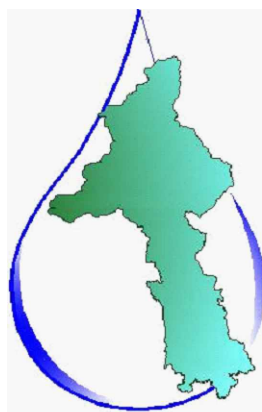


## PROGETTAZIONE

STUDIO D'INGEGNERIA ASSOCIATO  
ISOLA-BOASSO & ASSOCIATI S.r.l.  
Dott. Ing. Riccardo ISOLA  
Dott. Ing. Paolo BOASSO  
Dott. Ing. Fabrizio RABAGLIO

C.so M. Prestinari n° 86  
VERCELLI



**ACQUA**  
**NOVARA.VCO**  
**S.p.A.**

Via Triggiani, 9 – 28100 NOVARA (NO)  
Tel. 0321/413111 – Fax. 0321/413196

## PROGETTO ESECUTIVO

oggetto

COMUNE DI NOVARA VIA PANSA  
Progetto del pozzo di spinta  
per l'installazione di un tratto  
di tubazione fognaria con la  
tecnica del microtunneling

Data: Settembre 2023

Rif. archivio: 003.23

Scala

–

TAV. n° ST.01.001

Rev.	AGGIORNAMENTI	DATA
00	Emesso per PROGETTO ESECUTIVO	Settembre 2023

Contenuto degli Elaborati

## RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

Il Progettista  
Dott. Ing. Riccardo ISOLA

Visto

\* Riservato all'Amministrazione

Vs. Rif. arch.:

Riproduzione o consegna a terzi  
solo dietro specifica autorizzazione

Ente destinatario:

–

## Sommario

<b>1</b>	<b>Oggetto della relazione e criteri di progettazione .....</b>	<b>2</b>
1.1	Premessa .....	2
1.2	Opere strutturali .....	2
1.3	Inquadramento normativo .....	3
<b>2</b>	<b>Caratterizzazione geotecnica .....</b>	<b>3</b>
2.1	Sondaggi geognostici .....	3
2.2	Modello geotecnico di riferimento .....	5
<b>3</b>	<b>Materiali .....</b>	<b>7</b>
3.1	Calcestruzzo .....	7
3.2	Acciaio .....	7
<b>4</b>	<b>Azioni sulle strutture .....</b>	<b>8</b>
4.1	g1/g2: Pesi propri strutturali e carichi permanenti .....	8
4.2	qk1: Carichi variabili da traffico .....	9
4.3	qk2: Carichi variabili per spinta microtunnelling .....	9
4.4	Spinte delle terre .....	9
<b>5</b>	<b>Calcolo e verifica delle strutture .....</b>	<b>12</b>
5.1	Calcolo della platea e del muro reggisplinta .....	12
5.1.1	Modello di calcolo .....	12
5.1.2	Attribuzione dei carichi .....	13
5.1.3	Combinazioni dei carichi .....	14
5.1.4	Sollecitazioni .....	14
5.1.5	Armature degli elementi .....	15
5.1.6	Verifiche di sicurezza SLU grafiche .....	17
5.1.7	Verifiche di sicurezza SLU analitiche .....	20
5.2	Calcolo della berlinese – Modello 3D .....	28
5.2.1	Modello di calcolo FASE 1 .....	28
5.2.2	Modello di calcolo FASE 2 .....	29
5.2.3	Attribuzione dei carichi FASE 1 .....	30
5.2.4	Attribuzione dei carichi FASE 2 .....	31
5.2.5	Combinazioni dei carichi .....	32
5.2.6	Sollecitazioni e deformazioni FASE 1 .....	32
5.2.7	Sollecitazioni e deformazioni FASE 2 .....	37
5.2.8	Armature degli elementi .....	44
5.2.9	Verifiche di sicurezza SLU trave di coronamento .....	44
5.2.10	Verifiche di sicurezza SLU centina in acciaio .....	46
5.3	Calcolo dei pali della berlinese – Modello Paratie .....	47
5.3.1	Modello di calcolo .....	47
5.3.2	Sollecitazioni e deformazioni .....	49
5.3.3	Verifiche dei pali della berlinese .....	52

## **1 Oggetto della relazione e criteri di progettazione**

### **1.1 Premessa**

Il presente elaborato costituisce la Relazione di calcolo strutturale del pozzo di spinta necessario all'esecuzione di un collegamento fognario diametro 1200 mm in acciaio con tecnica del microtunnelling, ed è stata redatta su incarico di Acqua Novara VCO S.p.A.

L'intervento è situato in comune di Novara, sull'incrocio tra via Pansa e viale Roma.

Il posizionamento del pozzo di spinta rispecchia quanto indicato nella tavola di rilievo fornita dalla committenza, nella quale è stato solamente effettuato un allungamento per raggiungere le dimensioni richieste dalla ditta incaricata dell'esecuzione dell'intervento.

Il pozzo di spinta, come da indicazioni ricevute dalla ditta incaricata dell'esecuzione del collegamento fognario, è previsto con dimensioni interne nette di circa 550 cm x 300 cm, e verrà ottenuto con la realizzazione di una berlinese di micropali dotata di cordolo di testa e di una centina in corrispondenza della quota di arrivo dei pali più corti previsti in corrispondenza del passaggio della tubazione.

I micropali sono stati previsti di diametro 240 mm al fine di poterli realizzare con una macchina compatta, al fine di favorire il più possibile l'operatività in cantiere riducendo al minimo il disagio di operare in una via centrale in città.

La profondità di imposta della platea di spinta è pari a circa -4.60 m dal piano stradale.

Oltre all'intervento per la realizzazione del collettore fognario principale, con tecnica del microtunneling, è prevista la realizzazione un ulteriore collegamento fognario, eseguito con scavo e posa delle condotte tradizionale, con nuove tubazioni in PEAD diametro esterno 400 mm.

Dai colloqui avuti con la committenza, gli edifici posti al margine della strada ove l'intervento va a collocarsi, sono dotati di piani interrati, motivo per il quale non sono state considerate nel calcolo eventuali spinte provenienti dalle fondazioni dei fabbricati stessi.

La progettazione è stata eseguita sulla base dei sondaggi eseguiti dalla ditta Tecnosuolo e sulla caratterizzazione geotecnica ricevuta dal geologo incaricato dalla committenza Dott. Carmine.

### **1.2 Opere strutturali**

Nel dettaglio le opere strutturali costituenti il pozzo di spinta sono le seguenti:

- Berlinese realizzata mediante micropali diametro 240 mm collocati ad interasse 35 cm e aventi lunghezza 10 m, realizzati con malta C25/30. I pali collocati nella parte anteriore di uscita della tubazione, con essa interferenti, verranno realizzati di lunghezza ridotta a 3 metri, al fine da non interferire con la spinta. L'armatura dei micropali è prevista con tubolari in acciaio S275 avente diametro 168 mm e spessore 6.3 mm;
- Trave di coronamento sommitale in cls C25/30 avente sezione 50x50 cm armata con 12 barre longitudinali  $\phi 18$  mm e staffe  $\phi 12/15$  cm;
- Centina in acciaio S275 sezione HeA260, collocata a profondità di -3 m dal piano stradale, avente la funzione di realizzare un ulteriore vincolo per la berlinese a quella quota e di ripartire le spinte agenti sui pali più corti lateralmente sui pali adiacenti;

- Platea di supporto del macchinario per la spinta, realizzata in c.a. con dimensioni di circa 5,70 m x 3,40 m e spessore 30 cm, armata con barre longitudinali  $\phi 26/10$  e  $\phi 20/10$  superiori e  $\phi 16/20$  e  $\phi 20/20$  inferiori, mentre trasversalmente abbiamo barre  $\phi 16/20$  su ambo i lati;
- Muro reggispinga, collegato alla platea, realizzato in c.a. con larghezza pari a quella della platea stessa, altezza 1,60 m e spessore 40 cm. Il muro è armato con barre orizzontali  $\phi 16/20$  su ambo i lati, barre verticali  $\phi 22/10$  sul lato interno e  $\phi 20/20$  sul lato esterno.

### **1.3 Inquadramento normativo**

Il calcolo delle strutture viene eseguito con riferimento al metodo degli stati limite, nel rispetto delle norme vigenti, in particolare il D. Min. Infrastrutture del 17/1/2018 “Aggiornamento delle norme Tecniche per le Costruzioni”.

Come tipo di intervento si tratterà di “Nuove costruzioni”, rientranti nelle tipologie del cap. 4 “Costruzioni civili ed industriali”, cap. 4.1 “Costruzioni in calcestruzzo” e cap. 4.2 “Costruzioni in acciaio”.

L’opera in progetto ha carattere provvisorio. Pertanto, il dimensionamento è stato eseguito nei confronti dei carichi statici senza valutazione dell’azione sismica.

Le altre normative di riferimento a cui ci si attiene nella realizzazione delle opere sono le seguenti:

- Legge 1086 del 05 Novembre 1971;

- Circolare C.S.LL.PP. n°7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 17/01/2018;

## **2 Caratterizzazione geotecnica**

### **2.1 Sondaggi geognostici**

Ai fini della caratterizzazione geotecnica del sito e quindi al dimensionamento delle opere strutturali del pozzo di spinta, la committenza ha fatto eseguire delle indagini geognostiche alla ditta Tecnosuolo. Tali indagini, concordate con lo scrivente, sono costituite da un sondaggio a carotaggio continuo esteso fino alla profondità di 15 m, e da 8 prove SPT in foro di sondaggio eseguite alla profondità di 3,0 – 4,5 – 6,0 – 7,5 – 9,0 – 10,5 – 13,5 – 15,0 m.

Di seguito si riportano i risultati del sondaggio con indicazione della tipologia di terreni riscontrati e risultati delle prove SPT:

Tecnosuolo s.r.l 27040 Casatisma (Pv) S.S MI-Ge n° 10 Tel. (0383) 891852					COMMITTENTE: ACQUA NOVARA VCO S.p.A.					SONDAGGIO				
INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE					LOCALITA': Via Pansa – NOVARA					N° S1				
					QUOTA INIZIO: p.c.					DATA 07.03.2023				
profondità vert. m.	profondità orizz. m.	stratigrafia	CAMPIONI		N°	DESCRIZIONE LITOLOGICA	k cm/s	P.P. Kg/cmq	schema piezometro	S.P.T.			NOTE	
0.00			tipo	prof. m.										
1.00						Ghiala eterometrica con sabbia								
						Argille e limi da debolmente a sabbiosi, colore da nocciola a marrone rossiccio				m 3.00-3.45	5	7	7	
										m 4.50-4.95	3	4	6	
5.10										m 6.00-6.45	4	6	8	
										m 7.50-7.95	4	7	7	
						Sabbie limose, localmente argillose, debolmente ghiaiose (con locale presenza di clasti alterati), colore marrone-rossiccio				m 9.00-9.45	3	4	4	
										m 10.50-10.95	3	5	5	
13.60										m 13.50-13.95	3	4	6	
14.20						Sabbia fine, debolmente limosa, colore marrone-rossiccio								
						Sabbia fine e media, debolmente limosa, di colore nocciola-grigiastro				m 15.00-15.45	8	14	18	
15.00														

Di seguito le foto delle cassette:



Cassetta n.1 da 0 a 5 m





Cassetta n.2 da 5 a 10 m



Cassetta n.3 da 10 a 15 m

## 2.2 Modello geotecnico di riferimento

Trattandosi di un'opera di sostegno, nella quale il dimensionamento viene eseguito relativamente alle spinte laterali del terreno, la profondità di sondaggio pari a 15 m ha consentito di indagare il volume significativo di terreno, e quindi di poter procedere all'analisi strutturale.

Sulla base dei risultati delle prove SPT, il geologo incaricato Dott. Marco Carmine, ha eseguito le necessarie elaborazioni che hanno portato ai seguenti valori corretti N1,60:

Litologia	Prof.	Nspt	CB	CS	CR	N60	media peso	Tensione totale	tensione efficace	CN	N160
	m		65-115	Mohan			t/mc	t/mq	Kg/cmq		
Limo sabbioso argilloso	3.00	14	1	0.75	0.75	8	1.71	5.13	0.51	1.32	10
Argilla sabbiosa	4.50	10	1	0.75	0.85	6	1.65	7.44	0.74	1.15	7
Sabbia limoso ghiaiosa	6.00	14	1	0.75	0.85	9	1.75	10.48	1.05	0.98	9
	7.50	14	1	0.75	0.95	10	1.78	13.37	1.34	0.90	9
	9.00	8	1	0.75	0.95	6	1.63	14.64	1.46	0.87	5
	10.50	10	1	0.75	1.00	8	1.70	17.81	1.78	0.79	6
Sabbia fine deb. Limosa	13.50	10	1	0.75	1.00	8	1.70	22.90	2.29	0.61	5
Sabbia fine e media	15.0	32	1	0.75	1.00	24	2.09	31.39	3.14	0.58	14

L'elaborazione delle suddette prove ha fornito i seguenti risultati:

Litologia	Prof. m	N160	$\gamma$ kN/mc	$\Phi' \text{ }^\circ$ Wolff	E kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>25</sub> kg/cm <sup>2</sup>	M kg/cm <sup>2</sup>
Limo sabbioso argilloso	3.00	10	16.8	30.2	66	51	95
Argilla sabbiosa	4.50	7	16.2	29.3	58	43	77
Sabbia limoso ghiaiosa	6.00	9	17.1	29.7	81	56	123
	7.50	9	17.5	29.7	85	61	135
	9.00	5	16.0	28.6	71	40	85
	10.50	6	16.6	28.9	77	49	107
Sabbia fine deb. Limosa	13.50	5	16.6	28.5	77	49	107
Sabbia fine e media	15.0	14	20.5	31.2	147	122	277

Sulla base di queste elaborazioni, è stata realizzata la seguente caratterizzazione geotecnica cautelativa, che viene condivisa e adottata dallo scrivente:

UNITÀ LITOTECNICA	Prof. m	Nspt medio	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\phi'_m$ Wolff	COV	$\phi'_k$ Wolff	E <sub>k</sub> kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>25</sub> kg/cm <sup>2</sup>	M <sub>k</sub> kg/cm <sup>2</sup>
Argilla e limo	1.0-5.1	9	17	29.7	10	26	62	47	86
Sabbia limoso ghiaiosa	5.1-14.2	7	17	29.1	12	26	78	51	111
sabbia	14.2-15.0	14	20	31.2	2	30	147	122	277

### 3 Materiali

Nel presente paragrafo vengono individuati i materiali strutturali previsti per l'intervento e fornite le caratteristiche tecniche.

La scelta dei materiali non è stata fatta sulla base di criteri di durabilità, trattandosi di opere provvisorie.

#### 3.1 Calcestruzzo

##### Calcestruzzo ordinario per getti in opera di trave di coronamento, platea di fondo e muro reggispinta

Classe di resistenza	: C 25/30
Classe di consistenza	: S <sub>4</sub> (semifluida, slump 16÷21)
Classe di esposizione	: XC2
Dosaggio indicativo	: 3.5 kN/mc di cemento <b>325</b>
Rapporto A/C	: 0.60 max
Inerti	: naturali o di frantumazione, con granulometria contenuta nei fusi granulometrici indicati dalle vigenti norme UNI, con dimensione max. inerte pari a 30 mm, resistenti al gelo.
Stagionatura	: garantita umida
Copriferro minimo	: 30 mm

##### Malta cementizia per micropali

Classe di resistenza	: C 25/30
Classe di consistenza	: S <sub>5</sub> (superfluida)
Classe di esposizione	: XC2
Dosaggio indicativo	: 4.5 kN/mc di cemento <b>425/325</b>
Rapporto A/C	: 0.50 – 0.60 max
Inerti	: sabbia lavata
Copriferro minimo	: 30 mm

#### 3.2 Acciaio

##### Acciai per cemento armato normale

Acciaio in barre ad aderenza migliorata, tipo **B450C**

Tensione caratteristica di snervamento	: $f_{y\ nom}$	$\geq 450.0$	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica a rottura	: $f_{t\ nom}$	$\geq 540.0$	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	: E	= 210000	N/mm <sup>2</sup>

##### Acciaio per carpenteria metallica e tubolari micropali

Profilati e piastrame	:	lamiere in acciaio <b>S 275</b>		
Tensione caratteristica di snervamento	:	$f_{yk}$	$\geq 275.0$	N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica rottura	:	$f_{tk}$	$\geq 430.0$	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	:	E	= 210000	N/mm <sup>2</sup>
Saldature	:	classe 1		



## 4 Azioni sulle strutture

Le strutture sono soggette a peso propri, carichi permanenti ed accidentali come da normativa che classifica le azioni secondo le seguenti tipologie:

- Permanenti (G): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale dell'opera
- Azioni della precompressione (P)
- Variabili (Q): azioni con valori istantanei che possono sensibilmente variare la loro intensità nel tempo e che possono essere di lunga o breve durata; tra questi troviamo la neve, il vento e la presenza delle persone, impianti
- Eccezionali (A): azioni che si verificano soltanto eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura, quali incendi, esplosioni ed urti
- Sismiche (E): azioni derivanti da sismi

Nel caso in oggetto sono presenti carichi permanenti e variabili descritti negli appositi capitoli:

- $g_1/g_2$  : Pesì propri strutturali e carichi permanenti
- $q_{k1}$  : Carichi variabili da traffico
- $q_{k2}$  : Carichi variabili per spinta microtunnelling

Per le spinte delle terre sono previste specifiche analisi, come riportato negli appositi capitoli.

Le azioni elencate sono combinate secondo le istruzioni ed i coefficienti di combinazioni indicati in normativa. Le combinazioni a stato limite ultimo SLU derivano da una combinazione fondamentale, nella quale si considerano predominanti, a turno, ciascuno dei carichi variabili presenti; l'azione accidentale predominante viene assunta interamente mentre le secondarie sono moltiplicate per il coefficiente riduttivo  $\psi_0$ ; tale combinazione presenta la seguente forma:

$$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_{Gi}G_i + \gamma_P P + \gamma_{Q1}Q_{k1} + \gamma_{Q2}\psi_{02}Q_{k2} + \gamma_{Qi}\psi_{0i}Q_{ki}$$

I coefficienti di combinazione  $\psi$  sono riportati in tabella 2.5.I della norma.

Le combinazioni a stato limite di esercizio SLE definite nelle seguenti forme:

Combinazione caratteristica (rara) :  $G_1 + G_2 + G_i + P + Q_{k1} + \psi_{02}Q_{k2} + \sum \psi_{0i}Q_{ki}$

Combinazione frequente :  $G_1 + G_2 + G_i + P + \psi_{11}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \sum \psi_{2i}Q_{ki}$

Combinazione quasi permanente :  $G_1 + G_2 + G_i + P + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \sum \psi_{2i}Q_{ki}$

Le combinazioni sismiche prevedono la combinazione degli effetti dell'azione sismica con le altre azioni mediante la seguente espressione:  $G_1 + G_2 + G_i + E + \sum \psi_{0i}Q_{ki}$

### 4.1 $g_1/g_2$ : Pesì propri strutturali e carichi permanenti

I pesì propri strutturali e permanenti sono stati valutati ed applicati alle singole strutture utilizzando le seguenti voci:

#### ***Pesì propri strutturali***

Calcestruzzo = 25.00 kN/m<sup>3</sup>

#### ***Carichi permanenti***

Peso proprio terreno = 17.00 kN/m<sup>3</sup>

Permanente macchinario di spinta = 40.00 kN su superficie 3,5 m x 2,0 m

## 4.2 qk1: Carichi variabili da traffico

Data la natura delle opere in esame si tratta in tutti i casi di carichi variabili di tipo industriale Categoria E2 (Tabella 3.1.II del DM 17-01-2018). Tale categoria prevede che i carichi siano valutati caso per caso, secondo la specificità dell'opera. Nel dettaglio sono state considerate:

- Azioni variabili dovute al traffico veicolare: è stato considerato cautelativamente un carico distribuito, su tutto il perimetro del pozzo di spinta e per una larghezza di 3 metri, pari a 20 kN/m<sup>2</sup>.

## 4.3 qk2: Carichi variabili per spinta microtunnelling

Il carico variabile che verrà applicato al muro reggispinga posteriore, è stato richiesto alla ditta che eseguirà la spinta, la quale ha comunicato un valore di sicurezza di 100 ton.

Sulla base di questo dato è stato previsto un valore di carico distribuito sul muro reggispinga pari a 180 kN/mq.

## 4.4 Spinte delle terre

Le spinte dei terreni sono valutate in modo diverso nel caso di spinte su paramenti liberi di traslare e ruotare o non liberi, ma per la definizione dei parametri di calcolo va inquadrata la modalità di calcolo in entrambi i casi. Nel caso di spinte su paramenti liberi di traslare e ruotare, le spinte statiche dei terreni sono calcolate con le comuni relazioni di Coulomb o Rankine; in assenza di falda, posto:

$\phi'd$	=	valore di progetto dell'angolo di resistenza a taglio del terreno
$\delta d$	=	valore di progetto dell'angolo di attrito terreno-paramento
$\psi$	=	angolo di inclinazione del paramento rispetto all'orizzontale (muro verticale $\psi = 90^\circ$ )
$\beta$	=	angolo di inclinazione della superficie del terreno

risultano le seguenti relazioni:

*Coulomb*

$$K_{att} = \frac{\sin^2(\phi'd + \psi)}{\sin^2(\psi) \cdot \sin(\psi - \delta d) \cdot [1 + v(\sin(\phi'd + \delta d) \cdot \sin(\phi'd - \beta) / \sin(\phi'd - \delta d) / \sin(\phi'd + \beta))]}$$

*Rankine*

$$K_{att} = \frac{1 - \sin(\phi'd)}{1 + \sin(\psi)} \cdot (1 + \sin(\beta))$$

Sempre in via cautelativa e con riferimento alla bibliografia in materia, la spinta complessiva così calcolata viene suddivisa tra una spinta statica con andamento triangolare e risultante posta ad un terzo dell'altezza ed una spinta sismica con andamento uniforme e risultante posta a metà dell'altezza.

Nel caso di spinte su paramenti **NON liberi di traslare e ruotare**, quali pareti di edifici o elementi comunque rigidamente vincolati in testa o al piede, le spinte statiche dei terreni sono calcolate con riferimento alla spinta a riposo dei terreni, mediante la relazione:

$$K_0 = (1 - \sin(\phi'_d)) * (1 + \sin(\beta)) * Ocr^{0,5}$$

dove  $Ocr$  è il grado di eventuale sovra consolidamento del terreno.

In presenza d'acqua nel terreno, e specificata la quota di falda rispetto all'altezza del paramento, si modifica la modalità di calcolo delle spinte.

Riguardo alle azioni statiche, per la parte del terrapieno sopra la falda acquifera la spinta si calcola come visto precedentemente, mentre per la parte di terreno interessata dalla falda occorre calcolare la spinta del terreno utilizzando come peso del terreno il valore di peso specifico  $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$ , essendo  $\gamma_{sat}$  il peso specifico del terreno sommerso e  $\gamma_w$  il peso specifico dell'acqua; alla spinta del terreno va poi aggiunta l'ordinaria pressione idrostatica dell'acqua  $\sigma_w = \gamma_w \cdot z_w$ , essendo  $z_w$  l'altezza dell'acqua di falda.

Per rendere applicabile ai modelli di calcolo l'insieme di tutte le azioni di spinta indicate, si adottano degli andamenti delle pressioni comunque cautelativi e riferiti alla bibliografia esistente in materia, ma ricondotti a diagrammi triangolari o trapezi e diagrammi uniformi.

Nel caso di assenza di falda, la spinta dei terreni statica e sismica viene quindi ricondotta ad una spinta statica  $p_{stat}$  con andamento triangolare e risultante posta ad un terzo dell'altezza ed una spinta sismica  $p_{sism}$  con andamento uniforme e risultante posta a metà dell'altezza.

In presenza di falda posta a quota intermedia rispetto all'altezza del paramento, la spinta statica dei terreni  $p_{stat}$  avrà andamento triangolare fino alla quota dell'acqua e trapezio al di sotto di questa; la spinta sismica  $p_{sism}$  viene ricondotta ad andamento uniforme sull'altezza e risultante posta a metà dell'altezza; le azioni di spinta dell'acqua  $p_w$  sono applicate con andamento triangolare sia per componente statica sia per quella dinamica  $p_{wd}$ , in questo secondo caso venendo ad assumere un'azione cautelativamente distribuita più in alto rispetto al teorico.

Nel caso in oggetto le pareti contro terra sono tutte collegate tra di loro ed hanno un comportamento scatolare, quindi sono molto rigide e possiamo considerare dei paramenti **NON liberi di traslare e ruotare**; Durante il sondaggio non è stata incontrata la falda per tutta l'altezza di 15 m e quindi la spinta delle terre viene calcolata in **assenza di falda**.

È inoltre presente la spinta per sovraccarichi sul terrapieno; questa ha valore costante sull'altezza di tutti i paramenti, con valore  $p_q = k_0 * q$ , essendo  $q$  pari a 20.0 kN/mq.

I calcoli relativi alle spinte del terreno sono stati eseguite adottando i parametri definiti nel paragrafo di inquadramento geotecnico.

Si riporta il calcolo della spinta del terreno relativa alla profondità di scavo, pari a 4,90 m da p.c.

**Azioni di spinta terreno, statiche e sismiche,  
per paramenti rigidi che non sviluppano spinte attive, in assenza di falda**

**Caratteristiche di terreno, pendio e paramento**

H =	4,90	altezza paramento
q =	20,00 kN/m <sup>2</sup>	sovraccarico sul terreno
γ =	17,0 kN/mc	peso terreno in sito
γ <sub>m</sub> =	1	coeff. parziale di resistenza parametri geotecnici
O <sub>cr</sub> =	1	Terreni normalconsolidati
φ' =	26,0 °	angolo resistenza a taglio del terreno
φ' <sub>d</sub> =	26,0 °	angolo di calcolo resistenza a taglio terreno
β =	0 °	angolo inclinazione terrapieno
K <sub>0</sub> =	0,562	coeff. spinta a riposo statica, $K_0 = (1 - \tan(\phi')) \cdot (1 + \tan(\beta)) \cdot O_{cr}^{0.5}$

**Caratteristiche sismiche del sito**

a <sub>g(g)</sub> =	0,000	accelerazione del sito
F <sub>0</sub> =	0,000	fattore amplificazione
T <sub>C</sub> =	0,000 s	periodo T <sub>C</sub>
Tipo =	C	categoria sottosuolo
S <sub>T</sub> =	1,00	coeff. amplificazione topografica
S <sub>S</sub> =	1,50	coeff. amplificazione stratigrafica

**Parametri di calcolo secondo UNI EN 1998-5**

**Eurocodice 8, parte 5, punto 7, appendice E.9**

S =	1,50	S = S <sub>T</sub> · S <sub>S</sub> coeff. ampl. stratigrafica secondo NTC 2008
S =	1,50	coeff. ampl. strat. EN 1998-1:2004 punto 3.2.2.2, Type 2
S =	1,50	coeff. ampl. stratigrafica assunto nei calcoli

**Azioni di calcolo sul paramento**

Si assume l'azione complessiva E<sub>d</sub> calcolata secondo UNI EN 1998-5, appendice E.9, suddivisa in una azione statica E<sub>stat</sub> con andamento triangolare e risultante applicata ad h/3 ed un'azione sismica E<sub>sism</sub> con andamento uniforme applicata ad h/2

E <sub>stat</sub> =	114,62 kN	$E_{stat} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot K_0 \cdot H^2$
E <sub>sism</sub> =	0,00 kN	$E_{sism} = \Delta P_d = a_{g(g)} \cdot S \cdot \gamma \cdot H^2$
E <sub>d</sub> =	114,62 kN	$E_d = E_{stat} + E_{sism}$

**Pressioni sul paramento**

p <sub>stat</sub> =	46,78 kN/m <sup>2</sup>	pressione statica terreno con andamento triangolare, applicazione H/3
p <sub>sism</sub> =	0,00 kN/m <sup>2</sup>	pressione sismica terreno con andamento uniforme, applicazione H/2
p <sub>q</sub> =	11,23 kN/m <sup>2</sup>	pressione per sovraccarico con andamento uniforme, applicazione H/2

## 5 Calcolo e verifica delle strutture

Per il calcolo del pozzo di spinta sono stati elaborati dei modelli di calcolo agli elementi finiti con appositi software di calcolo automatico, che hanno consentito di valutare il reale comportamento strutturale delle opere sotto i carichi di progetto.

In particolare, i modelli predisposti sono i seguenti:

- Modello di calcolo 3D Fem della platea e del muro reggispinta, elaborato con il software MIDAS GEN, nel quale gli elementi strutturali sono stati modellati come elementi bidimensionali e i carichi attribuiti come pressioni distribuite. La modellazione del terreno è stata ottenuta come suolo alla winkler. Con questo modello sono state eseguite le verifiche di sicurezza degli elementi strutturali in esso inseriti.
- Modello di calcolo 3D Fem della berlinese, con cordolo sommitale e centina, elaborato con il software MIDAS GEN, nel quale gli elementi strutturali sono stati modellati come elementi beam ed i carichi dovuti alla spinta delle terre e attribuiti come carichi distribuiti lineari. All'interno del modello, dalla profondità di incastro con il terreno in giù, sono state inserite delle molle lineari a simulare la resistenza della spinta passiva del terreno. Il modello è servito anche a valutare deformazioni e sollecitazioni sommitali necessarie a tarare il modello di Paratie Plus che viene descritto al punto seguente.
- Modello di calcolo bidimensionale non lineare, elaborato con software Paratie Plus, nel quale sono stati inseriti i vincoli in corrispondenza del cordolo sommitale e della centina. Le rigidezze rotazionali e traslazionali dei vincoli sono state assunte sulla base delle deformazioni e dei momenti in testa ai pali ricavati dal modello 3D Fem.

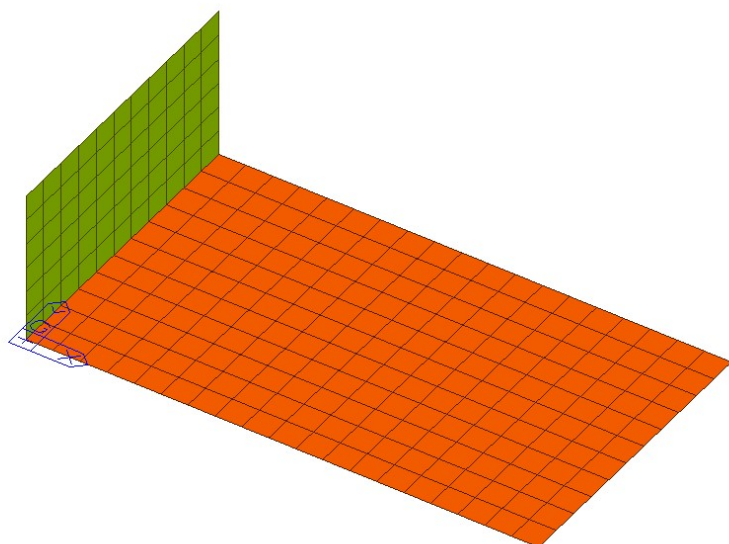
### 5.1 Calcolo della platea e del muro reggispinta

#### 5.1.1 Modello di calcolo

Il modello realizzato con Midas prevede elementi bidimensionali di tipo Plate. Gli spessori adottati sono:

- 40 cm per la parete reggispinta;
- 30 cm per la platea di appoggio del macchinario.

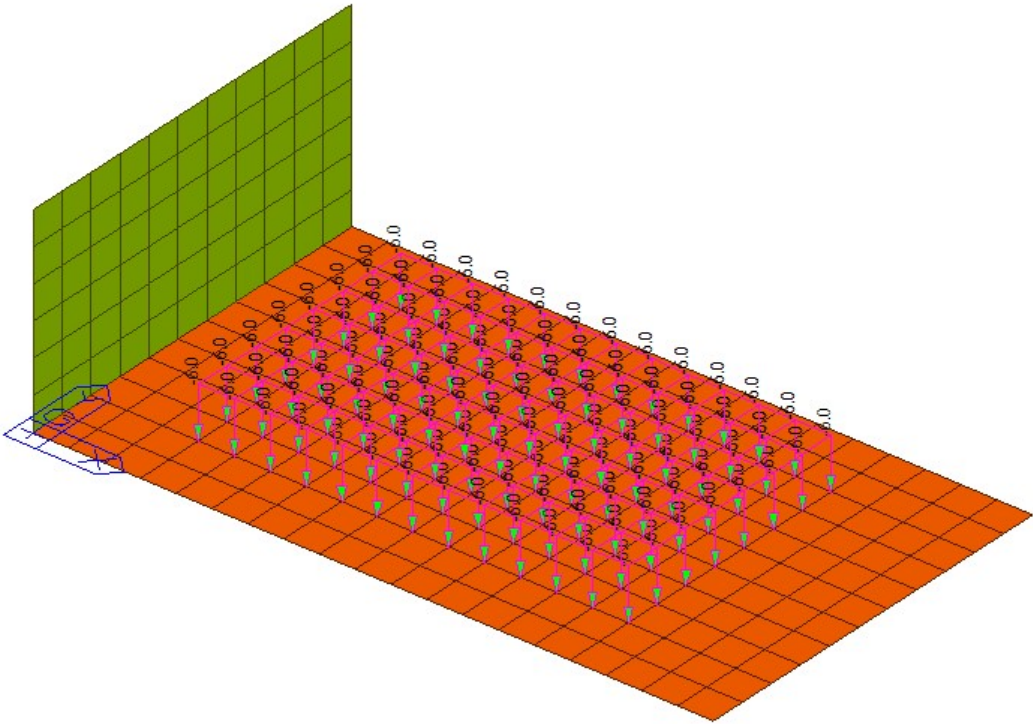
Nell'immagine seguente viene riportato il modello di calcolo agli elementi finiti.



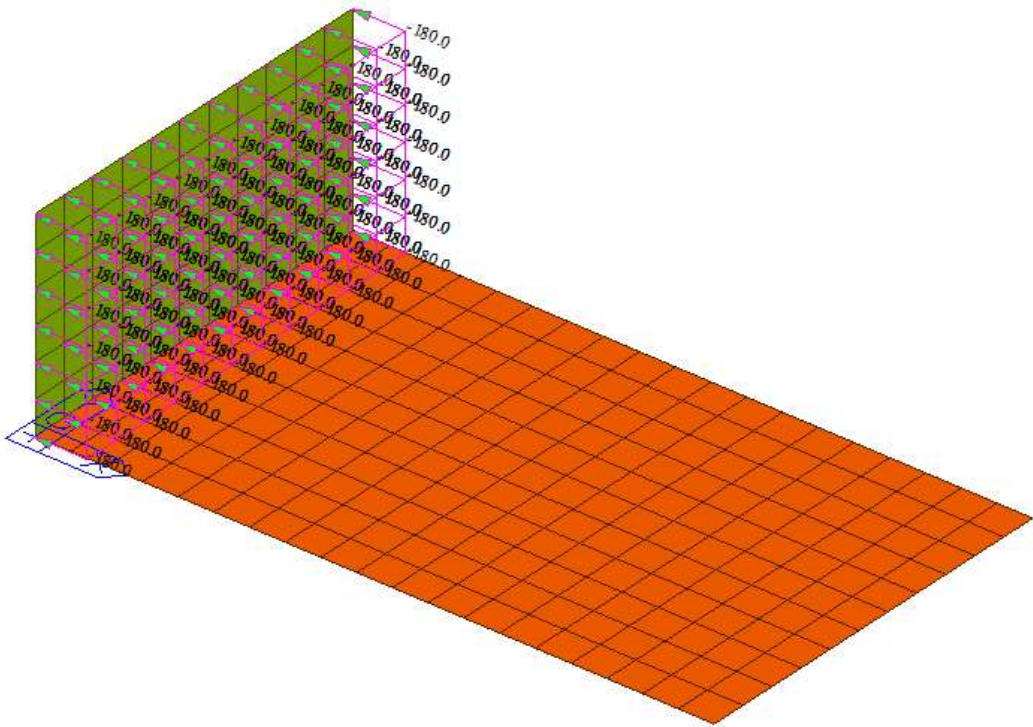


5.1.2 Attribuzione dei carichi

Di seguito vengono riportate le attribuzioni dei carichi al modello di calcolo:



Attribuzione carico permanente macchina di spinta PM [kN/mq]



Attribuzione carico variabile spinta microtunnelling SM [kN/mq]

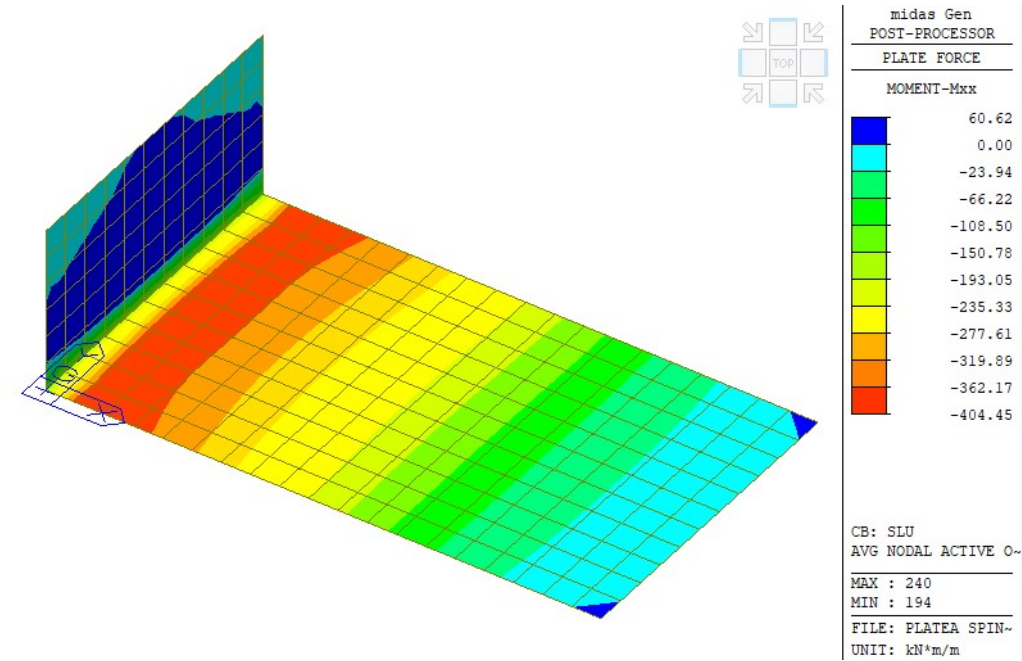
5.1.3 Combinazioni dei carichi

Di seguito vengono riportate le combinazioni dei carichi adottate:

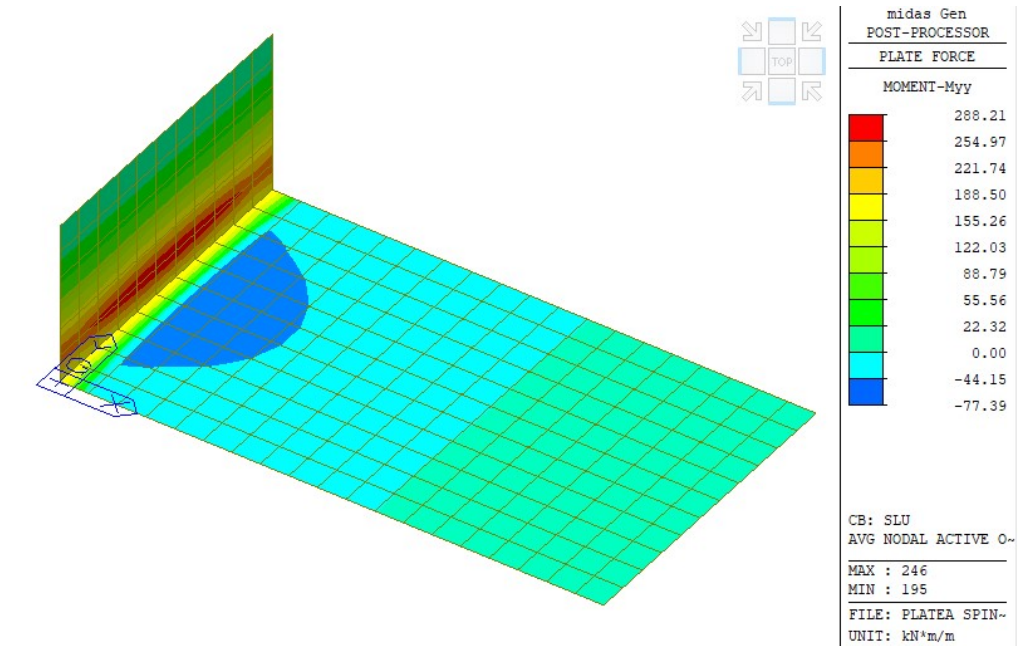
No	Name	Active	Type	DL(ST)	PM(ST)	SM(ST)
1	SLE	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000
2	SLU	Active	Add	1.3000	1.3000	1.5000

5.1.4 Sollecitazioni

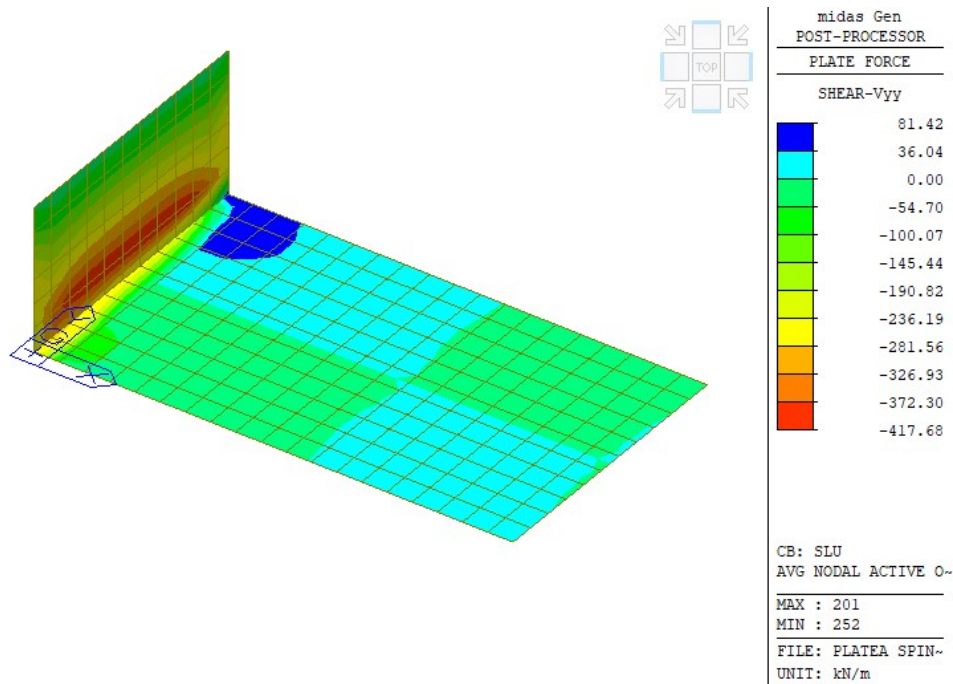
Le principali sollecitazioni ottenute dall’analisi strutturale sono le seguenti:



Momento membranale Mxx SLU



Momento membranale Myy SLU



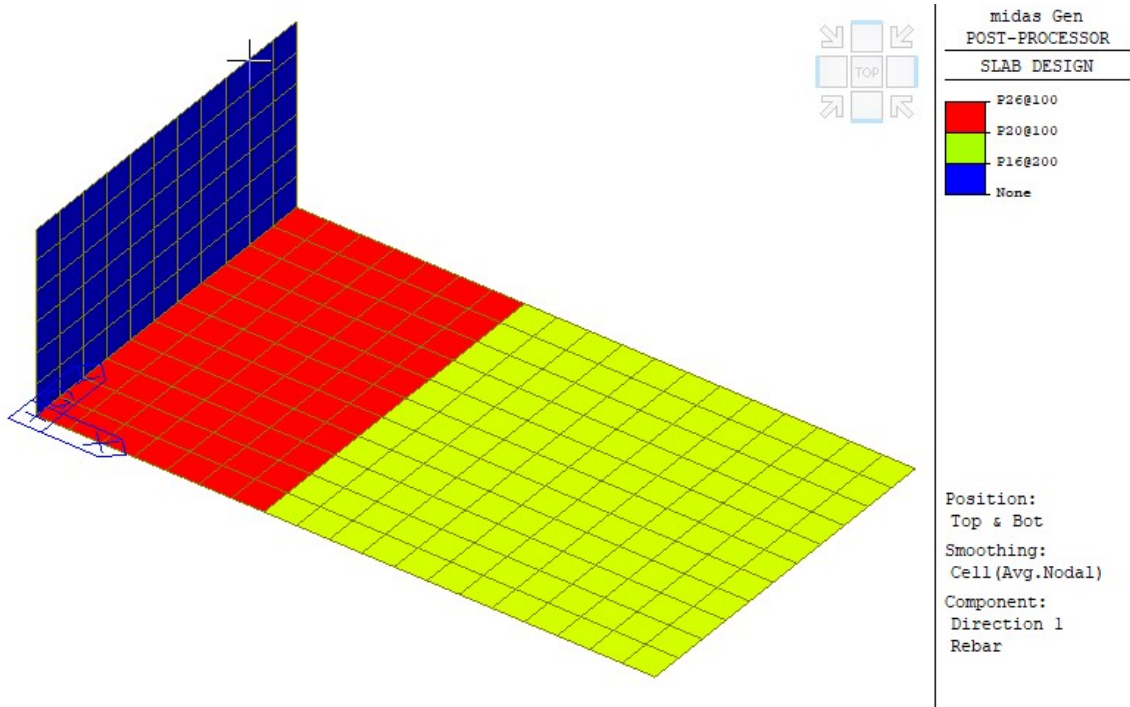
Sfuerzo di taglio Fy SLU

5.1.5 Armature degli elementi

Sulla base delle verifiche svolte, per gli spessori degli elementi strutturali riportati ai punti precedenti, sono risultate necessarie le seguenti armature:

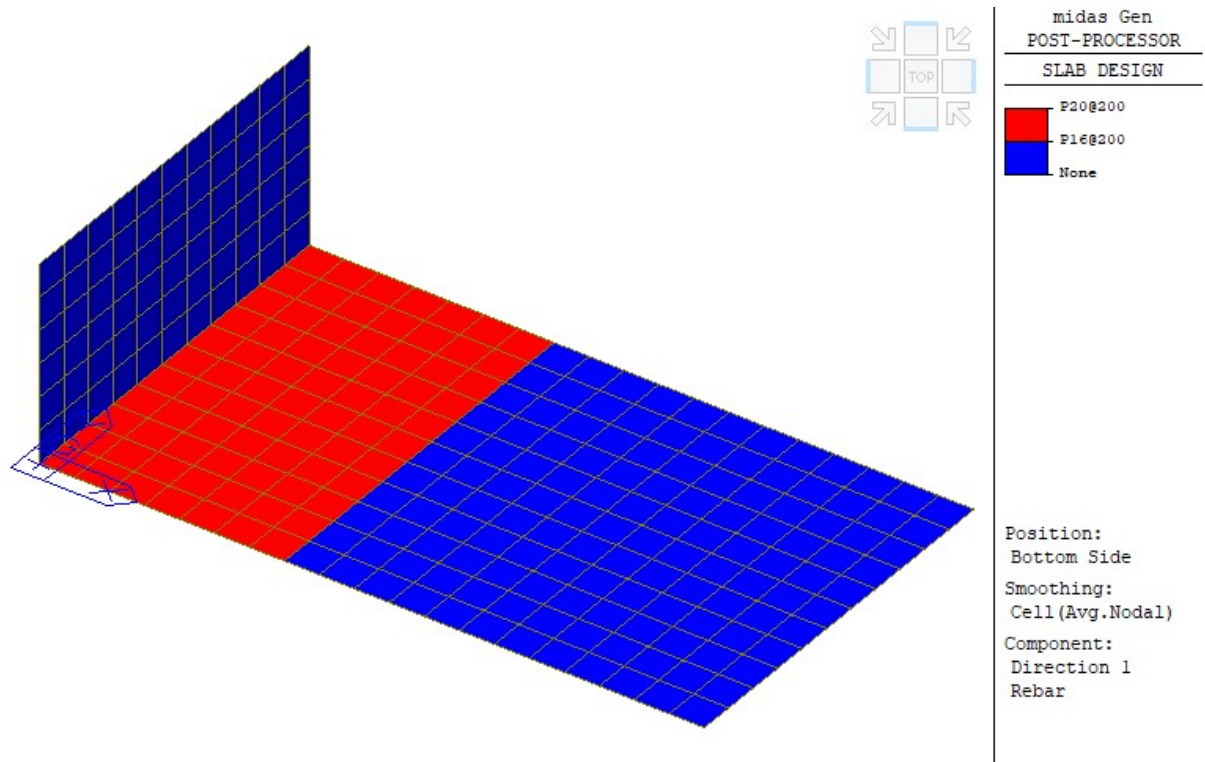
- Platea Sp.30 cm: superiori  $\phi 26/10$  e  $\phi 20/10$  longitudinali e  $\phi 16/20$  trasversali; inferiori  $\phi 20/20$  e  $\phi 16/20$  longitudinali e  $\phi 16/20$  trasversali;
- Pareti Sp.40 cm:  $\phi 16/20$  ambo i lati ed entrambe le direzioni; orizzontali  $\phi 16/20$  anteriori e posteriori; verticali  $\phi 22/10$  anteriori e  $\phi 20/20$  posteriori;

Le armature degli elementi strutturali principali sono le seguenti, riportate in forma grafica:

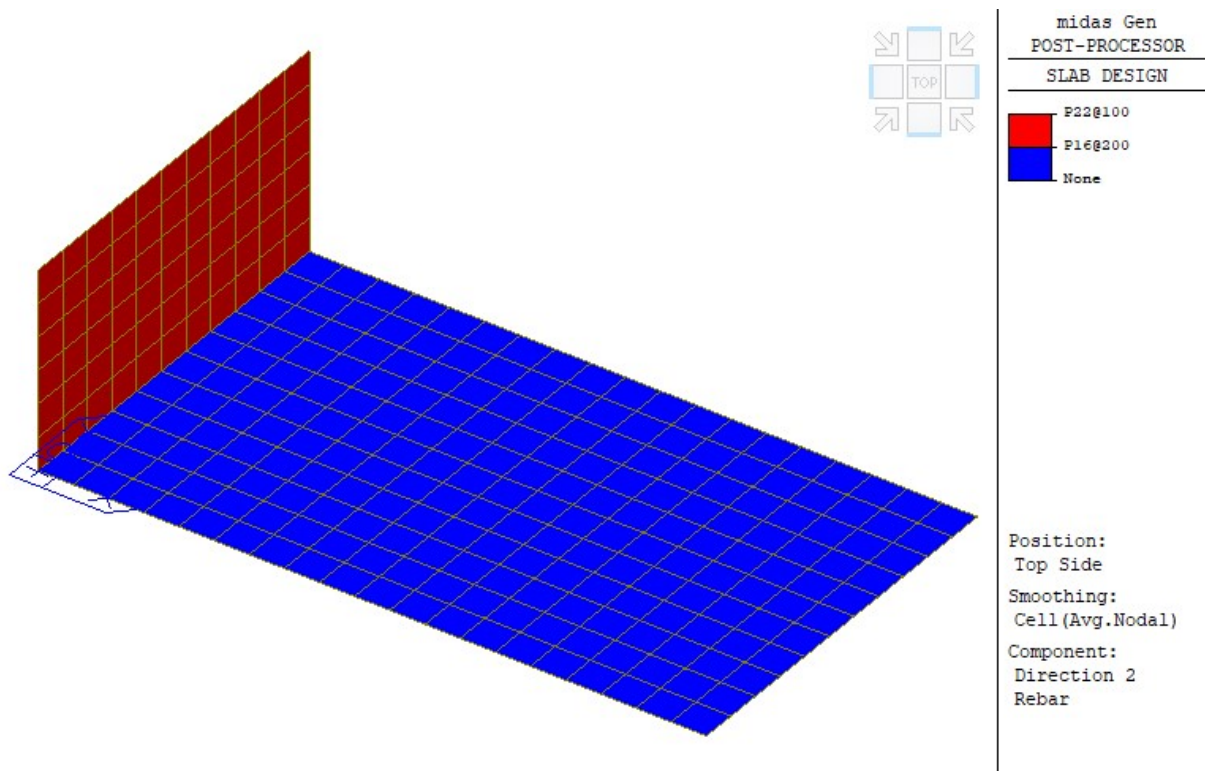


Armature direzione longitudinale platea superiori e orizzontale muro posteriori

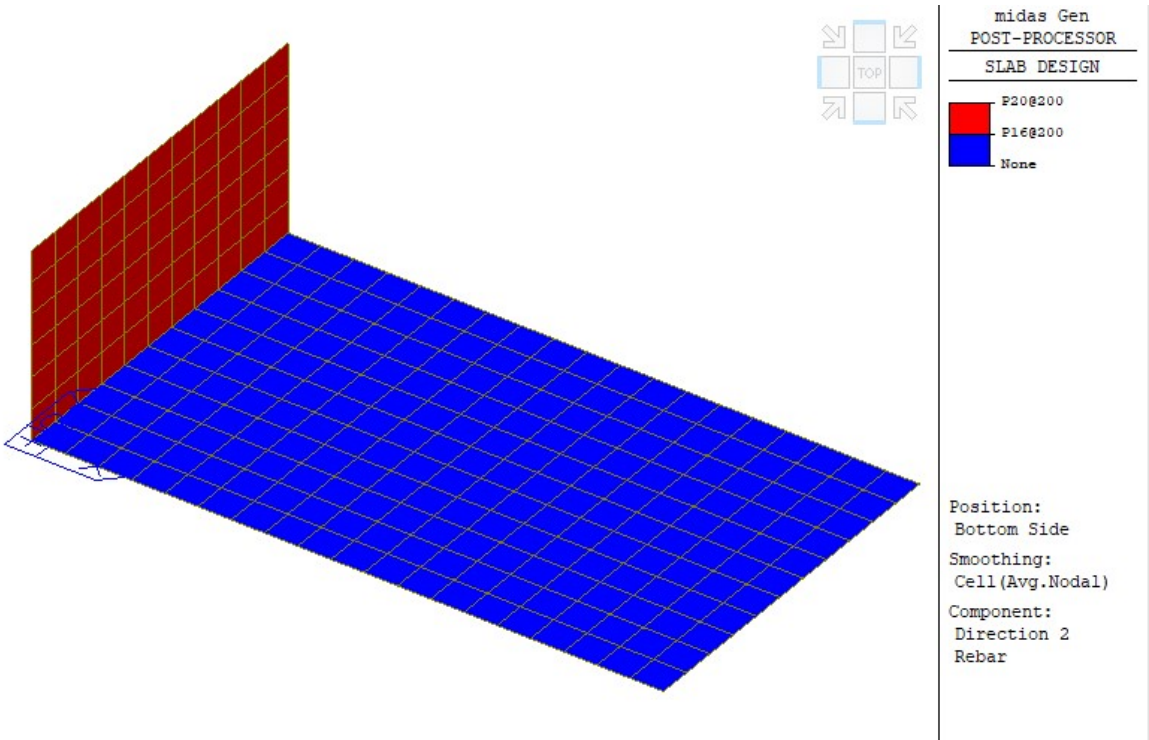




Armature direzione longitudinale platea inferiori e orizzontale muro anteriori



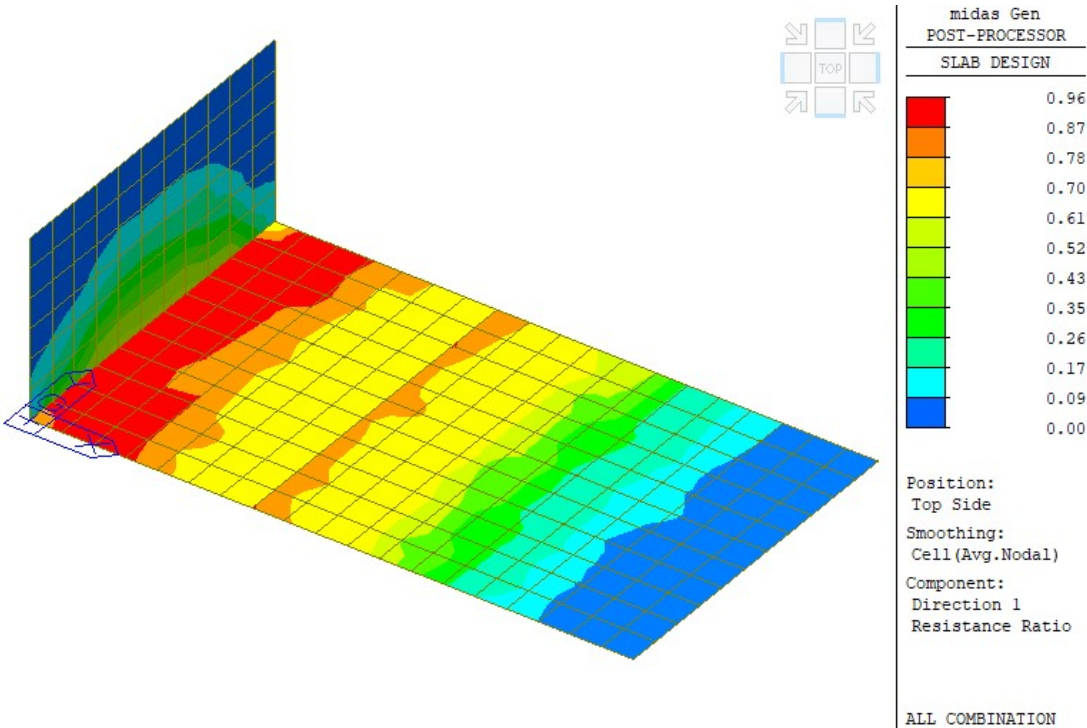
Armature direzione trasversale platea superiori e verticali muro anteriori



Armature direzione trasversale platea inferiori e verticali muro posteriori

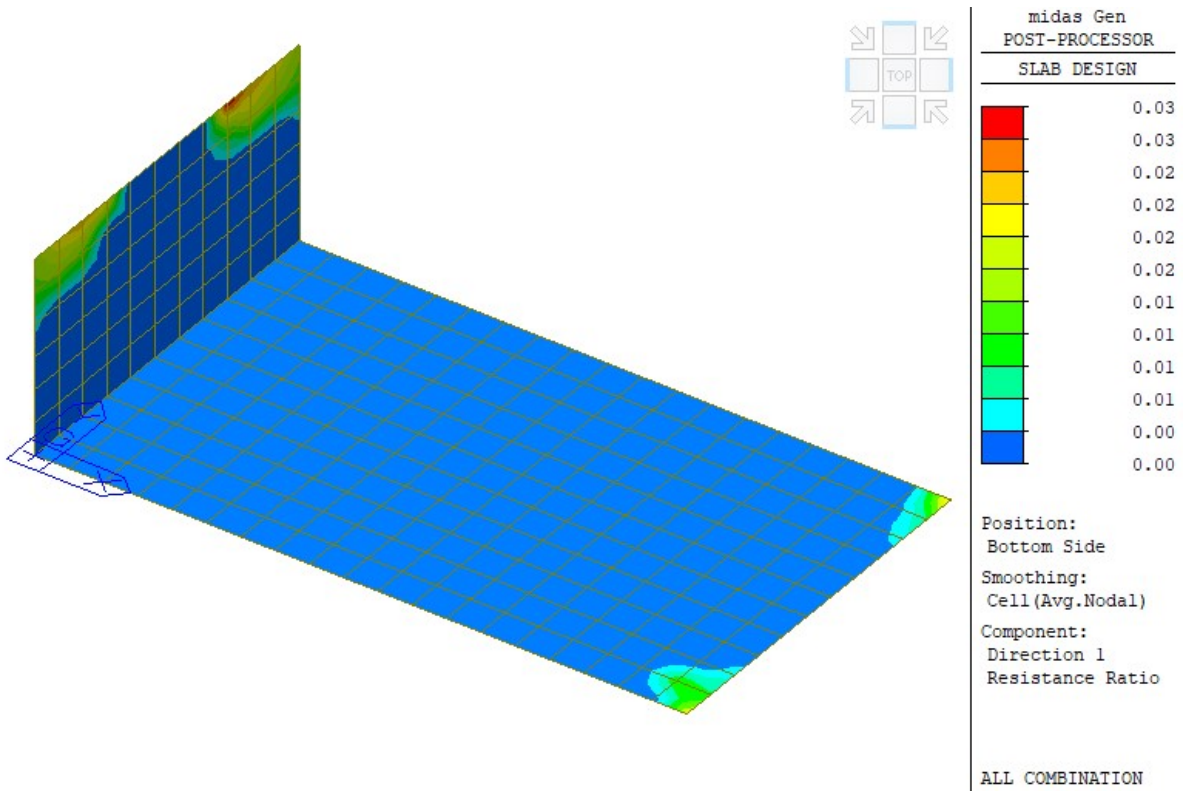
5.1.6 Verifiche di sicurezza SLU grafiche

Per quanto riguarda le verifiche di sicurezza, effettuate sulla base degli spessori strutturali indicati e delle armature previste, si riportano di seguito, in forma grafica, i principali indici di resistenza degli elementi. Tutti i valori degli indici di resistenza sono inferiori all’unità pertanto le verifiche sono soddisfatte.

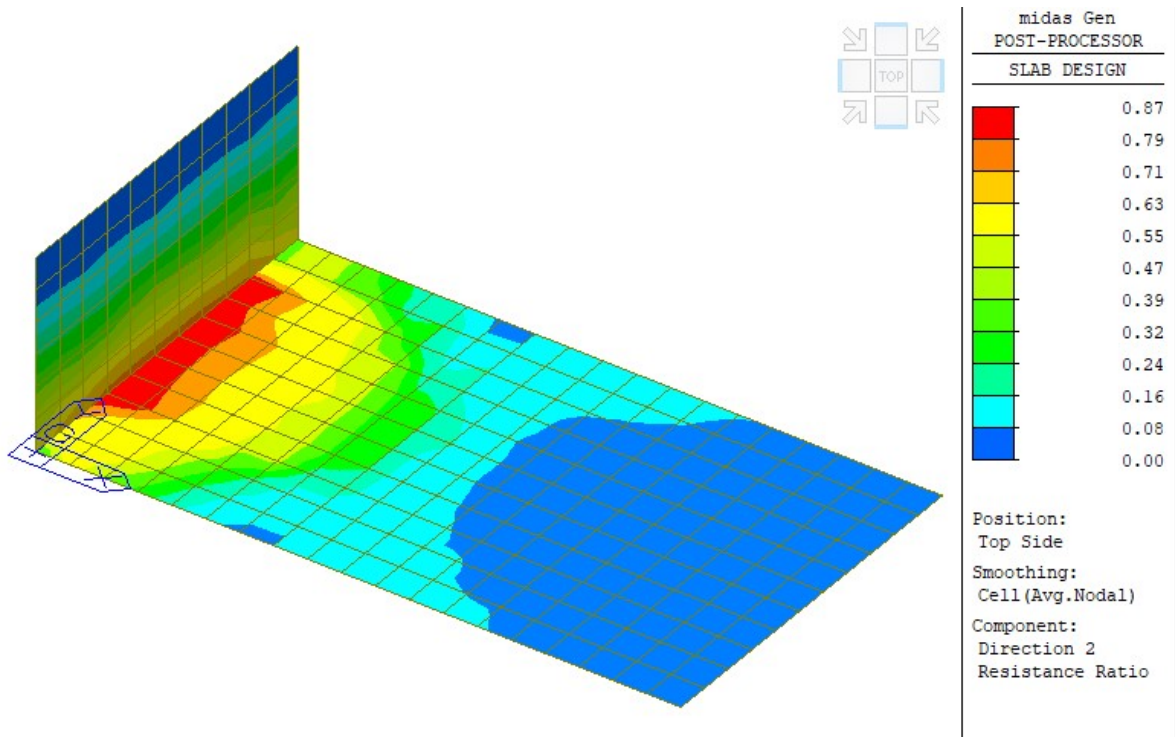


Indici di resistenza a flessione - direzione longitudinale platea superiori e orizzontale muro posteriori

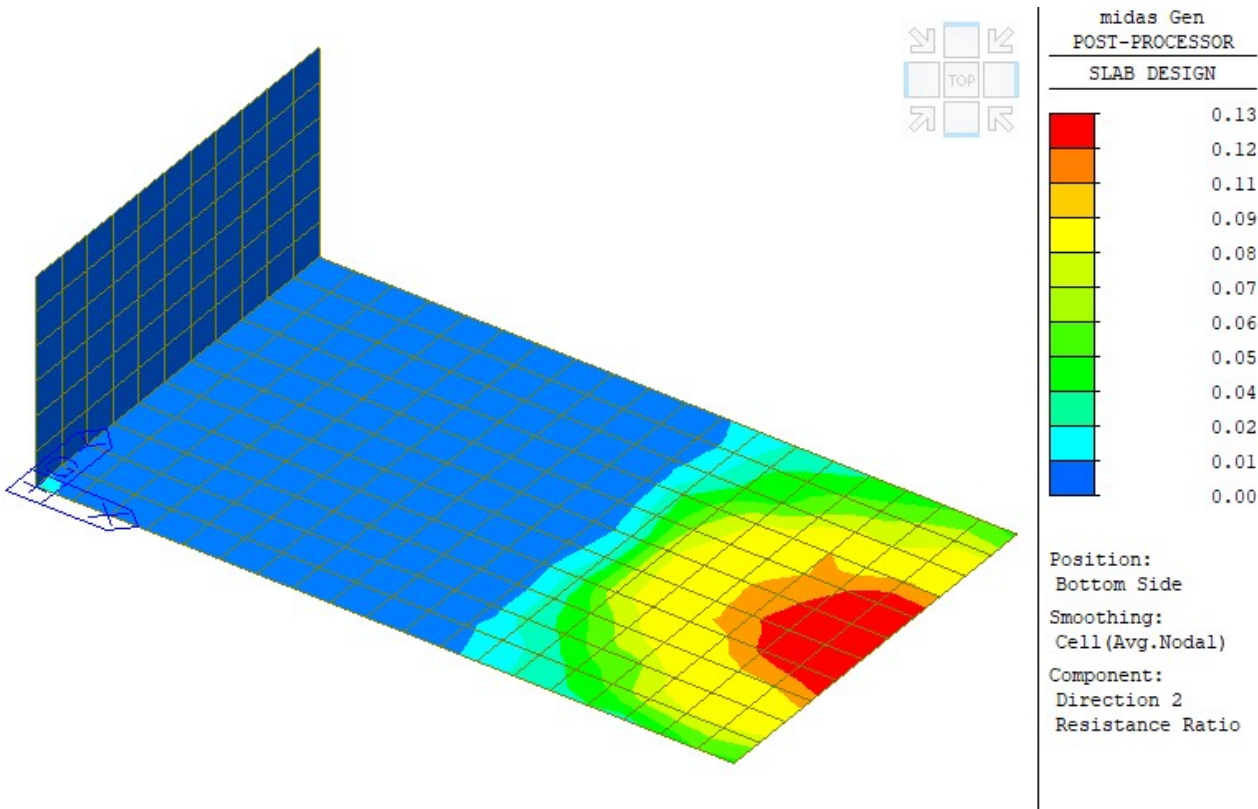




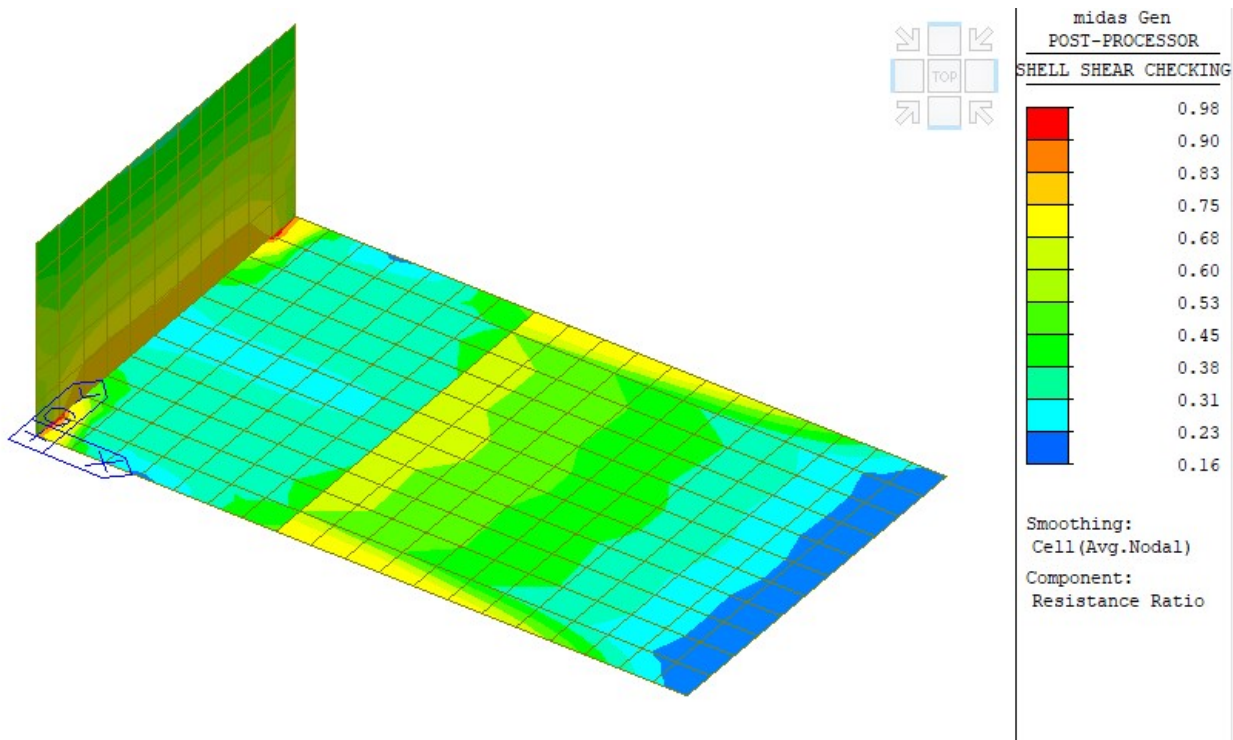
Indici di resistenza a flessione - direzione longitudinale platea inferiori e orizzontale muro anteriori



Indici di resistenza a flessione - direzione trasversale platea superiori e verticali muro anteriori



Indici di resistenza a flessione - direzione trasversale platea inferiori e verticali muro posteriori



Indici di resistenza a taglio

### 5.1.7 Verifiche di sicurezza SLU analitiche

midas Gen - RC-Slab Flexural Design [ Eurocode2:04 & NTC2018 ] Gen 2023

[[[\*]]] SLAB DESIGN MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 1-Platea, Dir 1.

Thk	Elem	POS	AsReq	AsUse	M_Ed( LCB)	M_Rd	Rat	CHK
0.3000	3	BOT	0.0005	0.0010	1.91805( 2)	101.143	0.019	OK
	126	TOP	0.0027	0.0031	254.191( 2)	289.170	0.879	OK

<< BOTTOM >>

-. Information of Parameters.

Elem No. : 3  
Node No. : 3  
Thickness : 0.3000 m.  
Materials : fck = 32000.0000 KPa.  
fcd = 18133.3333 KPa.  
fyk = 450000.0000 KPa.  
Covering : dB = 0.0300 m.  
dT = 0.0300 m.  
LCB No. : 2

-. Information of Design.

b = 0.0010 m. (by Code Unit Length).  
d = 0.2700 m.  
lambda = 0.800  
a = lambda \* x = 0.022 m.  
eta = 1.000  
Cc = eta\*fcd\*b\*a = 0.3901 kN.  
M\_Rd = Cc\*(d-a/2) = 101.1433 kN-m./m.

-. Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P16 @200  
As\_req = 0.0005 m^2/m. ( 0.0005 m^2/m.)  
M\_Ed = 1.9181 kN-m./m.  
M\_Rd = 101.1433 kN-m./m.  
RatM = M\_Ed / M\_Rd = 0.019 < 1.0 ---> O.K !

-. Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

x/d = 0.047  
Limit(x/d) = 0.450 ( fck <= 50 MPa.)  
x/d ratio = 0.047/ 0.450 = 0.105 ---> O.K

<< TOP >>

-. Information of Parameters.

Elem No. : 126  
Node No. : 178  
Thickness : 0.3000 m.  
Materials : fck = 32000.0000 KPa.  
fcd = 18133.3333 KPa.  
fyk = 450000.0000 KPa.  
Covering : dB = 0.0300 m.

dT = 0.0300 m.  
LCB No. : 2

-. Information of Design.

b = 0.0010 m. (by Code Unit Length).  
d = 0.2700 m.  
lambda = 0.800  
a = lambda \* x = 0.068 m.  
eta = 1.000  
Cc = eta\*fcd\*b\*a = 1.2240 kN.  
M\_Rd = Cc\*(d-a/2) = 289.1700 kN-m./m.

-. Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P20 @100  
As\_req = 0.0027 m^2/m. ( 0.0027 m^2/m.)  
M\_Ed = 254.1909 kN-m./m.  
M\_Rd = 289.1700 kN-m./m.  
RatM = M\_Ed / M\_Rd = 0.879 < 1.0 ---> O.K !

-. Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

x/d = 0.267  
Limit(x/d) = 0.450 ( fck <= 50 MPa.)  
x/d ratio = 0.267/ 0.450 = 0.593 ---> O.K

=====  
[[[\*]]] SLAB DESIGN MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 1-Parete, Dir 1.  
=====

-----  
Thk Elem POS AsReq AsUse | M\_Ed( LCB) M\_Rd Rat CHK  
-----  
0.4000 260 BOT 0.0006 0.0010 | 4.22588( 2) 141.195 0.030 OK  
259 TOP 0.0006 0.0010 | 78.5041( 2) 141.195 0.556 OK  
-----

<< BOTTOM >>

-. Information of Parameters.

Elem No. : 260  
Node No. : 272  
Thickness : 0.4000 m.  
Materials : fck = 32000.0000 KPa.  
fcd = 18133.3333 KPa.  
fyk = 450000.0000 KPa.  
Covering : dB = 0.0300 m.  
dT = 0.0300 m.  
LCB No. : 2

-. Information of Design.

b = 0.0010 m. (by Code Unit Length).  
d = 0.3700 m.  
lambda = 0.800  
a = lambda \* x = 0.022 m.  
eta = 1.000  
Cc = eta\*fcd\*b\*a = 0.3931 kN.  
M\_Rd = Cc\*(d-a/2) = 141.1948 kN-m./m.

-. Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P16 @200  
As\_req = 0.0006 m^2/m. ( 0.0006 m^2/m.)  
M\_Ed = 4.2259 kN-m./m.

$M_{Rd} = 141.1948 \text{ kN-m./m.}$   
 $RatM = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.030 < 1.0 \rightarrow \text{O.K. !}$

-. Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

$x/d = 0.047$   
 $\text{Limit}(x/d) = 0.450 \text{ ( fck } \leq 50 \text{ MPa.)}$   
 $x/d \text{ ratio} = 0.047 / 0.450 = 0.105 \rightarrow \text{O.K}$

<< TOP >>

-. Information of Parameters.

Elem No. : 259  
Node No. : 60  
Thickness : 0.4000 m.  
Materials : fck = 32000.0000 KPa.  
fcd = 18133.3333 KPa.  
fyk = 450000.0000 KPa.  
Covering : dB = 0.0300 m.  
dT = 0.0300 m.  
LCB No. : 2

-. Information of Design.

b = 0.0010 m. (by Code Unit Length).  
d = 0.3700 m.  
lambda = 0.800  
a = lambda \* x = 0.022 m.  
eta = 1.000  
Cc = eta \* fcd \* b \* a = 0.3931 kN.  
 $M_{Rd} = Cc * (d - a/2) = 141.1948 \text{ kN-m./m.}$

-. Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P16 @200  
As\_req = 0.0006 m<sup>2</sup>/m. ( 0.0006 m<sup>2</sup>/m.)  
M\_Ed = 78.5041 kN-m./m.  
M\_Rd = 141.1948 kN-m./m.  
 $RatM = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.556 < 1.0 \rightarrow \text{O.K. !}$

-. Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

$x/d = 0.047$   
 $\text{Limit}(x/d) = 0.450 \text{ ( fck } \leq 50 \text{ MPa.)}$   
 $x/d \text{ ratio} = 0.047 / 0.450 = 0.105 \rightarrow \text{O.K}$

=====  
[[[\*]]] SLAB DESIGN MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 1-Platea Rinf, Dir 1.  
=====

Thk	Elem	POS	AsReq	AsUse	M_Ed( LCB)	M_Rd	Rat	CHK
0.3000	211	BOT	0.0005	0.0016	0.00000( 2)	154.912	0.000	OK
	208	TOP	0.0044	0.0053	420.772( 2)	440.048	0.956	OK

<< BOTTOM >>

-. Information of Parameters.

Elem No. : 211  
Node No. : 8  
Thickness : 0.3000 m.  
  
Materials : fck = 32000.0000 KPa.



$f_{cd} = 18133.3333 \text{ KPa.}$   
 $f_{yk} = 450000.0000 \text{ KPa.}$   
Covering :  $d_B = 0.0300 \text{ m.}$   
 $d_T = 0.0300 \text{ m.}$   
LCB No. : 2

-. Information of Design.

$b = 0.0010 \text{ m. (by Code Unit Length).}$   
 $d = 0.2700 \text{ m.}$   
 $\lambda = 0.800$   
 $a = \lambda * x = 0.034 \text{ m.}$   
 $\eta = 1.000$   
 $C_c = \eta * f_{cd} * b * a = 0.6120 \text{ kN.}$   
 $M_{Rd} = C_c * (d - a/2) = 154.9125 \text{ kN-m./m.}$

-. Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P20 @200  
 $A_{s\_req} = 0.0005 \text{ m}^2/\text{m. ( } 0.0005 \text{ m}^2/\text{m.)}$   
 $M_{Ed} = 0.0000 \text{ kN-m./m.}$   
 $M_{Rd} = 154.9125 \text{ kN-m./m.}$   
 $RatM = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.000 < 1.0 \text{ ---> O.K !}$

-. Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

$x/d = 0.047$   
 $Limit(x/d) = 0.450 \text{ ( } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa.)}$   
 $x/d \text{ ratio} = 0.047 / 0.450 = 0.105 \text{ ---> O.K}$

<< TOP >>

-. Information of Parameters.

Elem No. : 208  
Node No. : 63  
Thickness : 0.3000 m.  
Materials :  $f_{ck} = 32000.0000 \text{ KPa.}$   
 $f_{cd} = 18133.3333 \text{ KPa.}$   
 $f_{yk} = 450000.0000 \text{ KPa.}$   
Covering :  $d_B = 0.0300 \text{ m.}$   
 $d_T = 0.0300 \text{ m.}$   
LCB No. : 2

-. Information of Design.

$b = 0.0010 \text{ m. (by Code Unit Length).}$   
 $d = 0.2700 \text{ m.}$   
 $\lambda = 0.800$   
 $a = \lambda * x = 0.114 \text{ m.}$   
 $\eta = 1.000$   
 $C_c = \eta * f_{cd} * b * a = 2.0655 \text{ kN.}$   
 $M_{Rd} = C_c * (d - a/2) = 440.0483 \text{ kN-m./m.}$

-. Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P26 @100  
 $A_{s\_req} = 0.0044 \text{ m}^2/\text{m. ( } 0.0044 \text{ m}^2/\text{m.)}$   
 $M_{Ed} = 420.7719 \text{ kN-m./m.}$   
 $M_{Rd} = 440.0483 \text{ kN-m./m.}$   
 $RatM = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.956 < 1.0 \text{ ---> O.K !}$

-. Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

$x/d = 0.442$   
 $Limit(x/d) = 0.450 \text{ ( } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa.)}$   
 $x/d \text{ ratio} = 0.442 / 0.450 = 0.982 \text{ ---> O.K}$

=====  
[[[\*]]] SLAB DESIGN MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 1-Platea, Dir 2.  
=====

-----  
Thk Elem POS AsReq AsUse | M\_Ed( LCB) M\_Rd Rat CHK  
-----  
0.3000 9 BOT 0.0005 0.0010 | 12.6505( 2) 97.3094 0.130 OK  
130 TOP 0.0005 0.0010 | 19.3010( 2) 97.3094 0.198 OK  
-----

<< BOTTOM >>

-. Information of Parameters.

Elem No. : 9  
Node No. : 31  
Thickness : 0.3000 m.  
Materials : fck = 32000.0000 KPa.  
fcd = 18133.3333 KPa.  
fyk = 450000.0000 KPa.  
Covering : dB = 0.0400 m.  
dT = 0.0400 m.  
LCB No. : 2

-. Information of Design.

b = 0.0010 m. (by Code Unit Length).  
d = 0.2600 m.  
lambda = 0.800  
a = lambda \* x = 0.022 m.  
eta = 1.000  
Cc = eta\*fcd\*b\*a = 0.3904 kN.  
M\_Rd = Cc\*(d-a/2) = 97.3094 kN-m./m.

-. Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P16 @200  
As\_req = 0.0005 m^2/m. ( 0.0005 m^2/m.)  
M\_Ed = 12.6505 kN-m./m.  
M\_Rd = 97.3094 kN-m./m.  
RatM = M\_Ed / M\_Rd = 0.130 < 1.0 ---> O.K !

-. Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

x/d = 0.047  
Limit(x/d) = 0.450 ( fck <= 50 MPa.)  
x/d ratio = 0.047/ 0.450 = 0.105 ---> O.K

<< TOP >>

-. Information of Parameters.

Elem No. : 130  
Node No. : 182  
Thickness : 0.3000 m.  
Materials : fck = 32000.0000 KPa.  
fcd = 18133.3333 KPa.  
fyk = 450000.0000 KPa.  
Covering : dB = 0.0400 m.  
dT = 0.0400 m.  
LCB No. : 2

-. Information of Design.

b = 0.0010 m. (by Code Unit Length).

$d = 0.2600 \text{ m.}$   
 $\lambda = 0.800$   
 $a = \lambda * x = 0.022 \text{ m.}$   
 $\eta = 1.000$   
 $C_c = \eta * f_{cd} * b * a = 0.3904 \text{ kN.}$   
 $M_{Rd} = C_c * (d - a/2) = 97.3094 \text{ kN-m./m.}$

-. Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P16 @200  
 $As_{req} = 0.0005 \text{ m}^2/\text{m.} \quad (0.0005 \text{ m}^2/\text{m.})$   
 $M_{Ed} = 19.3010 \text{ kN-m./m.}$   
 $M_{Rd} = 97.3094 \text{ kN-m./m.}$   
 $RatM = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.198 < 1.0 \rightarrow \text{O.K. !}$

-. Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

$x/d = 0.047$   
 $Limit(x/d) = 0.450 \quad (f_{ck} \leq 50 \text{ MPa.})$   
 $x/d \text{ ratio} = 0.047 / 0.450 = 0.105 \rightarrow \text{O.K.}$

=====  
[[[\*]]] SLAB DESIGN MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 1-Parete, Dir 2.  
=====

Thk	Elem	POS	AsReq	AsUse		M_Ed( LCB)	M_Rd	Rat	CHK
0.4000	277	BOT	0.0006	0.0016		0.00000( 2)	209.992	0.000	OK
	259	TOP	0.0028	0.0038		353.995( 2)	472.125	0.750	OK

<< BOTTOM >>

-. Information of Parameters.

Elem No. : 277  
Node No. : 57  
Thickness : 0.4000 m.  
Materials :  $f_{ck} = 32000.0000 \text{ KPa.}$   
 $f_{cd} = 18133.3333 \text{ KPa.}$   
 $f_{yk} = 450000.0000 \text{ KPa.}$   
Covering :  $d_B = 0.0400 \text{ m.}$   
 $d_T = 0.0400 \text{ m.}$   
LCB No. : 2

-. Information of Design.

$b = 0.0010 \text{ m.} \quad (\text{by Code Unit Length}).$   
 $d = 0.3600 \text{ m.}$   
 $\lambda = 0.800$   
 $a = \lambda * x = 0.034 \text{ m.}$   
 $\eta = 1.000$   
 $C_c = \eta * f_{cd} * b * a = 0.6120 \text{ kN.}$   
 $M_{Rd} = C_c * (d - a/2) = 209.9925 \text{ kN-m./m.}$

-. Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P20 @200  
 $As_{req} = 0.0006 \text{ m}^2/\text{m.} \quad (0.0006 \text{ m}^2/\text{m.})$   
 $M_{Ed} = 0.0000 \text{ kN-m./m.}$   
 $M_{Rd} = 209.9925 \text{ kN-m./m.}$   
 $RatM = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.000 < 1.0 \rightarrow \text{O.K. !}$

-. Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

$x/d = 0.047$

Limit( $x/d$ ) = 0.450 (  $f_{ck} \leq 50$  MPa.)  
 $x/d$  ratio = 0.047/ 0.450 = 0.105 ----> O.K

<< TOP >>

-. Information of Parameters.

Elem No. : 259  
Node No. : 60  
Thickness : 0.4000 m.  
Materials :  $f_{ck} = 32000.0000$  KPa.  
 $f_{cd} = 18133.3333$  KPa.  
 $f_{yk} = 450000.0000$  KPa.  
Covering :  $d_B = 0.0400$  m.  
 $d_T = 0.0400$  m.  
LCB No. : 2

-. Information of Design.

$b = 0.0010$  m. (by Code Unit Length).  
 $d = 0.3600$  m.  
 $\lambda = 0.800$   
 $a = \lambda * x = 0.082$  m.  
 $\eta = 1.000$   
 $C_c = \eta * f_{cd} * b * a = 1.4790$  kN.  
 $M_{Rd} = C_c * (d - a/2) = 472.1245$  kN-m./m.

-. Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P22 @100  
 $A_{s\_req} = 0.0028$  m<sup>2</sup>/m. ( 0.0028 m<sup>2</sup>/m.)  
 $M_{Ed} = 353.9951$  kN-m./m.  
 $M_{Rd} = 472.1245$  kN-m./m.  
 $RatM = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.750 < 1.0$  ----> O.K !

-. Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

$x/d = 0.209$   
Limit( $x/d$ ) = 0.450 (  $f_{ck} \leq 50$  MPa.)  
 $x/d$  ratio = 0.209/ 0.450 = 0.465 ----> O.K

=====  
[[[\*]]] SLAB DESIGN MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 1-Platea Rinf, Dir 2.  
=====

-----  
Thk Elem POS AsReq AsUse |  $M_{Ed}$ ( LCB)  $M_{Rd}$  Rat CHK  
-----  
0.3000 211 BOT 0.0005 0.0010 | 2.86920( 2) 97.3094 0.029 OK  
209 TOP 0.0009 0.0010 | 84.3155( 2) 97.3094 0.866 OK  
-----

<< BOTTOM >>

-. Information of Parameters.

Elem No. : 211  
Node No. : 1  
Thickness : 0.3000 m.  
Materials :  $f_{ck} = 32000.0000$  KPa.  
 $f_{cd} = 18133.3333$  KPa.  
 $f_{yk} = 450000.0000$  KPa.  
Covering :  $d_B = 0.0400$  m.  
 $d_T = 0.0400$  m.  
LCB No. : 2

-. Information of Design.

b = 0.0010 m. (by Code Unit Length).  
d = 0.2600 m.  
lambda = 0.800  
a = lambda \* x = 0.022 m.  
eta = 1.000  
Cc = eta\*fcd\*b\*a = 0.3904 kN.  
M\_Rd = Cc\*(d-a/2) = 97.3094 kN-m./m.

-. Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P16 @200  
As\_req = 0.0005 m<sup>2</sup>/m. ( 0.0005 m<sup>2</sup>/m.)  
M\_Ed = 2.8692 kN-m./m.  
M\_Rd = 97.3094 kN-m./m.  
RatM = M\_Ed / M\_Rd = 0.029 < 1.0 ---> O.K !

-. Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

x/d = 0.047  
Limit(x/d) = 0.450 ( fck <= 50 MPa.)  
x/d ratio = 0.047/ 0.450 = 0.105 ---> O.K

<< TOP >>

-. Information of Parameters.

Elem No. : 209  
Node No. : 64  
Thickness : 0.3000 m.  
Materials : fck = 32000.0000 KPa.  
fcd = 18133.3333 KPa.  
fyk = 450000.0000 KPa.  
Covering : dB = 0.0400 m.  
dT = 0.0400 m.  
LCB No. : 2

-. Information of Design.

b = 0.0010 m. (by Code Unit Length).  
d = 0.2600 m.  
lambda = 0.800  
a = lambda \* x = 0.022 m.  
eta = 1.000  
Cc = eta\*fcd\*b\*a = 0.3904 kN.  
M\_Rd = Cc\*(d-a/2) = 97.3094 kN-m./m.

-. Information of Moments and Result.

Rein. Bar : P16 @200  
As\_req = 0.0009 m<sup>2</sup>/m. ( 0.0009 m<sup>2</sup>/m.)  
M\_Ed = 84.3155 kN-m./m.  
M\_Rd = 97.3094 kN-m./m.  
RatM = M\_Ed / M\_Rd = 0.866 < 1.0 ---> O.K !

-. Check ratio of neutral axis depth to effective depth.

x/d = 0.096  
Limit(x/d) = 0.450 ( fck <= 50 MPa.)  
x/d ratio = 0.096/ 0.450 = 0.212 ---> O.K



## 5.2 Calcolo della berlinese – Modello 3D

Essendo la berlinese in progetto caratterizzata da una conformazione in pianta scatolare, a chiusura del pozzo di spinta, è chiaro che la presenza della trave di cordolo e della centina realizzano due vincoli che hanno influenza sullo sviluppo dello stato di sollecitazione dei micropali della berlinese.

Per valutare questi è stato realizzato un modello tridimensionale con software Midas Gen, nel quale sia i pali che le travi di cordolo e di centina sono state modellate con elementi beam. Sono stati poi assegnati i carichi relativi alle spinte a riposo del terreno e alle spinte dovute ai sovraccarichi dei mezzi nell'area limitrofa.

Questo modello è servito per il dimensionamento del cordolo sommitale e della centina e per tarare i vincoli del modello bidimensionale realizzato con Paratie Plus, nel quale sono stati dimensionati i micropali della berlinese, sia dal punto di vista dell'infissione che dell'armatura.

In realtà, essendo prevista la posa della centina al raggiungimento della quota di scavo sotto al suo piano di imposta, il modello FEM è stato suddiviso in due fasi:

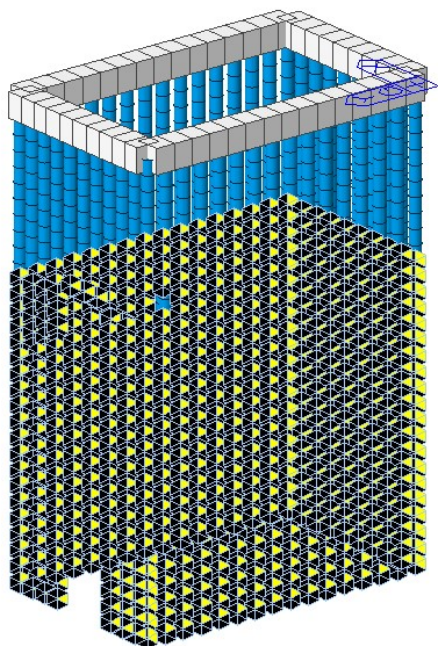
- FASE 1: presenza dei pali e del cordolo sommitale, quota di scavo fino -3.50 da p.c. e attribuzione delle relative spinte e vincoli del terreno;
- FASE 2: presenza dei pali, del cordolo sommitale e della centina; attribuzione delle spinte relative allo scavo di seconda fase tra -3.50 da p.c. fino a -4.90 da p.c. e vincoli del terreno da -4.90 in giù.

### 5.2.1 Modello di calcolo FASE 1

Il modello realizzato con Midas prevede elementi monodimensionali di tipo beam. Le sezioni adottate sono le seguenti:

- Sezione circolare diametro 24 cm per i micropali;
- Sezione rettangolare 50x50 cm per il cordolo sommitale;

I carichi dovuti alla spinta delle terre da 0.00 a -3.50 m da p.c. sono stati attribuiti come carichi distribuiti lineari; i vincoli, dalla profondità di incastro dei pali -3.50 in giù, sono stati modellati con molle lineari a simulare la resistenza della spinta passiva del terreno. Nell'immagine seguente viene riportato il modello di calcolo agli elementi finiti.

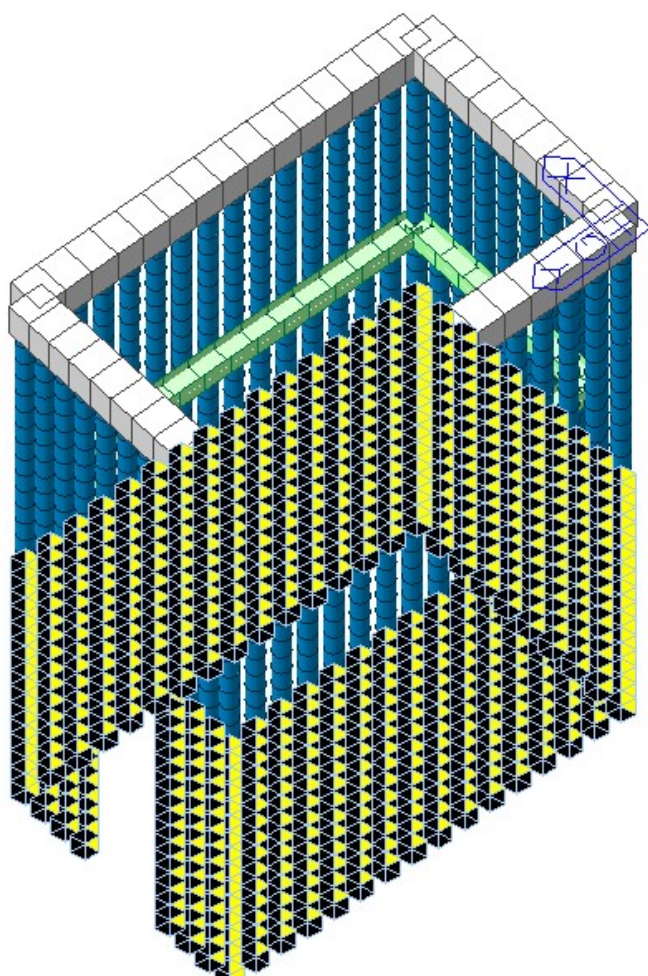


### 5.2.2 Modello di calcolo FASE 2

Il modello realizzato con Midas prevede elementi monodimensionali di tipo beam. Le sezioni adottate sono le seguenti:

- Sezione circolare diametro 24 cm per i micropali;
- Sezione rettangolare 50x50 cm per il cordolo;
- Sezione HeA260 per la trave di centina

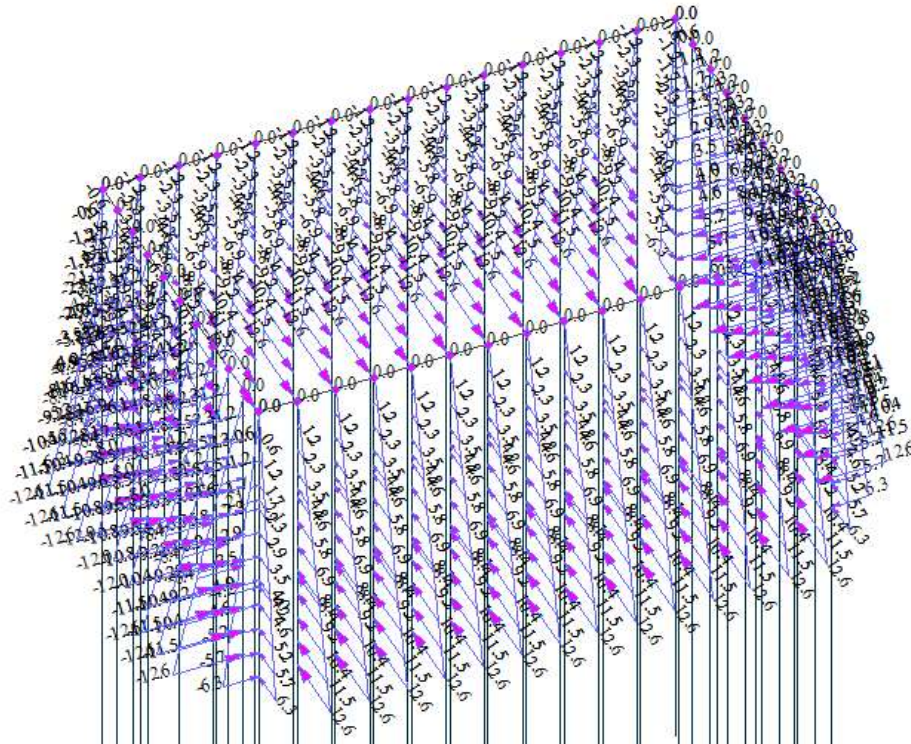
I carichi dovuti alla spinta delle terre sono stati attribuiti come carichi distribuiti lineari; i vincoli, dalla profondità di incastro dei pali con il terreno in giù, sono stati modellati con molle lineari a simulare la resistenza della spinta passiva del terreno. Nell'immagine seguente viene riportato il modello di calcolo agli elementi finiti.



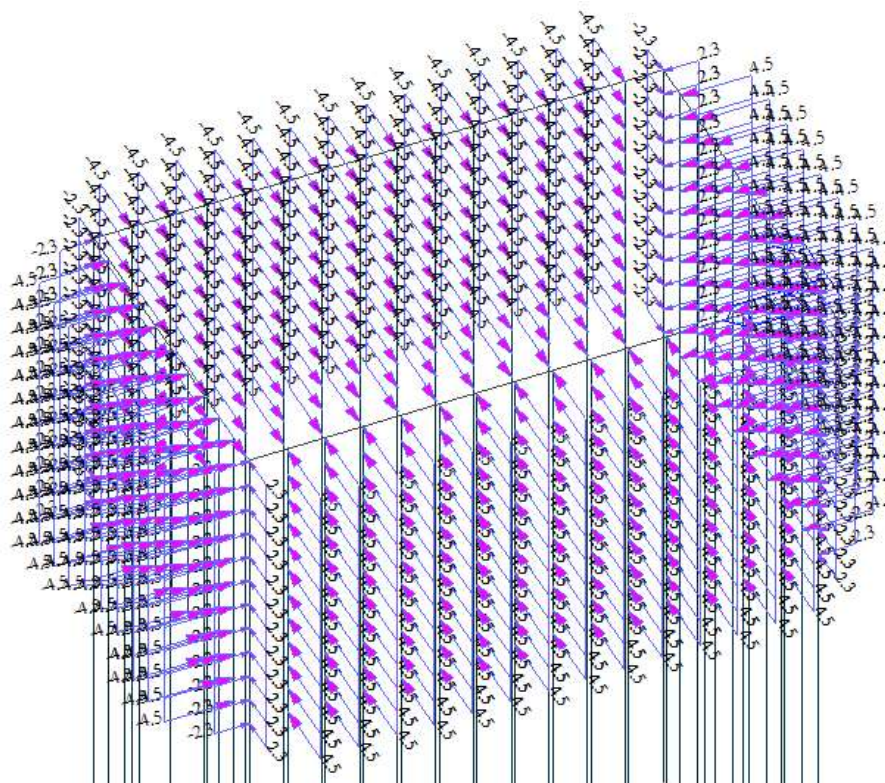


### 5.2.3 Attribuzione dei carichi FASE 1

Di seguito vengono riportate le attribuzioni dei carichi al modello di calcolo:



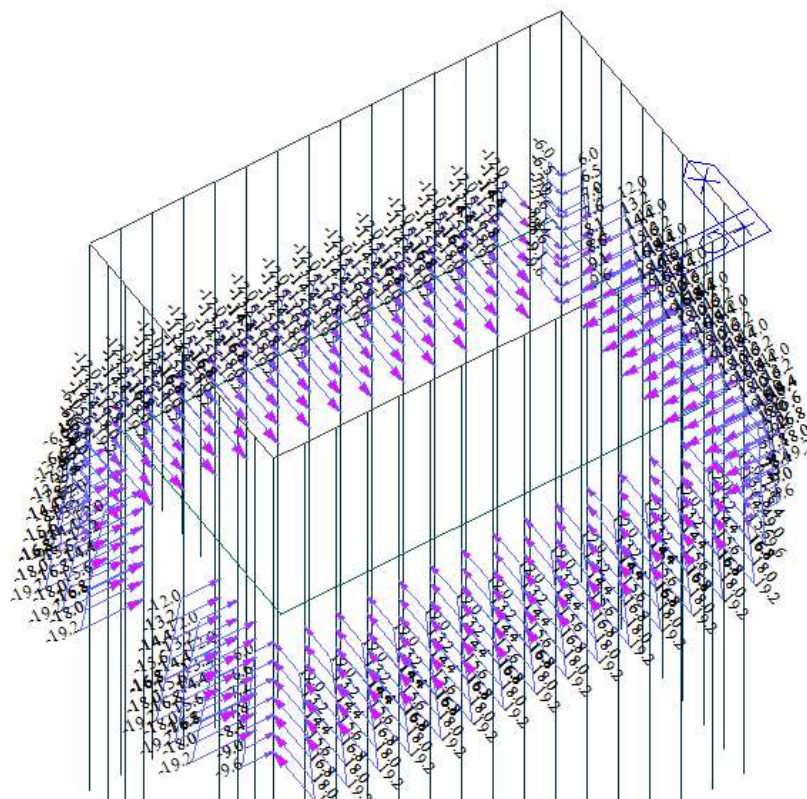
Attribuzione spinta statica del terreno SST [kN/mq]



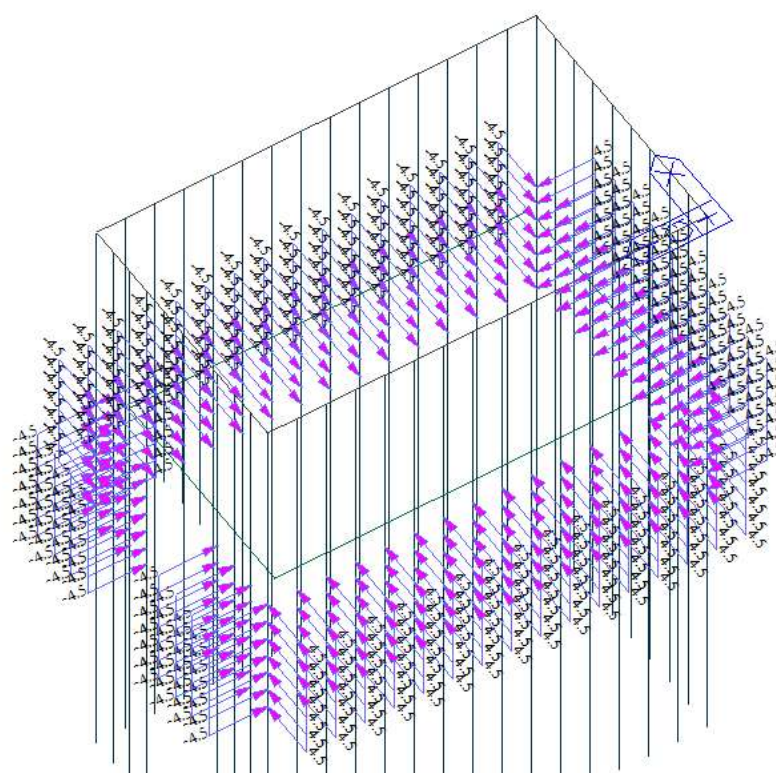
Attribuzione carico variabile per spinta statica del sovraccarico SSS [kN/mq]

#### 5.2.4 Attribuzione dei carichi FASE 2

Di seguito vengono riportate le attribuzioni dei carichi al modello di calcolo:



Attribuzione spinta statica del terreno SST [kN/mq]



Attribuzione carico variabile per spinta statica del sovraccarico SSS [kN/mq]



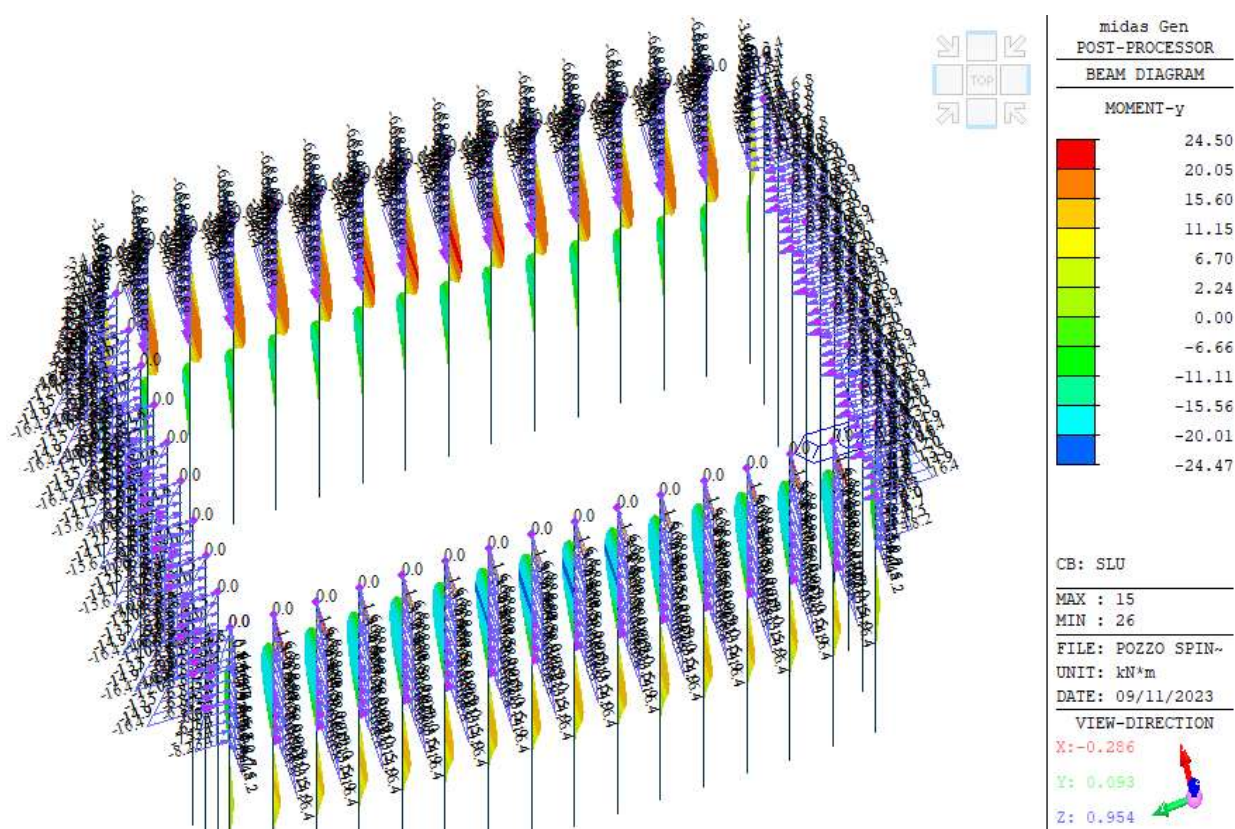
### 5.2.5 Combinazioni dei carichi

Di seguito vengono riportate le combinazioni dei carichi adottate, che sono le medesime per entrambi i modelli di calcolo:

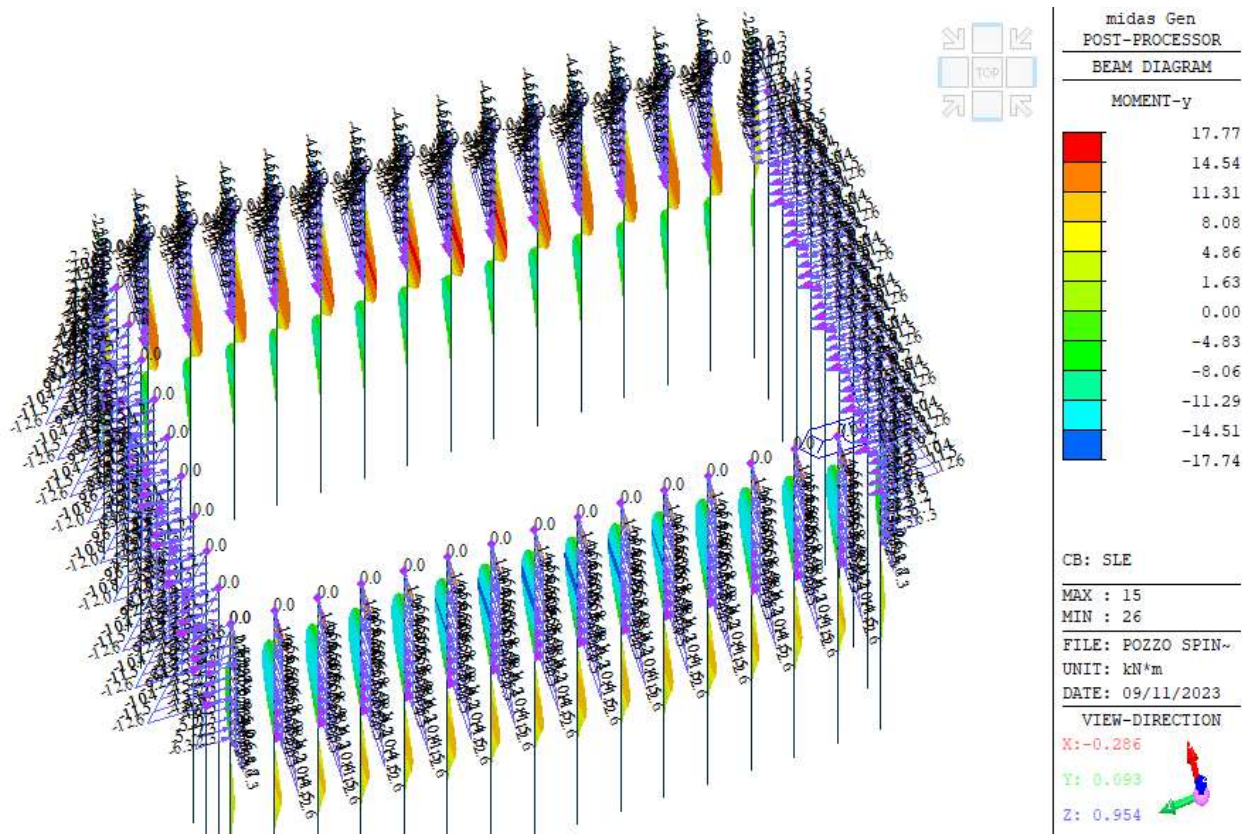
No	Name	Active	Type	DL(ST)	SST(ST)	SSS(ST)
1	SLU	Active	Add	1.3000	1.3000	1.5000
2	SLE	Active	Add	1.0000	1.0000	1.0000

### 5.2.6 Sollecitazioni e deformazioni FASE 1

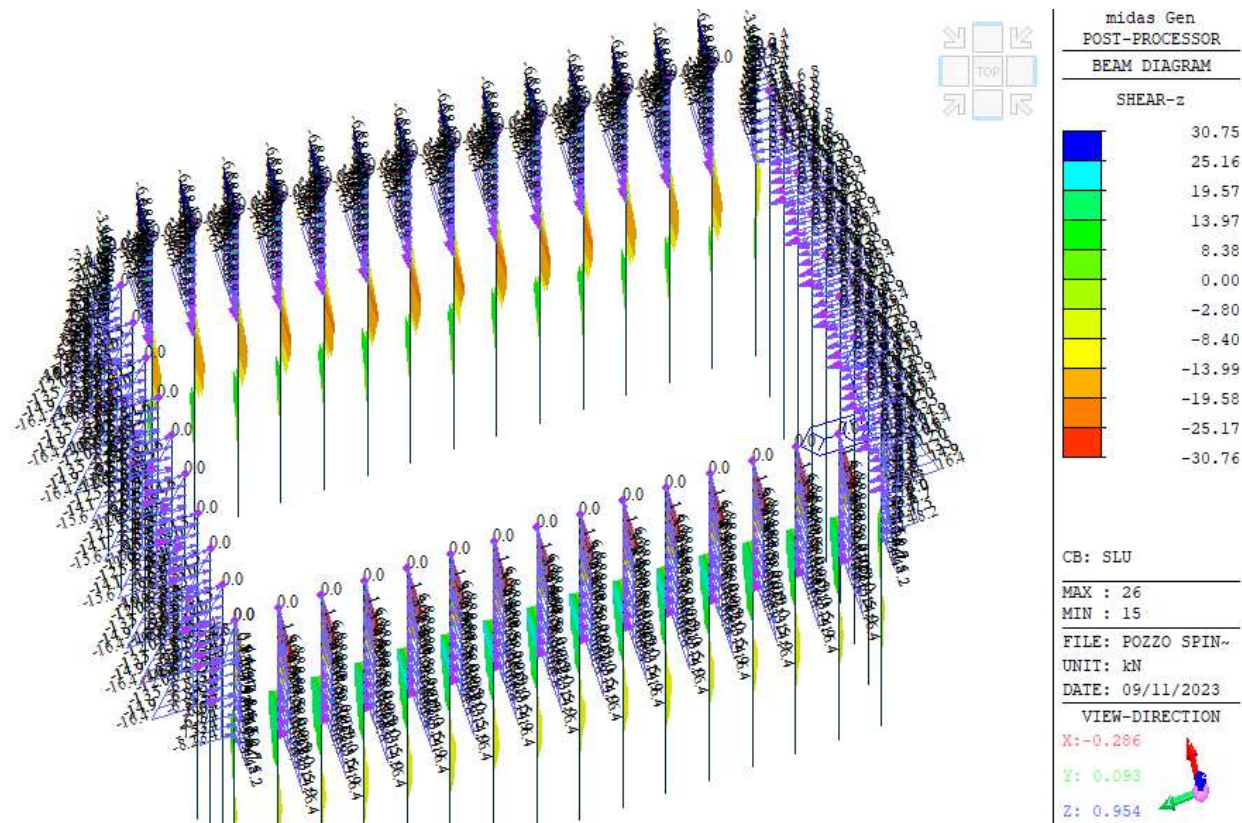
Le principali sollecitazioni ottenute dall'analisi strutturale sono le seguenti:



FASE 1 - PALI - Momento flettente  $M_y$  SLU [kN\*m]

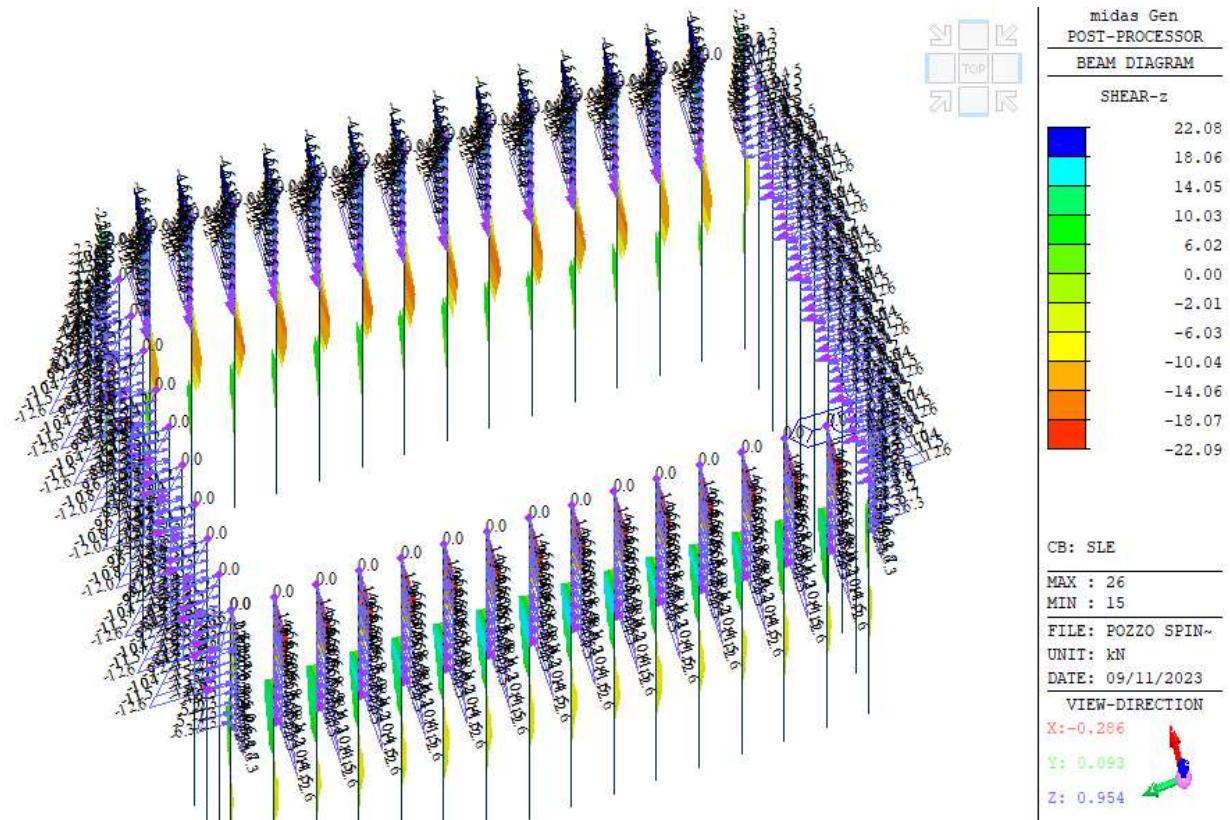


FASE 1 - PALI - Momento flettente My SLE [kN\*m]

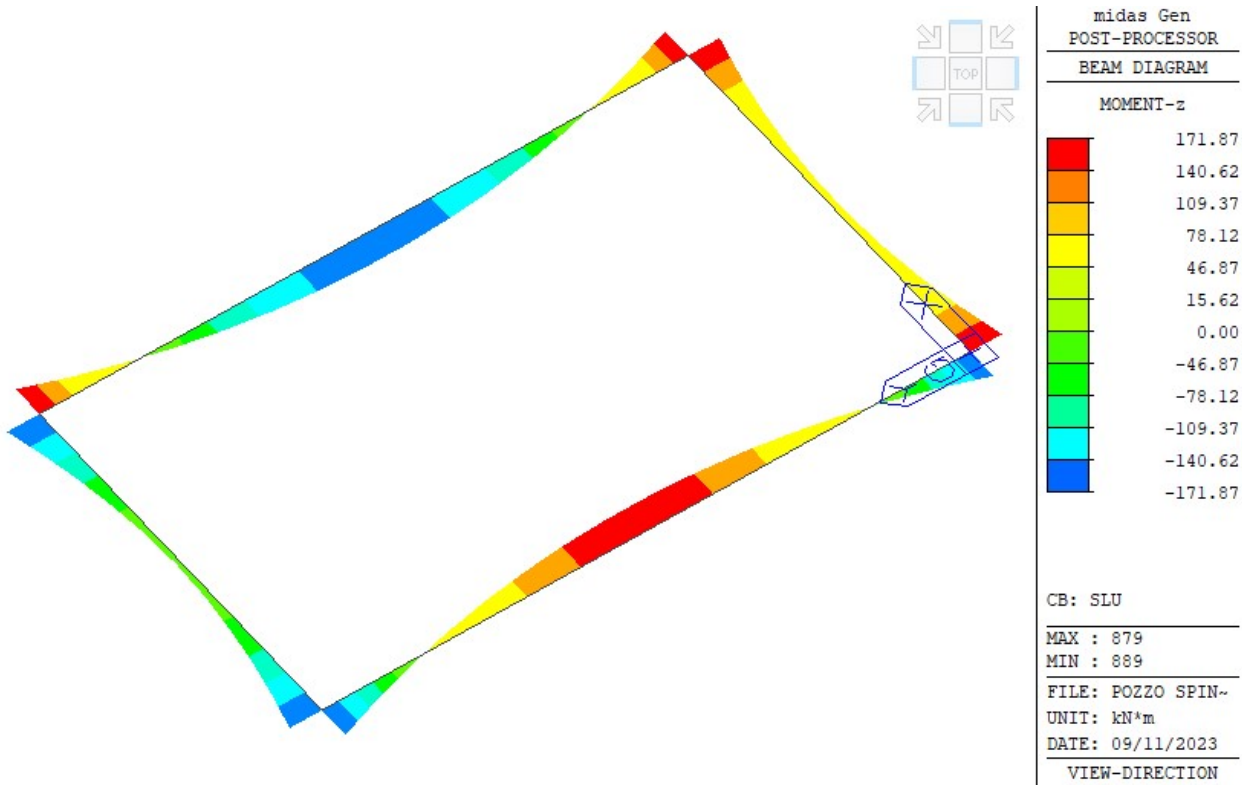


FASE 1 - PALI - Taglio Fz SLU [kN]

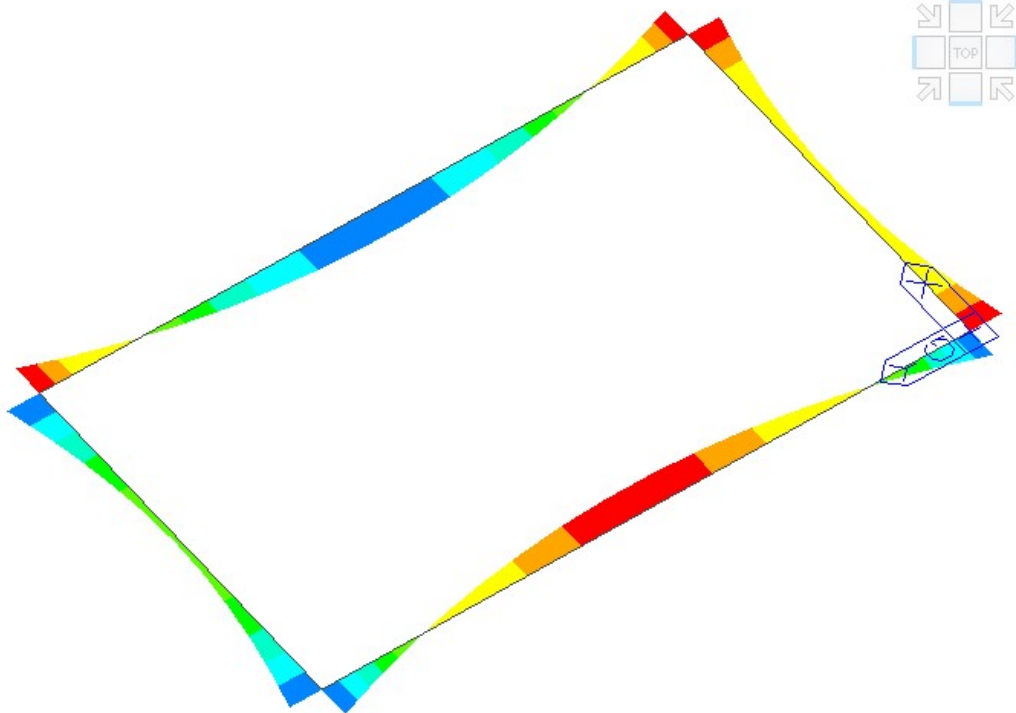




FASE 1 - PALI - Taglio Fz SLE [kN]

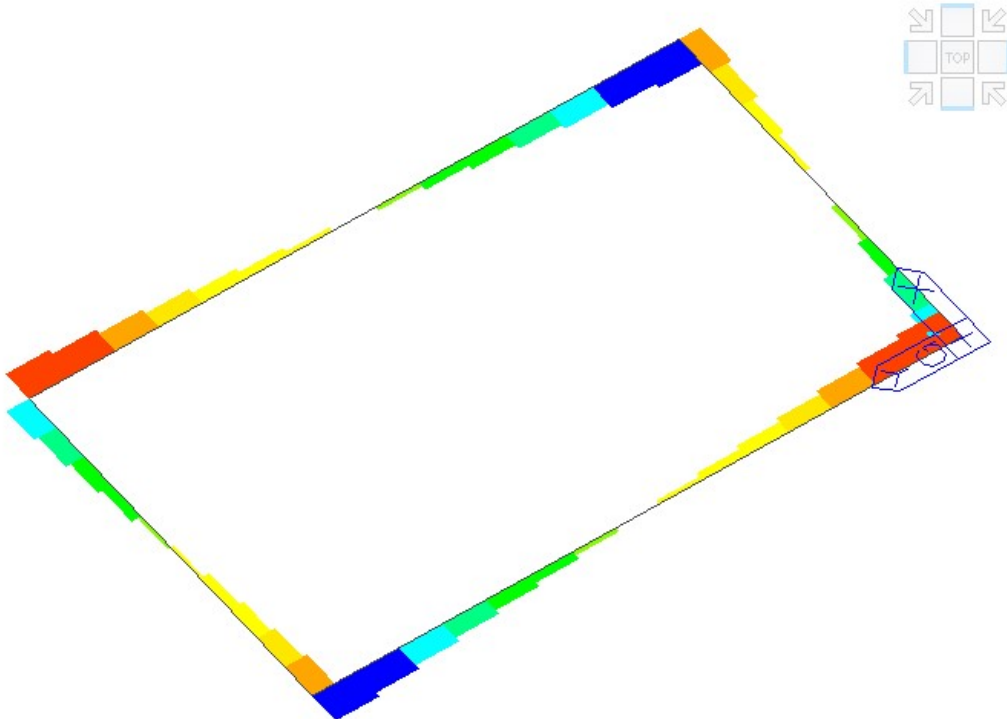


FASE 1 – CORDOLO DI TESTA - Momento flettente Mz SLU [kN\*m]



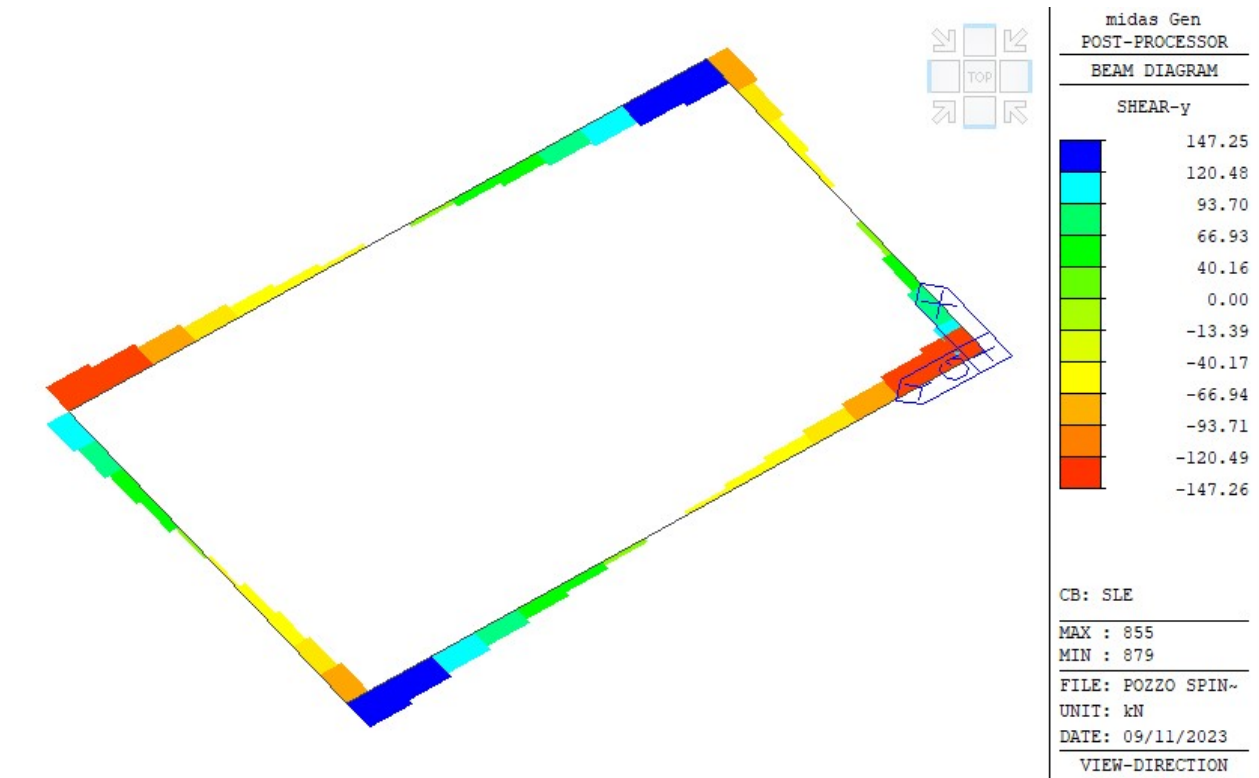
midas Gen	
POST-PROCESSOR	
BEAM DIAGRAM	
MOMENT-z	
	123.40
	100.97
	78.53
	56.09
	33.66
	11.22
	0.00
	-33.66
	-56.09
	-78.53
	-100.97
	-123.40
CB: SLE	
MAX : 879	
MIN : 889	
FILE: POZZO SPIN~	
UNIT: kN*m	
DATE: 09/11/2023	
VIEW-DIRECTION	

FASE 1 – CORDOLO DI TESTA - Momento flettente Mz SLE [kN\*m]

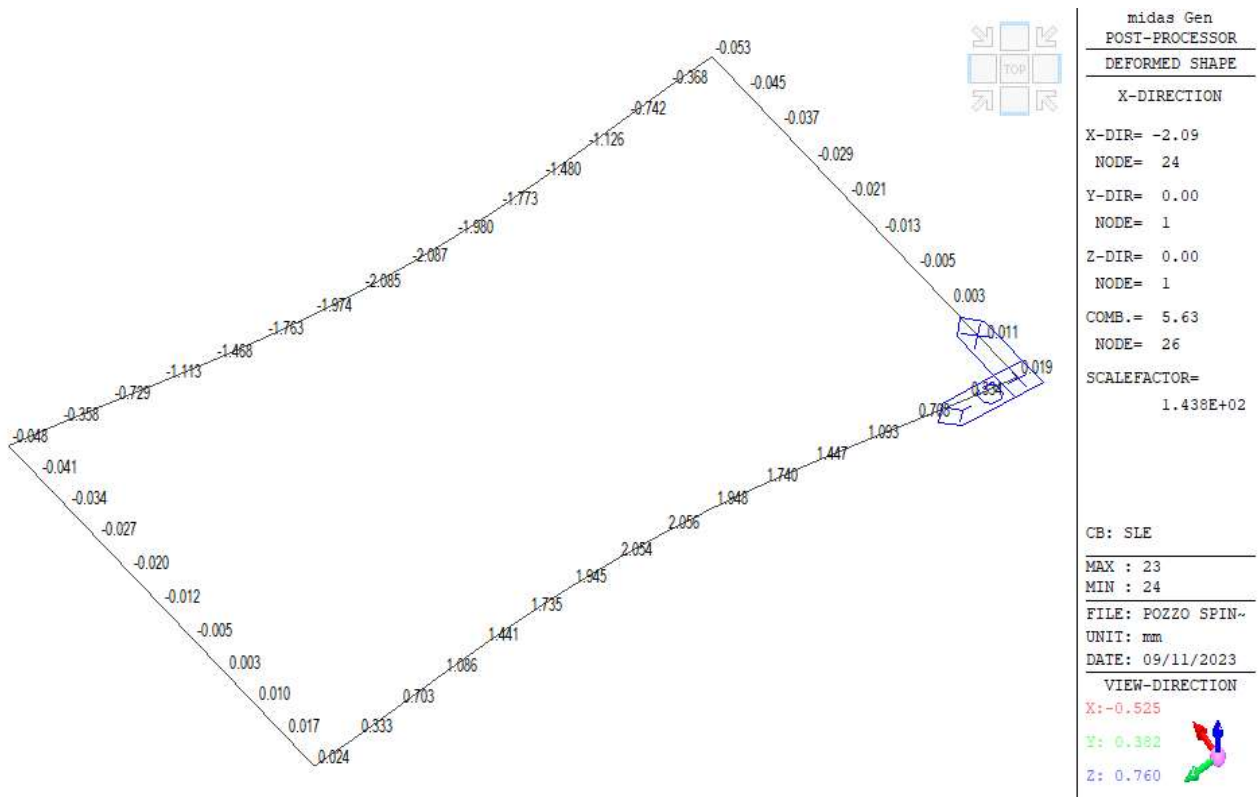


midas Gen	
POST-PROCESSOR	
BEAM DIAGRAM	
SHEAR-y	
	205.17
	167.86
	130.56
	93.26
	55.95
	0.00
	-18.66
	-55.96
	-93.27
	-130.57
	-167.88
	-205.18
CB: SLU	
MAX : 855	
MIN : 879	
FILE: POZZO SPIN~	
UNIT: kN	
DATE: 09/11/2023	
VIEW-DIRECTION	

FASE 1 – CORDOLO DI TESTA - Taglio Fz SLU [kN]



FASE 1 – CORDOLO DI TESTA - Taglio Fz SLE [kN]

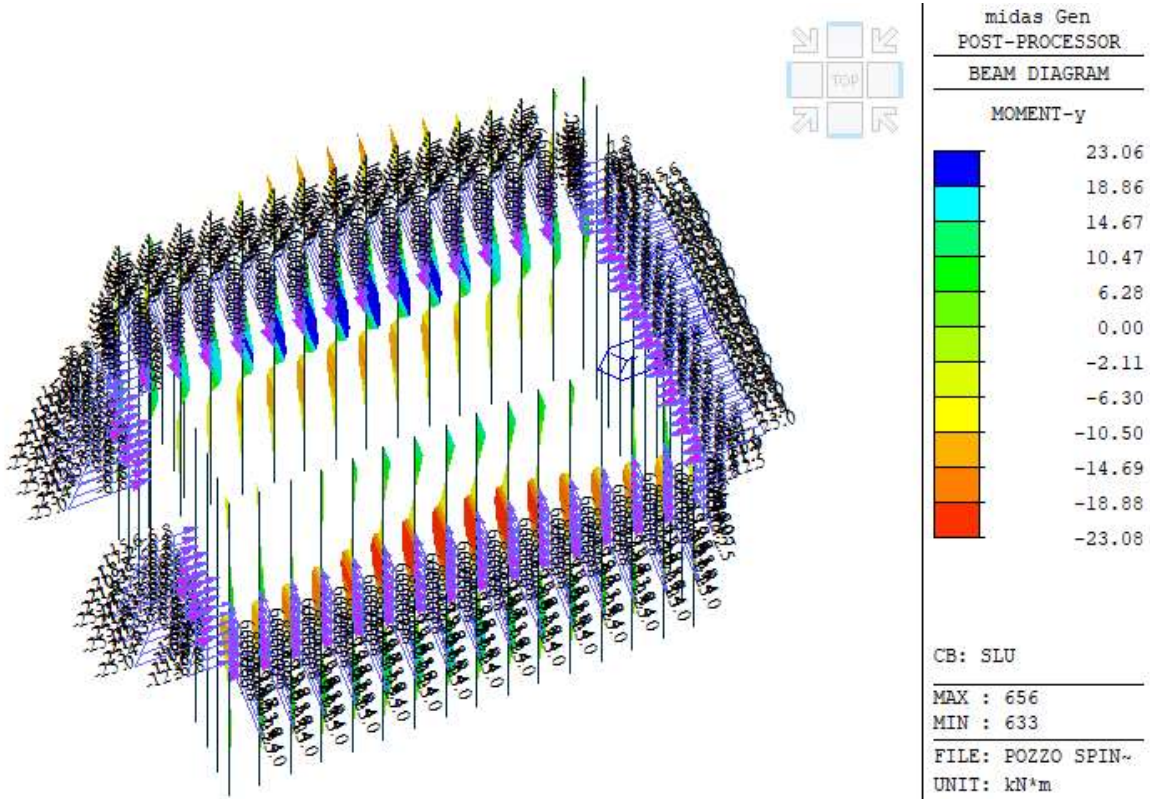


FASE 1 – CORDOLO DI TESTA - Deformata SLE [mm]

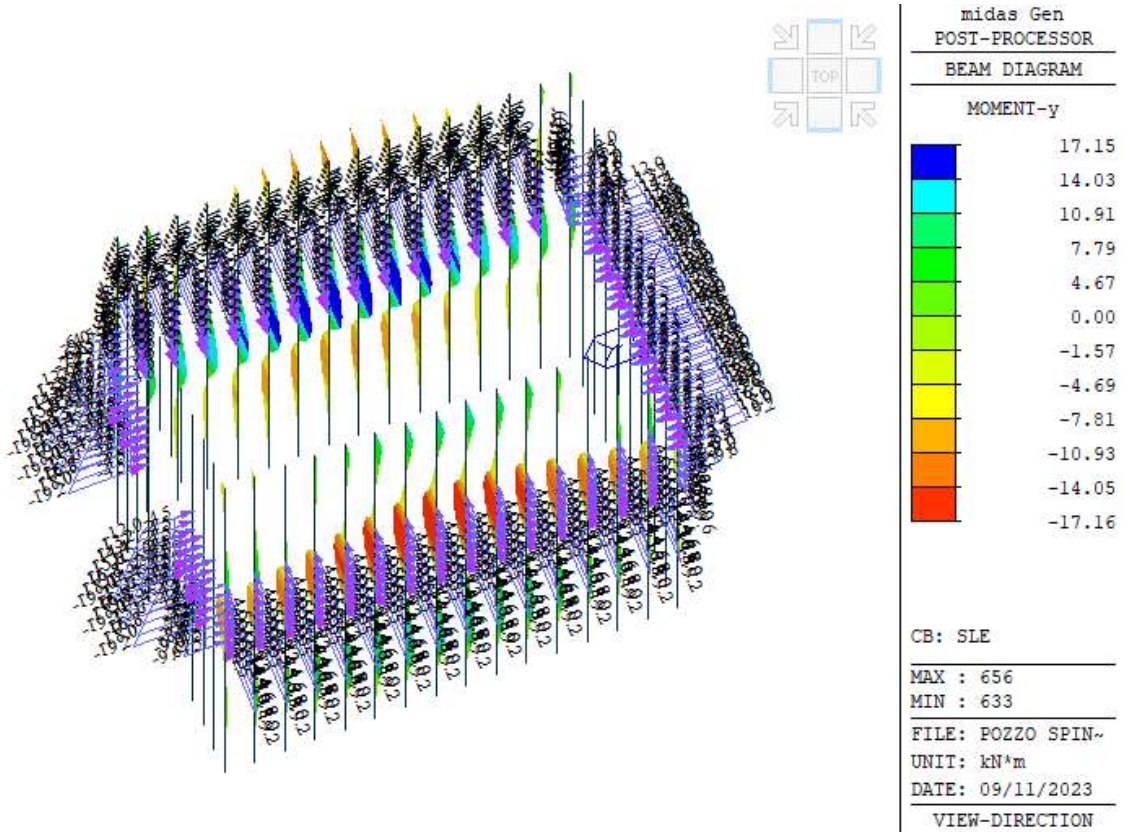


5.2.7 Sollecitazioni e deformazioni FASE 2

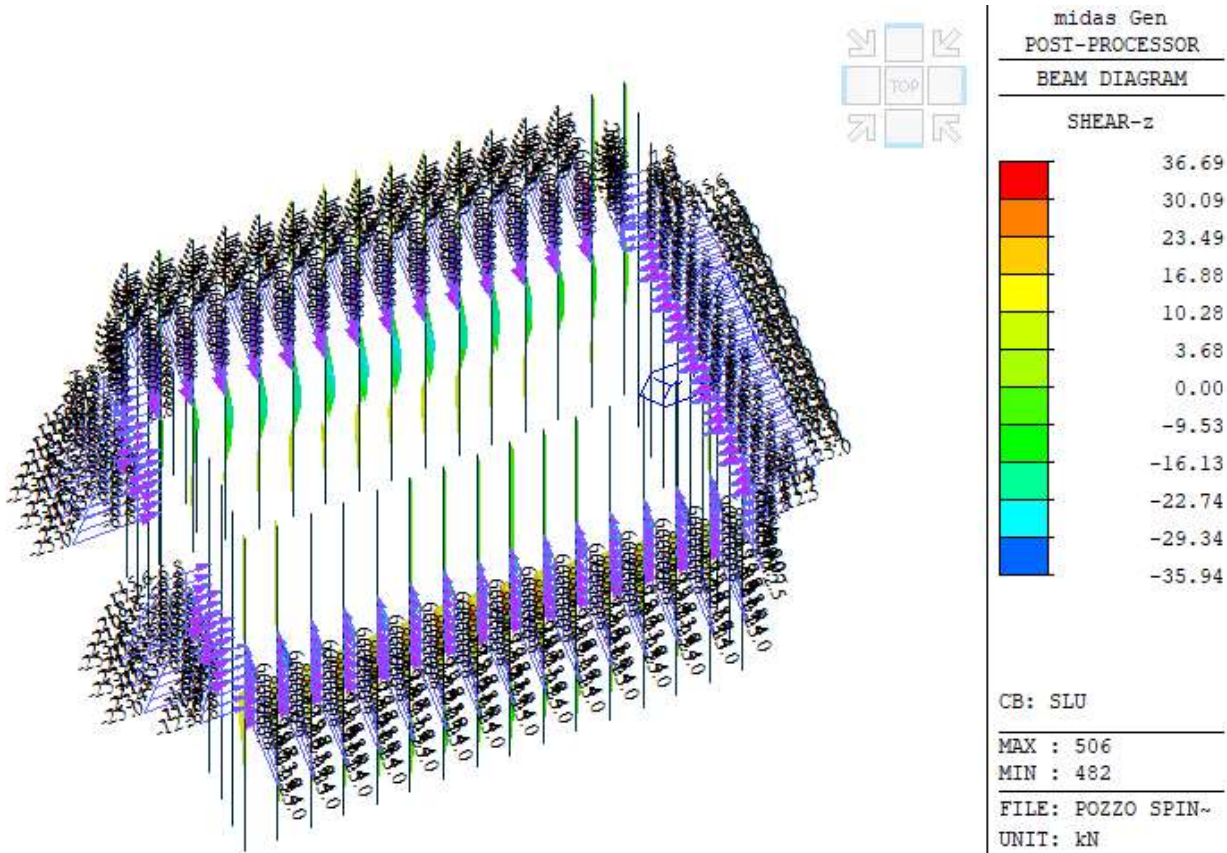
Le principali sollecitazioni ottenute dall’analisi strutturale sono le seguenti:



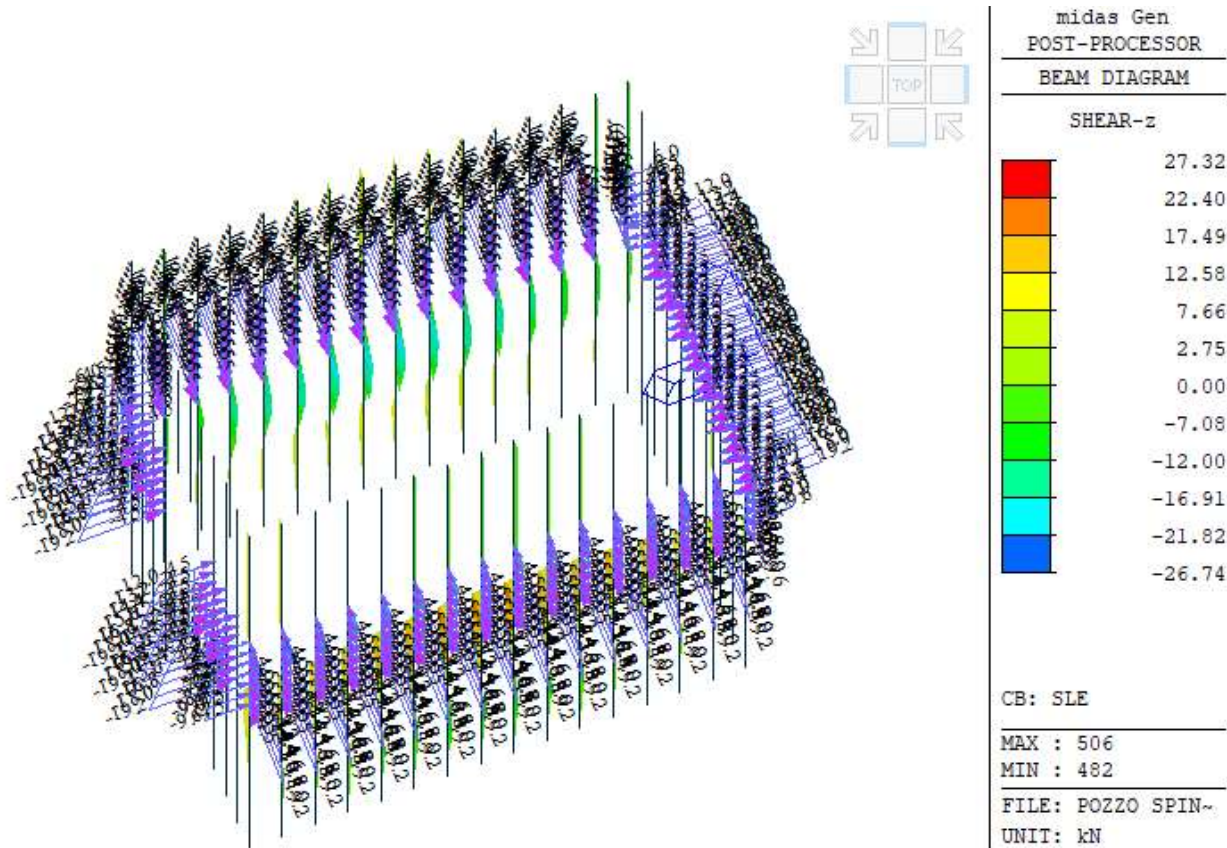
FASE 2 - PALI - Momento flettente My SLU [kN\*m]



FASE 2 - PALI - Momento flettente My SLE [kN\*m]

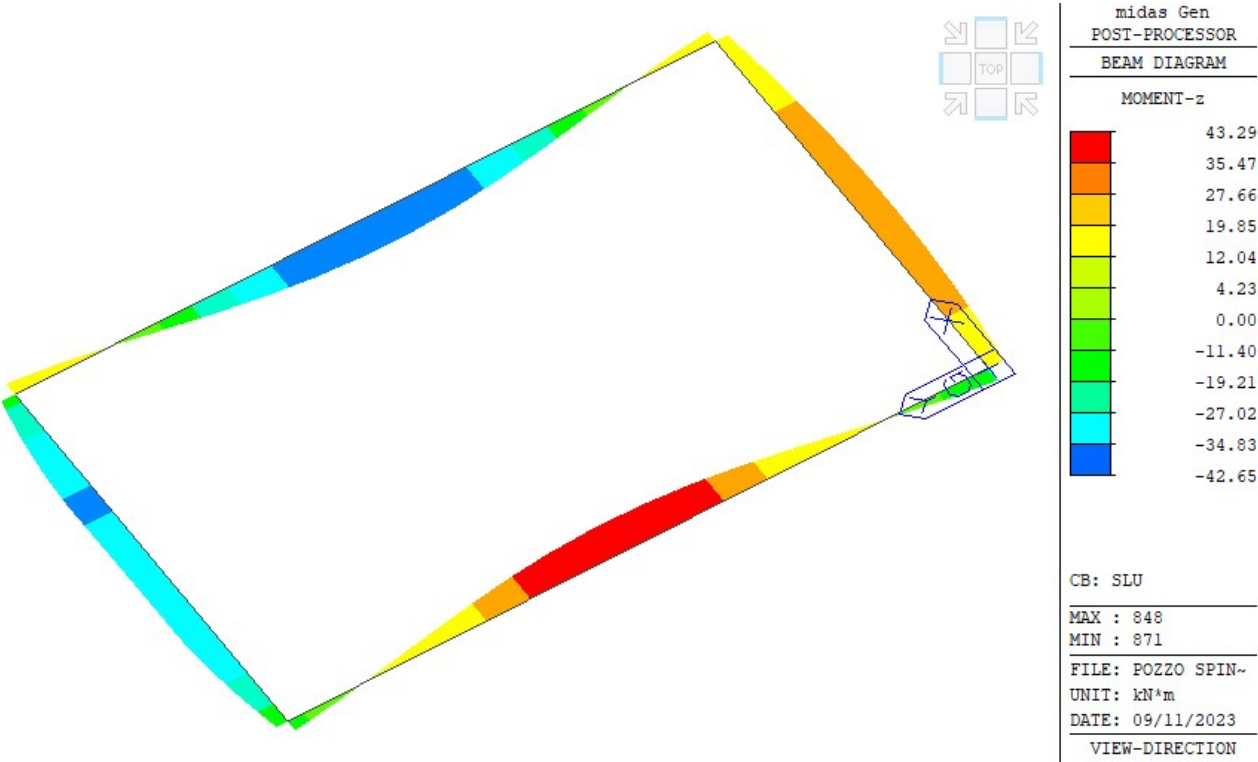


FASE 2 - PALI - Taglio Fz SLU [kN]

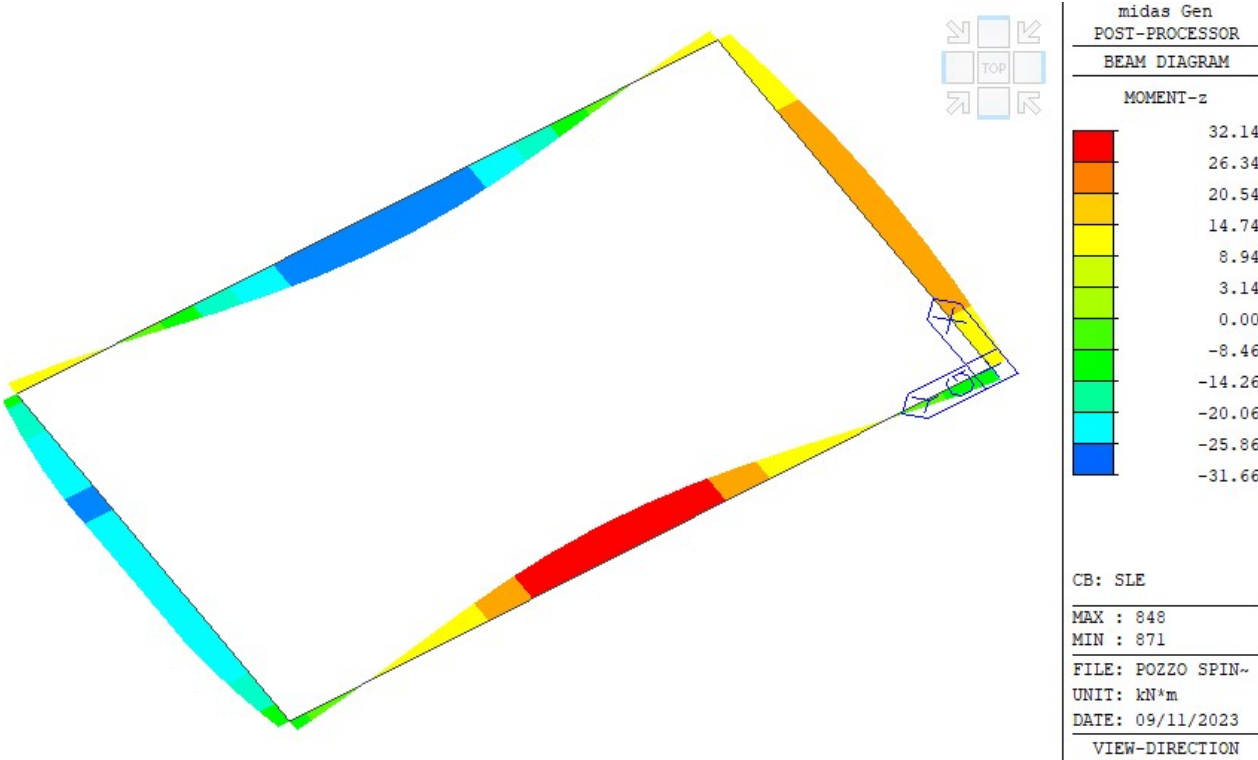




FASE 2 - PALI - Taglio Fz SLE [kN]

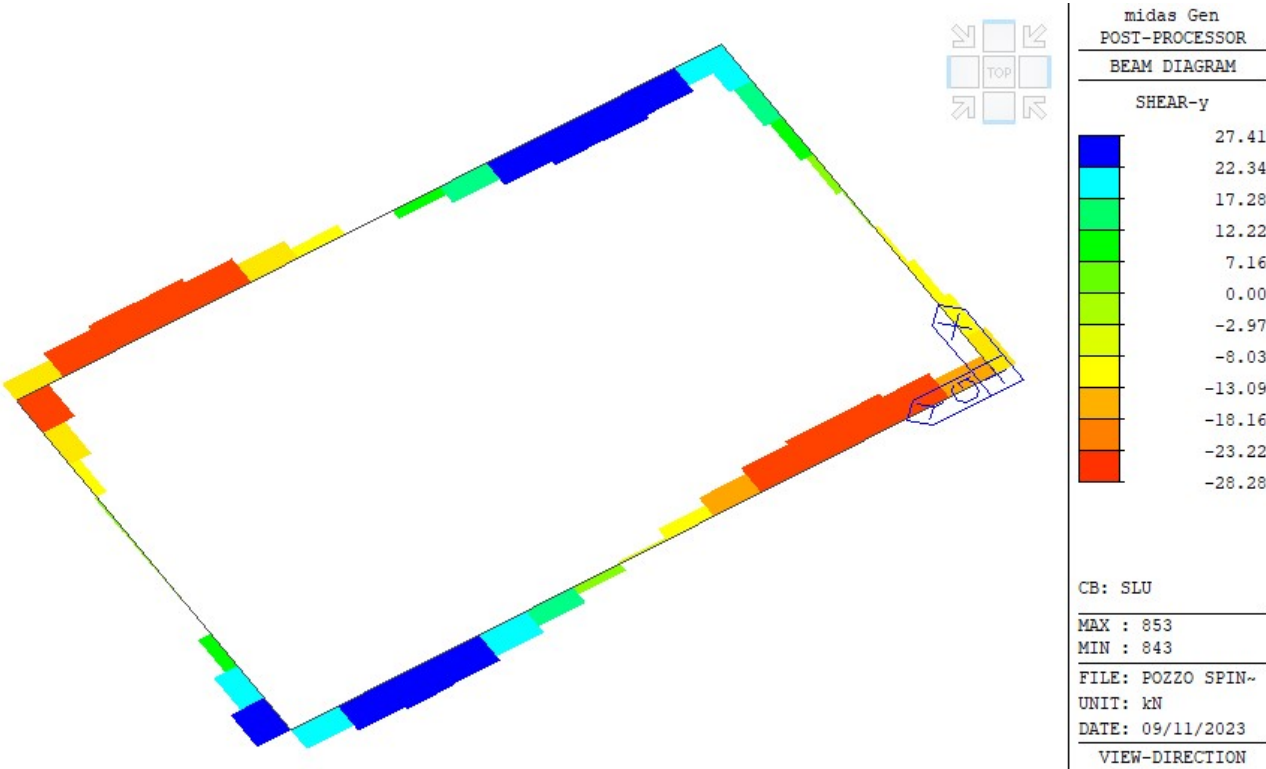


FASE 2 – CORDOLO DI TESTA - Momento flettente Mz SLU [kN\*m]

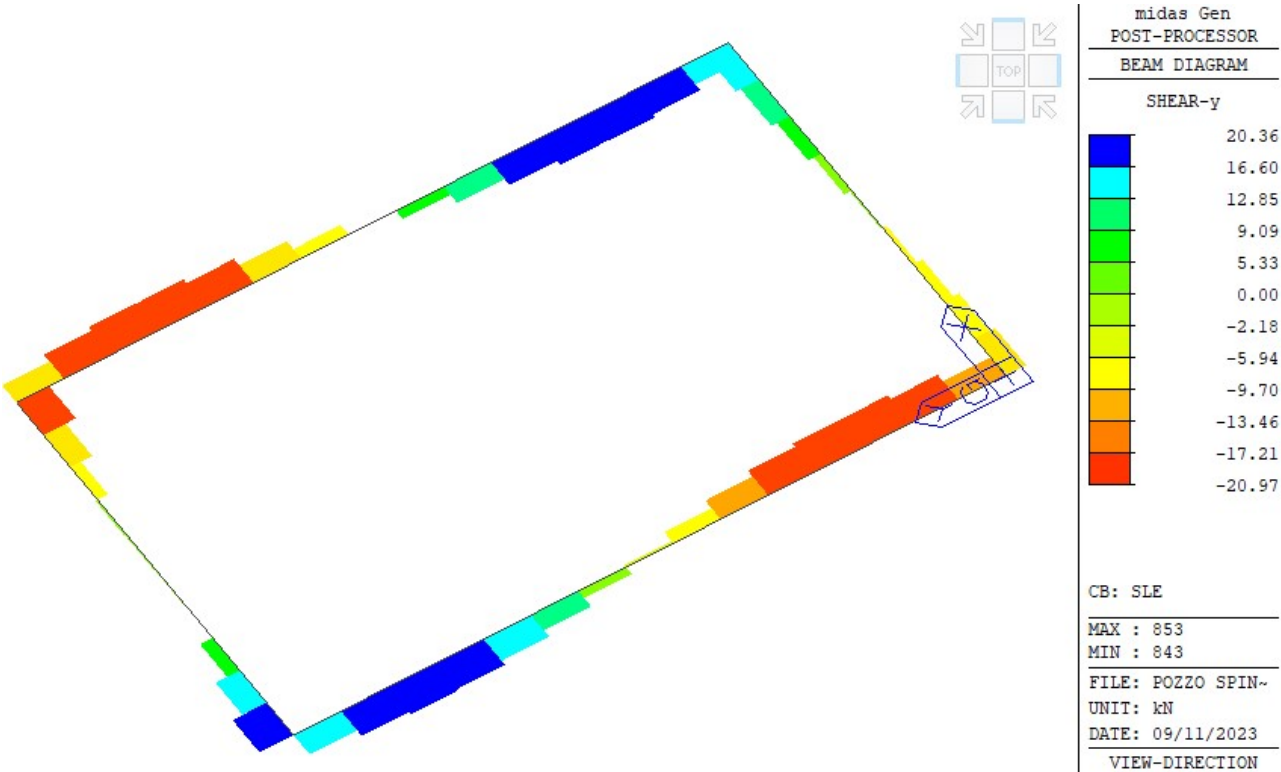


FASE 2 – CORDOLO DI TESTA - Momento flettente Mz SLE [kN\*m]

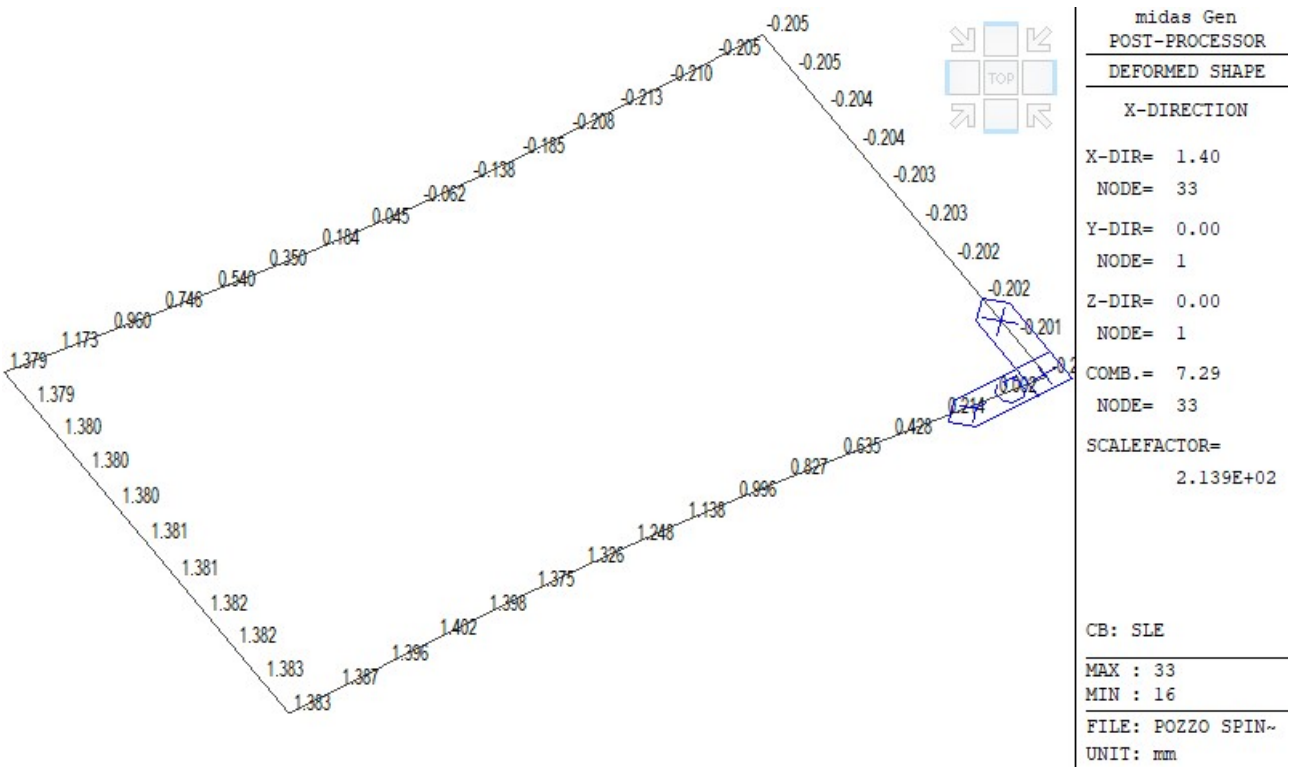




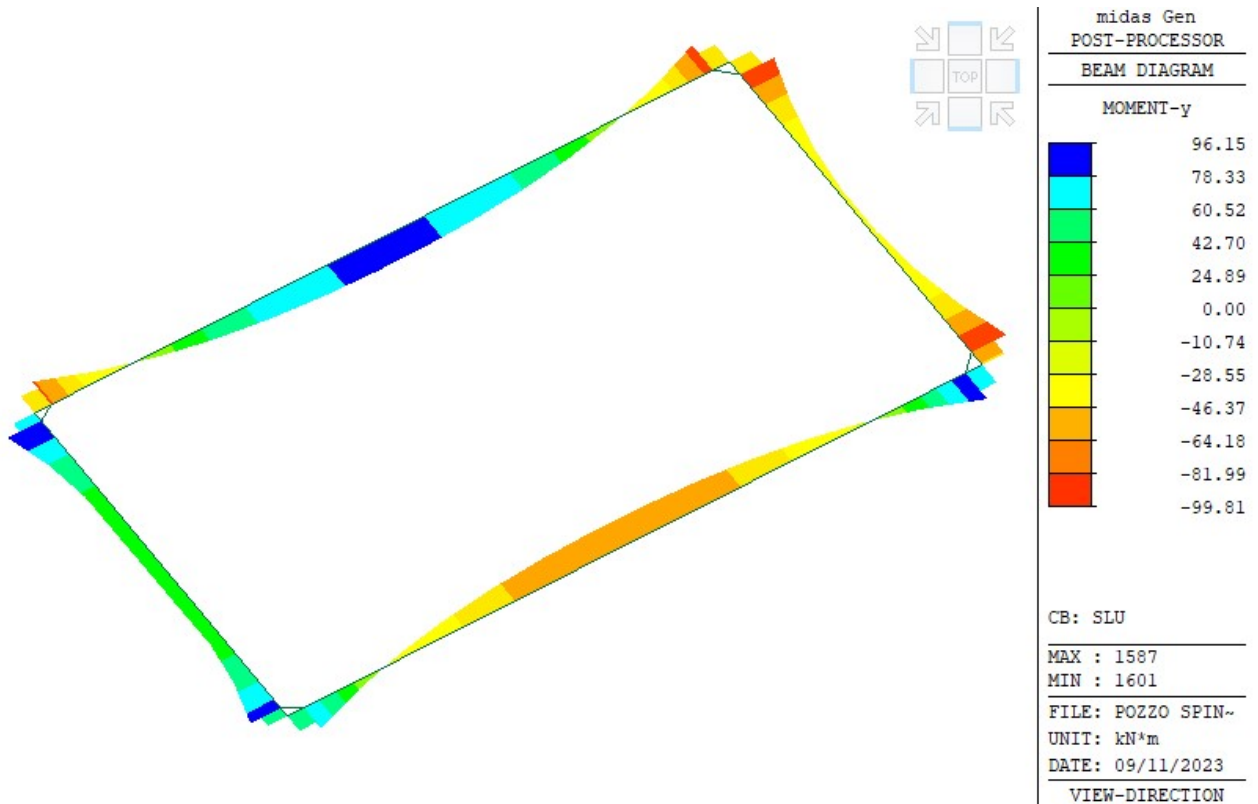
FASE 2 – CORDOLO DI TESTA - Taglio Fy SLU [kN]



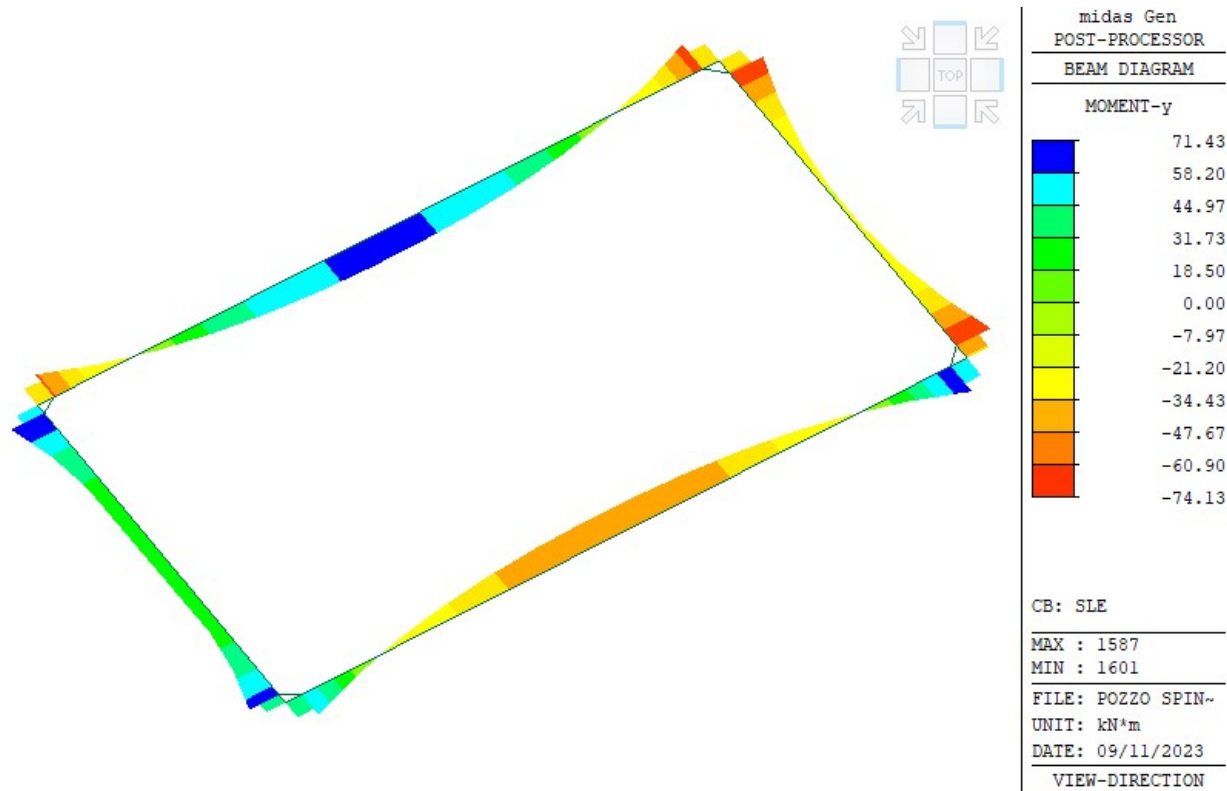
FASE 2 – CORDOLO DI TESTA - Taglio Fz SLE [kN]



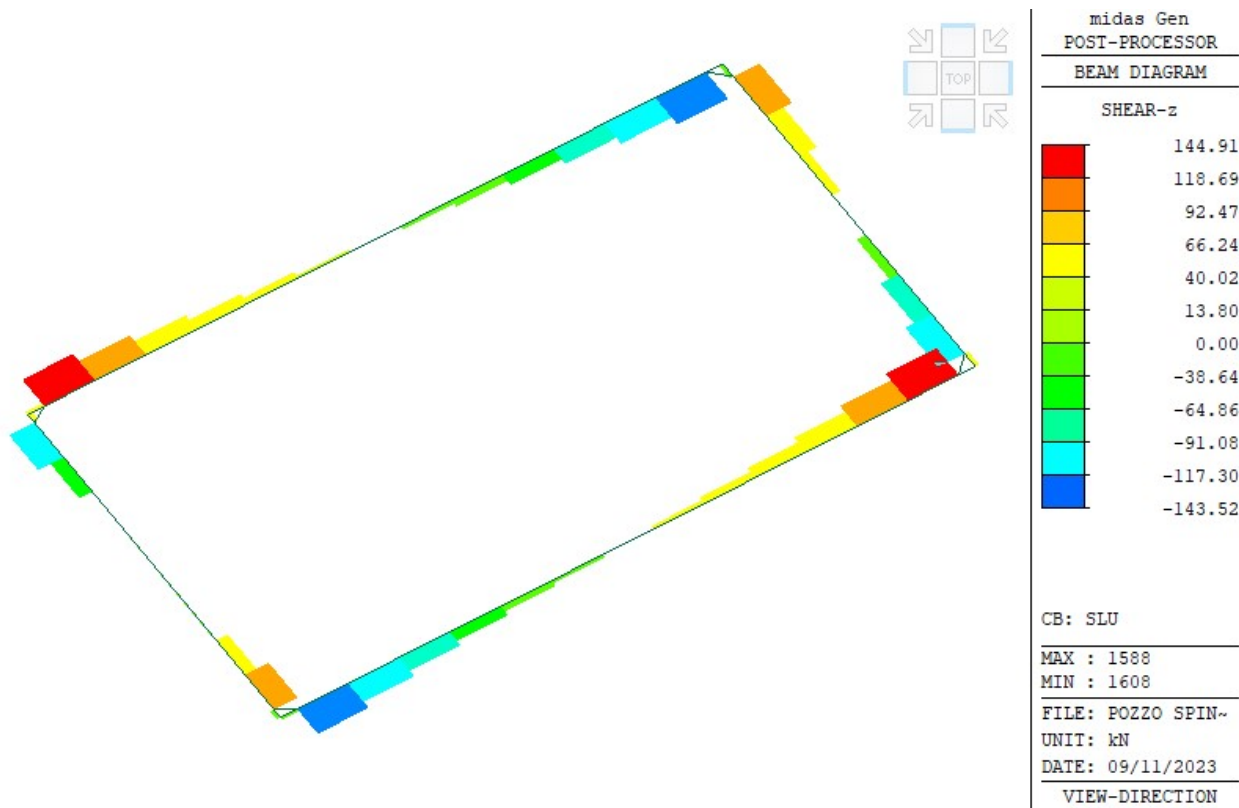
FASE 2 – CORDOLO DI TESTA - Deformata SLE [mm]



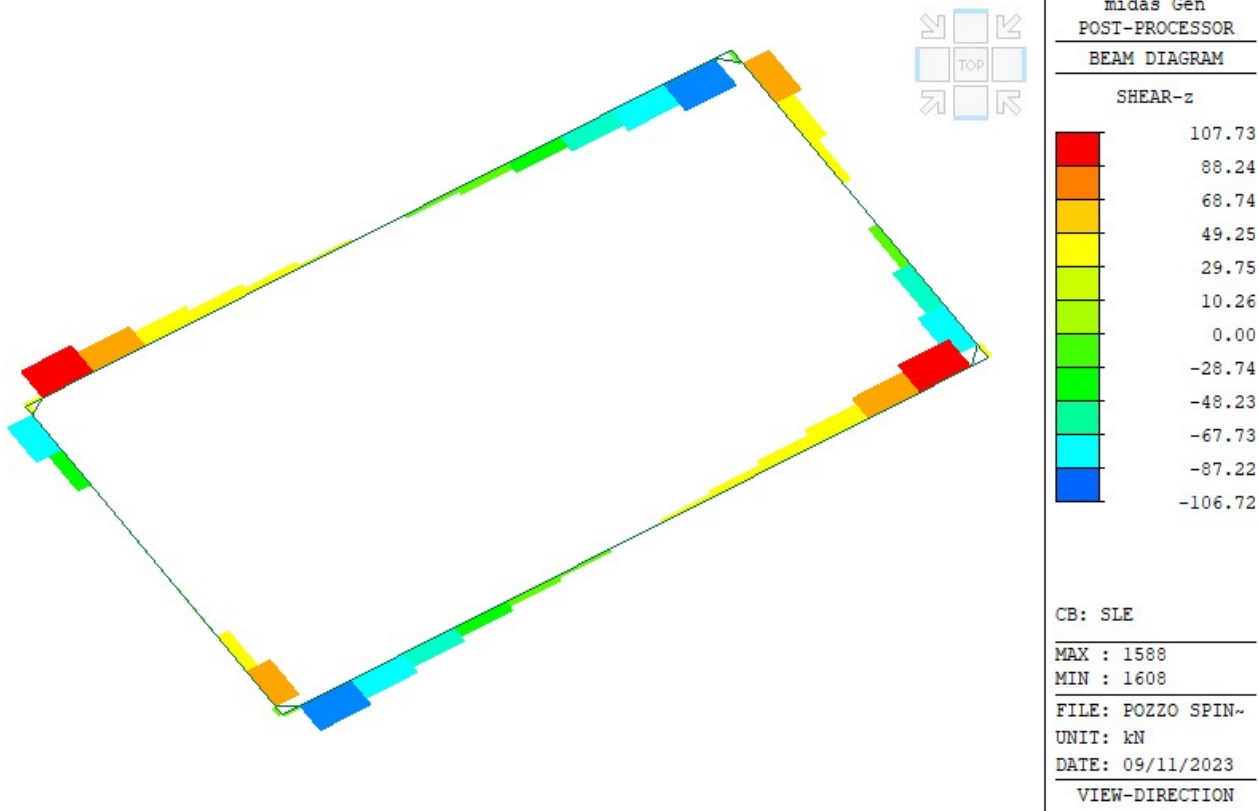
FASE 2 – CENTINA - Momento flettente My SLU [kN\*m]



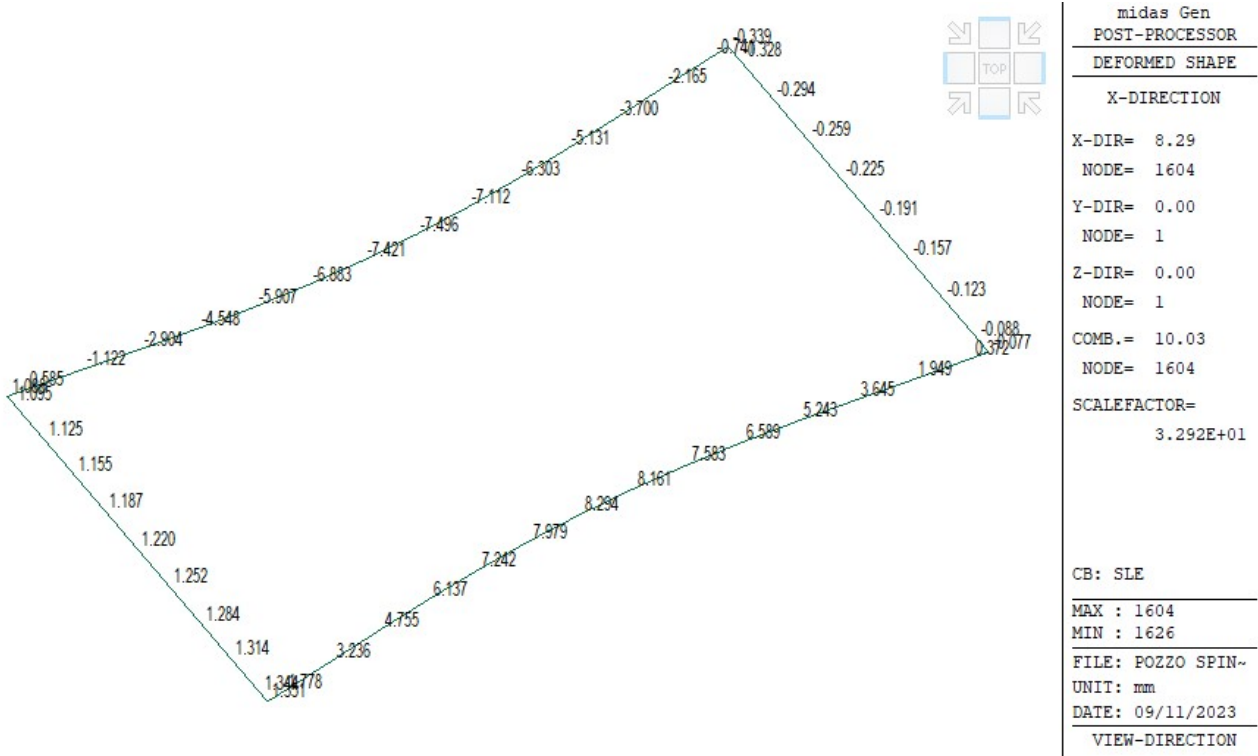
FASE 2 – CENTINA - Momento flettente My SLE [kN\*m]



FASE 2 – CENTINA - Taglio Fz SLU [kN]



FASE 2 – CENTINA - Taglio Fz SLE [kN]



FASE 2 – CENTINA - Deformata SLE [mm]

### 5.2.8 Armature degli elementi

Le armature previste per i vari elementi sono le seguenti:

- Cordolo sezione 50x50 cm: 8 $\phi$ 18 longitudinali e staffe  $\phi$ 12/15;
- Micropali diam. 240 mm: tubolari diam.168 mm sp. 6,3 mm in acciaio S275;

### 5.2.9 Verifiche di sicurezza SLU trave di coronamento

Di seguito si riportano le verifiche di resistenza SLU del cordolo di testa della berlinese.

Le sollecitazioni derivanti dall'analisi strutturale eseguita nei modelli FEM delle due fasi sono i seguenti:

FASE 1:

Massimo momento flettente SLU:  $M = 171,87 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Massima sollecitazione tagliante SLU:  $V = 205,18 \text{ kN}$

FASE 1:

Massimo momento flettente SLU:  $M = 43,29 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Massima sollecitazione tagliante SLU:  $V = 28,28 \text{ kN}$

SOLLECITAZIONI TOTALI:

Massimo momento flettente SLU:  $M = 215,16 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Massima sollecitazione tagliante SLU:  $V = 233,46 \text{ kN}$

**Titolo:** Trave di coronamento

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	50	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10,18	5
2	5,09	18
3	5,09	31
4	10,18	45

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>Ed</sub> 215,16 kNm  
M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

**P.to applicazione N**  
Centro Baricentro cls  
Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  14,17 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6  
 $\tau_{c1}$  1,829

M<sub>Rd</sub> 244 kN m  
 $\sigma_c$  -14,17 N/mm²  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  14,72 ‰  
d 45 cm  
x 8,646 x/d 0,1921  
 $\delta$  0,7

**Tipo Sezione**  
Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.  
DXF

**Metodo di calcolo**  
S.L.U. + S.L.U. -  
Metodo n

**Tipo flessione**  
Retta Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
M-curvatura  
Precompresso

Calcolo del momento resistente della sezione con l'armatura prevista

Nella verifica viene trascurato cautelativamente il contributo stabilizzante della compressione sulle travi.

La sezione del cordolo di testa, avente dimensioni 50x50 cm e armata con 4 $\phi$ 18 per lato ha un momento resistente:  $M_{rd} = 244 \text{ kN}\cdot\text{m} > M_{sd} = 187 \text{ kN}\cdot\text{m}$  VERIFICA SODDISFATTA



<b>Dati</b>					
$b_w$ [mm] =	500				
$d$ [mm] =	460				
$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	25				
$f_{yd}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	391				
Armatura tesa $A_{sl}$ [mm <sup>2</sup> ] =	1016				
$\gamma_c$ =	1,6				
$\alpha_c$ =	1				
$v$ =	0,5				
Taglio Sollecitante $V_{ED}$ [kN] =	233,46				
<b>Parametri</b>					
$k = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1,6594				
$v_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} =$	0,3741				
$\rho_l = A_{sl} / (b_w * d) =$	0,0044				
<b>Taglio resistente (senza armatura a taglio)</b>					
$V_{rd1} = [0,18 * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} / \gamma_c] * b_w * d =$	95,62	kN			
$V_{rd2} = v_{min} * b_w * d =$	86,04	kN			
$V_{rd} = \max (V_{rd1}; V_{rd2}) =$	95,62	kN	NON VERIFICATO		
<b>Taglio resistente (con armatura a taglio)</b>					
Numero bracci staffe =	2				
Area di un braccio [mm <sup>2</sup> ] =	113				
Passo staffe [mm] =	150				
Inclinazione puntoni $\alpha$ [ctg $\theta$ ] =	1				
Inclinazione staffe [ctg $\alpha$ ] =	0				
Inclinazione staffe [sin $\alpha$ ] =	1				
$V_{rsd} = 0,9 * d * (A_{sw}/s) * f_{yd} * (ctg\alpha + ctg\theta) * sin\alpha =$	243,89	kN			
$V_{rcd} = 0,9 * d * b_w * \alpha_c * v * f_{cd} * (ctg\alpha + ctg\theta) / (1+ctg^2\theta) =$	1617,19	kN			
$V_{rd} = \min (V_{rcd}; V_{rsd}) =$	243,89	kN	VERIFICATO		

Calcolo del taglio resistente della sezione con l'armatura prevista

Dalla verifica a taglio sopra riportata emerge che la sezione in calcestruzzo 50x50 necessita di apposita staffatura per sopportare la sollecitazione a taglio.

Con staffe  $\phi 12/15$  abbiamo:

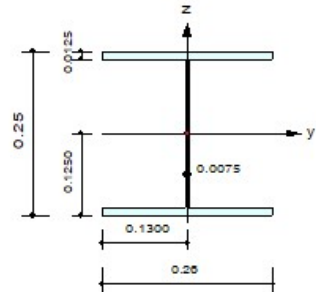
$V_{rd} = 243,89 \text{ kN} > V_{sd} = 233,46 \text{ kN}$  VERIFICA SODDISFATTA

5.2.10 Verifiche di sicurezza SLU centina in acciaio

Di seguito si riportano le verifiche di resistenza SLU della trave di centina più sollecitata, sia con riferimento alla pressoflessione che alla sollecitazione di taglio.

1. Design Information

Design Code	Eurocode3:05
Unit System	kN, m
Member No	1625
Material	S275 (No:2) ( $F_y = 275000$ , $E_s = 210000000$ )
Section Name	HEA260 (No:2) (Rolled : HEA260).
Member Length	: 5.46000



2. Member Forces

Axial Force	$F_{xx} = -170.68$ (LCB: 1, POS:1/2)
Bending Moments	$M_y = 80.8936$ , $M_z = -0.0920$
End Moments	$M_{yi} = -62.197$ , $M_{yj} = -61.098$ (for $L_b$ ) $M_{yi} = -91.888$ , $M_{yj} = -84.303$ (for $L_y$ ) $M_{zi} = 0.00000$ , $M_{zj} = 0.00634$ (for $L_z$ )
Shear Forces	$F_{yy} = -4.5321$ (LCB: 1, POS:I) $F_{zz} = -52.894$ (LCB: 1, POS:1/4)

Depth	0.25000	Web Thick	0.00750
Top F Width	0.25000	Top F Thick	0.01250
Bot.F Width	0.25000	Bot.F Thick	0.01250
Area	0.00868	Asz	0.00188
I <sub>yy</sub>	0.05779	I <sub>zz</sub>	0.00845
I <sub>yy</sub>	0.00010	I <sub>zz</sub>	0.00004
Y <sub>bar</sub>	0.13000	Z <sub>bar</sub>	0.12500
W <sub>ely</sub>	0.00084	W <sub>elz</sub>	0.00028
r <sub>y</sub>	0.11000	r <sub>z</sub>	0.06500

3. Design Parameters

Unbraced Lengths	$L_y = 5.20000$ , $L_z = 5.46000$ , $L_b = 5.46000$
Effective Length Factors	$K_y = 1.00$ , $K_z = 1.00$
Equivalent Uniform Moment Factors	$C_{my} = 1.00$ , $C_{mz} = 1.00$ , $C_{mLT} = 1.00$

4. Checking Result

Slenderness Ratio	$KL/r = 84.0 < 200.0$ (LCB: 1)..... O.K
Axial Resistance	$N_{Ed}/MIN[N_{c,Rd}, N_{b,Rd}] = 170.68/1334.26 = 0.128 < 1.000$ ..... O.K
Bending Resistance	$M_{Edy}/M_{Rdy} = 80.894/253.000 = 0.320 < 1.000$ ..... O.K $M_{Edz}/M_{Rdz} = 0.092/117.058 = 0.001 < 1.000$ ..... O.K
Combined Resistance	$R_{MNRd} = MAX[M_{Edy}/M_{Ny,Rd}, M_{Edz}/M_{Nz,Rd}]$ $R_{BiM} = (M_{Edy}/M_{Ny,Rd})^{\alpha} + (M_{Edz}/M_{Nz,Rd})^{\beta}$ $R_{byN} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \gamma_{M0})$ , $R_{byM} = M_{Edy}/M_{y,Rd} + M_{Edz}/M_{z,Rd}$ $R_{cLT1} = N_{Ed}/(X_{iy} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$ $R_{bLT1} = (k_{yy} \cdot M_{Edy}) / (X_{iLT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{Edz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$ $R_{cLT2} = N_{Ed}/(X_{iz} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$ $R_{bLT2} = (k_{zy} \cdot M_{Edy}) / (X_{iLT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (k_{zz} \cdot M_{Edz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$ $R_{max} = MAX[R_{MNRd}, R_{BiM}, (R_{byN} + R_{byM}), MAX(R_{cLT1} + R_{bLT1}, R_{cLT2} + R_{bLT2})] = 0.401 < 1.000$ .. O.K
Shear Resistance	$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.004 < 1.000$ ..... O.K $V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.116 < 1.000$ ..... O.K

### 5.3 Calcolo dei pali della berlinese – Modello Paratie

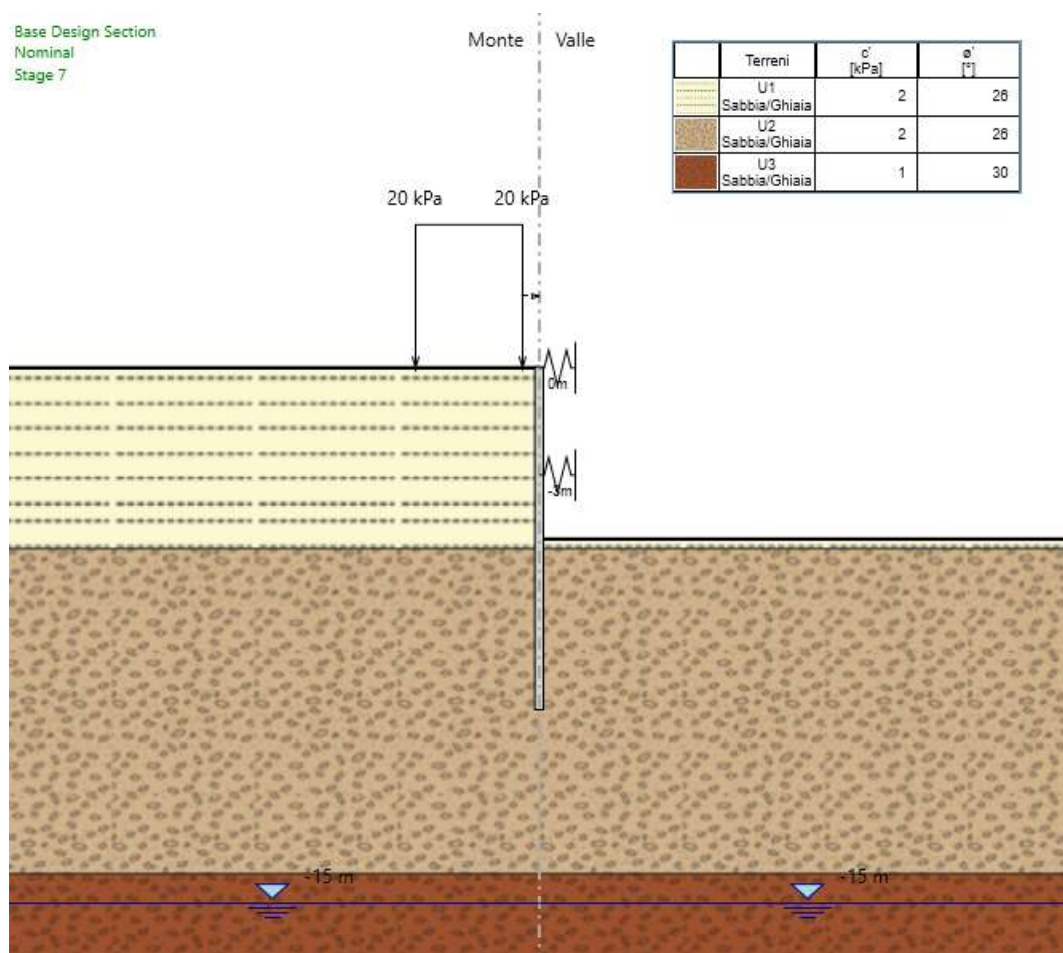
Come spiegato ai punti precedenti, per l'esecuzione delle verifiche geotecniche e strutturali dei pali è stato predisposto un modello bidimensionale con il software Paratie Plus, che consente di effettuare un'analisi non lineare contemplando le effettive fasi di realizzazione dell'opera.

Nel modello sono stati inseriti due vincoli: uno in testa alla berlinese corrispondente al cordolo, dotato di rigidità traslazionale e rotazionale, ed uno a profondità di 3m corrispondente alla centina, dotato di sola rigidità traslazionale.

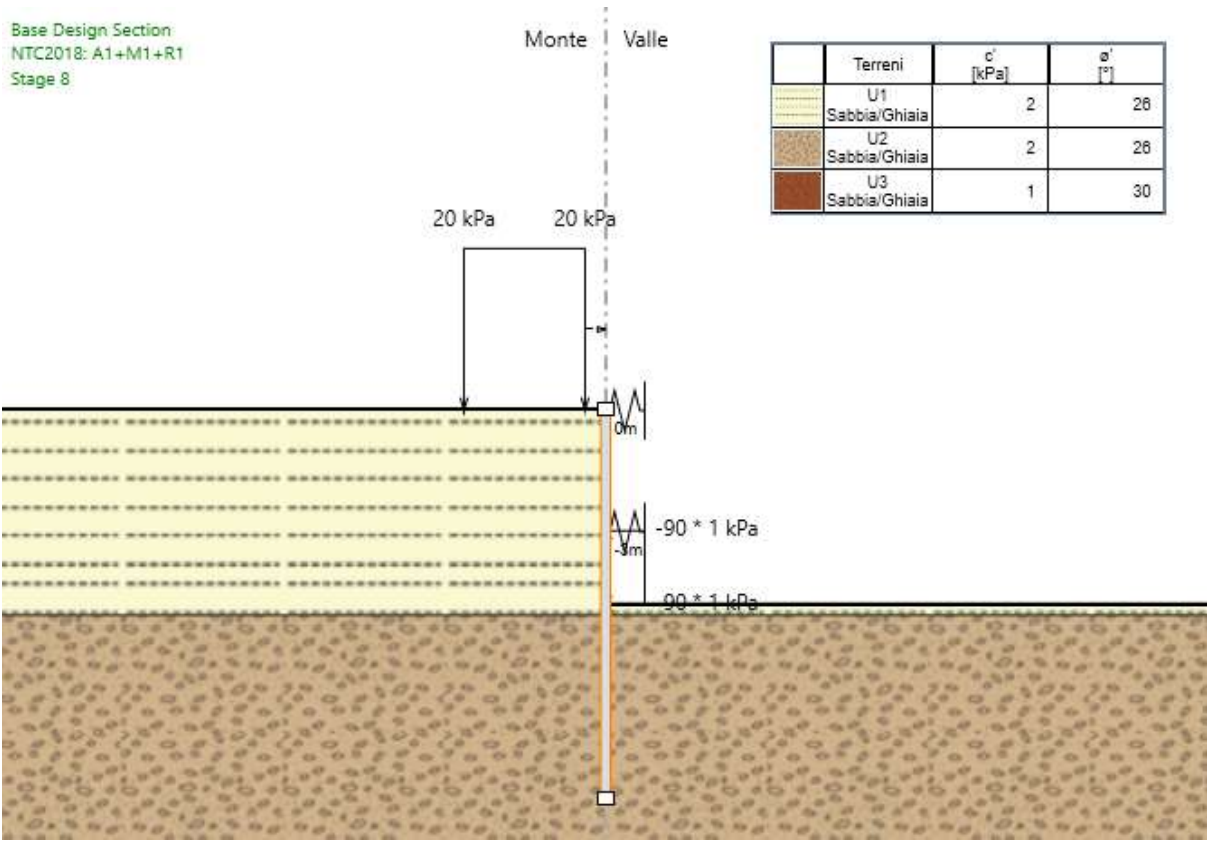
I valori delle rigidità sono stati inseriti sulla base delle deformazioni e sollecitazioni ottenute dai modelli tridimensionali realizzati con Midas Gen; a valle della taratura del modello Paratie, si sono potuti osservare sui pali stati di sollecitazione e deformazione molto vicini a quelli ottenuti dal modello Midas, per cui questo modello si ritiene attendibile per la verifica geotecnica e strutturale dei pali della berlinese.

#### 5.3.1 Modello di calcolo

Nell'immagine seguente si riporta il modello di calcolo di Paratie Plus. Nel modello sono state inserite tutte le fasi di costruzione dell'opera, a partire dallo scavo iniziale fino allo scavo a quota finale dopo aver messo i vari vincoli.

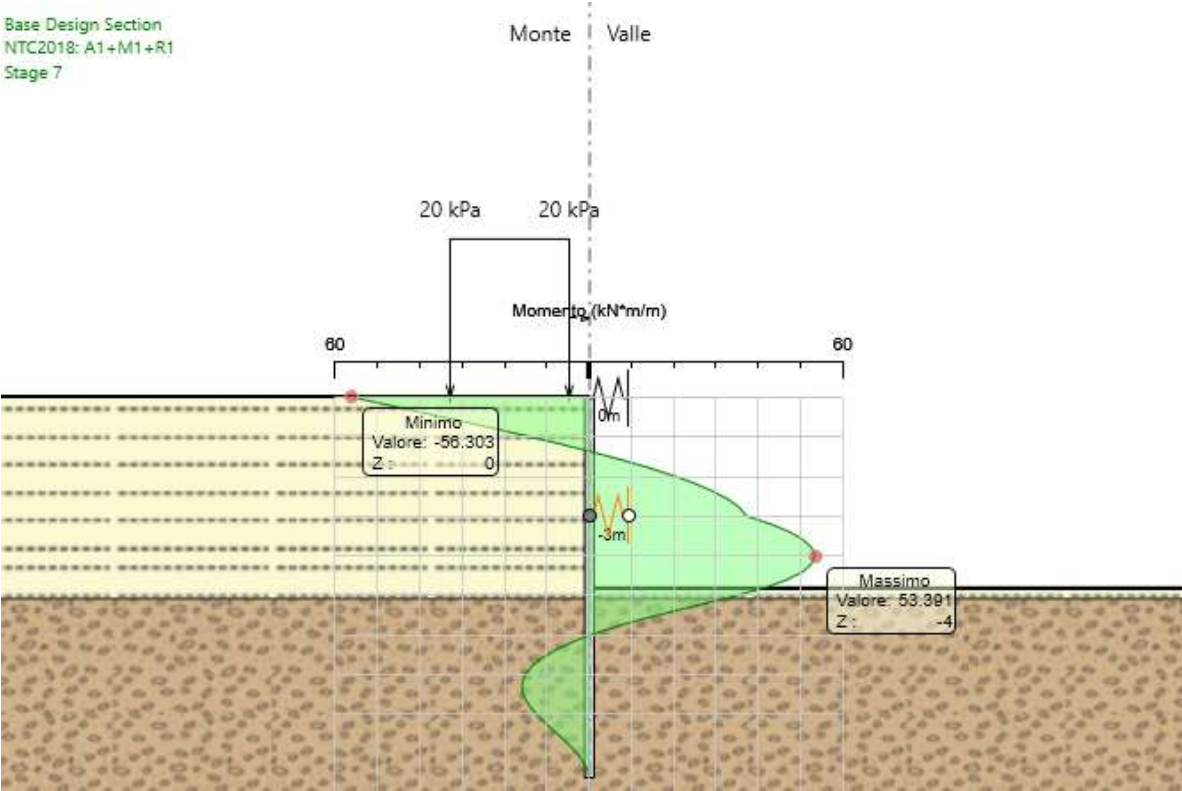


È stato poi approntato un secondo modello per valutare gli effetti di una parziale spinta sui pali posti nella zona posteriore per effetto dell’esecuzione della tubazione in microtunnelling.  
Pur essendo i pali diametro 240 mm a passo 35 cm molto meno rigidi del muro reggispinga di spessore 40 cm, ai pali è stata cautelativamente attribuita una spinta pari al 50% della spinta complessiva, e quindi un carico distribuito di 90 kN/mq.



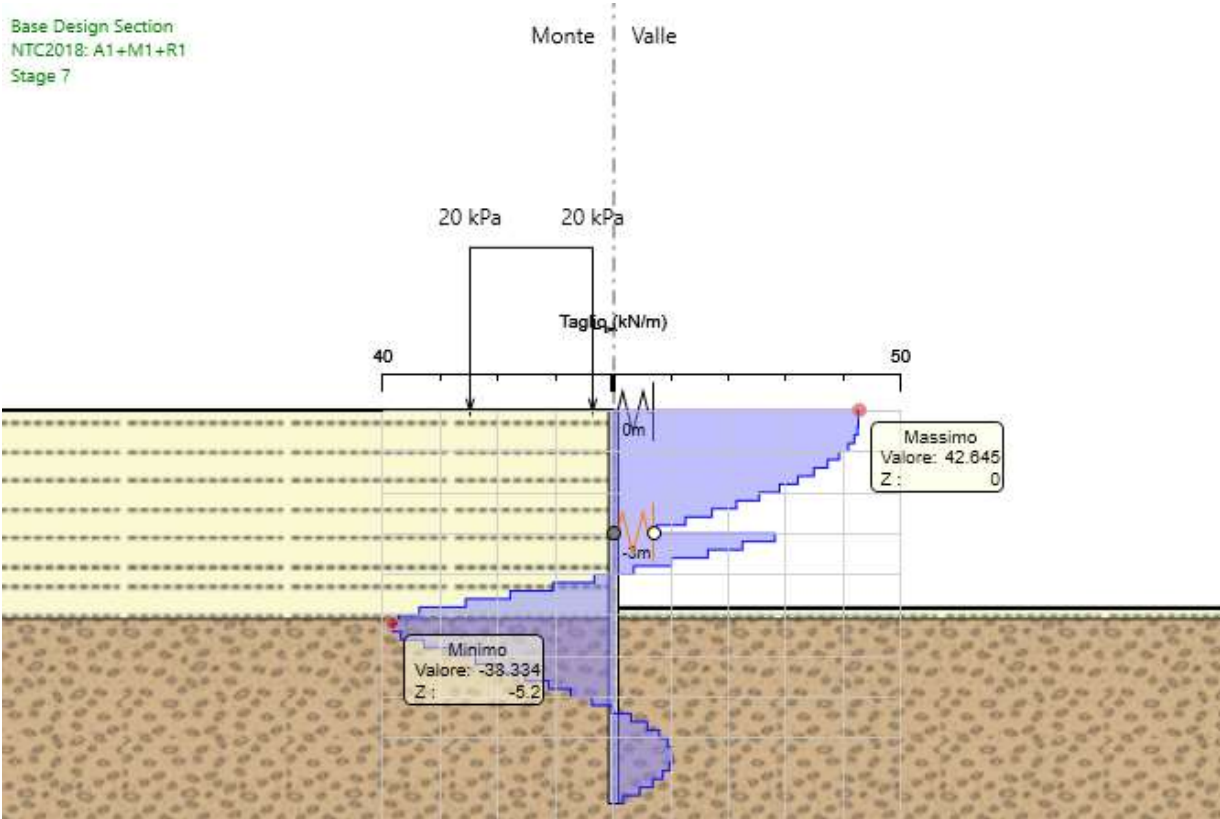
5.3.2 Sollecitazioni e deformazioni

Le principali sollecitazioni e deformazioni ottenute dall’analisi strutturale, senza considerare la spinta del microtunnelling sono le seguenti:

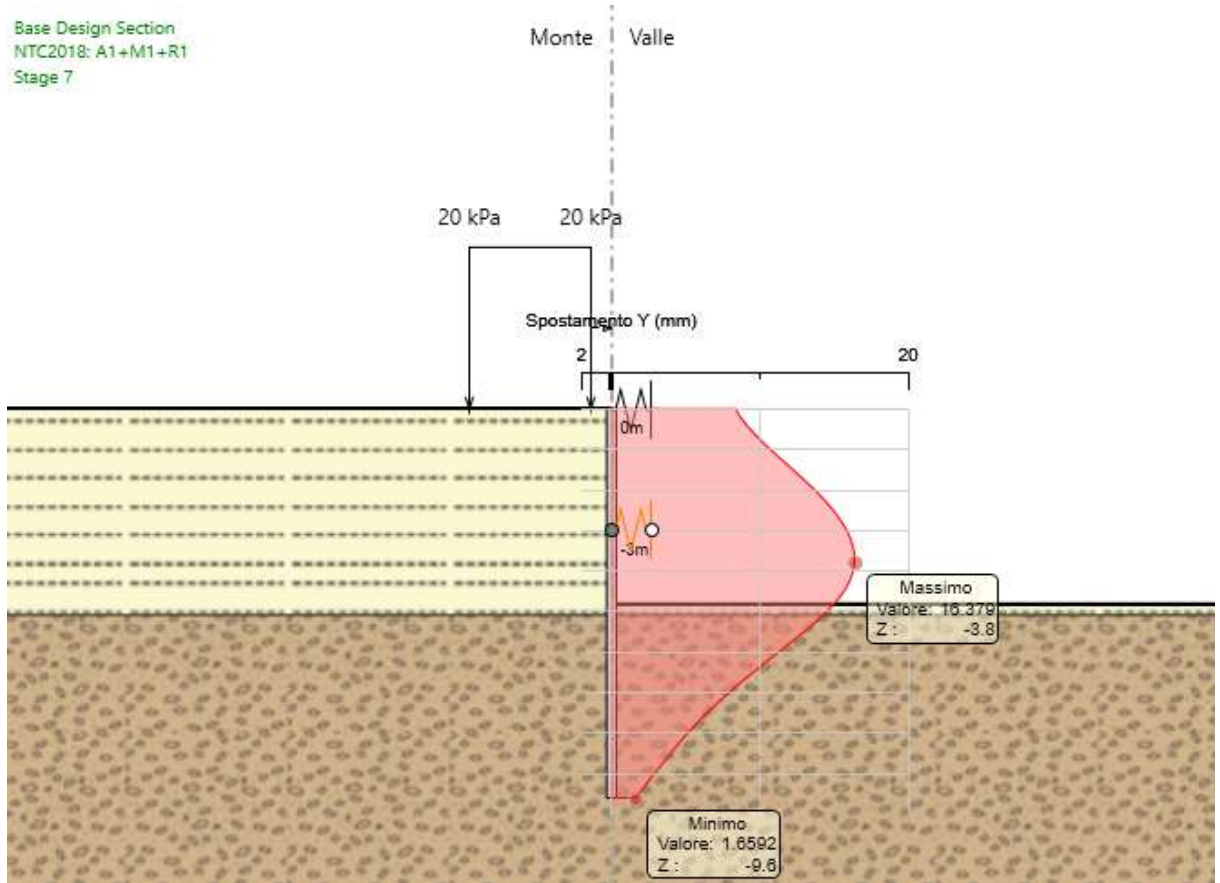


Momento flettente sui pali SLU a metro di profondità [kN\*m/m]



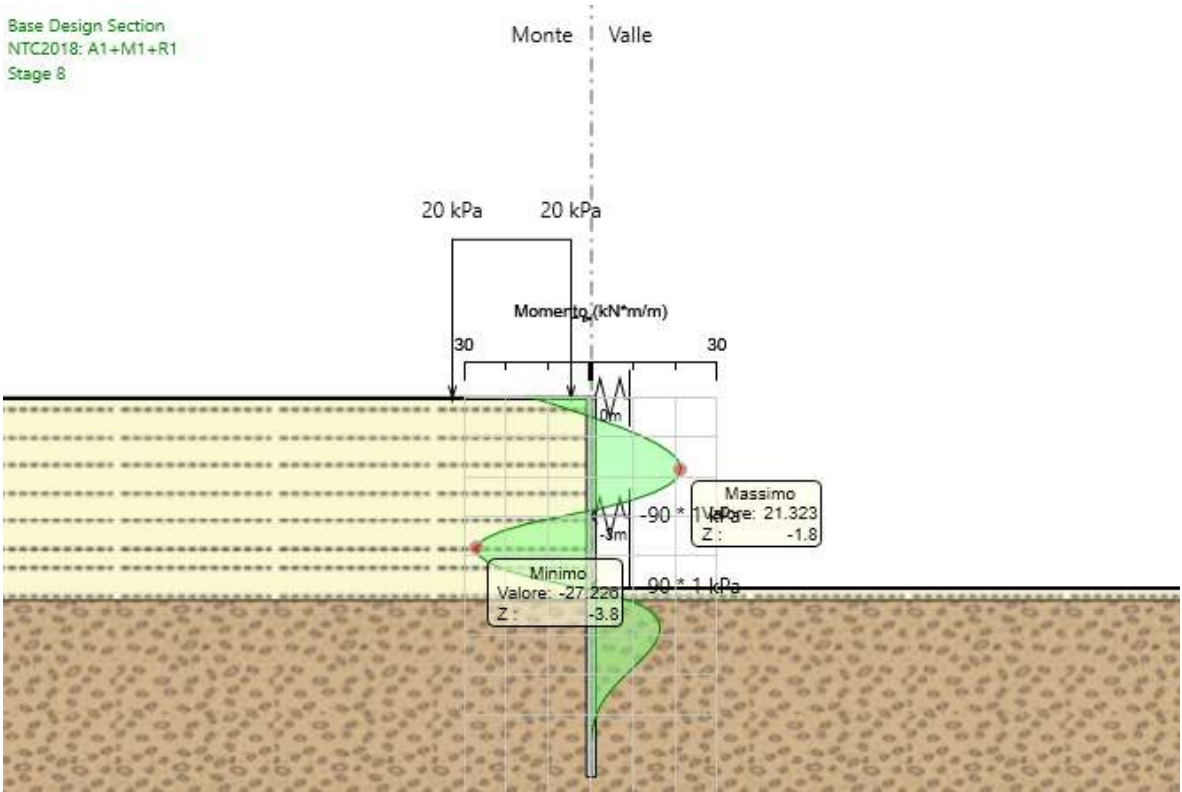


Sforzo tagliente sui pali SLU a metro di profondità [kN/m]

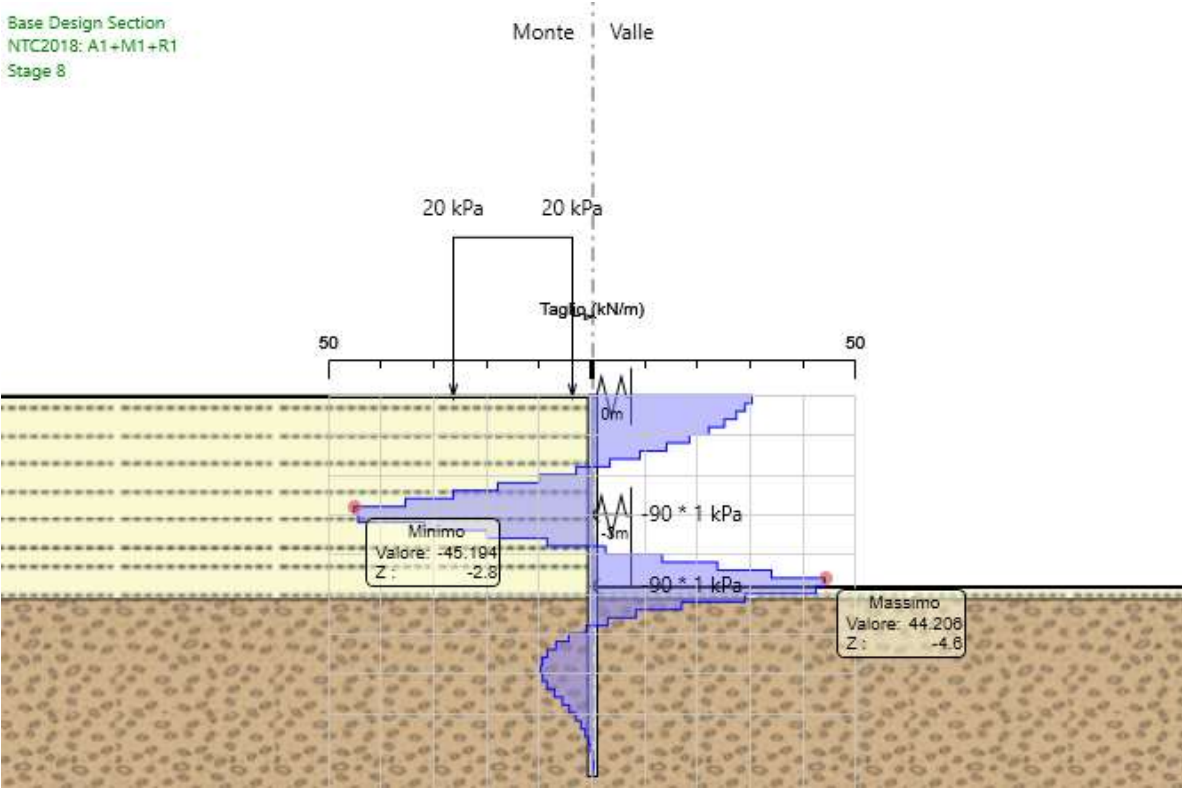


Deformata SLE sui pali [mm]

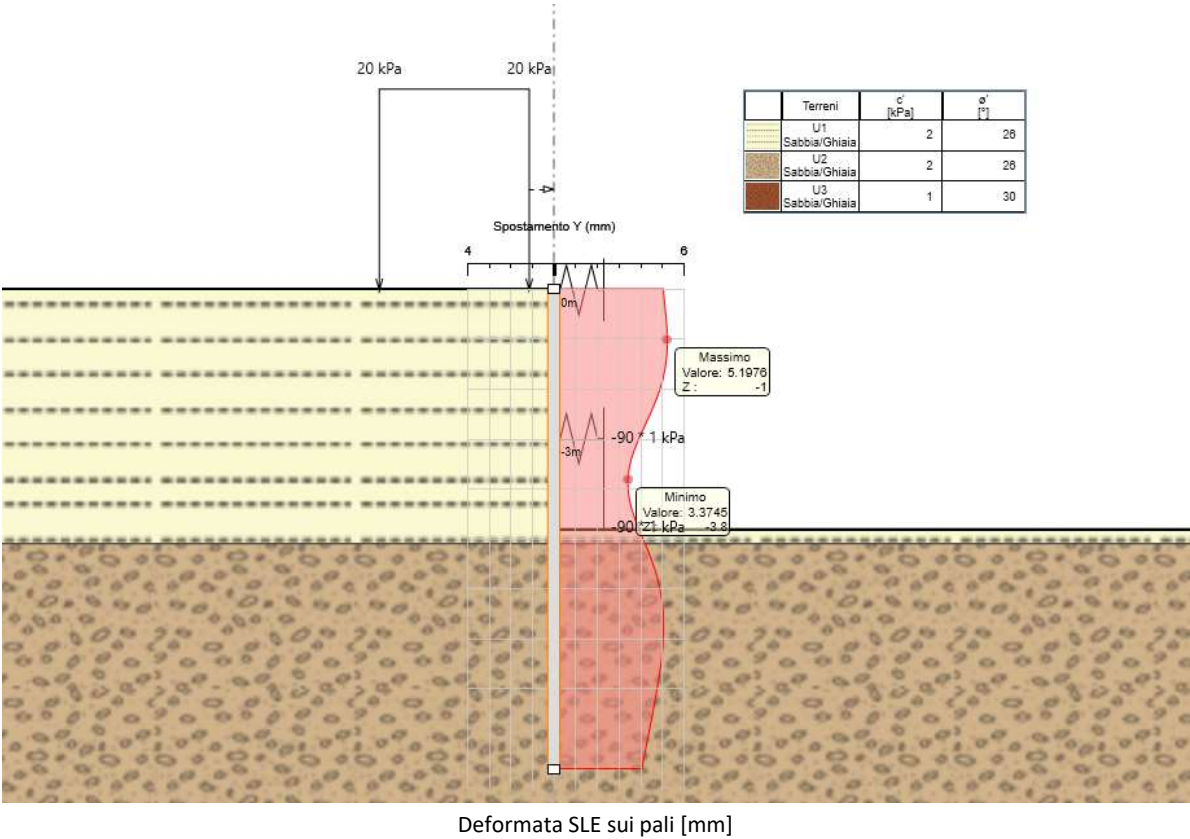
Le principali sollecitazioni e deformazioni ottenute dall’analisi strutturale, considerando la spinta del microtunnelling sono le seguenti:



Momento flettente sui pali SLU a metro di profondità [kN\*m/m]



Sforzo tagliante sui pali SLU a metro di profondità [kN/m]



5.3.3 Verifiche dei pali della berlinese

Si riportano di seguito le verifiche strutturali e geotecniche dei pali della berlinese, aventi sezione circolare in cls C25/30, diametro 240 mm, lunghezza 10 m, interasse 35 cm e armatura con tubolari diametro 168 mm sp. 6,3 cm in acciaio S275.

Le verifiche di seguito riportate riguardano sia l’infissione dei pali, secondo combinazione A2+M2+R2, sia la resistenza strutturale dei pali stessi, in combinazione A1+M1+R3.

5.3.3.1 Senza spinta microtunnelling

DESIGN SECTION <Base Design Section>	
Summary will be issued for the following Design assumptions	
<Nominal>	TYPE: <n.a>
<NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>	TYPE: <SERVICE>
<NTC2018: A1+M1+R1>	TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A1+M1+R3>	TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A2+M2+R1>	TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A2+M2+R2>	TYPE: <ULTIMATE>

Riepilogo per la DA <Nominal>

Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati

Min. spostamento laterale [mm]	0	Z = -9.6 m	D.A. Nominal (Stage 1)
Max. spostamento laterale [mm]	16.38	Z = -3.8 m	D.A. Nominal (Stage 7)

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.16 D.A. Nominal (Stage 1)  
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.4 D.A. Nominal (Stage 7)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

7) WallElement Max. momento (assoluto) [kNm/m] 43.31 Z = 0 m D.A. Nominal (Stage 7)  
Max. taglio [kN/m] 32.8 Z = -0.4 m D.A. Nominal (Stage 7)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring Max. forza (ass.) [kN/m] 32.8 D.A. Nominal (Stage 7)  
Max. momento (ass.) [kNm/m] 43.31 D.A. Nominal (Stage 7)  
Spring\_New Max. forza (ass.) [kN/m] 19.87 D.A. Nominal (Stage 7)  
Max. momento (ass.) [kNm/m] 0 D.A. Nominal (Stage 7)

**Riepilogo per la DA <NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm] 0 Z = -9.6 m D.A. NTC2018: SLE  
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 1)  
Max. spostamento laterale [mm] 16.38 Z = -3.8 m D.A. NTC2018: SLE  
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 7)  
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.16 D.A. NTC2018: SLE  
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 1)  
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.4 D.A. NTC2018: SLE  
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 7)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement Max. momento (assoluto) [kNm/m] 43.31 Z = 0 m D.A. NTC2018: SLE  
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 7)  
Max. taglio [kN/m] 32.8 Z = -0.4 m D.A. NTC2018: SLE  
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 7)  
SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.4 Z = 0 m D.A.  
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 7)  
SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.043 Z = -0.2 m D.A.  
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 7)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring Max. forza (ass.) [kN/m] 32.8 D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi  
Permanente) (Stage 7)  
Max. momento (ass.) [kNm/m] 43.31 D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi  
Permanente) (Stage 7)  
Spring\_New Max. forza (ass.) [kN/m] 19.87 D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi  
Permanente) (Stage 7)  
Max. momento (ass.) [kNm/m] 0 D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi  
Permanente) (Stage 7)

**Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R1>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.16 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 1)  
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.4 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 7)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

A1+M1+R1 (Stage 7) WallElement Max. momento (assoluto) [kNm/m] 56.3 Z = 0 m D.A. NTC2018:  
Max. taglio [kN/m] 42.64 Z = -0.4 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1  
(Stage 7)  
SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.52 Z = 0 m D.A.  
NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 7)  
SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.055 Z = -0.2 m D.A.  
NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 7)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring Max. forza (ass.) [kN/m] 42.64 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 7)  
Max. momento (ass.) [kNm/m] 56.3 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 7)  
Spring\_New Max. forza (ass.) [kN/m] 25.83 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 7)  
Max. momento (ass.) [kNm/m] 0 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 7)



**Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R3>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.16 D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 1)  
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.4 D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 7)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement Max. momento (assoluto) [kNm/m] 56.3 Z = 0 m D.A. NTC2018:  
A1+M1+R3 (Stage 7)  
Max. taglio [kN/m] 42.64 Z = -0.4 m D.A. NTC2018: A1+M1+R3  
(Stage 7)  
SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.52 Z = 0 m D.A.  
NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 7)  
SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.055 Z = -0.2 m D.A.  
NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 7)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring Max. forza (ass.) [kN/m] 42.64 D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 7)  
Max. momento (ass.) [kNm/m] 56.3 D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 7)  
Spring\_New Max. forza (ass.) [kN/m] 25.83 D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 7)  
Max. momento (ass.) [kNm/m] 0 D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 7)

**Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R1>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.21 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 1)  
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.56 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 7)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement Max. momento (assoluto) [kNm/m] 65.4 Z = 0 m D.A. NTC2018:  
A2+M2+R1 (Stage 7)  
Max. taglio [kN/m] 45.25 Z = -0.4 m D.A. NTC2018: A2+M2+R1  
(Stage 7)  
SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.604 Z = 0 m D.A.  
NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 7)  
SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.059 Z = -0.2 m D.A.  
NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 7)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring Max. forza (ass.) [kN/m] 45.25 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 7)  
Max. momento (ass.) [kNm/m] 65.4 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 7)  
Spring\_New Max. forza (ass.) [kN/m] 30.17 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 7)  
Max. momento (ass.) [kNm/m] 0 D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 7)

**Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R2>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.21 D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 1)  
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.56 D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement Max. momento (assoluto) [kNm/m] 65.4 Z = 0 m D.A. NTC2018:  
A2+M2+R2 (Stage 7)  
Max. taglio [kN/m] 45.25 Z = -0.4 m D.A. NTC2018: A2+M2+R2  
(Stage 7)  
SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.604 Z = 0 m D.A.  
NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)  
SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.059 Z = -0.2 m D.A.  
NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring Max. forza (ass.) [kN/m] 45.25 D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)  
Max. momento (ass.) [kNm/m] 65.4 D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)  
Spring\_New Max. forza (ass.) [kN/m] 30.17 D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)  
Max. momento (ass.) [kNm/m] 0 D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)



**Riepilogo per tutte le Design Assumption (DA) attive**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm]	0	Z = -9.6 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 1)			
Max. spostamento laterale [mm]	16.38	Z = -3.8 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 7)			
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.21	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 1)	
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.56	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)	

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	65.4	Z = 0 m	D.A. NTC2018:
A2+M2+R2 (Stage 7)				
	Max. taglio [kN/m]	45.25	Z = -0.4 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2
(Stage 7)				
	SteelWord: massimo struttamento in flessione	0.604	Z = 0 m	D.A.
NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)				
	SteelWord: massimo struttamento a taglio	0.059	Z = -0.2 m	D.A.
NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)				

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	45.25	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	65.4	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)
Spring_New	Max. forza (ass.) [kN/m]	30.17	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	0	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)

**5.3.3.2 Con spinta microtunnelling**

**DESIGN SECTION <Base Design Section>**

Summary will be issued for the following Design assumptions

<Nominal>	TYPE: <n.a>
<NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>	TYPE: <SERVICE>
<NTC2018: A1+M1+R1>	TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A1+M1+R3>	TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A2+M2+R1>	TYPE: <ULTIMATE>
<NTC2018: A2+M2+R2>	TYPE: <ULTIMATE>

**Riepilogo per la DA <Nominal>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm]	0	Z = -9.6 m	D.A. Nominal (Stage 1)
Max. spostamento laterale [mm]	16.38	Z = -3.8 m	D.A. Nominal (Stage 7)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.16	D.A. Nominal (Stage 1)	
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.4	D.A. Nominal (Stage 7)	

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	43.31	Z = 0 m	D.A. Nominal (Stage 7)
	Max. taglio [kN/m]	34.76	Z = -3 m	D.A. Nominal (Stage 8)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	32.8	D.A. Nominal (Stage 7)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	43.31	D.A. Nominal (Stage 7)
Spring_New	Max. forza (ass.) [kN/m]	19.87	D.A. Nominal (Stage 7)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	0	D.A. Nominal (Stage 8)

**Riepilogo per la DA <NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm]	0	Z = -9.6 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 1)			
Max. spostamento laterale [mm]	16.38	Z = -3.8 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 7)			

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.16 D.A. NTC2018: SLE  
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 1)  
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.4 D.A. NTC2018: SLE  
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 7)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement Max. momento (assoluto) [kNm/m] 43.31 Z = 0 m D.A. NTC2018: SLE  
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 7)  
Max. taglio [kN/m] 34.76 Z = -3 m D.A. NTC2018: SLE  
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 8)  
SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.4 Z = 0 m D.A.  
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 7)  
SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.045 Z = -2.8 m D.A.  
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 8)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring Max. forza (ass.) [kN/m] 32.8 D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi  
Permanente) (Stage 7)  
Max. momento (ass.) [kNm/m] 43.31 D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi  
Permanente) (Stage 7)  
Spring\_New Max. forza (ass.) [kN/m] 19.87 D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi  
Permanente) (Stage 7)  
Max. momento (ass.) [kNm/m] 0 D.A. NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi  
Permanente) (Stage 8)

**Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R1>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.16 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 1)  
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.4 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 7)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement Max. momento (assoluto) [kNm/m] 56.3 Z = 0 m D.A. NTC2018:  
A1+M1+R1 (Stage 7)  
Max. taglio [kN/m] 45.19 Z = -3 m D.A. NTC2018: A1+M1+R1  
(Stage 8)  
SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.52 Z = 0 m D.A.  
NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 7)  
SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.059 Z = -2.8 m D.A.  
NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 8)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring Max. forza (ass.) [kN/m] 42.64 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 7)  
Max. momento (ass.) [kNm/m] 56.3 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 7)  
Spring\_New Max. forza (ass.) [kN/m] 25.83 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 7)  
Max. momento (ass.) [kNm/m] 0 D.A. NTC2018: A1+M1+R1 (Stage 8)

**Riepilogo per la DA <NTC2018: A1+M1+R3>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX) 0.16 D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 1)  
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX) 0.4 D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 7)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement Max. momento (assoluto) [kNm/m] 56.3 Z = 0 m D.A. NTC2018:  
A1+M1+R3 (Stage 7)  
Max. taglio [kN/m] 45.19 Z = -3 m D.A. NTC2018: A1+M1+R3  
(Stage 8)  
SteelWord: massimo struttamento in flessione 0.52 Z = 0 m D.A.  
NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 7)  
SteelWord: massimo struttamento a taglio 0.059 Z = -2.8 m D.A.  
NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 8)

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring Max. forza (ass.) [kN/m] 42.64 D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 7)  
Max. momento (ass.) [kNm/m] 56.3 D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 7)  
Spring\_New Max. forza (ass.) [kN/m] 25.83 D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 7)  
Max. momento (ass.) [kNm/m] 0 D.A. NTC2018: A1+M1+R3 (Stage 8)

**Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R1>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.21	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 8)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.56	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 7)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	65.4	Z = 0 m	D.A. NTC2018:
A2+M2+R1 (Stage 7)				
	Max. taglio [kN/m]	45.25	Z = -0.4 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R1
(Stage 7)				
	SteelWord: massimo struttamento in flessione	0.604	Z = 0 m	D.A.
NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 7)				
	SteelWord: massimo struttamento a taglio	0.059	Z = -0.2 m	D.A.
NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 7)				

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	45.25	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 7)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	65.4	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 7)
Spring_New	Max. forza (ass.) [kN/m]	30.17	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 7)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	0	D.A. NTC2018: A2+M2+R1 (Stage 8)

**Riepilogo per la DA <NTC2018: A2+M2+R2>**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.21	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 8)
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.56	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	65.4	Z = 0 m	D.A. NTC2018:
A2+M2+R2 (Stage 7)				
	Max. taglio [kN/m]	45.25	Z = -0.4 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2
(Stage 7)				
	SteelWord: massimo struttamento in flessione	0.604	Z = 0 m	D.A.
NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)				
	SteelWord: massimo struttamento a taglio	0.059	Z = -0.2 m	D.A.
NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)				

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	45.25	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	65.4	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)
Spring_New	Max. forza (ass.) [kN/m]	30.17	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	0	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 8)

**Riepilogo per tutte le Design Assumption (DA) attive**

**Parete <Left Wall> \*\*\* Attenzione: gli spostamenti relativi alle DA agli Stati Limite Ultimi non sono considerati**

Min. spostamento laterale [mm]	0	Z = -9.6 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 1)			
Max. spostamento laterale [mm]	16.38	Z = -3.8 m	D.A. NTC2018: SLE
(Rara/Frequente/Quasi Permanente) (Stage 7)			
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato SX)	0.21	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 8)	
Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva) (Lato DX)	0.56	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)	

**Risultati Elementi parete (Beam)**

WallElement	Max. momento (assoluto) [kNm/m]	65.4	Z = 0 m	D.A. NTC2018:
A2+M2+R2 (Stage 7)				
	Max. taglio [kN/m]	45.25	Z = -0.4 m	D.A. NTC2018: A2+M2+R2
(Stage 7)				
	SteelWord: massimo struttamento in flessione	0.604	Z = 0 m	D.A.
NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)				
	SteelWord: massimo struttamento a taglio	0.059	Z = -0.2 m	D.A.
NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)				

**Risultati elementi mono-dimensionali (Spring)**

Spring	Max. forza (ass.) [kN/m]	45.25	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)	
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	65.4	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)	
Spring_New	Max. forza (ass.) [kN/m]	30.17	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 7)	
	Max. momento (ass.) [kNm/m]	0	D.A. NTC2018: A2+M2+R2 (Stage 8)	