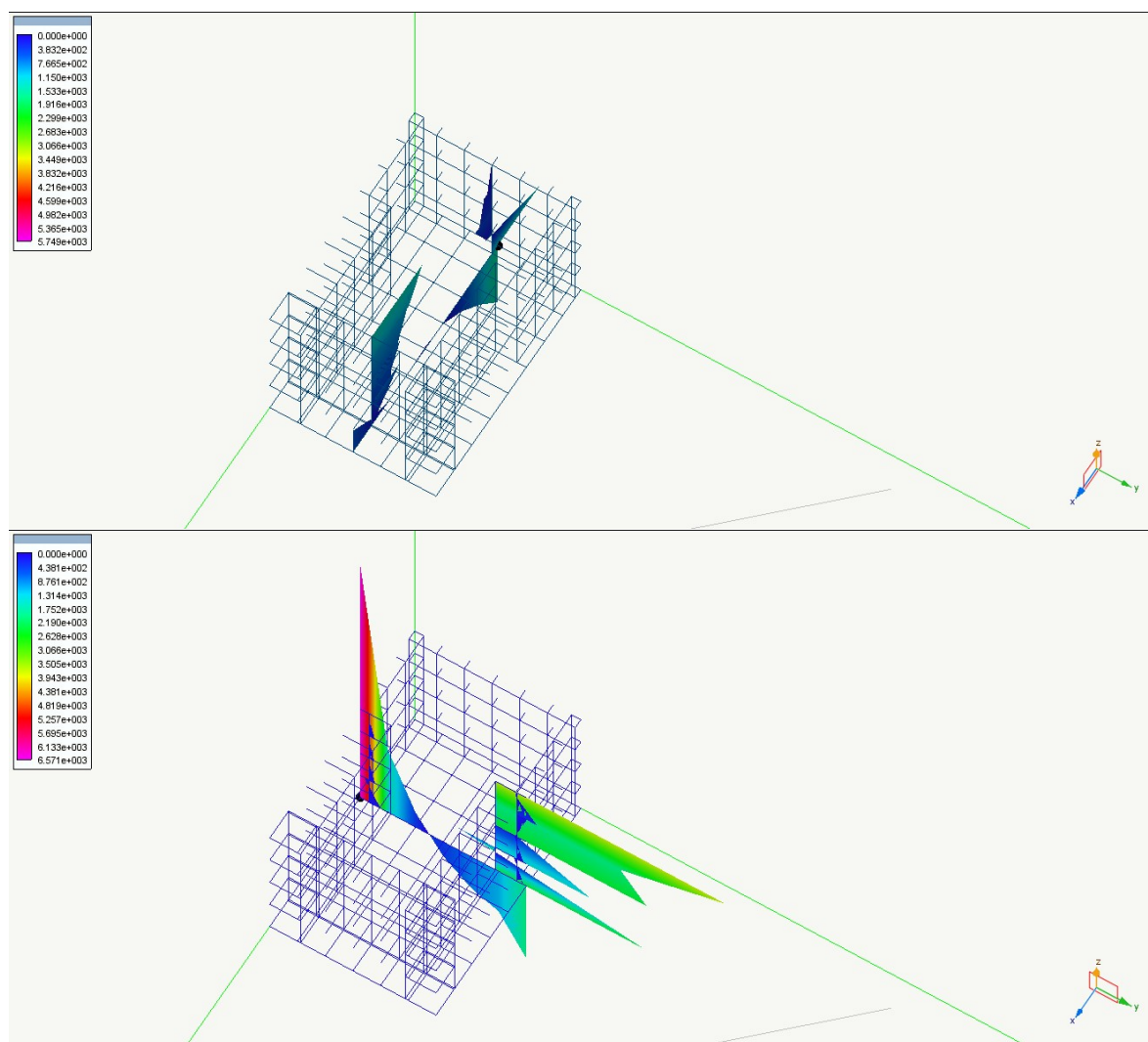
Incidenza di armatura complessiva nella struttura (compreso maggiorazione per sovrapposizioni)  $50 \text{ Kg/m}^3$ .

### 11.7 Rappresentazione grafica sollecitazioni

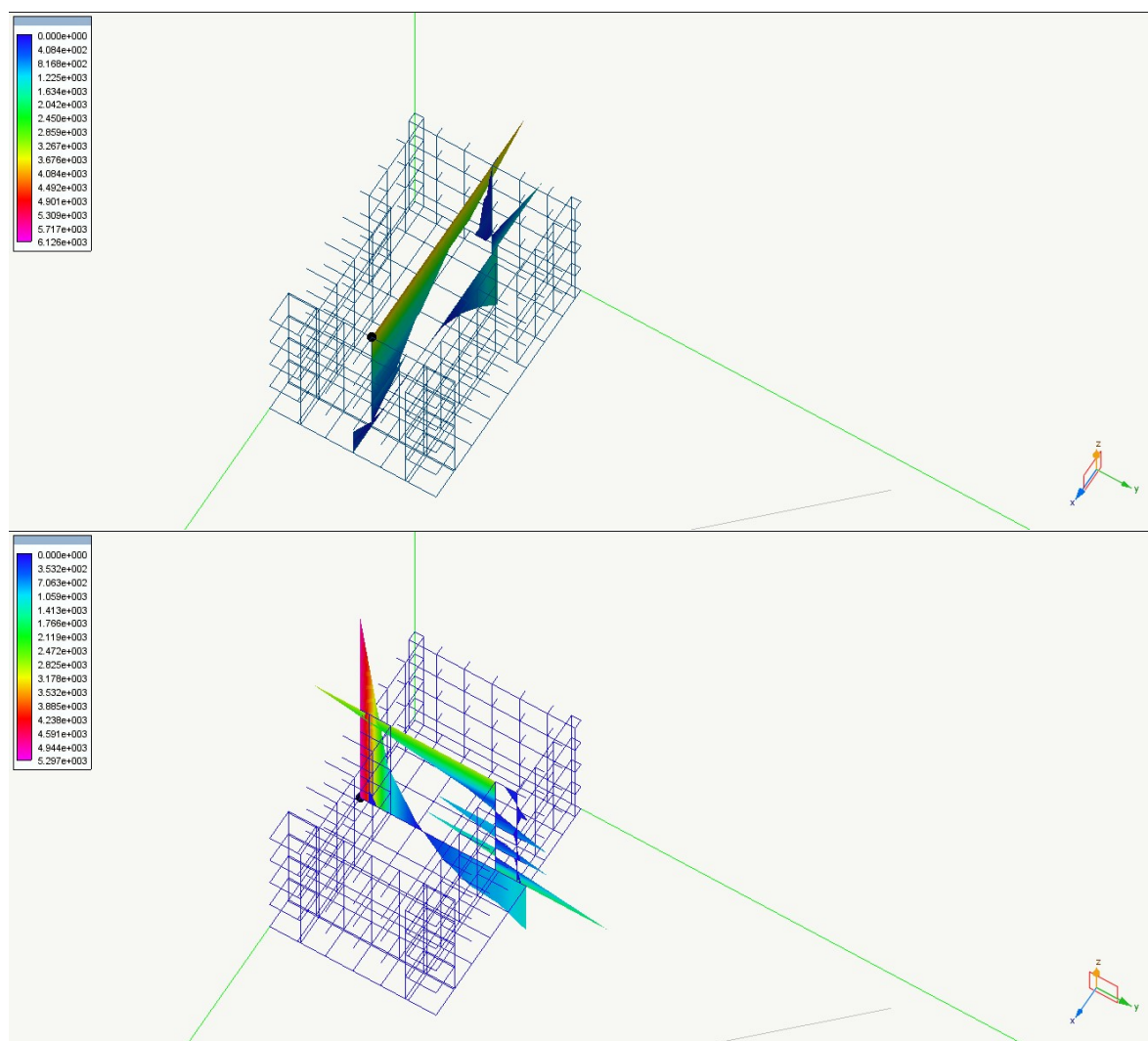
Di seguito vengono rappresentati graficamente i momenti flettenti per le situazioni di carico più significative (sono rappresentati i diagrammi nelle sezioni dove si verificano i valori massimi).



**Figura 14- Momento flettente su manufatto per combinazione esercizio 7**



**Figura 15- Momento flettente su platea SLU6 sisma lungo l'asse X**

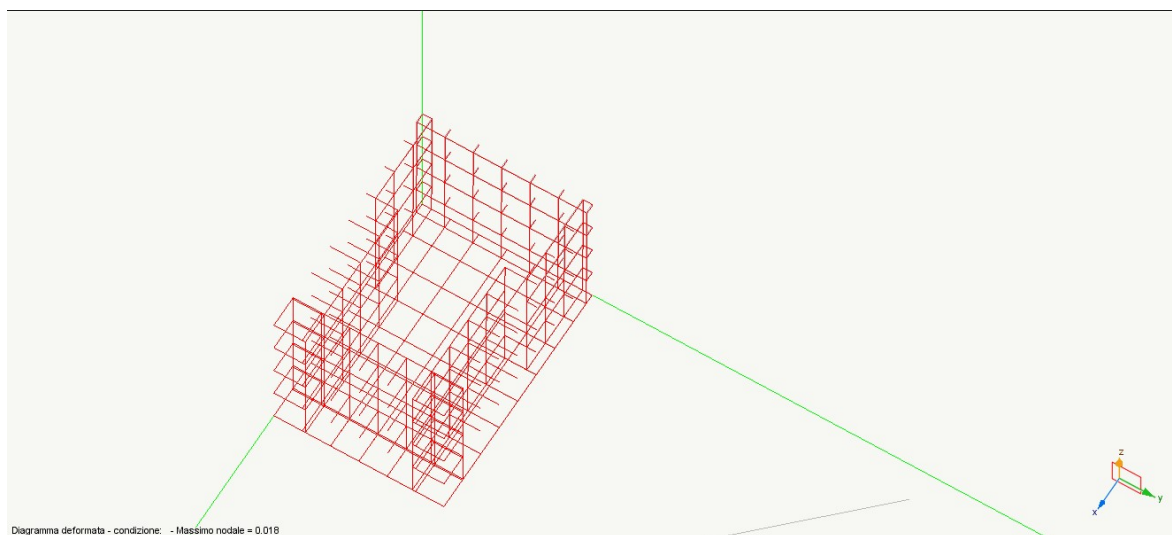


**Figura 16- Momento flettente su platea SLU 2 sisma lungo l'asse Y**

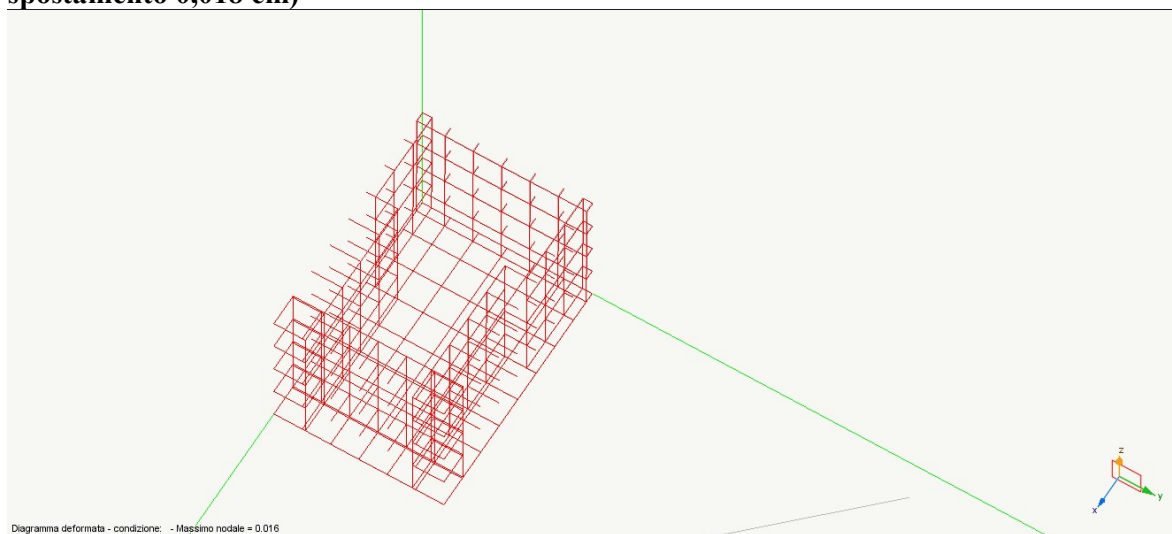
### **11.8 Deformate della struttura**

Nelle seguenti figure vengono riportate le deformate più significative della struttura.



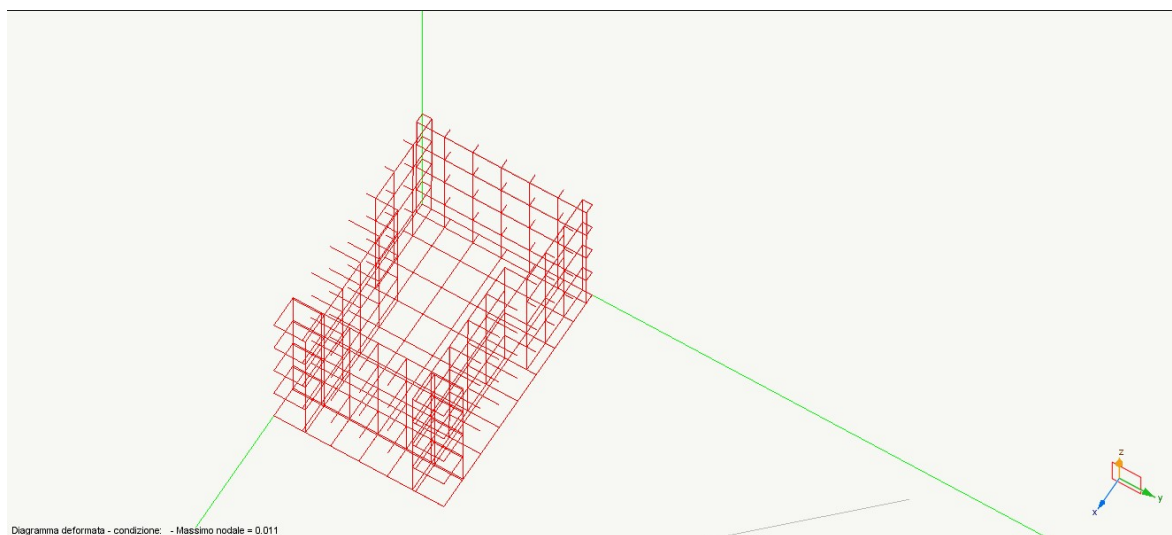


**Figura 17 – Deformata platea di fondazione per combinazione di esercizio 7 (massimo spostamento 0,018 cm)**



**Figura 18– Deformata platea di fondazione SLU 6 sisma lungo l'asse X (massimo spostamento 0,016 cm)**





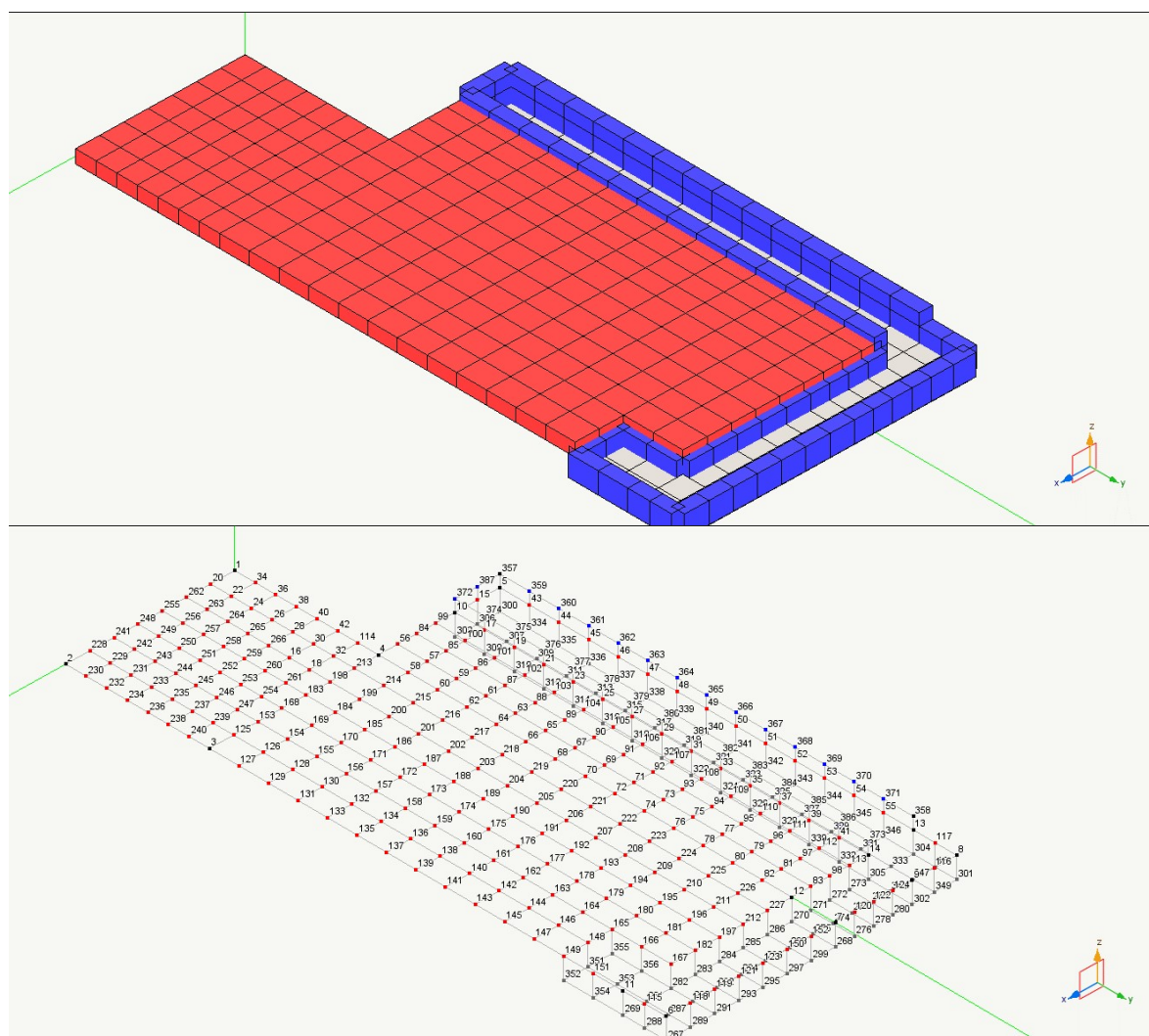
**Figura 19– Deformata platea di fondazione SLU2 sisma lungo l’asse Y (massimo spostamento 0,011 cm)**

## **12 Basamento quadri**

Il basamento sostituisce una soletta esistente ha dimensioni planimetriche di (5,4x11,60)m e spessore di 0,25 m.; si prevede la collocazione di una lastra di polistirolo per separare il nuovo basamento dalle opere esistenti. Nel basamento sono ricavati dei canali della larghezza di 0,60 m e dell’altezza di 0,50 m destinati a contenere i cavi di interconnessione fra i vari quadri in MT. Sul basamento saranno collocati i quadri di MT relativi alla cabina di trasformazione, i quadri a 0,6 kV di comando e controllo inverter e gli inverter in MT.

### **12.1 Modello di calcolo**

Si esegue un’analisi elastica lineare ad elementi finiti della struttura con il programma di calcolo Nolian. Il modello tridimensionale del manufatto è riportato nella Figura 20.



**Figura 20- Modello di calcolo basamento quadri elettrici**

## **12.2 Analisi dei carichi**

Nel seguito sono riportati i carichi agenti sul manufatto.:

- Peso proprio;
- Carico dovuto ai quadri di MT ;
- Carico dovuto agli inverters
- Sovraccarico accidentale
- Azione sismica

### **12.3 Calcolo delle azioni**

**Peso proprio:** Viene calcolato in automatico dal programma, una volta assegnata la geometria dei vari elementi strutturali con i relativi materiali costituenti ( $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$  peso specifico del c.a.).

**Sovraccarico accidentale:**

$$P_{p2} = 3 \text{ kN/m}^2$$

**Carichi dovuti alle apparecchiature elettriche**

*Quadri di MT.*

Il peso maggiore dell'unità di MT è pari a 400 Kg ; su ogni nodo strutturale corrisponde un carico di 200 Kg.

A ogni nodo strutturale viene applicata una azione sismica pari a :

$$F_h = S_d(T) \cdot \frac{W}{g}$$

Dove:

- $F_h$  = è la forza sismica equivalente
- $S_d(T)$  = è l'accelerazione corrispondente sullo spettro di risposta al periodo di vibrare della struttura sovrastante il basamento.
- $W$  = carico gravante = 200 Kg
- $g$  = accelerazione di gravità =  $9,81 \text{ m/s}^2$

Nel caso in esame essendo il periodo di vibrare della struttura può essere assunto pari a 0,1 s si può assumere dallo spettro di progetto  $S_d(T) = 0,30$ .

La spinta sismica è pari a

$$F_h = 0,30 \times 200 = 60 \text{ Kg}$$

Ed il relativo momento è pari a  $M_h = 1 \times 60 = 60 \text{ Kgm}$

Le azioni di cui sopra vengono applicate nella direzione X e nella direzione Y.

*Inverters in MT.*

Ciascun inverter da 900 kW ha un peso di 4900 Kg che si ripartisce su una area di m(4,25x1,17) con un carico unitario di circa 1000 Kg/m<sup>2</sup>.

A ogni nodo strutturale viene applicata una azione sismica pari a :

$$F_h = S_d(T) \cdot \frac{W}{g}$$

Dove:

- $F_h$  = è la forza sismica equivalente
- $S_d(T)$  = è l'accelerazione corrispondente sullo spettro di risposta al periodo di vibrare della struttura sovrastante il basamento.
- $W$  = carico gravante =0,6x1000=600Kg per i nodi centrali e 0,5x0,6x1000=300 Kg per i nodi di frontiera
- $g$  = accelerazione di gravità = 9,81 m/s<sup>2</sup>

Nel caso in esame essendo il periodo di vibrare della struttura può essere assunto pari a 0,1 s si può assumere dallo spettro di progetto  $S_d(T)$  =0,30.

La spinta sismica è pari a

$F_h=0,30 \times 600=180$  Kg per i nodi centrali

$F_h=0,30 \times 300=90$  Kg per i nodi di frontiera.

Ed il relativo momento è pari a  $M_h=1 \times 180=180$  Kgm per i nodi centrali e  $M_h=1 \times 90=90$  Kgm per i nodi di frontiera.

Le azioni di cui sopra vengono applicate nella direzione X e nella direzione Y.

#### **12.4 Combinazioni di carico allo S.L.U.**

Di seguito, sono riportate le combinazioni essenziali di carico, con i relativi coefficienti parziali previsti dal D.M. 20/02/2018 (NTC 2018), utilizzate per le analisi agli stati limite ultimi.

1	-0.30 * (1) Sisma X + -1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Peso proprio
2	-0.30 * (1) Sisma X + 1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Peso proprio
3	0.30 * (1) Sisma X + -1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Peso proprio
4	0.30 * (1) Sisma X + 1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Peso proprio
5	-0.30 * (1) Sisma Y + -1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Peso proprio
6	-0.30 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Peso proprio

7	$0.30 * (1) \text{ Sisma Y} + -1.00 * (1) \text{ Sisma X} + 0.80 * (1) \text{ Sovraccarico su soletta} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
8	$0.30 * (1) \text{ Sisma Y} + 1.00 * (1) \text{ Sisma X} + 0.80 * (1) \text{ Sovraccarico su soletta} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
9	$1.50 * (1) \text{ Sovraccarico su soletta} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
10	$1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
11	$-0.30 * (1) \text{ Sisma X} + -1.00 * (1) \text{ Sisma Y} + 0.80 * (1) \text{ Sovraccarico su soletta} + 1.00 * (1) \text{ Carico inverters} + 1.00 * (1) \text{ Carico quadri MT} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
12	$-0.30 * (1) \text{ Sisma X} + 1.00 * (1) \text{ Sisma Y} + 0.80 * (1) \text{ Sovraccarico su soletta} + 1.00 * (1) \text{ Carico inverters} + 1.00 * (1) \text{ Carico quadri MT} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
13	$0.30 * (1) \text{ Sisma X} + -1.00 * (1) \text{ Sisma Y} + 0.80 * (1) \text{ Sovraccarico su soletta} + 1.00 * (1) \text{ Carico inverters} + 1.00 * (1) \text{ Carico quadri MT} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
14	$0.30 * (1) \text{ Sisma Y} + 1.00 * (1) \text{ Sisma X} + 0.80 * (1) \text{ Sovraccarico su soletta} + 1.00 * (1) \text{ Carico inverters} + 1.00 * (1) \text{ Carico quadri MT} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
15	$-0.30 * (1) \text{ Sisma Y} + -1.00 * (1) \text{ Sisma X} + 0.80 * (1) \text{ Sovraccarico su soletta} + 1.00 * (1) \text{ Carico inverters} + 1.00 * (1) \text{ Carico quadri MT} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
16	$-0.30 * (1) \text{ Sisma Y} + 1.00 * (1) \text{ Sisma X} + 0.80 * (1) \text{ Sovraccarico su soletta} + 1.00 * (1) \text{ Carico inverters} + 1.00 * (1) \text{ Carico quadri MT} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
17	$0.30 * (1) \text{ Sisma Y} + -1.00 * (1) \text{ Sisma X} + 0.80 * (1) \text{ Sovraccarico su soletta} + 1.00 * (1) \text{ Carico inverters} + 1.00 * (1) \text{ Carico quadri MT} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
18	$0.30 * (1) \text{ Sisma Y} + 1.00 * (1) \text{ Sisma X} + 0.80 * (1) \text{ Sovraccarico su soletta} + 1.00 * (1) \text{ Carico inverters} + 1.00 * (1) \text{ Carico quadri MT} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
19	$1.50 * (1) \text{ Sovraccarico su soletta} + 1.50 * (1) \text{ Carico inverters} + 1.50 * (1) \text{ Carico quadri MT} + 1.30 * (1) \text{ Peso proprio}$
20	$1.50 * (1) \text{ Carico inverters} + 1.50 * (1) \text{ Carico quadri MT} + 1.30 * (1) \text{ Peso proprio}$

## 12.5 Combinazioni di carico allo S.L.E.

Di seguito sono riportate le combinazioni di carico utilizzate per le analisi agli stati limite di esercizio delle strutture componenti.

1	Quasi $0.80 * (1) \text{ Sovraccarico su soletta} + 1.00 * (1) \text{ Carico inverters} + 1.00 * (1) \text{ Carico quadri MT} + \text{Perm. } 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
2	Quasi $1.00 * (1) \text{ Carico inverters} + 1.00 * (1) \text{ Carico quadri MT} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
3	Frequente $0.90 * (1) \text{ Sovraccarico su soletta} + 1.00 * (1) \text{ Carico inverters} + 1.00 * (1) \text{ Carico quadri MT} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
4	Frequente $1.00 * (1) \text{ Carico inverters} + 1.00 * (1) \text{ Carico quadri MT} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
5	Rara $1.00 * (1) \text{ Sovraccarico su soletta} + 1.00 * (1) \text{ Carico inverters} + 1.00 * (1) \text{ Carico quadri MT} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
6	Rara $1.00 * (1) \text{ Carico inverters} + 1.00 * (1) \text{ Carico quadri MT} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$

## 12.6 Risultati delle analisi

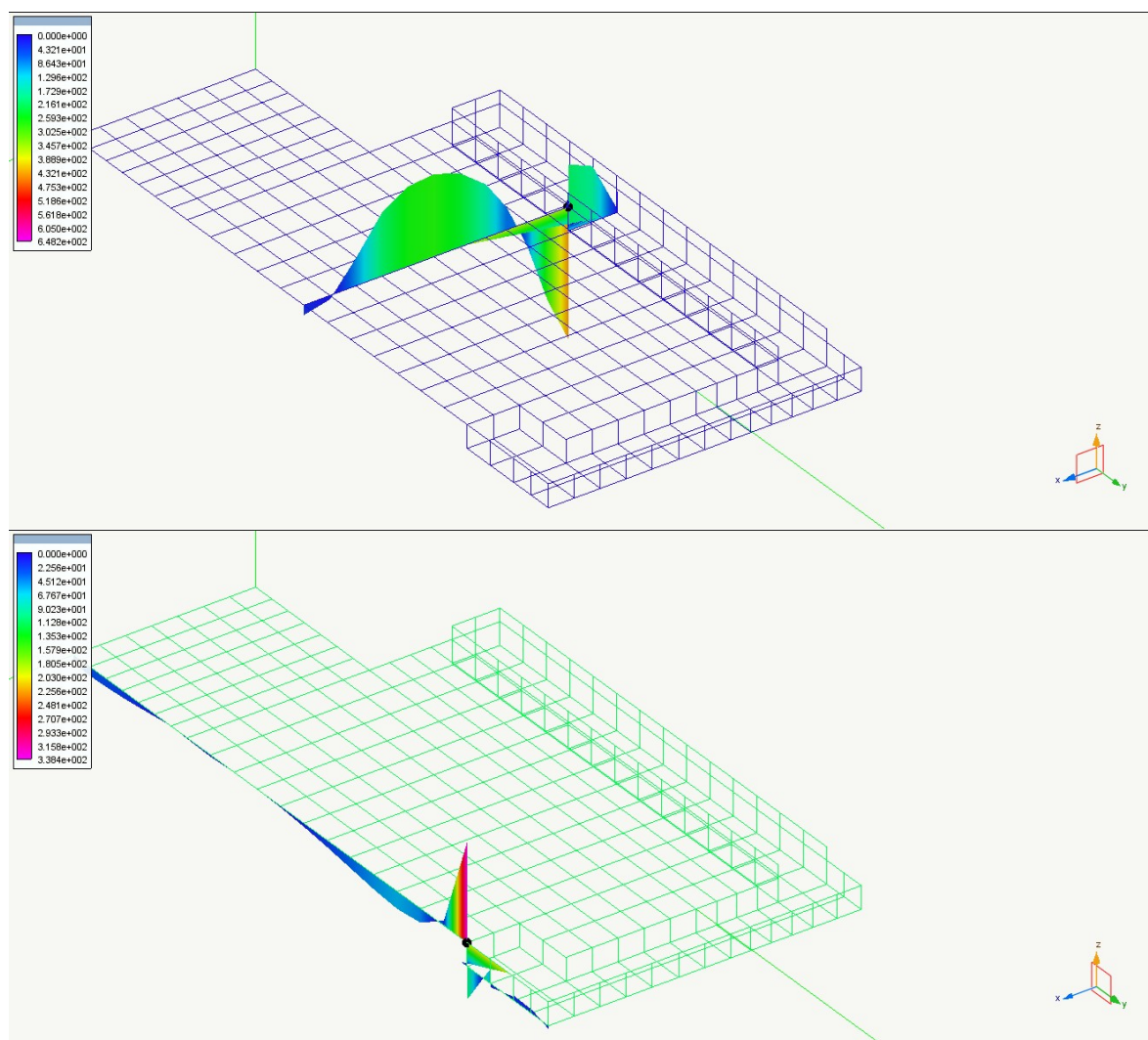
I risultati delle simulazioni numeriche in termini di stato tensionale negli elementi strutturali, ottenuti con Nolian e con il postprocessore Easy Wall, sono riportati nei files allegati alla presente relazione, per le combinazioni di carico relative sia allo stato limite ultimo sia allo stato limite di esercizio.

La descrizione delle armature previste per il basamento in conglomerato cementizio armato è riportata di seguito:

**platea di fondazione** (spessore = 0.25 m): faccia superiore  $\varnothing/12$  passo 20 in direzione trasversale e  $\varnothing/12$  passo 20 in direzione longitudinale; faccia inferiore maglia  $\varnothing/12$  passo 20 in entrambe le direzioni; incidenza armatura (compreso maggiorazione per sovrapposizioni)  $75 \text{ Kg/m}^3$ .

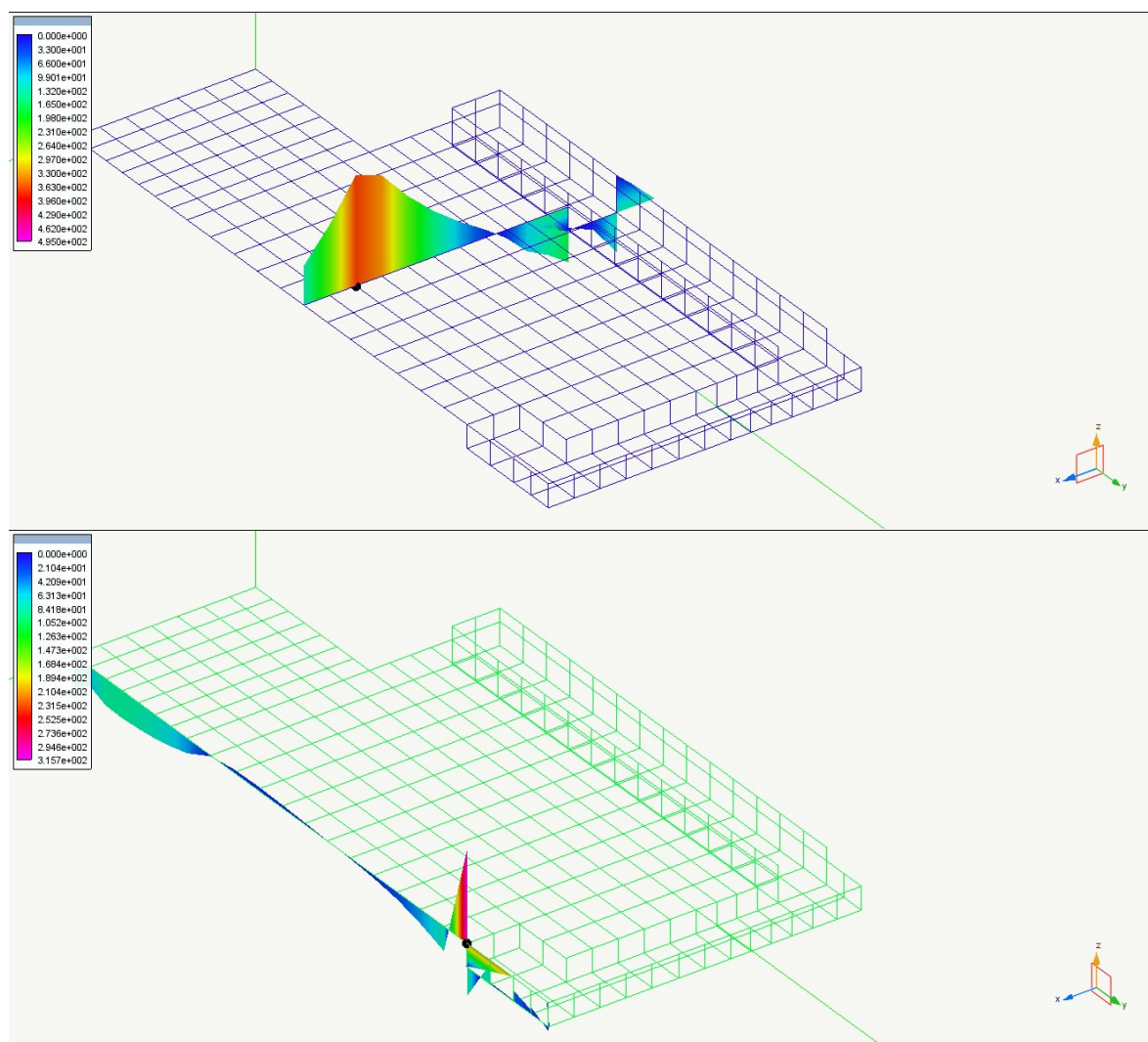
## 12.7 Rappresentazione grafica sollecitazioni

Di seguito vengono rappresentati graficamente i momenti flettenti per le situazioni di carico più significative (sono rappresentati i diagrammi nelle sezioni dove si verificano i valori massimi).

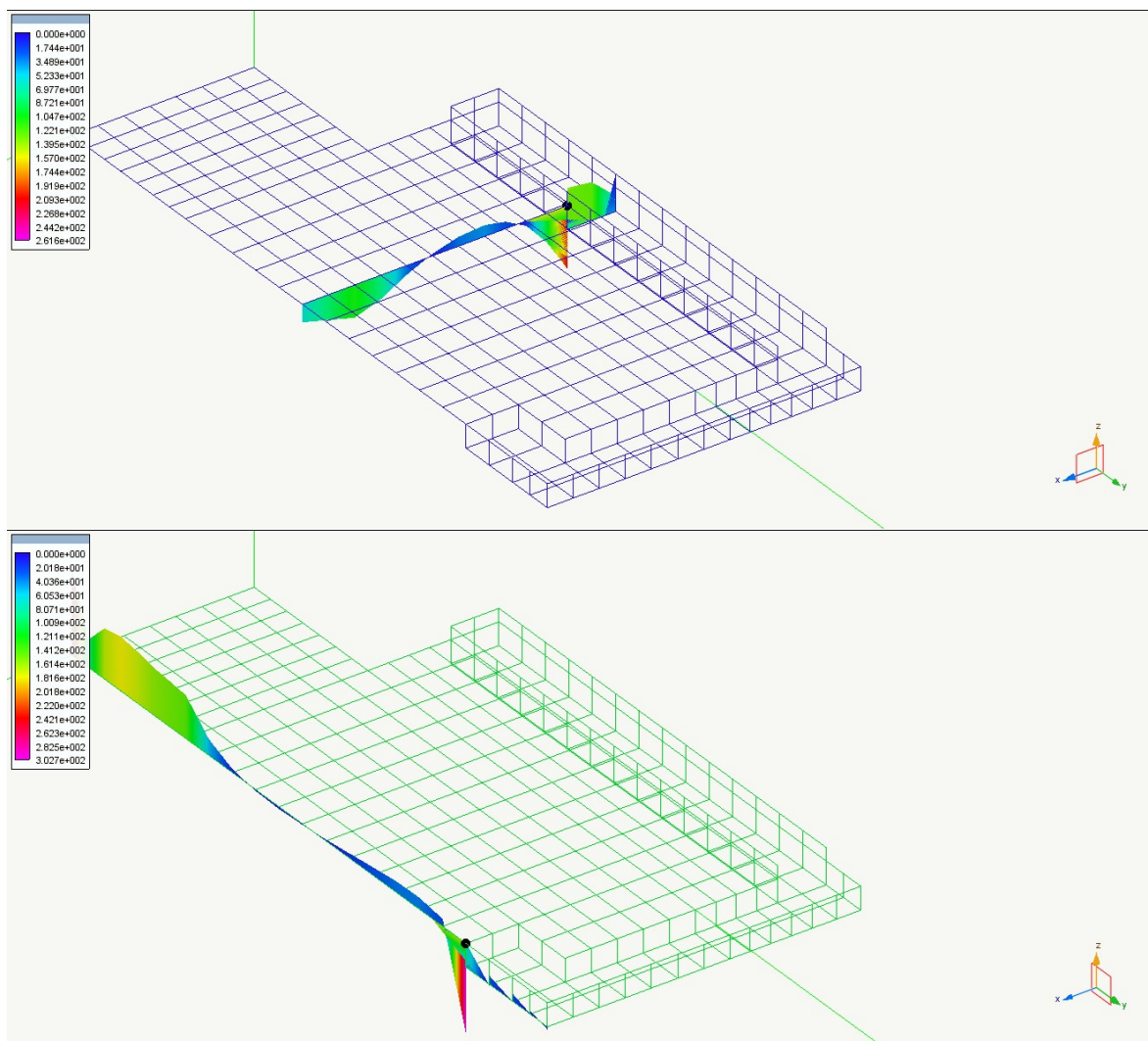


**Figura 21- Momento flettente su platea per combinazione esercizio 5**





**Figura 22- Momento flettente su platea SLU6 sisma lungo l'asse X**



**Figura 23-Momento flettente su platea SLU2 sisma lungo l'asse Y**

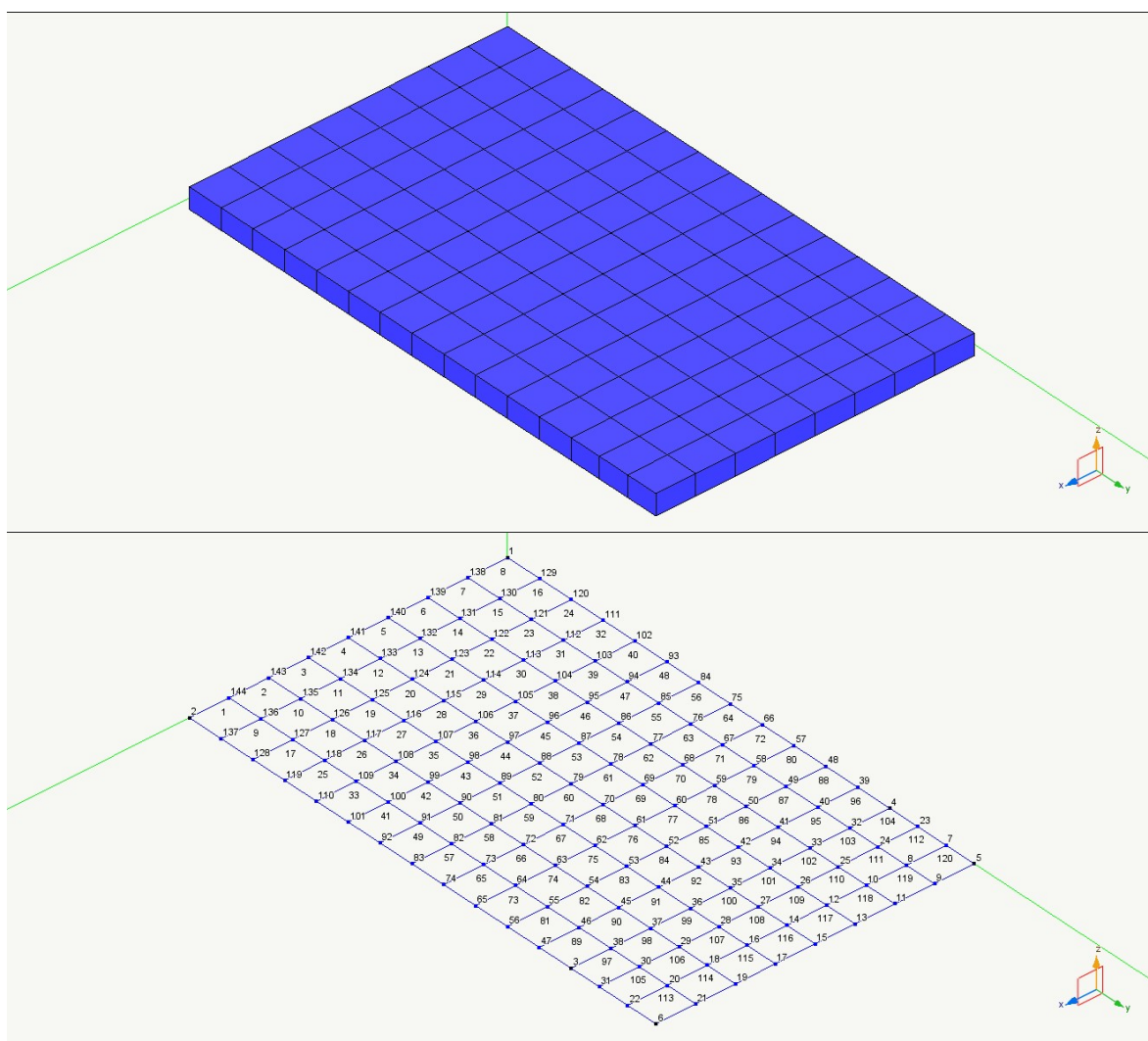
### 13 Soletta cunicolo

La soletta di copertura, che sostituisce una soletta esistente che verrà rimossa, avrà uno spessore di 30 cm ha dimensioni planimetriche di (4,6x7,70)m. Su detta soletta verranno posizionati gli inverters in MT che non trovano capienza nella sala quadri.

#### 13.1 Modello di calcolo

Si esegue un'analisi elastica lineare ad elementi finiti della struttura con il programma di calcolo Nolian. Il modello tridimensionale del manufatto è riportato nella Figura 24.





**Figura 24- Modello di calcolo soletta cunicolo**

### **13.2 Analisi dei carichi**

Nel seguito sono riportati i carichi agenti sul manufatto.:

- Peso proprio;
- Carico dovuto agli inverters
- Sovraccarico accidentale
- Azione sismica

### **13.3 Calcolo delle azioni**

**Peso proprio:** Viene calcolato in automatico dal programma, una volta assegnata la geometria dei vari elementi strutturali con i relativi materiali costituenti ( $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$  peso specifico del c.a.).

#### **Sovraccarico accidentale:**

$$P_{p2} = 3 \text{ kN/m}^2$$

#### **Carichi dovuti alle apparecchiature elettriche**

*Inverters in MT.*

Ciascun inverter da 900 kW ha un peso di 4900 Kg che si ripartisce su una area di m(4,25x1,17) con un carico unitario di circa 1000 Kg/m<sup>2</sup>.

A ogni nodo strutturale viene applicata una azione sismica pari a :

$$F_h = S_d(T) \cdot \frac{W}{g}$$

Dove:

- $F_h$  = è la forza sismica equivalente
- $S_d(T)$  = è l'accelerazione corrispondente sullo spettro di risposta al periodo di vibrare della struttura sovrastante il basamento.
- $W$  = carico gravante = 0,6x1000 = 600Kg per i nodi centrali e 0,5x0,6x1000=300 Kg per i nodi di frontiera
- $g$  = accelerazione di gravità = 9,81 m/s<sup>2</sup>

Nel caso in esame essendo il periodo di vibrare della struttura può essere assunto pari a 0,1 s si può assumere dallo spettro di progetto  $S_d(T) = 0,30$ .

La spinta sismica è pari a

$$F_h = 0,30 \times 600 = 180 \text{ Kg per i nodi centrali}$$

$$F_h = 0,30 \times 300 = 90 \text{ Kg per i nodi di frontiera.}$$

Ed il relativo momento è pari a  $M_h = 1 \times 180 = 180 \text{ Kgm}$  per i nodi centrali e  $M_h = 1 \times 90 = 90 \text{ Kgm}$  per i nodi di frontiera.

Le azioni di cui sopra vengono applicate nella direzione X e nella direzione Y.

### 13.4 Combinazioni di carico allo S.L.U.

Di seguito, sono riportate le combinazioni essenziali di carico, con i relativi coefficienti parziali previsti dal D.M. 20/02/2018 (NTC 2018), utilizzate per le analisi agli stati limite ultimi.

1	-0.30 * (1) Sisma X + -1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Peso proprio
2	-0.30 * (1) Sisma X + 1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Peso proprio
3	0.30 * (1) Sisma X + -1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Peso proprio
4	0.30 * (1) Sisma X + 1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Peso proprio
5	-0.30 * (1) Sisma Y + -1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Peso proprio
6	-0.30 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Peso proprio
7	0.30 * (1) Sisma Y + -1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Peso proprio
8	0.30 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Peso proprio
9	1.50 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Peso proprio
10	1.00 * (1) Peso proprio
11	-0.30 * (1) Sisma X + -1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverter + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
12	-0.30 * (1) Sisma X + 1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverter + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
13	0.30 * (1) Sisma X + -1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverter + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
14	0.30 * (1) Sisma X + 1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverter + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
15	-0.30 * (1) Sisma Y + -1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverter + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
16	-0.30 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverter + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
17	0.30 * (1) Sisma Y + -1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverter + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
18	0.30 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverter + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
19	1.50 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.50 * (1) Carico inverter + 1.50 * (1) Carico quadri MT + 1.30 * (1) Peso proprio
20	1.50 * (1) Carico inverter + 1.50 * (1) Carico quadri MT + 1.30 * (1) Peso proprio

### 13.5 Combinazioni di carico allo S.L.E.

Di seguito sono riportate le combinazioni di carico utilizzate per le analisi agli stati limite di esercizio delle strutture componenti.

1	Quasi 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverter + 1.00 * (1) Carico quadri MT + Perm. 1.00 * (1) Peso proprio
2	Quasi Perm. 1.00 * (1) Carico inverter + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
3	Frequente 0.90 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverter + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
4	Frequente 1.00 * (1) Carico inverter + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
5	Rara 1.00 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverter + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
6	Rara 1.00 * (1) Carico inverter + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio

### 13.6 Risultati delle analisi

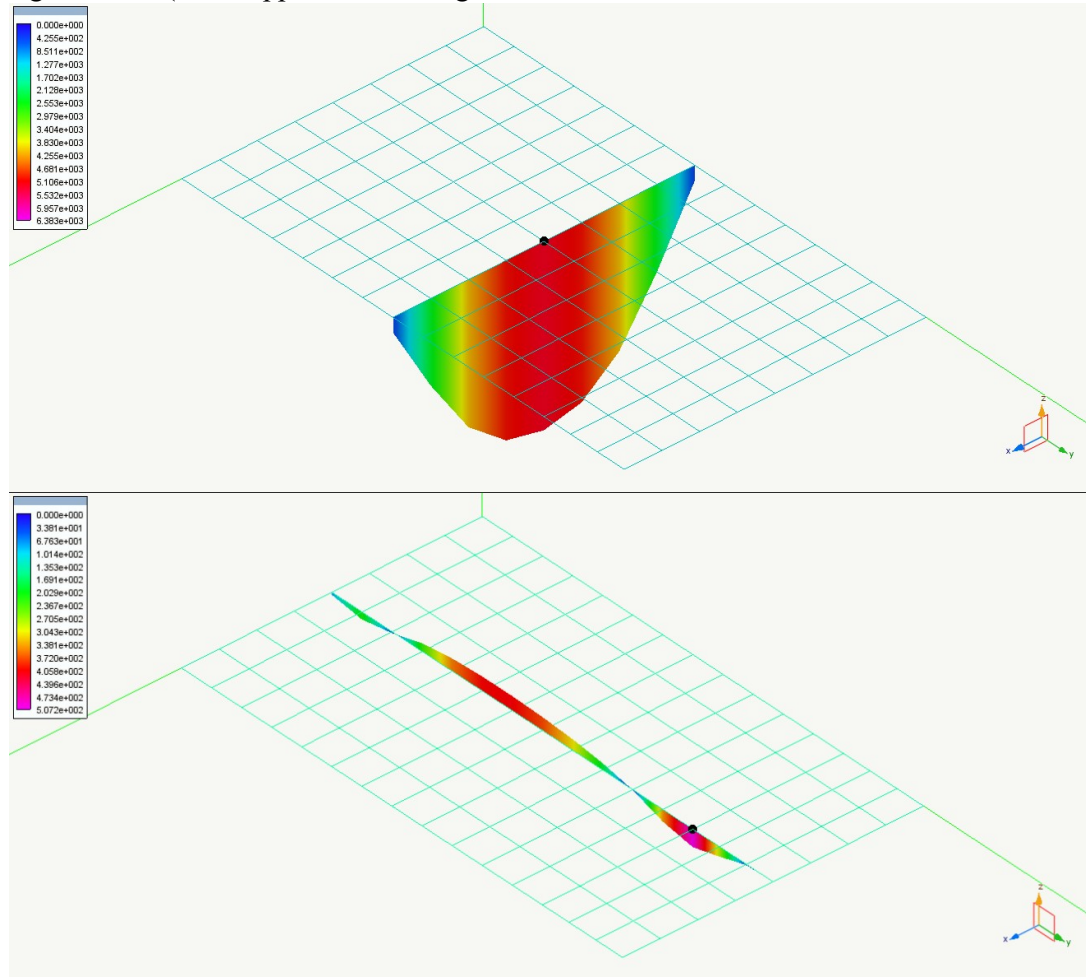
I risultati delle simulazioni numeriche in termini di stato tensionale negli elementi strutturali, ottenuti con Nolian e con il postprocessore Easy Wall, sono riportati nei files allegati alla presente relazione, per le combinazioni di carico relative sia allo stato limite ultimo sia allo stato limite di esercizio.

La descrizione delle armature previste per il basamento in conglomerato cementizio armato è riportata di seguito:

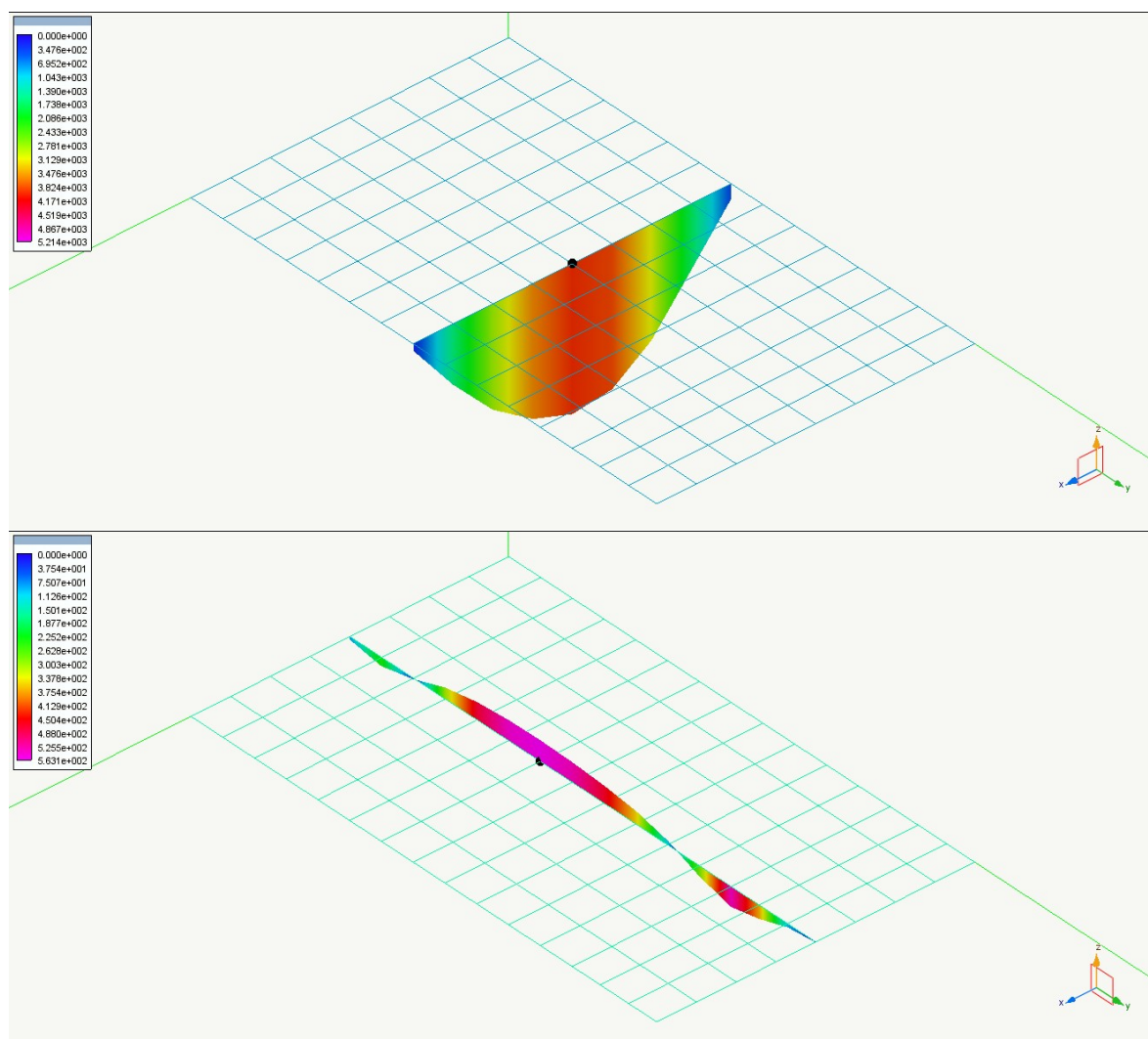
**soletta** (spessore = 0.30 m): faccia superiore  $\varnothing/14$  passo 20 in direzione trasversale e  $\varnothing/14$  passo 20 in direzione longitudinale; faccia inferiore  $\varnothing/16$  passo 15 in direzione trasversale e  $\varnothing/14$  passo 20 in direzione longitudinale; incidenza armatura (compreso maggiorazione per sovrapposizioni)  $100\text{Kg/m}^3$ .

### 13.7 Rappresentazione grafica sollecitazioni

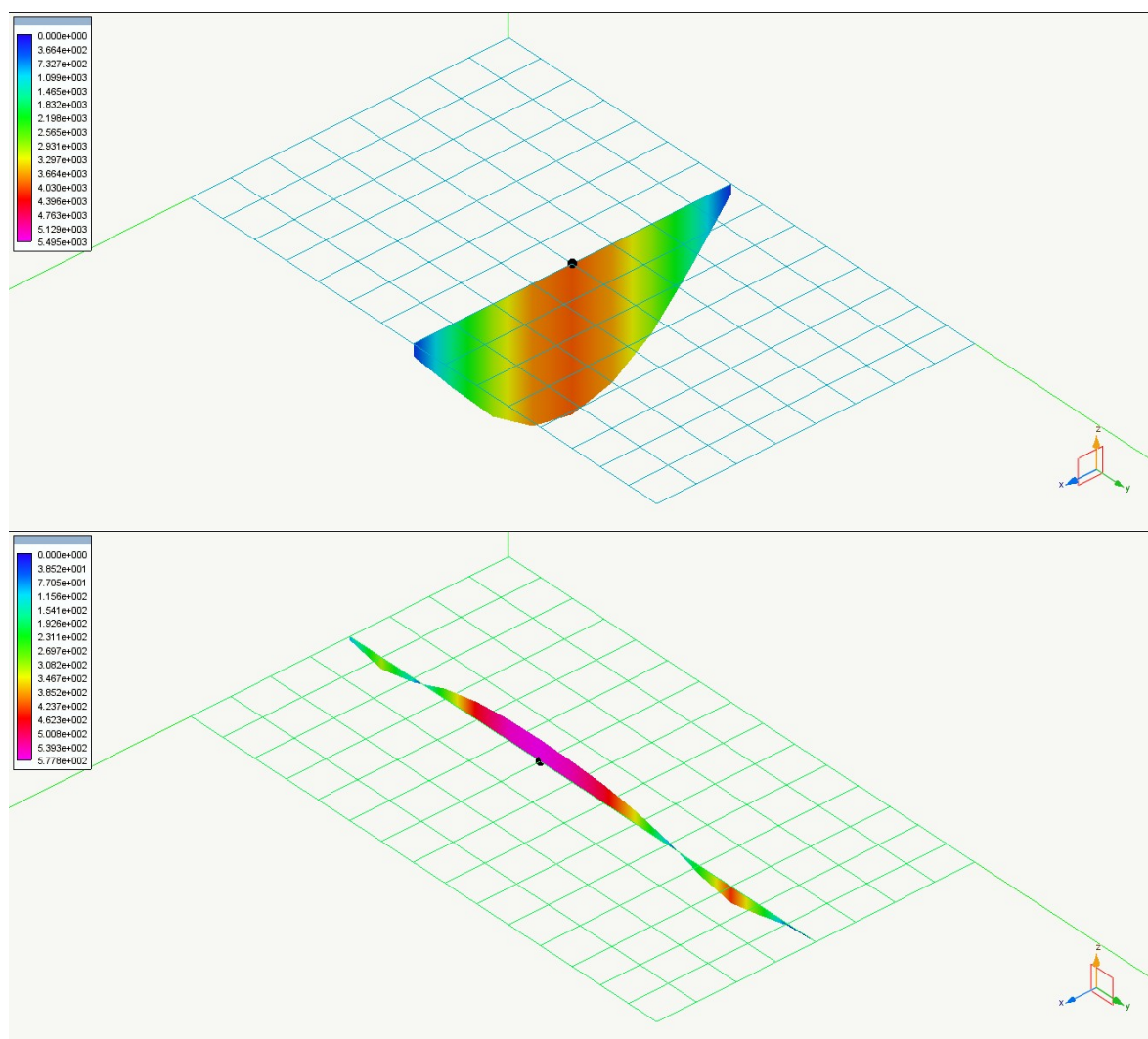
Di seguito vengono rappresentati graficamente i momenti flettenti per le situazioni di carico più significative (sono rappresentati i diagrammi nelle sezioni dove si verificano i valori massimi).



**Figura 25- Momento flettente su platea per combinazione esercizio 5**



**Figura 26- Momento flettente su platea SLU6 sisma lungo l'asse X**

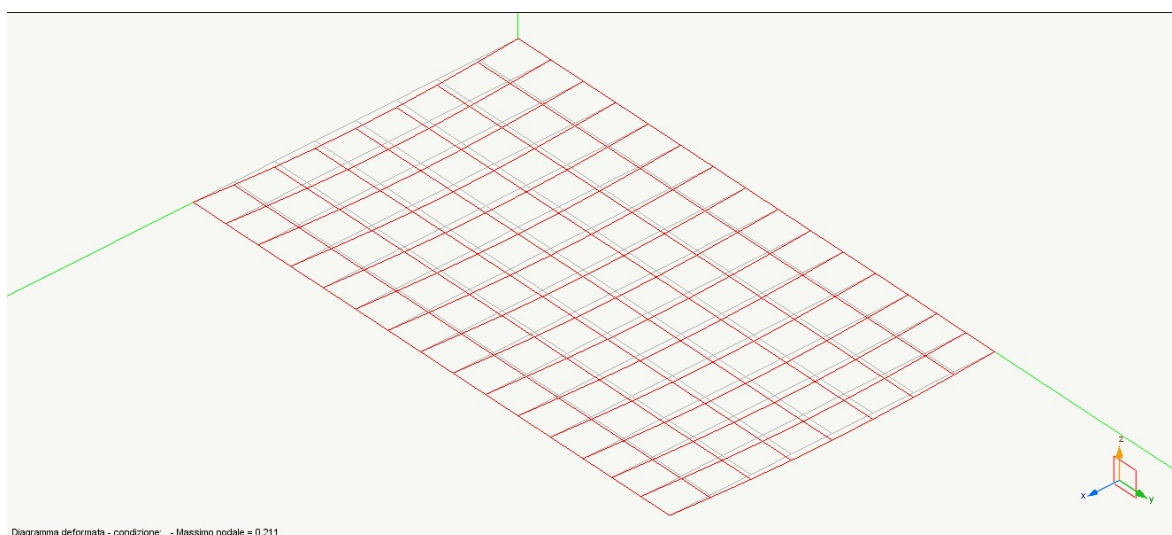


**Figura 27- Momento flettente su platea SLU 2 sisma lungo l'asse Y**

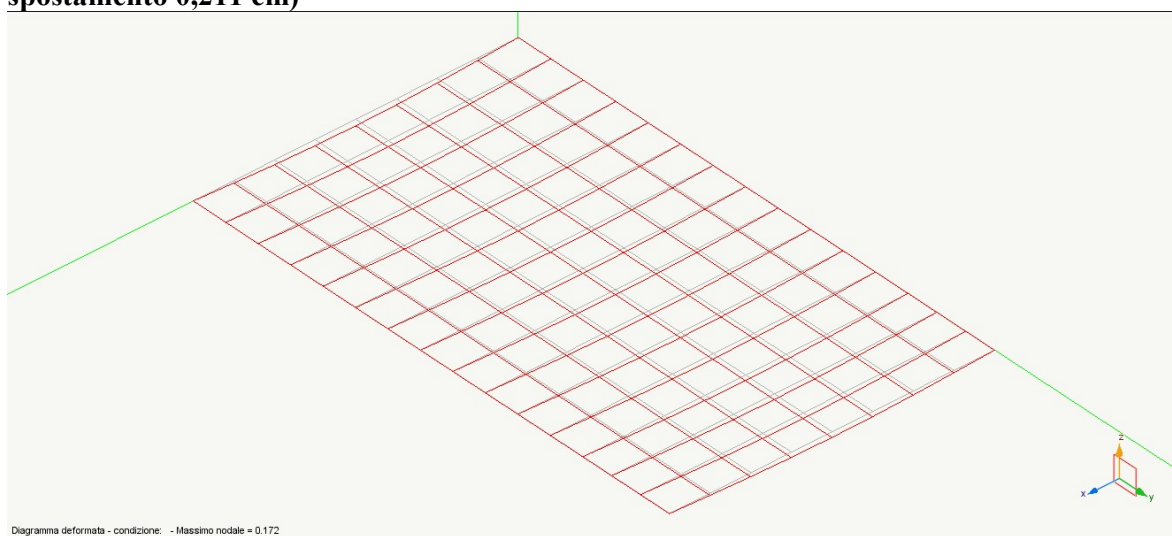
### **13.8 Deformate della struttura**

Nelle seguenti figure vengono riportate le deformate più significative della struttura.

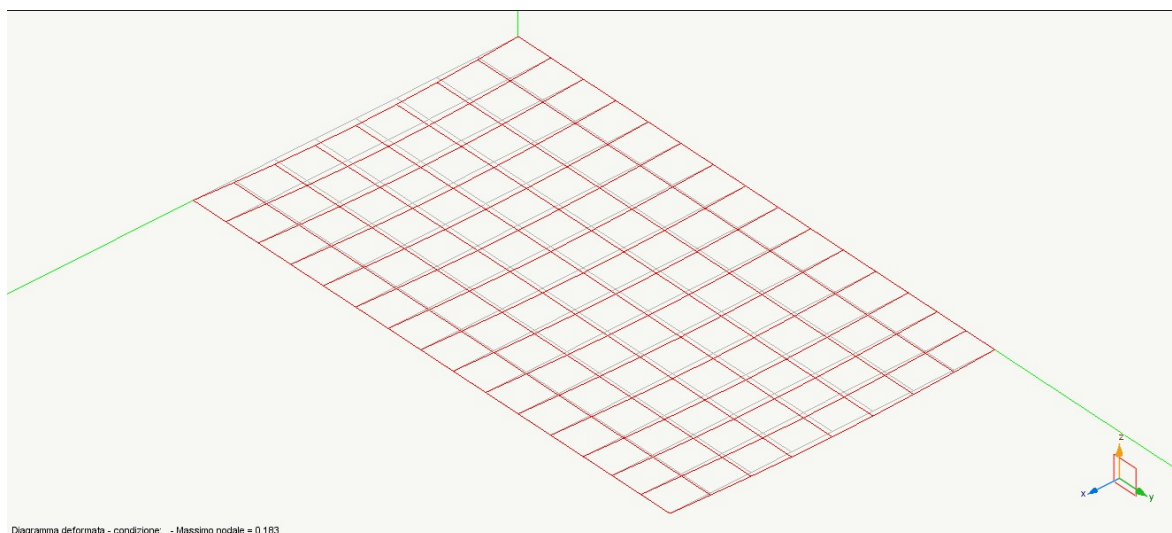




**Figura 28 – Deformata platea di fondazione per combinazione di esercizio 5 (massimo spostamento 0,211 cm)**



**Figura 29– Deformata platea di fondazione SLU 6 sisma lungo l'asse X (massimo spostamento 0,172 cm)**



**Figura 30– Deformata platea di fondazione SLU2 sisma lungo l’asse Y (massimo spostamento 0,183 cm)**

## **14 Locali prefabbricati**

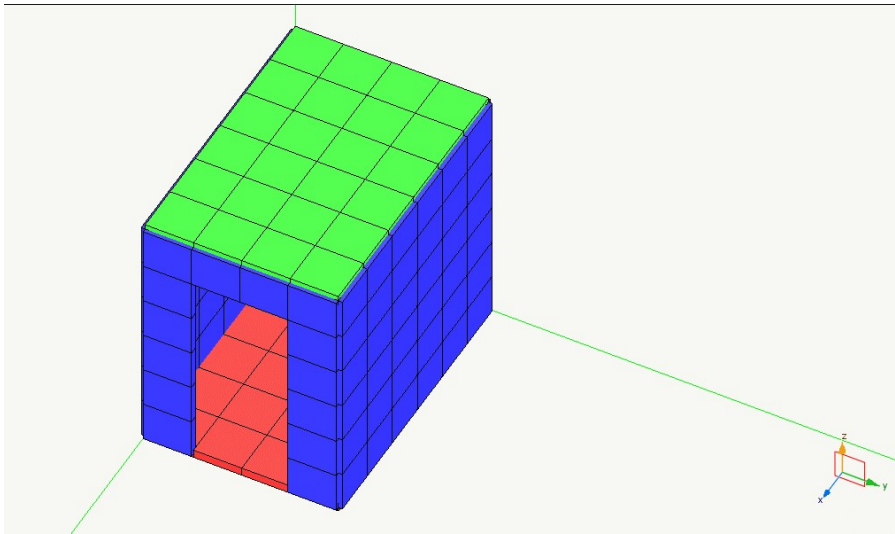
Per l'alloggiamento dei trasformatori sono previsti n.4 locali prefabbricati in calcestruzzo armato delle dimensioni interne di m(3,15x2,12) e dell'altezza di 2,80 m. Le pareti avranno uno spessore di 9 cm, la soletta di copertura avrà uno spessore di 12 cm e la soletta di calpestio avrà uno spessore di 10 cm.

Il calcoli definitivi da depositare saranno forniti dal prefabbricatore; quelli allegati hanno lo scopo di dimostrare la fattibilità del manufatto così come previsto in progetto.

### **14.1 Modello di calcolo**

Si esegue un'analisi elastica lineare ad elementi finiti della struttura con il programma di calcolo Nolian. Il modello tridimensionale del manufatto è riportato nella Figura 31





**Figura 31- Modello di calcolo prefabbricato**

### **14.2 Analisi dei carichi**

Nel seguito sono riportati i carichi agenti sul manufatto.:

- Peso proprio;
- Carico dovuto ai quadri di MT ;
- Carico dovuto agli inverter
- Sovraccarico accidentale
- Azione sismica

### **14.3 Calcolo delle azioni**

**Peso proprio:** Viene calcolato in automatico dal programma, una volta assegnata la geometria dei vari elementi strutturali con i relativi materiali costituenti ( $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$  peso specifico del c.a.).

#### **Sovraccarico sul tetto:**

$$P_{p1} = 4 \text{ kN/m}^2$$

#### **Sovraccarico soletta di calpestio:**

$$P_{p2} = 3 \text{ kN/m}^2$$

#### **Caricodelle apparecchiature elettriche sulla soletta di calpestio**

$$P_{p2} = 5 \text{ kN/m}^2$$

#### 14.4 Combinazioni di carico allo S.L.U.

Di seguito, sono riportate le combinazioni essenziali di carico, con i relativi coefficienti parziali previsti dal D.M. 20/02/2018 (NTC 2018), utilizzate per le analisi agli stati limite ultimi.

1	-0.30 * (1) Sisma X + -0.30 * (1) Dinamica SLVh X + -0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + -1.00 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
2	-0.30 * (1) Sisma X + -0.30 * (1) Dinamica SLVh X + -0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + 1.00 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
3	-0.30 * (1) Sisma X + -0.30 * (1) Dinamica SLVh X + 0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + -1.00 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
4	-0.30 * (1) Sisma X + -0.30 * (1) Dinamica SLVh X + 0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + 1.00 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
5	-0.30 * (1) Sisma X + 0.30 * (1) Dinamica SLVh X + -0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + -1.00 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
6	-0.30 * (1) Sisma X + 0.30 * (1) Dinamica SLVh X + -0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + 1.00 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
7	-0.30 * (1) Sisma X + 0.30 * (1) Dinamica SLVh X + 0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + -1.00 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
8	-0.30 * (1) Sisma X + 0.30 * (1) Dinamica SLVh X + 0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + 1.00 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
9	0.30 * (1) Sisma X + -0.30 * (1) Dinamica SLVh X + -0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + -1.00 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
10	0.30 * (1) Sisma X + -0.30 * (1) Dinamica SLVh X + -0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + 1.00 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
11	0.30 * (1) Sisma X + -0.30 * (1) Dinamica SLVh X + 0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + -1.00 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
12	0.30 * (1) Sisma X + -0.30 * (1) Dinamica SLVh X + 0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + 1.00 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
13	0.30 * (1) Sisma X + 0.30 * (1) Dinamica SLVh X + -0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + -1.00 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
14	0.30 * (1) Sisma X + 0.30 * (1) Dinamica SLVh X + -0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + 1.00 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
15	0.30 * (1) Sisma X + 0.30 * (1) Dinamica SLVh X + 0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + -1.00 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
16	0.30 * (1) Sisma X + 0.30 * (1) Dinamica SLVh X + 0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + 1.00 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
17	-0.30 * (1) Sisma Y + -0.30 * (1) Dinamica SLVh X + -0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + -1.00 * (1) Sisma X + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
18	-0.30 * (1) Sisma Y + -0.30 * (1) Dinamica SLVh X + -0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + 1.00 * (1) Sisma X + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
19	-0.30 * (1) Sisma Y + -0.30 * (1) Dinamica SLVh X + 0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + -1.00 * (1) Sisma X + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio
20	-0.30 * (1) Sisma Y + -0.30 * (1) Dinamica SLVh X + 0.30 * (1) Dinamica SLVh Y + 1.00 * (1) Sisma X + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 0.60 * (1) Sovraccarico pavimento + 0.20 * (1) Sovraccarico tetto + 1.00 * (1) Peso proprio

[illegible]

[illegible]

#### 14.5 Combinazioni di carico allo S.L.E.

Di seguito sono riportate le combinazioni di carico utilizzate per le analisi agli stati limite di esercizio delle strutture componenti.

1	Quasi Perm.	$1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 0.60 * (1) \text{ Sovraccarico pavimento} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
2	Quasi Perm.	$1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
3	Frequente	$1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 0.70 * (1) \text{ Sovraccarico pavimento} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
4	Frequente	$1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 0.60 * (1) \text{ Sovraccarico pavimento} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
5	Frequente	$1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
6	Rara	$1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Sovraccarico pavimento} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
7	Rara	$1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 0.70 * (1) \text{ Sovraccarico pavimento} + 1.00 * (1) \text{ Sovraccarico tetto} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$
8	Rara	$1.00 * (1) \text{ Carico apparecchiature} + 1.00 * (1) \text{ Peso proprio}$

#### 14.6 Risultati delle analisi

I risultati delle simulazioni numeriche in termini di stato tensionale negli elementi strutturali, ottenuti con Nolian e con il postprocessore Easy Wall, sono riportati nei files allegati alla presente relazione, per le combinazioni di carico relative sia allo stato limite ultimo sia allo stato limite di esercizio.

Le armature previste sono riportate nella figura seguente.

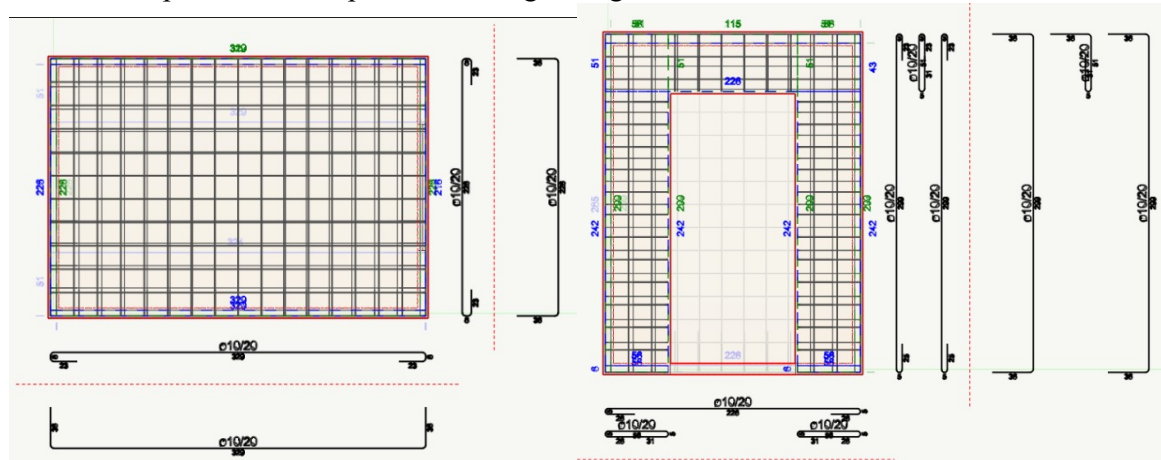
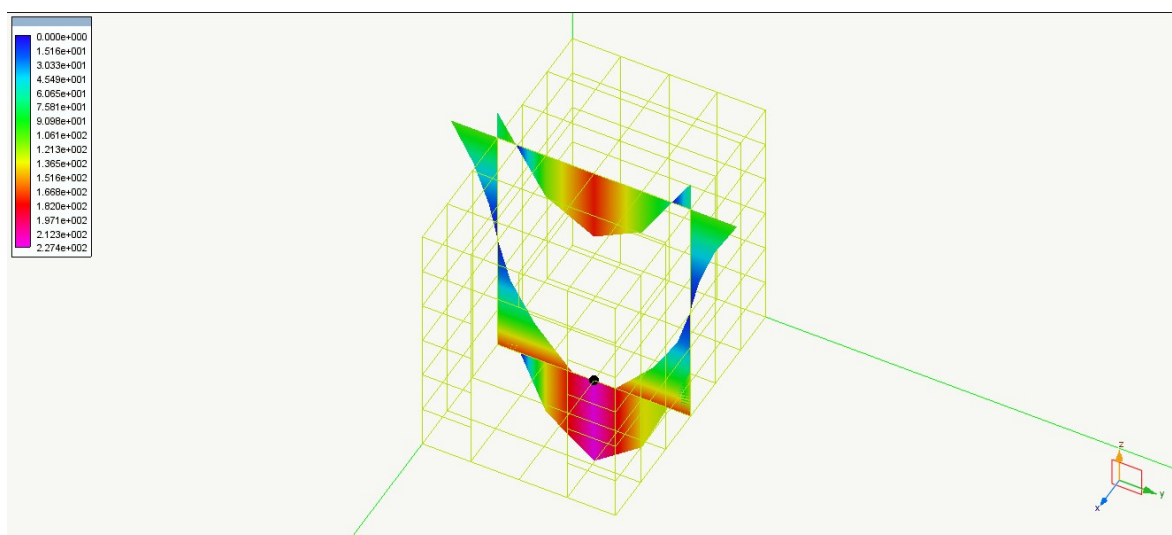


Figura 32 Armatura pareti e solette del prefabbricato

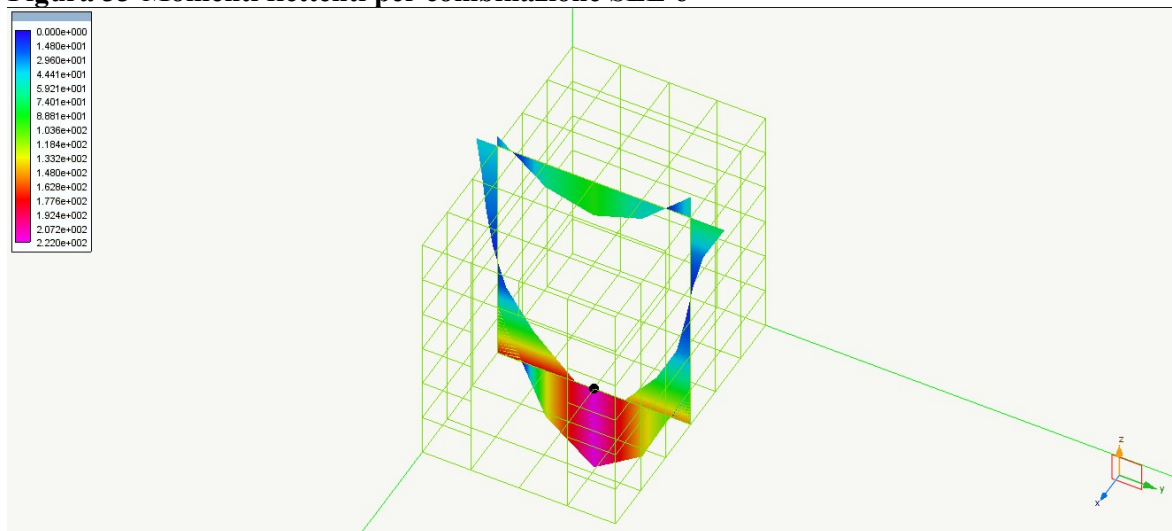
La incidenza della armatura nella intera struttura (compreso maggiorazione per sovrapposizioni) è pari  $140 \text{ Kg/m}^3$ .

#### 14.7 Rappresentazione grafica sollecitazioni

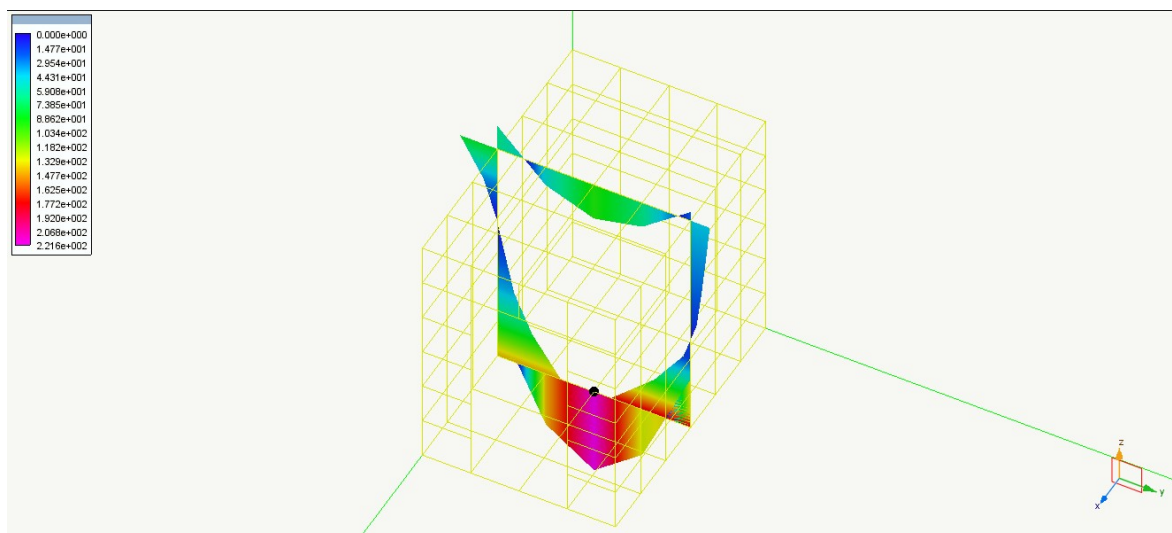
Di seguito vengono rappresentati graficamente i momenti flettenti per le situazioni di carico più significative.



**Figura 33-Momenti flettenti per combinazione SLE 6**



**Figura 34-Momenti flettenti per combinazione SLU 34 sisma asse X**



**Figura 35-Momenti flettenti per combinazione SLU 56 sisma asse Y**



## 15 Verifiche geotecniche

### 15.1 Modalità di verifica

Le verifiche geotecniche delle platee dell'impianto di depurazione sono state effettuate mediante il postprocessore di NolianEasyWall, prodotto dalla Softing, che consente la verifica della interazione tra suolo e platee di fondazione modellate mediante piastre Winkler.

Vengono impiegate le combinazioni SLV con la possibilità di modificare i coefficienti  $\gamma_{G1}$ ,  $\gamma_{G2}$ ,  $\gamma_{Qi}$  come indicato della normativa. Tali coefficienti per default hanno i valori indicati in normativa come A (GEO).

I coefficienti M di normativa, che attengono le caratteristiche de terreno, sono parimenti modificabili.

Lo spostamento considerato è quello ortogonale al piano dell'elemento comunque esso sia disposto nello spazio. Per il segno dello spostamento, il terreno si considera posto nel semispazio delle z locali negative. Solo nel caso di elementi suborizzintali (+/- 8°) il terreno, per comodità di modellazione, è considerato sempre nel semispazio delle z globali negative.

La portanza del terreno viene calcolata secondo la formulazione generale dovuta ad Hansen.

I valori così individuati vengono rappresentati a mappa di colori oppure il valore massimo tra tutti viene esposto a dialogo.

Si possono assegnare i coefficienti di sicurezza parziale  $\gamma_R$ , indicati come R nella normativa, sia per la portanza che per lo scorrimento. Il fattore di sfruttamento ottenuto, sia numericamente che a mappa di colori, tiene conto di tali coefficienti per cui valori superiori all'unità indicano una soluzione non verificata.

I valori calcolati sono i seguenti:

- Spostamento verticale (cm)
- Pressione sul terreno ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )
- Portanza della fondazione secondo Hansen ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )
- Coefficiente di sicurezza Fattore di sfruttamento della portanza

La portanza è calcolata tramite l'equazione generale per la portanza del suolo, in particolare impiegando i coefficienti dovuti ad Hansen [Hansen, J.B. (1970) A Revised and Extended Formula for BearingCapacity, *DanishGeotexchnical Institute Bull.* 20, Copenhagen, 21 pp.]



Poiché il fattore  $N_\gamma$  è rilevante ai fini della valutazione della portanza si sottolinea che qui si impiega la formula di Hansen e cioè:

$$N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1.0) \cdot \tan(\varphi);$$

Come è noto la formulazione generale tiene conto della forma, della profondità della fondazione e della inclinazione del carico. Tale modello cioè si basa sulla valutazione della superficie di scorrimento del terreno tenendo conto contemporaneamente di tutti questi fattori. Nel caso specifico, si assume il carico sempre ortogonale al piano della fondazione.

Si veda anche: Bowles J.E (1977) Foundation Analysis and Design, International Student Edition.

Se la falda idrica si trova ad una profondità compresa nel bulbo di terreno interessato dalla fondazione, la portanza ne viene influenzata. Assegnando un valore molto elevato alla profondità della falda (che è positiva anche se diretta verso il basso) la falda ovviamente non influenza la portanza e quindi tale assegnazione è opportuna quando la falda non è presente.

La portanza viene modificata dalla diversa densità assunta dal terreno in presenza di acqua. Tale densità media efficace viene calcolata secondo la relazione:

$$\gamma_e = ((2H - d_w) \cdot d_w \cdot \gamma_{wet} + \gamma' \cdot (H - d_w)^2) / H^2$$

Dove  $H$  è la profondità del bulbo,  $\gamma'$  il peso specifico sommerso in falda,  $d_w$  la profondità della falda e  $\gamma_{wet}$  il peso specifico umido del terreno nel tratto superiore alla falda.

Nel calcolo di  $\gamma'$  si impiega il peso specifico del terreno denominato in genere  $G_s$ . Tale valore, nel dialogo è assunto pari al peso specifico del terreno assegnata nel gruppo di assegnazioni delle caratteristiche del terreno.

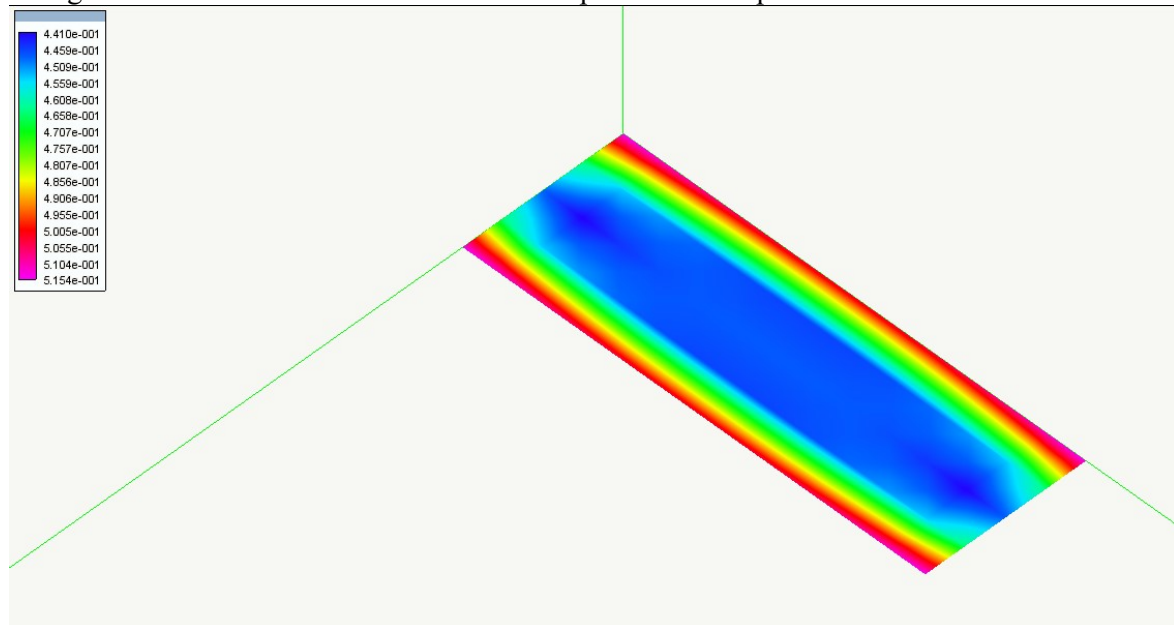
## 15.2 Basamento prefabbricati

Di seguito viene riportato in una mappa a colori l'andamento delle pressioni sul terreno ed il tabulato prodotto dal codice di calcolo con l'indicazione per i vari elementi della soletta stessa dei seguenti dati:

- Spostamento verticale (cm)
- Pressione sul terreno ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )
- Portanza della fondazione secondo Hansen ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ),
- fattore di sfruttamento della portanza

con riferimento con riferimento all'approccio 2 : A1+M1+R3

La costante di sottofondo per il terreno di sedime, costituiti da argilla limosa, è stata assunta pari a  $4\text{Kg}/\text{cm}^3$  anche in considerazione della bassa profondità del piano di fondazione.



**Figura 36 – Pressioni sul terreno basamento dei prefabbricati dei trasformatori**

Generato lunedì 7 settembre 2020 alle ore 19:29:53.

All-In-One EWS 50 (05.08.2020) build 8018

© 1984-2020, Softing srl - Licenza 1147

### Indice

Caratteristiche del terreno  
Combinazioni di carico geotecniche  
Verifica geotecnica

### 15.2.1 Caratteristiche del terreno

Angolo attrito interno ° 20.000000 Gamma 1.000000  
Coesione  $\text{kg}/\text{cm}^2$  0.100000 Gamma 1.000000

Densità kg/cm3 0.001950 Gamma 1.000000  
 Coeff. Sic. Portanza 2.300000  
 Coeff. Sic. Scorrimento 1.100000  
 Profondità piano posa cm 100.000000

## 15.2.2 Combinazioni di carico geotecniche

1	-0.30 * (1) Sisma X + -1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 0.20 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
2	-0.30 * (1) Sisma X + 1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 0.20 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
3	0.30 * (1) Sisma X + -1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 0.20 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
4	0.30 * (1) Sisma X + 1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 0.20 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
5	-0.30 * (1) Sisma Y + -1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 0.20 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
6	-0.30 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 0.20 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
7	0.30 * (1) Sisma Y + -1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 0.20 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
8	0.30 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 0.20 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
9	1.30 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
10	1.30 * (1) Sovraccarico pavimento prefabbricati + 1.30 * (1) Sovraccarico sul tetto + 1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio
11	1.00 * (1) Carico prefabbricato + 1.00 * (1) Peso proprio

## 15.2.3 Verifica geotecnica

Elemento	Coeff. S.Fondo	Deflessione max	Pressione max	Portanza unitaria	Fattore sicurezza	Comb.
48	4.00	0.13	0.52	1.90	3.68	8
47	4.00	0.13	0.51	1.90	3.70	8
46	4.00	0.13	0.51	1.90	3.73	8
45	4.00	0.13	0.51	1.90	3.75	8
44	4.00	0.13	0.50	1.90	3.76	8
43	4.00	0.13	0.50	1.90	3.77	8
42	4.00	0.13	0.50	1.90	3.77	6
41	4.00	0.13	0.50	1.90	3.76	6
40	4.00	0.13	0.51	1.90	3.75	6
39	4.00	0.13	0.51	1.90	3.73	6
38	4.00	0.13	0.51	1.90	3.70	6
37	4.00	0.13	0.52	1.90	3.68	6
36	4.00	0.12	0.46	1.90	4.08	10
35	4.00	0.11	0.45	1.90	4.18	10
34	4.00	0.11	0.45	1.90	4.20	10
33	4.00	0.11	0.45	1.90	4.23	10
32	4.00	0.11	0.45	1.90	4.24	10
31	4.00	0.11	0.45	1.90	4.24	10
30	4.00	0.11	0.45	1.90	4.24	10
29	4.00	0.11	0.45	1.90	4.24	10
28	4.00	0.11	0.45	1.90	4.23	10
27	4.00	0.11	0.45	1.90	4.20	10
26	4.00	0.11	0.45	1.90	4.18	10
25	4.00	0.12	0.46	1.90	4.08	10
24	4.00	0.12	0.46	1.90	4.08	10
23	4.00	0.11	0.45	1.90	4.18	10
22	4.00	0.11	0.45	1.90	4.20	10
21	4.00	0.11	0.45	1.90	4.23	10
20	4.00	0.11	0.45	1.90	4.24	10

19	4.00	0.11	0.45	1.90	4.24	10
18	4.00	0.11	0.45	1.90	4.24	10
17	4.00	0.11	0.45	1.90	4.24	10
16	4.00	0.11	0.45	1.90	4.23	10
15	4.00	0.11	0.45	1.90	4.20	10
14	4.00	0.11	0.45	1.90	4.18	10
13	4.00	0.12	0.46	1.90	4.08	10
12	4.00	0.13	0.52	1.90	3.68	7
11	4.00	0.13	0.51	1.90	3.70	7
10	4.00	0.13	0.51	1.90	3.73	7
9	4.00	0.13	0.51	1.90	3.75	7
8	4.00	0.13	0.50	1.90	3.76	7
7	4.00	0.13	0.50	1.90	3.77	7
6	4.00	0.13	0.50	1.90	3.77	7
5	4.00	0.13	0.50	1.90	3.76	5
4	4.00	0.13	0.51	1.90	3.75	5
3	4.00	0.13	0.51	1.90	3.73	5
2	4.00	0.13	0.51	1.90	3.70	5
1	4.00	0.13	0.52	1.90	3.68	5

### 15.3 Basamento quadri

Di seguito viene riportato in una mappa a colori l'andamento delle pressioni sul terreno ed il tabulato prodotto dal codice di calcolo con l'indicazione per i vari elementi della soletta stessa dei seguenti dati:

- Spostamento verticale (cm)
- Pressione sul terreno ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )
- Portanza della fondazione secondo Hansen ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ),
- fattore di sfruttamento della portanza

con riferimento con riferimento all'approccio 2 : A1+M1+R3

La costante di sottofondo per il terreno di sedime, costituiti da argilla limosa, è stata assunta pari a  $4\text{Kg}/\text{cm}^3$  anche in considerazione della bassa profondità del piano di fondazione.

---

Generato mercoledì 9 settembre 2020 alle ore 16:13:20.  
 All-In-One EWS 50 (05.08.2020) build 8018  
 © 1984-2020, Softing srl - Licenza 1147

---

#### Indice

Caratteristiche del terreno  
 Combinazioni di carico geotecniche  
 Verifica geotecnica

---

### 15.3.1 Caratteristiche del terreno

Angolo attrito interno	°	20.000000	Gamma 1.000000
Coesione	$\text{kg}/\text{cm}^2$	0.000000	Gamma 1.000000
Densità	$\text{kg}/\text{cm}^3$	0.001950	Gamma 1.000000
Coeff. Sic. Portanza		2.300000	

Coeff. Sic. Scorrimento 1.100000  
Profondità piano posa cm 100.000000

### 15.3.2 Combinazioni di carico geotecniche

1	-0.30 * (1) Sisma X + -1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverters + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
2	-0.30 * (1) Sisma X + 1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverters + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
3	0.30 * (1) Sisma X + -1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverters + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
4	0.30 * (1) Sisma X + 1.00 * (1) Sisma Y + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverters + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
5	-0.30 * (1) Sisma Y + -1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverters + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
6	-0.30 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverters + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
7	0.30 * (1) Sisma Y + -1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverters + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
8	0.30 * (1) Sisma Y + 1.00 * (1) Sisma X + 0.80 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverters + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
9	1.30 * (1) Sovraccarico su soletta + 1.00 * (1) Carico inverters + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio
10	1.00 * (1) Carico inverters + 1.00 * (1) Carico quadri MT + 1.00 * (1) Peso proprio

### 15.3.3 Verifica geotecnica

Elemento	Coeff. S.Fondo	Deflessione max	Pressione max	Portanza unitaria	Fattore sicurezza	Comb.
349	4.00	0.04	0.15	1.26	8.45	9
348	4.00	0.04	0.15	1.26	8.35	9
347	4.00	0.04	0.15	1.26	8.32	9
346	4.00	0.04	0.15	1.26	8.32	9
345	4.00	0.04	0.15	1.26	8.34	9
344	4.00	0.04	0.15	1.26	8.37	9
343	4.00	0.04	0.15	1.26	8.40	9
342	4.00	0.04	0.15	1.26	8.43	9
341	4.00	0.04	0.15	1.26	8.46	9
340	4.00	0.04	0.15	1.26	8.48	9
339	4.00	0.04	0.15	1.26	8.51	9
338	4.00	0.04	0.15	1.26	8.53	9
337	4.00	0.04	0.15	1.26	8.55	9
336	4.00	0.04	0.15	1.26	8.56	9
335	4.00	0.04	0.16	1.26	7.86	9
334	4.00	0.04	0.16	1.26	7.82	9
333	4.00	0.04	0.16	1.26	7.82	9
332	4.00	0.04	0.16	1.26	7.83	9
331	4.00	0.04	0.16	1.26	7.86	9
330	4.00	0.04	0.16	1.26	7.89	9
329	4.00	0.04	0.16	1.26	7.93	9
328	4.00	0.04	0.16	1.26	7.97	9
327	4.00	0.04	0.16	1.26	8.01	9
326	4.00	0.04	0.16	1.26	8.05	9
325	4.00	0.04	0.16	1.26	8.10	9
324	4.00	0.04	0.15	1.26	8.15	9
323	4.00	0.04	0.15	1.26	8.22	9
322	4.00	0.04	0.15	1.26	8.31	9
321	4.00	0.04	0.17	1.26	7.39	9
320	4.00	0.04	0.17	1.26	7.39	9
319	4.00	0.04	0.17	1.26	7.41	9
318	4.00	0.04	0.17	1.26	7.44	9

Utilizzazione integrale delle acque invase nel serbatoio di Garcia sul Fiume Belice Sinistro -Opere di distribuzione irrigua - Sollevamento e distribuzione Zona IVa – I Lotto funzionale

317	4.00	0.04	0.17	1.26	7.48	9
316	4.00	0.04	0.17	1.26	7.52	9
315	4.00	0.04	0.17	1.26	7.56	9
314	4.00	0.04	0.17	1.26	7.61	9
313	4.00	0.04	0.16	1.26	7.65	9
312	4.00	0.04	0.16	1.26	7.71	9
311	4.00	0.04	0.16	1.26	7.77	9
310	4.00	0.04	0.16	1.26	7.85	9
309	4.00	0.04	0.16	1.26	7.94	9
308	4.00	0.04	0.16	1.26	8.08	9
307	4.00	0.04	0.18	1.26	7.09	9
306	4.00	0.04	0.18	1.26	7.14	9
305	4.00	0.04	0.18	1.26	7.19	9
304	4.00	0.04	0.17	1.26	7.24	9
303	4.00	0.04	0.17	1.26	7.28	9
302	4.00	0.04	0.17	1.26	7.32	9
301	4.00	0.04	0.17	1.26	7.37	9
300	4.00	0.04	0.17	1.26	7.42	9
299	4.00	0.04	0.17	1.26	7.47	9
298	4.00	0.04	0.17	1.26	7.53	9
297	4.00	0.04	0.17	1.26	7.60	9
296	4.00	0.04	0.16	1.26	7.69	9
295	4.00	0.04	0.16	1.26	7.80	9
294	4.00	0.04	0.16	1.26	7.94	9
293	4.00	0.06	0.24	1.26	5.18	6
292	4.00	0.06	0.24	1.26	5.27	6
291	4.00	0.06	0.23	1.26	5.38	6
290	4.00	0.06	0.23	1.26	5.48	6
289	4.00	0.06	0.23	1.26	5.57	6
288	4.00	0.06	0.22	1.26	5.67	6
287	4.00	0.05	0.22	1.26	5.79	6
286	4.00	0.05	0.21	1.26	5.94	6
285	4.00	0.05	0.20	1.26	6.18	6
284	4.00	0.05	0.19	1.26	6.53	9
283	4.00	0.04	0.18	1.26	7.08	9
282	4.00	0.04	0.16	1.26	7.89	9
281	4.00	0.05	0.20	1.26	6.47	9
280	4.00	0.05	0.19	1.26	6.54	9
279	4.00	0.05	0.19	1.26	6.64	9
278	4.00	0.05	0.19	1.26	6.74	9
277	4.00	0.05	0.18	1.26	6.83	9
276	4.00	0.05	0.18	1.26	6.93	9
275	4.00	0.04	0.18	1.26	7.04	9
274	4.00	0.04	0.18	1.26	7.19	9
273	4.00	0.04	0.17	1.26	7.39	9
272	4.00	0.04	0.16	1.26	7.69	9
271	4.00	0.04	0.16	1.26	8.03	9
270	4.00	0.04	0.15	1.26	8.43	9
269	4.00	0.04	0.16	1.26	7.75	9
268	4.00	0.04	0.16	1.26	7.77	9
267	4.00	0.04	0.16	1.26	7.79	9
266	4.00	0.04	0.16	1.26	7.82	9
265	4.00	0.04	0.16	1.26	7.85	9
264	4.00	0.04	0.16	1.26	7.89	9
263	4.00	0.04	0.16	1.26	7.93	9
262	4.00	0.04	0.16	1.26	8.00	9
261	4.00	0.04	0.16	1.26	8.11	9
260	4.00	0.04	0.15	1.26	8.27	9

Relazione di calcolo delle strutture in c.a- e verifiche geotecniche

Utilizzazione integrale delle acque invase nel serbatoio di Garcia sul Fiume Belice Sinistro -Opere di distribuzione irrigua - Sollevamento e distribuzione Zona IVa – I Lotto funzionale

259	4.00	0.04	0.15	1.26	8.49	9
258	4.00	0.04	0.14	1.26	8.73	9
257	4.00	0.04	0.14	1.26	8.90	9
256	4.00	0.04	0.14	1.26	8.99	9
255	4.00	0.04	0.15	1.26	8.53	9
254	4.00	0.04	0.15	1.26	8.53	9
253	4.00	0.04	0.15	1.26	8.54	9
252	4.00	0.04	0.15	1.26	8.56	9
251	4.00	0.04	0.15	1.26	8.58	9
250	4.00	0.04	0.15	1.26	8.61	9
249	4.00	0.04	0.15	1.26	8.64	9
248	4.00	0.04	0.15	1.26	8.68	9
247	4.00	0.04	0.14	1.26	8.75	9
246	4.00	0.04	0.14	1.26	8.85	9
245	4.00	0.04	0.14	1.26	8.97	9
244	4.00	0.03	0.14	1.26	9.07	9
243	4.00	0.03	0.14	1.26	9.07	9
242	4.00	0.03	0.14	1.26	9.05	9
241	4.00	0.03	0.14	1.26	9.17	9
240	4.00	0.03	0.14	1.26	9.15	9
239	4.00	0.03	0.14	1.26	9.15	9
238	4.00	0.03	0.14	1.26	9.15	9
237	4.00	0.03	0.14	1.26	9.16	9
236	4.00	0.03	0.14	1.26	9.18	9
235	4.00	0.03	0.14	1.26	9.19	9
234	4.00	0.03	0.14	1.26	9.22	9
233	4.00	0.03	0.14	1.26	9.25	9
232	4.00	0.03	0.14	1.26	9.29	9
231	4.00	0.03	0.14	1.26	9.32	9
230	4.00	0.03	0.14	1.26	9.25	9
229	4.00	0.03	0.14	1.26	9.12	9
228	4.00	0.04	0.14	1.26	8.99	9
227	4.00	0.03	0.13	1.26	9.44	9
226	4.00	0.03	0.14	1.26	9.33	9
225	4.00	0.03	0.14	1.26	9.29	9
224	4.00	0.03	0.14	1.26	9.28	9
223	4.00	0.03	0.14	1.26	9.28	9
222	4.00	0.03	0.14	1.26	9.29	9
221	4.00	0.03	0.14	1.26	9.31	9
220	4.00	0.03	0.14	1.26	9.32	9
219	4.00	0.03	0.14	1.26	9.32	9
218	4.00	0.03	0.14	1.26	9.30	9
217	4.00	0.03	0.14	1.26	9.24	9
216	4.00	0.03	0.14	1.26	9.14	9
215	4.00	0.04	0.14	1.26	9.00	9
214	4.00	0.04	0.14	1.26	8.88	9
213	4.00	0.04	0.14	1.26	9.00	9
212	4.00	0.04	0.14	1.26	8.86	9
211	4.00	0.04	0.14	1.26	8.82	9
210	4.00	0.04	0.14	1.26	8.82	9
209	4.00	0.04	0.14	1.26	8.82	9
208	4.00	0.04	0.14	1.26	8.84	9
207	4.00	0.04	0.14	1.26	8.86	9
206	4.00	0.04	0.14	1.26	8.88	9
205	4.00	0.04	0.14	1.26	8.90	9
204	4.00	0.04	0.14	1.26	8.91	9
203	4.00	0.04	0.14	1.26	8.89	9
202	4.00	0.04	0.14	1.26	8.85	9

Relazione di calcolo delle strutture in c.a- e verifiche geotecniche

Utilizzazione integrale delle acque invase nel serbatoio di Garcia sul Fiume Belice Sinistro -Opere di distribuzione irrigua - Sollevamento e distribuzione Zona IVa – I Lotto funzionale

201	4.00	0.04	0.14	1.26	8.79	9
200	4.00	0.04	0.14	1.26	8.73	9
199	4.00	0.07	0.28	1.26	4.57	8
198	4.00	0.07	0.27	1.26	4.68	8
197	4.00	0.07	0.26	1.26	4.77	8
196	4.00	0.06	0.26	1.26	4.86	8
195	4.00	0.06	0.25	1.26	4.95	8
194	4.00	0.06	0.25	1.26	5.05	8
193	4.00	0.06	0.25	1.26	5.14	6
192	4.00	0.06	0.24	1.26	5.35	4
191	4.00	0.05	0.22	1.26	5.74	8
190	4.00	0.05	0.21	1.26	6.06	9
189	4.00	0.05	0.20	1.26	6.17	9
188	4.00	0.05	0.20	1.26	6.28	9
187	4.00	0.05	0.20	1.26	6.39	9
186	4.00	0.05	0.20	1.26	6.45	9
185	4.00	0.05	0.20	1.26	6.43	4
184	4.00	0.05	0.18	1.26	6.90	4
183	4.00	0.04	0.17	1.26	7.38	9
182	4.00	0.04	0.16	1.26	7.75	9
181	4.00	0.04	0.16	1.26	7.75	9
180	4.00	0.04	0.16	1.26	7.75	9
179	4.00	0.04	0.16	1.26	7.75	9
178	4.00	0.04	0.17	1.26	7.58	2
177	4.00	0.04	0.16	1.26	8.07	7
176	4.00	0.04	0.15	1.26	8.57	9
175	4.00	0.04	0.15	1.26	8.60	9
174	4.00	0.04	0.15	1.26	8.58	9
173	4.00	0.04	0.15	1.26	8.56	9
172	4.00	0.04	0.15	1.26	8.54	9
171	4.00	0.04	0.14	1.26	8.77	7
170	4.00	0.03	0.14	1.26	9.23	7
169	4.00	0.03	0.13	1.26	9.44	9
168	4.00	0.03	0.13	1.26	9.43	9
167	4.00	0.03	0.14	1.26	9.35	9
166	4.00	0.03	0.14	1.26	9.28	9
165	4.00	0.03	0.14	1.26	9.22	9
164	4.00	0.03	0.13	1.26	9.99	7
163	4.00	0.03	0.13	1.26	10.03	7
162	4.00	0.03	0.13	1.26	10.07	7
161	4.00	0.03	0.13	1.26	10.08	7
160	4.00	0.03	0.13	1.26	9.93	9
159	4.00	0.03	0.13	1.26	9.77	9
158	4.00	0.03	0.13	1.26	9.63	9
157	4.00	0.03	0.12	1.26	10.82	7
156	4.00	0.03	0.12	1.26	10.78	7
155	4.00	0.03	0.12	1.26	10.71	7
154	4.00	0.03	0.12	1.26	10.49	7
153	4.00	0.03	0.12	1.26	10.25	9
152	4.00	0.03	0.13	1.26	9.85	9
151	4.00	0.03	0.14	1.26	9.34	9
150	4.00	0.04	0.15	1.42	9.65	9
149	4.00	0.04	0.15	1.42	9.73	9
148	4.00	0.04	0.15	1.42	9.47	9
147	4.00	0.04	0.15	1.42	9.56	9
146	4.00	0.04	0.15	1.42	9.28	9
145	4.00	0.04	0.15	1.42	9.39	9
144	4.00	0.04	0.16	1.42	9.11	9

Relazione di calcolo delle strutture in c.a- e verifiche geotecniche



Utilizzazione integrale delle acque invase nel serbatoio di Garcia sul Fiume Belice Sinistro -Opere di distribuzione irrigua - Sollevamento e distribuzione Zona IVa – I Lotto funzionale

143	4.00	0.04	0.15	1.42	9.22	9
142	4.00	0.04	0.14	1.42	10.02	9
141	4.00	0.04	0.14	1.42	10.14	9
140	4.00	0.03	0.14	1.42	10.15	9
139	4.00	0.03	0.14	1.42	10.24	9
138	4.00	0.03	0.14	1.42	10.21	9
137	4.00	0.03	0.14	1.42	10.28	9
136	4.00	0.03	0.14	1.42	10.19	9
135	4.00	0.03	0.14	1.42	10.25	9
134	4.00	0.04	0.14	1.42	10.12	9
133	4.00	0.03	0.14	1.42	10.17	9
132	4.00	0.04	0.14	1.42	9.99	9
131	4.00	0.04	0.14	1.42	10.05	9
130	4.00	0.04	0.14	1.42	9.82	9
129	4.00	0.04	0.14	1.42	9.88	9
128	4.00	0.04	0.18	1.42	7.92	9
127	4.00	0.04	0.18	1.42	7.98	9
126	4.00	0.04	0.18	1.42	8.04	9
125	4.00	0.04	0.18	1.42	8.09	9
124	4.00	0.04	0.17	1.42	8.13	9
123	4.00	0.04	0.17	1.42	8.18	9
122	4.00	0.04	0.17	1.42	8.23	9
121	4.00	0.04	0.17	1.42	8.29	9
120	4.00	0.04	0.17	1.42	8.35	9
119	4.00	0.04	0.17	1.42	8.43	9
118	4.00	0.04	0.17	1.42	8.52	9
117	4.00	0.04	0.16	1.42	8.63	9
116	4.00	0.04	0.16	1.42	8.76	9
115	4.00	0.05	0.18	1.42	7.72	9
114	4.00	0.05	0.18	1.42	7.76	9
113	4.00	0.05	0.18	1.42	7.81	9
112	4.00	0.05	0.18	1.42	7.85	9
111	4.00	0.04	0.18	1.42	7.89	9
110	4.00	0.04	0.18	1.42	7.94	9
109	4.00	0.04	0.18	1.42	7.98	9
108	4.00	0.04	0.18	1.42	8.03	9
107	4.00	0.04	0.18	1.42	8.09	9
106	4.00	0.04	0.17	1.42	8.17	9
105	4.00	0.04	0.17	1.42	8.25	9
104	4.00	0.04	0.17	1.42	8.35	9
103	4.00	0.04	0.17	1.42	8.47	9
102	4.00	0.04	0.16	1.42	8.89	9
101	4.00	0.04	0.16	1.42	8.98	9
100	4.00	0.04	0.17	1.42	8.60	9
99	4.00	0.04	0.16	1.42	8.71	9
98	4.00	0.05	0.18	1.42	7.69	9
97	4.00	0.05	0.18	1.42	7.84	9
96	4.00	0.04	0.15	1.42	9.71	9
95	4.00	0.04	0.14	1.42	9.85	9
94	4.00	0.04	0.14	1.42	9.86	9
93	4.00	0.04	0.14	1.42	10.00	9

### 15.4 Manufatto di spinta relining

Le verifiche geotecniche relative al manufatto di spinta sono riportate nei tabulati di calcolo allegati alla presente relazione.

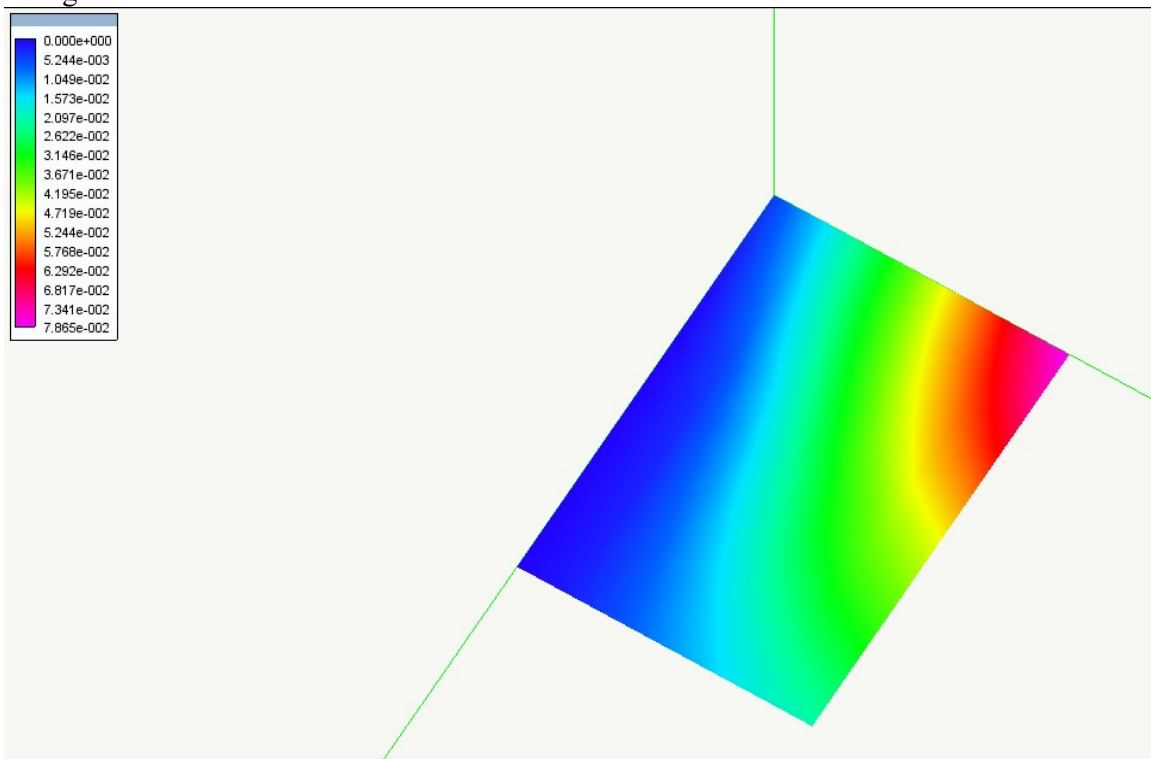
### 15.5 Manufatto cassa d'aria

Di seguito viene riportato in una mappa a colori l'andamento delle pressioni sul terreno ed il tabulato prodotto dal codice di calcolo con l'indicazione per i vari elementi della soletta stessa dei seguenti dati:

- Spostamento verticale (cm)
- Pressione sul terreno ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ )
- Portanza della fondazione secondo Hansen ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ),
- fattore di sfruttamento della portanza

con riferimento con riferimento all'approccio 2 : A1+M1+R3

La costante di sottofondo per il terreno di sedime, costituiti da argilla limosa, è stata assunta pari a  $4\text{Kg}/\text{cm}^3$ .



**Figura 37 – Pressioni sul terreno manufatto cassa d'aria**

Generato mercoledì 9 settembre 2020 alle ore 23:56:54.  
All-In-One EWS 50 (05.08.2020) build 8018  
© 1984-2020, Softing srl - Licenza 1147

## Indice

Caratteristiche del terreno  
Combinazioni di carico geotecniche  
Verifica geotecnica

### 15.5.1 Caratteristiche del terreno

Angolo attrito interno	°	20.000000	Gamma	1.000000
Coesione	kg/cm2	0.000000	Gamma	1.000000
Densità	kg/cm3	0.001950	Gamma	1.000000
Coeff. Sic. Portanza		2.300000		
Coeff. Sic. Scorrimento		1.100000		
Profondità piano posa	cm	270.000000		

### 15.5.2 Combinazioni di carico geotecniche

1	-0.30 * (0) Azione sismica Y + -1.00 * (0) Azione sismica X + 0.80 * (1) Sovraccarico AlM1 + 1.00 * (1) Terreno Al-M1 + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 1.00 * (1) Peso proprio
2	-0.30 * (0) Azione sismica Y + 1.00 * (0) Azione sismica X + 0.80 * (1) Sovraccarico AlM1 + 1.00 * (1) Terreno Al-M1 + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 1.00 * (1) Peso proprio
3	0.30 * (0) Azione sismica Y + -1.00 * (0) Azione sismica X + 0.80 * (1) Sovraccarico AlM1 + 1.00 * (1) Terreno Al-M1 + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 1.00 * (1) Peso proprio
4	0.30 * (0) Azione sismica Y + 1.00 * (0) Azione sismica X + 0.80 * (1) Sovraccarico AlM1 + 1.00 * (1) Terreno Al-M1 + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 1.00 * (1) Peso proprio
5	-0.30 * (0) Azione sismica X + -1.00 * (0) Azione sismica Y + 0.80 * (1) Sovraccarico AlM1 + 1.00 * (1) Terreno Al-M1 + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 1.00 * (1) Peso proprio
6	-0.30 * (0) Azione sismica X + 1.00 * (0) Azione sismica Y + 0.80 * (1) Sovraccarico AlM1 + 1.00 * (1) Terreno Al-M1 + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 1.00 * (1) Peso proprio
7	0.30 * (0) Azione sismica X + -1.00 * (0) Azione sismica Y + 0.80 * (1) Sovraccarico AlM1 + 1.00 * (1) Terreno Al-M1 + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 1.00 * (1) Peso proprio
8	0.30 * (0) Azione sismica X + 1.00 * (0) Azione sismica Y + 0.80 * (1) Sovraccarico AlM1 + 1.00 * (1) Terreno Al-M1 + 1.00 * (1) Carico apparecchiature + 1.00 * (1) Peso proprio
9	1.50 * (1) Sovraccarico AlM1 + 1.30 * (1) Carico apparecchiature + 1.30 * (1) Peso proprio
10	1.30 * (1) Carico apparecchiature + 1.30 * (1) Peso proprio

### 15.5.3 Verifica geotecnica

Elemento	Coeff. S.	Fondo	Deflessione max	Pressione max	Portanza unitaria	Fattore sicurezza	Comb.
329	4.00		0.00	0.02	2.59	171.04	10
328	4.00		0.01	0.03	2.59	94.56	10
327	4.00		0.01	0.04	2.59	63.40	3
326	4.00		0.01	0.05	2.59	47.77	3
325	4.00		0.02	0.07	2.59	38.68	3
324	4.00		0.02	0.08	2.59	32.90	3
323	4.00		0.00	0.01	2.59	212.39	10
322	4.00		0.01	0.02	2.59	105.05	3
321	4.00		0.01	0.04	2.59	68.81	3
320	4.00		0.01	0.05	2.59	51.52	3
319	4.00		0.02	0.06	2.59	41.86	3
318	4.00		0.02	0.07	2.59	35.79	3
317	4.00		0.00	0.01	2.59	291.79	10
316	4.00		0.01	0.02	2.59	126.26	3
315	4.00		0.01	0.03	2.59	78.17	3
314	4.00		0.01	0.05	2.59	57.19	3
313	4.00		0.01	0.06	2.59	46.28	3
312	4.00		0.02	0.06	2.59	40.09	3

311	4.00	0.00	0.01	2.59	465.94	9
310	4.00	0.00	0.02	2.59	159.96	9
309	4.00	0.01	0.03	2.59	92.01	9
308	4.00	0.01	0.04	2.59	65.34	9
307	4.00	0.01	0.05	2.59	52.46	9
306	4.00	0.01	0.06	2.59	46.45	9
305	4.00	0.00	0.00	2.59	667.24	9
304	4.00	0.00	0.01	2.59	201.29	9
303	4.00	0.01	0.02	2.59	110.16	9
302	4.00	0.01	0.03	2.59	76.79	9
301	4.00	0.01	0.04	2.59	61.56	9
300	4.00	0.01	0.05	2.59	54.94	10
299	4.00	0.00	0.00	2.59	811.54	9
298	4.00	0.00	0.01	2.59	240.42	9
297	4.00	0.00	0.02	2.59	129.41	9
296	4.00	0.01	0.03	2.59	89.26	9
295	4.00	0.01	0.04	2.59	71.22	10
294	4.00	0.01	0.04	2.59	63.52	10
293	4.00	0.00	0.00	2.59	959.23	10
292	4.00	0.00	0.01	2.59	288.69	10
291	4.00	0.00	0.02	2.59	156.81	10
290	4.00	0.01	0.02	2.59	108.21	10
289	4.00	0.01	0.03	2.59	85.76	10
288	4.00	0.01	0.03	2.59	75.39	10
287	4.00	0.00	0.00	2.59	1082.65	10
286	4.00	0.00	0.01	2.59	347.99	10
285	4.00	0.00	0.01	2.59	196.67	10
284	4.00	0.00	0.02	2.59	137.20	10
283	4.00	0.01	0.02	2.59	107.25	10
282	4.00	0.01	0.03	2.59	93.34	10

## ALLEGATO A – CD CON FILES TABULATI DI CALCOLO