

S.S. 67 "Tosco Romagnola"  
Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la  
località S.Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di  
Dicomano.

Variante di Rufina (FI) – LOTTI 2A e 2B

**PROGETTO DEFINITIVO**

cod. FI462

PROGETTAZIONE:  
RAGGRUPPAMENTO  
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA:



MANDANTI:



**sinergo**



IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI  
SPECIALISTICHE:

Ing. Riccardo Formichi – Società Pro Iter Srl  
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 18045

IL GEOLOGO:

Geol. Massimo Mezzanica – Società Pro Iter Srl  
Ordine Geologi della Lombardia n. 762

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Ing. Massimo Mangini – Società Erre.Vi.A Srl  
Ordine Ingegneri Provincia di Varese n. 1502

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Francesco Pisani

PROTOCOLLO:

DATA:



**ASSE PRINCIPALE  
VIADOTTO ARGOMENNA**

**VIADOTTO ARGOMENNA: STRUTTURE/CORPO DELL'OPERA**

Relazione di calcolo sottostrutture

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	P01-VI02-STR-RE02.pdf				
ACNO0113	D 20	CODICE ELAB.	P01	VI01	STR	RE02
D						
C						
B						
A	EMISSIONE		10/2023	Ing. Cassani	Ing. Bonasio	Ing. Formichi
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 2 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
1.1	Impalcato.....	4
1.2	Appoggi e giunti di dilatazione .....	6
1.3	Pile .....	6
1.4	Spalle .....	7
2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	8
2.1	Normativa di riferimento.....	8
2.2	Normativa tecnica nazionale .....	8
2.3	Bibliografia e altri riferimenti.....	8
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	9
3.1	Calcestruzzo .....	9
3.2	Acciaio.....	10
3.3	Durabilità .....	11
4	APPROCCIO DI CALCOLO.....	15
4.1	Caratteristiche delle opere .....	15
4.2	Criteri generali di verifica.....	15
4.3	Software di calcolo .....	21
4.4	Validazione dei programmi di calcolo.....	22
5	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI .....	23
5.1	Elementi in cemento armato .....	23
6	ANALISI DEI CARICHI.....	26
6.1	Azioni da impalcati sulle pile .....	26
6.2	Azioni da impalcati sulle spalle .....	28
6.3	Azioni permanenti strutturali (G1) .....	30
6.4	Azioni permanenti non strutturali (G2) .....	30
6.5	Spinta del terreno (G3).....	30
6.6	Azione sismica (E) .....	33
6.7	Azioni accidentali da traffico veicolare (q <sub>1</sub> ).....	38
7	ANALISI PILE.....	39
7.1	Verifiche Fusto Pila .....	42
7.2	Verifiche plinto su pali .....	54
8	ANALISI SPALLA.....	56
8.1	Modello di calcolo.....	56
8.2	Sollecitazioni elevazione .....	57
8.3	Sollecitazioni in fondazione.....	65
8.4	Sollecitazioni muro d'ala .....	74
8.5	Sezione base muro d'ala.....	78

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 3 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

8.6	Paraghiaia .....	82
8.7	Verifiche Muro Frontale .....	86
8.8	Verifiche Muro d'ala, sezione superiore .....	99
8.9	Verifiche Muro d'ala, sezione di base .....	107
8.10	Verifiche Paraghiaia .....	115
9	VERIFICHE DEI PALI DI FONDAZIONE .....	121
9.1	Verifica agli stati limite ultimi (SLU) .....	122
9.2	Resistenze di pali soggetti a carichi assiali .....	123
9.3	Resistenze di pali soggetti a carichi trasversali .....	123
9.4	Condizioni sismiche .....	123
9.5	Capacità portante dei pali di fondazione .....	123
9.6	Valutazione delle azioni nei pali di fondazione .....	125
9.7	Analisi numeriche – fondazioni su pali di grande diametro .....	126
9.8	Analisi numeriche – fondazione su micropali .....	136
10	VERIFICHE DEI MICROPALI DI FONDAZIONE .....	142
10.1	Verifica agli stati limite ultimi (SLU) .....	143
10.2	Resistenze di pali soggetti a carichi assiali .....	143
10.3	Resistenze di pali soggetti a carichi trasversali .....	144
10.4	Condizioni sismiche .....	144
10.5	Capacità portante dei pali di fondazione .....	144
10.6	Valutazione delle azioni nei pali di fondazione .....	146
10.7	Analisi numeriche – fondazione su micropali .....	147
11	APPENDICE – Scarichi all'intradosso delle platee di fondazione .....	155
12	RIEPILOGO INCIDENZE C.A. ....	165

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 4 di 166
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ETA S.p.A.</b> INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTALE	<b>sinergo</b> <b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	
				Data Ott '23

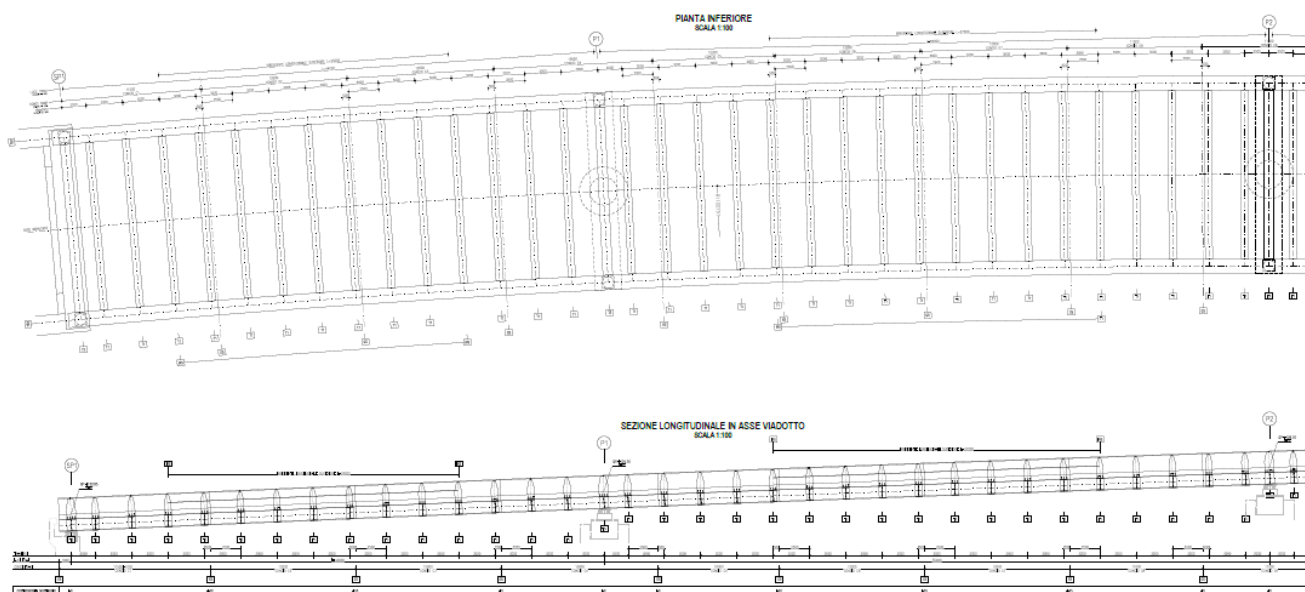
## 1 PREMESSA

La presente relazione illustra l'analisi e le verifiche strutturali effettuate per la progettazione delle sottostrutture del Viadotto Argomenna, facente parte delle opere previste nell'ambito dei "Lavori di adeguamento della S.S.67 Tosco-Romagnola nel tratto tra la località San Francesco in comune di Pelago e l'abitato di Dicomano – Variante di Rufina – Lotti 2A e 2B".

Il viadotto in progetto prevede la realizzazione di un impalcato a via di corsa inferiore realizzato con un sistema misto acciaio-calcestruzzo e sviluppato su n.4 campate con schema statico a trave continua. Le luci di calcolo risultano pari a 55 mt per le campate centrali e 44 mt per le due campate terminali, per un totale di 198 mt. Gli impalcati sono costruiti in continuità sulle pile e caratterizzati da una soletta gettata in opera con ausilio di coppelle autoportanti in cls. Le pile, a sezione circolare, sono realizzate con fusto in cemento armato ordinario sulla cui sommità viene realizzato un pulvino in carpenteria metallica.

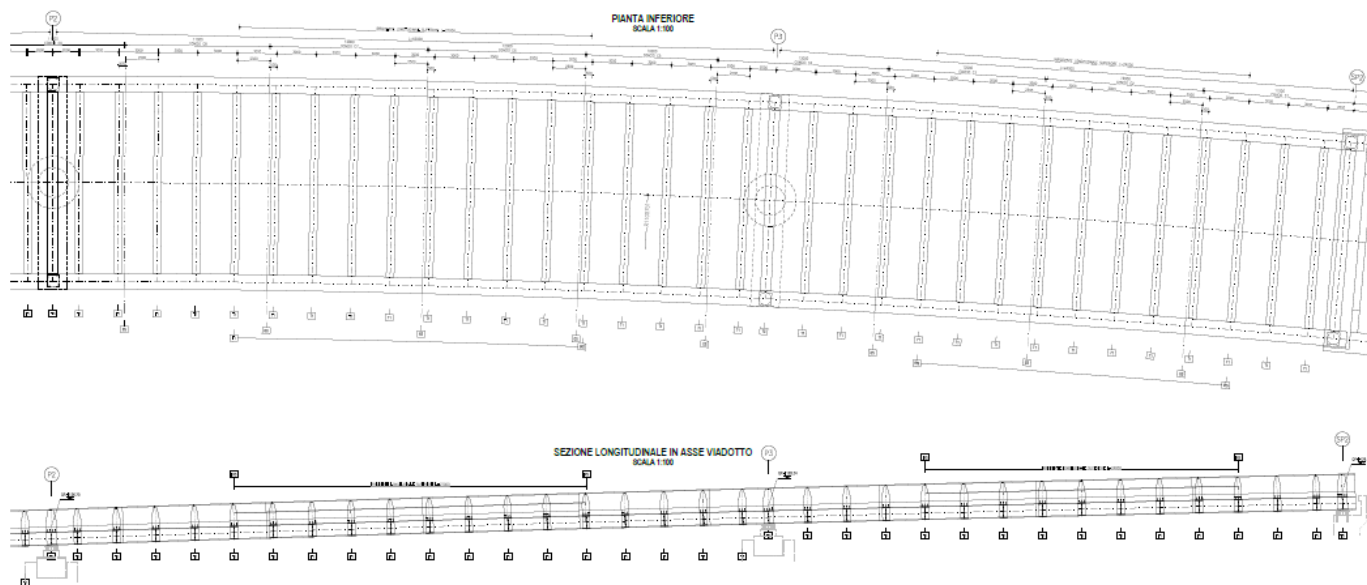
### 1.1 Impalcato

L'impalcato è realizzato con andamento planimetrico curvilineo a raggio costante pari a 1100m lungo tutto il suo sviluppo (199.60 mt totali, compresi i retro-travi); altimetricamente invece prevede una pendenza longitudinale circa costante poco superiore al 4%.



*Pianta e sezione longitudinale carpenteria metallica (Campata 1 - Campata 2)*

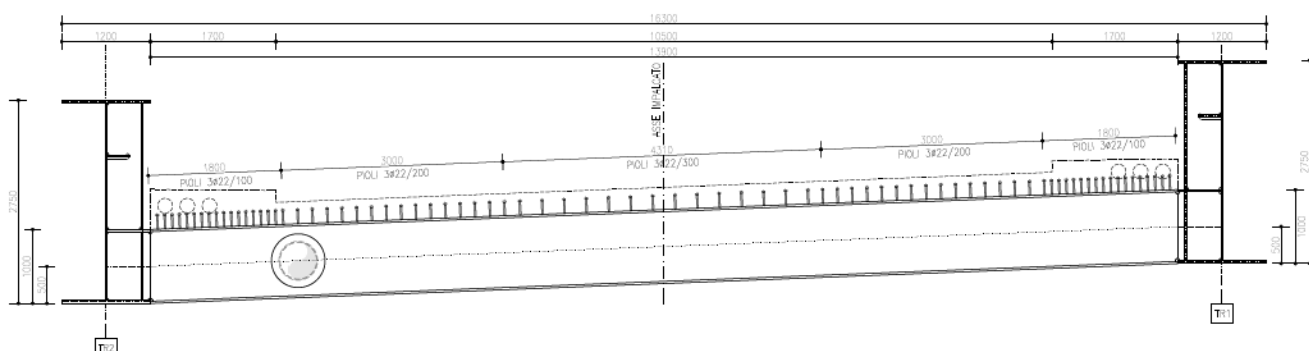
CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.		MANDANTI <b>ETA S.p.A.</b> ENERGENOVA VALICATA ASSOCIATI	sinergo	<b>D_VA</b> DVisionArchitecture	REV. <b>A</b>	FOGLIO 5 di 166
							Data Ott '23



**Pianta e sezione longitudinale carpenteria metallica (Campata 3 - Campata 4)**

L'impalcato, a via di corsa inferiore, presenta una sezione trasversale costituita da:

- n.2 travi portanti longitudinali, realizzate completamente in carpenteria metallica con sezione composta saldata "a doppio T" (altezza totale costante pari a 2.75 mt e larghezza delle ali costante pari a 1.20 mt). Lo spessore dei piatti risulta variabile da concio in concio (45÷80 mm per le ali, 16÷26 mm per le anime).
- n.69 traversi, realizzati a sezione mista acciaio/cls (passo costante pari a 3.00 mt, ad eccezione dei campi in adiacenza ai supporti):
  - o parti in carpenteria metallica realizzate in composizione saldata "a doppio T" (altezza totale costante pari a 1.00 mt e larghezza delle ali pari a 80 cm (per i traversi in asse appoggi) oppure 60 cm (per i traversi in campata).
  - o parti gettate in opera in c.a. ordinario (soletta) con l'ausilio di predalles prefabbricate (spessore totale predalles + getto in opera pari a 30 cm); la solidarizzazione con le sottostanti parti in carpenteria metallica è realizzata con pioli tipo Nelson saldati all'estradosso dell'ala superiore del traverso e inglobati nel getto in opera della soletta.



Tutte le connessioni tra gli elementi di carpenteria metallica sono realizzate con saldature a completo ripristino, evitando antiestetiche connessioni bullonate.

La soletta è dimensionata per ospitare una piattaforma stradale di calibro 10.50 mt, con due corsie di marcia da 3.75 mt e banchine laterali da 1.50 mt. Ai lati della carreggiata stradale vengono ricavati 2 cordoli in c.a. di larghezza 170 cm, con marciapiedi di servizio e barriere di sicurezza metalliche: all'interno del getto in opera dei cordoli verranno previsti appositi cavidotti per il passaggio di impianti tecnologici.

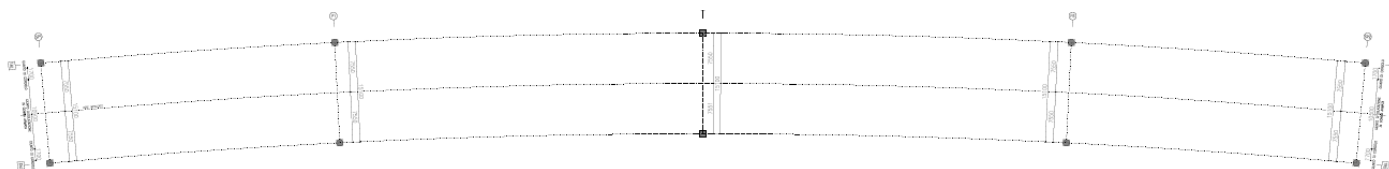
CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 6 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

## 1.2 Appoggi e giunti di dilatazione

Gli apparecchi di appoggio, posizionati in asse alle anime delle travi longitudinali, sono isolatori elastomerici. Questi permettono di assecondare le dilatazioni e le contrazioni dell'impalcato dovute ai fenomeni lenti (ritiro del cls di soletta, variazioni termiche stagionali) garantendo escursioni omogenee nei giunti di dilatazione delle spalle (realizzati in gomma armata).

A livello sismico, viste le elevate accelerazioni orizzontali del sito e la grande rigidezza dei supporti (pile sostanzialmente tozze), gli isolatori permettono di dissipare le azioni e ridistribuirle in maniera uniforme su tutte le sottostrutture, ottimizzando le quantità e concentrando il danneggiamento sugli apparecchi stessi in caso di eventi eccezionali.

Lo schema di vincolo adottato viene riepilogato nella seguente figura:



Per ogni asse appoggi sono inoltre indicate le posizioni per l'alloggiamenti dei martinetti idraulici necessari al sollevamento dell'impalcato (qualora si presentasse la necessità di dover intervenire o sostituire gli apparecchi di appoggio).

## 1.3 Pile

Le pile vengono realizzate con fusti circolari in c.a. e pulvini in carpenteria metallica. Nello specifico:

- I fusti di elevazione presentano sezione circolare piena alle due estremità e cava nel tratto centrale, con diametro esterno costante pari a 4.00 mt e spessori delle parti cave pari a 50 cm. Il tratto sommitale presenta invece un'altezza costante per tutte le pile (pari a 1.50 mt) e viene realizzato per consentire la corretta posa dei tirafondi (necessari per realizzare il nodo di incastro con il pulvino metallico).
- Il pulvino viene realizzato in carpenteria metallica a sezione composta saldata; trasversalmente si presenta come una sezione rettangolare cava, con larghezza di base costante (2.20 mt) ed altezza variabile (pari a 3.00 mt in ombra al fusto di elevazione e linearmente rastremata verso l'esterno fino ad un'altezza di 1.45 mt). La sezione viene opportunamente irrigidita nella parte interna con piatti orizzontali e verticali: in particolare, questi ultimi vengono previsti nelle posizioni degli apparecchi di appoggio e di sollevamento, per conferire maggiore rigidezza al piatto superiore e ripartire con maggiore omogeneità gli scarichi puntuali dell'impalcato. Sono altresì previste delle botole per consentire la corretta ispezione e manutenzione di tutte le parti dell'opera.

Alle estremità libere del pulvino vengono previsti dei telai metallici realizzati con tubi quadri cavi commerciali per il sostegno del carter: quest'ultimo viene proposto con funzione estetica di 'mascheratura' delle zone di appoggio dell'impalcato (solo in queste zone, infatti, sulle travi longitudinali sono presenti irrigidenti trasversali esterni).

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche geometriche di calcolo delle pile:

	$H_{TOT}$	$H_{CENT}$ (sez. cava)	$H_{TESTA}$ (sez. piena)	$H_{PULVINO}$ (in asse pila)	$D_{ESTERNO}$
<b>P1</b>	5.80	4.50	1.50	3.00	4.00
<b>P2</b>	7.80	6.50			
<b>P3</b>	8.80	7.50			

Le fondazioni sono di tipo indiretto. La fondazione per le pile P1 e P2 risulta composta di:

- Una platea con sezione quadrata in pianta, di lato pari a 9.60 mt e spessore costante pari a 2.50 mt.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	7 di 166
			Data Ott '23	

- N.9 pali di grande diametro  $\varnothing 1200$  mm, disposti regolarmente con interasse di 3.60m con lunghezza variabile a seconda della pila da sostenere.

La fondazione per la pila P3 è costituita, invece, da:

- Una platea con sezione quadrata in pianta, di lato pari a 9.60 mt e spessore costante pari a 2.50 mt.
- N. 33 micropali di diametro  $\varnothing 300$  mm, disposti con interasse di 1.60m con lunghezza pari a L=12m.

## 1.4 Spalle

Le spalle vengono realizzate interamente in opera in c.a. di tipo 'a tutta altezza', composte da un muro frontale di spessore costante a tratti (2.50 mt per la parte con funzione di pulvino, 30 cm per la parte con funzione di paraghiaia) e due muri laterali per il contenimento del rilevato stradale (innestati in parte nella platea di fondazione e in parte a sbalzo). La parte sommitale del paraghiaia viene sagomata per permettere il posizionamento del giunto di dilatazione dell'impalcato; viene inoltre garantito uno spazio sufficiente tra il filo esterno del paraghiaia e la parte terminale dell'impalcato per poter permettere il passaggio del personale per ispezioni e/o manutenzione. Nella parte sommitale dei muri di risvolto sono invece ricavati dei marciapiedi di servizio in c.a. per dare continuità agli stessi elementi previsti sull'impalcato. Le fondazioni sono di tipo indiretto e costituite da n.84 micropali di diametro  $\varnothing 300$  mm di lunghezza pari a L=12m per la Spalla 1 ed L=10m per la Spalla 2.

Spalla1	Lunghezza (m)	Larghezza (m)	Altezza (m)
Muro elevazione	17.10	2.00	5.58
Paraghiaia	17.10	0.40	1.50
Muro d'ala sup.	4.90	0.70	1.50
Muro d'ala inf.	4.90	1.60	5.58
Fondazione	17.30	9.40	1.80

Spalla2	Lunghezza (m)	Larghezza (m)	Altezza (m)
Muro elevazione	17.10	2.00	2.58
Paraghiaia	17.10	0.40	1.50
Muro d'ala sup.	4.90	0.70	1.50
Muro d'ala inf.	4.90	1.60	2.58
Fondazione	17.30	9.40	1.80

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  <b>ZITAZIA</b> S.p.A.	 <b>sinergo</b>	A
			Data Ott '23	

## 2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

### 2.1 Normativa di riferimento

#### 2.1.1 Materiali

- [1] UNI 11104: 2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206”;
- [2] UNI EN 206: 2014 – “Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;

#### 2.1.2 Costruzioni in c.a. e acciaio

##### *Eurocodice 1 - “Azioni sulle strutture”*

- [3] UNI EN 1991-1-4:2010 – “Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento”;
- [4] UNI EN 1991-1-5:2004 – “Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche”;
- [5] UNI EN 1991-1-7:2014 – “Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali”;
- [6] UNI EN 1991-2:2005 – “Parte 2: Carichi da traffico sui ponti”;

##### *Eurocodice 2 - “Progettazione delle strutture in calcestruzzo”*

- [7] UNI EN 1992-1-1:2015 – “Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- [8] UNI EN 1992-2:2006 – “Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi”;

### 2.2 Normativa tecnica nazionale

- [9] Legge 5 Novembre 1971 n°1086 – “Norme per la disciplina delle opere in calcestruzzo cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- [10] Legge 2 Febbraio 1974 n°64 - “Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- [11] D.M. 17/01/2018 – “Norme tecniche per le costruzioni”;
- [12] Circolare LL.PP. n°7 21/01/2019 - “Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018”.

### 2.3 Bibliografia e altri riferimenti

- [13] Lancellotta R. [1991] " Geotecnica" – Edizioni Zanichelli.
- [14] Migliacci – F. Mola – “Progetto agli stati limite delle strutture in c.a.” - Masson Italia Editori 1985
- [15] C. Cestelli Guidi - “Geotecnica e tecnica delle fondazioni” - Ulrico Hoepli Editore 1987
- [16] R. Lancellotta – “Geotecnica” - Edizioni Zanichelli 1987
- [17] Bowles J.E.: “Foundations Analysis and Design” 4th edition - McGraw-Hill – New York, 1988
- [18] Bustamante M., Gianceselli L. [1982] - "Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT" -.Pr. of the 2th European symposium on penetration testing, Amsterdam.



CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	9 di 166
			Data Ott '23	

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 3.1 Calcestruzzo

##### 3.1.1 Calcestruzzo per magrone sottofondi

Classe minima C12/15  
Classe di esposizione ambientale XC0

##### 3.1.2 Calcestruzzo pali di fondazione

Classe minima C25/30  
Classe di esposizione ambientale XC2  
Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg  $R_{ck} \geq 30$  MPa  
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica  $f_{ck} = R_{ck} * 0.83 = 24.90$  MPa  
Resistenza media a compressione cilindrica  $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.90$  MPa  
Modulo elastico  $E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447$  MPa  
Valore medio di resistenza a trazione semplice  $f_{ctm} = 0.3 * (f_{ck})^{2/3} = 2.56$  MPa  
Resistenza di calcolo a trazione semplice  $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} = 1.79$  MPa

##### **Stato limite ultimo**

Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_c = 1.5$   
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata  $\alpha_{cc} = 0.85$   
Resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 14.11$  MPa  
Resistenza di calcolo a trazione semplice  $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19$  MPa  
Valore ultimo della deformazione a compressione  $e_{cu} = 3.5 \text{ ‰}$

##### **Stato limite di esercizio**

Tensione max di compressione – Comb. Rara  $\sigma_c = 0.60 * f_{ck} = 14.94$  MPa  
Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.  $\sigma_c = 0.45 * f_{ck} = 11.21$  MPa

##### 3.1.3 Calcestruzzo plinti di fondazione

Classe minima C30/37  
Classe di esposizione ambientale XC2  
Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg  $R_{ck} \geq 37$  MPa  
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica  $f_{ck} = R_{ck} * 0.83 = 30.71$  MPa  
Resistenza media a compressione cilindrica  $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 38.71$  MPa  
Modulo elastico  $E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} = 33019$  MPa  
Valore medio di resistenza a trazione semplice  $f_{ctm} = 0.3 * (f_{ck})^{2/3} = 2.94$  MPa  
Resistenza di calcolo a trazione semplice  $f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} = 2.06$  MPa

##### **Stato limite ultimo**

Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_c = 1.5$   
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata  $\alpha_{cc} = 0.85$   
Resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 17.40$  MPa  
Resistenza di calcolo a trazione semplice  $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.37$  MPa  
Valore ultimo della deformazione a compressione  $e_{cu} = 3.5 \text{ ‰}$

##### **Stato limite di esercizio**

Tensione max di compressione – Comb. Rara  $\sigma_c = 0.60 * f_{ck} = 18.43$  MPa  
Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.  $\sigma_c = 0.45 * f_{ck} = 13.82$  MPa

##### 3.1.4 Calcestruzzo parti in elevazione pile, spalle

Classe minima C32/40  
Classe di esposizione ambientale XC4 – XD1 – XF2

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	10 di 166
			Data Ott '23	

Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg	$R_{ck}$	$\geq 40$	MPa
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = R_{ck} * 0.83 =$	33.20	MPa
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	41.20	MPa
Modulo elastico	$E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} =$	33643	MPa
Valore medio di resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3 * (f_{ck})^{2/3} =$	3.10	MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} =$	2.17	MPa
<b>Stato limite ultimo</b>			
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_c =$	1.5	
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} =$	0.85	
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c =$	18.81	MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	1.45	MPa
Valore ultimo della deformazione a compressione	$e_{cu} =$	3.5	%
<b>Stato limite di esercizio</b>			
Tensione max di compressione – Comb. Rara	$\sigma_c = 0.60 * f_{ck} =$	19.92	MPa
Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.	$\sigma_c = 0.45 * f_{ck} =$	14.94	MPa

## 3.2 Acciaio

### 3.2.1 Acciaio d'armatura in barre per calcestruzzo armato

Tensione caratteristica di rottura a trazione	$f_{tk} =$	$\geq 540$	MPa
Tensione caratteristica di snervamento a trazione	$f_{yk} =$	$\geq 450$	MPa
Modulo elastico	$E_s =$	210000	MPa
<b>Stato limite ultimo</b>			
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_s =$	1.15	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	391.30	MPa
Valore ultimo della deformazione a trazione	$\epsilon_{cu} =$	10	%
<b>Stato limite di esercizio</b>			
Tensione max di trazione	$\sigma_s = 0.80 * f_{yk} =$	360.00	MPa

### 3.3 Durabilità

#### 3.3.1 Conglomerati cementizi

Le classi di esposizione e le conseguenti limitazioni sulla composizione del calcestruzzo sono state ricavate ai sensi della normativa UNI EN 206: 2016 e UNI 11104: 2016, delle istruzioni contenute nella C.M. n°7 per l'applicazione delle NTC 2018, a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

A seconda dell'esposizione ambientale, per opere con  $V_N = 50$  anni la circolare al punto §C4.1.6.1.3 impone il rispetto dei limiti di copriferro riportati nella tabella successiva.

Per classi di resistenza inferiori a  $C_{min}$  i valori sono da aumentare di  $\Delta C_{min} = +5$  mm.

Per produzioni di elementi sottoposte a controllo di qualità che preveda anche la verifica dei copriferri, i valori della tabella possono essere ridotti di  $\Delta C_{min} = -5$  mm.

A tali valori di tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa  $\Delta C_{dev}$ .

Nella norma UNI EN 1992-1-1 sono indicati al §4.4.1.3 i metodi per la valutazione rigorosa dei copriferri in base alla tipologia di armature e altre particolari specifiche di dettaglio previste in progetto.

Nelle tabelle seguenti si indicano i copriferri nominali  $c_{nom}$  e i parametri di mix design minimi richiesti dalle normative per ottenere le prestazioni di durabilità minime di progetto.

prospetto 5 Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

UNI 11104:2016	Classi di esposizione																		
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotte dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotte da cloruri						Attacchi da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico			
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti										
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	
Massimo rapporto a/c	-	0,80		0,55	0,50	0,50	0,45		0,55	0,50	0,45	0,50	0,50		0,45	0,55	0,50	0,45	
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30	C30/37	C32/40	C32/40	C35/45		C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30	C30/37	C30/37	C32/40	C32/40	C35/45	C35/45	
Minimo contenuto in cemento ( $kg/m^3$ )	-	300		320	340	340	360		320	340	360	320	340		360	320	340	360	
Contenuto minimo in aria (%)												b)		4,0 a)					
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare a secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente solfati nei limiti del prospetto 2 della all'acqua di mare adeguata resistenza al UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati c)			

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI CEN/TS 12390-9, UNI CEN/TS 15177 o UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. Il valore minimo di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con b) Dupper > 20mm, per Dupper inferiori limite minima andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per Dupper tra 12 mm e 16 mm).  
Qualora si ritenga opportuno impiegare calcestruzzo aerato anche in classe di esposizione XF1 si adottano le specifiche di composizione prescritte per le classi XF2 e XF3.  
c) Cementi resistenti ai solfati sono definiti dalla UNI EN 197-1 e su base nazionale dalla UNI 9156. La UNI 9156 classifica i cementi resistenti ai solfati in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza solfatica. La classe di resistenza solfatica del cemento deve essere prescelta in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo secondo il criterio di corrispondenza della UNI 11417-1.  
d) Quando si applica il concetto di valore k il rapporto massimo a/c e il contenuto minimo di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.

**Tabella 1 - Prospetto requisiti di mix-design (UNI 11104)**

**Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm**

$C_{min}$	$C_o$	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

La classe di resistenza minima  $C_{min}$  indicata in tabella deve comunque intendersi riferita alla pertinente classe di esposizione di cui alla UNI EN 206:2016 richiamata nella Tabella 4.1.III delle NTC.

**Tabella 2 - Copriferri minimi in mm (VN = 50 anni)**

CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE		REV. <b>A</b>	FOGLIO 12 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

**Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

**Tabella 3 - Condizioni ambientali e classi di esposizione**

NOME: <b>PILE</b>	REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2018)			Rev. 00.1
<b>CLASSE DI ESPOSIZIONE</b>				
Corrosione da carbonatazione	<b>XC4</b>	Ambiente ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua. Cls in esterni con superfici soggette ad alternanze di ambiente secco ed acquoso o saturo d'acqua. Cls ciclicamente esposto all'acqua in condizioni che non ricadono nella classe XC2.		
Corrosione da cloruri	<b>XD1</b>	Ambiente con moderata umidità dell'aria. Cls esposto all'azione aggressiva dei cloruri trasportati dall'aria per esempio derivanti dall'uso di sali disgelanti. Per esempio impalcati da ponti, viadotti o barriere stradali.		
Attacchi cicli gelo/disgelo	<b>XF2</b>	Ambiente con condizioni che determinano una modesta saturazione del cls, in presenza di agente disgelante. Cls di facciate, colonne o elementi strutturali verticali o inclinati esposti alla pioggia ed ai cicli di gelo/disgelo in presenza di sali disgelanti, per esempio opere stradali esposte al gelo in presenza di sali disgelanti trasportati dall'aria.		
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)				Mix design di progetto: XC4+XD1+XF2
Rapporto max A/C	XC4	XD1	XF2	0,5
Classe di resistenza minima	C32/40	C30/37	C25/30	C32/40
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	340	320	340	340
Contenuto minimo di aria (%)	-	-	4	4
Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)	-	-	SI	SI
Cemento resistente ai solfati	-	-	-	-
Cemento resistente all'acqua di mare	-	-	-	-
<b>COPRIFERRO NOMINALE</b>				
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$		(Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1)		
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$		(Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)		
- Margine di scostamento $\Delta c_{dev}$ (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)				$\Delta c_{dev}$ (mm) <b>10</b>
- Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)				$c_{nom,min}$ (mm)
- Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)				$c_{min,b}$ (mm) <b>22</b>
Tipo di acciaio	<b>Ordinario</b>			
$\varnothing$ (mm)	<b>22</b>	diametro barra $\varnothing$ (isolata) o equivalente $\varnothing_n$ (raggruppate, vedi §8.9)		
$D_{upper}$ (mm)	<b>25</b>	dimensione max aggregato		
- Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2018)				$c_{min,dur}$ (mm) <b>30</b>
Ambiente Aggressivo				
Vita nominale	<b>50</b>	valori tabella	C <b>C32/40</b>	Classe di resistenza utilizzata
Controllo qualità speciale cls	<b>NO</b>	valori tabella	$C_0$ C40/50	
Elemento a piastra	<b>SI</b>		$C_{min}$ C30/37	
NTC 2018	Condizioni ambientali Aggressive	Gruppo di esigenza B	Copriferro nominale $c_{nom}$ (mm)	<b>40</b>

Per le pile si prescrive un copriferro netto di 40mm.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 13 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

NOME: <b>ELEVAZIONI</b>	REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2018)			Rev. 00.1	
<b>CLASSE DI ESPOSIZIONE</b>					
Corrosione da carbonatazione	<b>XC4</b>	Ambiente ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua. Cls in esterni con superfici soggette ad alternanze di ambiente secco ed acquoso o saturo d'acqua. Cls ciclicamente esposto all'acqua in condizioni che non ricadono nella classe XC2.			
Corrosione da cloruri	<b>XD1</b>	Ambiente con moderata umidità dell'aria. Cls esposto all'azione aggressiva dei cloruri trasportati dall'aria per esempio derivanti dall'uso di sali disgelanti. Per esempio impalcati da ponti, viadotti o barriere stradali.			
Attacchi cicli gelo/disgelo	<b>XF2</b>	Ambiente con condizioni che determinano una modesta saturazione del cls, in presenza di agente disgelante. Cls di facciate, colonne o elementi strutturali verticali o inclinati esposti alla pioggia ed ai cicli di gelo/disgelo in presenza di sali disgelanti, per esempio opere stradali esposte al gelo in presenza di sali disgelanti trasportati dall'aria.			
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)				Mix design di progetto:	
		XC4	XD1	XF2	XC4+XD1+XF2
Rapporto max A/C		0,50	0,55	0,50	0,5
Classe di resistenza minima		C32/40	C30/37	C25/30	C32/40
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)		340	320	340	340
Contenuto minimo di aria (%)		-	-	4	4
Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)		-	-	SI	SI
Cemento resistente ai solfati		-	-	-	-
Cemento resistente all'acqua di mare		-	-	-	-
<b>COPRIFERRO NOMINALE</b>					
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$		(Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1)			
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$		(Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)			
- Margine di scostamento $\Delta c_{dev}$ (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)				$\Delta c_{dev}$ (mm)	10
- Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)				$c_{nom,min}$ (mm)	
- Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)				$c_{min,b}$ (mm)	26
Tipo di acciaio	<b>Ordinario</b>				
$\varnothing$ (mm)	26	diametro barra $\varnothing$ (isolata) o equivalente $\varnothing_n$ (raggruppate, vedi §8.9)			
$D_{upper}$ (mm)	25	dimensione max aggregato			
- Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2018)				$c_{min,dur}$ (mm)	30
Ambiente Aggressivo					
Vita nominale	50	valori tabella	C	<b>C32/40</b>	Classe di resistenza utilizzata
Controllo qualità speciale cls	SI	valori tabella -5 mm	$C_0$	C40/50	
Elemento a piastra	NO		$C_{min}$	C30/37	
NTC 2018	Condizioni ambientali Aggressive	Gruppo di esigenza B	Copriferro nominale	$c_{nom}$ (mm)	40

Per le elevazioni delle spalle si prescrive un copriferro netto di 40mm.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 14 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

NOME: FONDAZIONE	REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2018)		Rev. 00.1
CLASSE DI ESPOSIZIONE Corrosione da carbonatazione	<b>XC2</b>	Ambiente prevalentemente acquoso o saturo d'acqua, raramente secco. Cls a contatto con acqua per lungo tempo. Cls di strutture di contenimento acqua. Cls di molte fondazioni.	
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)			Mix design di progetto:
Rapporto max A/C	XC2 0,60		XC2 0,6
Classe di resistenza minima	C25/30		C25/30
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	300		300
Contenuto minimo di aria (%)	-		-
Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)	-		-
Cemento resistente ai solfati	-		-
Cemento resistente all'acqua di mare	-		-
<b>COPRIFERRO NOMINALE</b>			
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$	(Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1)		
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$	(Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)		
- Margine di scostamento $\Delta c_{dev}$ (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$\Delta c_{dev}$ (mm)	10
- Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$c_{nom,min}$ (mm)	
- Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)		$c_{min,b}$ (mm)	26
Tipo di acciaio	<b>Ordinario</b>		
$\varnothing$ (mm)	26	diametro barra $\varnothing$ (isolata) o equivalente $\varnothing_n$ (raggruppate, vedi §8.9)	
$D_{upper}$ (mm)	25	dimensione max aggregato	
- Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2018)		$c_{min,dur}$ (mm)	25
Ambiente Ordinario			
Vita nominale	50 valori tabella	C	C30/37 Classe di resistenza utilizzata
Controllo qualità speciale cls	NO valori tabella	C <sub>0</sub>	C35/45
Elemento a piastra	NO	C <sub>min</sub>	C25/30
NTC 2018	Condizioni ambientali Ordinarie	Gruppo di esigenza A	Copriferro nominale $c_{nom}$ (mm)
			36

Per le platee di fondazione si ottiene un valore minimo di copriferro nominale pari a 36mm. Si prescrive l'adozione di un copriferro netto pari a 40mm.

NOME: PALI	REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2018)		Rev. 00.1
CLASSE DI ESPOSIZIONE Corrosione da carbonatazione	<b>XC2</b>	Ambiente prevalentemente acquoso o saturo d'acqua, raramente secco. Cls a contatto con acqua per lungo tempo. Cls di strutture di contenimento acqua. Cls di molte fondazioni.	
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)			Mix design di progetto:
Rapporto max A/C	XC2 0,60		XC2 0,6
Classe di resistenza minima	C25/30		C25/30
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	300		300
Contenuto minimo di aria (%)	-		-
Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)	-		-
Cemento resistente ai solfati	-		-
Cemento resistente all'acqua di mare	-		-
<b>COPRIFERRO NOMINALE</b>			
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$	(Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1)		
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$	(Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)		
- Margine di scostamento $\Delta c_{dev}$ (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$\Delta c_{dev}$ (mm)	10
- Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$c_{nom,min}$ (mm)	
- Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)		$c_{min,b}$ (mm)	26
Tipo di acciaio	<b>Ordinario</b>		
$\varnothing$ (mm)	26	diametro barra $\varnothing$ (isolata) o equivalente $\varnothing_n$ (raggruppate, vedi §8.9)	
$D_{upper}$ (mm)	25	dimensione max aggregato	
- Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2018)		$c_{min,dur}$ (mm)	25
Ambiente Ordinario			
Vita nominale	50 valori tabella	C	C25/30 Classe di resistenza utilizzata
Controllo qualità speciale cls	NO valori tabella	C <sub>0</sub>	C35/45
Elemento a piastra	NO	C <sub>min</sub>	C25/30
NTC 2018	Condizioni ambientali Ordinarie	Gruppo di esigenza A	Copriferro nominale $c_{nom}$ (mm)
			36

Per i pali di fondazione si prescrive un copriferro netto di 75mm, superiore al minimo ottenuto da calcolo.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 15 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

## 4 APPROCCIO DI CALCOLO

### 4.1 Caratteristiche delle opere

Le opere oggetto della presente relazione sono state progettate e calcolate secondo i metodi della scienza delle costruzioni, adottando per le verifiche il criterio degli stati limite (S.L.).

I criteri generali di sicurezza, le azioni di calcolo e le caratteristiche dei materiali sono stati assunti in conformità con il D.M. 17.01.2018 – “Norme tecniche per le costruzioni” e relativa circolare esplicativa (Circolare 21.01.2019 n. 7/C.S.I.L.P.P.).

Con riferimento alle NTC, per le opere in oggetto si considerano i seguenti parametri di calcolo:

Vita nominale  $V_N = 50$  anni

(§ 2.4.1 “Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari”)

Classe d’uso IV

(“Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l’ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.”)

Coefficiente d’uso  $C_U = 2$

Periodo di riferimento  $V_R = V_N \cdot C_U = 100$  anni

### 4.2 Criteri generali di verifica

In accordo con quanto definito nel §2.3 delle NTC 2018, devono essere svolte le verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese per Stati Limite Ultimi (SLU) e Stati Limite d’Esercizio (SLE) secondo opportune combinazioni di carico delle azioni.

#### 4.2.1 Combinazioni di carico

Come riportato al §2.5.3 delle NTC 2008, si considerano le seguenti combinazioni delle azioni:

$V_{G1} \cdot G_1 + V_{G2} \cdot G_2 + V_P \cdot P + V_{Q1} \cdot Q_{k1} + V_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + V_{Q3} \cdot \sum_{j=3}^n \Psi_{0j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione fondamentale SLU
$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \sum_{j=3}^n \Psi_{0j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione caratteristica rara SLE
$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{j=2}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione frequente SLE
$G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione quasi permanente SLE
$E + G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione sismica SLE e SLU
$G_1 + G_2 + P + A_d + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione eccezionale SLU

$G_1$  masse dei pesi propri strutturali

$G_2$  masse dei carichi permanenti non strutturali

$P$  precompressione e pretensione

$Q_{ki}$  masse dei carichi accidentali

$E$  azione sismica

$A_d$  azione eccezionale

$\Psi_0, \Psi_1, \Psi_2$  coefficienti di contemporaneità delle azioni (Tab. 2.5.I oppure Tab. 5.1.VI per i ponti stradali e Tab. 5.2.VII per i ponti ferroviari)

#### 4.2.2 Stati limite ultimi

Per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione:

$R_d \geq E_d$  (Eq. 2.2.1)

$E_d = E(F_d; X_d; a_d)$  valore di progetto della domanda, funzione dei valori di progetto delle azioni ( $F_d$ ) e dei valori nominali delle grandezze geometriche della struttura interessate ( $a_d$ )



CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 16 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  ZITAZIA s.r.l. INGEGNERIA VALUTA ASSOCIATI	 sinergo	 D_VA D_VisionArchitecture	
					Data Ott '23

$R_d = R(F_d ; X_d ; a_d)$	capacità di progetto in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura, funzione delle caratteristiche meccaniche dei materiali che la compongono ( $X_d$ ) e dei valori nominali delle grandezze geometriche interessate ( $a_d$ )
$F_d = \gamma_F * F_k$	azioni di progetto
$X_d = X_k / \gamma_M$	proprietà del materiale di progetto
$a_d$	parametri geometrici di progetto
$\gamma_M$	coefficiente parziale di sicurezza del materiale

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- stato limite di equilibrio come corpo rigido: **EQU**
- stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: **STR**
- stato limite di resistenza del terreno: **GEO**

#### 4.2.3 Strutture non geotecniche

Fatte salve le prescrizioni specifiche e con riferimento alle tabelle seguenti, per la progettazione di componenti strutturali che non coinvolgano azioni di tipo geotecnico, i valori dei coefficienti parziali  $\gamma_F$  da assumersi per la determinazione degli effetti delle azioni per le verifiche di equilibrio (SLU EQU) sono quelle della colonna EQU mentre per le verifiche strutturali (SLU STR) sono quelle della colonna A1.

Tab. 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

Gruppo di azioni	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura	Forza centrifuga	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5KN/m <sup>2</sup>
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m <sup>2</sup>
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m <sup>2</sup>			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m <sup>2</sup>
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(\*) Ponti pedonali  
(\*\*) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)  
(\*\*\*) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

**Tabella 4 – Schema dei gruppi di combinazioni per azioni di traffico (NTC 2018) – Ponti stradali**



Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

**Tabella 5 - Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU (NTC 2018) – Ponti stradali**

Tab. 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

**Tabella 6 - Coefficienti di contemporaneità delle azioni (NTC 2018) – Ponti stradali**

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 18 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

#### 4.2.4 Strutture geotecniche

Per la progettazione di elementi strutturali che coinvolgano azioni di tipo geotecnico (plinti, platee, pali, muri di sostegno, ...) le verifiche strutturali (SLU STR) e geotecniche (SLU GEO) si eseguono adottando due possibili approcci progettuali, fra loro alternativi.

##### *Approccio 1*

Le verifiche si conducono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali per le azioni ( $\gamma_F$ ), la resistenza dei materiali ( $\gamma_M$ ) e eventualmente la resistenza globale del sistema ( $\gamma_R$ ).

In tale approccio nelle rispettive tabelle di combinazione si impiegano i coefficienti della colonna A1 per una *Combinazione 1* e i coefficienti della colonna A2 per una *Combinazione 2*.

In tutti i casi, sia nei confronti del dimensionamento strutturale che per quello geotecnico si deve utilizzare la combinazione più gravosa fra le due precedenti.

##### *Approccio 2*

Le verifiche si conducono con un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali per le Azioni ( $\gamma_F$ ), per la resistenza dei materiali ( $\gamma_M$ ) e eventualmente per la resistenza globale ( $\gamma_R$ ).

In tale approccio nelle rispettive tabelle di combinazione si impiegano i coefficienti  $\gamma_F$  riportati nella colonna A1.

Per ogni stato limite per perdita di equilibrio (SLU EQU), come definito al §2.6.1, impiegando come fattori parziali per le azioni i valori  $\gamma_F$  riportati nella colonna EQU della tabella 6.2.I, deve essere rispettata la condizione:

$$E_{inst,d} \leq E_{stb,d}$$

$E_{inst,d}$                     valore di progetto dell'azione instabilizzante

$E_{stb,d}$                     valore di progetto dell'azione stabilizzante

Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (SLU STR) o del terreno (SLU GEO), come definiti al §2.6.1, impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3), deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

$$E_d = E(\gamma_F * F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d)$$

$$E_d = \gamma_E * E(F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d)$$

$$R_d = 1 / \gamma_R * R(\gamma_F * F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d)$$

$$F_d = \gamma_F * F_k$$

$$X_d = X_k / \gamma_M$$

$$a_d$$

$$\gamma_E$$

$$\gamma_M$$

$$\gamma_R$$

valore di progetto dell'azione

valore di progetto dell'effetto dell'azione

valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

azioni di progetto

parametri geotecnici di progetto

parametri geometrici di progetto

coefficiente parziale di sicurezza sugli effetti delle azioni

coefficiente parziale di sicurezza del materiale

coefficiente parziale di sicurezza globale sulle resistenze

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 19 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI   D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(4)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(4)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

### Tabella 7 - Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU (NTC 2018) – Strutture geotecniche

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_\varphi$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

### Tabella 8 - Coefficienti parziali per le resistenze nelle verifiche SLU (NTC 2018) – Strutture geotecniche

#### 4.2.5 Stati limite di esercizio

Come riportato al §6.2.4.3 e §5.1.4.2 del [11], la verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale. Si dovrà verificare che sia:

$$C_d \geq E_d \quad (\text{Eq. 2.2.2})$$

$E_d = E(F_d; X_d; a_d)$  valore di progetto dell'effetto delle azioni

$C_d = C(F_d; X_d; a_d)$  valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato

All'interno del progetto devono essere quindi definite le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili per l'opera e le prestazioni attese.

Il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni deve essere stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione e di tutte le costruzioni che interagiscono con le opere geotecniche in progetto, tenendo conto della durata dei carichi applicati.

#### 4.2.6 Stati limite ultimi e di esercizio sismici

Con riferimento al §3.2.1 delle NTC 2018, nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

- *Stato Limite di Operatività (SLO)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 20 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

- *Stato Limite di Danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- *Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- *Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Con riferimento al §3.2.1 delle NTC 2018, per tutti gli elementi strutturali primari e secondari, gli elementi non strutturali e gli impianti si deve verificare che il valore di ciascuna domanda di progetto, definito dalla tabella 7.3.III per ciascuno degli stati limite richiesti, sia inferiore al corrispondente valore della capacità di progetto.

Le verifiche degli *elementi strutturali primari (ST)* si eseguono, come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU):

- nel caso di comportamento strutturale non dissipativo, in termini di *rigidità (RIG)* e di *resistenza (RES)*, senza applicare le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità;
- nel caso di comportamento strutturale dissipativo, in termini di *rigidità (RIG)*, di *resistenza (RES)* e di *duttilità (DUT)* (quando richiesto), applicando le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità.

Le verifiche degli elementi strutturali secondari si effettuano solo in termini di duttilità, mentre le verifiche degli *elementi non strutturali (NS)* e degli *impianti (IM)* si effettuano in termini di *funzionamento (FUN)* e *stabilità (STA)*, come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU).

Per le verifiche dettagliate di ogni parte strutturale si rimanda al capitolo §7 delle NTC 2018.

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM <sup>(*)</sup>
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT <sup>(**)</sup>			DUT <sup>(**)</sup>		

<sup>(\*)</sup> Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

<sup>(\*\*)</sup> Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

**Tabella 9 – Schema delle verifiche da attuare per gli elementi strutturali primari in base alla tipologia, allo stato**

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 21 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

### 4.3 Software di calcolo

Sono stati utilizzati i programmi di calcolo elencati nel seguito. La scrivente ha esaminato preliminarmente la documentazione a corredo dei software per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. Tale documentazione, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati. Il sottoscritto, inoltre, ha verificato l'affidabilità dei codici di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### 4.3.1 Verifiche sezioni strutturali

Titolo:



Caratteristiche: Programma per la verifica di sezioni generiche

Autore: Aztec Informatica – Casole Bruzio, Cosenza

Distribuzione: Aztec Informatica S.r.l.

Versione: 10.05a

Titolo:

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  CITIZIA CITIZIA s.p.a.	 sinergo	A
			Data Ott '23	

## 4.4 Validazione dei programmi di calcolo

### 4.4.1 Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Ai sensi del §10.2 delle NTC 2018 si dichiara quanto segue.

### 4.4.2 Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di più codici di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. Per quanto riguarda i criteri di modellazione e le caratteristiche dei programmi utilizzati si rimanda ai relativi paragrafi.

### 4.4.3 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo dei software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dai produttori dei software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. L'affidabilità e la robustezza dei codici di calcolo sono garantite attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

### 4.4.4 Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

### 4.4.5 Informazioni generali sull'elaborazione

I software prevedono una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### 4.4.6 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  CITIZIA CITIZIA CONSULTING s.r.l.	A	23 di 166
			Data Ott '23	

## 5 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

### 5.1 Elementi in cemento armato

#### 5.1.1 Stati Limite Ultimi strutturali (SLU STR)

Come riportato al §2.3 delle NTC 2018, per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

$E_d = E(Y_F \cdot F_k; X_k / \gamma_M; a_d)$  Valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

$R_d = R(Y_F \cdot F_k; X_k / \gamma_M; a_d)$  Valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

$Y_F \cdot F_k$  Azioni di progetto

$X_k / \gamma_M$  Proprietà del materiale di progetto

$a_d$  Geometria di progetto

$\gamma_M$  Coefficiente parziale di sicurezza del materiale

#### 5.1.2 Verifica a presso/tenso flessione

Come previsto al §4.1.2.1.2.4 delle [9] con riferimento alla generica sezione, la verifica di resistenza allo SLU si esegue controllando che:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

$M_{Rd}$  Valore di calcolo del momento resistente corrispondente a  $N_{Ed}$

$N_{Ed}$  Valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale)

$M_{Ed}$  Valore di calcolo della componente flettente dell'azione

#### 5.1.3 Verifica a taglio

Secondo quanto previsto §4.1.2.1.3 delle [9], indicato con  $V_{Ed}$  il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente allo SLU, si verifica in generale che risulti:

$$V_{Ed} < V_{Rd}$$

*Elementi senza armature resistenti a taglio*

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left( 0.18 \cdot k \cdot \frac{\sqrt{100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck}}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d; (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\} \quad \text{Resistenza di calcolo a taglio}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot \sqrt{k^3} \cdot \sqrt{f_{ck}}$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02$$

Rapporto percentuale armatura in zona tesa  $A_{sl}$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0.2 \cdot f_{cd}$$

Tensione media di compressione nella sezione

$d$  Altezza utile della sezione (mm)

$b_w$  Larghezza minima della sezione (mm)

*Elementi provvisti di armature resistenti a taglio*

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max}) \quad \text{Resistenza di calcolo a taglio}$$

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha \quad \text{Resistenza a taglio-trazione}$$

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{(\cot \alpha + \cot \theta)}{1 + \cot^2 \theta} \quad \text{Resistenza a taglio-compressione}$$

$\theta$  Inclinazione puntoni di cls rispetto asse elemento ( $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$ )

$\alpha$  Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto asse elemento

$A_{sw}$  Area dell'armatura trasversale

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI   	A	24 di 166
			Data Ott '23	

s  
 $f_{cd}' = 0.5 \cdot f_{cd}$   
 $\alpha_c$

Interasse tra due armature trasversali consecutive  
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima  
Coefficienti maggiorativi pari a:  
1 per membrature non compresse  
 $1 + \sigma_{cp} / f_{cd}$  per  $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 \cdot f_{cd}$   
1.25 per  $0.25 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} < 0.50 \cdot f_{cd}$   
 $2.5 \cdot (1 - \sigma_{cp} / f_{cd})$  per  $0.50 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} < f_{cd}$

#### 5.1.4 Stati Limite Ultimi di esercizio (SLE STR, SLD)

##### 5.1.4.1 Limiti tensionali in esercizio

Come riportato al §6.2.4.3 e §5.1.4.2 delle NTC 2018, la verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale. Si dovrà verificare che sia:

$E_d \leq C_d$   
 $E_d = E(Y_F \cdot F_k; X_k / \gamma_M; a_d)$  Valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione  
 $C_d = C(Y_F \cdot F_k; X_k / \gamma_M; a_d)$  Valore nominale o funzione di certe proprietà dei materiali legate agli effetti progettuali delle azioni considerate

Le verifiche si risolvono nel controllare che i valori di tensione nei materiali siano inferiori ai limiti di normativa:

Calcestruzzo compresso	Combinazione rara	$\sigma_c < 0.60 \cdot f_{ck}$
	Combinazione quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$
Acciaio teso	Combinazione rara	$\sigma_s < 0.80 \cdot f_{yk}$

##### 5.1.4.2 Verifiche agli Stati Limite di Fessurazione

Viene eseguita la verifica allo stato limite di apertura delle fessure con riferimento al §4.1.2.2.4 delle NTC 2018. Prima di procedere alle verifiche a fessurazione è necessario definire delle apposite combinazioni di carico ed effettuare una valutazione relativa al grado di protezione delle armature metalliche contro la corrosione (in termini di condizioni ambientali e sensibilità delle armature stesse alla corrosione). Si distinguono i seguenti casi:

Combinazioni di azioni	Rara (RA) Quasi Permanente (QP)
Condizioni ambientali	Ordinarie (Gruppo A) Aggressive (Gruppo B) Molto aggressive (Gruppo C)
Sensibilità delle armature alla corrosione	Sensibili (acciai da precompresso) Poco sensibili (acciai ordinari)
Stato limite	Apertura fessure (AF) Formazione fessure (FF) Decompressione (D)
Apertura delle fessure	$w_1 = 0.20$ mm $w_2 = 0.30$ mm $w_3 = 0.40$ mm

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

**Tabella 10 - Condizioni ambientali e classi di esposizione secondo NTC 2018**



Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_k$	Stato limite	$w_k$
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

**Tabella 11 - Stati limite di fessurazione secondo NTC 2018**

Il calcolo, condotto con riferimento alla procedura analitica prevista al §C4.1.2.2.4 del [12], prevede i seguenti passaggi:

- Valutazione della distanza media tra le fessure ( $\bar{a}_{sm}$ );
- Valutazione della deformazione media delle barre d'armatura ( $\bar{\epsilon}_{sm}$ );
- Valutazione dell'ampiezza delle fessure (valore medio  $w_m$  e valore di calcolo  $w_k$ ).

La verifica dell'ampiezza di fessurazione può anche essere condotta senza calcolo diretto, limitando la tensione di trazione nell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, ad un massimo correlato al diametro delle barre ed alla loro spaziatura. Si distinguono i seguenti casi:

Elemento strutturale	Classi di esposizione	Gruppo di esigenza	Condizioni ambientali	Combinaz. di azioni	Stato limite	$w_k$
Elevazioni	XC4 – XD1 - XF2	B	Aggressive	FR	AF	$\leq w_2 = 0.30$ mm
				QP	AF	$\leq w_1 = 0.20$ mm
Fondazioni	XC2	A	Ordinarie	FR	AF	$\leq w_3 = 0.40$ mm
				QP	AF	$\leq w_2 = 0.30$ mm
Pali	XC2	A	Ordinarie	FR	AF	$\leq w_2 = 0.40$ mm
				QP	AF	$\leq w_1 = 0.30$ mm

**Tabella 12 – Riepilogo stati limite di fessurazione di verifica**

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	26 di 166
				Data Ott '23

## 6 ANALISI DEI CARICHI

### 6.1 Azioni da impalcato sulle pile

Le sollecitazioni necessarie al calcolo delle pile sono state ricavate a partire dalla modellazione FEM dell'opera. In particolare, si riportano in questa sede i valori riferiti alla Pila 3 che, a parità di apparecchi d'appoggio e di luci che insistono sulla stessa, risulta essere la più sollecitata essendo la più alta. Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione di calcolo dell'impalcato.

I valori tabellari esportati dal modello di calcolo (P – Azione Verticale, V2 – Azione longitudinale, V3 – Azione Trasversale, T – Momento Torcente, M2 – Momento Trasversale, M3 – Momento Longitudinale) sono stati riordinati nella seguente tabella.

PILA 3							
OutputCase	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SLU	Max P	<b>-15300</b>	110	760	150	20040	1580
	Min P	<b>-37940</b>	-300	-480	-130	-2410	-4250
	Max V2	-31260	<b>420</b>	480	110	9110	6010
	Min V2	-21890	<b>-620</b>	-490	-40	-8170	-8950
	Max V3	-31060	120	<b>800</b>	110	-4670	1630
	Min V3	-22600	-310	<b>-800</b>	-160	630	-4460
	Max T	-17660	150	770	<b>210</b>	14270	2040
	Min T	-34320	-350	-760	<b>-220</b>	-24190	-4960
	Max M2	-31880	130	760	110	<b>27560</b>	1800
	Min M2	-24460	-320	-760	-130	<b>-30100</b>	-4560
	Max M3	-31260	420	480	110	9110	<b>6010</b>
	Min M3	-21890	-620	-490	-40	-8170	<b>-8950</b>
SLV	Max P	<b>-20073</b>	718	698	138	9696	8525
	Min P	<b>-23417</b>	-888	-698	-168	-8276	-11055
	Max V2	-21284	<b>2195</b>	740	166	10235	26839
	Min V2	-22196	<b>-2365</b>	-750	-196	-8805	-29379
	Max V3	-21341	795	<b>2112</b>	418	27805	9498
	Min V3	-22139	-965	<b>-2122</b>	-438	-26385	-12028
	Max T	-21011	795	2112	<b>418</b>	28225	9498
	Min T	-22479	-965	-2112	<b>-448</b>	-26805	-12028
	Max M2	-21011	795	2112	418	<b>28225</b>	9498
	Min M2	-22479	-965	-2112	-448	<b>-26805</b>	-12028
	Max M3	-21284	2195	740	166	10235	<b>26839</b>
	Min M3	-22196	-2365	-750	-196	-8805	<b>-29379</b>

Tabella 13 – ENV SLU, SLV - Azioni totali involucro ad intradosso plinto

PILA 3							
OutputCase	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SLE_RARA	Max P	<b>-19710</b>	60	510	90	13580	790
	Min P	<b>-27590</b>	-220	-320	-90	-870	-3100
	Max V2	-22880	<b>280</b>	320	80	5880	4070
	Min V2	-24290	<b>-450</b>	-330	-30	-4960	-6560
	Max V3	-22800	60	<b>530</b>	70	-3820	820
	Min V3	-24750	-230	<b>-530</b>	-120	1060	-3230
	Max T	-21460	80	520	<b>140</b>	9310	1130
	Min T	-24840	-250	-510	<b>-150</b>	-16430	-3600
	Max M2	-23380	70	510	70	<b>18980</b>	930
	Min M2	-26150	-230	-500	-90	<b>-20640</b>	-3290
	Max M3	-22880	280	320	80	5880	<b>4070</b>
	Min M3	-24290	-450	-330	-30	-4960	<b>-6560</b>
SLE_FREQ	Max P	<b>-21170</b>	20	110	20	3660	240
	Min P	<b>-25480</b>	-180	-20	-30	5280	-2620
	Max V2	-23830	<b>40</b>	10	30	-1980	550
	Min V2	-23340	<b>-220</b>	-20	30	2890	-3070
	Max V3	-21500	20	<b>110</b>	20	1350	230
	Min V3	-21980	-190	<b>-120</b>	-30	80	-2760
	Max T	-23030	30	20	<b>60</b>	-3660	430
	Min T	-23280	-210	-10	<b>-60</b>	-3480	-2940
	Max M2	-24950	20	-10	-20	<b>6020</b>	240
	Min M2	-24580	-180	10	10	<b>-7690</b>	-2630
	Max M3	-23830	40	10	30	-1980	<b>550</b>
	Min M3	-23340	-220	-20	30	2890	<b>-3070</b>
SLE_QP	Max P	<b>-21480</b>	20	10	-10	1080	160
	Min P	<b>-22010</b>	-190	-10	-20	340	-2690
	Max V2	-21760	<b>20</b>	10	-10	940	190
	Min V2	-21720	<b>-190</b>	-20	-20	490	-2730
	Max V3	-21810	20	<b>10</b>	-10	660	160
	Min V3	-21670	-190	<b>-20</b>	-10	760	-2690
	Max T	-21480	20	10	<b>-10</b>	1080	160
	Min T	-22010	-190	-10	<b>-20</b>	340	-2690
	Max M2	-21480	20	10	-10	<b>1080</b>	160
	Min M2	-22010	-190	-10	-20	<b>340</b>	-2690
	Max M3	-21760	20	10	-10	940	<b>190</b>
	Min M3	-21720	-190	-20	-20	490	<b>-2730</b>

**Tabella 14 – ENV SLE RA, SLE\_FREQ, SLE\_QP - Azioni totali involuppo ad intradosso plinto**

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  <b>ZITAZIA</b> INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTALE	<b>A</b>	28 di 166
			Data Ott '23	

## 6.2 Azioni da impalcato sulle spalle

Le sollecitazioni necessarie al calcolo delle spalle sono state ricavate a partire dalla modellazione FEM dell'opera. In particolare, si riportano in questa sede i valori riferiti alla Spalla 1 che, a parità di luci che insistono su entrambe le spalle, risulta essere la più sollecitata essendo la più alta. Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione di calcolo dell'impalcato.

I valori tabellari esportati dal modello di calcolo (P – Azione Verticale, V2 – Azione longitudinale, V3 – Azione Trasversale, T – Momento Torcente, M2 – Momento Trasversale, M3 – Momento Longitudinale) sono scarichi a testa spalla. Sono stati riordinati nelle seguenti tabelle.

Spalla 1							
OutputCase	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SLU	Max P	<b>-2050</b>	540	560	210	2470	220
	Min P	<b>-9840</b>	-310	-370	-60	4170	-130
	Max V2	-2430	<b>810</b>	320	120	1360	330
	Min V2	-8400	<b>-610</b>	-350	-150	-3290	-250
	Max V3	-2520	530	<b>560</b>	230	2960	210
	Min V3	-6550	-290	<b>-590</b>	-180	-1710	-120
	Max T	-6210	440	560	<b>330</b>	6450	180
	Min T	-5620	-270	-580	<b>-300</b>	-6730	-110
	Max M2	-8060	440	340	170	<b>9130</b>	180
	Min M2	-6360	-240	-360	-200	<b>-8440</b>	-100
	Max M3	-2430	810	320	120	1360	<b>330</b>
	Min M3	-8470	-610	-350	-150	-3410	<b>-250</b>
SLV	Max P	<b>-3692</b>	833	411	205	964	339
	Min P	<b>-5018</b>	-643	-451	-155	26	-269
	Max V2	-4053	<b>1991</b>	481	233	922	804
	Min V2	-4667	<b>-1801</b>	-521	-183	78	-724
	Max V3	-4191	938	<b>1286</b>	548	1576	381
	Min V3	-4529	-748	<b>-1326</b>	-498	-576	-311
	Max T	-4131	928	1286	<b>548</b>	1586	381
	Min T	-4579	-738	-1326	<b>-498</b>	-586	-311
	Max M2	-4131	928	1286	548	<b>1586</b>	381
	Min M2	-4579	-738	-1326	-498	<b>-586</b>	-311
	Max M3	-4053	1991	481	233	922	<b>804</b>
	Min M3	-4667	-1801	-521	-183	78	<b>-724</b>

**Tabella 15 – ENV SLU, SLV - Azioni totali involuppo in testa alla spalla**

Spalla 1							
OutputCase	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SLE_RARA	Max P	<b>-3440</b>	370	370	150	1840	150
	Min P	<b>-7160</b>	-180	-250	-40	3200	-80
	Max V2	-3690	<b>570</b>	210	90	1100	230
	Min V2	-6110	<b>-410</b>	-230	-110	-2330	-170
	Max V3	-3790	350	<b>370</b>	160	2200	140
	Min V3	-4700	-170	<b>-400</b>	-120	-1060	-70
	Max T	-4590	320	370	<b>220</b>	4550	130
	Min T	-5950	-180	-390	<b>-200</b>	-4560	-70
	Max M2	-5940	320	220	110	<b>6630</b>	130
	Min M2	-6510	-160	-250	-130	<b>-5910</b>	-70
	Max M3	-3690	570	210	90	1100	<b>230</b>
	Min M3	-6150	-410	-230	-110	-2410	<b>-170</b>
SLE_FREQ	Max P	<b>-3930</b>	280	-10	10	30	120
	Min P	<b>-6270</b>	-110	-30	50	3340	-50
	Max V2	-4240	<b>320</b>	10	30	500	130
	Min V2	-4480	<b>-140</b>	-30	20	500	-60
	Max V3	-4260	290	<b>80</b>	50	890	120
	Min V3	-4450	-100	<b>-100</b>	-20	100	-40
	Max T	-5070	250	-10	<b>80</b>	2620	100
	Min T	-5460	-100	-30	<b>-50</b>	-2630	-50
	Max M2	-5750	260	-10	30	<b>4230</b>	110
	Min M2	-5760	-100	-30	-30	<b>-3450</b>	-40
	Max M3	-4240	320	10	30	500	<b>130</b>
	Min M3	-4480	-140	-30	20	500	<b>-60</b>
SLE_QP	Max P	<b>-4190</b>	280	-10	30	500	110
	Min P	<b>-4520</b>	-90	-30	20	490	-40
	Max V2	-4250	<b>290</b>	-10	30	500	120
	Min V2	-4470	<b>-100</b>	-30	20	500	-40
	Max V3	-4360	280	<b>-10</b>	30	510	110
	Min V3	-4360	-90	<b>-30</b>	20	490	-40
	Max T	-4300	270	-10	<b>30</b>	520	110
	Min T	-4410	-80	-30	<b>20</b>	480	-40
	Max M2	-4300	270	-10	30	<b>520</b>	110
	Min M2	-4410	-80	-30	20	<b>480</b>	-40
	Max M3	-4250	290	-10	30	500	<b>120</b>
	Min M3	-4470	-100	-30	20	500	<b>-40</b>

**Tabella 16 – ENV SLE RA, SLE FREQ, SLE QP - Azioni totali involuppo in testa alla spalla**

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 30 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  ZITAZIA s.r.l.	 sinergo	 D_VA D_VisionArchitecture	
					Data Ott '23

### 6.3 Azioni permanenti strutturali (G1)

Nome	Tipo	$\gamma_{G1}$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
PP (ponti stradali)	Permanenti strutturali	EQU 0.90 / 1.10 (A1) 1.00 / 1.35 (A2) 1.00 / 1.30	-	-	-

#### 6.3.1 Peso proprio

Per gli elementi in c.a. si considera un peso specifico  $\gamma_c = 25$  kN/m<sup>3</sup>.

### 6.4 Azioni permanenti non strutturali (G2)

Nome	Tipo	$\gamma_{G2}$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
REINTERRO (ponti stradali)	Permanenti non strutturali	EQU 0.00 / 1.50 (A1) 0.00 / 1.50 (A2) 0.00 / 1.30	-	-	-

#### 6.4.1 Peso reinterro

Si considera un ricoprimento di terreno di peso specifico  $\gamma_c = 20$  kN/m<sup>3</sup> al di sopra del plinto di fondazione delle spalle.


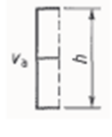
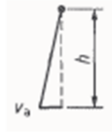

### 6.5 Spinta del terreno (G3)

I valori delle spinte vengono computate secondo le metodologie seguenti.

Nome	Tipo	$\gamma_{G2}$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
TERRENO, FALDA	Permanenti strutturali	EQU 0.90 / 1.10 (A1) 1.00 / 1.30 (A2) 1.00 / 1.00	-	-	-
TERRENO (ponti stradali), FALDA (ponti stradali)	Permanenti strutturali	EQU 0.90 / 1.10 (A1) 1.00 / 1.35 (A2) 1.00 / 1.30	-	-	-

Le condizioni di spinta sono assunte in base agli spostamenti delle pareti, ovvero del grado di mobilitazione necessario per innescare il regime di spinta, vedi a riguardo le indicazioni contenute nell'EC7.

Table C.1 — Ratios  $v_a/h$

Kind of wall movement		$v_a/h$ loose soil %	$v_a/h$ dense soil %
a)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b)		0,2	0,05 to 0,1
c)		0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2

where:  
 $v_a$  is the wall motion to mobilise active earth pressure  
 $h$  is the height of the wall

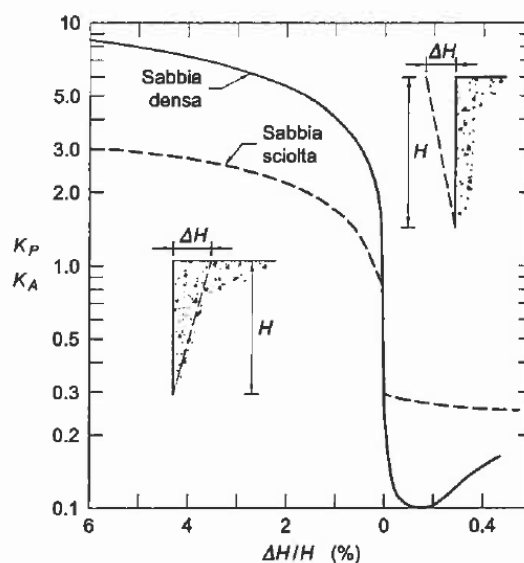


Figura 1 - Spostamenti relativi muro-terreno necessari per il raggiungimento di un regime di spinta attiva secondo EC7 Annex C e Lancillotta (1999)

### 6.5.1 Spinta a riposo

La spinta statica totale sulla parete  $S_{0h}$  si calcola secondo le seguenti relazioni:

$$S_{0h} = \int_0^H \sigma_h(z) dz \quad \text{spinta a riposo statica totale sul muro}$$

$$\sigma_h(z) = \sigma_v(z) * k_0 \quad \text{pressione orizzontale di spinta del terreno}$$

Per piano campagna orizzontale si fa riferimento alla seguente correlazione (Jaky, 1944 e Schmidt, 1966):

$$k_0 = 1 - \sin(\phi') * OCR^\alpha$$

$$OCR = 1 \quad \text{grado di sovraconsolidazione}$$

$$\alpha = 0.5$$

Per pendio inclinato ( $\beta$ ) si può considerare che la spinta a riposo sia parallela al p.c. e che il coefficiente  $k_0$  valga:

$$k_0 = (1 - \sin(\phi') * OCR^\alpha) * (1 + \sin \beta)$$

$$\beta = 0 \quad \text{angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale}$$

### 6.5.2 Spinta attiva

Il coefficiente di spinta attiva ( $K_a$ ) viene valutato ricorrendo alla correlazione generale di Mueller-Breslau basata sulla teoria di Coulomb e riferita a superfici di rottura piane. In questo caso l'approssimazione (rispetto a quanto si sarebbe ottenuto considerando superfici di rottura di geometria complessa) risulta molto contenuta e a favore di sicurezza.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI   	A	32 di 166
			Data Ott '23	

La spinta attiva statica totale sulla parete  $S_{ah}$  si calcola secondo le seguenti relazioni:

$$S_{ah} = \int_0^H \sigma_h(z) dz$$

spinta attiva statica totale sul muro

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi)}{\text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi - \beta)}{\text{sen}(\psi - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

coefficiente di spinta attiva

$$\sigma_h(z) = \sigma_h(z) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

pressione orizzontale di spinta del terreno

$\sigma_v(z)$  pressione verticale del terreno

$H$  altezza della parete di spinta

$\phi$  angolo attrito del terreno

$\delta = 0$  attrito tra terreno e paratia

$\psi = 90^\circ$  angolo tra parete di spinta e piano orizzontale

$\beta$  angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale

$c$  coesione del terreno



## 6.6 Azione sismica (E)

Nome	Tipo	$\gamma_E$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
SISMICA	Sismiche	EQU 0.00 / 1.00 (A1) 0.00 / 1.00 (A2) 0.00 / 1.00	-	-	-

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, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica del sito è definita in termini di:

$a_g$	accelerazione orizzontale massima del terreno
$F_0$	valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
$T_C^*$	periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

L'accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  è riferita in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$  per ogni stato limite considerato.

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'ALLEGATO B delle NTC.

### 6.6.1 Stati limite di progetto sismici

Nel caso delle opere in esame, in accordo con quanto esposto nella relazione di impalcato, si riportano i valori dei parametri sismici utilizzati nella valutazione delle azioni sismiche sulla spalla.

Per le opere definitive si ha il periodo di riferimento della struttura  $V_R = 100$  anni, si possono pertanto individuare i seguenti stati limite:

	$T_R$ (anni)	$a_g$ (g)	$F_0$	$T_C^*$ (s)
<b>SLO</b>	60	0.079	2.461	0.272
<b>SLD</b>	101	0.098	2.441	0.278
<b>SLV</b>	949	0.224	2.377	0.303
<b>SLC</b>	1950	0.280	2.409	0.314

Tabella 17 - Parametri sismici per i vari stati limite di progetto

Si sono analizzati i seguenti stati limite di progetto:

*Stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV)*

a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali

Probabilità di superamento

$$P_{VR} = 10\%$$

Tempo di ritorno

$$T_R = -V_R / \ln(1-P_{VR}) = -100.0 / \ln(1-0.10) = 949 \text{ anni}$$

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI   D_VA D_VisionArchitecture	A	34 di 166
			Data Ott '23	

### 6.6.2 Spettri di risposta

Per il sito dell'opera in esame, in base alle caratteristiche geotecniche di riferimento e dalla morfologia del terreno descritti nei capitoli precedenti, il sottosuolo può essere classificato come:

Categoria sottosuolo "E"  
 Categoria topografica "T1"

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tabella 18 – *Categorie di sottosuolo*

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 19 – *Categorie topografiche*

Lo spettro di risposta elastico orizzontale  $S_e(T)$  del sisma è definito dalle espressioni seguenti:

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

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

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

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T_D \cdot T_C}{T^2} \right]$$

T periodo di vibrazione orizzontale (s)

$S_e(T)$  accelerazione spettrale orizzontale ( $m/s^2$ )

$S = S_s \cdot S_T$  coefficiente della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche

$S_s$  coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi tabella seguente)

$S_T$  coefficiente di amplificazione topografica (vedi tabella seguente)

$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55$  fattore che altera lo spettro elastico per smorzamento viscosi diversi dal 5%

$\xi$  coefficiente di smorzamento viscoso [%]

$F_0$  fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima

$T_C = C_C \cdot T_C^*$  periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro  
 $C_C$  coefficiente definito nella tabella seguente  
 $T_B = T_C/3$  periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante  
 $T_D = 4 \cdot a_g/g + 1,6$  periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro

Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_C$

Categoria sottosuolo	S <sub>s</sub>	C <sub>C</sub>
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 20 - Coefficienti di amplificazione stratigrafica orizzontale

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S <sub>T</sub>
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tabella 21 – Coefficienti di amplificazione topografici

Lo spettro di risposta elastico verticale  $S_{ve}(T)$  del sisma è definito dalle espressioni seguenti:

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

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

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

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

T periodo di vibrazione verticale (s)

$S_{ve}(T)$  accelerazione spettrale verticale (m/s<sup>2</sup>)

$F_V = 1,35 \cdot F_0 \cdot (a_g/g)^{0,5}$  fattore che quantifica l'accelerazione spettrale massima

I parametri  $S_s$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$  per la definizione dello spettro verticale sono indipendenti dalla categoria di suolo e assumono i valori riportati nella tabella seguente.

Tab. 3.2.VI - Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

Categoria di sottosuolo	S <sub>s</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>C</sub>	T <sub>D</sub>
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Tabella 22 - Coefficienti di amplificazione stratigrafica verticale

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 36 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23	

### 6.6.3 Amplificazione sismica di progetto

#### 6.6.3.1 Metodo pseudostatico per muri

Con riferimento al § 7.11.4 delle NTC 2018 si esegue l'analisi con il metodo pseudostatico, dove le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente sismica possono esprimersi come:

$F_h = k_h \cdot W$	componente orizzontale forza sismica
$F_v = k_v \cdot W$	componente verticale forza sismica
$W$	peso del volume di terreno potenzialmente instabile
$k_v = \beta_m \cdot S_S \cdot S_T \cdot a_g / g$	coefficiente sismico orizzontale
$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$	coefficiente sismico verticale (di solito non considerato nelle paratie)
$S_S = 1.414$	coefficiente di amplificazione stratigrafica orizzontale
$S_T = 1.00$	coefficiente di amplificazione topografica
$a_g$	accelerazione massima attesa al sito per lo Stato Limite considerato
$g = 9.81 \text{ m/s}^2$	accelerazione di gravità
$\beta_m = 1.00$	(per muri non liberi di seguire spostamenti relativi rispetto al terreno, vedi §7.11.6.2.1 delle NTC2008)

#### 6.6.3.2 Azioni inerziali masse

Con riferimento a §3.2.4 delle NTC 2018, si ritiene trascurabile in fase sismica il contributo delle azioni accidentali; pertanto, vengono considerati i contributi dei soli carichi permanenti:

$$G = G_1 + G_2 + \sum_j \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

$G$	massa totale efficace
$G_1$	masse dei pesi propri strutturali
$G_2$	masse dei carichi permanenti non strutturali (permanenti, terreno)
$Q_{kj}$	masse dei carichi accidentali
$\Psi_{2j} = 0$	in generale o se ponti stradali a basso traffico (§5.1.3.12)
$\Psi_{2j} = 0.2$	se ponti ferroviari (§5.2.2.8) o ponti stradali alto traffico (§5.1.3.12)
$\Psi_{2j} = 0.8$	accidentale acqua vasche interrato
$\Psi_{2j} = 0.3$	accidentale parcheggio

Le azioni inerziali orizzontali  $E_x$  e verticali  $E_y$  delle masse efficaci sono determinate incrementando i pesi propri  $G$  con accelerazioni verticali e orizzontali definite dai coefficienti di amplificazione dinamica  $k_h$  e  $k_v$ :

$E_x = G \cdot k_h$	azione inerziale orizzontale
$E_y = G \cdot k_v$	azione inerziale verticale
$G = G_1 + G_2 + \Psi_{2j} \cdot Q$	masse efficaci sismiche

### 6.6.4 Sovrappinte dinamiche del terreno

I valori delle spinte vengono computate automaticamente dai software secondo le metodologie seguenti, per ulteriori approfondimenti si rimanda direttamente al manuale d'uso.

#### 6.6.4.1 Spinta attiva

Le sovrappinte  $\Delta S_{ah,E}$  sono calcolate in spinta attiva secondo il metodo di Mononome-Okabe:

$$\Delta S_{ah,E} = S_{ah,E} - S_{ah}$$

$$S_{ah} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a \quad \text{spinta attiva statica sulla parete}$$

$$S_{ah,E} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot H^2 \cdot K_{aE} \quad \text{spinta attiva sismica sulla parete}$$

$$K_{aE} = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi - \theta)}{\cos\theta \cdot \text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[ 1 + \frac{\text{sen}(\varphi + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \beta)} \right]^2} \quad \text{coefficiente spinta attiva sismica (M-O)}$$

- $K_a$  coefficiente di spinta attiva statico
- $H^* = H + \Delta H$  altezza della parete di spinta dal fondo scavo
- $\Delta H = 0$  incremento dell'altezza della parete di spinta dal fondo scavo
- $\gamma^*(z)$  peso specifico del terreno
- $\phi$  angolo attrito del terreno
- $\delta$  attrito tra terreno e parete
- $\psi = 90^\circ$  angolo tra parete di spinta e piano orizzontale
- $\beta$  angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale
- $k_h$  coefficiente di amplificazione orizzontale
- $k_v$  coefficiente di amplificazione verticale
- $\Theta = \arctan(k_h / (1 \pm k_v))$  terreni sopra falda  $\gamma^* = \gamma_{\text{sat}}$
- $\Theta = \arctan(k_h / (1 \pm k_v)) * (\gamma_{\text{sat}} / (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w))$  terreni sotto falda  $\gamma^* = \gamma'$

Restando a favore della sicurezza, la risultante  $\Delta S_{ah,E}$  viene applicata sulla tutta l'altezza  $H^*$  come una pressione orizzontale distribuita  $\Delta\sigma_{h,E}$  pari a:

$$\Delta\sigma_{h,E} = \Delta S_{ahs} / H^*$$

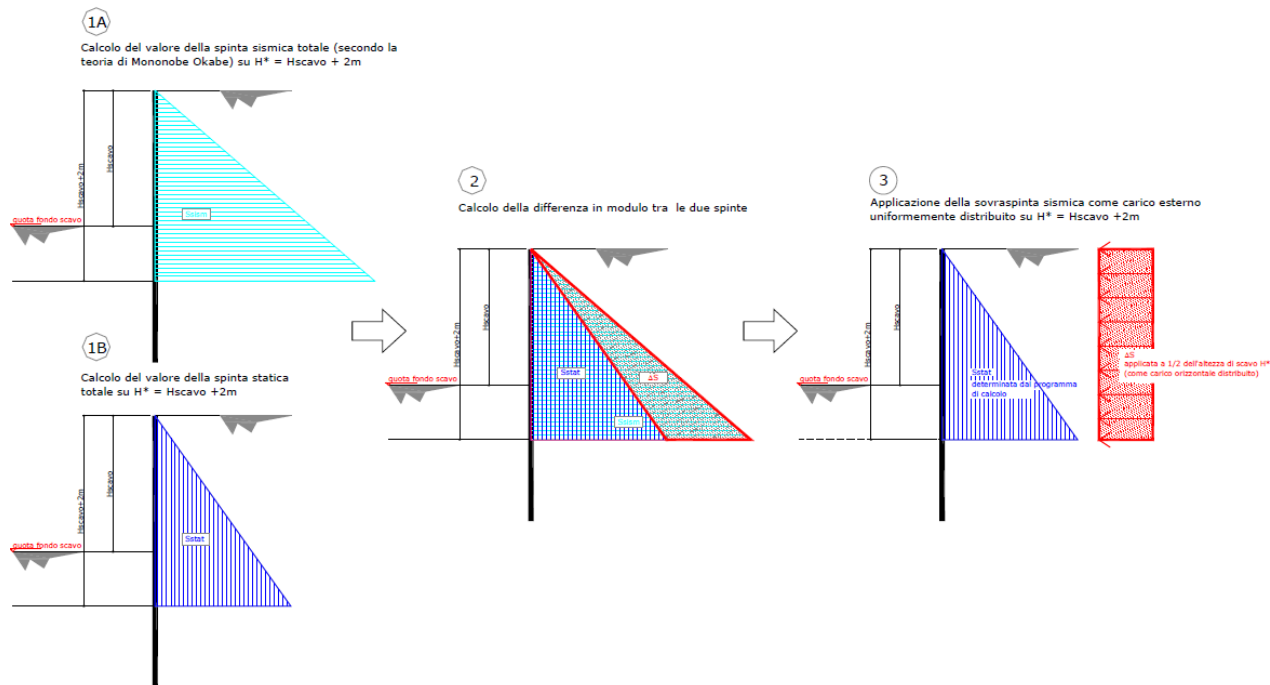


Figura 2 - Schema di calcolo sovraspinte dinamiche terreno

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VisionArchitecture	A	38 di 166
			Data Ott '23	

## 6.7 Azioni accidentali da traffico veicolare ( $q_1$ )

Nome	Tipo	$\gamma_Q$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
TRAFFICO LM1 TS (ponti stradali)	Variabile da traffico	EQU 0.00 / 1.35 (A1) 0.00 / 1.35 (A2) 1.00 / 1.15	0.75	0.75	0.00
TRAFFICO LM1 UDL (ponti stradali)	Variabile da traffico	EQU 0.00 / 1.35 (A1) 0.00 / 1.35 (A2) 1.00 / 1.15	0.40	0.40	0.00

Le azioni sono incluse negli scarichi dedotti dalla relazione di calcolo dell'impalcato.

### 6.7.1.1 Carichi da ponte stradale

Le azioni sono incluse negli scarichi dedotti dalla relazione di calcolo dell'impalcato.

### 6.7.1.2 Spinte sulle pareti

Sopra il profilo di monte della spalla si applicano le pressioni verticali derivanti dal transito veicolare esterno. Si valuta come carico accidentale associato una pressione uniforme media di 20 kPa. Si ha pertanto una spinta a riposo distribuita sull'altezza libera fuori terra della spalla e di larghezza pari alle elevazioni spalle, moltiplicato per il coefficiente di spinta a riposo statica.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  <b>ZITAZIA</b> s.r.l. INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTALE	<b>sinergo</b>	<b>D_VA</b> D_VisionArchitecture
				Data Ott '23

## 7 ANALISI PILE

Nel presente capitolo sono riportati i risultati delle verifiche di stato limite ultimo e di stato limite di esercizio effettuate per la pila 3 che, a parità di apparecchi d'appoggio e di luci che insistono sulla stessa, risulta essere la più sollecitata essendo la più alta. Le altre pile saranno armate come la suddetta.

Si riportano nel seguito l'elenco delle sollecitazioni che sono state adottate per le verifiche strutturali.

A partire dagli scarichi a quota intradosso plinto estrapolate dal modello dell'impalcato (comprensivo delle elevazioni in tutti i termini di peso, rigidezze, carichi statici e sismici afferenti etc., cui si rimanda al 6.1), i carichi al piede della pila (sezione di verifica) sono stati valutati sottraendo il contributo del peso proprio del plinto, opportunamente moltiplicato per un coefficiente di amplificazione  $\gamma$  a seconda del tipo di combinazione considerato, ed effettuando il trasporto di azioni taglianti e dei momenti agenti ad intradosso plinto.

INVILUPPO: SLU						
	$N_{vert}$	$V_{long}$	$V_{trasv}$	$M_{torc}$	$M_{trasv}$	$M_{long}$
Tipologia Comb.	P (kN)	Fy (kN)	Fx (kNm)	Mz (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)
$N_{vert}$ Max	-7524	110	760	150	18140	1305
$N_{vert}$ Min	-30164	-300	-480	-130	-1210	-3500
$V_{long}$ Max	-23484	420	480	110	7910	4960
$V_{long}$ Min	-14114	-620	-490	-40	-6945	-7400
$V_{trasv}$ Max	-23284	120	800	110	-6670	1330
$V_{trasv}$ Min	-14824	-310	-800	-160	2630	-3685
$M_{torc}$ Max	-9884	150	770	210	12345	1665
$M_{torc}$ Min	-26544	-350	-760	-220	-22290	-4085
$M_{trasv}$ Max	-24104	130	760	110	25660	1475
$M_{trasv}$ Min	-16684	-320	-760	-130	-28200	-3760
$M_{long}$ Max	-23484	420	480	110	7910	4960
$M_{long}$ Min	-14114	-620	-490	-40	-6945	-7400
INVILUPPO: SLV						
	$N_{vert}$	$V_{long}$	$V_{trasv}$	$M_{torc}$	$M_{trasv}$	$M_{long}$
Tipologia Comb.	P (kN)	Fy (kN)	Fx (kNm)	Mz (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)
$N_{vert}$ Max	-14313	718	698	138	7951	6730
$N_{vert}$ Min	-17657	-888	-698	-168	-6531	-8835
$V_{long}$ Max	-15524	2195	740	166	8385	21352
$V_{long}$ Min	-16436	-2365	-750	-196	-6930	-23467
$V_{trasv}$ Max	-15581	795	2112	418	22525	7511
$V_{trasv}$ Min	-16379	-965	-2122	-438	-21080	-9616
$M_{torc}$ Max	-15251	795	2112	418	22945	7511
$M_{torc}$ Min	-16719	-965	-2112	-448	-21525	-9616
$M_{trasv}$ Max	-15251	795	2112	418	22945	7511
$M_{trasv}$ Min	-16719	-965	-2112	-448	-21525	-9616
$M_{long}$ Max	-15524	2195	740	166	8385	21352
$M_{long}$ Min	-16436	-2365	-750	-196	-6930	-23467

Tabella 23 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo ad estradosso plinto

<b>INVILUPPO: SLE RA</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	<b>-13950</b>	60	510	90	12305	640
N <sub>vert</sub> Min	<b>-21830</b>	-220	-320	-90	-70	-2550
V <sub>long</sub> Max	-17120	<b>280</b>	320	80	5080	3370
V <sub>long</sub> Min	-18530	<b>-450</b>	-330	-30	-4135	-5435
V <sub>trasv</sub> Max	-17040	60	<b>530</b>	70	-5145	670
V <sub>trasv</sub> Min	-18990	-230	<b>-530</b>	-120	2385	-2655
M <sub>torc</sub> Max	-15700	80	520	<b>140</b>	8010	930
M <sub>torc</sub> Min	-19080	-250	-510	<b>-150</b>	-15155	-2975
M <sub>trasv</sub> Max	-17620	70	510	70	<b>17705</b>	755
M <sub>trasv</sub> Min	-20390	-230	-500	-90	<b>-19390</b>	-2715
M <sub>long</sub> Max	-17120	280	320	80	5080	<b>3370</b>
M <sub>long</sub> Min	-18530	-450	-330	-30	-4135	<b>-5435</b>
<b>INVILUPPO: SLE FR</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	<b>-15410</b>	20	110	20	3385	190
N <sub>vert</sub> Min	<b>-19720</b>	-180	-20	-30	5330	-2170
V <sub>long</sub> Max	-18070	<b>40</b>	10	30	-2005	450
V <sub>long</sub> Min	-17580	<b>-220</b>	-20	30	2940	-2520
V <sub>trasv</sub> Max	-15740	20	<b>110</b>	20	1075	180
V <sub>trasv</sub> Min	-16220	-190	<b>-120</b>	-30	380	-2285
M <sub>torc</sub> Max	-17270	30	20	<b>60</b>	-3710	355
M <sub>torc</sub> Min	-17520	-210	-10	<b>-60</b>	-3455	-2415
M <sub>trasv</sub> Max	-19190	20	-10	-20	<b>6045</b>	190
M <sub>trasv</sub> Min	-18820	-180	10	10	<b>-7715</b>	-2180
M <sub>long</sub> Max	-18070	40	10	30	-2005	<b>450</b>
M <sub>long</sub> Min	-17580	-220	-20	30	2940	<b>-2520</b>

**Tabella 24 – ENV SLE RA, SLE FR - Azioni totali inviluppo ad estradosso plinto**



INVILUPPO: SLE QP	$N_{vert}$	$V_{long}$	$V_{trasv}$	$M_{torc}$	$M_{trasv}$	$M_{long}$
Tipologia Comb.	<b>P</b> (kN)	<b>Fy</b> (kN)	<b>Fx</b> (kNm)	<b>Mz</b> (kN)	<b>My</b> (kNm)	<b>Mx</b> (kNm)
$N_{vert}$ Max	<b>-15720</b>	20	10	-10	1055	110
$N_{vert}$ Min	<b>-16250</b>	-190	-10	-20	365	-2215
$V_{long}$ Max	-16000	<b>20</b>	10	-10	915	140
$V_{long}$ Min	-15960	<b>-190</b>	-20	-20	540	-2255
$V_{trasv}$ Max	-16050	20	<b>10</b>	-10	635	110
$V_{trasv}$ Min	-15910	-190	<b>-20</b>	-10	810	-2215
$M_{torc}$ Max	-15720	20	10	<b>-10</b>	1055	110
$M_{torc}$ Min	-16250	-190	-10	<b>-20</b>	365	-2215
$M_{trasv}$ Max	-15720	20	10	-10	<b>1055</b>	110
$M_{trasv}$ Min	-16250	-190	-10	-20	<b>365</b>	-2215
$M_{long}$ Max	-16000	20	10	-10	915	<b>140</b>
$M_{long}$ Min	-15960	-190	-20	-20	540	<b>-2255</b>

**Tabella 25 – ENV SLE QP - Azioni totali inviluppo ad estradosso plinto**

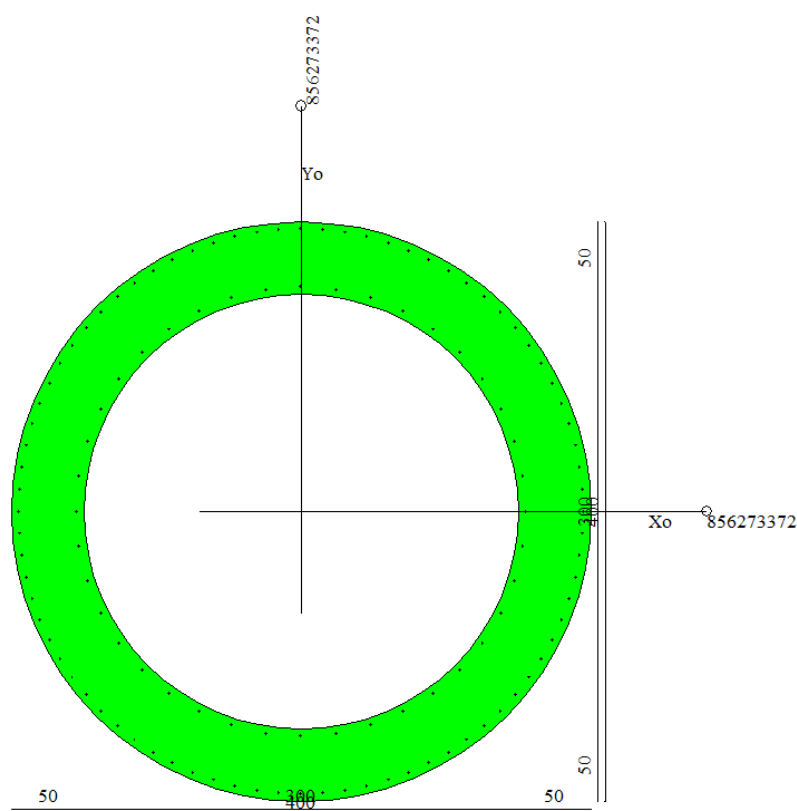
CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE		REV. <b>A</b>	FOGLIO 42 di 166
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ETA</b> ETA s.p.a.	Date Ott '23	
		<b>sinergo</b>	<b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	

## 7.1 Verifiche Fusto Pila

### 7.1.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

Il fusto è armato con un quantitativo di armatura longitudinale  $120\Phi 22$ , di cui 80 ferri distribuiti lungo il perimetro esterno e 40 lungo quello interno. La verifica risulta soddisfatta e porge i seguenti risultati. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 17/01/2018 p.to 4.1.2.1.3.2.



Dati

<b>Nome sezione:</b>	Fusto pila
Tipo sezione	Sezione circolare cava
Diametro esterno	400,0 [cm]
Diametro interno	300,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione	54889,60 [cmq]
Inerzia in direzione X	856273371,5 [cm <sup>4</sup> ]

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	43 di 166
			Data Ott '23	

Inerzia in direzione Y	856273371,5	[cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione XY	0,0	[cm <sup>4</sup> ]
Ascissa baricentro sezione	X <sub>G</sub> = 200,00	[cm]
Ordinata baricentro sezione	Y <sub>G</sub> = 200,00	[cm]

## Elenco ferri

### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N° numero d'ordine

X Ascissa posizione ferro espresso in [cm]

Y Ordinata posizione ferro espresso in [cm]

d Diametro ferro espresso in [mm]

w Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	w
1	394,90	200,00	22	3,80
2	394,30	215,29	22	3,80
3	392,50	230,49	22	3,80
4	389,51	245,50	22	3,80
5	385,36	260,23	22	3,80
6	380,06	274,59	22	3,80
7	373,66	288,48	22	3,80
8	366,18	301,83	22	3,80
9	357,68	314,56	22	3,80
10	348,20	326,58	22	3,80
11	337,82	337,82	22	3,80
12	326,58	348,20	22	3,80
13	314,56	357,68	22	3,80
14	301,83	366,18	22	3,80
15	288,48	373,66	22	3,80
16	274,59	380,06	22	3,80
17	260,23	385,36	22	3,80
18	245,50	389,51	22	3,80
19	230,49	392,50	22	3,80
20	215,29	394,30	22	3,80
21	200,00	394,90	22	3,80
22	184,71	394,30	22	3,80
23	169,51	392,50	22	3,80
24	154,50	389,51	22	3,80
25	139,77	385,36	22	3,80
26	125,41	380,06	22	3,80
27	111,52	373,66	22	3,80
28	98,17	366,18	22	3,80
29	85,44	357,68	22	3,80
30	73,42	348,20	22	3,80
31	62,18	337,82	22	3,80
32	51,80	326,58	22	3,80
33	42,32	314,56	22	3,80

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 44 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23		

34	33,82	301,83	22	3,80
35	26,34	288,48	22	3,80
36	19,94	274,59	22	3,80
37	14,64	260,23	22	3,80
38	10,49	245,50	22	3,80
39	7,50	230,49	22	3,80
40	5,70	215,29	22	3,80
41	5,10	200,00	22	3,80
42	5,70	184,71	22	3,80
43	7,50	169,51	22	3,80
44	10,49	154,50	22	3,80
45	14,64	139,77	22	3,80
46	19,94	125,41	22	3,80
47	26,34	111,52	22	3,80
48	33,82	98,17	22	3,80
49	42,32	85,44	22	3,80
50	51,80	73,42	22	3,80
51	62,18	62,18	22	3,80
52	73,42	51,80	22	3,80
53	85,44	42,32	22	3,80
54	98,17	33,82	22	3,80
55	111,52	26,34	22	3,80
56	125,41	19,94	22	3,80
57	139,77	14,64	22	3,80
58	154,50	10,49	22	3,80
59	169,51	7,50	22	3,80
60	184,71	5,70	22	3,80
61	200,00	5,10	22	3,80
62	215,29	5,70	22	3,80
63	230,49	7,50	22	3,80
64	245,50	10,49	22	3,80
65	260,23	14,64	22	3,80
66	274,59	19,94	22	3,80
67	288,48	26,34	22	3,80
68	301,83	33,82	22	3,80
69	314,56	42,32	22	3,80
70	326,58	51,80	22	3,80
71	337,82	62,18	22	3,80
72	348,20	73,42	22	3,80
73	357,68	85,44	22	3,80
74	366,18	98,17	22	3,80
75	373,66	111,52	22	3,80
76	380,06	125,41	22	3,80
77	385,36	139,77	22	3,80
78	389,51	154,50	22	3,80
79	392,50	169,51	22	3,80
80	394,30	184,71	22	3,80
81	355,10	200,00	22	3,80
82	353,19	224,26	22	3,80
83	347,51	247,93	22	3,80

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 45 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23		

84	338,20	270,41	22	3,80
85	325,48	291,17	22	3,80
86	309,67	309,67	22	3,80
87	291,17	325,48	22	3,80
88	270,41	338,20	22	3,80
89	247,93	347,51	22	3,80
90	224,26	353,19	22	3,80
91	200,00	355,10	22	3,80
92	175,74	353,19	22	3,80
93	152,07	347,51	22	3,80
94	129,59	338,20	22	3,80
95	108,83	325,48	22	3,80
96	90,33	309,67	22	3,80
97	74,52	291,17	22	3,80
98	61,80	270,41	22	3,80
99	52,49	247,93	22	3,80
100	46,81	224,26	22	3,80
101	44,90	200,00	22	3,80
102	46,81	175,74	22	3,80
103	52,49	152,07	22	3,80
104	61,80	129,59	22	3,80
105	74,52	108,83	22	3,80
106	90,33	90,33	22	3,80
107	108,83	74,52	22	3,80
108	129,59	61,80	22	3,80
109	152,07	52,49	22	3,80
110	175,74	46,81	22	3,80
111	200,00	44,90	22	3,80
112	224,26	46,81	22	3,80
113	247,93	52,49	22	3,80
114	270,41	61,80	22	3,80
115	291,17	74,52	22	3,80
116	309,67	90,33	22	3,80
117	325,48	108,83	22	3,80
118	338,20	129,59	22	3,80
119	347,51	152,07	22	3,80
120	353,19	175,74	22	3,80

**Materiale impiegato :** Calcestruzzo armato

**Caratteristiche calcestruzzo**

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[N/mm <sup>2</sup> ]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

**Caratteristiche acciaio per calcestruzzo**

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[N/mm <sup>2</sup> ]

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  CITIZIA s.r.l. CITIZIA CONSULTING s.r.l.	A	46 di 166
			Data Ott '23	

Modulo elastico E 205942,924 [N/mmq]  
Fattore di incrudimento acciaio 1,00

### Combinazioni

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
N sforzo normale espresso in [kN]  
M<sub>y</sub> momento lungo Y espresso in [kNm]  
M<sub>x</sub> momento lungo X espresso in [kNm]  
M<sub>t</sub> momento torcente espresso in [kNm]  
T<sub>y</sub> taglio lungo Y espresso in [kN]  
T<sub>x</sub> taglio lungo X espresso in [kN]  
VD verifica di dominio  
VT verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>y</sub>	T <sub>x</sub>	VD	VT
1	7524,0000	1305,0000	18140,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	30164,0000	-3500,0000	-1210,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	24104,0000	1475,0000	25660,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	16684,0000	-3760,0000	-28200,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	23484,0000	4960,0000	7910,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
6	14114,0000	-7400,0000	-6945,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
7	14313,0000	6730,0000	7951,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
8	17657,0000	-8835,0000	-6531,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
9	15251,0000	7510,5000	22945,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
10	16719,0000	-9615,5000	-21525,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
11	15524,0000	21351,5000	8385,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
12	16436,0000	-23466,5000	-6930,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
13	13950,0000	640,0000	12305,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
14	21830,0000	-2550,0000	-70,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
15	17620,0000	755,0000	17705,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
16	20390,0000	-2715,0000	-19390,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
17	17120,0000	3370,0000	5080,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
18	18530,0000	-5435,0000	-4135,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
19	15410,0000	190,0000	3385,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
20	19720,0000	-2170,0000	5330,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
21	19190,0000	190,0000	6045,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
22	18820,0000	-2180,0000	-7715,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
23	18070,0000	450,0000	-2005,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
24	17580,0000	-2520,0000	2940,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
25	15720,0000	110,0000	1055,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
26	16250,0000	-2215,0000	365,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
27	15720,0000	110,0000	1055,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
28	16250,0000	-2215,0000	365,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
29	16000,0000	140,0000	915,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
30	15960,0000	-2255,0000	540,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  ZITAZIA s.r.l. INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTALE	A	47 di 166
			Data Ott '23	

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

Xc posizione asse neutro espresso in [cm]

a inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]

(xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	a	(xi; yi)	(xf; yf)
13	376,34	-87,02	(-395,24; 8245,39)	(6817,22; -130425,42)
14	1545,06	-1,57	(20383,94; 991,57)	(-71107,04; 3503,09)
15	346,62	-87,56	(-2228,78; 53710,10)	(402,06; -7984,15)
16	358,07	-82,03	(6450,76; -43300,58)	(-350,19; 5270,51)
17	641,43	-56,44	(-6927,87; 10146,16)	(7574,08; -11714,36)
18	626,37	-37,26	(41152,60; -30421,22)	(-5334,71; 4946,77)
19	914,28	-86,79	(-1074,12; 10150,85)	(6822,79; -130538,99)
20	738,63	67,85	(6170,01; 16292,10)	(-5344,49; -11990,06)
21	698,65	-88,20	(-1540,52; 39700,26)	(-26,27; -8476,92)
22	568,96	-74,22	(2820,27; -7716,12)	(-4607,94; 18572,27)
23	1582,19	77,35	(-3156,81; -21068,38)	(15597,27; 62491,45)
24	913,59	49,40	(8081,56; 10491,72)	(-21809,68; -24381,40)
25	2529,53	-84,05	(-8161,18; 57927,90)	(2664,99; -45904,90)
26	1337,72	9,36	(16058,63; 3966,45)	(-82180,34; -12221,91)
27	2529,53	-84,05	(-8161,18; 57927,90)	(2664,99; -45904,90)
28	1337,72	9,36	(16058,63; 3966,45)	(-82180,34; -12221,91)
29	2916,80	-81,30	(-7186,04; 30508,85)	(94133,02; -631683,59)
30	1281,77	13,47	(119849,98; 29964,83)	(-14223,61; -2141,49)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

S<sub>c-max</sub> Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

S<sub>c-min</sub> Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

S<sub>f-max</sub> Tensione massima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

S<sub>f-min</sub> Tensione minima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

t<sub>c</sub> Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

N°	S <sub>c-max</sub>	S <sub>c-min</sub>	t <sub>c</sub>	S <sub>f-max</sub>	S <sub>f-min</sub>
13	4,805	0,000	0,000	71,122	-3,500
14	4,062	0,000	0,000	60,727	45,361
15	6,585	0,000	0,000	97,342	-13,670
16	7,386	0,000	0,000	109,258	-11,334
17	4,030	0,000	0,000	59,954	23,244
18	4,408	0,000	0,000	65,595	24,455
19	3,194	0,000	0,000	47,656	27,232

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  <b>CITAZIA</b> s.r.l. INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTALE	<b>sinergo</b>	<b>D_VA</b> D_VisionArchitecture
				Data Ott '23

20	4,381	0,000	0,000	65,255	30,579
21	4,355	0,000	0,000	64,842	28,416
22	4,701	0,000	0,000	69,866	21,594
23	3,351	0,000	0,000	50,098	37,717
24	3,646	0,000	0,000	54,383	31,051
25	2,765	0,000	0,000	41,392	35,003
26	3,095	0,000	0,000	46,249	32,722
27	2,765	0,000	0,000	41,392	35,003
28	3,095	0,000	0,000	46,249	32,722
29	2,782	0,000	0,000	41,667	36,089
30	3,063	0,000	0,000	45,767	31,794

### Sollecitazioni ultime

#### *Simbologia adottata*

- N° numero d'ordine della combinazione  
N<sub>u</sub> Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
M<sub>Xu</sub> Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
M<sub>Yu</sub> Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>27271,6140</u>	<u>65750,5420</u>	<u>4730,1244</u>	3,62
<u>27376,5426</u>	<u>66003,5198</u>	1305,0000	3,64
<u>103978,7775</u>	18140,0000	<u>18034,5966</u>	13,82
<u>109179,4568</u>	18140,0000	1305,0000	14,51
7524,0000	<u>41870,6949</u>	1305,0000	2,31
7524,0000	<u>41775,1859</u>	<u>3005,3262</u>	2,30
7524,0000	18140,0000	<u>37756,4510</u>	28,93

#### Combinazione n° 2

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>112222,2362</u>	<u>-4501,6876</u>	<u>-13021,4105</u>	3,72
<u>117506,4858</u>	<u>-4713,6603</u>	-3500,0000	3,90
<u>112665,4924</u>	-1210,0000	<u>-13072,8426</u>	3,74
<u>118894,7572</u>	-1210,0000	-3500,0000	3,94
30164,0000	<u>-68192,3130</u>	-3500,0000	56,36
30164,0000	<u>-22309,5987</u>	<u>-64531,8970</u>	18,44
30164,0000	-1210,0000	<u>-68266,4619</u>	19,50

#### Combinazione n° 3

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>64922,7071</u>	<u>69113,7017</u>	<u>3972,8258</u>	2,69
<u>64980,6269</u>	<u>69175,3604</u>	1475,0000	2,70
<u>103377,0916</u>	25660,0000	<u>6325,9712</u>	4,29
<u>103894,0375</u>	25660,0000	1475,0000	4,31



CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  <b>sinergo</b>  <b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	A	49 di 166
			Data Ott '23	

24104,0000	<u>62980,8813</u>	1475,0000	2,45
24104,0000	<u>62891,0312</u>	<u>3615,1314</u>	2,45
24104,0000	25660,0000	<u>57531,4031</u>	39,00

Combinazione n° 4

<b>N<sub>u</sub></b>	<b>M<sub>xu</sub></b>	<b>M<sub>yu</sub></b>	<b>FS</b>
<u>43970,1433</u>	<u>-74320,1895</u>	<u>-9909,3586</u>	2,64
<u>44344,3130</u>	<u>-74952,6268</u>	-3760,0000	2,66
<u>96750,3982</u>	-28200,0000	<u>-21804,2135</u>	5,80
<u>101935,1260</u>	-28200,0000	-3760,0000	6,11
16684,0000	<u>-54428,5992</u>	-3760,0000	1,93
16684,0000	<u>-54086,6342</u>	<u>-7211,5512</u>	1,92
16684,0000	-28200,0000	<u>-46704,6800</u>	12,42

Combinazione n° 5

<b>N<sub>u</sub></b>	<b>M<sub>xu</sub></b>	<b>M<sub>yu</sub></b>	<b>FS</b>
<u>95164,2659</u>	<u>32053,7107</u>	<u>20099,4191</u>	4,05
<u>98315,7941</u>	<u>33115,2245</u>	4960,0000	4,19
<u>105370,8267</u>	7910,0000	<u>22255,1226</u>	4,49
<u>115225,0401</u>	7910,0000	4960,0000	4,91
23484,0000	<u>62179,3892</u>	4960,0000	7,86
23484,0000	<u>52847,1284</u>	<u>33138,0223</u>	6,68
23484,0000	7910,0000	<u>61880,3303</u>	12,48

Combinazione n° 6

<b>N<sub>u</sub></b>	<b>M<sub>xu</sub></b>	<b>M<sub>yu</sub></b>	<b>FS</b>
<u>79661,1249</u>	<u>-39198,4209</u>	<u>-41766,4960</u>	5,64
<u>89972,2644</u>	<u>-44272,1678</u>	-7400,0000	6,37
<u>88447,1537</u>	-6945,0000	<u>-46373,0294</u>	6,27
<u>114681,9410</u>	-6945,0000	-7400,0000	8,13
14114,0000	<u>-50651,1854</u>	-7400,0000	7,29
14114,0000	<u>-35034,5376</u>	<u>-37329,8168</u>	5,04
14114,0000	-6945,0000	<u>-50718,0655</u>	6,85

Combinazione n° 7

<b>N<sub>u</sub></b>	<b>M<sub>xu</sub></b>	<b>M<sub>yu</sub></b>	<b>FS</b>
<u>79264,0898</u>	<u>44031,9135</u>	<u>37270,1268</u>	5,54
<u>86970,0385</u>	<u>48312,6372</u>	6730,0000	6,08
<u>90995,8569</u>	7951,0000	<u>42786,4261</u>	6,36
<u>114500,1671</u>	7951,0000	6730,0000	8,00
14313,0000	<u>51017,9759</u>	6730,0000	6,42
14313,0000	<u>39274,2430</u>	<u>33243,0708</u>	4,94
14313,0000	7951,0000	<u>50836,3784</u>	7,55

Combinazione n° 8

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	50 di 166
			Data Ott '23	

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
84084,7366	-31101,3997	-42073,3221	4,76
96055,0597	-35529,0024	-8835,0000	5,44
89641,8877	-6531,0000	-44853,9433	5,08
114118,8701	-6531,0000	-8835,0000	6,46
17657,0000	-55099,7492	-8835,0000	8,44
17657,0000	-33170,8967	-44872,8942	5,08
17657,0000	-6531,0000	-55410,6597	6,27

Combinazione n° 9

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
47612,7397	71632,9626	23447,3465	3,12
49808,8731	74937,0267	7510,5000	3,27
87079,6312	22945,0000	42883,1926	5,71
104997,6142	22945,0000	7510,5000	6,88
15251,0000	52164,4625	7510,5000	2,27
15251,0000	50085,8945	16394,4263	2,18
15251,0000	22945,0000	47447,5373	6,32

Combinazione n° 10

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
53011,9523	-68250,6295	-30488,4519	3,17
56669,2704	-72959,2706	-9615,5000	3,39
83724,4903	-21525,0000	-48151,9730	5,01
105401,6415	-21525,0000	-9615,5000	6,30
16719,0000	-53758,3089	-9615,5000	2,50
16719,0000	-49856,9607	-22271,7587	2,32
16719,0000	-21525,0000	-50181,9669	5,22

Combinazione n° 11

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
50882,7458	27483,3692	69983,4416	3,28
85342,2182	46096,0126	21351,5000	5,50
53845,4067	8385,0000	74058,2454	3,47
105851,1210	8385,0000	21351,5000	6,82
15524,0000	48573,1986	21351,5000	5,79
15524,0000	19394,6376	49386,3571	2,31
15524,0000	8385,0000	52393,4329	2,45

Combinazione n° 12

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
50537,4506	-21308,3799	-72154,8482	3,07
90135,8165	-38004,4541	-23466,5000	5,48
52251,3807	-6930,0000	-74601,9120	3,18
104768,1405	-6930,0000	-23466,5000	6,37
16436,0000	-48909,5519	-23466,5000	7,06

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  CITIZIA s.r.l. CITIZIA CONSULTING s.r.l.	A	51 di 166
			Data Ott '23	

16436,0000	<u>-15363,8964</u>	<u>-52025,5230</u>	2,22
16436,0000	-6930,0000	<u>-53801,6091</u>	2,29

### Risultati fessurazione

#### *Simbologia adottata*

N°	numero d'ordine della combinazione
M <sub>x</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M <sub>y</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
s <sub>f</sub>	Tensione nell'acciaio, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
s <sub>c</sub>	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
A <sub>eff</sub>	Area efficace a trazione, espressa in [cm <sup>2</sup> ]
e	Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
S <sub>rm</sub>	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	s <sub>f</sub>	s <sub>c</sub>	A <sub>eff</sub>	e	S <sub>rm</sub>	w
19	22720,4902	1275,3008	-81,061	-5,576	9921,35	0,0000	0	0,0000
20	24195,2852	-9850,6133	-67,057	-4,649	7520,60	0,0000	0	0,0000
21	25706,5986	807,9824	-68,540	-4,748	7813,11	0,0000	0	0,0000
22	-24462,7280	-6912,3457	-69,441	-4,811	7987,31	0,0000	0	0,0000
23	-24230,7383	5438,3203	-71,714	-4,957	8401,14	0,0000	0	0,0000
24	18561,0469	-15909,4687	-73,213	-5,056	8677,15	0,0000	0	0,0000
25	22855,5859	2383,0469	-79,582	-5,483	9718,05	0,0000	0	0,0000
26	3806,1230	-23097,4316	-77,812	-5,360	9461,61	0,0000	0	0,0000
27	22855,5859	2383,0469	-79,582	-5,483	9718,05	0,0000	0	0,0000
28	3806,1230	-23097,4316	-77,812	-5,360	9461,61	0,0000	0	0,0000
29	22955,0625	3512,2500	-78,855	-5,426	9615,98	0,0000	0	0,0000
30	5399,5781	-22548,2383	-78,940	-5,434	9626,15	0,0000	0	0,0000

### Inviluppo verifiche a pressoflessione

#### *Simbologia adottata*

N	Sforzo normale espresso in [kN]
M <sub>x</sub>	Momento in direzione X espresso in [kNm]
M <sub>y</sub>	Momento in direzione Y espresso in [kNm]
N <sub>u</sub>	Sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>x,u</sub>	Momento ultimo in direzione X espresso in [kNm]
M <sub>y,u</sub>	Momento ultimo in direzione Y espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza
Comb.	Combinazione critica

#### **Sezione n° 1 - Fusto pila**

	N	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N	M <sub>x,u</sub>	M <sub>y,u</sub>	FS	Comb.
	16684,00	-28200,00	-3760,00	43970,14	-74320,19	-9909,36	2.635	4
	16684,00	-28200,00	-3760,00	44344,31	-74952,63	-3760,00	2.658	4
	16436,00	-6930,00	-23466,50	52251,38	-6930,00	-74601,91	3.179	12
	30164,00	-1210,00	-3500,00	118894,76	-1210,00	-3500,00	3.942	2

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture		A	52 di 166
				Data Ott '23	

16684,00	-28200,00	-3760,00	16684,00	-54428,60	-3760,00	1.930	4
16684,00	-28200,00	-3760,00	16684,00	-54086,63	-7211,55	1.918	4
16436,00	-6930,00	-23466,50	16436,00	-6930,00	-53801,61	2.293	12

### Inviluppo verifiche tensionali

#### *Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
Comb.	Combinazione critica

#### **Sezione n° 1 - Fusto pila**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLER	7,386	19,920	-0,858	3,099	-11,334	109,258	360,000	16
SLEQP	3,095	14,940	2,170	3,099	32,722	46,249	450,000	26
SLEF	4,701	33,200	1,397	3,099	21,594	69,866	450,000	22

### Inviluppo verifiche fessurazione

#### *Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sc	tensione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
Aeff	Area efficace a trazione espresso in [cm <sup>2</sup> ]
Eps	Deformazione espressa in [%]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

#### **Sezione n° 1 - Fusto pila**

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-79,582	-5,483	953,031	0,0000	0,000	0,000	0,200	25
SLEF	-81,061	-5,576	972,967	0,0000	0,000	0,000	0,300	19

### 7.1.2 Verifica a taglio

Le verifiche a taglio sono state condotte considerando i valori delle azioni in combinazione SLV, essendo questi più gravosi.

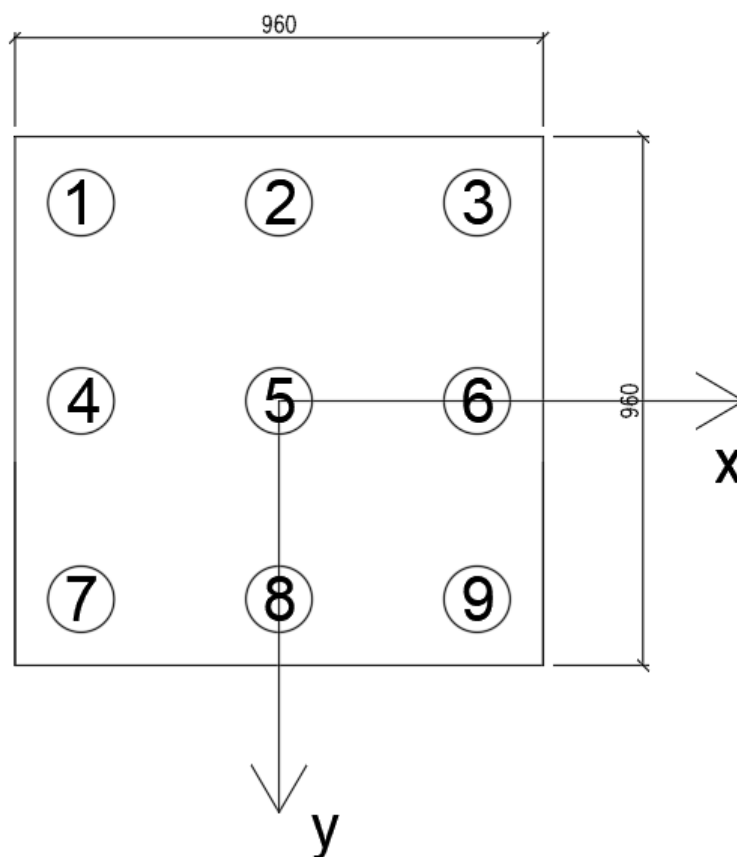
NOME: PILA 3	CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE CIRCOLARE (NTC 2018)	Rev. 10																																										
<b>DATI SEZIONE (metodo di Clarke-Birjandi, 1993)</b>																																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>D</th><th>c</th><th>r<sub>s</sub></th><th>r</th><th>α</th><th>A<sub>v</sub></th> </tr> <tr> <td>(m)</td><td>(m)</td><td>(m)</td><td>(m)</td><td>(rad)</td><td>(m<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td>2,65</td><td>0,07</td><td>1,26</td><td>1,33</td><td>0,65</td><td>4,743</td> </tr> </table>	D	c	r <sub>s</sub>	r	α	A <sub>v</sub>	(m)	(m)	(m)	(m)	(rad)	(m <sup>2</sup> )	2,65	0,07	1,26	1,33	0,65	4,743	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3">AZIONI CALCOLO</th> </tr> <tr> <th>N<sub>Ed</sub></th><th>V<sub>Ed</sub></th><th>M<sub>Ed</sub></th> </tr> <tr> <td>(kN)</td><td>(kN)</td><td>(kNm)</td> </tr> <tr> <td>-16436,0</td><td>2365,0</td><td>23467,0</td> </tr> </table>	AZIONI CALCOLO			N <sub>Ed</sub>	V <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>	(kN)	(kN)	(kNm)	-16436,0	2365,0	23467,0	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3">CALCESTRUZZO</th> </tr> <tr> <th>f<sub>ck</sub></th><th>f<sub>cd</sub></th><th>γ<sub>c</sub></th> </tr> <tr> <td>(MPa)</td><td>(MPa)</td><td></td> </tr> <tr> <td>33,20</td><td>18,81</td><td>1,50</td> </tr> </table>	CALCESTRUZZO			f <sub>ck</sub>	f <sub>cd</sub>	γ <sub>c</sub>	(MPa)	(MPa)		33,20	18,81	1,50
D	c	r <sub>s</sub>	r	α	A <sub>v</sub>																																							
(m)	(m)	(m)	(m)	(rad)	(m <sup>2</sup> )																																							
2,65	0,07	1,26	1,33	0,65	4,743																																							
AZIONI CALCOLO																																												
N <sub>Ed</sub>	V <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed</sub>																																										
(kN)	(kN)	(kNm)																																										
-16436,0	2365,0	23467,0																																										
CALCESTRUZZO																																												
f <sub>ck</sub>	f <sub>cd</sub>	γ <sub>c</sub>																																										
(MPa)	(MPa)																																											
33,20	18,81	1,50																																										
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>b<sub>w</sub></th><th>d</th><th>θ</th><th>cotg θ</th> </tr> <tr> <td>(m)</td><td>(m)</td><td>(°)</td><td></td> </tr> <tr> <td>2,23</td><td>2,13</td><td>45,00</td><td>1,00</td> </tr> </table>	b <sub>w</sub>	d	θ	cotg θ	(m)	(m)	(°)		2,23	2,13	45,00	1,00	$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$																															
b <sub>w</sub>	d	θ	cotg θ																																									
(m)	(m)	(°)																																										
2,23	2,13	45,00	1,00																																									
<b>VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)</b>																																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>f<sub>yd</sub></th><th>n</th><th>∅</th><th>A<sub>sl</sub></th><th>F<sub>Rd</sub></th> </tr> <tr> <td>(MPa)</td><td></td><td>(mm)</td><td>(cm<sup>2</sup>)</td><td>(kN)</td> </tr> <tr> <td>391,3</td><td>120</td><td>22</td><td>456,16</td><td>17849,7</td> </tr> <tr> <td></td><td>0</td><td>14</td><td>0,00</td><td>0,0</td> </tr> </table>	f <sub>yd</sub>	n	∅	A <sub>sl</sub>	F <sub>Rd</sub>	(MPa)		(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(kN)	391,3	120	22	456,16	17849,7		0	14	0,00	0,0	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>ΔF<sub>td</sub></th><th>F<sub>Ed</sub></th><th>A<sub>sl</sub></th> </tr> <tr> <td>(kN)</td><td>(kN)</td><td>(cm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td>1182,5</td><td>13447,8</td><td>456,16</td> </tr> </table>	ΔF <sub>td</sub>	F <sub>Ed</sub>	A <sub>sl</sub>	(kN)	(kN)	(cm <sup>2</sup> )	1182,5	13447,8	456,16	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>F<sub>Rd</sub></th><th>F<sub>Ed</sub>/F<sub>Rd</sub></th> </tr> <tr> <td>(kN)</td><td></td> </tr> <tr> <td>17849,7</td><td>75,3% <b>VERIFICA OK</b></td> </tr> </table>	F <sub>Rd</sub>	F <sub>Ed</sub> /F <sub>Rd</sub>	(kN)		17849,7	75,3% <b>VERIFICA OK</b>							
f <sub>yd</sub>	n	∅	A <sub>sl</sub>	F <sub>Rd</sub>																																								
(MPa)		(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(kN)																																								
391,3	120	22	456,16	17849,7																																								
	0	14	0,00	0,0																																								
ΔF <sub>td</sub>	F <sub>Ed</sub>	A <sub>sl</sub>																																										
(kN)	(kN)	(cm <sup>2</sup> )																																										
1182,5	13447,8	456,16																																										
F <sub>Rd</sub>	F <sub>Ed</sub> /F <sub>Rd</sub>																																											
(kN)																																												
17849,7	75,3% <b>VERIFICA OK</b>																																											
<b>VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)</b>																																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>k<sub>1</sub></th><th>k</th><th>ρ<sub>l</sub> (%)</th><th>v<sub>min</sub></th><th>σ<sub>cp</sub></th><th>α<sub>c</sub></th> </tr> <tr> <td></td><td></td><td>(%)</td><td>(MPa)</td><td>(MPa)</td><td></td> </tr> <tr> <td>0,15</td><td>1,31</td><td>0,96%</td><td>0,30</td><td>3,47</td><td>1,18</td> </tr> </table>	k <sub>1</sub>	k	ρ <sub>l</sub> (%)	v <sub>min</sub>	σ <sub>cp</sub>	α <sub>c</sub>			(%)	(MPa)	(MPa)		0,15	1,31	0,96%	0,30	3,47	1,18	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>V<sub>Rd</sub></th><th>V<sub>Ed</sub>/V<sub>Rd</sub></th> </tr> <tr> <td>(kN)</td><td></td> </tr> <tr> <td>4824,8</td><td>49,0% <b>VERIFICA OK</b></td> </tr> </table>	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd</sub>	(kN)		4824,8	49,0% <b>VERIFICA OK</b>																			
k <sub>1</sub>	k	ρ <sub>l</sub> (%)	v <sub>min</sub>	σ <sub>cp</sub>	α <sub>c</sub>																																							
		(%)	(MPa)	(MPa)																																								
0,15	1,31	0,96%	0,30	3,47	1,18																																							
V <sub>Rd</sub>	V <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd</sub>																																											
(kN)																																												
4824,8	49,0% <b>VERIFICA OK</b>																																											
<b>Diagramma dei contributi di resistenza al taglio vs cot θ</b>																																												

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

CODIFICA DOCUMENTO T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 54 di 166
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>CITIZIA</b> CONSULENZA VALUTAZIONE ASSOCIATI	<b>sinergo</b> <b>D_VA</b> <small>DIVISION ARCHITECTURE</small>	
			Data Ott '23	

## 7.2 Verifiche plinto su pali

Nel presente paragrafo sono stati eseguite le verifiche strutturali del plinto di fondazione, considerando le reazioni in testa palo, cui si rimanda al §9.7.3.

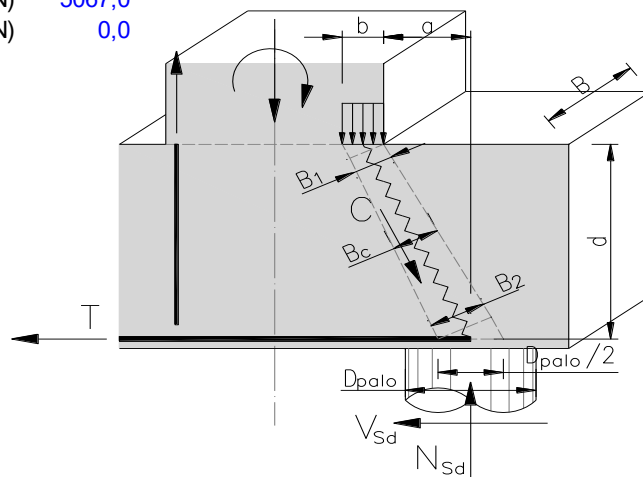


**Figura 3 – Schema numerazione pali**

### 7.2.1 Verifiche tirante - puntone (SLU, SLV)

Date le dimensioni del plinto di fondazione, esso si configura come un elemento tozzo per il quale è possibile condurre una verifica secondo il modello teorico locale a tirante – puntone, come previsto in ENV 1992 e CEB-FIP Model Code 90. Si prevede un'armatura tesa al lembo inferiore di 1Φ26/10.

NOME: <b>Plinto P2</b>		VERIFICA ARMATURE PLINTO SU PALI		Rev. 00	
<b>GEOMETRIA</b>		<b>MATERIALI</b>		<b>AZIONI</b>	
$D_{palo}$ (m)	1,50	$f_{yd}$ (MPa)	391,3	$N_{Ed}$ (kN)	5067,0
$a$ (m)	1,60	$f_{cd}$ (MPa)	20,47	$V_{Ed}$ (kN)	0,0
$b$ (m)	0,13	$v_c$	0,80		
$d$ (m)	2,45	$f_{cd}^*$ (MPa)	16,38		
$B$ (m)	3,00				
<b>VERIFICA ARMATURA TESA</b>					
$T$ (kN)	3435,5				
$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	15920				
$\sigma_s$ (MPa)	215,8	$\sigma_{Ed}/f_{yd}$ 55,1% VERIFICA OK			
<b>VERIFICA CALCESTRUZZO COMPRESSO</b>					
$C$ (kN)	6121,87				
$B_1$ (m)	0,10				
$B_2$ (m)	0,58				
$B_c$ (m)	0,34				
$\sigma_c$ (MPa)	5,94	$\sigma_{Ed}/f_{cd}$ 36,2% VERIFICA OK			



CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI   	A	56 di 166
			Data Ott '23	

## 8 ANALISI SPALLA

Nei paragrafi a seguire sono riportate le sollecitazioni e le verifiche effettuate per la Spalla 1, maggiormente sollecitata tra le due. La disposizione e i quantitativi di armatura della suddetta si replicano nella Spalla 2.

### 8.1 Modello di calcolo

Per il dimensionamento delle strutture di spalla sono stati adottati i seguenti diversi modelli di calcolo:

- 1) modello generale della spalla, implementato in un foglio di calcolo Excel, specifico per ricavare le sollecitazioni globali sulle fondazioni partendo dagli scarichi appoggi dell'impalcato; sono considerati i pesi propri degli elementi strutturali, del terreno di riempimento della spalla, le spinte del terreno di rilevato e, in condizioni sismiche, le masse, secondo le ipotesi illustrate nell'analisi dei carichi; il solettone di fondazione viene considerato come una piastra rigida su pali;
  - a. modello locale del muro frontale, implementato in un foglio di calcolo Excel, considerando uno schema strutturale di mensola incastrata alla base;
  - b. modello locale in direzione longitudinale della fondazione, implementato in un foglio di calcolo Excel, dove vengono calcolate le sollecitazioni del plinto in direzione longitudinale a partire dagli scarichi sui pali, desunti dalla relazione geotecnica;
  - c. modello locale dei muri laterali, implementato in un foglio di calcolo Excel, considerando uno schema strutturale di mensola incastrata alla base;

Per il terreno di riempimento si considera lo standard per rilevati ferroviari e si assegnano le seguenti caratteristiche meccaniche:

Parametri Geotecnici		
$\gamma$	$\phi'$	$c'$
[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kPa]
20	35	0

**Tabella 26 – Parametri geotecnici terreno di riempimento**

Tutte le azioni e le combinazioni di carico considerate per le verifiche strutturali e geotecniche sono state sviluppate nell'ipotesi A1-M1.

#### 8.1.1 Condizioni statiche

Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali della spalla sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta.

Si deve notare che essendo presente una fondazione su pali si ipotizza che la spalla sia impedita di traslare rispetto al terreno; pertanto, la spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta in quiete  $k_0$ .

Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico gravante sulla spalla e tergo di essa, si considera un carico uniformemente distribuito di lunghezza indefinita con valore pari a 20kPa.

#### 8.1.2 Condizioni sismiche

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovrappinta sismica viene calcolata con la teoria di Mononome-Okabe con  $\beta_m = 1.00$ , in quanto si considera la spalla debolmente deformabile in condizione sismica.



In fase sismica si considerano inoltre le azioni orizzontali e verticali dovute all'inerzia delle parti in calcestruzzo e del rinterro compreso tra i muri andatori.

## 8.2 Sollecitazioni elevazione

Mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate all'elevazione spalla, combinandole opportunamente con gli involuipi di azioni totali ricavate a testa elevazione.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G, posto al centro della elevazione della spalla a quota estradosso fondazione, e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.

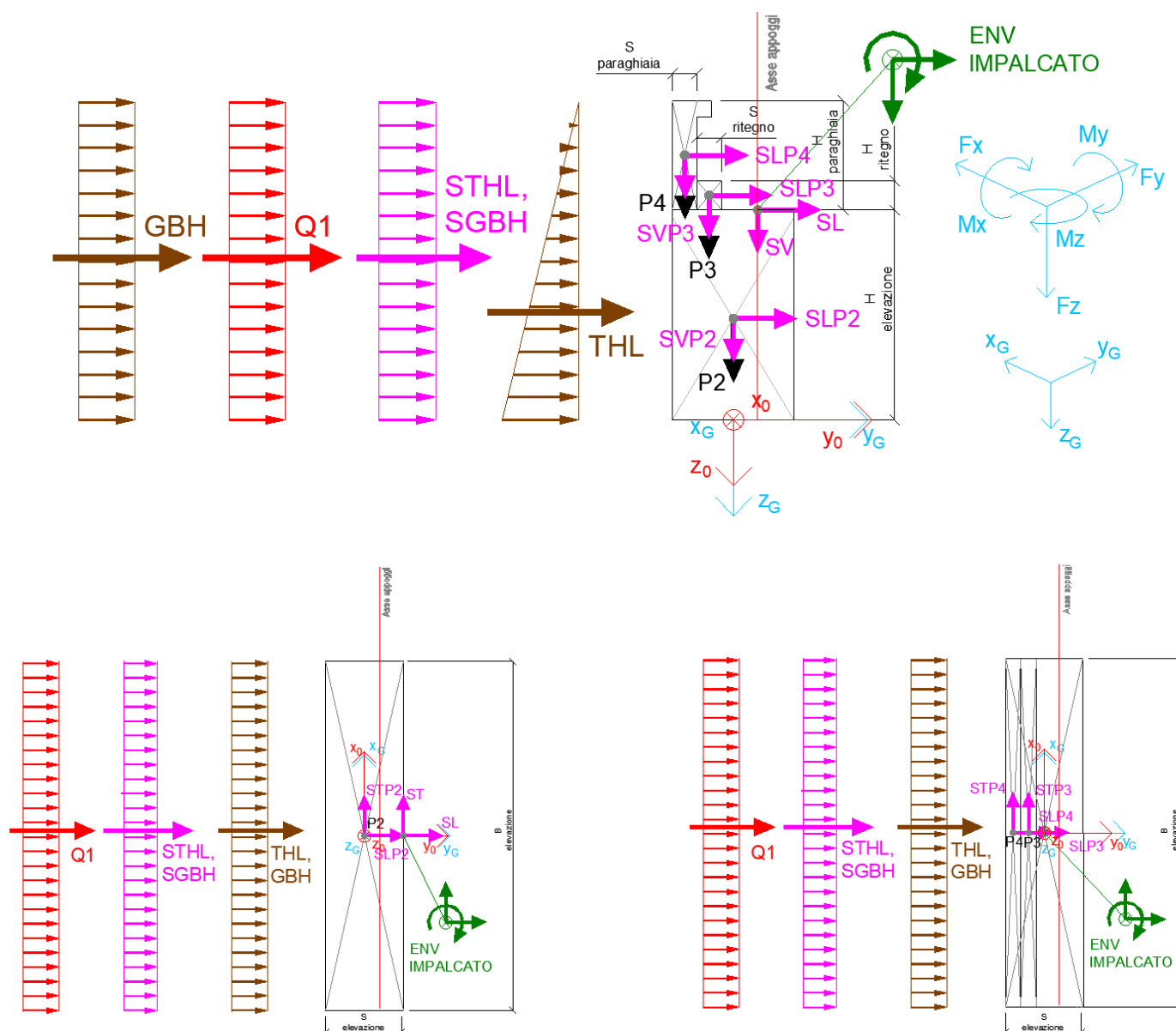


Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	58 di 166
			Data Ott '23	

### 8.2.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti

NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1			CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO															
PGA orizzontale a <sub>g</sub> (g)	0,224		Coeff. sismico orizz. k <sub>h</sub>	0,3167									Coeff. spinta attiva sismica k <sub>aE</sub>	0,4544				
Coeff. stratigrafico S <sub>s</sub>	1,414		Coeff. sismico vert. k <sub>v</sub>	0,1584														
NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1			CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA															
			F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)	
Sisma long	SLP2		0	1511	0	0,00	0,00	-2,79	4216	0	0							
	SLP3		0	81	0	0,00	-0,80	-6,33	514	0	0							
			0	1592	0				4730	0	0	0	1592	0	0	4730	0	0
Sisma trasv	STP2		1511	0	0	0,00	0,00	-2,79	0	4216	0							
	STP3		81	0	0	0,00	-0,80	-6,33	0	514	65							
			1592	0	0				0	4730	65	1592	0	0	0	4730	65	
Sisma vert	SVP2		0	0	-756	0,00	0,00	-2,79	0	0	0							
	SVP3		0	0	-41	0,00	-0,80	-6,33	-32	0	0							
			0	0	-796				-32	0	0	0	0	-796	-32	0	0	
Sisma terreno long	STHL		0	2189	0	0,00	-1,00	-3,54	7749	0	0							
			0	2189	0				7749	0	0	0	2189	0	0	7749	0	0

**Tabella 27 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche**



Tipo azione	Descrizione azione	$V_{trasv}$	$V_{long}$	$N_{vert}$	$M_{long}$	$M_{trasv}$	$M_{torc}$
		Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	-5027	-205	0	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (terreno)	0	3655	0	8626	0	0
SLU Impalcato	Vlong Max	320	810	-2430	5579	3146	24
	Vlong Min	-350	-610	-8400	-1134	-5243	-45
	Vtrasv Max	560	530	-2520	3923	6085	62
	Vtrasv Min	-590	-290	-6550	227	-5002	-3
	Nvert Max	560	540	-2050	3848	5595	42
	Nvert Min	-370	-310	-9840	1092	2105	51
	Mlong Max	340	440	-8060	5053	11027	68
	Mlong Min	-360	-240	-6360	469	-10449	-92
	Mtrasv Max	320	810	-2430	5579	3146	24
	Mtrasv Min	-350	-610	-8470	-1113	-5363	-45
	Mtorc Max	560	440	-6210	4498	9575	162
	Mtorc Min	-580	-270	-5620	69	-9966	-126
SLV Impalcato	Vlong Max	481	1991	-4053	13130	3606	89
	Vlong Min	-521	-1801	-4667	-9373	-2829	-27
	Vtrasv Max	1286	938	-4191	6872	8752	162
	Vtrasv Min	-1326	-748	-4529	-3126	-7975	-100
	Nvert Max	411	833	-3692	6095	3257	82
	Nvert Min	-451	-643	-5018	-2352	-2491	-20
	Mlong Max	1286	928	-4131	6799	8762	162
	Mlong Min	-1326	-738	-4579	-3055	-7985	-100
	Mtrasv Max	481	1991	-4053	13130	3606	89
	Mtrasv Min	-521	-1801	-4667	-9373	-2829	-27
	Mtorc Max	1286	928	-4131	6799	8762	162
	Mtorc Min	-1326	-738	-4579	-3055	-7985	-100
SLE RARA Impalcato	Vlong Max	210	570	-3690	4518	2272	27
	Vlong Min	-230	-410	-6110	-625	-3613	-41
	Vtrasv Max	370	350	-3790	3230	4265	49
	Vtrasv Min	-400	-170	-4700	391	-3292	0
	Nvert Max	370	370	-3440	3247	3905	39
	Nvert Min	-250	-180	-7160	1064	1805	35
	Mlong Max	220	320	-5940	3698	7858	44
	Mlong Min	-250	-160	-6510	990	-7305	-55
	Mtrasv Max	210	570	-3690	4518	2272	27
	Mtrasv Min	-230	-410	-6150	-613	-3693	-41
	Mtorc Max	370	320	-4590	3293	6615	109
	Mtorc Min	-390	-180	-5950	711	-6736	-83

SLE FREQ Impalcato	Vlong Max	10	320	-4240	3188	556	27
	Vlong Min	-30	-140	-4480	503	333	29
	Vtrasv Max	80	290	-4260	3016	1336	26
	Vtrasv Min	-100	-100	-4450	737	-458	10
	Nvert Max	-10	280	-3930	2861	-26	13
	Nvert Min	-30	-110	-6270	1217	3173	59
	Mlong Max	-10	260	-5750	3286	4174	33
	Mlong Min	-30	-100	-5760	1130	-3617	-21
	Mtrasv Max	10	320	-4240	3188	556	27
	Mtrasv Min	-30	-140	-4480	503	333	29
	Mtorc Max	-10	250	-5070	3016	2564	83
	Mtorc Min	-30	-100	-5460	1030	-2797	-41
SLE QP Impalcato	Vlong Max	-10	290	-4250	3013	444	33
	Vlong Min	-30	-100	-4470	743	333	29
	Vtrasv Max	-10	280	-4360	2980	454	33
	Vtrasv Min	-30	-90	-4360	766	323	29
	Nvert Max	-10	280	-4190	2929	444	33
	Nvert Min	-30	-90	-4520	814	323	29
	Mlong Max	-10	270	-4300	2907	464	33
	Mlong Min	-30	-80	-4410	837	313	29
	Mtrasv Max	-10	290	-4250	3013	444	33
	Mtrasv Min	-30	-100	-4470	743	333	29
	Mtorc Max	-10	270	-4300	2907	464	33
	Mtorc Min	-30	-80	-4410	837	313	29
Qk1	Q (acc. Traffico)	0	1033	0	3655	0	0
E Sisma	Sisma long	0	3781	0	12479	0	0
	Sisma trasv	1592	0	0	0	4730	65
	Sisma vert	0	0	-796	-32	0	0

**Tabella 29 – Risultanti azioni elementari al centro dell'elevazione G (quota estradosso fondazione)**

<b>INVILUPPO: SLU</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	-8837	7417	560	42	5595	21445
N <sub>vert</sub> Min	-16627	6567	-370	51	2105	18689
V <sub>long</sub> Max	-9217	7687	320	24	3146	23175
V <sub>long</sub> Min	-15187	6267	-350	-45	-5243	16463
V <sub>trasv</sub> Max	-9307	7407	560	62	6085	21520
V <sub>trasv</sub> Min	-13337	6587	-590	-3	-5002	17823
M <sub>torc</sub> Max	-13337	6587	-590	162	-5002	17823
M <sub>torc</sub> Min	-12407	6607	-580	-126	-9966	17666
M <sub>trasv</sub> Max	-14847	7317	340	68	11027	22650
M <sub>trasv</sub> Min	-13147	6637	-360	-92	-10449	18065
M <sub>long</sub> Max	-9217	7687	320	24	3146	23175
M <sub>long</sub> Min	-15187	6267	-350	-45	-5243	16463
<b>INVILUPPO: SLV</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	-8958	8269	2003	147	7988	26985
N <sub>vert</sub> Min	-10284	6793	1141	45	2240	18539
V <sub>long</sub> Max	-9319	9427	2073	154	8336	34020
V <sub>long</sub> Min	-9933	5635	1071	38	1901	11517
V <sub>trasv</sub> Max	-9457	8374	2878	227	13482	27762
V <sub>trasv</sub> Min	-9795	6688	-2918	-165	-12705	17764
M <sub>torc</sub> Max	-9397	8364	2878	227	13492	27689
M <sub>torc</sub> Min	-9845	6698	-2918	-165	-12715	17835
M <sub>trasv</sub> Max	-9397	8364	2878	227	13492	27689
M <sub>trasv</sub> Min	-9845	6698	-2918	-165	-12715	17835
M <sub>long</sub> Max	-9319	9427	2073	154	8336	34020
M <sub>long</sub> Min	-9933	5635	1071	38	1901	11517

**Tabella 30 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo**

<b>INVILUPPO: SLE RA</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	-8467	5058	370	39	3905	15323
N <sub>vert</sub> Min	-12187	4508	-250	35	1805	13140
V <sub>long</sub> Max	-8717	5258	210	27	2272	16594
V <sub>long</sub> Min	-11137	4278	-230	-41	-3613	11451
V <sub>trasv</sub> Max	-8817	5038	370	49	4265	15306
V <sub>trasv</sub> Min	-9727	4518	-400	0	-3292	12467
M <sub>torc</sub> Max	-9617	5008	370	109	6615	15369
M <sub>torc</sub> Min	-10977	4508	-390	-83	-6736	12787
M <sub>trasv</sub> Max	-10967	5008	220	44	7858	15774
M <sub>trasv</sub> Min	-11537	4528	-250	-55	-7305	13066
M <sub>long</sub> Max	-8717	5258	210	27	2272	16594
M <sub>long</sub> Min	-11137	4278	-230	-41	-3613	11451
<b>INVILUPPO: SLE FR</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	-8957	4710	-10	13	-26	14024
N <sub>vert</sub> Min	-11297	4320	-30	59	3173	12379
V <sub>long</sub> Max	-9267	4750	10	27	556	14350
V <sub>long</sub> Min	-9507	4290	-30	29	333	11665
V <sub>trasv</sub> Max	-9287	4720	80	26	1336	14178
V <sub>trasv</sub> Min	-9477	4330	-100	10	-458	11899
M <sub>torc</sub> Max	-10097	4680	-10	83	2564	14178
M <sub>torc</sub> Min	-10487	4330	-30	-41	-2797	12192
M <sub>trasv</sub> Max	-10777	4690	-10	33	4174	14448
M <sub>trasv</sub> Min	-10787	4330	-30	-21	-3617	12292
M <sub>long</sub> Max	-10777	4690	-10	33	4174	14448
M <sub>long</sub> Min	-9507	4290	-30	29	333	11665

**Tabella 31 – ENV SLE RA, SLE FR - Azioni totali inviluppo**

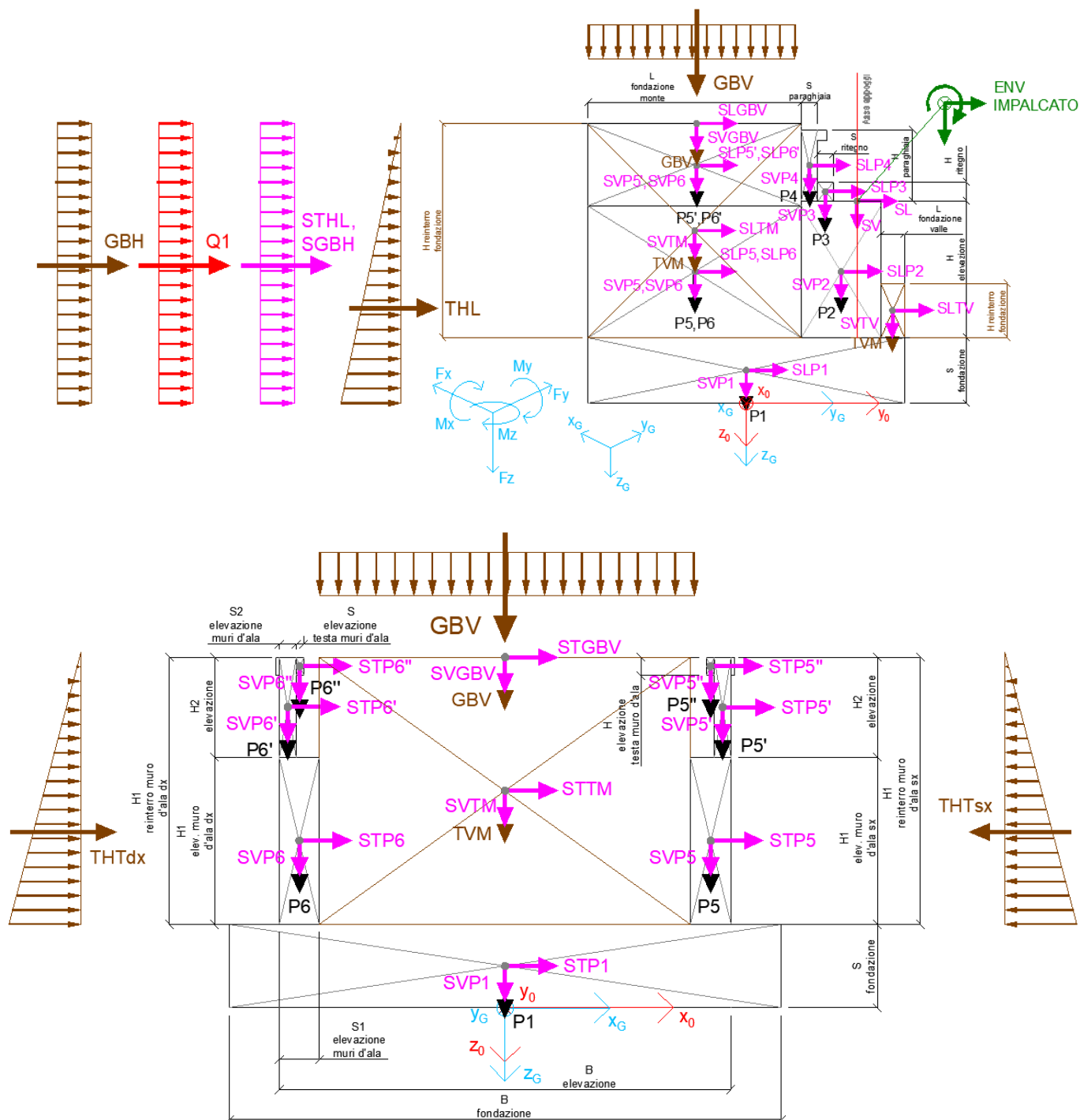
INVILUPPO: SLE QP		N <sub>vert</sub>	V <sub>long</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>torc</sub>	M <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>
Tipologia Comb.	P (kN)	F <sub>y</sub> (kN)	F <sub>x</sub> (kNm)	M <sub>z</sub> (kN)	M <sub>y</sub> (kNm)	M <sub>x</sub> (kNm)	
N <sub>vert</sub> Max	-9217	3935	-10	33	444	11350	
N <sub>vert</sub> Min	-9547	3565	-30	29	323	9235	
V <sub>long</sub> Max	-9277	3945	-10	33	444	11434	
V <sub>long</sub> Min	-9497	3555	-30	29	333	9164	
V <sub>trasv</sub> Max	-9387	3935	-10	33	454	11401	
V <sub>trasv</sub> Min	-9387	3565	-30	29	323	9187	
M <sub>torc</sub> Max	-9327	3925	-10	33	464	11328	
M <sub>torc</sub> Min	-9437	3575	-30	29	313	9258	
M <sub>trasv</sub> Max	-9327	3925	-10	33	464	11328	
M <sub>trasv</sub> Min	-9437	3575	-30	29	313	9258	
M <sub>long</sub> Max	-9277	3945	-10	33	444	11434	
M <sub>long</sub> Min	-9497	3555	-30	29	333	9164	

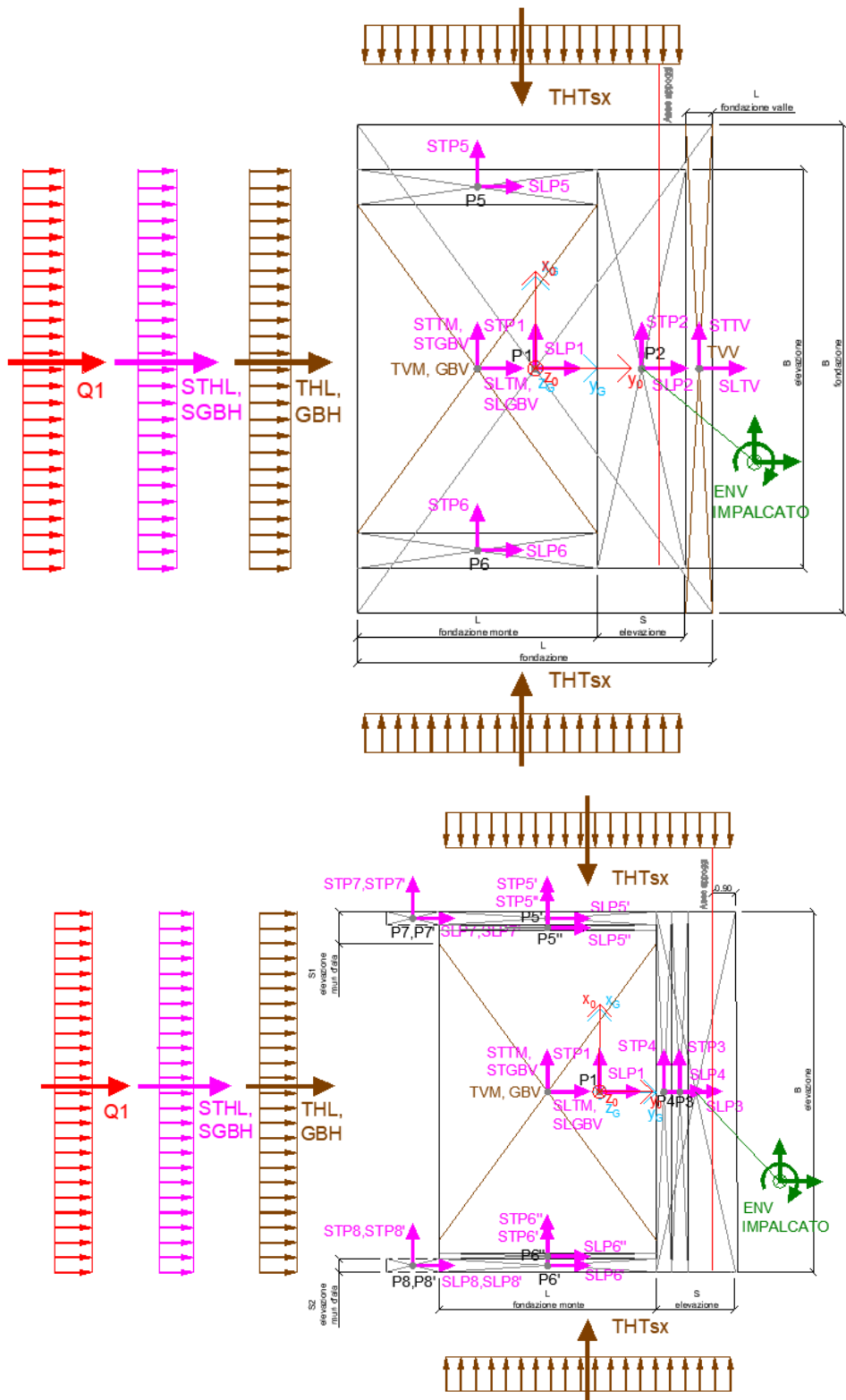
**Tabella 32 – ENV SLE QP - Azioni totali inviluppo**



### 8.3 Sollecitazioni in fondazione

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G posto al centro palificata a quota testa pali., e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.





**Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate**

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI   	A	67 di 166
			Data Ott '23	

### 8.3.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: FONDAZIONE SPALLA B			CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO																
PGA orizzontale ag (g)		0,224	Coeff. sismico orizz. kh		0,3167		Coeff. spinta attiva sismica kaE						0,4544						
Coeff. stratigrafico SS		1,414	Coeff. sismico vert. kv		0,1584														
NOME: FONDAZIONE SPALLA B			CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA																
		F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)			
Sisma long	SLP1	0	2318	0	0,00	0,00	-0,90	2086	0	0									
	SLP2	0	1511	0	0,00	1,20	-4,59	6936	0	0									
	SLP3	0	81	0	0,00	-0,30	-8,13	661	0	0									
	SLP4	0	346	0	-7,75	-2,25	-4,59	1590	0	-2685									
	SLP4'	0	41	0	-8,20	-2,25	-8,13	331	0	-334									
	SLP5	0	346	0	7,75	-2,25	-4,59	1590	0	2685									
	SLP5'	0	41	0	8,20	-2,25	-8,13	331	0	334									
		0	4684	0				13525	0	0	0	4684	0	13525	0	0			
Sisma trasv	STP1	2318	0	0	0,00	0,00	-0,90	0	2086	0									
	STP2	1511	0	0	0,00	1,20	-4,59	0	6936	-1813									
	STP3	81	0	0	0,00	-0,30	-8,13	0	661	24									
	STP4	346	0	0	-7,75	-2,25	-4,59	0	1590	779									
	STP4'	41	0	0	-8,20	-2,25	-8,13	0	331	92									
	STP5	346	0	0	7,75	-2,25	-4,59	0	1590	779									
	STP5'	41	0	0	8,20	-2,25	-8,13	0	331	92									
		4684	0	0				0	13525	-47	4684	0	0	0	13525	-47			
Sisma vert	SVP1	0	0	-1159	0,00	0,00	-0,90	0	0	0									
	SVP2	0	0	-756	0,00	1,20	-4,59	907	0	0									
	SVP3	0	0	-41	0,00	-0,30	-8,13	-12	0	0									
	SVP4	0	0	-173	-7,75	-2,25	-4,59	-390	-1342	0									
	SVP4'	0	0	-20	-8,20	-2,25	-8,13	-46	-167	0									
	SVP5	0	0	-173	7,75	-2,25	-4,59	-390	1342	0									
	SVP5'	0	0	-20	8,20	-2,25	-8,13	-46	167	0									
		0	0	-2342				23	0	0	0	0	-2342	23	0	0			
Sisma terreno long	SLVM	0	3055	0	0,00	-2,25	-5,34	16312	0	0									
	SLVV	0	247	0	0,00	3,50	-2,25	555	0	0									
	STHL	0	3301	0	0,00	-4,70	-2,96	9772	0	0									
		0	6603	0				26639	0	0	0	6603	0	26639	0	0			
Sisma terreno trasv	STTM	3055	0	0	0,00	-2,25	-5,34	0	16312	6873									
	STTV	247	0	0	0,00	3,50	-2,25	0	555	-863									
		3301	0	0				0	16867	6010	3301	0	0	0	16867	6010			
Sisma terreno vert	SVTM	0	0	-1527	0,00	-2,25	-5,34	-3437	0	0									
	SVTV	0	0	-123	0,00	3,50	-2,25	432	0	0									
		0	0	-1651				-3005	0	0	0	0	-1651	-3005	0	0			

**Tabella 33 – Riepilogo azioni elementari sismiche**

NOME: FONDAZIONE SPALLA 1				PARAMETRI DI CALCOLO FONDAZIONE											
H paraghiaia (m)	1,50	S fondazione (m)	1,80	S1 elevazione muri d'ala (m)	1,80	H2 elev. muro d'ala (m)	1,50	Carico variabile (kPa)	20						
S paraghiaia (m)	0,40	L fondazione monte (m)	4,90	S2 elevazione muri d'ala (m)	0,70	S elev. testa muri d'ala (m)	0,00								
H elevazione (m)	5,58	L fondazione valle (m)	2,50	H1 elev. muro d'ala sx (m)	5,58	H elev. testa muro d'ala (m)	0,00								
S elevazione (m)	2,00	L fondazione (m)	9,40	H1 elev. muro d'ala dx (m)	5,58	Peso terreno (kN/m³)	20,00	X <sub>G</sub> fondazione	0,00						
B elevazione (m)	17,10	B fondazione (m)	17,30	H reinterro muro d'ala sx (m)	7,08	Coeff. spinta attiva statica k <sub>a</sub>	0,2710	Y <sub>G</sub> fondazione	0,00						
B reinterro	13,9	H reinterro fondaz. valle (m)	0,90	H reinterro muro d'ala dx (m)	7,08	Coeff. spinta riposo statica k <sub>0</sub>	0,4264	Z <sub>G</sub> fondazione	0,00						

NOME: FONDAZIONE SPALLA 1				CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA											
	F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
<b>Peso proprio</b>															
P1	0	0	-7318	0	0	-0,90	0	0	0						
P2	0	0	-4771	0	1,20	-4,59	5725	0	0						
P3	0	0	-257	0	-0,30	-8,13	-77	0	0						
P4	0	0	-1094	-7,75	-2,25	-4,59	-2461	-8476	0						
P4'	0	0	-129	0	-129	-8,20	-2,25	-8,13	-289	-1055	0				
P5	0	0	-1094	7,75	-2,25	-4,59	-2461	8476	0						
P5'	0	0	-129	8,20	-2,25	-8,13	-289	1055	0						
	0	0	-14790				148	0	0	0	0	0	-14790	148	0
<b>Spinta terreno</b>															
THL	0	5750	0	0,00	-4,70	-2,96	17020	0	0						
TVM	0	0	-9644	0,00	-2,25	-5,34	-21700	0	0						
TVV	0	0	-779	0,00	3,50	-2,25	2725	0	0						
	0	5750	-10423				-1955	0	0	0	5750	-10423	-1955	0	0
<b>Sovaccanico</b>															
Q1	0	1295	0	0,00	-2,25	-4,44	5750	0	0						
long	0	1295	0				5750	0	0	0	1295	0	5750	0	0

NOME: FONDAZIONE SPALLA 1				CALCOLO AZIONI DA IMPALCATO											
	F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
<b>ENV SLU</b>															
Max V2	320	810	-2430	0,00	1,50	-7,38	330	1360	120	320	810	-2430	9953	3722	-360
Min V2	-350	-610	-8400	0,00	1,50	-7,38	-250	-3290	-150	-350	-610	-8400	7848	-5873	375
Max V3	560	530	-2520	0,00	1,50	-7,38	210	2960	230	560	530	-2520	7901	7093	-610
Min V3	-590	-290	-6550	0,00	1,50	-7,38	-120	-1710	-180	-590	-290	-6550	7565	-6064	705
Max P	560	540	-2050	0,00	1,50	-7,38	220	2470	210	560	540	-2050	7280	6603	-630
Min P	-370	-310	-9840	0,00	1,50	-7,38	-130	-4170	-60	-370	-310	-9840	12342	1439	495
Max M2	340	440	-8060	0,00	1,50	-7,38	180	9130	170	340	440	-8060	15517	11639	-340
Min M2	-360	-240	-6360	0,00	1,50	-7,38	-100	-8440	-200	-360	-240	-6360	7669	-11097	340
Max M3	320	810	-2430	0,00	1,50	-7,38	330	1360	120	320	810	-2430	9953	3722	-360
Min M3	-350	-610	-8470	0,00	1,50	-7,38	-250	-3410	-150	-350	-610	-8470	7953	-5993	375
Max M1	560	440	-6210	0,00	1,50	-7,38	180	6450	330	560	440	-6210	12742	10583	-510
Min M1	-580	-270	-5620	0,00	1,50	-7,38	-110	-6730	-300	-580	-270	-5620	6327	-11010	570
<b>ENV SLV</b>															
Max V2	481	1991	-4053	0,00	1,50	-7,38	804	922	233	481	1991	-4053	21577	4472	-489
Min V2	-521	-1801	-4667	0,00	1,50	-7,38	-724	78	-183	-521	-1801	-4667	-7015	-3767	599
Max V3	1286	938	-4191	0,00	1,50	-7,38	381	1576	548	1286	938	-4191	13590	11067	-1381
Min V3	-1326	-748	-4529	0,00	1,50	-7,38	-311	-576	-498	-1326	-748	-4529	962	-10362	1491
Max P	411	833	-3692	0,00	1,50	-7,38	339	964	205	411	833	-3692	12025	3997	-412
Min P	-451	-643	-5018	0,00	1,50	-7,38	-269	26	-155	-451	-643	-5018	2513	-3302	522
Max M2	1286	928	-4131	0,00	1,50	-7,38	381	1586	548	1286	928	-4131	13426	11077	-1381
Min M2	-1326	-738	-4579	0,00	1,50	-7,38	-311	-586	-498	-1326	-738	-4579	1111	-10372	1491
Max M3	481	1991	-4053	0,00	1,50	-7,38	804	922	233	481	1991	-4053	21577	4472	-489
Min M3	-521	-1801	-4667	0,00	1,50	-7,38	-724	78	-183	-521	-1801	-4667	-7015	-3767	599
Max M1	1286	928	-4131	0,00	1,50	-7,38	381	1586	548	1286	928	-4131	13426	11077	-1381
Min M1	-1326	-738	-4579	0,00	1,50	-7,38	-311	-586	-498	-1326	-738	-4579	1111	-10372	1491
<b>ENV SLE RARA</b>															
Max V2	210	570	-3690	0,00	1,50	-7,38	230	1100	90	210	570	-3690	9972	2650	-225
Min V2	-230	-410	-6110	0,00	1,50	-7,38	-170	-2330	-110	-230	-410	-6110	5969	-4027	235
Max V3	370	350	-3790	0,00	1,50	-7,38	140	2200	160	370	350	-3790	8408	4931	-395
Min V3	-400	-170	-4700	0,00	1,50	-7,38	-70	-1060	-120	-400	-170	-4700	5725	-4012	480
Max P	370	370	-3440	0,00	1,50	-7,38	150	1840	150	370	370	-3440	8041	4571	-405
Min P	-250	-180	-7160	0,00	1,50	-7,38	-80	3200	-40	-250	-180	-7160	9332	1355	335
Max M2	220	320	-5940	0,00	1,50	-7,38	130	6630	110	220	320	-5940	11402	8254	-220
Min M2	-250	-160	-6510	0,00	1,50	-7,38	-70	-5910	-130	-250	-160	-6510	8514	-7755	245
Max M3	210	570	-3690	0,00	1,50	-7,38	230	1100	90	210	570	-3690	9972	2650	-225
Min M3	-230	-410	-6150	0,00	1,50	-7,38	-170	-2410	-110	-230	-410	-6150	6029	-4107	235
Max M1	370	320	-4590	0,00	1,50	-7,38	130	4550	220	370	320	-4590	9377	7281	-335
Min M1	-390	-180	-5950	0,00	1,50	-7,38	-70	-4560	-200	-390	-180	-5950	7527	-7438	385
<b>ENV SLE FREQ</b>															
Max V2	10	320	-4240	0,00	1,50	-7,38	130	500	30	10	320	-4240	8852	574	15
Min V2	-30	-140	-4480	0,00	1,50	-7,38	-60	500	20	-30	-140	-4480	5627	279	65
Max V3	80	290	-4260	0,00	1,50	-7,38	120	890	50	80	290	-4260	8650	1480	-70
Min V3	-100	-100	-4450	0,00	1,50	-7,38	-40	100	-20	-100	-100	-4450	5897	-638	130
Max P	-10	280	-3930	0,00	1,50	-7,38	120	30	10	-10	280	-3930	8081	-44	25
Min P	-30	-110	-6270	0,00	1,50	-7,38	-50	3340	50	-30	-110	-6270	8543	3119	95
Max M2	-10	260	-5750	0,00	1,50	-7,38	110	4230	30	-10	260	-5750	10654	4156	45
Min M2	-30	-100	-5760	0,00	1,50	-7,38	-40	-3450	-30	-30	-100	-5760	7862	-3671	15
Max M3	10	320	-4240	0,00	1,50	-7,38	130	500	30	10	320	-4240	8852	574	15
Min M3	-30	-140	-4480	0,00	1,50	-7,38	-60	500	20	-30	-140	-4480	5627	279	65
Max M1	-10	250	-5070	0,00	1,50	-7,38	100	2620	80	-10	250	-5070	9550	2546	95
Min M1	-30	-100	-5460	0,00	1,50	-7,38	-50	-2630	-50	-30	-100	-5460	7402	-2851	-5
<b>ENV SLE OP</b>															
Max V2	-10	290													

Tipo azione	Descrizione azione	V <sub>trasv</sub> Fx [kN]	V <sub>long</sub> Fy [kN]	N <sub>vert</sub> Fz [kN]	M <sub>long</sub> Mx [kNm]	M <sub>trasv</sub> My [kNm]	M <sub>torc</sub> Mz [kNm]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	14790	148	0	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (terreno)	0	5750	10423	-1955	0	0
SLU Impalcato	Vlong Max	320	810	-2430	9953	3722	-360
	Vlong Min	-350	-610	-8400	7848	-5873	375
	Vtrasv Max	560	530	-2520	7901	7093	-610
	Vtrasv Min	-590	-290	-6550	7565	-6064	705
	Nvert Max	560	540	-2050	7280	6603	-630
	Nvert Min	-370	-310	-9840	12342	1439	495
	Mlong Max	340	440	-8060	15517	11639	-340
	Mlong Min	-360	-240	-6360	7669	-11097	340
	Mtrasv Max	320	810	-2430	9953	3722	-360
	Mtrasv Min	-350	-610	-8470	7953	-5993	375
	Mtorc Max	560	440	-6210	12742	10583	-510
	Mtorc Min	-580	-270	-5620	6327	-11010	570
SLV Impalcato	Vlong Max	481	1991	-4053	21577	4472	-489
	Vlong Min	-521	-1801	-4667	-7015	-3767	599
	Vtrasv Max	1286	938	-4191	13590	11067	-1381
	Vtrasv Min	-1326	-748	-4529	962	-10362	1491
	Nvert Max	411	833	-3692	12025	3997	-412
	Nvert Min	-451	-643	-5018	2513	-3302	522
	Mlong Max	1286	928	-4131	13426	11077	-1381
	Mlong Min	-1326	-738	-4579	1111	-10372	1491
	Mtrasv Max	481	1991	-4053	21577	4472	-489
	Mtrasv Min	-521	-1801	-4667	-7015	-3767	599
	Mtorc Max	1286	928	-4131	13426	11077	-1381
	Mtorc Min	-1326	-738	-4579	1111	-10372	1491
SLE RARA Impalcato	Vlong Max	210	570	-3690	9972	2650	-225
	Vlong Min	-230	-410	-6110	5969	-4027	235
	Vtrasv Max	370	350	-3790	8408	4931	-395
	Vtrasv Min	-400	-170	-4700	5725	-4012	480
	Nvert Max	370	370	-3440	8041	4571	-405
	Nvert Min	-250	-180	-7160	9332	1355	335
	Mlong Max	220	320	-5940	11402	8254	-220
	Mlong Min	-250	-160	-6510	8514	-7755	245
	Mtrasv Max	210	570	-3690	9972	2650	-225
	Mtrasv Min	-230	-410	-6150	6029	-4107	235
	Mtorc Max	370	320	-4590	9377	7281	-335
	Mtorc Min	-390	-180	-5950	7527	-7438	385
SLE FREQ	Vlong Max	10	320	-4240	8852	574	15

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	70 di 166
			Data Ott '23	

Impalcato	Vlong Min	-30	-140	-4480	5627	279	65
	Vtrasv Max	80	290	-4260	8650	1480	-70
	Vtrasv Min	-100	-100	-4450	5897	-638	130
	Nvert Max	-10	280	-3930	8081	-44	25
	Nvert Min	-30	-110	-6270	8543	3119	95
	Mlong Max	-10	260	-5750	10654	4156	45
	Mlong Min	-30	-100	-5760	7862	-3671	15
	Mtrasv Max	10	320	-4240	8852	574	15
	Mtrasv Min	-30	-140	-4480	5627	279	65
	Mtorc Max	-10	250	-5070	9550	2546	95
	Mtorc Min	-30	-100	-5460	7402	-2851	-5
SLE QP Impalcato	Vlong Max	-10	290	-4250	8635	426	45
	Vlong Min	-30	-100	-4470	5927	279	65
	Vtrasv Max	-10	280	-4360	8716	436	45
	Vtrasv Min	-30	-90	-4360	5836	269	65
	Nvert Max	-10	280	-4190	8461	426	45
	Nvert Min	-30	-90	-4520	6076	269	65
	Mlong Max	-10	270	-4300	8553	446	45
	Mlong Min	-30	-80	-4410	5985	259	65
	Mtrasv Max	-10	290	-4250	8635	426	45
	Mtrasv Min	-30	-100	-4470	5927	279	65
	Mtorc Max	-10	270	-4300	8553	446	45
Mtorc Min	-30	-80	-4410	5985	259	65	
Qk1	Q (acc. Traffico)	0	1295	0	5750	0	0
E Sisma	Sisma long	0	11287	0	40164	0	0
	Sisma trasv	7986	0	0	0	30392	5963
	Sisma vert	0	0	-3993	-2982	0	0

**Tabella 35 – Risultanti azioni elementari al centro della palificata G (quota testa palo)**

<b>INVILUPPO: SLU</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	-8837	7417	560	42	5595	21445
N <sub>vert</sub> Min	-16627	6567	-370	51	2105	18689
V <sub>long</sub> Max	-9217	7687	320	24	3146	23175
V <sub>long</sub> Min	-15187	6267	-350	-45	-5243	16463
V <sub>trasv</sub> Max	-9307	7407	560	62	6085	21520
V <sub>trasv</sub> Min	-13337	6587	-590	-3	-5002	17823
M <sub>torc</sub> Max	-13337	6587	-590	162	-5002	17823
M <sub>torc</sub> Min	-12407	6607	-580	-126	-9966	17666
M <sub>trasv</sub> Max	-14847	7317	340	68	11027	22650
M <sub>trasv</sub> Min	-13147	6637	-360	-92	-10449	18065
M <sub>long</sub> Max	-9217	7687	320	24	3146	23175
M <sub>long</sub> Min	-15187	6267	-350	-45	-5243	16463
<b>INVILUPPO: SLV</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	-8958	8269	2003	147	7988	26985
N <sub>vert</sub> Min	-10284	6793	1141	45	2240	18539
V <sub>long</sub> Max	-9319	9427	2073	154	8336	34020
V <sub>long</sub> Min	-9933	5635	1071	38	1901	11517
V <sub>trasv</sub> Max	-9457	8374	2878	227	13482	27762
V <sub>trasv</sub> Min	-9795	6688	-2918	-165	-12705	17764
M <sub>torc</sub> Max	-9397	8364	2878	227	13492	27689
M <sub>torc</sub> Min	-9845	6698	-2918	-165	-12715	17835
M <sub>trasv</sub> Max	-9397	8364	2878	227	13492	27689
M <sub>trasv</sub> Min	-9845	6698	-2918	-165	-12715	17835
M <sub>long</sub> Max	-9319	9427	2073	154	8336	34020
M <sub>long</sub> Min	-9933	5635	1071	38	1901	11517

**Tabella 36 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo**

<b>INVILUPPO: SLE RA</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	-8467	5058	370	39	3905	15323
N <sub>vert</sub> Min	-12187	4508	-250	35	1805	13140
V <sub>long</sub> Max	-8717	5258	210	27	2272	16594
V <sub>long</sub> Min	-11137	4278	-230	-41	-3613	11451
V <sub>trasv</sub> Max	-8817	5038	370	49	4265	15306
V <sub>trasv</sub> Min	-9727	4518	-400	0	-3292	12467
M <sub>torc</sub> Max	-9617	5008	370	109	6615	15369
M <sub>torc</sub> Min	-10977	4508	-390	-83	-6736	12787
M <sub>trasv</sub> Max	-10967	5008	220	44	7858	15774
M <sub>trasv</sub> Min	-11537	4528	-250	-55	-7305	13066
M <sub>long</sub> Max	-8717	5258	210	27	2272	16594
M <sub>long</sub> Min	-11137	4278	-230	-41	-3613	11451
<b>INVILUPPO: SLE FR</b>						
	<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>P (kN)</b>	<b>F<sub>y</sub> (kN)</b>	<b>F<sub>x</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>z</sub> (kN)</b>	<b>M<sub>y</sub> (kNm)</b>	<b>M<sub>x</sub> (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	-8957	4710	-10	13	-26	14024
N <sub>vert</sub> Min	-11297	4320	-30	59	3173	12379
V <sub>long</sub> Max	-9267	4750	10	27	556	14350
V <sub>long</sub> Min	-9507	4290	-30	29	333	11665
V <sub>trasv</sub> Max	-9287	4720	80	26	1336	14178
V <sub>trasv</sub> Min	-9477	4330	-100	10	-458	11899
M <sub>torc</sub> Max	-10097	4680	-10	83	2564	14178
M <sub>torc</sub> Min	-10487	4330	-30	-41	-2797	12192
M <sub>trasv</sub> Max	-10777	4690	-10	33	4174	14448
M <sub>trasv</sub> Min	-10787	4330	-30	-21	-3617	12292
M <sub>long</sub> Max	-10777	4690	-10	33	4174	14448
M <sub>long</sub> Min	-9507	4290	-30	29	333	11665

**Tabella 37 – ENV SLE RA, SLE FR - Azioni totali inviluppo**



INVILUPPO: SLE QP		N <sub>vert</sub>	V <sub>long</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>torc</sub>	M <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>
Tipologia Comb.	P (kN)	F <sub>y</sub> (kN)	F <sub>x</sub> (kNm)	M <sub>z</sub> (kN)	M <sub>y</sub> (kNm)	M <sub>x</sub> (kNm)	
N <sub>vert</sub> Max	-9217	3935	-10	33	444	11350	
N <sub>vert</sub> Min	-9547	3565	-30	29	323	9235	
V <sub>long</sub> Max	-9277	3945	-10	33	444	11434	
V <sub>long</sub> Min	-9497	3555	-30	29	333	9164	
V <sub>trasv</sub> Max	-9387	3935	-10	33	454	11401	
V <sub>trasv</sub> Min	-9387	3565	-30	29	323	9187	
M <sub>torc</sub> Max	-9327	3925	-10	33	464	11328	
M <sub>torc</sub> Min	-9437	3575	-30	29	313	9258	
M <sub>trasv</sub> Max	-9327	3925	-10	33	464	11328	
M <sub>trasv</sub> Min	-9437	3575	-30	29	313	9258	
M <sub>long</sub> Max	-9277	3945	-10	33	444	11434	
M <sub>long</sub> Min	-9497	3555	-30	29	333	9164	

**Tabella 38 – ENV SLE QP - Azioni totali inviluppo**

## 8.4 Sollecitazioni muro d'ala

### 1.1.1 Sezione superiore muro d'ala

Mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate al muro laterale della spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G posto al baricentro del muro d'ala alla quota del ringrosso della sezione, e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.

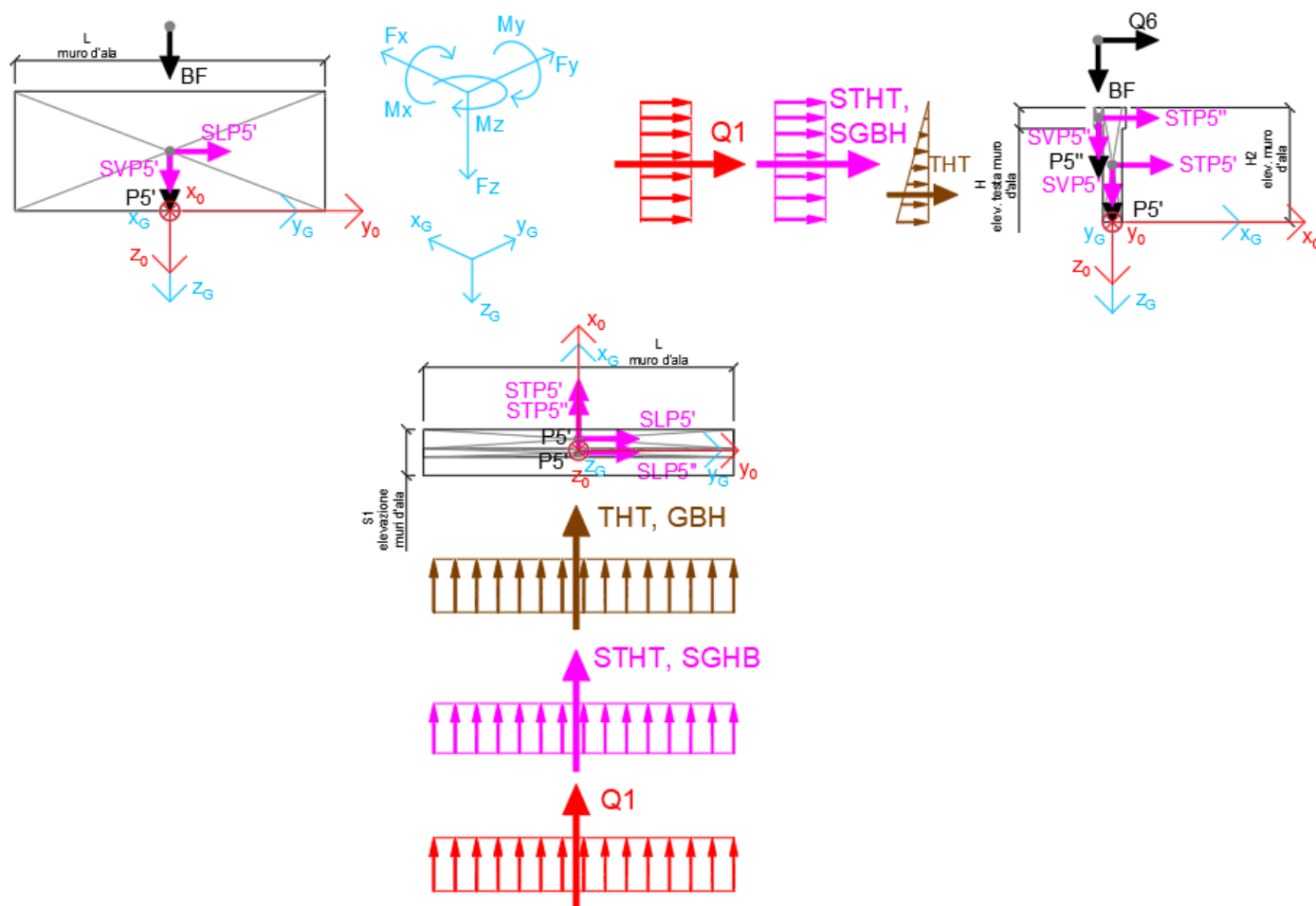


Figura 4 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE		REV. <b>A</b>	FOGLIO 75 di 166
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ETAZMA</b> s.r.l. INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTALE	<b>sinergo</b> <b>D-VA</b> DVisionArchitecture	
				Data Ott '23

#### 8.4.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 1		CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO							
PGA orizzontale $a_g$ (g)	0,224			Coeff. sismico orizz. $k_h$		0,3167			
Coeff. stratigrafico SS	1,414			Coeff. sismico vert. $k_v$		0,1584			
				Coeff. spinta attiva sismica $k_{aE}$		0,4544			
NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 1		CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA							
		$F_{xO}$ (kN)	$F_{zO}$ (kN)	$x_O$ (m)	$z_O$ (m)	$M_{yO}$ (kNm)	$F_{xG}$ (m)	$M_{yG}$ (kNm)	$F_{zG}$ (m)
Sisma trasv	STP4'	8	0	0,00	-0,75	-6			
		8	0			-6	8	-6	0
Sisma vert	SVP4'	0	4	0,00	-0,75	0			
		0	4			0	0	0	4
Sisma terreno trasv	STHT	6	0	-0,35	-0,50	-3			
		6	0			-3	6	-3	0

**Tabella 39 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche**

NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 1		PARAMETRI DI CALCOLO MURO D'ALA							
S1 elevazione muri d'ala (m)	1,60	S elev. testa muri d'ala (m)	0,00	Carico variab. (kPa)	20,00				
S2 elevazione muri d'ala (m)	0,70	H elev. testa muro d'ala (m)	0,00						
H1 elev. muro d'ala sx (m)	5,58	Peso terreno (kN/m <sup>3</sup> )	20,00						
H2 elev. muro d'ala (m)	1,50	Coeff. spinta attiva statica $k_a$	0,2710	$X_G$ muro sx	0,00				
		Coeff. spinta riposo statica $k_0$	0,4264	$Z_G$ muro sx	0,00				
NOME: SEZ. SUP MURO D'ALA SPALLA 1		CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA							
		$F_{xO}$ (kN)	$F_{zO}$ (kN)	$x_O$ (m)	$z_O$ (m)	$M_{yO}$ (kNm)	$F_{xG}$ (m)	$M_{yG}$ (kNm)	$F_{zG}$ (m)
Peso proprio	P4'	0	26	0,00	-0,75	0			
		0	26			0	0	0	26
Spinta terreno	THT	10	0	-0,35	-0,50	-5			
		10	0			-5	10	-5	0
Sovraccarico traffico	Q1	13	0	-0,80	-0,75	-10			
		13	0			-10	13	-10	0

**Tabella 40 – Riepilogo azioni elementari statiche**

Tipo azione	Descrizione azione	$V_{trasv}$	$M_{trasv}$	$N_{vert}$
		Fx [kN]	My [kNm]	Fz [kN]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	26
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (barriera)	0	0	0
Gk2 Perm. Non Str. altri	G2,3 (terreno)	10	-5	0
Qk1	Q (acc. Traffico)	13	-10	0
E Sisma	Sisma trasv	14	-9	0
	-Sisma trasv	-14	9	0
	Sisma vert	0	0	4
	-Sisma vert	0	0	-4

**Tabella 41 – Risultanti azioni elementari al centro del muro d’ala G (quota ringrosso sezione)**

INVILUPPO: SLU		$N_{vert}$	$V_{trasv}$	$M_{trasv}$
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
$N_{vert}$ Max	SLU1	35	14	-7
$N_{vert}$ Min	SLU2	35	32	-20
$V_{trasv}$ Max	SLU2	35	32	-20
$V_{trasv}$ Min	SLU1	35	14	-7
$M_{trasv}$ Max	SLU1	35	14	-7
$M_{trasv}$ Min	SLU2	35	32	-20
INVILUPPO: SLV		$N_{vert}$	$V_{trasv}$	$M_{trasv}$
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
$N_{vert}$ Max	SLV7	30	5	-2
$N_{vert}$ Min	SLV8	22	5	-2
$V_{trasv}$ Max	SLV1	27	24	-14
$V_{trasv}$ Min	SLV5	27	-4	4
$M_{trasv}$ Max	SLV5	27	-4	4
$M_{trasv}$ Min	SLV1	27	24	-14

**Tabella 42 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo**

<b>INVILUPPO: SLE RA</b>		<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>Nome Comb.</b>	<b>Fz (kN)</b>	<b>Fx (kN)</b>	<b>My (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	RA3	26	20	-12
N <sub>vert</sub> Min	RA1	26	22	-14
V <sub>trasv</sub> Max	RA1	26	22	-14
V <sub>trasv</sub> Min	RA3	26	20	-12
M <sub>trasv</sub> Max	RA3	26	20	-12
M <sub>trasv</sub> Min	RA1	26	22	-14
<b>INVILUPPO: SLE FR</b>		<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>Nome Comb.</b>	<b>Fz (kN)</b>	<b>Fx (kN)</b>	<b>My (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	FR1	26	19	-12
N <sub>vert</sub> Min	FR1	26	19	-12
V <sub>trasv</sub> Max	FR1	26	19	-12
V <sub>trasv</sub> Min	FR1	26	19	-12
M <sub>trasv</sub> Max	FR1	26	19	-12
M <sub>trasv</sub> Min	FR1	26	19	-12
<b>INVILUPPO: SLE QP</b>		<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>Nome Comb.</b>	<b>Fz (kN)</b>	<b>Fx (kN)</b>	<b>My (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	QP1	26	10	-5
N <sub>vert</sub> Min	QP1	26	10	-5
V <sub>trasv</sub> Max	QP1	26	10	-5
V <sub>trasv</sub> Min	QP1	26	10	-5
M <sub>trasv</sub> Max	QP1	26	10	-5
M <sub>trasv</sub> Min	RA3	26	20	-12

**Tabella 43 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali inviluppo**

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 78 di 166
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ENRIMA</b> ENRIMA s.p.a. s.r.l.	<b>sinergo</b> <b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	
			Data Ott '23	

### 8.5 Sezione base muro d'ala

In analogia con quanto svolto per gli scarichi di impalcato, sempre mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate al muro laterale della spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G posto al baricentro del muro d'ala a quota estradosso plinto., e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.

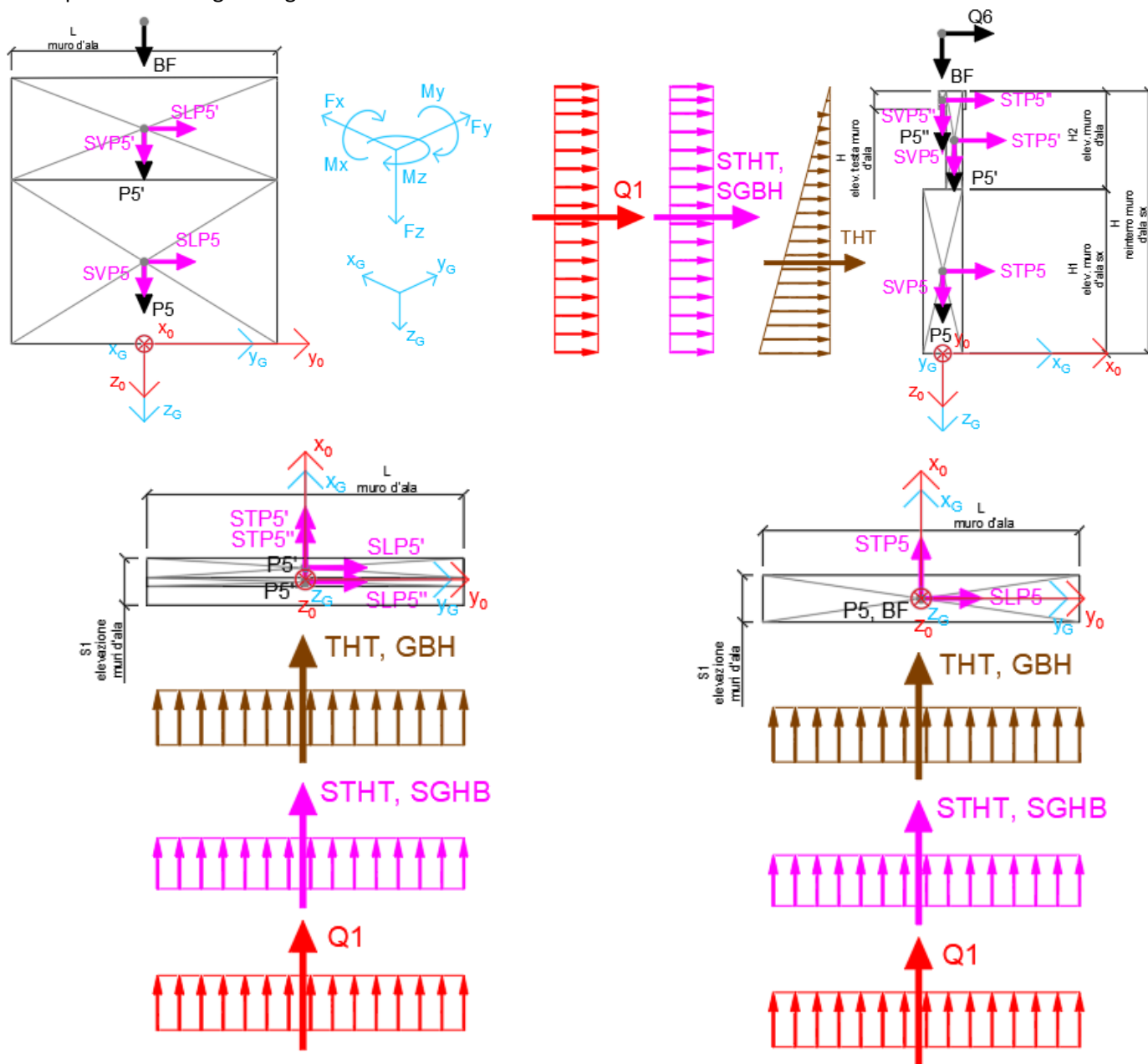


Figura 5 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 79 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI   	Data Ott '23	

### 8.5.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA B				CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO				
PGA orizzontale $a_g$ (g)	0,224			Coeff. sismico orizz. $k_h$	0,3167			
Coeff. stratigrafico SS	1,414			Coeff. sismico vert. $k_v$	0,1584			
				Coeff. spinta attiva sismica $k_{aE}$	0,4544			
NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA B				CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA				
	$F_{xO}$ (kN)	$F_{zO}$ (kN)	$x_O$ (m)	$z_O$ (m)	$M_{yO}$ (kNm)	$F_{xG}$ (m)	$M_{yG}$ (kNm)	$F_{zG}$ (m)
Sisma trasv	STP4	71	0	0,00	-2,79	-197		
	STP4'	8	0	0,45	-6,33	-53		
		79	0		-250	79	-250	0
Sisma vert	SVP4	0	35	0,00	-2,79	0		
	SVP4'	0	4	0,45	-6,33	-2		
		0	40		-2	0	-2	40
Sisma terreno trasv	STHT	128	0	-0,80	-2,36	-302		
		128	0		-302	128	-302	0

**Tabella 44 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche**

NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA B			PARAMETRI DI CALCOLO MURO D'ALA					
S1 elevazione muri d'ala (m)	1,60	S elev. testa muri d'ala (m)	0,00	Carico variab. (kPa)	20,00			
S2 elevazione muri d'ala (m)	0,70	H elev. testa muro d'ala (m)	0,00					
H1 elev. muro d'ala sx (m)	5,58	Peso terreno (kN/m <sup>3</sup> )	20,00					
H2 elev. muro d'ala (m)	1,50	Coeff. spinta attiva statica $k_a$	0,2710	$X_G$ muro sx	0,00			
H reinterro muro d'ala sx (m)	7,08	Coeff. spinta riposo statica $k_0$	0,4264	$Z_G$ muro sx	0,00			
NOME: SEZ. BASE MURO D'ALA SPALLA B			CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA					
	$F_{xO}$ (kN)	$F_{zO}$ (kN)	$x_O$ (m)	$z_O$ (m)	$M_{yO}$ (kNm)	$F_{xG}$ (m)	$M_{yG}$ (kNm)	$F_{zG}$ (m)
Peso proprio	P4	0	223	0,00	-2,79	0		
	P4'	0	26	0,45	-6,33	-12		
		0	249		-12	0	-12	249
Spinta terreno	THT	214	0	-0,80	-2,36	-504		
		214	0		-504	214	-504	0
Sovraccarico traffico	Q1	60	0	-0,80	-3,54	-214		
		60	0		-214	60	-214	0

**Tabella 45 – Riepilogo azioni elementari statiche**

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	80 di 166
			Data Ott '23	

Tipo azione	Descrizione azione	$V_{trasv}$	$M_{trasv}$	$N_{vert}$
		Fx [kN]	My [kNm]	Fz [kN]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	-12	249
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (barriera)	0	0	0
Gk2 Perm. Non Str. altri	G2,3 (terreno)	214	-504	0
Qk1	Q (acc. Traffico)	60	-214	0
E Sisma	Sisma trasv	207	-552	0
	-Sisma trasv	-207	552	0
	Sisma vert	0	-2	40
	-Sisma vert	0	2	-40

**Tabella 46 – Risultanti azioni elementari al centro del muro d'ala G (quota estradosso fondazione)**

INVILUPPO: SLU		$N_{vert}$	$V_{trasv}$	$M_{trasv}$
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
$N_{vert}$ Max	SLU1	337	321	-773
$N_{vert}$ Min	SLU2	337	402	-1061
$V_{trasv}$ Max	SLU2	337	402	-1061
$V_{trasv}$ Min	SLU1	337	321	-773
$M_{trasv}$ Max	SLU1	337	321	-773
$M_{trasv}$ Min	SLU2	337	402	-1061
INVILUPPO: SLV		$N_{vert}$	$V_{trasv}$	$M_{trasv}$
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
$N_{vert}$ Max	SLV7	289	152	-353
$N_{vert}$ Min	SLV8	210	152	-349
$V_{trasv}$ Max	SLV2	238	421	-1068
$V_{trasv}$ Min	SLV5	261	7	35
$M_{trasv}$ Max	SLV6	238	7	36
$M_{trasv}$ Min	SLV1	261	421	-1069

**Tabella 47 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo**



<b>INVILUPPO: SLE RA</b>		<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>Nome Comb.</b>	<b>Fz (kN)</b>	<b>Fx (kN)</b>	<b>My (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	RA3	249	262	-687
N <sub>vert</sub> Min	RA1	249	274	-730
V <sub>trasv</sub> Max	RA1	249	274	-730
V <sub>trasv</sub> Min	RA3	249	262	-687
M <sub>trasv</sub> Max	RA3	249	262	-687
M <sub>trasv</sub> Min	RA1	249	274	-730
<b>INVILUPPO: SLE FR</b>		<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>Nome Comb.</b>	<b>Fz (kN)</b>	<b>Fx (kN)</b>	<b>My (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	FR1	249	259	-677
N <sub>vert</sub> Min	FR1	249	259	-677
V <sub>trasv</sub> Max	FR1	249	259	-677
V <sub>trasv</sub> Min	FR1	249	259	-677
M <sub>trasv</sub> Max	FR1	249	259	-677
M <sub>trasv</sub> Min	FR1	249	259	-677
<b>INVILUPPO: SLE QP</b>		<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>Nome Comb.</b>	<b>Fz (kN)</b>	<b>Fx (kN)</b>	<b>My (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	QP1	249	214	-516
N <sub>vert</sub> Min	QP1	249	214	-516
V <sub>trasv</sub> Max	QP1	249	214	-516
V <sub>trasv</sub> Min	QP1	249	214	-516
M <sub>trasv</sub> Max	QP1	249	214	-516
M <sub>trasv</sub> Min	QP1	249	214	-516

**Tabella 48 – ENV SLE RA, SLE FR, SLE QP - Azioni totali inviluppo**

## 8.6 Paraghiaia

Mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate al muro laterale della spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G posto al baricentro del paraghiaia alla quota del ringrosso della sezione del muro frontale della spalla, e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.

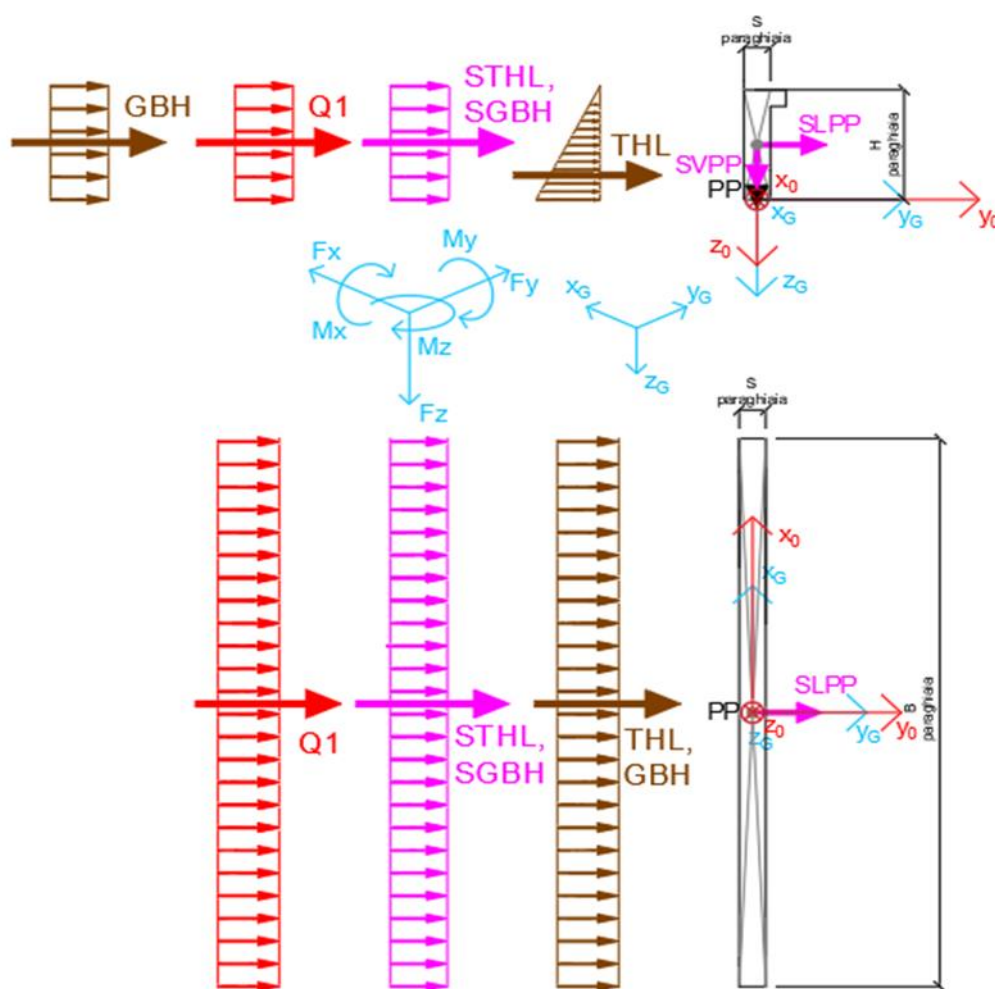


Figura 6 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 83 di 166
	MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  ZITAZIA s.r.l. INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTALE	  D_VA D_VisionArchitecture	
				Data Ott '23

### 8.6.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: MURO PARAGHIAIA		CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO							
PGA orizzontale $a_g$ (g)	0,224			Coeff. sismico orizz. $k_h$	0,3167				
Coeff. stratigrafico $S_s$	1,414			Coeff. sismico vert. $k_v$	0,1584				
				Coeff. spinta attiva sismica $k_{aE}$	0,4544				
NOME: MURO PARAGHIAIA		CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA							
		$F_{yO}$ (kN)	$F_{zO}$ (kN)	$y_O$ (m)	$z_O$ (m)	$M_{xO}$ (kNm)	$F_{yG}$ (m)	$M_{xG}$ (kNm)	$F_{zG}$ (m)
Sisma long	SLPP	5	0	0,00	-0,75	4			
		5	0			4	5	4	0
Sisma vert	SVPP	0	2	0,00	-0,75	0			
		0	2			0	0	0	2
Sisma terreno long	STHL	6	0	-0,20	-0,75	4			
		6	0			4	6	4	0

**Tabella 49 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche**

NOME: MURO PARAGHIAIA		PARAMETRI DI CALCOLO MURO PARAGHIAIA							
H paraghiaia (m)	1,50	Carico variab. Schema carico 1 (kPa)		20,00	Coeff. spinta riposo statica $k_0$		0,4264		
S paraghiaia (m)	0,40	Peso terreno (kN/m <sup>3</sup> )		20,00					
Carico asse $Q_{1k}$ (kN/m)	55,56	Angolo di attrito terreno (°)		35,00	YG paraghiaia		0,00		
		Coeff. spinta attiva statica $k_a$		0,2710	ZG paraghiaia		0,00		
NOME: MURO PARAGHIAIA		CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA							
		$F_{yO}$ (kN)	$F_{zO}$ (kN)	$y_O$ (m)	$z_O$ (m)	$M_{xO}$ (kNm)	$F_{yG}$ (m)	$M_{xG}$ (kNm)	$F_{zG}$ (m)
Peso proprio	PP	0	15	0,00	-0,75	0			
		0	15			0	0	0	15
Spinta terreno	THL	10	0	-0,20	-0,50	5			
		10	0			5	10	5	0
Sovraccarico long	Q1	13	0	-0,20	-0,75	10			
		13	0			10	13	10	0
Frenamento	FV	0	56	0,00	-1,50	0			
	FH	33	0	0,00	-1,50	50			
		33	56			50	33	50	56

**Tabella 50 – Riepilogo azioni elementari statiche**

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	84 di 166
			Data Ott '23	

Tipo azione	Descrizione azione	$V_{long}$	$M_{long}$	$N_{vert}$
		Fy [kN]	Mx [kNm]	Fz [kN]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	15
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (terreno)	10	5	0
Qk1	Q (acc. Traffico)	13	10	0
Qk2	Frenamento	33	50	56
E Sisma	Sisma long	10	8	0
	Sisma vert	0	0	2
	-Sisma vert	0	0	-2

**Tabella 51 – Risultanti azioni elementari al centro del paraghiaia G**

INVILUPPO: SLU		$N_{vert}$	$V_{trasv}$	$M_{trasv}$
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
$N_{vert}$ Max	SLU3	95	59	75
$N_{vert}$ Min	SLU5	15	32	20
$V_{trasv}$ Max	SLU3	95	59	75
$V_{trasv}$ Min	SLU1	20	14	7
$M_{trasv}$ Max	SLU3	95	59	75
$M_{trasv}$ Min	SLU1	20	14	7
INVILUPPO: SLV		$N_{vert}$	$V_{long}$	$M_{long}$
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fy (kN)	Mx (kNm)
$N_{vert}$ Max	SLV1	90	59	75
$N_{vert}$ Min	SLV7	13	13	7
$V_{trasv}$ Max	SLV1	90	59	75
$V_{trasv}$ Min	SLV7	13	13	7
$M_{trasv}$ Max	SLV1	90	59	75
$M_{trasv}$ Min	SLV7	13	13	7

**Tabella 52 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo**

INVILUPPO: SLE RA		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	RA2	71	43	55
N <sub>vert</sub> Min	RA3	15	10	5
V <sub>trasv</sub> Max	RA2	71	43	55
V <sub>trasv</sub> Min	RA3	15	10	5
M <sub>trasv</sub> Max	RA2	71	43	55
M <sub>trasv</sub> Min	RA3	15	10	5
INVILUPPO: SLE FREQ		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	FREQ2	57	35	42
N <sub>vert</sub> Min	FREQ3	15	10	5
V <sub>trasv</sub> Max	FREQ2	57	35	42
V <sub>trasv</sub> Min	FREQ3	15	10	5
M <sub>trasv</sub> Max	FREQ2	57	35	42
M <sub>trasv</sub> Min	FREQ3	15	10	5
INVILUPPO: SLE QP		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	QP1	15	10	5
N <sub>vert</sub> Min	QP2	15	0	0
V <sub>trasv</sub> Max	QP1	15	10	5
V <sub>trasv</sub> Min	QP2	15	0	0
M <sub>trasv</sub> Max	QP1	15	10	5
M <sub>trasv</sub> Min	QP2	15	0	0

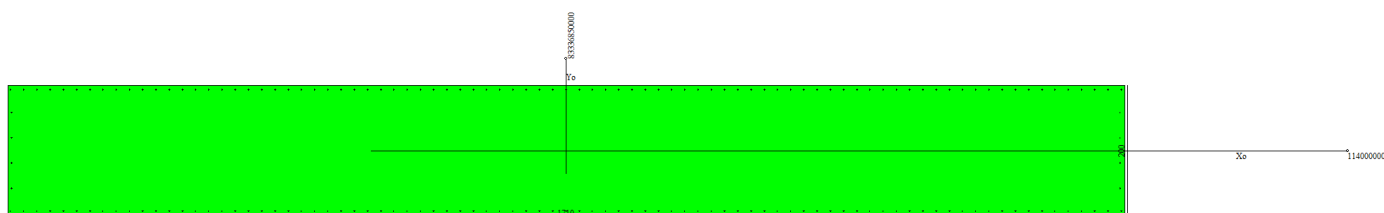
**Tabella 53 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali inviluppo**

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ETA</b> ETA s.p.a.	<b>sinergo</b>	<b>D_VA</b> D_VisionArchitecture
			A	86 di 166
			Data Ott '23	

## 8.7 Verifiche Muro Frontale

### 8.7.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale di  $\Phi 28/20$  nel lato teso e nel lato compresso, con armatura pari a  $4\Phi 26$  lungo lo spessore della sezione, come rappresentato nella figura seguente per un totale di 198 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



Dati

**Nome sezione:** Elevazione SP1

Tipo sezione: Rettangolare  
 Base: 1710,0 [cm]  
 Altezza: 200,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione: 342000,00 [cmq]  
 Inerzia in direzione X: 83336850000,0 [cm<sup>4</sup>]  
 Inerzia in direzione Y: 1140000000,0 [cm<sup>4</sup>]  
 Inerzia in direzione XY: 0,0 [cm<sup>4</sup>]  
 Ascissa baricentro sezione:  $X_G = 855,00$  [cm]  
 Ordinata baricentro sezione:  $Y_G = 100,00$  [cm]

### Elenco ferri

#### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N° numero d'ordine  
 X Ascissa posizione ferro espresso in [cm]  
 Y Ordinata posizione ferro espresso in [cm]  
 d Diametro ferro espresso in [mm]  
 w Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	w
1	6,00	157,48	26	5,31
2	6,00	119,16	26	5,31
3	6,00	80,84	26	5,31
4	6,00	42,52	26	5,31

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 87 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23		

5	1704,00	42,52	26	5,31
6	1704,00	80,84	26	5,31
7	1704,00	119,16	26	5,31
8	1704,00	157,48	26	5,31
9	1705,60	192,40	28	6,16
10	1685,35	192,40	28	6,16
11	1665,10	192,40	28	6,16
12	1644,84	192,40	28	6,16
13	1624,59	192,40	28	6,16
14	1604,34	192,40	28	6,16
15	1584,09	192,40	28	6,16
16	1563,83	192,40	28	6,16
17	1543,58	192,40	28	6,16
18	1523,33	192,40	28	6,16
19	1503,08	192,40	28	6,16
20	1482,82	192,40	28	6,16
21	1462,57	192,40	28	6,16
22	1442,32	192,40	28	6,16
23	1422,07	192,40	28	6,16
24	1401,81	192,40	28	6,16
25	1381,56	192,40	28	6,16
26	1361,31	192,40	28	6,16
27	1341,06	192,40	28	6,16
28	1320,80	192,40	28	6,16
29	1300,55	192,40	28	6,16
30	1280,30	192,40	28	6,16
31	1260,05	192,40	28	6,16
32	1239,80	192,40	28	6,16
33	1219,54	192,40	28	6,16
34	1199,29	192,40	28	6,16
35	1179,04	192,40	28	6,16
36	1158,79	192,40	28	6,16
37	1138,53	192,40	28	6,16
38	1118,28	192,40	28	6,16
39	1098,03	192,40	28	6,16
40	1077,78	192,40	28	6,16
41	1057,52	192,40	28	6,16
42	1037,27	192,40	28	6,16
43	1017,02	192,40	28	6,16
44	996,77	192,40	28	6,16
45	976,51	192,40	28	6,16
46	956,26	192,40	28	6,16
47	936,01	192,40	28	6,16
48	915,76	192,40	28	6,16
49	895,50	192,40	28	6,16
50	875,25	192,40	28	6,16
51	855,00	192,40	28	6,16
52	834,75	192,40	28	6,16
53	814,50	192,40	28	6,16
54	794,24	192,40	28	6,16

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 88 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23		

55	773,99	192,40	28	6,16
56	753,74	192,40	28	6,16
57	733,49	192,40	28	6,16
58	713,23	192,40	28	6,16
59	692,98	192,40	28	6,16
60	672,73	192,40	28	6,16
61	652,48	192,40	28	6,16
62	632,22	192,40	28	6,16
63	611,97	192,40	28	6,16
64	591,72	192,40	28	6,16
65	571,47	192,40	28	6,16
66	551,21	192,40	28	6,16
67	530,96	192,40	28	6,16
68	510,71	192,40	28	6,16
69	490,46	192,40	28	6,16
70	470,20	192,40	28	6,16
71	449,95	192,40	28	6,16
72	429,70	192,40	28	6,16
73	409,45	192,40	28	6,16
74	389,20	192,40	28	6,16
75	368,94	192,40	28	6,16
76	348,69	192,40	28	6,16
77	328,44	192,40	28	6,16
78	308,19	192,40	28	6,16
79	287,93	192,40	28	6,16
80	267,68	192,40	28	6,16
81	247,43	192,40	28	6,16
82	227,18	192,40	28	6,16
83	206,92	192,40	28	6,16
84	186,67	192,40	28	6,16
85	166,42	192,40	28	6,16
86	146,17	192,40	28	6,16
87	125,91	192,40	28	6,16
88	105,66	192,40	28	6,16
89	85,41	192,40	28	6,16
90	65,16	192,40	28	6,16
91	44,90	192,40	28	6,16
92	24,65	192,40	28	6,16
93	4,40	192,40	28	6,16
94	4,40	7,60	28	6,16
95	24,65	7,60	28	6,16
96	44,90	7,60	28	6,16
97	65,16	7,60	28	6,16
98	85,41	7,60	28	6,16
99	105,66	7,60	28	6,16
100	125,91	7,60	28	6,16
101	146,17	7,60	28	6,16
102	166,42	7,60	28	6,16
103	186,67	7,60	28	6,16
104	206,92	7,60	28	6,16



CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 89 di 166
	MANDATARIA  <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  <b>CITIZIA</b> s.r.l. CITIZIA CITIZIA	 <b>sinergo</b>	 <b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	Data Ott '23

105	227,18	7,60	28	6,16
106	247,43	7,60	28	6,16
107	267,68	7,60	28	6,16
108	287,93	7,60	28	6,16
109	308,19	7,60	28	6,16
110	328,44	7,60	28	6,16
111	348,69	7,60	28	6,16
112	368,94	7,60	28	6,16
113	389,20	7,60	28	6,16
114	409,45	7,60	28	6,16
115	429,70	7,60	28	6,16
116	449,95	7,60	28	6,16
117	470,20	7,60	28	6,16
118	490,46	7,60	28	6,16
119	510,71	7,60	28	6,16
120	530,96	7,60	28	6,16
121	551,21	7,60	28	6,16
122	571,47	7,60	28	6,16
123	591,72	7,60	28	6,16
124	611,97	7,60	28	6,16
125	632,22	7,60	28	6,16
126	652,48	7,60	28	6,16
127	672,73	7,60	28	6,16
128	692,98	7,60	28	6,16
129	713,23	7,60	28	6,16
130	733,49	7,60	28	6,16
131	753,74	7,60	28	6,16
132	773,99	7,60	28	6,16
133	794,24	7,60	28	6,16
134	814,50	7,60	28	6,16
135	834,75	7,60	28	6,16
136	855,00	7,60	28	6,16
137	875,25	7,60	28	6,16
138	895,50	7,60	28	6,16
139	915,76	7,60	28	6,16
140	936,01	7,60	28	6,16
141	956,26	7,60	28	6,16
142	976,51	7,60	28	6,16
143	996,77	7,60	28	6,16
144	1017,02	7,60	28	6,16
145	1037,27	7,60	28	6,16
146	1057,52	7,60	28	6,16
147	1077,78	7,60	28	6,16
148	1098,03	7,60	28	6,16
149	1118,28	7,60	28	6,16
150	1138,53	7,60	28	6,16
151	1158,79	7,60	28	6,16
152	1179,04	7,60	28	6,16
153	1199,29	7,60	28	6,16
154	1219,54	7,60	28	6,16

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 90 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23		

155	1239,80	7,60	28	6,16
156	1260,05	7,60	28	6,16
157	1280,30	7,60	28	6,16
158	1300,55	7,60	28	6,16
159	1320,80	7,60	28	6,16
160	1341,06	7,60	28	6,16
161	1361,31	7,60	28	6,16
162	1381,56	7,60	28	6,16
163	1401,81	7,60	28	6,16
164	1422,07	7,60	28	6,16
165	1442,32	7,60	28	6,16
166	1462,57	7,60	28	6,16
167	1482,82	7,60	28	6,16
168	1503,08	7,60	28	6,16
169	1523,33	7,60	28	6,16
170	1543,58	7,60	28	6,16
171	1563,83	7,60	28	6,16
172	1584,09	7,60	28	6,16
173	1604,34	7,60	28	6,16
174	1624,59	7,60	28	6,16
175	1644,84	7,60	28	6,16
176	1665,10	7,60	28	6,16
177	1685,35	7,60	28	6,16
178	1705,60	7,60	28	6,16

**Materiale impiegato : Calcestruzzo armato**

**Caratteristiche calcestruzzo**

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[N/mm <sup>2</sup> ]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

**Caratteristiche acciaio per calcestruzzo**

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico E	210000,000	[N/mm <sup>2</sup> ]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

**Combinazioni**

*Simbologia adottata*

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in [kN]
M <sub>Y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>X</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>Y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    DIVISIONArchitecture	A	91 di 166
			Data Ott '23	

T<sub>x</sub> taglio lungo X espresso in [kN]

VD verifica di dominio

VT verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>y</sub>	T <sub>x</sub>	VD	VT
1	8836,9900	21444,8100	5594,8000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	16626,9900	18688,8100	2105,4000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	14846,9900	22649,8100	11027,2000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	13146,9900	18065,4100	-10448,8000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	9216,9900	23175,4100	3145,6000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
6	15186,9900	16462,8100	-5243,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
7	8958,2500	26984,7900	7987,6600	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
8	10284,2500	18538,5100	2239,7000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
9	9397,2500	27688,5900	13492,1600	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
10	9845,2500	17834,7100	-12715,3600	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
11	9319,2500	34019,7300	8336,2600	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
12	9933,2500	11516,5700	1901,1000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
13	8467,4000	15322,6600	3904,6000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
14	12187,4000	13139,6600	1805,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
15	10967,4000	15773,6600	7857,6000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
16	11537,4000	13066,2600	-7305,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
17	8717,4000	16593,6600	2271,8000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
18	11137,4000	11451,2600	-3613,4000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
19	8957,4000	14023,6800	-25,8000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
20	11297,4000	12379,4800	3172,6000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
21	10777,4000	14448,0800	4174,2000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
22	10787,4000	12292,2800	-3617,4000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
23	10777,4000	14448,0800	4174,2000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
24	9507,4000	11665,0800	332,6000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
25	9217,4000	11350,3300	444,2000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
26	9547,4000	9234,7300	322,6000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
27	9327,4000	11327,5300	464,2000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
28	9437,4000	9257,5300	312,6000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
29	9277,4000	11434,1300	444,2000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
30	9497,4000	9163,9300	332,6000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	92 di 166
			Data Ott '23	

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

Xc posizione asse neutro espresso in [cm]

a inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]

(xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	a	(xi; yi)	(xf; yf)
13	58,62	-0,19	(-16315,17; 200,00)	(45180,10; 0,00)
14	79,41	-0,11	(-39270,96; 200,00)	(63943,82; 0,00)
15	68,74	-0,38	(-8741,15; 200,00)	(21666,05; 0,00)
16	81,22	0,45	(-15264,99; 0,00)	(10438,43; 200,00)
17	56,06	-0,10	(-30559,45; 200,00)	(84564,23; 0,00)
18	84,79	0,26	(-25530,35; 0,00)	(18791,52; 200,00)
19	60,19	0,00	(-5840148,74; 0,00)	(2514017,06; 200,00)
20	79,77	-0,21	(-20456,45; 200,00)	(35120,24; 0,00)
21	69,37	-0,22	(-16235,65; 200,00)	(35505,85; 0,00)
22	77,80	0,23	(-29885,66; 0,00)	(19026,55; 200,00)
23	69,37	-0,22	(-16235,65; 200,00)	(35505,85; 0,00)
24	70,62	-0,02	(-179854,69; 200,00)	(334378,51; 0,00)
25	70,55	-0,03	(-130567,36; 200,00)	(244400,77; 0,00)
26	86,00	-0,03	(-167251,43; 200,00)	(225683,75; 0,00)
27	71,29	-0,03	(-125516,09; 200,00)	(231400,56; 0,00)
28	84,88	-0,03	(-171576,39; 200,00)	(236710,81; 0,00)
29	70,51	-0,03	(-131481,27; 200,00)	(246332,04; 0,00)
30	86,21	-0,03	(-161189,80; 200,00)	(216720,25; 0,00)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

S<sub>c-max</sub> Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

S<sub>c-min</sub> Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

S<sub>f-max</sub> Tensione massima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

S<sub>f-min</sub> Tensione minima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

t<sub>c</sub> Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

N°	S <sub>c-max</sub>	S <sub>c-min</sub>	t <sub>c</sub>	S <sub>f-max</sub>	S <sub>f-min</sub>
13	2,550	0,000	0,000	33,277	-90,891
14	2,014	0,000	0,000	27,311	-44,236
15	2,681	0,000	0,000	35,745	-78,891
16	2,154	0,000	0,000	29,267	-49,495
17	2,707	0,000	0,000	35,101	-100,915
18	1,784	0,000	0,000	24,355	-36,386
19	2,206	0,000	0,000	28,908	-72,704

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 93 di 166
	MANDATARIA  <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  <b>CITAZIA</b> S.p.A. s.r.l.	 <b>sinergo</b>	 <b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	
					Data Ott '23

20	1,938	0,000	0,000	26,291	-43,277
21	2,351	0,000	0,000	31,392	-65,899
22	1,950	0,000	0,000	26,385	-45,707
23	2,351	0,000	0,000	31,392	-65,899
24	1,796	0,000	0,000	24,041	-46,716
25	1,752	0,000	0,000	23,443	-45,714
26	1,363	0,000	0,000	18,638	-25,502
27	1,745	0,000	0,000	23,385	-44,818
28	1,370	0,000	0,000	18,713	-26,236
29	1,765	0,000	0,000	23,616	-46,101
30	1,352	0,000	0,000	18,493	-25,194

### Sollecitazioni ultime

#### *Simbologia adottata*

- N° numero d'ordine della combinazione  
N<sub>u</sub> Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
M<sub>Xu</sub> Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
M<sub>Yu</sub> Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>26020,7341</u>	<u>16474,0260</u>	<u>63144,7698</u>	2,94
<u>619435,6841</u>	<u>392171,8555</u>	21444,8100	70,10
<u>26031,5124</u>	5594,8000	<u>63170,9255</u>	2,95
<u>660554,4571</u>	5594,8000	21444,8100	74,75
8836,9900	<u>381176,2177</u>	21444,8100	68,13
8836,9900	<u>12478,2082</u>	<u>47828,8418</u>	2,23
8836,9900	5594,8000	<u>47836,3805</u>	2,23

#### Combinazione n° 2

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>121635,0815</u>	<u>15402,0963</u>	<u>136718,3674</u>	7,32
<u>662161,0288</u>	<u>83846,4346</u>	18688,8100	39,82
<u>121691,4238</u>	2105,4000	<u>136781,6964</u>	7,32
<u>664050,4765</u>	2105,4000	18688,8100	39,94
16626,9900	<u>440561,5758</u>	18688,8100	209,25
16626,9900	<u>6178,0328</u>	<u>54839,9741</u>	2,93
16626,9900	2105,4000	<u>54843,5928</u>	2,93

#### Combinazione n° 3

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>60560,7208</u>	<u>44979,8364</u>	<u>92388,3441</u>	4,08
<u>608899,4325</u>	<u>452243,5741</u>	22649,8100	41,01
<u>60741,5335</u>	11027,2000	<u>92664,1826</u>	4,09
<u>658969,6311</u>	11027,2000	22649,8100	44,38

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  <b>CITIZIA</b> S.p.A. s.r.l.	 <b>sinergo</b>	A
			Data Ott '23	

14846,9900	<u>423058,9439</u>	22649,8100	38,37
14846,9900	<u>25908,0152</u>	<u>53214,9252</u>	2,35
14846,9900	11027,2000	<u>53242,2220</u>	2,35

Combinazione n° 4

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>76349,4242</u>	<u>-60680,0389</u>	<u>104912,5048</u>	5,81
<u>605726,7771</u>	<u>-481411,9391</u>	18065,4100	46,07
<u>76868,7466</u>	-10448,8000	<u>105626,1108</u>	5,85
<u>664756,1011</u>	-10448,8000	18065,4100	50,56
13146,9900	<u>-416312,6879</u>	18065,4100	39,84
13146,9900	<u>-29891,3572</u>	<u>51680,5397</u>	2,86
13146,9900	-10448,8000	<u>51717,9424</u>	2,86

Combinazione n° 5

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>24632,7712</u>	<u>8406,7407</u>	<u>61937,2022</u>	2,67
<u>645151,7157</u>	<u>220179,1731</u>	23175,4100	70,00
<u>24636,4586</u>	3145,6000	<u>61946,4737</u>	2,67
<u>658379,8691</u>	3145,6000	23175,4100	71,43
9216,9900	<u>381608,5735</u>	23175,4100	121,32
9216,9900	<u>6539,3914</u>	<u>48179,3863</u>	2,08
9216,9900	3145,6000	<u>48182,1577</u>	2,08

Combinazione n° 6

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>131127,7901</u>	<u>-45269,2076</u>	<u>142143,4988</u>	8,63
<u>648567,6974</u>	<u>-223904,8315</u>	16462,8100	42,71
<u>131731,7461</u>	-5243,0000	<u>142798,1915</u>	8,67
<u>666794,6015</u>	-5243,0000	16462,8100	43,91
15186,9900	<u>-432546,2684</u>	16462,8100	82,50
15186,9900	<u>-17050,3556</u>	<u>53537,4335</u>	3,25
15186,9900	-5243,0000	<u>53553,2501</u>	3,25

Combinazione n° 7

<u>N<sub>u</sub></u>	<u>M<sub>xu</sub></u>	<u>M<sub>yu</sub></u>	<u>FS</u>
<u>18861,6421</u>	<u>16818,0598</u>	<u>56816,6161</u>	2,11
<u>593889,4804</u>	<u>529543,9675</u>	26984,7900	66,30
<u>18867,8389</u>	7987,6600	<u>56835,2825</u>	2,11
<u>653442,9100</u>	7987,6600	26984,7900	72,94
8958,2500	<u>373552,2910</u>	26984,7900	46,77
8958,2500	<u>14189,4040</u>	<u>47936,2023</u>	1,78
8958,2500	7987,6600	<u>47943,8708</u>	1,78

Combinazione n° 8

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  <b>CITAZIA</b> CITAZIA s.p.a.	<b>sinergo</b>	<b>D_VA</b> D_VisionArchitecture
				Data Ott '23

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>43346,1351</u>	<u>9439,9046</u>	<u>78136,2528</u>	4,21
<u>658187,5827</u>	<u>143339,8380</u>	<u>18538,5100</u>	64,00
<u>43357,8014</u>	<u>2239,7000</u>	<u>78157,2828</u>	4,22
<u>664237,2337</u>	<u>2239,7000</u>	<u>18538,5100</u>	64,59
<u>10284,2500</u>	<u>395135,8871</u>	<u>18538,5100</u>	176,42
<u>10284,2500</u>	<u>5937,3095</u>	<u>49144,4711</u>	2,65
<u>10284,2500</u>	<u>2239,7000</u>	<u>49147,3623</u>	2,65

Combinazione n° 9

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>19453,2908</u>	<u>27930,1830</u>	<u>57318,2785</u>	2,07
<u>547862,6816</u>	<u>786597,2447</u>	<u>27688,5900</u>	58,30
<u>19467,8214</u>	<u>13492,1600</u>	<u>57361,0923</u>	2,07
<u>652466,2058</u>	<u>13492,1600</u>	<u>27688,5900</u>	69,43
<u>9397,2500</u>	<u>375473,3800</u>	<u>27688,5900</u>	27,83
<u>9397,2500</u>	<u>23543,8628</u>	<u>48316,6789</u>	1,75
<u>9397,2500</u>	<u>13492,1600</u>	<u>48334,2840</u>	1,75

Combinazione n° 10

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>42778,8710</u>	<u>-55249,8662</u>	<u>77494,0970</u>	4,35
<u>562924,8288</u>	<u>-727029,9740</u>	<u>17834,7100</u>	57,18
<u>42938,3678</u>	<u>-12715,3600</u>	<u>77783,0260</u>	4,36
<u>665020,6689</u>	<u>-12715,3600</u>	<u>17834,7100</u>	67,55
<u>9845,2500</u>	<u>-392687,5425</u>	<u>17834,7100</u>	30,88
<u>9845,2500</u>	<u>-34716,4405</u>	<u>48693,6783</u>	2,73
<u>9845,2500</u>	<u>-12715,3600</u>	<u>48740,2809</u>	2,73

Combinazione n° 11

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>14498,7909</u>	<u>12969,4655</u>	<u>52927,5375</u>	1,56
<u>590465,3397</u>	<u>528183,3401</u>	<u>34019,7300</u>	63,36
<u>14500,9678</u>	<u>8336,2600</u>	<u>52935,4841</u>	1,56
<u>644247,8923</u>	<u>8336,2600</u>	<u>34019,7300</u>	69,13
<u>9319,2500</u>	<u>359418,9282</u>	<u>34019,7300</u>	43,12
<u>9319,2500</u>	<u>11827,1929</u>	<u>48265,9982</u>	1,42
<u>9319,2500</u>	<u>8336,2600</u>	<u>48270,0941</u>	1,42

Combinazione n° 12

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>113403,7397</u>	<u>21704,0595</u>	<u>131479,8386</u>	11,42
<u>665114,2586</u>	<u>127294,5629</u>	<u>11516,5700</u>	66,96
<u>113501,5089</u>	<u>1901,1000</u>	<u>131593,1917</u>	11,43
<u>672853,9763</u>	<u>1901,1000</u>	<u>11516,5700</u>	67,74
<u>9933,2500</u>	<u>398656,7604</u>	<u>11516,5700</u>	209,70

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  CITIZIA s.r.l. CITIZIA CONSULTING s.r.l.	A	96 di 166
			Data Ott '23	

9933,2500	<u>8059,8598</u>	<u>48825,3848</u>	4,24
9933,2500	1901,1000	<u>48830,5386</u>	4,24

### Risultati fessurazione

#### *Simbologia adottata*

N°	numero d'ordine della combinazione
M <sub>x</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M <sub>y</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
s <sub>f</sub>	Tensione nell'acciaio, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
s <sub>c</sub>	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
A <sub>eff</sub>	Area efficace a trazione, espressa in [cm <sup>2</sup> ]
e	Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
S <sub>rm</sub>	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	s <sub>f</sub>	s <sub>c</sub>	A <sub>eff</sub>	e	S <sub>rm</sub>	w
19	-57,2286	31106,8230	-245,341	-17,198	50502,67	0,0000	0	0,0000
20	7933,9786	30958,3715	-229,128	-16,064	57392,08	0,0000	0	0,0000
21	8857,9459	30659,8416	-230,796	-16,177	58261,65	0,0000	0	0,0000
22	-9017,3586	30641,8691	-230,619	-16,164	58407,52	0,0000	0	0,0000
23	8857,9459	30659,8416	-230,796	-16,177	58261,65	0,0000	0	0,0000
24	889,5101	31197,2540	-242,243	-16,983	51219,09	0,0000	0	0,0000
25	1215,3034	31053,7935	-243,319	-17,056	51503,41	0,0000	0	0,0000
26	1089,4681	31187,0540	-241,924	-16,960	51391,68	0,0000	0	0,0000
27	1273,9207	31086,5477	-242,789	-17,019	51553,31	0,0000	0	0,0000
28	1051,9723	31153,7582	-242,458	-16,997	51360,01	0,0000	0	0,0000
29	1207,3217	31077,6080	-243,068	-17,039	51495,92	0,0000	0	0,0000
30	1131,0998	31164,5213	-242,123	-16,974	51428,09	0,0000	0	0,0000

### Inviluppo verifiche a pressoflessione

#### *Simbologia adottata*

N	Sforzo normale espresso in [kN]
M <sub>x</sub>	Momento in direzione X espresso in [kNm]
M <sub>y</sub>	Momento in direzione Y espresso in [kNm]
N <sub>u</sub>	Sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M <sub>x,u</sub>	Momento ultimo in direzione X espresso in [kNm]
M <sub>y,u</sub>	Momento ultimo in direzione Y espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza
Comb.	Combinazione critica

#### **Sezione n° 1 - Elevazione SP1**

N	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	N	M <sub>x,u</sub>	M <sub>y,u</sub>	FS	Comb.
9319,25	8336,26	34019,73	14498,79	12969,47	52927,54	1.556	11
16626,99	2105,40	18688,81	662161,03	83846,43	18688,81	39.824	2
9319,25	8336,26	34019,73	14500,97	8336,26	52935,48	1.556	11
16626,99	2105,40	18688,81	664050,48	2105,40	18688,81	39.938	2



CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 97 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23		

9397,25	13492,16	27688,59	9397,25	375473,38	27688,59	27.829	9
9319,25	8336,26	34019,73	9319,25	11827,19	48266,00	1.419	11
9319,25	8336,26	34019,73	9319,25	8336,26	48270,09	1.419	11

### Inviluppo verifiche tensionali

#### *Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
Comb.	Combinazione critica

#### **Sezione n° 1 - Elevazione SP1**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLER	2,707	19,920	-7,095	3,099	-100,915	35,101	360,000	17
SLEQP	1,765	14,940	-3,264	3,099	-46,101	23,616	450,000	29
SLEF	2,206	33,200	-5,125	3,099	-72,704	28,908	450,000	19

### Inviluppo verifiche fessurazione

#### *Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sc	tensione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
Aeff	Area efficace a trazione espresso in [cm <sup>2</sup> ]
Eps	Deformazione espressa in [%]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

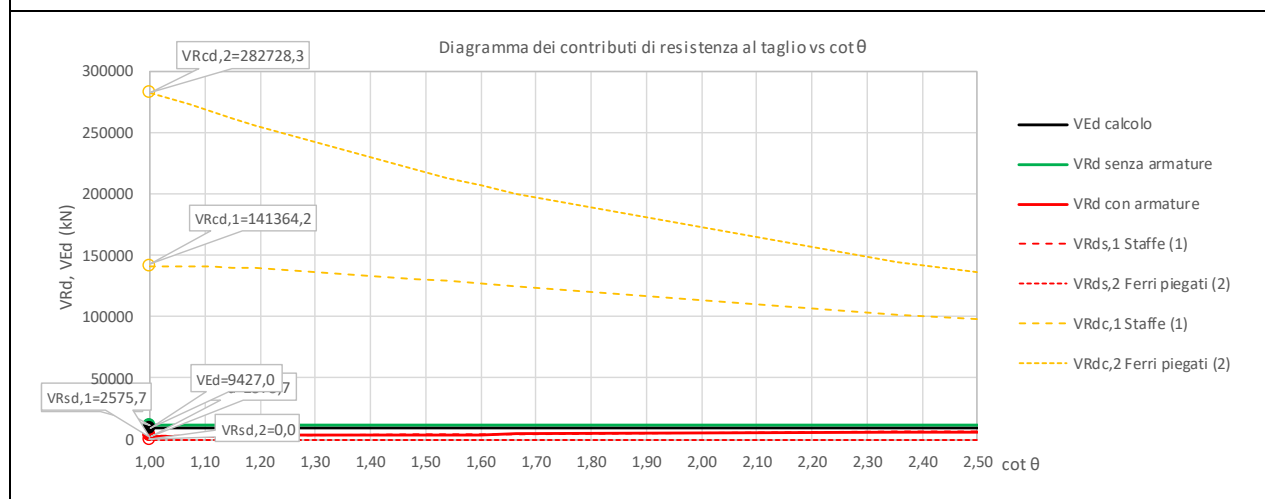
#### **Sezione n° 1 - Elevazione SP1**

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-243,319	-17,056	5050,839	0,0000	0,000	0,000	0,200	25
SLEF	-245,341	-17,198	4952,699	0,0000	0,000	0,000	0,300	19

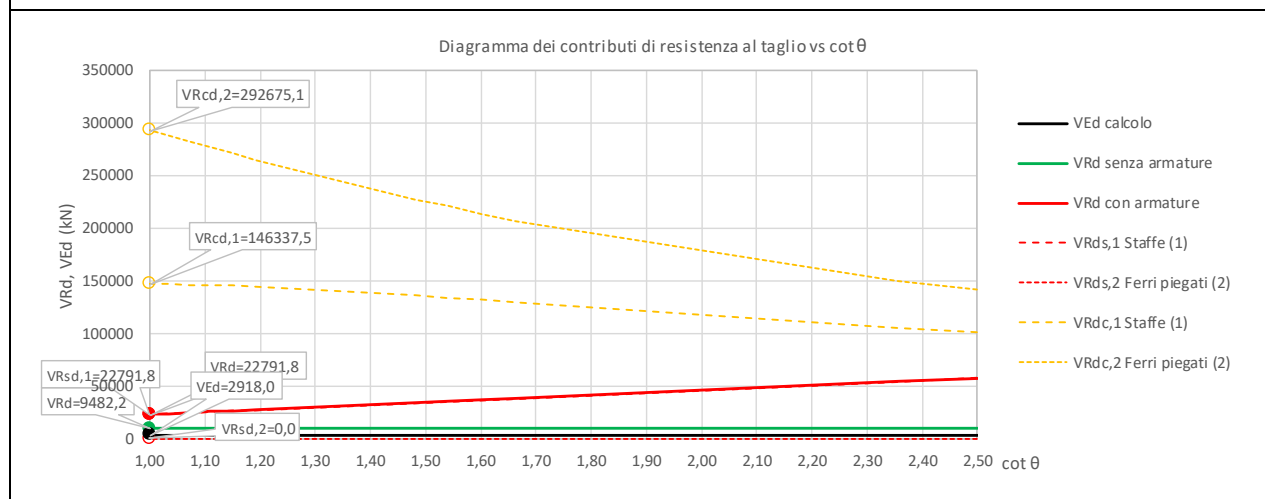
### 8.7.2 Verifica a taglio

Le verifiche a taglio sono state condotte considerando i valori delle azioni in combinazione SLV, essendo questi più gravosi. La verifica a taglio è stata svolta sia per l'azione di taglio trasversale sia per quella longitudinale.

NOME: ELEVAZIONE SP1	CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2018)	Rev. 10.1																														
<b>DATI SEZIONE</b> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><math>b_w</math></td> <td style="text-align: center;"><math>d</math></td> <td style="text-align: center;"><math>\theta</math></td> <td style="text-align: center;"><math>\cotg \theta</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(m)</td> <td style="text-align: center;">(m)</td> <td style="text-align: center;">(°)</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">17,10</td> <td style="text-align: center;">1,92</td> <td style="text-align: center;">45,00</td> <td style="text-align: center;">1,00</td> </tr> </table>	$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$	(m)	(m)	(°)		17,10	1,92	45,00	1,00	<b>AZIONI CALCOLO</b> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><math>N_{Ed}</math></td> <td style="text-align: center;"><math>V_{Ed}</math></td> <td style="text-align: center;"><math>M_{Ed}</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(kN)</td> <td style="text-align: center;">(kN)</td> <td style="text-align: center;">(kNm)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">-9319,0</td> <td style="text-align: center;">9427,0</td> <td style="text-align: center;">34020,0</td> </tr> </table>	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	(kN)	(kN)	(kNm)	-9319,0	9427,0	34020,0	<b>CALCESTRUZZO</b> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><math>f_{ck}</math></td> <td style="text-align: center;"><math>f_{cd}</math></td> <td style="text-align: center;"><math>\gamma_c</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(MPa)</td> <td style="text-align: center;">(MPa)</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">33,20</td> <td style="text-align: center;">18,81</td> <td style="text-align: center;">1,50</td> </tr> </table>	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$	(MPa)	(MPa)		33,20	18,81	1,50
$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$																													
(m)	(m)	(°)																														
17,10	1,92	45,00	1,00																													
$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$																														
(kN)	(kN)	(kNm)																														
-9319,0	9427,0	34020,0																														
$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$																														
(MPa)	(MPa)																															
33,20	18,81	1,50																														
<b>VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)</b>																																
$A_{sl}$	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%)	$v_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$																								
(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)																									
523,39	0,15	1,32	0,16%	0,31	0,28	1,02	11487,8	<b>82,1% VERIFICA OK</b>																								



NOME: ELEVAZIONE SP1	CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2018)	Rev. 10.1																														
<b>DATI SEZIONE</b> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><math>b_w</math></td> <td style="text-align: center;"><math>d</math></td> <td style="text-align: center;"><math>\theta</math></td> <td style="text-align: center;"><math>\cotg \theta</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(m)</td> <td style="text-align: center;">(m)</td> <td style="text-align: center;">(°)</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2,00</td> <td style="text-align: center;">17,03</td> <td style="text-align: center;">45,00</td> <td style="text-align: center;">1,00</td> </tr> </table>	$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$	(m)	(m)	(°)		2,00	17,03	45,00	1,00	<b>AZIONI CALCOLO</b> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><math>N_{Ed}</math></td> <td style="text-align: center;"><math>V_{Ed}</math></td> <td style="text-align: center;"><math>M_{Ed}</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(kN)</td> <td style="text-align: center;">(kN)</td> <td style="text-align: center;">(kNm)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">-9795,0</td> <td style="text-align: center;">2918,0</td> <td style="text-align: center;">17764,0</td> </tr> </table>	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	(kN)	(kN)	(kNm)	-9795,0	2918,0	17764,0	<b>CALCESTRUZZO</b> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><math>f_{ck}</math></td> <td style="text-align: center;"><math>f_{cd}</math></td> <td style="text-align: center;"><math>\gamma_c</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(MPa)</td> <td style="text-align: center;">(MPa)</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">33,20</td> <td style="text-align: center;">18,81</td> <td style="text-align: center;">1,50</td> </tr> </table>	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$	(MPa)	(MPa)		33,20	18,81	1,50
$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$																													
(m)	(m)	(°)																														
2,00	17,03	45,00	1,00																													
$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$																														
(kN)	(kN)	(kNm)																														
-9795,0	2918,0	17764,0																														
$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$																														
(MPa)	(MPa)																															
33,20	18,81	1,50																														
<b>VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)</b>																																
$A_{sl}$	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%)	$v_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$																								
(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)																									
21,24	0,15	1,11	0,01%	0,24	0,29	1,02	9482,2	<b>30,8% VERIFICA OK</b>																								

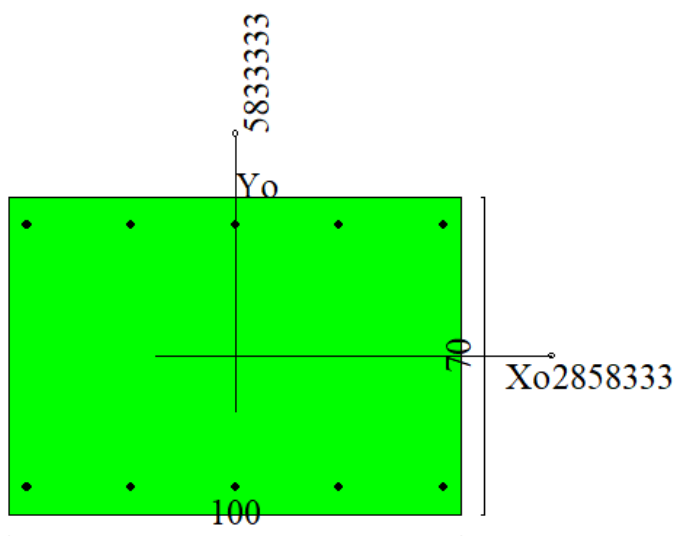


Tutte le verifiche sono soddisfatte.

## 8.8 Verifiche Muro d'ala, sezione superiore

### 8.8.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale di  $\Phi 20/20$  nel lato teso e compresso, come rappresentato nella figura seguente per un totale di 10 ferri in un metro. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



Dati

**Nome sezione:** Sez sup. muro d'ala

Tipo sezione: Rettangolare  
 Base: 100,0 [cm]  
 Altezza: 70,0 [cm]

#### Caratteristiche geometriche

Area sezione	7000,00 [cmq]
Inerzia in direzione X	5833333,3 [cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione Y	2858333,3 [cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione XY	0,0 [cm <sup>4</sup> ]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50,00$ [cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 35,00$ [cm]

#### Elenco ferri

##### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N° numero d'ordine

X Ascissa posizione ferro espresso in [cm]

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  CITIZIA s.r.l. CANTIERI, SERVIZI, AMBIENTE	A	100 di 166
			Data Ott '23	

Y Ordinata posizione ferro espresso in [cm]  
d Diametro ferro espresso in [mm]  
w Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	w
1	96,00	64,00	20	3,14
2	73,00	64,00	20	3,14
3	50,00	64,00	20	3,14
4	27,00	64,00	20	3,14
5	4,00	64,00	20	3,14
6	4,00	6,00	20	3,14
7	27,00	6,00	20	3,14
8	50,00	6,00	20	3,14
9	73,00	6,00	20	3,14
10	96,00	6,00	20	3,14

**Materiale impiegato :** Calcestruzzo armato

**Caratteristiche calcestruzzo**

Resistenza caratteristica calcestruzzo 40,000 [N/mmq]  
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo 15,00  
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso 1,00  
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO

**Caratteristiche acciaio per calcestruzzo**

Tensione ammissibile acciaio 450,000 [N/mmq]  
Tensione snervamento acciaio 450,000 [N/mmq]  
Modulo elastico E 205942,924 [N/mmq]  
Fattore di incrudimento acciaio 1,00

**Combinazioni**

*Simbologia adottata*

N° numero d'ordine della combinazione  
N sforzo normale espresso in[kN]  
M<sub>Y</sub> momento lungo Y espresso in [kNm]  
M<sub>X</sub> momento lungo X espresso in [kNm]  
M<sub>t</sub> momento torcente espresso in [kNm]  
T<sub>Y</sub> taglio lungo Y espresso in [kN]  
T<sub>X</sub> taglio lungo X espresso in [kN]  
VD verifica di dominio  
VT verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>Y</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>Y</sub>	T <sub>X</sub>	VD	VT
1	35,4400	7,2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	35,4400	20,1500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	35,4400	7,2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE						REV. A	FOGLIO 101 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture					Data Ott '23	

4	35,4400	20,1500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	30,4100	2,0600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
6	22,0900	2,0600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
7	27,5000	4,3100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
8	27,5000	13,9100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
9	26,2500	12,4700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
10	26,2500	14,3900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
11	26,2500	12,4700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
12	26,2500	14,3900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
13	26,2500	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
14	26,2500	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
15	26,2500	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
16	26,2500	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
17	26,2500	11,9900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
18	26,2500	11,9900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
19	26,2500	11,9900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
20	26,2500	11,9900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VisionArchitecture	A	102 di 166
			Data Ott '23	

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

Xc posizione asse neutro espresso in [cm]

a inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]

(xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	a	(xi; yi)	(xf; yf)
9	24,63	0,00	(0,00; 45,37)	(100,00; 45,37)
10	22,79	0,00	(0,00; 47,21)	(100,00; 47,21)
11	24,63	0,00	(0,00; 45,37)	(100,00; 45,37)
12	22,79	0,00	(0,00; 47,21)	(100,00; 47,21)
13	54,69	0,00	(0,00; 15,31)	(100,00; 15,31)
14	54,69	0,00	(0,00; 15,31)	(100,00; 15,31)
15	54,69	0,00	(0,00; 15,31)	(100,00; 15,31)
16	54,69	0,00	(0,00; 15,31)	(100,00; 15,31)
17	25,22	0,00	(0,00; 44,78)	(100,00; 44,78)
18	25,22	0,00	(0,00; 44,78)	(100,00; 44,78)
19	25,22	0,00	(0,00; 44,78)	(100,00; 44,78)
20	25,22	0,00	(0,00; 44,78)	(100,00; 44,78)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

S<sub>c-max</sub> Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

S<sub>c-min</sub> Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

S<sub>f-max</sub> Tensione massima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

S<sub>f-min</sub> Tensione minima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

t<sub>c</sub> Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

N°	S <sub>c-max</sub>	S <sub>c-min</sub>	t <sub>c</sub>	S <sub>f-max</sub>	S <sub>f-min</sub>
9	0,254	0,000	0,000	2,883	-6,091
10	0,296	0,000	0,000	3,271	-8,030
11	0,254	0,000	0,000	2,883	-6,091
12	0,296	0,000	0,000	3,271	-8,030
13	0,090	0,000	0,000	1,207	-0,231
14	0,090	0,000	0,000	1,207	-0,231
15	0,090	0,000	0,000	1,207	-0,231
16	0,090	0,000	0,000	1,207	-0,231
17	0,243	0,000	0,000	2,783	-5,616
18	0,243	0,000	0,000	2,783	-5,616
19	0,243	0,000	0,000	2,783	-5,616
20	0,243	0,000	0,000	2,783	-5,616

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  <b>CITAZIA</b> S.p.A. s.r.l.	<b>A</b>	103 di 166
			Data Ott '23	

### Sollecitazioni ultime

#### *Simbologia adottata*

- N° numero d'ordine della combinazione  
N<sub>u</sub> Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
M<sub>Xu</sub> Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
M<sub>Yu</sub> Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>7035,3618</u>	0,0000	<u>1429,3060</u>	198,51
<u>14375,3571</u>	0,0000	7,2000	405,63
35,4400	0,0000	<u>388,6110</u>	53,97

#### Combinazione n° 2

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>1359,6578</u>	0,0000	<u>773,0560</u>	38,37
<u>14331,8046</u>	0,0000	20,1500	404,40
35,4400	0,0000	<u>388,6109</u>	19,29

#### Combinazione n° 3

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>7035,3618</u>	0,0000	<u>1429,3060</u>	198,51
<u>14375,3571</u>	0,0000	7,2000	405,63
35,4400	0,0000	<u>388,6110</u>	53,97

#### Combinazione n° 4

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>1359,6578</u>	0,0000	<u>773,0560</u>	38,37
<u>14331,8046</u>	0,0000	20,1500	404,40
35,4400	0,0000	<u>388,6109</u>	19,29

#### Combinazione n° 5

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>11394,9653</u>	0,0000	<u>771,9049</u>	374,71
<u>14392,3712</u>	0,0000	2,0600	473,28
30,4100	0,0000	<u>387,0701</u>	187,90

#### Combinazione n° 6

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>10460,7080</u>	0,0000	<u>975,5119</u>	473,55
<u>14392,3709</u>	0,0000	2,0600	651,53
22,0900	0,0000	<u>384,5201</u>	186,66

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	104 di 166
			Data Ott '23	

### Combinazione n° 7

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>8332,7906</u>	0,0000	<u>1305,9755</u>	303,01
<u>14385,0663</u>	0,0000	4,3100	523,09
27,5000	0,0000	<u>386,1784</u>	89,60

### Combinazione n° 8

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>1716,9589</u>	0,0000	<u>868,4691</u>	62,43
<u>14352,8097</u>	0,0000	13,9100	521,92
27,5000	0,0000	<u>386,1783</u>	27,76

### Risultati fessurazione

#### *Simbologia adottata*

$N^\circ$	numero d'ordine della combinazione
$M_X$	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
$M_Y$	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
$s_f$	Tensione nell'acciaio, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$s_c$	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$A_{eff}$	Area efficace a trazione, espressa in [cm <sup>2</sup> ]
$e$	Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
$S_{rm}$	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
$w$	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

$N^\circ$	$M_X$	$M_Y$	$s_f$	$s_c$	$A_{eff}$	$e$	$S_{rm}$	$w$
13	0,0000	206,8950	-214,855	-16,061	1500,00	0,0000	0	0,0000
14	0,0000	206,8950	-214,855	-16,061	1500,00	0,0000	0	0,0000
15	0,0000	206,8950	-214,855	-16,061	1500,00	0,0000	0	0,0000
16	0,0000	206,8950	-214,855	-16,061	1500,00	0,0000	0	0,0000
17	0,0000	206,9024	-214,863	-16,061	1500,00	0,0000	0	0,0000
18	0,0000	206,9024	-214,863	-16,061	1500,00	0,0000	0	0,0000
19	0,0000	206,9024	-214,863	-16,061	1500,00	0,0000	0	0,0000
20	0,0000	206,9024	-214,863	-16,061	1500,00	0,0000	0	0,0000

### Inviluppo verifiche tensionali

#### *Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]



CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 105 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data Ott '23		

Comb. Combinazione critica

**Sezione n° 1 - Sez sup. muro d'ala**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLER	0,296	19,920	-0,613	3,099	-8,030	3,271	360,000	10
SLEQP	0,090	14,940	-0,025	3,099	-0,231	1,207	450,000	13
SLEF	0,243	33,200	-0,432	3,099	-5,616	2,783	450,000	17

Inviluppo verifiche fessurazione

*Simbologia adottata*

- TC Tipo combinazione
  - sf tensione nell'acciaio espresso in [N/mm<sup>2</sup>]
  - sc tensione nel cls espresso in [N/mm<sup>2</sup>]
  - Aeff Area efficace a trazione espresso in [cm<sup>2</sup>]
  - Eps Deformazione espressa in [%]
  - sr spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
  - w, wl ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
- Comb. Combinazione critica

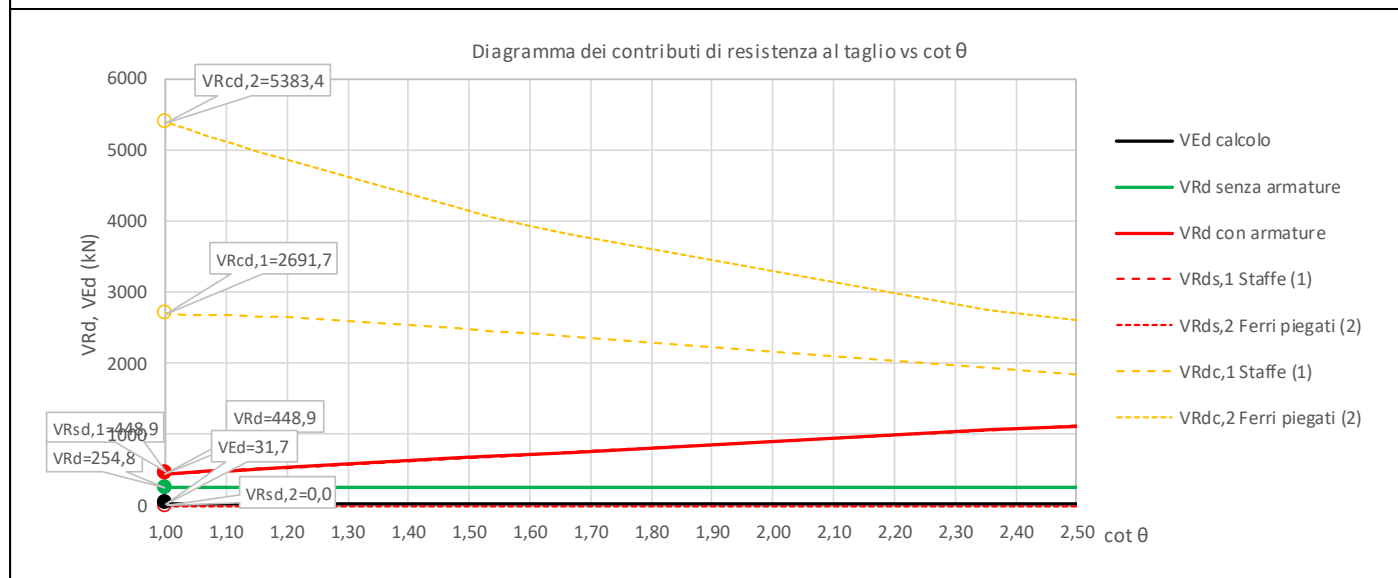
**Sezione n° 1 - Sez sup. muro d'ala**

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-214,855	-16,061	147,102	0,0000	0,000	0,000	0,200	13
SLEF	-214,863	-16,061	147,102	0,0000	0,000	0,000	0,300	17

### 8.8.2 Verifica a taglio

La verifica a taglio è stata condotta nei confronti delle sollecitazioni allo SLU, risultando queste le più sfavorevoli.

NOME: Muro d'ala - sezione superiore CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2018)										Rev. 10.1	
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO				
$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$		
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)			
1,00	0,63	45,00	1,00	-35,4	31,7	20,1	33,20	18,81	1,50		
				$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$							
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)											
		$A_{sl}$	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%)	$v_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$	
		(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)		
		15,71	0,15	1,56	0,25%	0,39	0,06	1,00	254,8	12,4%	<b>VERIFICA OK</b>



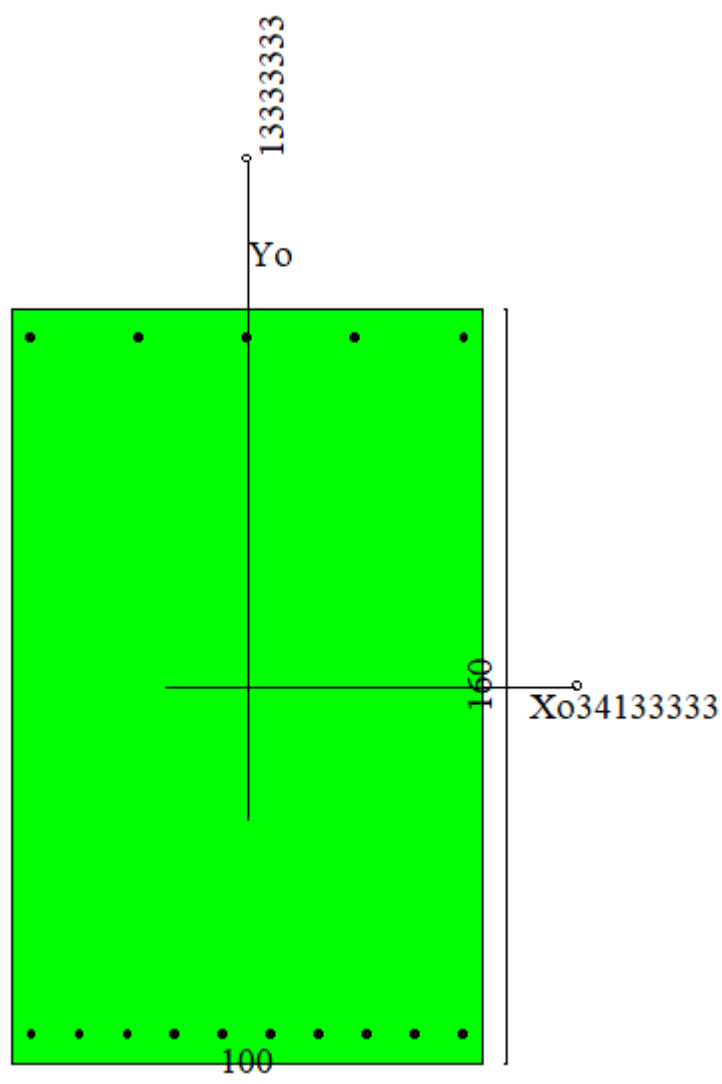
La verifica risulta soddisfatta.

CODIFICA DOCUMENTO T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 107 di 166
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ETA</b> ETA s.p.a.	Data Ott '23	
		<b>sinergo</b>	<b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	

## 8.9 Verifiche Muro d'ala, sezione di base

### 8.9.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale di  $\Phi 20/10$  nel lato teso e di  $\Phi 20/20$  nel lato compresso, come rappresentato nella figura seguente per un totale di 15 ferri in un metro. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



Dati

**Nome sezione:** Sez base muro d'ala

Tipo sezione: Rettangolare  
 Base: 100,0 [cm]  
 Altezza: 160,0 [cm]

**Caratteristiche geometriche**

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  CITIZIA CITIZIA s.r.l.	A	108 di 166
			Data Ott '23	

Area sezione	16000,00	[cmq]
Inerzia in direzione X	13333333,3	[cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione Y	34133333,3	[cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione XY	0,0	[cm <sup>4</sup> ]
Ascissa baricentro sezione	X <sub>G</sub> = 50,00	[cm]
Ordinata baricentro sezione	Y <sub>G</sub> = 80,00	[cm]

## Elenco ferri

### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
w	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	w
1	96,00	154,00	20	3,14
2	73,00	154,00	20	3,14
3	50,00	154,00	20	3,14
4	27,00	154,00	20	3,14
5	4,00	154,00	20	3,14
6	4,20	6,20	20	3,14
7	14,38	6,20	20	3,14
8	24,56	6,20	20	3,14
9	34,73	6,20	20	3,14
10	44,91	6,20	20	3,14
11	55,09	6,20	20	3,14
12	65,27	6,20	20	3,14
13	75,44	6,20	20	3,14
14	85,62	6,20	20	3,14
15	95,80	6,20	20	3,14

**Materiale impiegato :** Calcestruzzo armato

### Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[N/mm <sup>2</sup> ]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

### Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico E	205942,924	[N/mm <sup>2</sup> ]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 109 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VisionArchitecture	Data Ott '23		

## Combinazioni

### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

N sforzo normale espresso in [kN]

M<sub>y</sub> momento lungo Y espresso in [kNm]

M<sub>x</sub> momento lungo X espresso in [kNm]

M<sub>t</sub> momento torcente espresso in [kNm]

T<sub>y</sub> taglio lungo Y espresso in [kN]

T<sub>x</sub> taglio lungo X espresso in [kN]

VD verifica di dominio

VT verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>y</sub>	T <sub>x</sub>	VD	VT
1	336,7600	772,6200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	336,7600	1061,1900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	336,7600	772,6200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	336,7600	1061,1900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	288,9500	352,5500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
6	209,9500	348,8100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
7	237,6000	36,2600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
8	261,3000	1068,7800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
9	249,4500	687,2600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
10	249,4500	730,0200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
11	249,4500	687,2600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
12	249,4500	730,0200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
13	249,4500	516,2600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
14	249,4500	516,2600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
15	249,4500	516,2600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
16	249,4500	516,2600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
17	249,4500	676,5800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
18	249,4500	676,5800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
19	249,4500	676,5800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
20	249,4500	676,5800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VisionArchitecture	A	110 di 166
			Data Ott '23	

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

Xc posizione asse neutro espresso in [cm]

a inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]

(xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	a	(xi; yi)	(xf; yf)
9	40,38	0,00	(0,00; 119,62)	(100,00; 119,62)
10	39,84	0,00	(0,00; 120,16)	(100,00; 120,16)
11	40,38	0,00	(0,00; 119,62)	(100,00; 119,62)
12	39,84	0,00	(0,00; 120,16)	(100,00; 120,16)
13	43,54	0,00	(0,00; 116,46)	(100,00; 116,46)
14	43,54	0,00	(0,00; 116,46)	(100,00; 116,46)
15	43,54	0,00	(0,00; 116,46)	(100,00; 116,46)
16	43,54	0,00	(0,00; 116,46)	(100,00; 116,46)
17	40,53	0,00	(0,00; 119,47)	(100,00; 119,47)
18	40,53	0,00	(0,00; 119,47)	(100,00; 119,47)
19	40,53	0,00	(0,00; 119,47)	(100,00; 119,47)
20	40,53	0,00	(0,00; 119,47)	(100,00; 119,47)

## Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

S<sub>c-max</sub> Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

S<sub>c-min</sub> Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

S<sub>f-max</sub> Tensione massima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

S<sub>f-min</sub> Tensione minima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

t<sub>c</sub> Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

N°	S <sub>c-max</sub>	S <sub>c-min</sub>	t <sub>c</sub>	S <sub>f-max</sub>	S <sub>f-min</sub>
9	2,784	0,000	0,000	35,553	-117,288
10	2,953	0,000	0,000	37,628	-126,693
11	2,784	0,000	0,000	35,553	-117,288
12	2,953	0,000	0,000	37,628	-126,693
13	2,101	0,000	0,000	27,178	-79,819
14	2,101	0,000	0,000	27,178	-79,819
15	2,101	0,000	0,000	27,178	-79,819
16	2,101	0,000	0,000	27,178	-79,819
17	2,742	0,000	0,000	35,034	-114,940
18	2,742	0,000	0,000	35,034	-114,940
19	2,742	0,000	0,000	35,034	-114,940
20	2,742	0,000	0,000	35,034	-114,940

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  <b>CITAZIA</b> S.p.A. s.r.l.	<b>sinergo</b>	<b>D_VA</b> D_VisionArchitecture
				Data Ott '23

### Sollecitazioni ultime

#### *Simbologia adottata*

- N° numero d'ordine della combinazione  
N<sub>u</sub> Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
M<sub>Xu</sub> Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
M<sub>Yu</sub> Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>1154,5313</u>	0,0000	<u>2648,8122</u>	3,43
<u>30102,6028</u>	0,0000	<u>772,6200</u>	89,39
336,7600	0,0000	<u>2072,9229</u>	2,68

#### Combinazione n° 2

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>751,2820</u>	0,0000	<u>2367,4217</u>	2,23
<u>29630,9751</u>	0,0000	<u>1061,1900</u>	87,99
336,7600	0,0000	<u>2072,9229</u>	1,95

#### Combinazione n° 3

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>1154,5313</u>	0,0000	<u>2648,8122</u>	3,43
<u>30102,6028</u>	0,0000	<u>772,6200</u>	89,39
336,7600	0,0000	<u>2072,9229</u>	2,68

#### Combinazione n° 4

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>751,2820</u>	0,0000	<u>2367,4217</u>	2,23
<u>29630,9751</u>	0,0000	<u>1061,1900</u>	87,99
336,7600	0,0000	<u>2072,9229</u>	1,95

#### Combinazione n° 5

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>3342,4820</u>	0,0000	<u>4078,1866</u>	11,57
<u>30769,3884</u>	0,0000	<u>352,5500</u>	106,49
288,9500	0,0000	<u>2038,6148</u>	5,78

#### Combinazione n° 6

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>1898,6681</u>	0,0000	<u>3154,4388</u>	9,04
<u>30775,1983</u>	0,0000	<u>348,8100</u>	146,58
209,9500	0,0000	<u>1981,7694</u>	5,68

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	112 di 166
			Data Ott '23	

#### Combinazione n° 7

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>24840,8095</u>	0,0000	<u>3790,9417</u>	104,55
<u>31251,3776</u>	0,0000	36,2600	131,53
237,6000	0,0000	<u>2001,6874</u>	55,20

#### Combinazione n° 8

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>542,7362</u>	0,0000	<u>2219,9218</u>	2,08
<u>29618,4428</u>	0,0000	1068,7800	113,35
261,3000	0,0000	<u>2018,7410</u>	1,89

### Risultati fessurazione

#### *Simbologia adottata*

$N^\circ$	numero d'ordine della combinazione
$M_X$	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
$M_Y$	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
$s_f$	Tensione nell'acciaio, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$s_c$	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$A_{eff}$	Area efficace a trazione, espressa in [cm <sup>2</sup> ]
$e$	Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
$S_{rm}$	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
$w$	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

$N^\circ$	$M_X$	$M_Y$	$s_f$	$s_c$	$A_{eff}$	$e$	$S_{rm}$	$w$
13	0,0000	1122,2605	-213,242	-14,970	1550,00	0,0000	0	0,0000
14	0,0000	1122,2605	-213,242	-14,970	1550,00	0,0000	0	0,0000
15	0,0000	1122,2605	-213,242	-14,970	1550,00	0,0000	0	0,0000
16	0,0000	1122,2605	-213,242	-14,970	1550,00	0,0000	0	0,0000
17	0,0000	1122,3035	-213,252	-14,971	1550,00	0,0000	0	0,0000
18	0,0000	1122,3035	-213,252	-14,971	1550,00	0,0000	0	0,0000
19	0,0000	1122,3035	-213,252	-14,971	1550,00	0,0000	0	0,0000
20	0,0000	1122,3035	-213,252	-14,971	1550,00	0,0000	0	0,0000

### Inviluppo verifiche tensionali

#### *Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]



CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture		A	113 di 166
				Data Ott '23	

Comb. Combinazione critica

**Sezione n° 2 - Sez base muro d'ala**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLER	2,953	19,920	-8,906	3,099	-126,693	37,628	360,000	10
SLEQP	2,101	14,940	-5,620	3,099	-79,819	27,178	450,000	13
SLEF	2,742	33,200	-8,082	3,099	-114,940	35,034	450,000	17

Inviluppo verifiche fessurazione

*Simbologia adottata*

- TC Tipo combinazione
- sf tensione nell'acciaio espresso in [N/mm<sup>2</sup>]
- sc tensione nel cls espresso in [N/mm<sup>2</sup>]
- Aeff Area efficace a trazione espresso in [cm<sup>2</sup>]
- Eps Deformazione espressa in [%]
- sr spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
- w, wl ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
- Comb. Combinazione critica

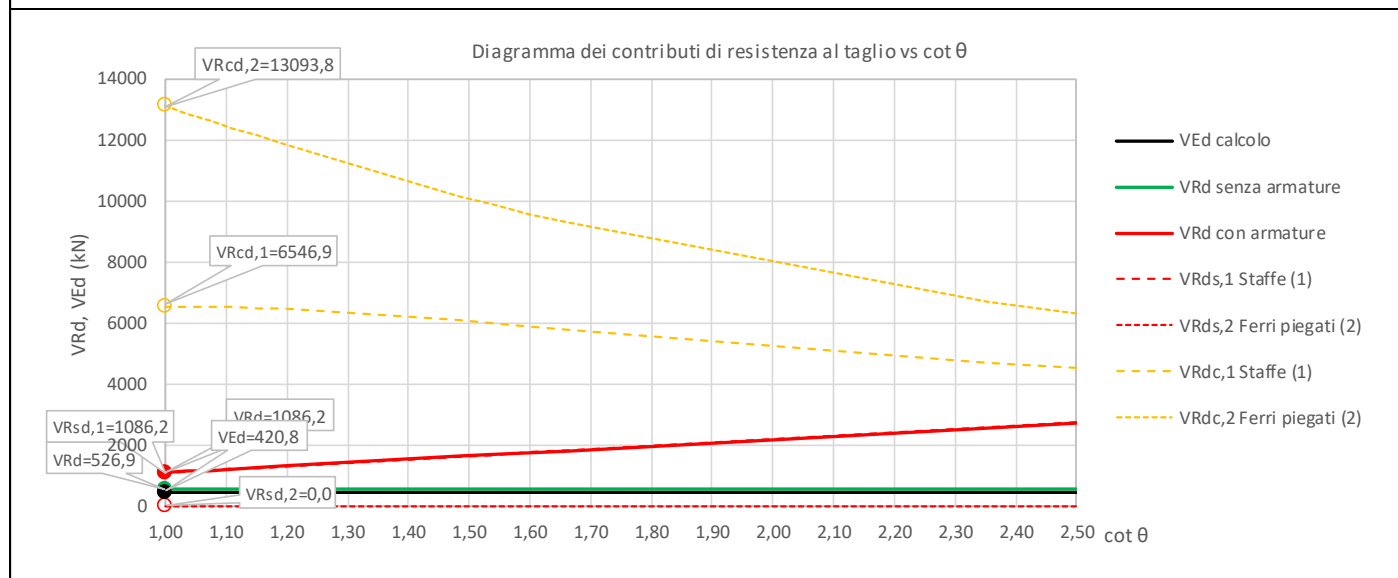
**Sezione n° 2 - Sez base muro d'ala**

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-213,242	-14,970	152,005	0,0000	0,000	0,000	0,200	13
SLEF	-213,252	-14,971	152,005	0,0000	0,000	0,000	0,300	17

### 8.9.2 Verifica a taglio

La verifica a taglio è stata condotta nei confronti delle sollecitazioni allo SLU, risultando queste le più sfavorevoli.

NOME: Muro d'ala - sezione di base	CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2018)	Rev. 10.1
<b>DATI SEZIONE</b> $b_w$ (m) $d$ (m) $\theta$ $\cotg \theta$ (°) 1,00    1,53    45,00    1,00	<b>AZIONI CALCOLO</b> $N_{Ed}$ (kN) $V_{Ed}$ (kN) $M_{Ed}$ (kNm) -237,6    420,8    1067,7	<b>CALCESTRUZZO</b> $f_{ck}$ (MPa) $f_{cd}$ (MPa) $\gamma_c$ 33,20    18,81    1,50
<b>VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)</b>		
$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$		
$A_{sl}$ (cm <sup>2</sup> ) 31,42	$k_1$ $k$ $\rho_l$ (%) 0,15    1,36    0,20%	$v_{min}$ (MPa) $\sigma_{cp}$ (MPa) $\alpha_c$ 0,32    0,15    1,01
		$V_{Rd}$ (kN) $V_{Ed}/V_{Rd}$ 526,9 <b>79,9% VERIFICA OK</b>

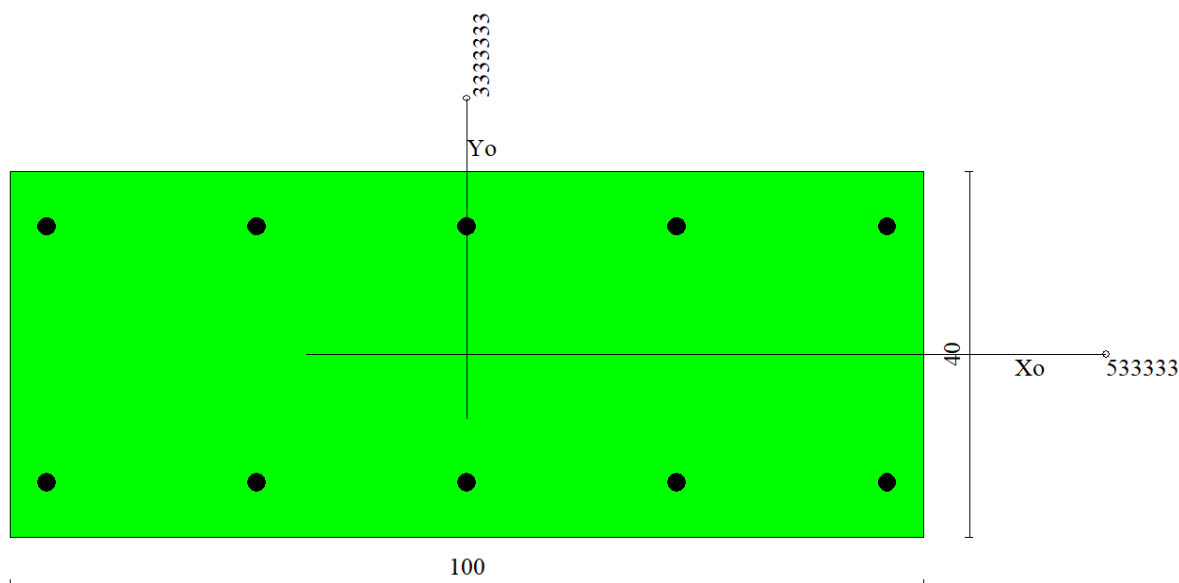


Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

## 8.10 Verifiche Paraghiaia

### 8.10.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale di  $\Phi 20/20$  nel lato teso e di  $\Phi 20/20$  nel lato compresso, come rappresentato nella figura seguente per un totale di 10 ferri in un metro. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



### Dati

<b>Nome sezione:</b>	Paraghiaia	
Tipo sezione	Rettangolare	
Base	100,0	[cm]
Altezza	40,0	[cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione	4000,00	[cmq]
Inerzia in direzione X	3333333,3	[cm^4]
Inerzia in direzione Y	533333,3	[cm^4]
Inerzia in direzione XY	0,0	[cm^4]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50,00$	[cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 20,00$	[cm]

### Elenco ferri

#### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine	
N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
w	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	w
1	4,00	6,00	20	3,14
2	27,00	6,00	20	3,14
3	50,00	6,00	20	3,14
4	73,00	6,00	20	3,14

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 116 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI   	Data Ott '23		

5	96,00	6,00	20	3,14
6	96,00	34,00	20	3,14
7	73,00	34,00	20	3,14
8	50,00	34,00	20	3,14
9	27,00	34,00	20	3,14
10	4,00	34,00	20	3,14

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

**Caratteristiche calcestruzzo**

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[N/mmq]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

**Caratteristiche acciaio per calcestruzzo**

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[N/mmq]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[N/mmq]
Modulo elastico E	205942,924	[N/mmq]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

**Combinazioni**

*Simbologia adottata*

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in[kN]
M <sub>y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>x</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]
T <sub>x</sub>	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>y</sub>	T <sub>x</sub>	VD	VT
1	95,2500	74,7000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	15,0000	20,1500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	95,2500	74,7000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	20,2500	7,2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	90,0000	74,7000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
6	12,6200	7,1600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
7	90,0000	74,7000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
8	12,6200	7,1600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
9	70,5600	54,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
10	15,0000	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
11	70,5600	54,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
12	15,0000	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
13	56,6700	42,3000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
14	15,0000	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
15	56,6700	42,3000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
16	15,0000	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEF
17	15,0000	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
18	15,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
19	15,0000	4,8000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
20	15,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	117 di 166
			Data Ott '23	

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
Xc posizione asse neutro espresso in [cm]  
a inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]  
(xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	a	(xi; yi)	(xf; yf)
9	11,47	0,00	(0,00; 28,53)	(100,00; 28,53)
10	14,46	0,00	(0,00; 25,54)	(100,00; 25,54)
11	11,47	0,00	(0,00; 28,53)	(100,00; 28,53)
12	14,46	0,00	(0,00; 25,54)	(100,00; 25,54)
13	11,54	0,00	(0,00; 28,46)	(100,00; 28,46)
14	14,46	0,00	(0,00; 25,54)	(100,00; 25,54)
15	11,54	0,00	(0,00; 28,46)	(100,00; 28,46)
16	14,46	0,00	(0,00; 25,54)	(100,00; 25,54)
17	14,46	0,00	(0,00; 25,54)	(100,00; 25,54)
18	-10000000,00	0,00	(-100,00; -10000000,00)	(100,00; -10000000,00)
19	14,46	0,00	(0,00; 25,54)	(100,00; 25,54)
20	-10000000,00	0,00	(-100,00; -10000000,00)	(100,00; -10000000,00)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
Sc-max Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
Sc-min Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
Sf-max Tensione massima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
Sf-min Tensione minima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>]  
tc Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

N°	Sc-max	Sc-min	tc	Sf-max	Sf-min
9	3,162	0,000	0,000	22,622	-93,161
10	0,276	0,000	0,000	2,426	-5,603
11	3,162	0,000	0,000	22,622	-93,161
12	0,276	0,000	0,000	2,426	-5,603
13	2,442	0,000	0,000	17,591	-71,241
14	0,276	0,000	0,000	2,426	-5,603
15	2,442	0,000	0,000	17,591	-71,241
16	0,276	0,000	0,000	2,426	-5,603
17	0,276	0,000	0,000	2,426	-5,603
18	0,034	0,000	0,000	0,503	0,503
19	0,276	0,000	0,000	2,426	-5,603
20	0,034	0,000	0,000	0,503	0,503

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
Nu Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
Mxu Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
Myu Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

Nu	Mxu	Myu	FS
<u>314,5493</u>	0,0000	<u>246,6859</u>	3,30
<u>8260,5698</u>	0,0000	74,7000	86,73
95,2500	0,0000	<u>213,5081</u>	2,86

#### Combinazione n° 2

Nu	Mxu	Myu	FS
<u>167,1214</u>	0,0000	<u>224,4997</u>	11,14
<u>8625,6086</u>	0,0000	20,1500	575,04
15,0000	0,0000	<u>201,0962</u>	9,98

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	118 di 166
			Data Ott '23	

Combinazione n° 3

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
314,5493	0,0000	246,6859	3,30
8260,5698	0,0000	74,7000	86,73
95,2500	0,0000	213,5081	2,86

Combinazione n° 4

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
947,0847	0,0000	336,7412	46,77
8710,6167	0,0000	7,2000	430,15
20,2500	0,0000	201,9127	28,04

Combinazione n° 5

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
293,4154	0,0000	243,5348	3,26
8260,5676	0,0000	74,7000	91,78
90,0000	0,0000	212,7007	2,85

Combinazione n° 6

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
476,9067	0,0000	270,5746	37,79
8710,8796	0,0000	7,1600	690,24
12,6200	0,0000	200,7259	28,03

Combinazione n° 7

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
293,4154	0,0000	243,5348	3,26
8260,5676	0,0000	74,7000	91,78
90,0000	0,0000	212,7007	2,85

Combinazione n° 8

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
476,9067	0,0000	270,5746	37,79
8710,8796	0,0000	7,1600	690,24
12,6200	0,0000	200,7259	28,03

**Risultati fessurazione**

**Simbologia adottata**

$N^\circ$	numero d'ordine della combinazione
$M_x$	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
$M_y$	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
$s_f$	Tensione nell'acciaio, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$s_c$	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$A_{eff}$	Area efficace a trazione, espressa in [cm <sup>2</sup> ]
$e$	Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
$s_{rm}$	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
$w$	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

$N^\circ$	$M_x$	$M_y$	$s_f$	$s_c$	$A_{eff}$	$e$	$s_{rm}$	$w$
13	0,0000	72,4718	-134,461	-11,280	973,95	0,0000	0	0,0000
14	0,0000	69,5550	-141,376	-11,788	997,89	0,0000	0	0,0000
15	0,0000	72,4718	-134,461	-11,280	973,95	0,0000	0	0,0000
16	0,0000	69,5550	-141,376	-11,788	997,89	0,0000	0	0,0000
17	0,0000	69,5550	-141,376	-11,788	997,89	0,0000	0	0,0000
18	0,0000	0,0000	0,503	0,034	0,00	0,0000	0	0,0000
19	0,0000	69,5550	-141,376	-11,788	997,89	0,0000	0	0,0000
20	0,0000	0,0000	0,503	0,034	0,00	0,0000	0	0,0000

**Inviluppo verifiche tensionali**

**Simbologia adottata**

TC	Tipo combinazione
----	-------------------

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	119 di 166
			Data Ott '23	

scc	tensione di compressione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
Comb.	Combinazione critica

#### Sezione n° 1 - Paragliaia

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLER	3,162	19,920	-7,865	3,099	-93,161	22,622	360,000	9
SLEQP	0,276	14,940	-0,488	3,099	-5,603	2,426	450,000	17
SLEF	2,442	33,200	-6,018	3,099	-71,241	17,591	450,000	13

#### Inviluppo verifiche fessurazione

##### Simbologia adottata

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
sc	tensione nel cls espresso in [N/mm <sup>2</sup> ]
Aeff	Area efficace a trazione espresso in [cm <sup>2</sup> ]
Eps	Deformazione espressa in [%]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

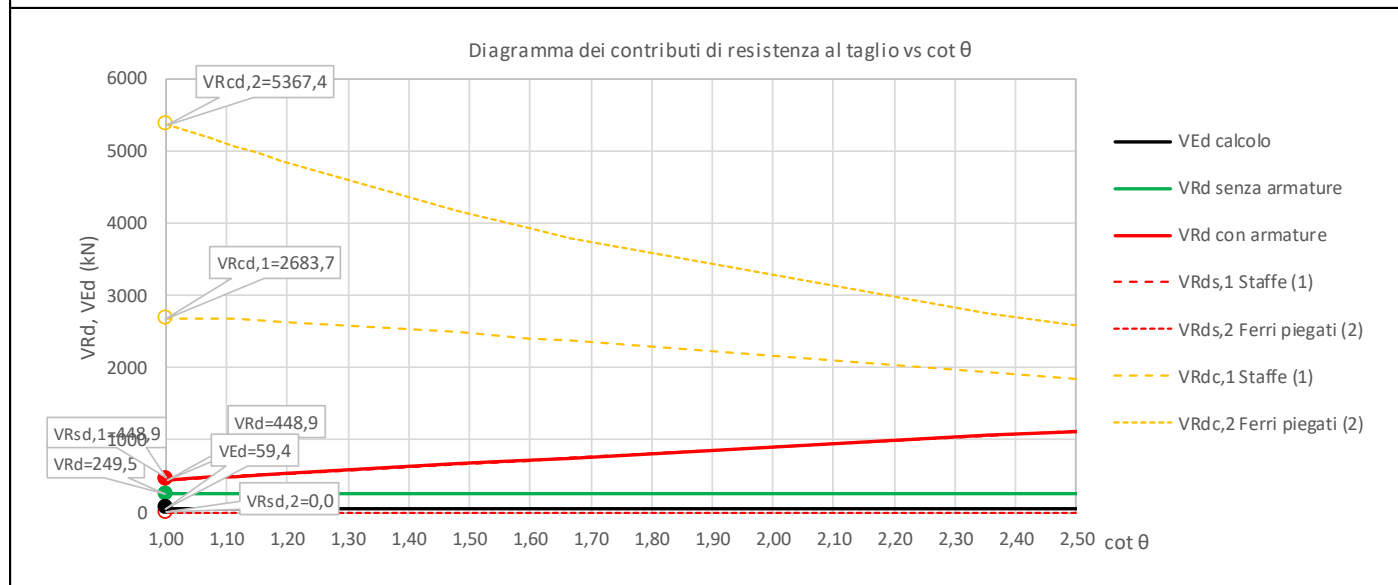
#### Sezione n° 1 - Paragliaia

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-141,376	-11,788	97,861	0,0000	0,000	0,000	0,200	17
SLEF	-134,461	-11,280	95,514	0,0000	0,000	0,000	0,300	13

### 8.10.2 Verifica a taglio

La verifica a taglio è stata condotta nei confronti delle sollecitazioni allo SLU, risultando queste le più sfavorevoli.

NOME: <b>Paraghiaia</b>	CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2018)	Rev. 10.1
<b>DATI SEZIONE</b>	<b>AZIONI CALCOLO</b>	<b>CALCESTRUZZO</b>
$b_w$ $d$ $\theta$ $\cotg \theta$ (m)    (m)    (°)	$N_{Ed}$ $V_{Ed}$ $M_{Ed}$ (kN)    (kN)    (kNm)	$f_{ck}$ $f_{cd}$ $\gamma_c$ (MPa)    (MPa)
1,00    0,63    45,00    1,00	95,3    59,4    74,7	33,20    18,81    1,50
$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$		
<b>VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)</b>		
$A_{s1}$ (cm <sup>2</sup> )	$k_1$ $k$ $\rho_l$ (%) (%)	$v_{min}$ $\sigma_{cp}$ $\alpha_c$ (MPa)    (MPa)
15,71	0,15    1,56    0,25%	0,39    0,00    1,00
		$V_{Rd}$ $V_{Ed}/V_{Rd}$ (kN)
		249,5 <b>23,8% VERIFICA OK</b>



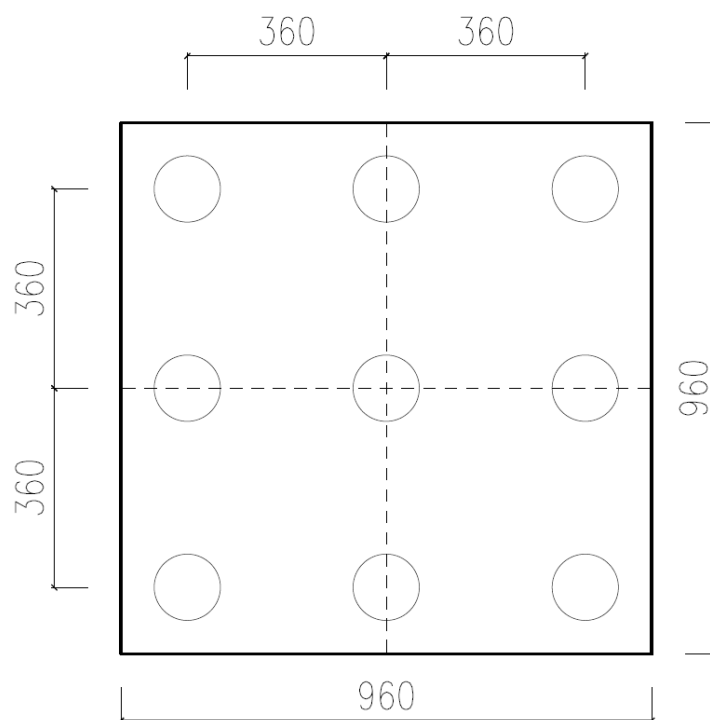


## 9 VERIFICHE DEI PALI DI FONDAZIONE

Nel presente capitolo è riportato il dimensionamento dei pali di fondazioni delle pile del Viadotto Argomenna. Nella seguente tabella sono riassunte le caratteristiche di tali fondazioni, mentre nelle seguenti figure è mostrata la disposizione dei pali. Si noti che per la pila 3 è previsto l'utilizzo di micropali, in quanto la quota di imposta di quest'ultima raggiunge il livello del substrato roccioso GLG, all'interno del quale la realizzazione di pali di grande diametro risulterebbe difficoltosa dal punto di vista operativo.

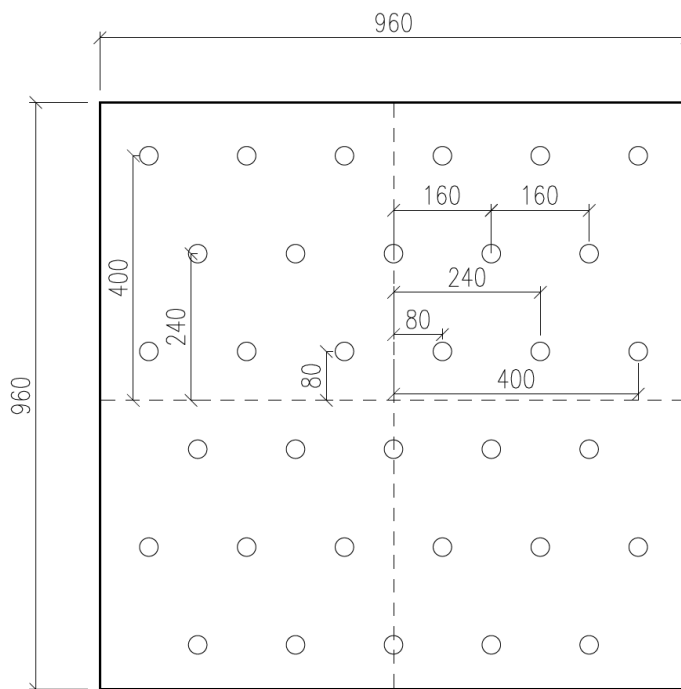
N° pila	Tipologia dei pali di fondazione	Numero	D [m]	L [m]
1	Pali trivellati	9	1.2	10
2	Pali trivellati	9	1.2	10
3	Micropali	33	0.3	12

### Fondazione Pila 1 e 2



CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>STZMA</b> SISTEMI TERRITORIALE S.p.A.	A	122 di 166
			Data Ott '23	

### Fondazioni Pila 3



#### 9.1 Verifica agli stati limite ultimi (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni su pali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Le verifiche delle fondazioni su pali devono essere effettuate con riferimento almeno ai seguenti stati limite, accertando che la condizione  $E_d \leq R_d$  sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
  - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
  - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;
  - collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione;
  - stabilità globale;
- SLU di tipo strutturale (STR)
  - raggiungimento della resistenza dei pali;
  - raggiungimento della resistenza della struttura di collegamento dei pali.

Ad eccezione della stabilità globale, le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle mostrate nel seguito.

*Azioni (coefficienti A):*

La seguente tabella riporta i fattori di sicurezza parziali da applicare alle azioni nelle diverse combinazioni di carico.

CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>sinergo</b>	<b>A</b>	123 di 166
			Data Ott '23	

carichi	effetto	coefficiente parziale	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)
Permanenti	favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	favorevole	$\gamma_{G2}$	0.8	0.8	0.8
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	favorevole	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3

## 9.2 Resistenze di pali soggetti a carichi assiali

Il valore di progetto  $R_d$  della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando i coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati in tabella.

Tipologia di palo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
Resistenza	R3	R3	R3
Base $\gamma_b$	1.15	1.35	1.3
Laterale in compressione $\gamma_s$	1.15	1.15	1.15
Laterale in trazione $\gamma_{st}$	1.25	1.25	1.25

## 9.3 Resistenze di pali soggetti a carichi trasversali

Il valore di progetto  $R_{tr,d}$  della resistenza trasversale si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando il coefficiente parziale  $\gamma_R$  riportato in tabella.

<b>Coefficiente parziale (R3)</b>	$\gamma_t = 1.3$
-----------------------------------	------------------

## 9.4 Condizioni sismiche

Le verifiche di capacità portante dei pali in presenza di azioni sismiche consistono nel confronto tra le azioni (forza assiale e forza trasversale sul palo) e le corrispondenti resistenze, nel rispetto della condizione  $E_d \leq R_d$  ponendo unitari i coefficienti amplificativi delle azioni e dei materiali e considerando i medesimi coefficienti di cui ai paragrafi 9.2 e 9.3 per le resistenze.

## 9.5 Capacità portante dei pali di fondazione

Nel seguito si riporta la procedura utilizzata per il calcolo della capacità portante verticale e orizzontale dei pali di fondazione.

### 9.5.1 Capacità portante verticale

Il calcolo della capacità portante è stato effettuato considerando, cautelativamente, la sola porzione di palo immerso nel substrato roccioso (formazione GLG).

Relativamente al contributo resistente di calcolo laterale del palo  $R_{c,k}$ , quest'ultimo è stato valutato moltiplicando l'area laterale della porzione di palo immerso in roccia per un valore di aderenza laterale  $\tau_k$  assunto pari a 450 kPa.

La capacità portante di base  $R_{b,k}$  è stata valutata, come suggerito in letteratura (H.G. Poulos and E.H. Davis "Analisi e progettazione di fondazioni su Pali"), considerando il valore minimo fra la tensione resistente di compressione della roccia intatta  $\sigma_{ci}$  e la tensione di resistenza a rottura del calcestruzzo e moltiplicando tale valore per l'area di base del palo.

La capacità portante ultima totale dei pali è stata valutata mediante la seguente espressione:

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	124 di 166
			Data Ott '23	

$$R_k = R_{c,k} + R_{b,k} - W$$

dove:

- $R_{c,k}$  capacità portante caratteristica per attrito laterale
- $R_{b,k}$  capacità portante caratteristica di punta
- $W$  peso del palo

La vigente normativa prevede di calcolare le resistenze caratteristiche  $R_{c,k}$  e  $R_{b,k}$  sopra menzionate a partire dalle resistenze di calcolo ottenute considerando i parametri medi e minimi dei terreni, e opportunamente fattorizzate:

$$R_{c/b,k} = \min \left( R_{cal,media} / \xi_3 ; R_{cal,min} / \xi_4 \right)$$

I coefficienti  $\xi$ , viceversa, assumono i valori riportati nella seguente tabella in funzione del numero di verticali indagate:

numero verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1.7	1.65	1.6	1.55	1.5	1.45	1.4
$\xi_4$	1.7	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Data la presenza di una sola verticale di indagine per fondazione, è stato utilizzato un valore del fattore  $\xi$  pari a 1.7 (uguale sia per i parametri minimi che per i medi).

La capacità portante di progetto del singolo palo è stata valutata fattorizzando la capacità portante laterale  $R_{c,k}$  e la capacità portante di base  $R_{b,k}$  mediante i rispettivi coefficienti  $\gamma_{R3}$  per pali di tipo trivellato, definiti in precedenza.

$$R_{c,d} = R_{c,k} / \gamma_s \quad \text{Capacità portante di progetto per attrito laterale in compressione}$$

$$R_{t,d} = R_{c,k} / \gamma_{st} \quad \text{Capacità portante di progetto per attrito laterale in trazione}$$

$$R_{b,d} = R_{b,k} / \gamma_b \quad \text{Capacità portante di progetto di punta}$$

$$N_{Rd,c} = R_{c,d} + R_{b,d} - W \cdot \gamma_G \quad \text{Resistenza di progetto in compressione}$$

$$N_{Rd,t} = R_{t,d} + W \cdot \gamma_G \quad \text{Resistenza di progetto in trazione}$$

Dove  $W$  rappresenta il peso del palo.

Per il calcolo della capacità portante a compressione, il coefficiente parziale amplificativo del peso del palo ( $\gamma_G$ ) è stato assunto pari ad 1.3 nelle combinazioni STR e GEO e pari ad 1 nella combinazione SLV.

Per il calcolo della capacità portante a trazione  $N_{Rd,t}$  il coefficiente  $\gamma_G$  è stato assunto unitario in tutte le combinazioni.

Per la valutazione della capacità portante verticale dei micropali è stato considerato il solo contributo resistente laterale, valutato in modo analogo ai pali.

La verifica di capacità portante verticale risulta soddisfatta quando valgono le seguenti disequazioni:

- in caso di palo soggetto ad azione di compressione

$$N_{Rd,c} \geq |N_{Ed}|$$

- in caso di palo soggetto ad azione di trazione

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	125 di 166
			Data Ott '23	

$$N_{Rd,t} \geq |N_{Ed}|$$

dove  $N_{Rd,c}$  e  $N_{Rd,t}$  sono rispettivamente le resistenze di progetto a compressione e a trazione del palo mentre  $N_{Ed}$  è l'azione assiale sollecitante in testa al palo.

### 9.5.2 Capacità portante orizzontale

La verifica di capacità portante orizzontale è stata effettuata, mediante lo svolgimento di un'analisi numerica, con l'ausilio del software Flac 3D, atta allo studio di un singolo palo soggetto a un carico orizzontale in testa. Tale carico è stato definito, come meglio descritto nel seguito, considerando il valore del massimo taglio trasmesso dalla fondazione alla testa del micropalo (considerando tutte le possibili combinazioni di carico studiate per il dimensionamento della struttura della pila) e amplificandolo per i coefficienti di normativa  $\xi = 1.7$  e  $\eta_R = 1.3$ .

La verifica risulta soddisfatta nel momento in cui, modellando gli elementi strutturali che costituiscono il palo mediante un legame costitutivo elastico – perfettamente plastico e fissando il valore del momento plastico pari al valore momento resistente di progetto del palo, l'analisi numerica raggiunge la convergenza.

La convergenza dell'analisi risulta possibile nel momento in cui non si verificano i seguenti meccanismi di rottura:

- Meccanismo di palo corto: il palo trasla rigidamente;
- Meccanismo di palo intermedio: si genera una cerniera plastica in testa al palo e quest'ultimo ruota rigidamente;
- Meccanismo di palo lungo: si generano due cerniere plastiche (di cui una in testa al palo) e lo spezzone di palo compreso tra esse ruota rigidamente.

## 9.6 Valutazione delle azioni nei pali di fondazione

Le azioni su ciascun palo di fondazione vengono valutate sotto le ipotesi di:

- platea rigida;
- vincolo di incastro tra pali e platea;
- interazione fra i pali trascurabile (in quanto disposti a una distanza misurata con riferimento all'asse del palo pari ad almeno tre volte il diametro, come suggerito in letteratura);
- rotazione della platea e della testa dei pali impedita.

### 9.6.1 Procedura di calcolo

Per definire le azioni nei pali è stata seguita la seguente procedura di calcolo:

1. Sono state considerate tutte le combinazioni di carico ottenute dallo studio delle pile. In particolare, le sollecitazioni alla base della fondazione sono fornite nelle seguenti sei componenti: carico verticale, taglio e momento flettente nelle direzioni x e y e momento torcente.

Mediante le formulazioni analitiche semplificate di seguito riportate è possibile calcolare le massime sollecitazioni in testa ai pali in termini di azione assiale e taglio e definire di conseguenza le combinazioni di carico dimensionanti.

Tali combinazioni sono quelle che massimizzano rispettivamente l'azione assiale e il taglio.

$$N_i = \frac{N}{n} + \left[ \frac{(M_x + \sum M_{tix}) \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \right] - \left[ \frac{(M_y + \sum M_{tiy}) \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \right]$$

$$V_{x,i} = \frac{V_x}{n}$$

$$V_{y,i} = \frac{V_y}{n}$$

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	126 di 166
			Data Ott '23	

Dove, considerando un sistema di riferimento XYZ destrorso avente origine nel baricentro della palificata, asse x longitudinale al viadotto, asse y trasversale al viadotto e asse z rivolto verso l'alto, risultano:

- n, numero di pali;
- N, azione assiale all'intradosso della platea di fondazione;
- $M_x$ , momento sulla palificata attorno all'asse x;
- $M_y$ , momento sulla palificata attorno all'asse y;
- $M_{ti,x}$ , momento in testa all'i-esimo palo attorno all'asse x;
- $M_{ti,y}$ , momento in testa all'i-esimo palo attorno all'asse y;
- $x_i$ , distanza dall'asse y baricentrico della palificata;
- $y_i$ , distanza dall'asse x baricentrico della palificata;
- $V_x$ , taglio sulla palificata in direzione x;
- $V_y$ , taglio sulla palificata in direzione y;
- $V_{x,i}$ , taglio in testa all'i-esimo palo in direzione x;
- $V_{y,i}$ , taglio in testa all'i-esimo palo in direzione y.

2. Per definire le componenti del momento flettente in testa al singolo palo ( $M_{ti,x}$  e  $M_{ti,y}$ ) utilizzate nell'espressione per il calcolo di  $N_i$ , di cui al punto precedente, e per ottenere l'andamento delle sollecitazioni (momento flettente e taglio) lungo lo sviluppo del palo, sono state effettuate delle analisi numeriche con l'ausilio del software Flac 3D, studiando il singolo palo caricato in testa dalla forza di taglio precedentemente ricavata.

In particolare:

- a. Per ottenere le azioni in testa ai pali  $N_i$ , necessarie sia per effettuare le verifiche di capacità portante verticale dei pali, sia per dimensionare strutturalmente le platee di fondazione, nelle analisi Flac è stato considerato un carico orizzontale in testa al palo pari all'azione di taglio ricavata dalla combinazione di carico che fornisce la massima azione assiale in testa al palo; quest'ultima ottenuta senza considerare il rispettivo contributo aggiuntivo dovuto al vincolo di incastro che genera un momento flettente in testa al palo.
  - b. Per valutare le sollecitazioni lungo il fusto del palo, nelle analisi numeriche, è stato considerato un carico orizzontale in testa al palo pari alla massima azione di taglio ottenuta considerando tutte le possibili combinazioni di carico sulla platea.
3. Per effettuare la verifica geotecnica di capacità portante orizzontale, nelle analisi numeriche è stato considerato il carico in testa al palo di cui al precedente punto b amplificandolo per i coefficienti di normativa di cui al Paragrafo 9.5.2.

## 9.7 Analisi numeriche – fondazioni su pali di grande diametro

Nel seguito sono riportati i dati di input e i risultati delle analisi numeriche nonché le verifiche geotecniche e strutturali validi per i pali di fondazione delle pile 1 e 2 del Viadotto Argomena.

### 9.7.1 Configurazioni di studio e dati di input delle analisi

In Appendice, al Capitolo 11 sono riportate tutte le combinazioni di carico ottenute dallo studio di ciascuna delle pile del Viadotto Argomena, agenti all'intradosso delle rispettive platee di fondazione.

Le analisi sono state svolte considerando, cautelativamente, gli scarichi sulla pila 2, la quale risulta maggiormente caricata.

Con riferimento alle tabelle riportate in Appendice, al Capitolo 11; le due configurazioni di carico all'intradosso del plinto di fondazione considerate nelle analisi numeriche risultano essere la numero 113 (che massimizza il carico verticale) e la numero 301 (che massimizza il taglio in testa al palo).

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ETA</b> ETA s.p.a.	A	127 di 166
			Data Ott '23	

Combinazione numero	Output case	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
9	SLU_9	10	850	32600	28760	30	-10
53	SLV_5	686	2275	21855	29716	7378	38

Di seguito si riportano le indicazioni sulla stratigrafia di calcolo utilizzata nelle analisi.

Formazione	z [m]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c' [kPa]	$\phi$ [deg]	E [MPa]
bn	3	18	21	5	35	13
GLG-alt	6	-	25	51	46	250
GLG	-	-	25	102	51	747

Nella tabella la profondità z è misurata a partire dalla quota di intradosso della platea di fondazione.

Nelle analisi è stato considerato un sovraccarico pari a 81 kPa, dovuto alla presenza di circa 4.5 m di terreno (formazione bn con  $\gamma_n = 18$  kN/m<sup>3</sup>) al di sopra della quota di imposta dei pali.

La falda è stata considerata alla quota di imposta dei pali.

Nella seguente tabella sono riportate le caratteristiche del palo considerate nelle analisi.

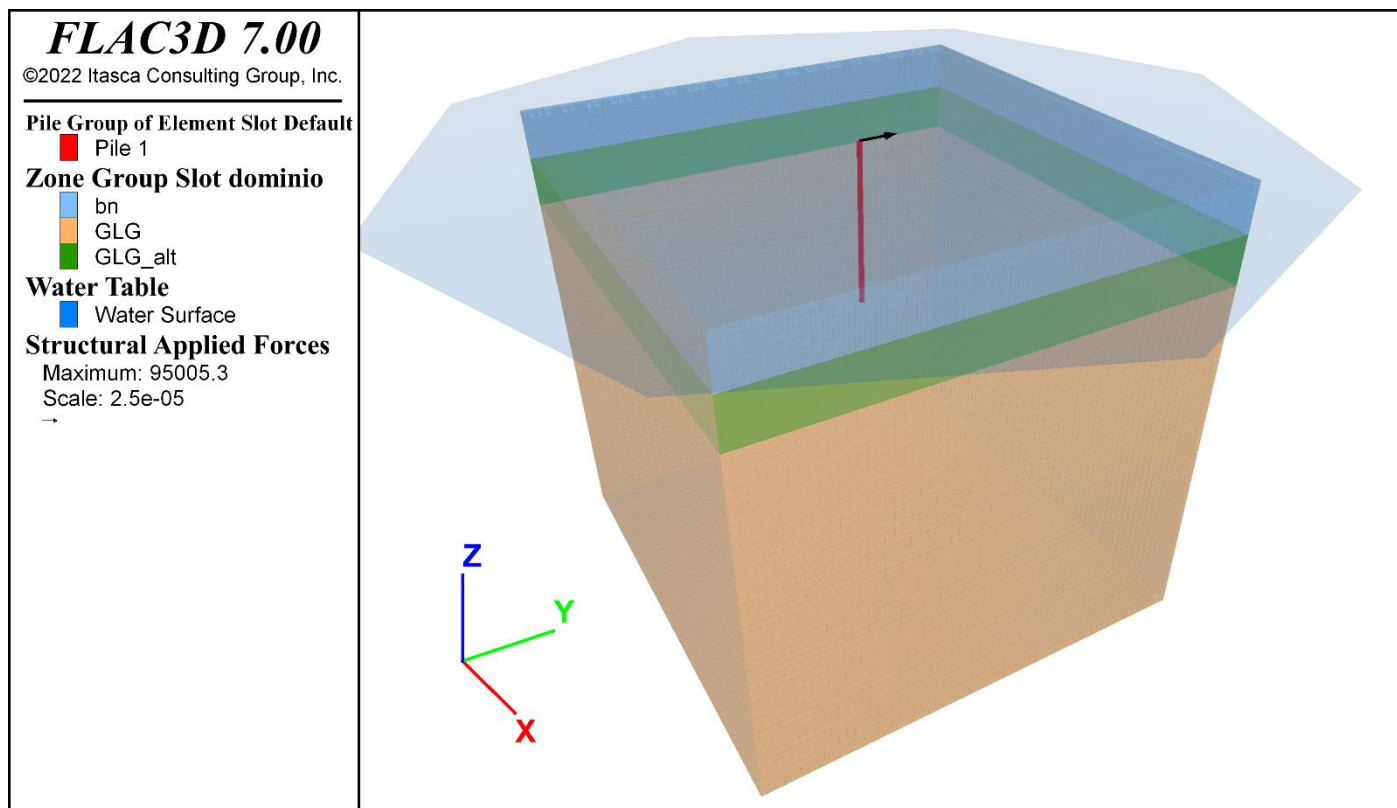
Dimetro [m]	1.2
Momento di inerzia x [m <sup>4</sup> ]	0.1018
Momento di inerzia y [m <sup>4</sup> ]	0.1018
Momento di inerzia polare [m <sup>4</sup> ]	0.2036
Lunghezza [m]	10
Rigidità dell'interfaccia - molle ortogonali [N/m <sup>2</sup> ]	1.00E+10
Rigidità dell'interfaccia - molle tangenziali [N/m <sup>2</sup> ]	1.00E+10
Momento plastico [kNm]	2500

Di seguito si riporta un'immagine con la vista del modello di calcolo realizzato con il software Flac 3D.

Il modello numerico presenta una geometria cubica con lato 30 m e gli elementi della mesh sono anch'essi cubici con lato 0.5 m.

In sommità al palo è applicato un vincolo che impedisce la rotazione, in tal modo è possibile simulare l'incastro fra la testa del palo e la platea di fondazione.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 128 di 166
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>STREVA</b> S.p.A. s.r.l. INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTALE	<b>sinergo</b> <b>D_VA</b> <small>DIVISIONArchitecture</small>	
				Data Ott '23



### 9.7.2 Risultati delle analisi numeriche

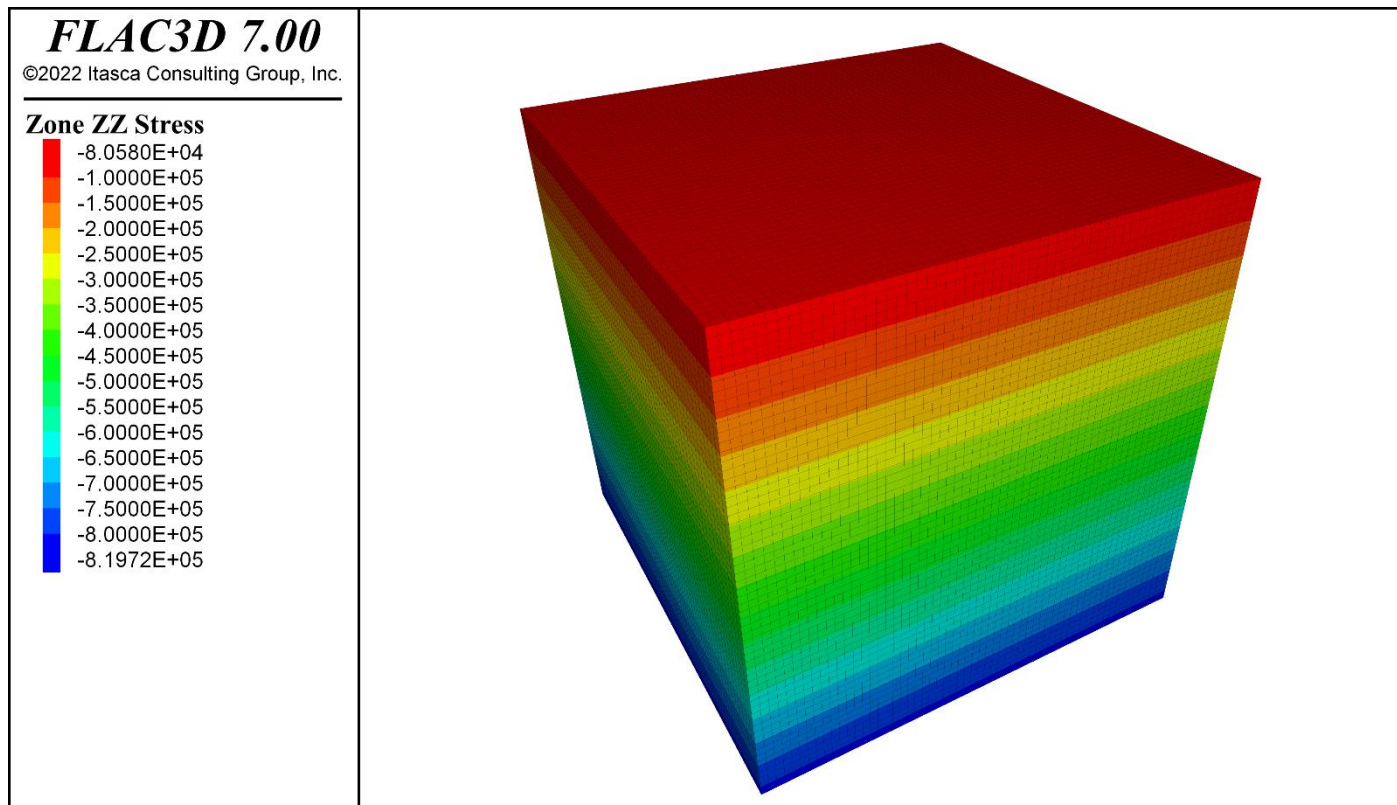
Considerando le combinazioni di carico identificate al paragrafo precedente, sono state effettuate le analisi considerando le seguenti tre configurazioni di carico orizzontale in testa al palo:

1. Taglio in testa al palo ricavato dalla combinazione 9, che massimizza l'azione assiale in testa al palo:  $T_N = 95$  kN ( $T_{x,N} = 1$  kN;  $T_{y,N} = 95$  kN).
2. Taglio massimo in testa al palo per effettuare le verifiche strutturali, fornito dalla combinazione 53:  $T_{max} = 265$  kN ( $T_{x,max} = 77$  kN;  $T_{y,max} = 254$  kN).
3. Taglio in testa al palo per effettuare la verifica geotecnica a capacità portante orizzontale, come descritto al Paragrafo 9.5.2, ottenuto amplificando il valore del taglio massimo di cui al punto precedente:  $T_H = 585.7$  kN ( $T_{x,H} = 170.2$  kN;  $T_{y,H} = 561.3$  kN).

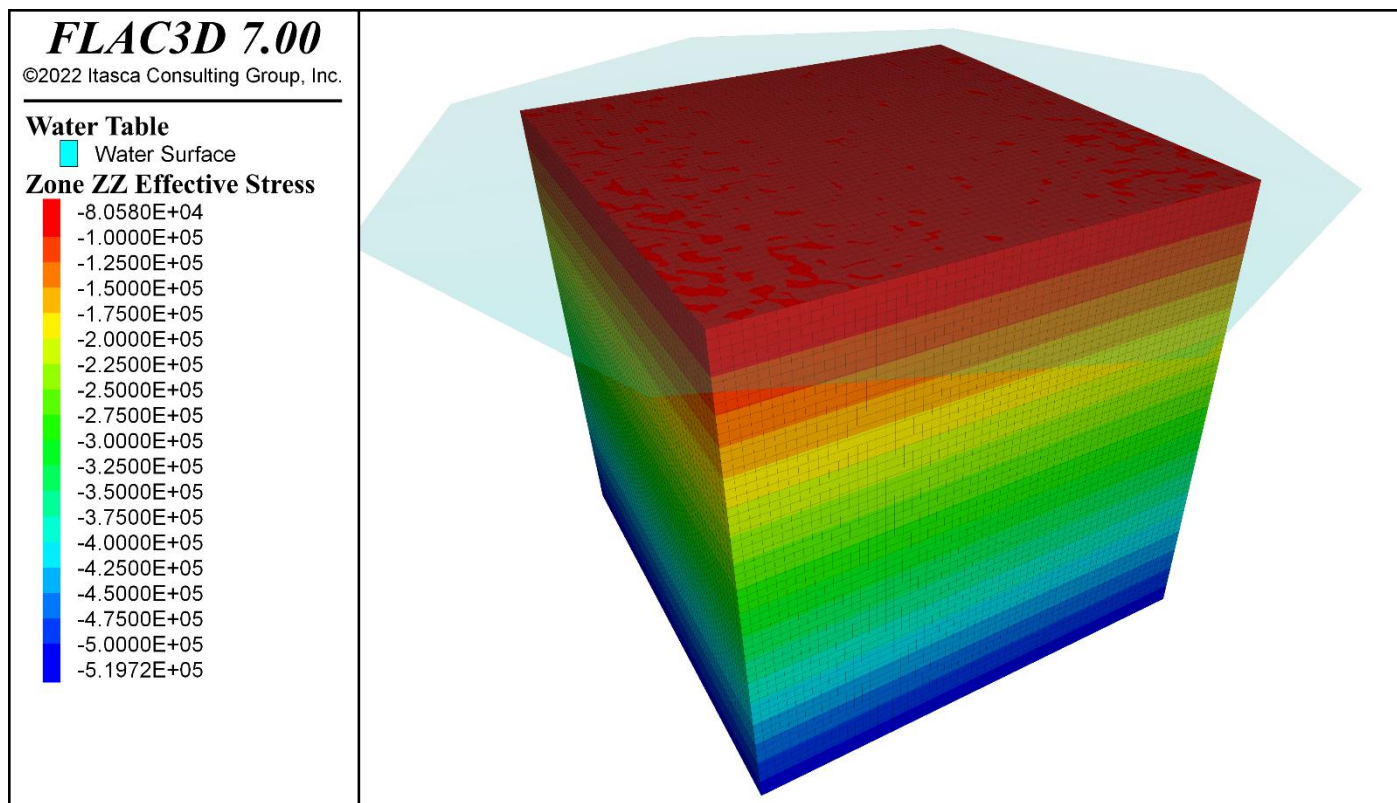
Di seguito si riportano le immagini dei risultati.



**Stato di sforzo geostatico in direzione verticale (sforzi totali)**

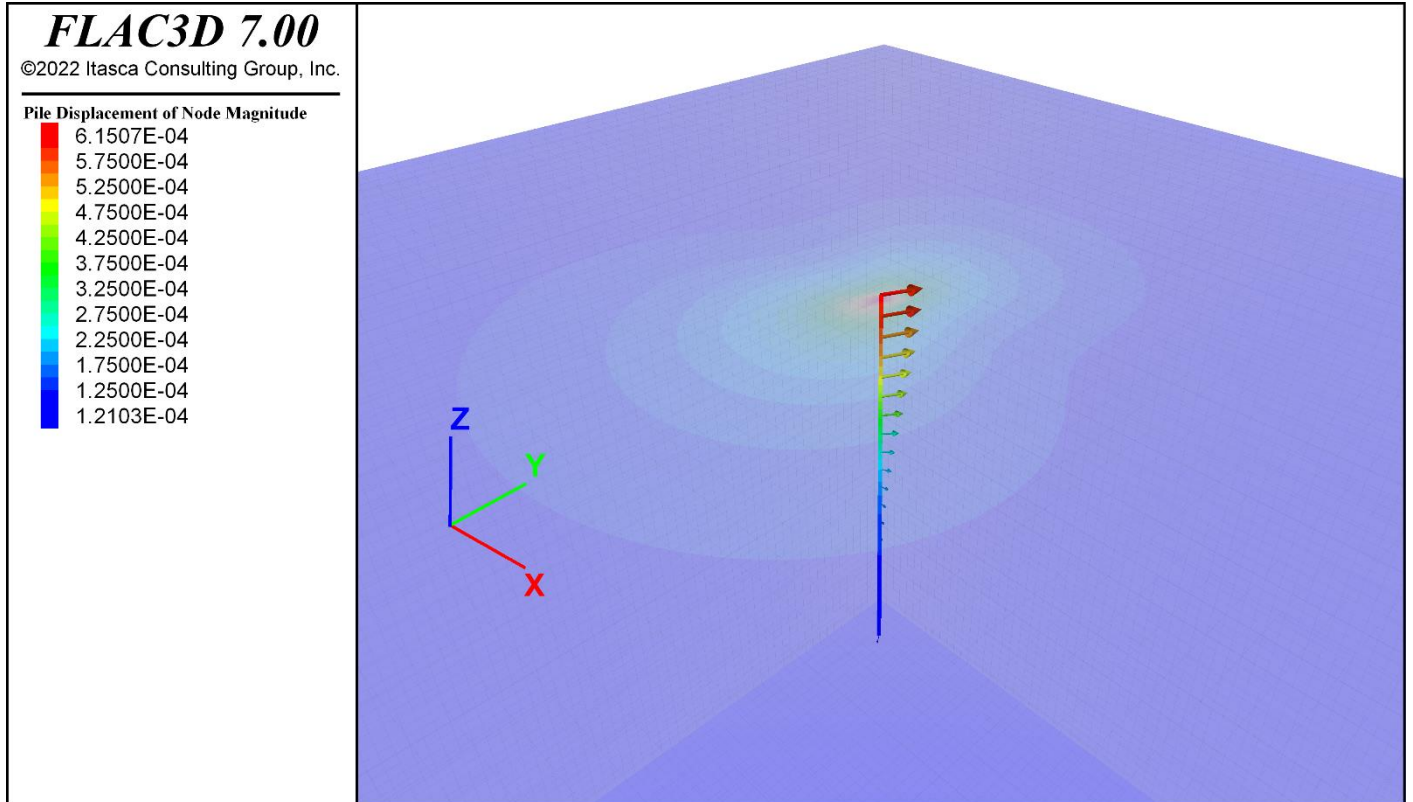


**Stato di sforzo geostatico in direzione verticale (sforzi efficaci)**

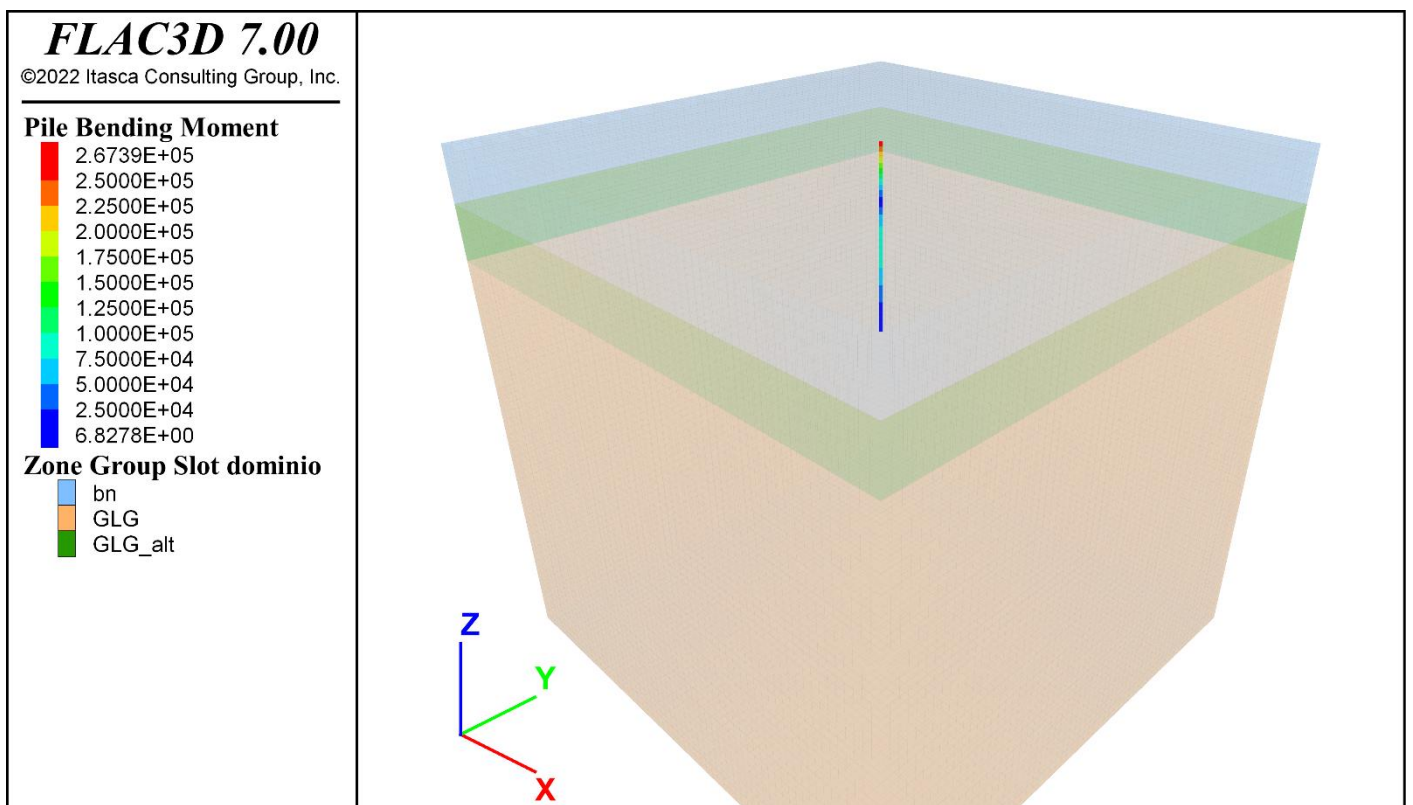


CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.		MANDANTI <b>STREVA</b> S.p.A.	<b>sinergo</b>	<b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	REV. <b>A</b>	FOGLIO 130 di 166
							Data Ott '23

### Spostamento orizzontale del palo – Configurazione 1

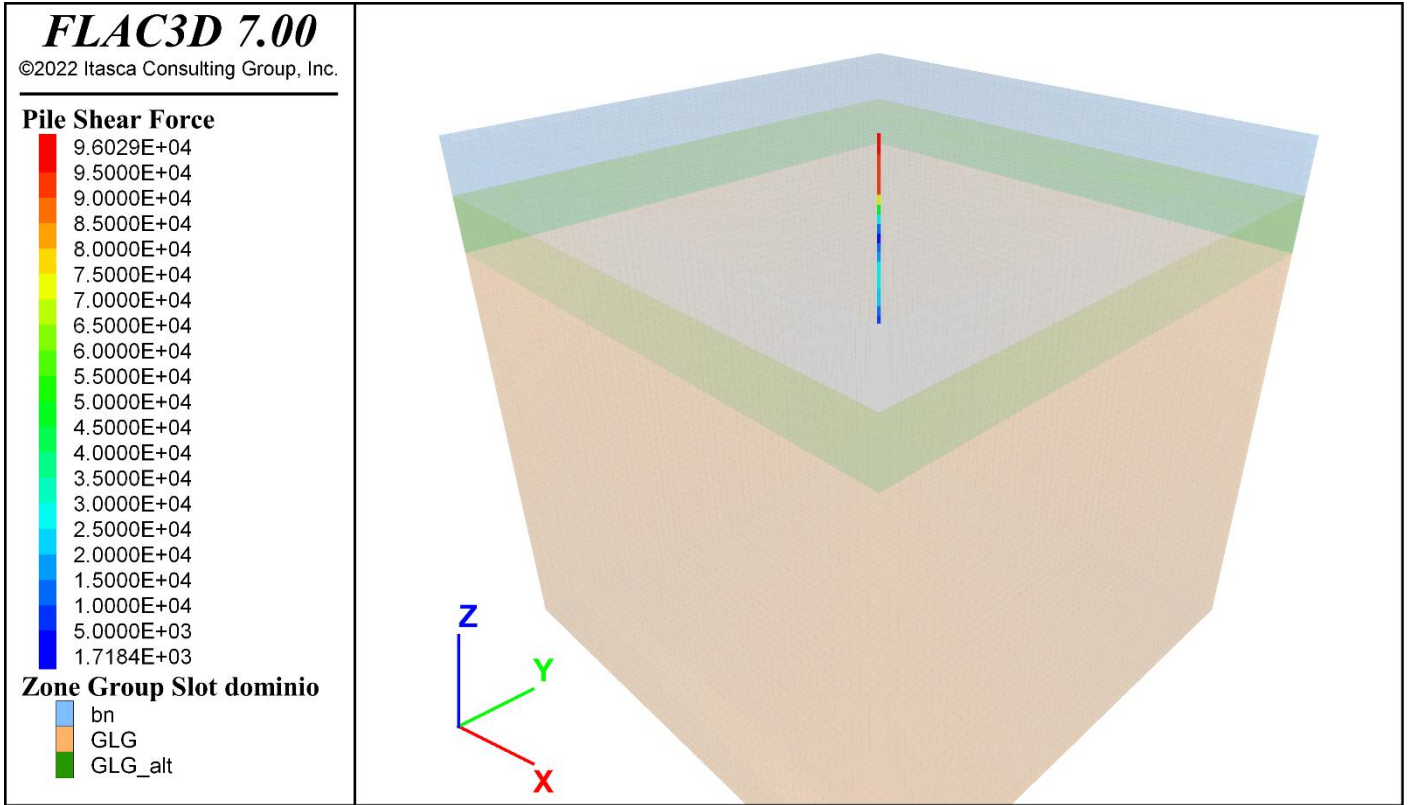


### Momento flettente nel palo – Configurazione 1

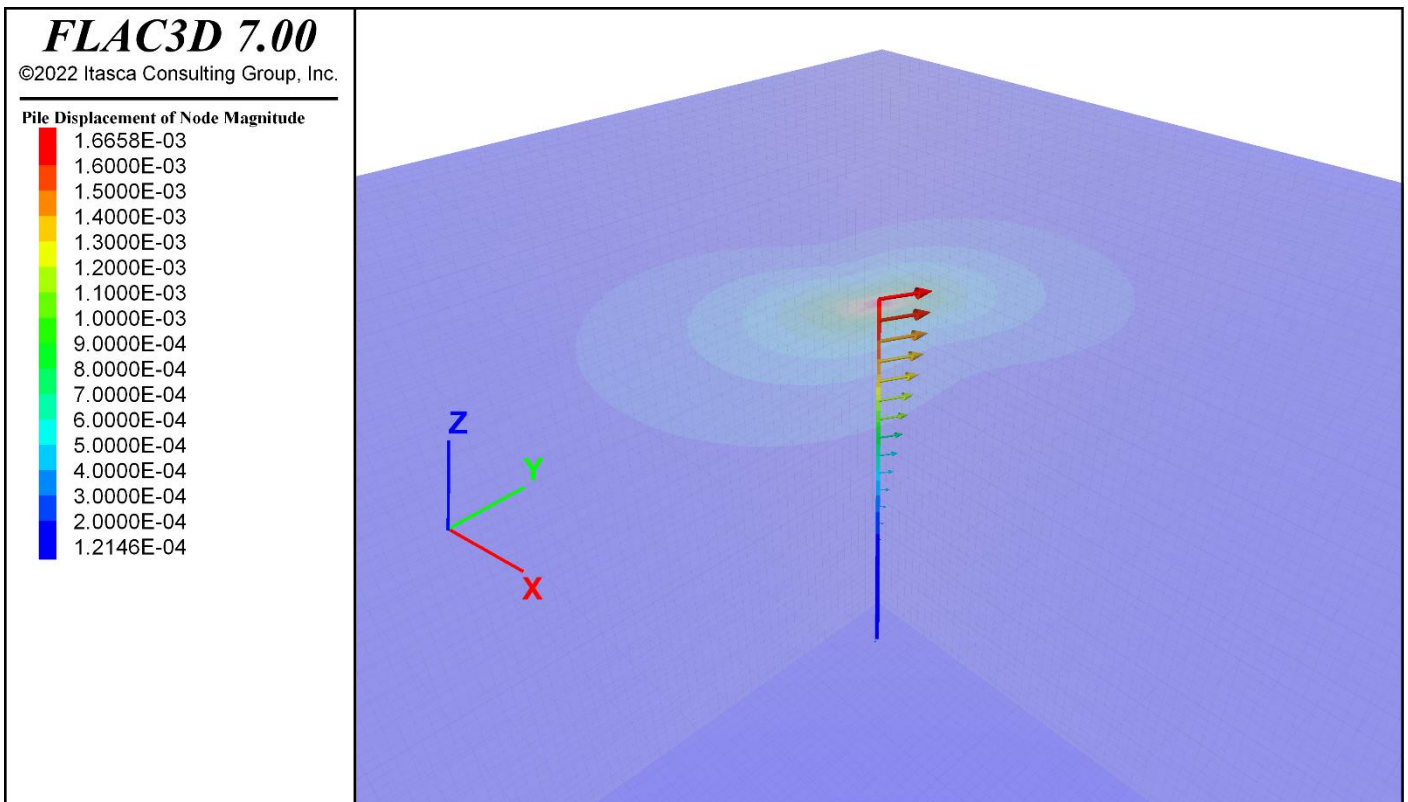




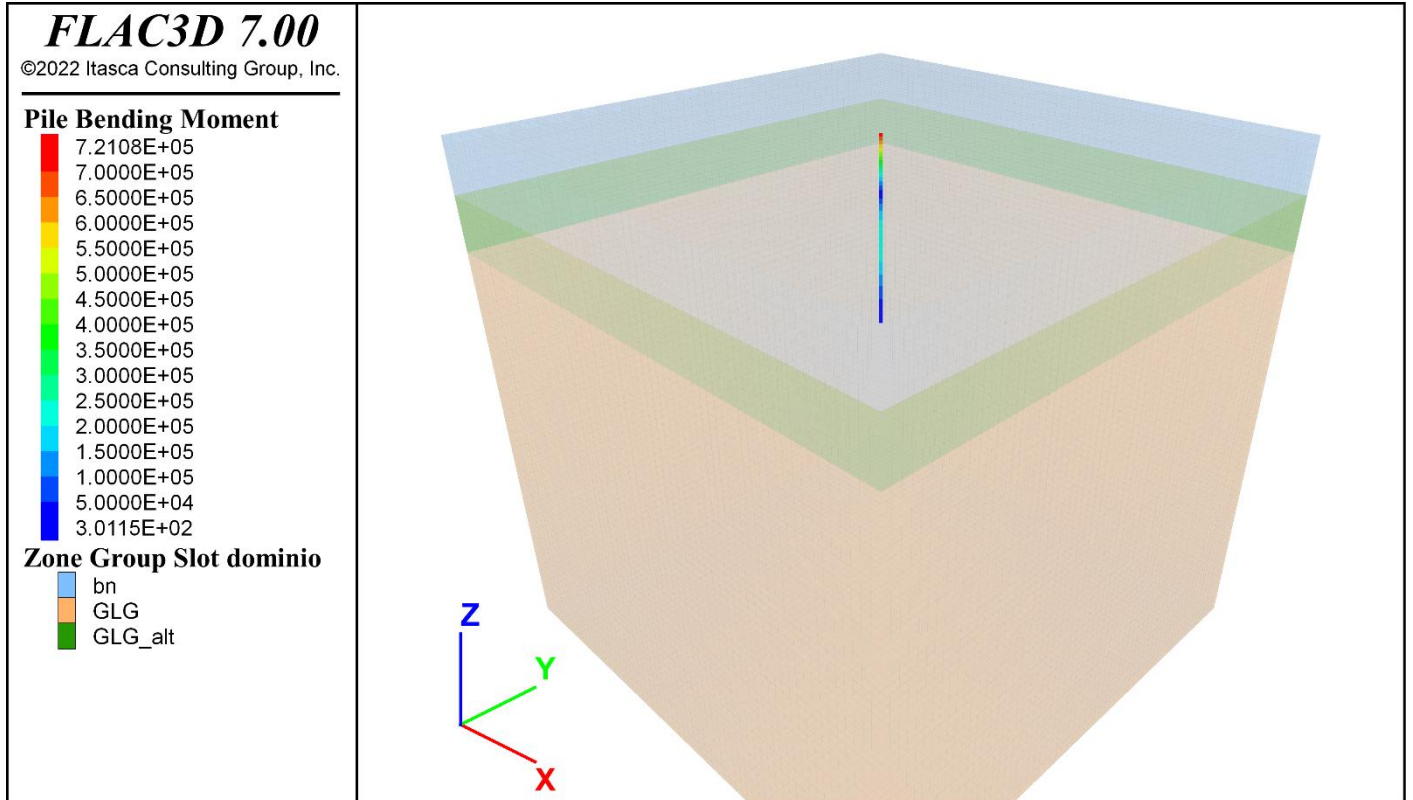
**Azione di taglio nel palo – Configurazione 1**



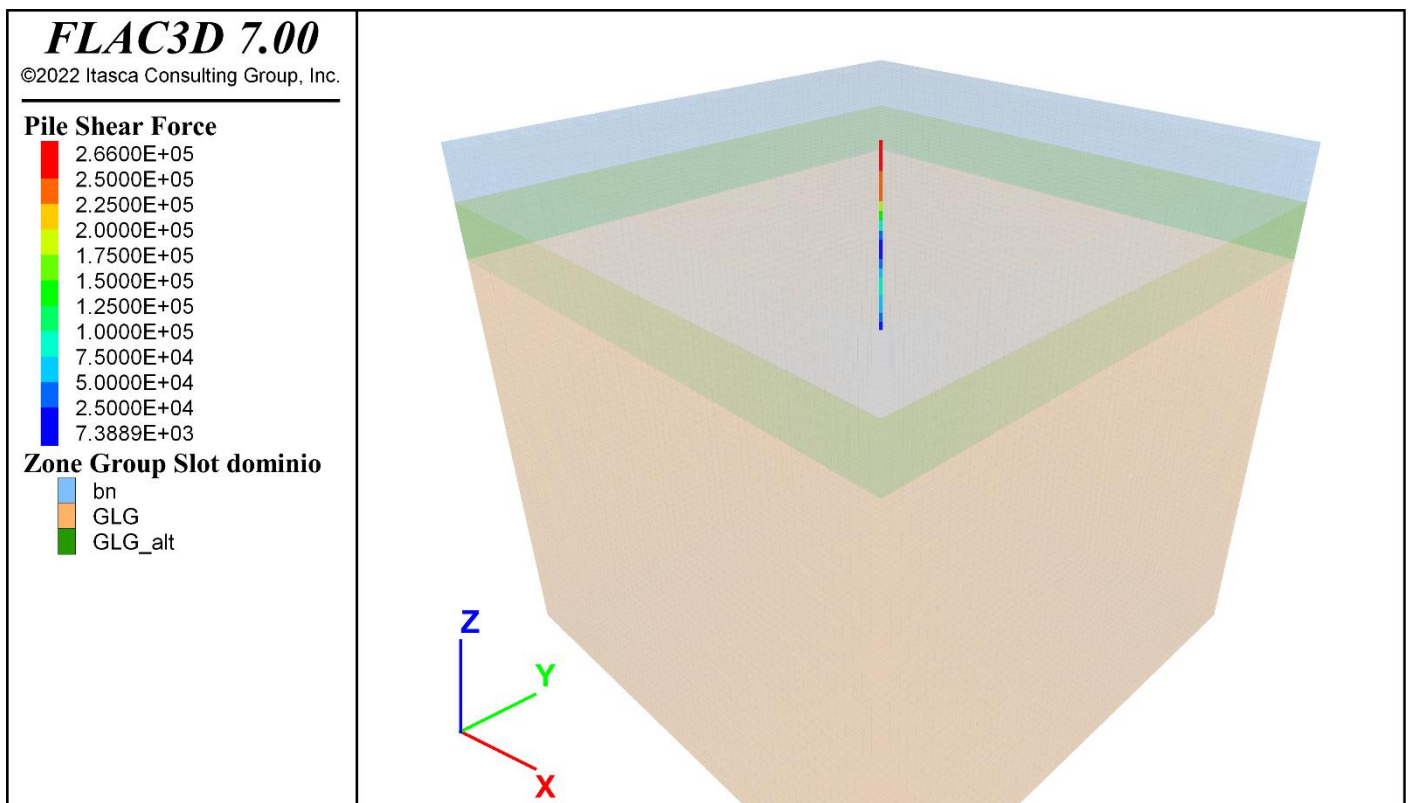
**Spostamento orizzontale del palo – Configurazione 2**



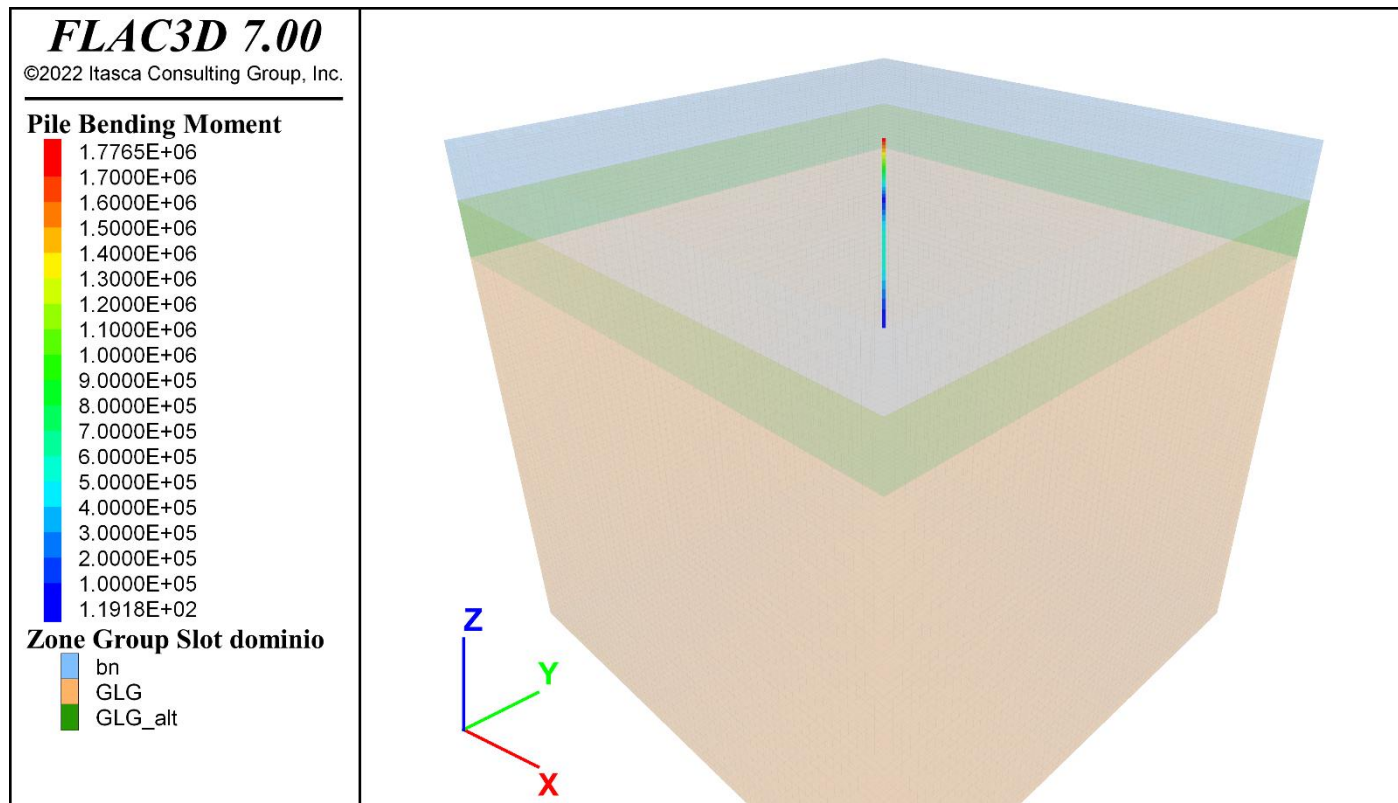
### Momento flettente nel palo – Configurazione 2



### Azione di taglio nel palo – Configurazione 2



### Momento flettente nel palo – Configurazione 3



#### 9.7.3 Definizione dei carichi verticali in testa ai pali

Seguendo la procedura di calcolo descritta al Paragrafo 9.6.1 e considerando cautelativamente il valore del momento flettente massimo in testa al palo ( $M = 267.4 \text{ kNm}$ ) fornito dall'analisi in configurazione 1, è possibile valutare l'incremento di azione assiale da utilizzare per ottenere i carichi verticali in testa ai pali.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

GEOMETRIA DELLA PALIFICATA: Pile 1 e 2				Combinazione:								9
PALO	$x_i$	$y_i$	$d_i$	$V_{i,x}$	$V_{i,y}$	$V_{i,tot}$	delta Mx	delta My	N (senza incastro in testa al palo)	delta N (dovuto al vincolo di incastro)	N tot	
	[m]	[m]	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	-3.6	3.6	5.1	0.9	94.2	94.2	3.0	265.0	4952.3	-109.2	4843.1	
2	0	3.6	3.6	0.9	94.4	94.4	3.0	265.0	4953.7	1.3	4955.0	
3	3.6	3.6	5.1	0.9	94.7	94.7	3.0	265.0	4955.1	111.7	5066.8	
4	-3.6	0	3.6	1.1	94.2	94.2	3.0	265.0	3620.8	-110.4	3510.4	
5	0	0	0.0	1.1	94.4	94.5	3.0	265.0	3622.2	0.0	3622.2	
6	3.6	0	3.6	1.1	94.7	94.7	3.0	265.0	3623.6	110.4	3734.0	
7	-3.6	-3.6	5.1	1.3	94.2	94.2	3.0	265.0	2289.4	-111.7	2177.7	
8	0	-3.6	3.6	1.3	94.4	94.5	3.0	265.0	2290.7	-1.3	2289.5	
9	3.6	-3.6	5.1	1.3	94.7	94.7	3.0	265.0	2292.1	109.2	2401.3	

#### 9.7.4 Verifiche del palo

##### 9.7.4.1 Verifiche di capacità portante verticale

Considerando i risultati di cui al Paragrafo 9.7.3, il massimo carico verticale  $N_{Ed}$  risulta essere pari a 5066.8 kN.

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VisionArchitecture	A	134 di 166
			Data Ott '23	

La capacità portante verticale, valutata secondo la formulazione descritta al Paragrafo 9.5.1, risulta essere (considerando il minimo valore di immorsamento del palo nello strato roccioso di 3.6 m, pari a tre volte il diametro del palo):

$$R_{c,d} = \frac{\tau_k \cdot D \cdot \pi \cdot L_{\text{immorsamento}}}{\xi \cdot \gamma_R} = \frac{450 \text{ kPa} \cdot 1.2 \text{ m} \cdot \pi \cdot 3.6 \text{ m}}{1.7 \cdot 1.15} = 3123.9 \text{ kN}$$

$$R_{b,d} = \frac{\sigma_{ci} \cdot D^2 \cdot \pi}{4 \cdot \xi \cdot \gamma_R} = \frac{18 \text{ MPa} \cdot 1.2^2 \cdot \pi}{4 \cdot 1.7 \cdot 1.35} = 8870 \text{ kN}$$

Considerando la resistenza a compressione del calcestruzzo la resistenza alla base risulta essere:

$$R_{b,cls,d} = \frac{f_{cd} \cdot D^2 \cdot \pi}{4} = \frac{18.8 \text{ MPa} \cdot 1.2^2 \cdot \pi}{4} = 21262 \text{ kN}$$

Anche considerando il peso del palo di lunghezza massima 10 m, ovvero  $W = 282.7 \text{ kN}$ , la verifica a capacità portante verticale risulta ampiamente soddisfatta in quanto:

$$N_{Rd,c} = 11993.9 \text{ kN} \geq 5349.5 \text{ kN} = |N_{Ed}|$$

#### 9.7.4.2 Verifica di capacità portante orizzontale

La verifica a capacità portante orizzontale può essere considerata soddisfatta in quanto l'analisi numerica nella configurazione 3, che tiene conto del carico orizzontale massimo in testa al palo, amplificato per i coefficienti di normativa di riduzione delle resistenze, risulta raggiungere l'equilibrio senza che si verifichi nessuno dei cinematismi di collasso di cui al Paragrafo 9.5.2; in caso contrario, l'analisi numerica non riuscirebbe a convergere.

#### 9.7.4.3 Verifiche strutturali del palo

Di seguito si riporta il calcolo del momento e del taglio resistente del palo, realizzato con calcestruzzo con classe C32/40, il quale risulta armato mediante 28  $\phi$  26 longitudinali e una spirale  $\phi$  14 con passo 30 cm.



Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

**Sezione circolare cava** N° barre  Zoom

Raggio esterno  [cm]  
 Raggio interno  [cm]  
 N° barre uguali   
 Diametro barre  [cm]  
 Copriferro (baric.)  [cm]

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

N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>

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

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**

**B450C** **C30/37**

ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
 f<sub>yd</sub>  N/mm<sup>2</sup> ε<sub>cu</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>  N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub>  N/mm<sup>2</sup>  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
 ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  N/mm<sup>2</sup>  
 σ<sub>s,adm</sub>  N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub>   
 τ<sub>c1</sub>

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm<sup>2</sup>  
 σ<sub>s</sub>  N/mm<sup>2</sup>  
 ε<sub>c</sub>  ‰  
 ε<sub>s</sub>  ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 δ

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

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

Vertici:  N° rett.   
 Calcola MRd  Dominio M-N  
 L<sub>0</sub>  cm Col. modello

Precompresso

**VERIFICHE A TAGLIO SECONDO D.M. 17/01/2018**

**Caratteristiche dei materiali:**

Resistenza caratteristica a compressione cubica cls	R <sub>ck</sub> =	40 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica cls	f <sub>ck</sub> =	33 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione del cls	f <sub>cd</sub> =	18.81 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio	f <sub>yd</sub> =	391.30 N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni di verifica (S.L.U.):**

Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V <sub>Ed</sub> =	266.00 kN
Valore di calcolo della forza assiale associata a V <sub>Ed</sub>	N (V <sub>Ed</sub> ) =	0.00 kN
Valore di calcolo del momento flettente associato a V <sub>Ed</sub>	M (V <sub>Ed</sub> ) =	0.00 kNm

**Caratteristiche geometriche della sezione:**

Altezza utile della sezione	d =	860 mm
Larghezza minima della sezione	b <sub>w</sub> =	1080 mm

**Armatura della sezione in zona tesa:**

Diametro ferri longitudinali	∅ =	26 mm
Numero tendini longitudinali utilizzati	n =	28 --
Area totale di armatura longitudinale in zona tesa	A <sub>sl</sub> =	14868 mm <sup>2</sup>
Rapporto geometrico dell'armatura longitudinale (≤ 0.02)	ρ <sub>l</sub> =	0.0160 --

**VERIFICA CON ARMATURA TRASVERSALE RESISTENTE A TAGLIO**

**Armatura aggiuntiva resistente a taglio:**

Angolo di inclinazione armatura trasv. su asse dell'elemento	α =	79 °
Diametro ferri a taglio	∅ <sub>sw</sub> =	14 mm
Numero dei bracci in sezione trasversale	n <sub>sw</sub> =	2 --
Passo in direzione asse elemento	s =	300 mm
Area totale di armatura a taglio	A <sub>sw</sub> =	308 mm <sup>2</sup>

**Fattori di resistenza a compressione:**

Controllo duttilità (SI = duttile)	0.37 <	9.58 SI
Angolo di inclinazione dei puntoni di cls	θ =	22.00 °
Resistenza a compressione ridotta del cls d'anima	f' <sub>cd</sub> =	9.41 N/mm <sup>2</sup>
Tensione media di compressione nella sezione	σ <sub>cp</sub> =	0.00 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo per membrature compresse	α <sub>c</sub> =	1.00 --

Resistenza di calcolo a "taglio trazione" dell'armatura	V <sub>Rsd</sub> =	814.81 kN
Resistenza di calcolo a "taglio compressione" del cls	V <sub>Rcd</sub> =	2945.61 kN
<b>Resistenza ultima a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub> =</b>	<b>814.81 kN</b>

**VERIFICA SODDISFATTA.**

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 136 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    DivisionArchitecture	Data Ott '23	

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto i valori resistenti di progetto di momento e taglio superano i valori sollecitanti.

## 9.8 Analisi numeriche – fondazione su micropali

Nel seguito sono riportati i dati di input e i risultati delle analisi numeriche nonché le verifiche geotecniche e strutturali validi per i micropali di fondazione della pila 3 del Viadotto Argomenna.

### 9.8.1 Configurazioni di studio e dati di input delle analisi

In Appendice, al Capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, sono riportate tutte le combinazioni di carico ottenute dallo studio di ciascuna delle pile del Viadotto Argomenna, agenti all'intradosso delle rispettive platee di fondazione.

Con riferimento alle tabelle riportate in Appendice, al Capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, le due configurazioni di carico all'intradosso del plinto di fondazione della pila 3 considerate nelle analisi numeriche risultano essere la numero 13 (che massimizza il carico verticale) e la numero 138 (che massimizza il taglio in testa al micropalo).

Combinazione numero	Output case	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
8	SLU_8	-350	-760	34320	-24190	-4960	-220
52	SLV_4	-2365	-750	22196	-8805	-29379	-196

Di seguito si riportano le indicazioni sulla stratigrafia di calcolo utilizzata nelle analisi.

Formazione	z [m]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c' [kPa]	$\phi$ [deg]	E [MPa]
GLG-alt	4	-	25	51	46	250
GLG	-	-	25	102	51	747

Nella tabella la profondità z è misurata a partire dalla quota di intradosso della platea di fondazione.

Nelle analisi è stato considerato un sovraccarico pari a 45 kPa, dovuto alla presenza di circa 2.8 m di terreno (formazione bn con  $\gamma_n = 18$  kN/m<sup>3</sup>) al di sopra della quota di imposta dei micropali.

La falda è stata considerata alla quota di imposta dei micropali.

Nella seguente tabella sono riportate le caratteristiche del micropalo considerate nelle analisi.

Dimetro [m]	0.3
Momento di inerzia x [m <sup>4</sup> ]	0.0004
Momento di inerzia y [m <sup>4</sup> ]	0.0004
Momento di inerzia polare [m <sup>4</sup> ]	0.0008
Lunghezza [m]	12
Rigidezza dell'interfaccia - molle ortogonali [N/m <sup>2</sup> ]	1.00E+10
Rigidezza dell'interfaccia - molle tangenziali [N/m <sup>2</sup> ]	1.00E+10
Momento plastico [kNm]	138.98

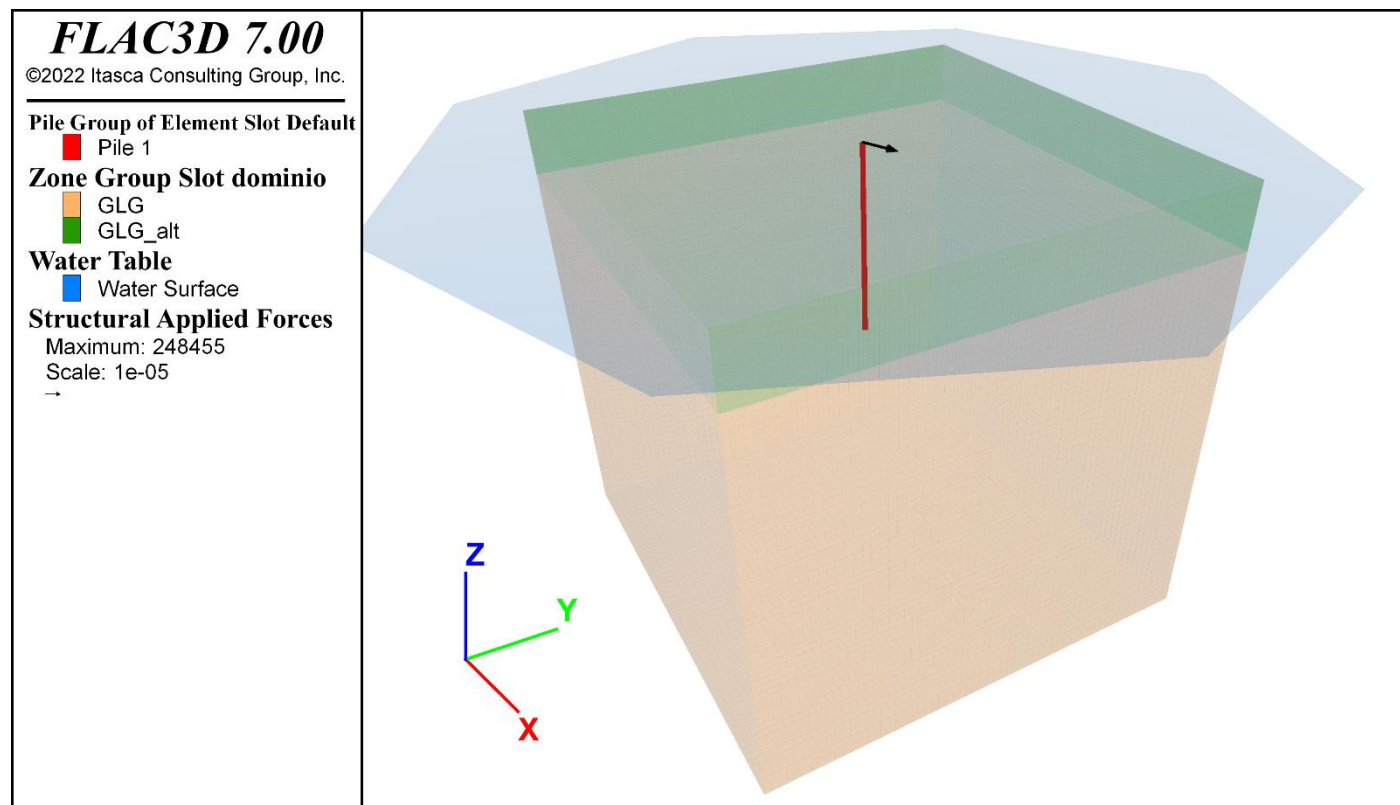
Di seguito si riporta un'immagine con la vista del modello di calcolo realizzato con il software Flac 3D.

Il modello numerico presenta una geometria cubica con lato 30 m e gli elementi della mesh sono anch'essi cubici con lato 0.5 m.



CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ETA</b> ETA s.p.a.	A	137 di 166
			Data Ott '23	

In sommità al micropalo è applicato un vincolo che impedisce la rotazione, in tal modo è possibile simulare l'incastro fra la testa del micropalo e la platea di fondazione.



### 9.8.2 Risultati delle analisi numeriche

Considerando le combinazioni di carico identificate al paragrafo precedente, sono state identificate le seguenti tre configurazioni di carico orizzontale in testa al palo:

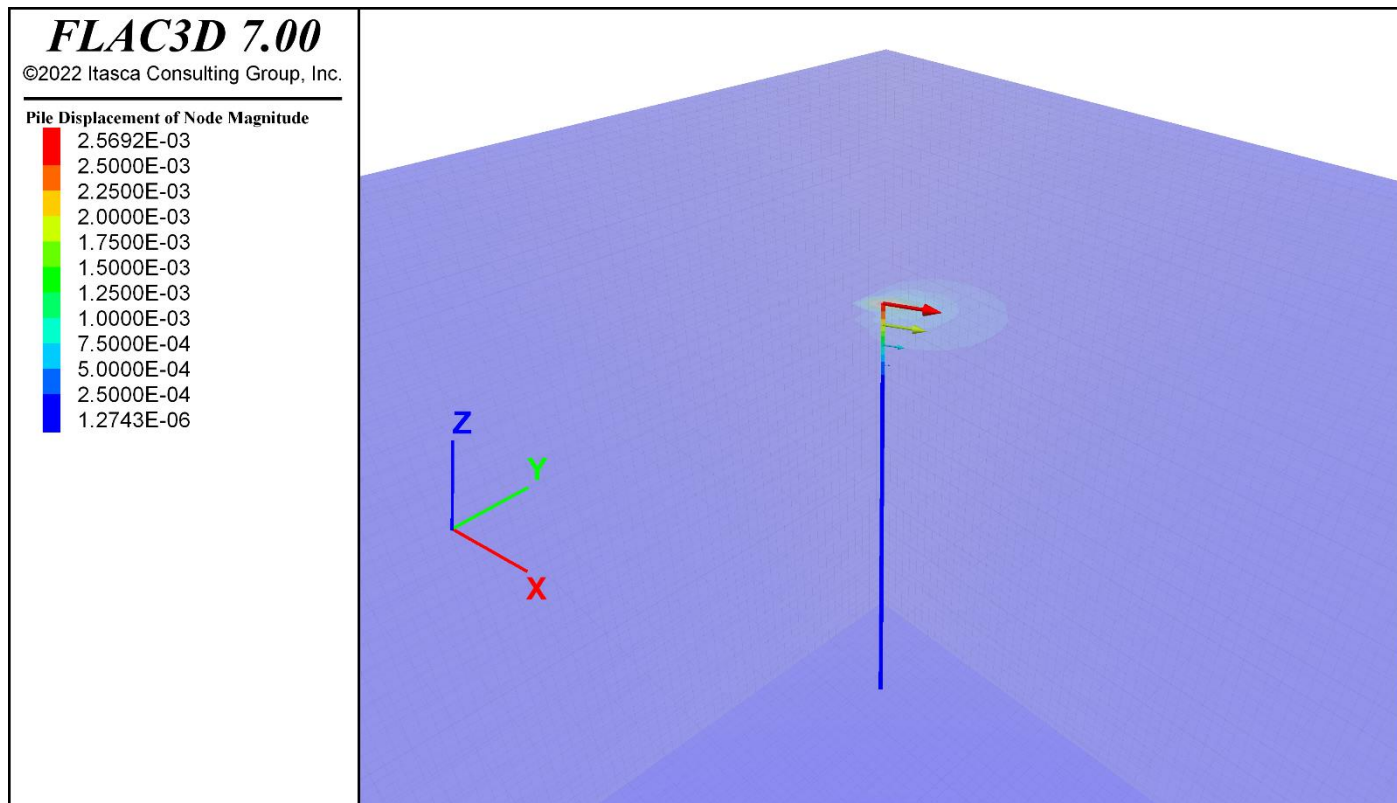
1. Taglio in testa al micropalo ricavato dalla combinazione 8, che massimizza l'azione assiale in testa al micropalo:  $T_N = 26$  kN ( $T_{x,N} = 9$  kN;  $T_{y,N} = 25$  kN).
2. Taglio massimo in testa al micropalo per effettuare le verifiche strutturali, fornito dalla combinazione 52:  $T_{max} = 77$  kN ( $T_{x,max} = 73$  kN;  $T_{y,max} = 24$  kN).
3. Taglio in testa al micropalo per effettuare la verifica geotecnica a capacità portante orizzontale, come descritto al Paragrafo 9.5.2, ottenuto amplificando il valore del taglio massimo di cui al punto precedente:  $T_H = 170.2$  kN ( $T_{x,H} = 161.3$  kN;  $T_{y,H} = 53$  kN).

Cautelativamente, per lo svolgimento delle analisi sono state considerate le sollecitazioni derivanti dagli scarichi delle spalle del viadotto Argomena, i quali risultano più gravosi rispetto a quelli della pila 3. Le configurazioni di calcolo, per la cui identificazione si rimanda alla relativa relazione, sono, quindi, riportate di seguito.

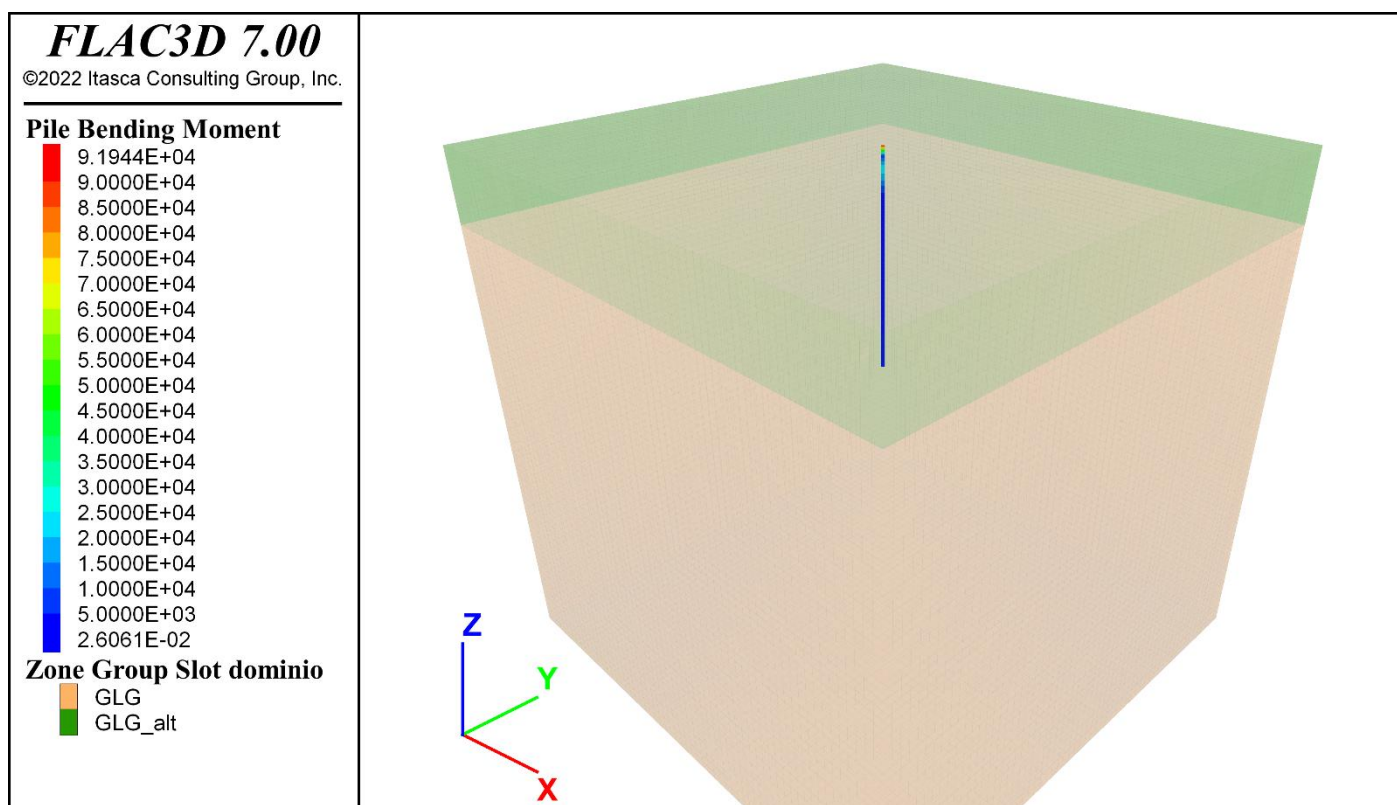
1. Taglio massimo in testa al micropalo per effettuare le verifiche strutturali e che massimizza l'azione assiale in testa al micropalo:  $T_{max} = 248$  kN ( $T_{x,max} = 227$  kN;  $T_{y,max} = 101$  kN).
2. Taglio in testa al micropalo per effettuare la verifica geotecnica a capacità portante orizzontale, come descritto al Paragrafo 9.5.2, ottenuto amplificando il valore del taglio massimo di cui al punto precedente:  $T_H = 548$  kN ( $T_{x,H} = 501.7$  kN;  $T_{y,H} = 223.2$  kN).

Di seguito si riportano le immagini dei risultati.

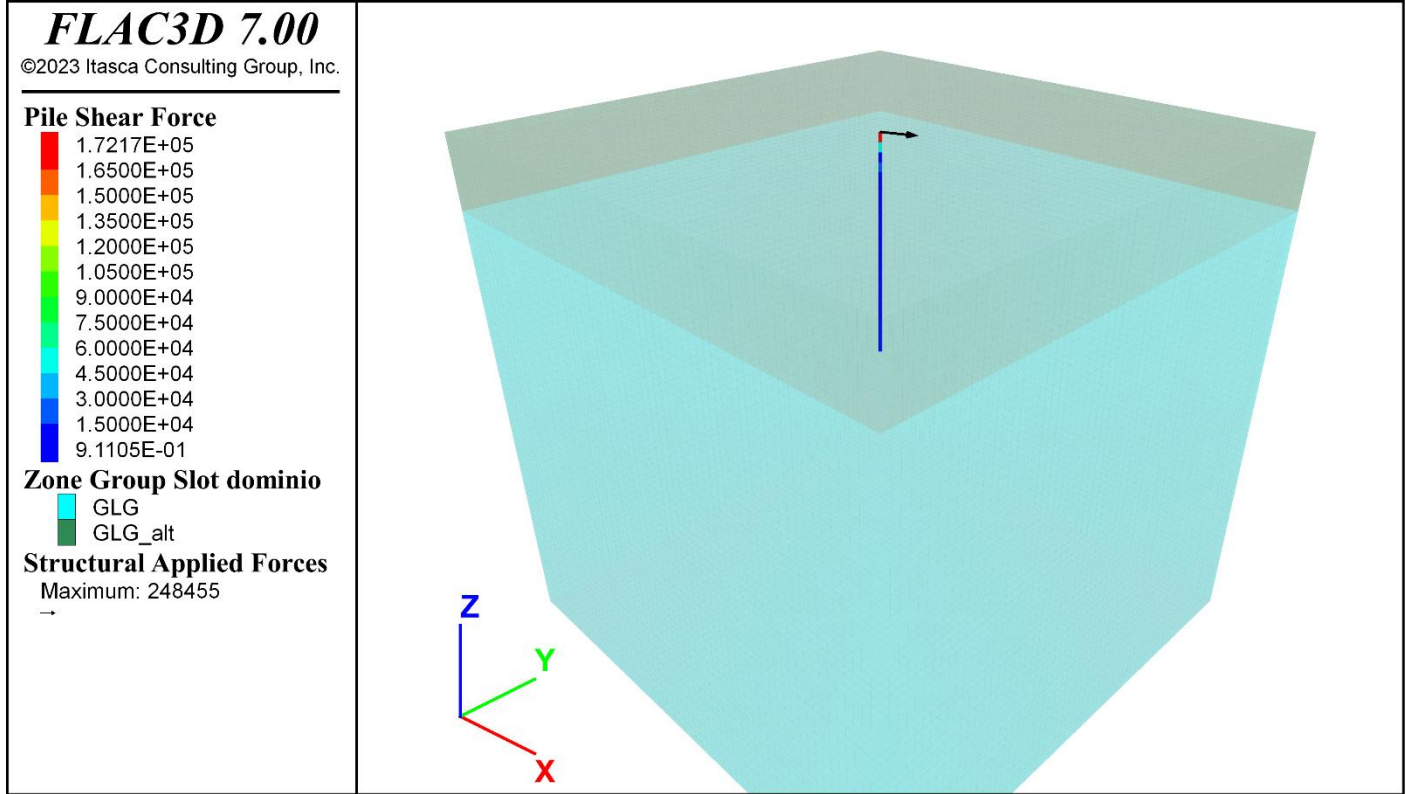
### Spostamento orizzontale del micropalo – Configurazione 1



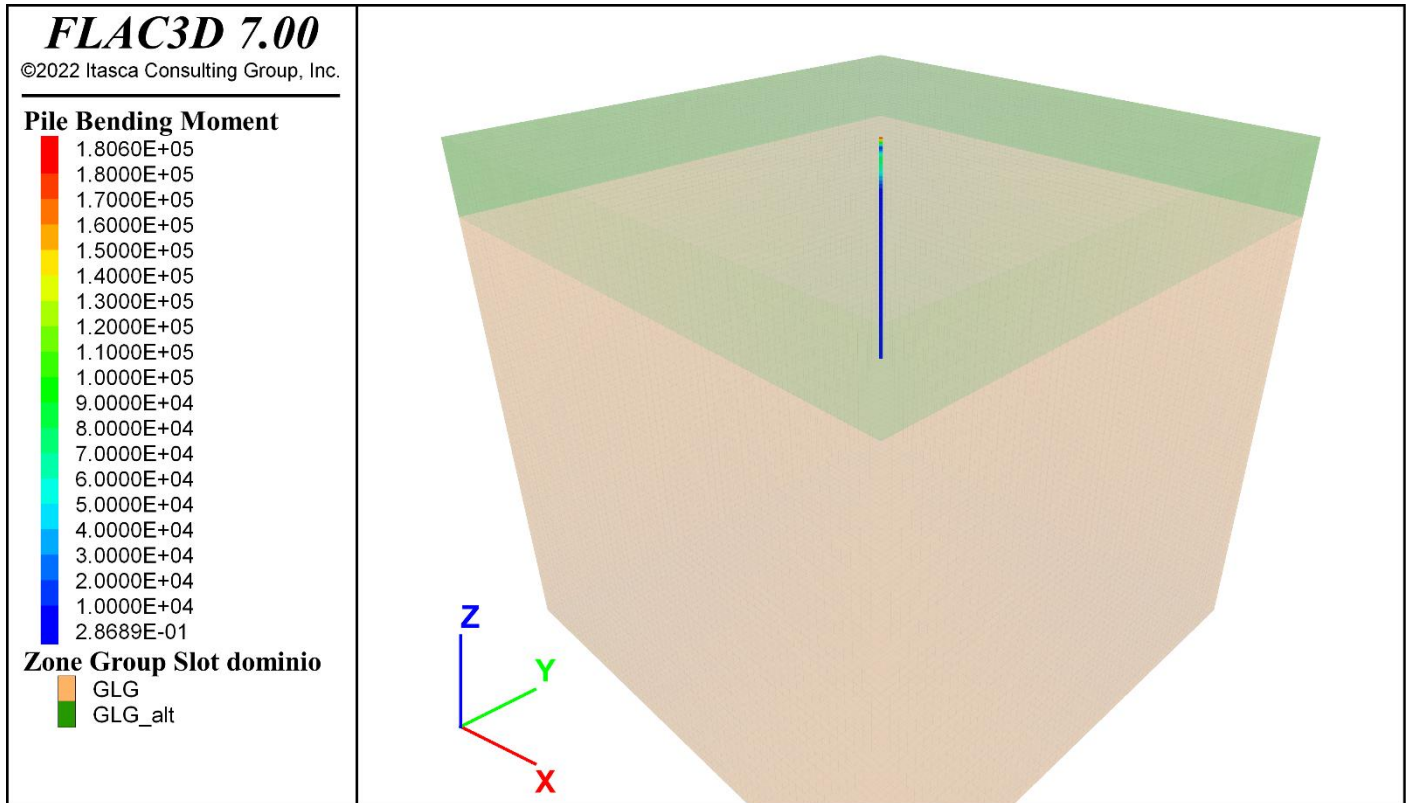
### Momento flettente nel micropalo – Configurazione 1



**Azione di taglio nel micropalo – Configurazione 1**



**Momento flettente nel micropalo – Configurazione 2**



CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>sinergo</b>	<b>A</b>	140 di 166
			Data Ott '23	

### 9.8.3 Definizione dei carichi verticali in testa ai micropali

Seguendo la procedura di calcolo descritta al Paragrafo 9.6.1 e considerando cautelativamente il valore del momento flettente massimo in testa al micropalo ( $M = 91.9 \text{ kNm}$ ) fornito dall'analisi in configurazione 1, è possibile valutare l'incremento di azione assiale da utilizzare per ottenere i carichi verticali in testa ai micropali (quest'ultimi valutati a partire dalla configurazione 1 della pila 3).

Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

GEOMETRIA DELLA PALIFICATA: Pila 3				Combinazione:							8
MICROPALO	$x_i$	$y_i$	$d_i$	$V_{i,x}$	$V_{i,y}$	$V_{i,tot}$	delta Mx	delta My	N (senza incastro in testa al micropalo)	delta N (dovuto al vincolo di incastro)	N tot
	[m]	[m]	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	-4	4	5.7	-12.5	-25.0	27.9	-64.0	-28.0	741.2	-16.8	724.5
2	-2.4	4	4.7	-12.5	-24.2	27.2	-64.0	-28.0	703.7	-23.8	679.9
3	-0.8	4	4.1	-12.5	-23.4	26.6	-64.0	-28.0	666.1	-30.8	635.3
4	0.8	4	4.1	-12.5	-22.6	25.9	-64.0	-28.0	628.5	-37.8	590.7
5	2.4	4	4.7	-12.5	-21.9	25.2	-64.0	-28.0	590.9	-44.8	546.2
6	4	4	5.7	-12.5	-21.1	24.5	-64.0	-28.0	553.4	-51.8	501.6
7	-3.2	2.4	4.0	-11.8	-24.6	27.2	-64.0	-28.0	879.5	-6.6	873.0
8	-1.6	2.4	2.9	-11.8	-23.8	26.5	-64.0	-28.0	842.0	-13.6	828.4
9	0	2.4	2.4	-11.8	-23.0	25.9	-64.0	-28.0	804.4	-20.6	783.8
10	1.6	2.4	2.9	-11.8	-22.3	25.2	-64.0	-28.0	766.8	-27.6	739.2
11	3.2	2.4	4.0	-11.8	-21.5	24.5	-64.0	-28.0	729.2	-34.6	694.7
12	-4	0.8	4.1	-11.0	-25.0	27.3	-64.0	-28.0	1055.4	10.6	1066.0
13	-2.4	0.8	2.5	-11.0	-24.2	26.6	-64.0	-28.0	1017.8	3.6	1021.5
14	-0.8	0.8	1.1	-11.0	-23.4	25.9	-64.0	-28.0	980.2	-3.4	976.9
15	0.8	0.8	1.1	-11.0	-22.6	25.2	-64.0	-28.0	942.7	-10.4	932.3
16	2.4	0.8	2.5	-11.0	-21.9	24.5	-64.0	-28.0	905.1	-17.4	887.7
17	4	0.8	4.1	-11.0	-21.1	23.8	-64.0	-28.0	867.5	-24.4	843.2
18	-3.2	-0.8	3.3	-10.2	-24.6	26.6	-64.0	-28.0	1193.7	20.9	1214.5
19	-1.6	-0.8	1.8	-10.2	-23.8	25.9	-64.0	-28.0	1156.1	13.9	1170.0
20	0	-0.8	0.8	-10.2	-23.0	25.2	-64.0	-28.0	1118.5	6.9	1125.4
21	1.6	-0.8	1.8	-10.2	-22.3	24.5	-64.0	-28.0	1081.0	-0.1	1080.8
22	3.2	-0.8	3.3	-10.2	-21.5	23.8	-64.0	-28.0	1043.4	-7.1	1036.2
23	-4	-2.4	4.7	-9.5	-25.0	26.7	-64.0	-28.0	1369.6	38.1	1407.6
24	-2.4	-2.4	3.4	-9.5	-24.2	26.0	-64.0	-28.0	1332.0	31.1	1363.1
25	-0.8	-2.4	2.5	-9.5	-23.4	25.3	-64.0	-28.0	1294.4	24.1	1318.5
26	0.8	-2.4	2.5	-9.5	-22.6	24.5	-64.0	-28.0	1256.8	17.1	1273.9
27	2.4	-2.4	3.4	-9.5	-21.9	23.8	-64.0	-28.0	1219.3	10.1	1229.3
28	4	-2.4	4.7	-9.5	-21.1	23.1	-64.0	-28.0	1181.7	3.1	1184.7
29	-3.2	-4	5.1	-8.7	-24.6	26.1	-64.0	-28.0	1507.8	48.3	1556.1
30	-1.6	-4	4.3	-8.7	-23.8	25.3	-64.0	-28.0	1470.3	41.3	1511.6
31	0	-4	4.0	-8.7	-23.0	24.6	-64.0	-28.0	1432.7	34.3	1467.0
32	1.6	-4	4.3	-8.7	-22.3	23.9	-64.0	-28.0	1395.1	27.3	1422.4
33	3.2	-4	5.1	-8.7	-21.5	23.2	-64.0	-28.0	1357.5	20.3	1377.8

### 9.8.4 Verifiche del micropalo

#### 9.8.4.1 Verifiche di capacità portante verticale

Considerando i risultati di cui al Paragrafo 9.8.3, il massimo carico verticale  $N_{Ed}$  risulta essere pari a 1556.1 kN. La capacità portante verticale, valutata secondo la formulazione descritta al Paragrafo 9.5.1, risulta essere (considerando che il micropalo è immersato nel substrato di GLG per almeno 9 m di lunghezza):

$$R_{c,d} = \frac{\tau_k \cdot D \cdot \pi \cdot L_{immorsamento}}{\xi \cdot \gamma_R} = \frac{450 \text{ kPa} \cdot 0.3 \text{ m} \cdot \pi \cdot 9 \text{ m}}{1.7 \cdot 1.15} = 1952.4 \text{ kN}$$

La verifica a capacità portante verticale risulta soddisfatta in quanto:

$$N_{Rd,c} = 1952.4 \text{ kN} \geq 1556.1 \text{ kN} = |N_{Ed}|$$



CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	141 di 166
			Data Ott '23	

#### 9.8.4.2 Verifica di capacità portante orizzontale

La verifica a capacità portante orizzontale può essere considerata soddisfatta in quanto l'analisi numerica nella configurazione 3, che tiene conto del carico orizzontale massimo in testa al micropalo, amplificato per i coefficienti di normativa di riduzione delle resistenze, risulta raggiungere l'equilibrio senza che si verifichi nessuno dei cinematismi di collasso di cui al Paragrafo 9.5.2; in caso contrario, l'analisi numerica non riuscirebbe a convergere.

#### 9.8.4.3 Verifiche strutturali del palo

Di seguito si riportano i valori del momento e del taglio resistente del tubolare di acciaio S355 che costituisce l'armatura del micropalo:  $\phi 139.1$  mm, spessore 12.5 mm.

$$M_{rd} = 138.98 \text{ kNm}$$

$$V_{rd} = 884.25 \text{ kN}$$

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto i valori resistenti di progetto di momento e taglio superano i valori sollecitanti ricavati dalle analisi numeriche.

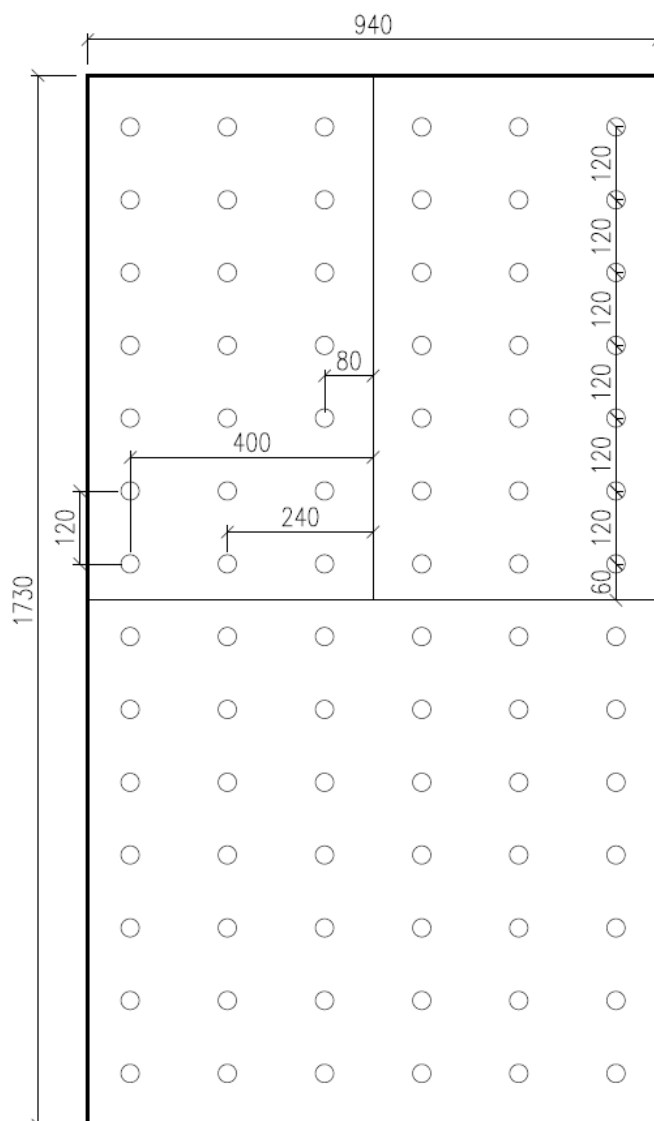
## 10 VERIFICHE DEI MICROPALI DI FONDAZIONE

Nel presente capitolo è riportato il dimensionamento dei micropali di fondazioni delle spalle del Viadotto Argomena.

Nella seguente tabella sono riassunte le caratteristiche di tali fondazioni, mentre nelle seguenti figure è mostrata la disposizione dei micropali. La scelta di utilizzare micropali è giustificata dal fatto che la quota di imposta delle fondazioni raggiunge il livello del substrato roccioso GLG, all'interno del quale la realizzazione di pali di grande diametro risulterebbe difficoltosa dal punto di vista operativo.

N° spalla	Tipologia dei pali di fondazione	Numero	D [m]	L [m]
1	Micropali	84	0.3	12
2	Micropali	84	0.3	10

### Fondazione Spalle 1 e 2



CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	143 di 166
			Data Ott '23	

## 10.1 Verifica agli stati limite ultimi (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni su pali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Le verifiche delle fondazioni su pali devono essere effettuate con riferimento almeno ai seguenti stati limite, accertando che la condizione  $E_d \leq R_d$  sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
  - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
  - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;
  - collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione;
  - stabilità globale;
- SLU di tipo strutturale (STR)
  - raggiungimento della resistenza dei pali;
  - raggiungimento della resistenza della struttura di collegamento dei pali.

Ad eccezione della stabilità globale, le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle mostrate nel seguito.

*Azioni (coefficienti A):*

La seguente tabella riporta i fattori di sicurezza parziali da applicare alle azioni nelle diverse combinazioni di carico.

carichi	effetto	coefficiente parziale	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)
Permanenti	favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	favorevole	$\gamma_{G2}$	0.8	0.8	0.8
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	favorevole	$\gamma_{Qi}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3

## 10.2 Resistenze di pali soggetti a carichi assiali

Il valore di progetto  $R_d$  della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando i coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati in tabella.

CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE		REV. <b>A</b>	FOGLIO 144 di 166
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ENTAVIA</b> s.r.l. INGEGNERIA VALUTA ASSOCIATI	Data Ott '23	
		<b>sinergo</b>	<b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	

Tipologia di palo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
Resistenza	R3	R3	R3
Base $\gamma_b$	1.15	1.35	1.3
Laterale in compressione $\gamma_s$	1.15	1.15	1.15
Laterale in trazione $\gamma_{st}$	1.25	1.25	1.25

### 10.3 Resistenze di pali soggetti a carichi trasversali

Il valore di progetto  $R_{tr,d}$  della resistenza trasversale si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando il coefficiente parziale  $\gamma_R$  riportato in tabella.

<b>Coefficiente parziale (R3)</b>	$\gamma_t = 1.3$
-----------------------------------	------------------

### 10.4 Condizioni sismiche

Le verifiche di capacità portante dei pali in presenza di azioni sismiche consistono nel confronto tra le azioni (forza assiale e forza trasversale sul palo) e le corrispondenti resistenze, nel rispetto della condizione  $E_d \leq R_d$  ponendo unitari i coefficienti amplificativi delle azioni e dei materiali e considerando i medesimi coefficienti di cui ai paragrafi 9.2 e 9.3 per le resistenze.

### 10.5 Capacità portante dei pali di fondazione

Nel seguito si riporta la procedura utilizzata per il calcolo della capacità portante verticale e orizzontale dei pali di fondazione.

#### 10.5.1 Capacità portante verticale

Il calcolo della capacità portante è stato effettuato considerando, cautelativamente, la sola porzione di palo immerso nel substrato roccioso (formazione GLG).

Relativamente al contributo resistente di calcolo laterale del palo  $R_{c,k}$ , quest'ultimo è stato valutato moltiplicando l'area laterale della porzione di palo immerso in roccia per un valore di aderenza laterale  $\tau_k$  assunto pari a 450 kPa.

La capacità portante di base  $R_{b,k}$  è stata valutata, come suggerito in letteratura (H.G. Poulos and E.H. Davis "Analisi e progettazione di fondazioni su Pali"), considerando il valore minimo fra la tensione resistente di compressione della roccia intatta  $\sigma_{ci}$  e la tensione di resistenza a rottura del calcestruzzo e moltiplicando tale valore per l'area di base del palo.

La capacità portante ultima totale dei pali è stata valutata mediante la seguente espressione:

$$R_k = R_{c,k} + R_{b,k} - W$$

dove:

- $R_{c,k}$  capacità portante caratteristica per attrito laterale
- $R_{b,k}$  capacità portante caratteristica di punta
- $W$  peso del palo

La vigente normativa prevede di calcolare le resistenze caratteristiche  $R_{c,k}$  e  $R_{b,k}$  sopra menzionate a partire dalle resistenze di calcolo ottenute considerando i parametri medi e minimi dei terreni, e opportunamente fattorizzate:

$$R_{c/b,k} = \min \left( \frac{R_{cal,media}}{\xi_3}; \frac{R_{cal,min}}{\xi_4} \right)$$



CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 145 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI 		 D_VisionArchitecture	
					Data Ott '23

I coefficienti  $\xi$ , viceversa, assumono i valori riportati nella seguente tabella in funzione del numero di verticali indagate:

numero verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1.7	1.65	1.6	1.55	1.5	1.45	1.4
$\xi_4$	1.7	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Data la presenza di una sola verticale di indagine per fondazione, è stato utilizzato un valore del fattore  $\xi$  pari a 1.7 (uguale sia per i parametri minimi che per i medi).

La capacità portante di progetto del singolo palo è stata valutata fattorizzando la capacità portante laterale  $R_{c,k}$  e la capacità portante di base  $R_{b,k}$  mediante i rispettivi coefficienti  $\gamma_{R3}$  per pali di tipo trivellato, definiti in precedenza.

$$R_{c,d} = R_{c,k} / \gamma_s \quad \text{Capacità portante di progetto per attrito laterale in compressione}$$

$$R_{t,d} = R_{c,k} / \gamma_{st} \quad \text{Capacità portante di progetto per attrito laterale in trazione}$$

$$R_{b,d} = R_{b,k} / \gamma_b \quad \text{Capacità portante di progetto di punta}$$

$$N_{Rd,c} = R_{c,d} + R_{b,d} - W \cdot \gamma_G \quad \text{Resistenza di progetto in compressione}$$

$$N_{Rd,t} = R_{t,d} + W \cdot \gamma_G \quad \text{Resistenza di progetto in trazione}$$

Dove  $W$  rappresenta il peso del palo.

Per il calcolo della capacità portante a compressione, il coefficiente parziale amplificativo del peso del palo ( $\gamma_G$ ) è stato assunto pari ad 1.3 nelle combinazioni STR e GEO e pari ad 1 nella combinazione SLV.

Per il calcolo della capacità portante a trazione  $N_{Rd,t}$  il coefficiente  $\gamma_G$  è stato assunto unitario in tutte le combinazioni.

Per la valutazione della capacità portante verticale dei micropali è stato considerato il solo contributo resistente laterale, valutato in modo analogo ai pali.

La verifica di capacità portante verticale risulta soddisfatta quando valgono le seguenti disequazioni:

- in caso di palo soggetto ad azione di compressione

$$N_{Rd,c} \geq |N_{Ed}|$$

- in caso di palo soggetto ad azione di trazione

$$N_{Rd,t} \geq |N_{Ed}|$$

dove  $N_{Rd,c}$  e  $N_{Rd,t}$  sono rispettivamente le resistenze di progetto a compressione e a trazione del palo mentre  $N_{Ed}$  è l'azione assiale sollecitante in testa al palo.

### 10.5.2 Capacità portante orizzontale

La verifica di capacità portante orizzontale è stata effettuata, mediante lo svolgimento di un'analisi numerica, con l'ausilio del software Flac 3D, atta allo studio di un singolo palo soggetto a un carico orizzontale in testa. Tale carico è stato definito, come meglio descritto nel seguito, considerando il valore del massimo taglio trasmesso dalla fondazione

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 146 di 166
	MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  ZITAZIA s.r.l. INGEGNERIA VALUTAZIONE	 sinergo  D_VA D_VisionArchitecture	
			Data Ott '23	

alla testa del micropalo (considerando tutte le possibili combinazioni di carico studiate per il dimensionamento della struttura della pila) e amplificandolo per i coefficienti di normativa  $\xi = 1.7$  e  $\eta_R = 1.3$ .

La verifica risulta soddisfatta nel momento in cui, modellando gli elementi strutturali che costituiscono il palo mediante un legame costitutivo elastico – perfettamente plastico e fissando il valore del momento plastico pari al valore momento resistente di progetto del palo, l'analisi numerica raggiunge la convergenza.

La convergenza dell'analisi risulta possibile nel momento in cui non si verificano i seguenti meccanismi di rottura:

- Meccanismo di palo corto: il palo trasla rigidamente;
- Meccanismo di palo intermedio: si genera una cerniera plastica in testa al palo e quest'ultimo ruota rigidamente;
- Meccanismo di palo lungo: si generano due cerniere plastiche (di cui una in testa al palo) e lo spezzone di palo compreso tra esse ruota rigidamente.

## 10.6 Valutazione delle azioni nei pali di fondazione

Le azioni su ciascun palo di fondazione vengono valutate sotto le ipotesi di:

- platea rigida;
- vincolo di incastro tra pali e platea;
- interazione fra i pali trascurabile (in quanto disposti a una distanza misurata con riferimento all'asse del palo pari ad almeno tre volte il diametro, come suggerito in letteratura);
- rotazione della platea e della testa dei pali impedita.

### 10.6.1 Procedura di calcolo

Per definire le azioni nei pali è stata seguita la seguente procedura di calcolo:

4. Sono state considerate tutte le combinazioni di carico ottenute dallo studio delle pile. In particolare, le sollecitazioni alla base della fondazione sono fornite nelle seguenti sei componenti: carico verticale, taglio e momento flettente nelle direzioni x e y e momento torcente.

Mediante le formulazioni analitiche semplificate di seguito riportate è possibile calcolare le massime sollecitazioni in testa ai pali in termini di azione assiale e taglio e definire di conseguenza le combinazioni di carico dimensionanti.

Tali combinazioni sono quelle che massimizzano rispettivamente l'azione assiale e il taglio.

$$N_i = \frac{N}{n} + \left[ \frac{(M_x + \sum M_{tix}) \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \right] - \left[ \frac{(M_y + \sum M_{tiy}) \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \right]$$

$$V_{x,i} = \frac{V_x}{n}$$

$$V_{y,i} = \frac{V_y}{n}$$

Dove, considerando un sistema di riferimento XYZ destrorso avente origine nel baricentro della palificata, asse x longitudinale al viadotto, asse y trasversale al viadotto e asse z rivolto verso l'alto, risultano:

- n, numero di pali;
- N, azione assiale all'intradosso della platea di fondazione;
- $M_x$ , momento sulla palificata attorno all'asse x;
- $M_y$ , momento sulla palificata attorno all'asse y;
- $M_{tix}$ , momento in testa all'i-esimo palo attorno all'asse x;
- $M_{tiy}$ , momento in testa all'i-esimo palo attorno all'asse y;
- $x_i$ , distanza dall'asse y baricentrico della palificata;

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 147 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI 		 D_VisionArchitecture	
					Data Ott '23

- $y_i$ , distanza dall'asse x baricentrico della palificata;
- $V_x$ , taglio sulla palificata in direzione x;
- $V_y$ , taglio sulla palificata in direzione y;
- $V_{x,i}$ , taglio in testa all'i-esimo palo in direzione x;
- $V_{y,i}$ , taglio in testa all'i-esimo palo in direzione y.

5. Per definire le componenti del momento flettente in testa al singolo palo ( $M_{tix}$  e  $M_{tiy}$ ) utilizzate nell'espressione per il calcolo di  $N_i$ , di cui al punto precedente, e per ottenere l'andamento delle sollecitazioni (momento flettente e taglio) lungo lo sviluppo del palo, sono state effettuate delle analisi numeriche con l'ausilio del software Flac 3D, studiando il singolo palo caricato in testa dalla forza di taglio precedentemente ricavata.

In particolare:

- c. Per ottenere le azioni in testa ai pali  $N_i$ , necessarie sia per effettuare le verifiche di capacità portante verticale dei pali, sia per dimensionare strutturalmente le platee di fondazione, nelle analisi Flac è stato considerato un carico orizzontale in testa al palo pari all'azione di taglio ricavata dalla combinazione di carico che fornisce la massima azione assiale in testa al palo; quest'ultima ottenuta senza considerare il rispettivo contributo aggiuntivo dovuto al vincolo di incastro che genera un momento flettente in testa al palo.
- d. Per valutare le sollecitazioni lungo il fusto del palo, nelle analisi numeriche, è stato considerato un carico orizzontale in testa al palo pari alla massima azione di taglio ottenuta considerando tutte le possibili combinazioni di carico sulla platea.

6. Per effettuare la verifica geotecnica di capacità portante orizzontale, nelle analisi numeriche è stato considerato il carico in testa al palo di cui al precedente punto b amplificandolo per i coefficienti di normativa di cui al Paragrafo 9.5.2.

## 10.7 Analisi numeriche – fondazione su micropali

Nel seguito sono riportati i dati di input e i risultati delle analisi numeriche nonché le verifiche geotecniche e strutturali validi per i micropali di fondazione delle spalle del Viadotto Argomena.

### 10.7.1 Configurazioni di studio e dati di input delle analisi

In Appendice, al Capitolo 11, sono riportate tutte le combinazioni di carico ottenute dallo studio di ciascuna delle spalle del Viadotto Argomena, agenti all'intradosso delle rispettive platee di fondazione.

Le analisi sono state svolte con riferimento alla spalla 1, la quale risulta essere maggiormente caricata.

Con riferimento alle tabelle riportate in Appendice al Capitolo 11, le due configurazioni di carico all'intradosso del plinto di fondazione della spalla 1 considerate nelle analisi numeriche che massimizzano rispettivamente il carico verticale e il taglio in testa al micropalo risultano essere entrambe la combinazione numero 51.

Combinazione numero	Output case	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
51	SLV_3	19028	8467	30464	34864	59039	5475

Di seguito si riportano le indicazioni sulla stratigrafia di calcolo utilizzata nelle analisi.

Formazione	z [m]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c' [kPa]	$\phi$ [deg]	E [MPa]
GLG-alt	4	-	25	51	46	250
GLG	-	-	25	102	51	747

Nella tabella la profondità z è misurata a partire dalla quota di intradosso della platea di fondazione.

Nelle analisi è stato considerato un sovraccarico pari a 45 kPa, dovuto alla presenza di circa 2.8 m di terreno (formazione bn con  $\gamma_n = 18 \text{ kN/m}^3$ ) al di sopra della quota di imposta dei micropali.

La falda è stata considerata alla quota di imposta dei micropali.

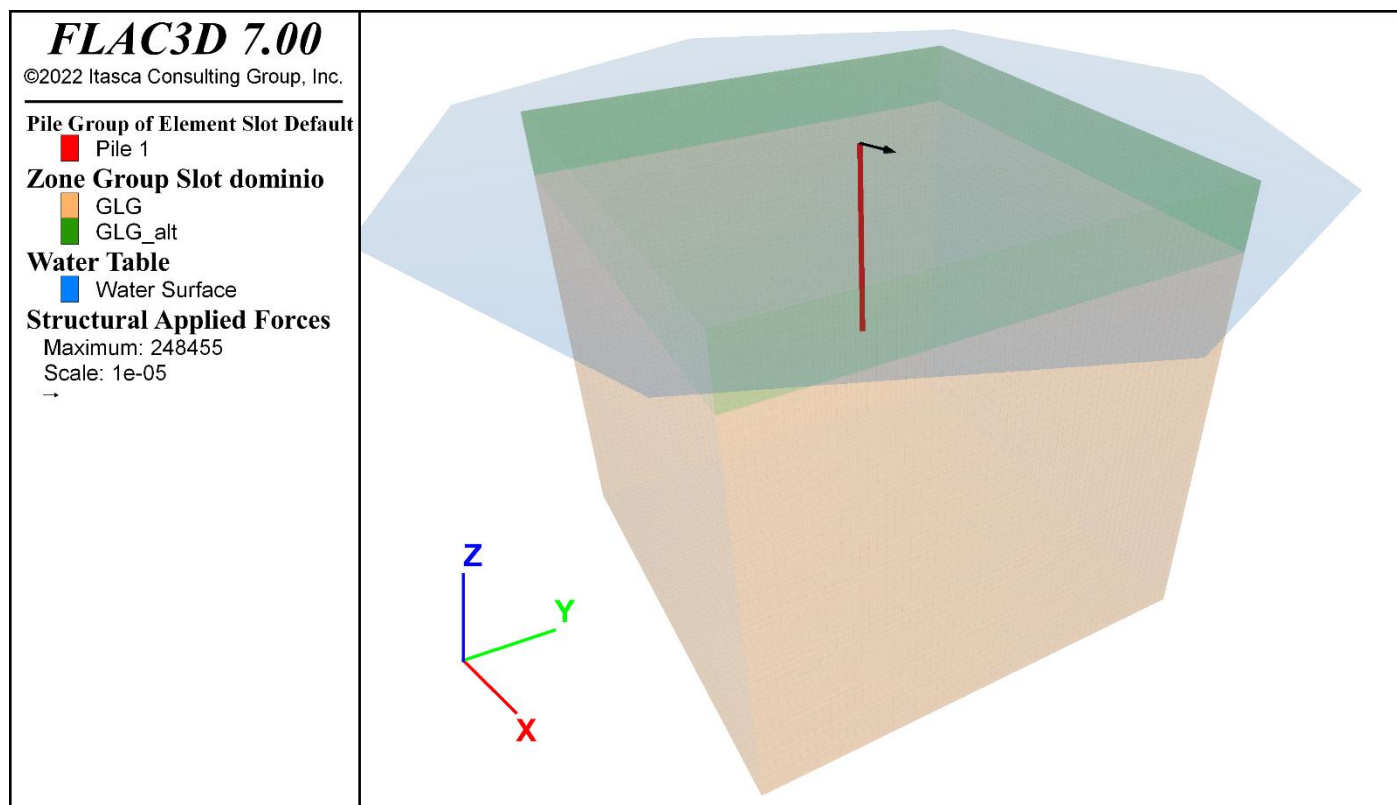
Nella seguente tabella sono riportate le caratteristiche del micropalo considerate nelle analisi.

Dimetro [m]	0.3
Momento di inerzia x [m <sup>4</sup> ]	0.0004
Momento di inerzia y [m <sup>4</sup> ]	0.0004
Momento di inerzia polare [m <sup>4</sup> ]	0.0008
Lunghezza [m]	12
Rigidezza dell'interfaccia - molle ortogonali [N/m <sup>2</sup> ]	1.00E+10
Rigidezza dell'interfaccia - molle tangenziali [N/m <sup>2</sup> ]	1.00E+10
Momento plastico [kNm]	138.98

Di seguito si riporta un'immagine con la vista del modello di calcolo realizzato con il software Flac 3D.

Il modello numerico presenta una geometria cubica con lato 30 m e gli elementi della mesh sono anch'essi cubici con lato 0.5 m.

In sommità al micropalo è applicato un vincolo che impedisce la rotazione, in tal modo è possibile simulare l'incastro fra la testa del micropalo e la platea di fondazione.



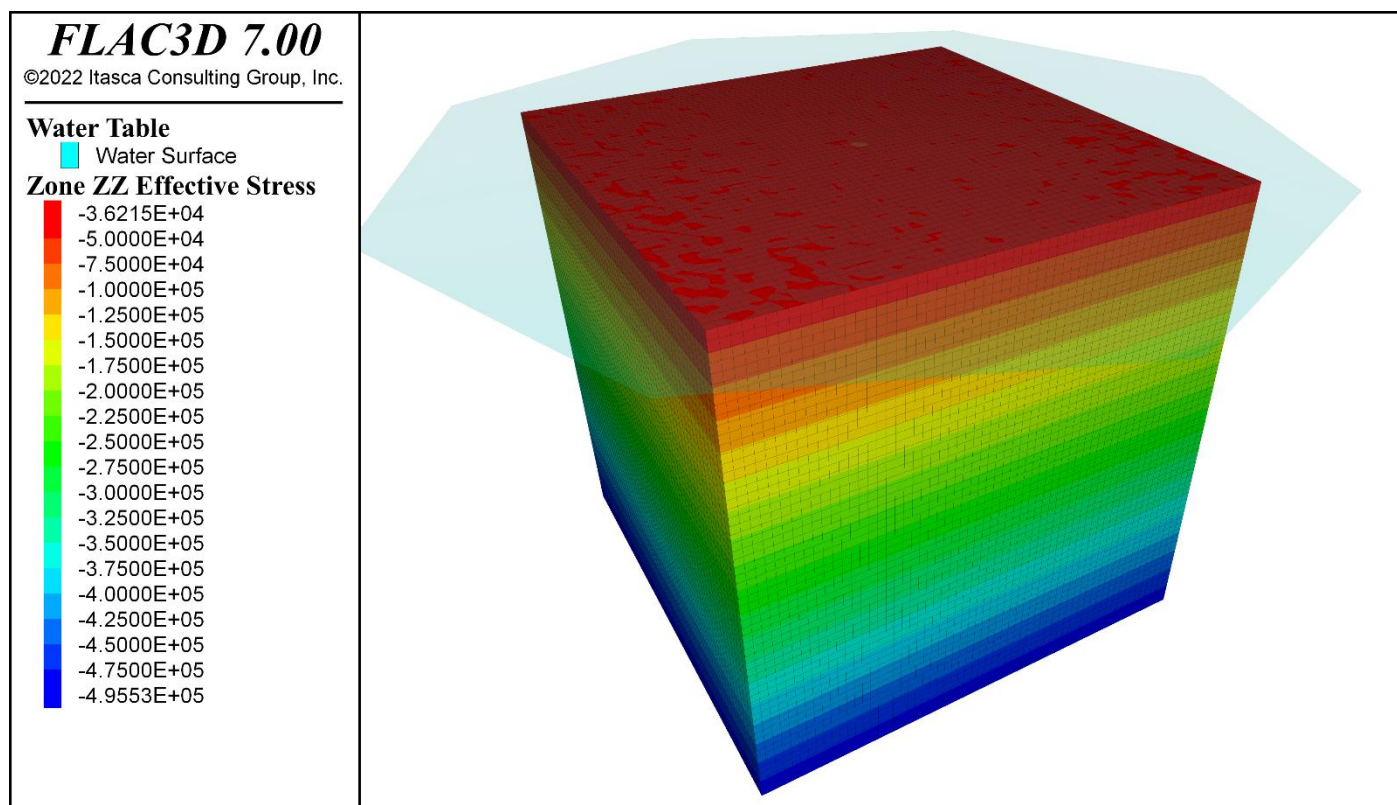
### 10.7.2 Risultati delle analisi numeriche

Considerando la combinazione di carico più gravosa identificata al paragrafo precedente, sono state effettuate le analisi considerando le seguenti due configurazioni di carico orizzontale in testa al palo:

4. Taglio massimo in testa al micropalo per effettuare le verifiche strutturali e che massimizza l'azione assiale in testa al micropalo:  $T_{max} = 248 \text{ kN}$  ( $T_{x,max} = 227 \text{ kN}$ ;  $T_{y,max} = 101 \text{ kN}$ ).
5. Taglio in testa al micropalo per effettuare la verifica geotecnica a capacità portante orizzontale, come descritto al Paragrafo 9.5.2, ottenuto amplificando il valore del taglio massimo di cui al punto precedente:  $T_H = 548 \text{ kN}$  ( $T_{x,H} = 501.7 \text{ kN}$ ;  $T_{y,H} = 223.2 \text{ kN}$ ).

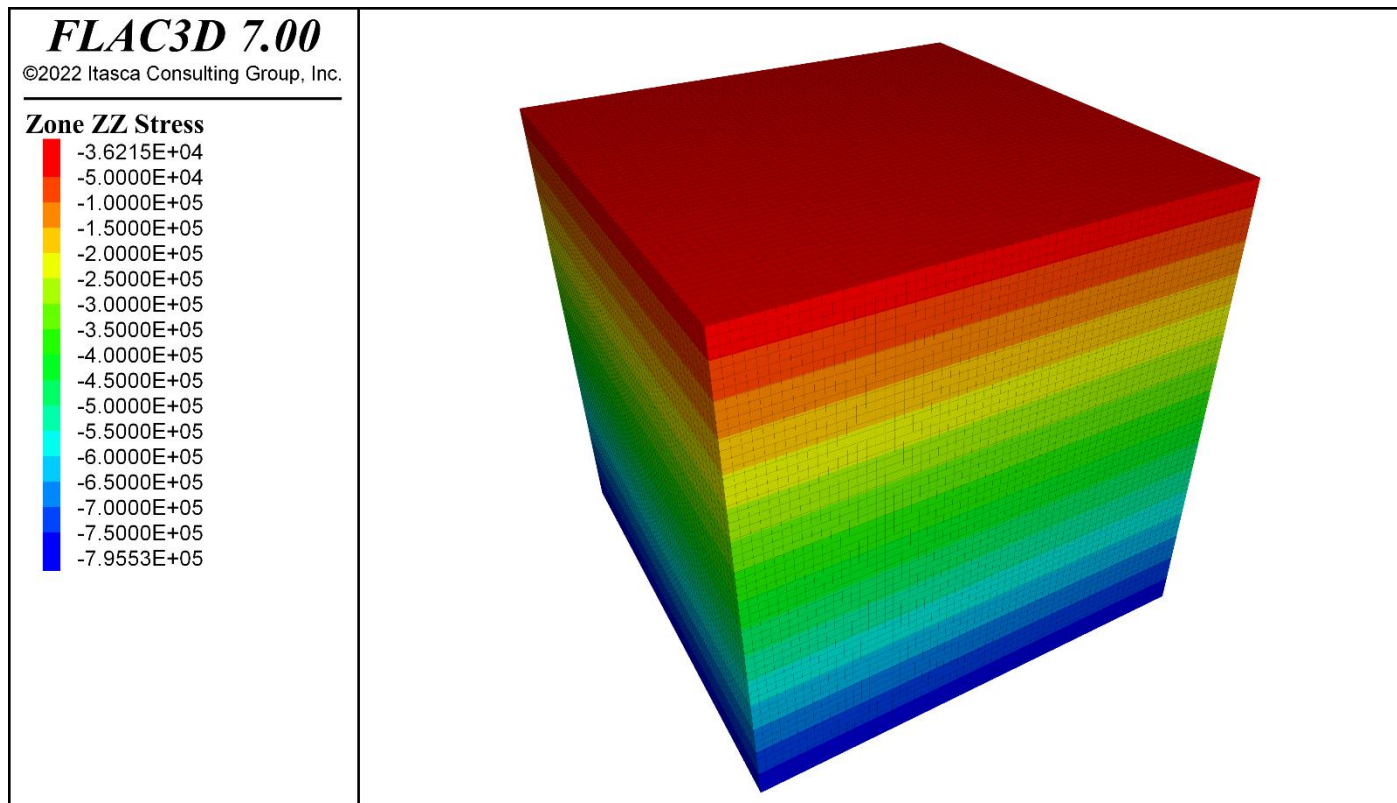
Di seguito si riportano le immagini dei risultati.

#### Stato di sforzo geostatico in direzione verticale (sforzi totali)

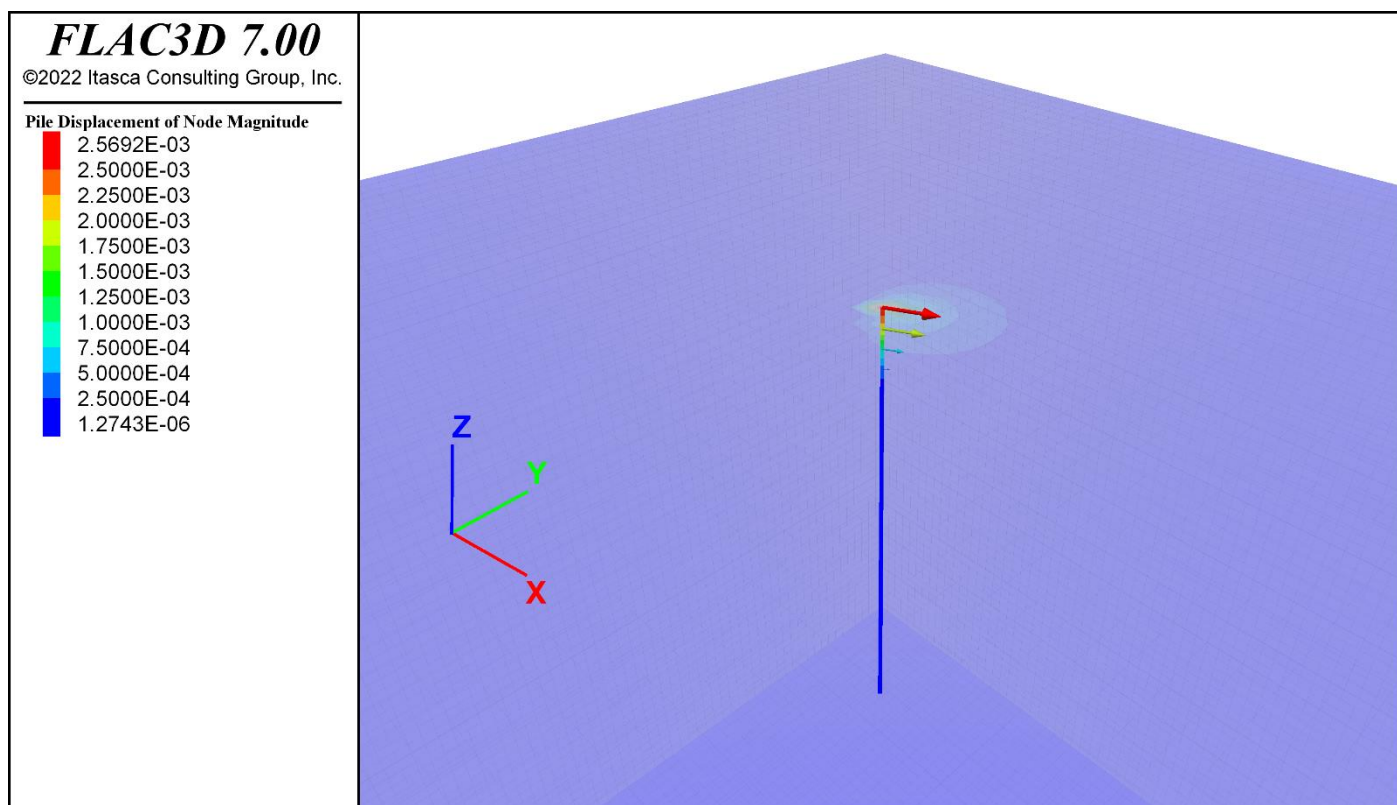




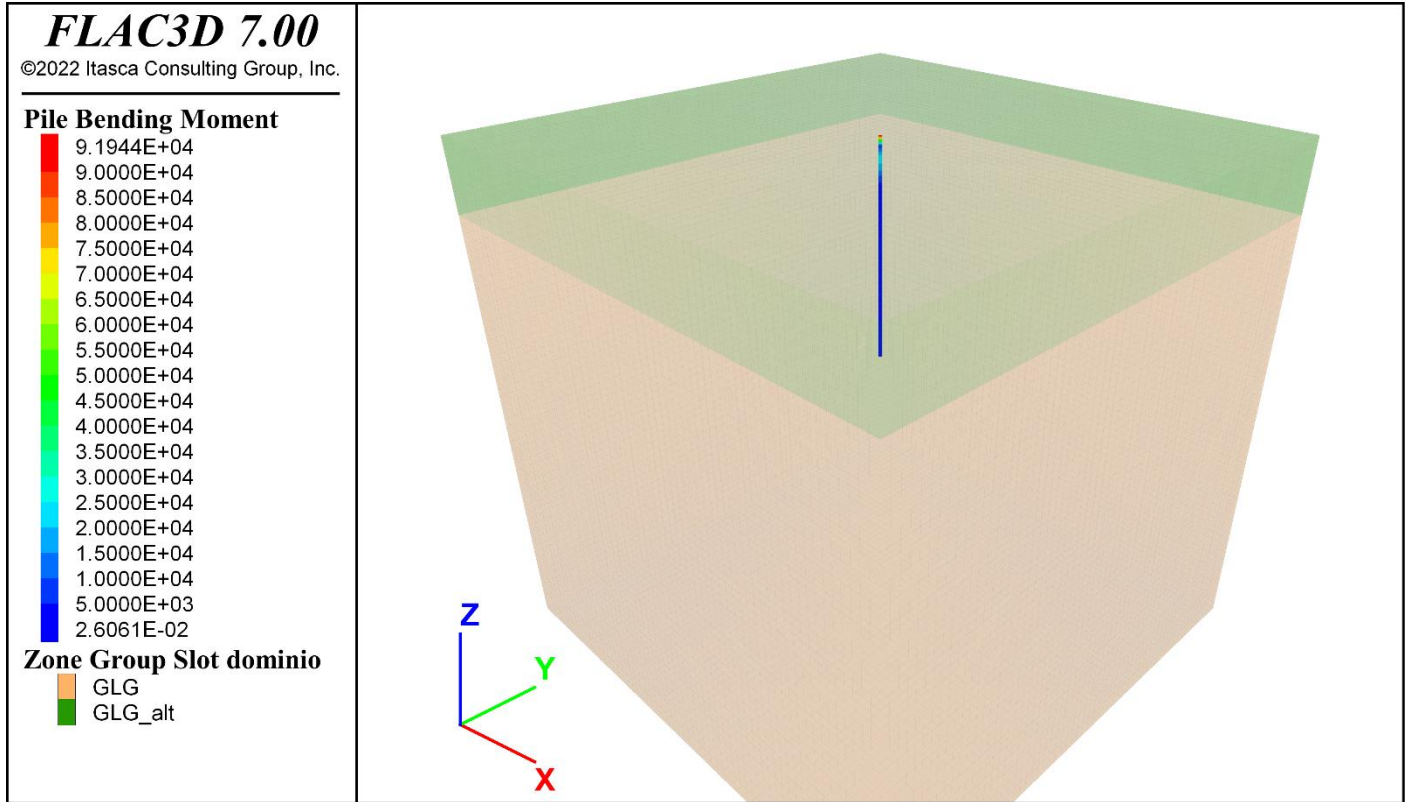
**Stato di sforzo geostatico in direzione verticale (sforzi efficaci)**



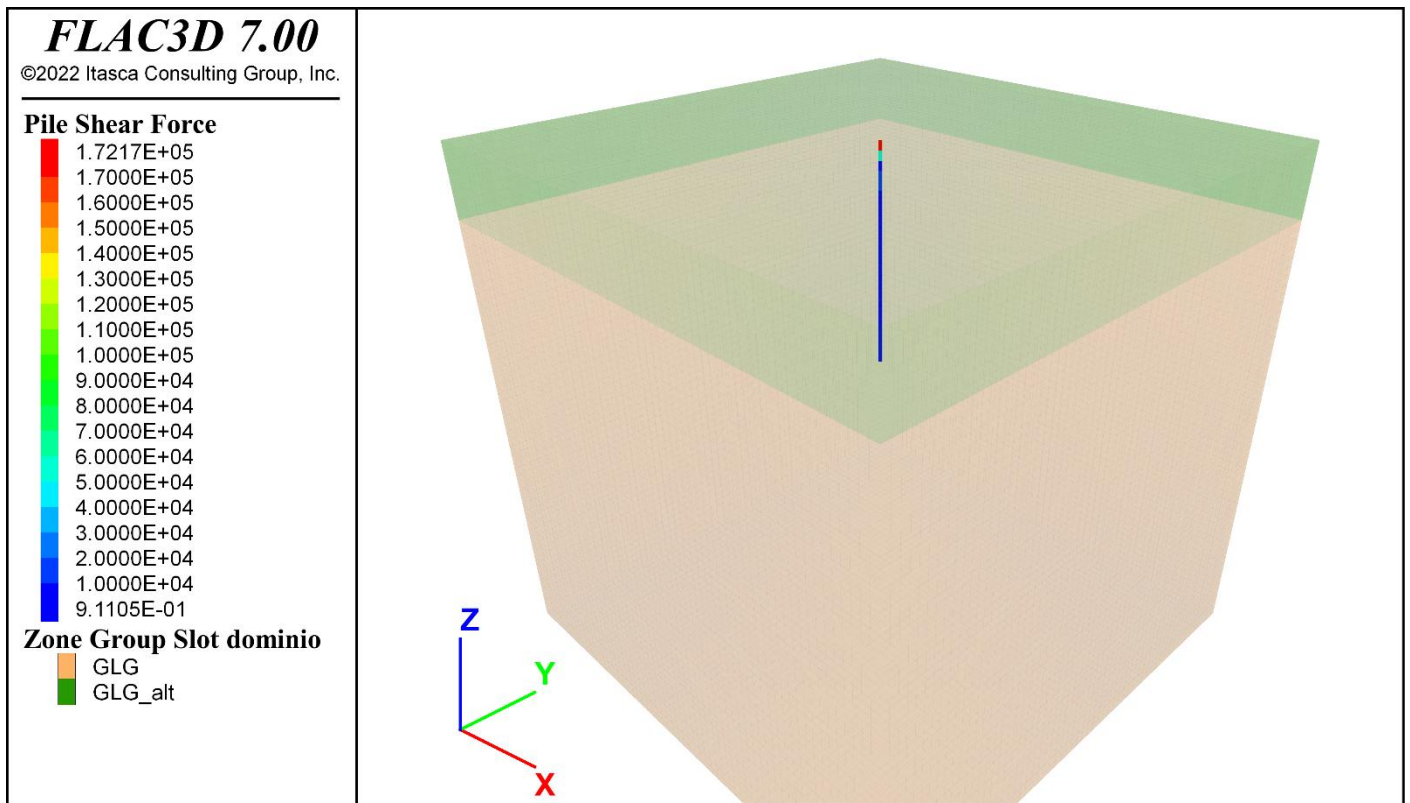
**Spostamento orizzontale del micropalo – Configurazione 1**



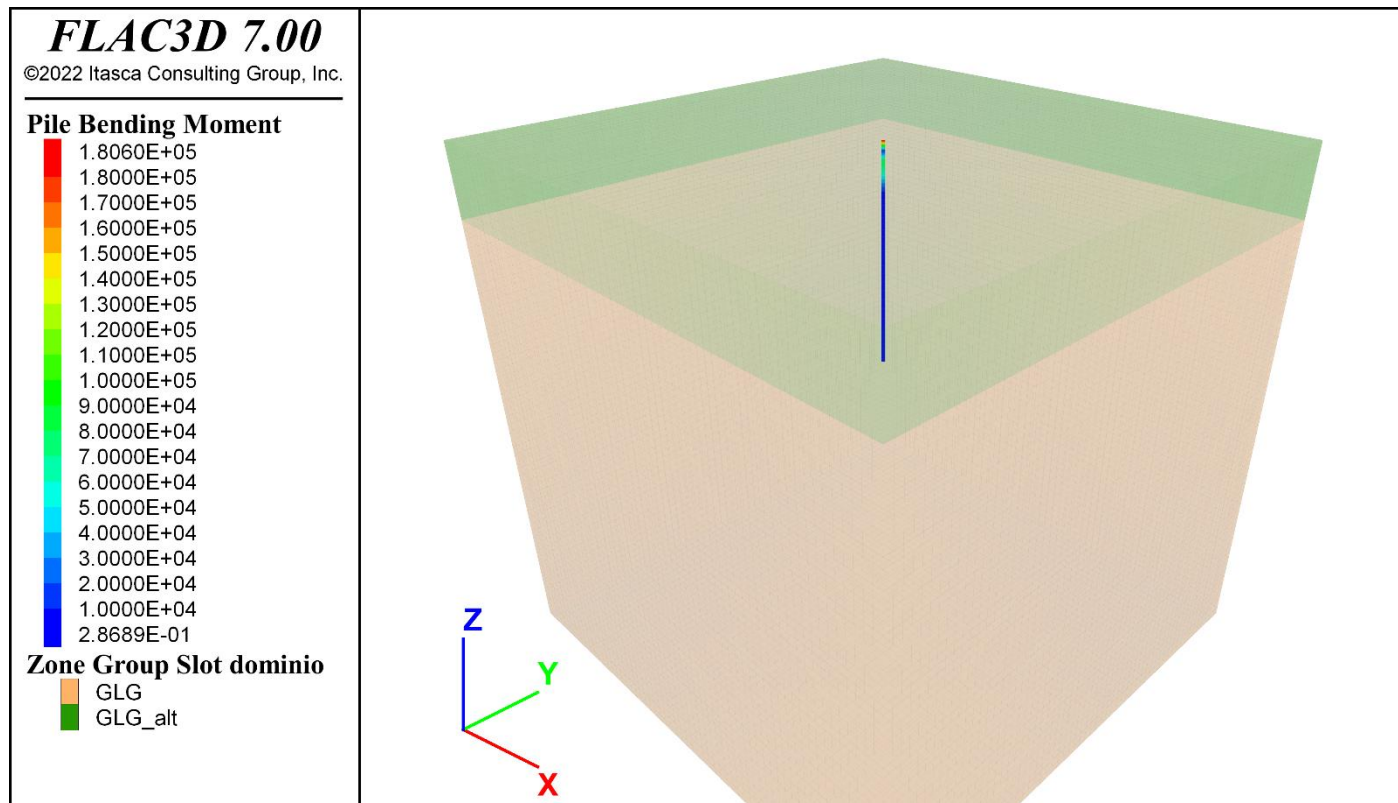
**Momento flettente nel micropalo – Configurazione 1**



**Azione di taglio nel micropalo – Configurazione 1**



### Momento flettente nel micropalo – Configurazione 2



### 10.7.3 Definizione dei carichi verticali in testa ai micropali

Seguendo la procedura di calcolo descritta al Paragrafo 9.6.1 e considerando cautelativamente il valore del momento flettente massimo in testa al micropalo ( $M = 91.9 \text{ kNm}$ ) fornito dall'analisi in configurazione 1, è possibile valutare l'incremento di azione assiale da utilizzare per ottenere i carichi verticali in testa ai micropali.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

GEOMETRIA DELLA PALIFICATA: Spalle 1 e 2				Combinazione:							51
MICROPALO	$x_i$	$y_i$	$d_i$	$V_{i,x}$	$V_{i,y}$	$V_{i,tot}$	delta Mx	delta My	N (senza incastro in testa al micropalo)	delta N (dovuto al vincolo di incastro)	N tot
	[m]	[m]	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	-4.0	7.8	8.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	124.5	6.3	130.8
2	-2.4	7.8	8.2	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	275.1	12.3	287.4
3	-0.8	7.8	7.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	425.7	18.3	444.0
4	0.8	7.8	7.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	576.3	24.3	600.6
5	2.4	7.8	8.2	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	726.9	30.3	757.3
6	4.0	7.8	8.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	877.5	36.3	913.9
7	-4.0	6.6	7.7	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	103.2	3.1	106.3
8	-2.4	6.6	7.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	253.8	9.1	262.9
9	-0.8	6.6	6.6	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	404.4	15.1	419.5
10	0.8	6.6	6.6	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	555.0	21.1	576.1
11	2.4	6.6	7.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	705.6	27.1	732.7
12	4.0	6.6	7.7	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	856.3	33.1	889.3
13	-4.0	5.4	6.7	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	81.9	-0.2	81.7
14	-2.4	5.4	5.9	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	232.5	5.8	238.3
15	-0.8	5.4	5.5	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	383.1	11.8	394.9
16	0.8	5.4	5.5	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	533.7	17.8	551.5
17	2.4	5.4	5.9	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	684.4	23.8	708.1



GEOMETRIA DELLA PALIFICATA: Spalle 1 e 2				Combinazione:							51
MICROPALO	$x_i$	$y_i$	$d_i$	$V_{i,x}$	$V_{i,y}$	$V_{i,tot}$	delta Mx	delta My	N (senza incastro in testa al micropalo)	delta N (dovuto al vincolo di incastro)	N tot
	[m]	[m]	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]
18	4.0	5.4	6.7	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	835.0	29.8	864.7
19	-4.0	4.2	5.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	60.6	-3.5	57.1
20	-2.4	4.2	4.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	211.2	2.5	213.7
21	-0.8	4.2	4.3	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	361.9	8.5	370.3
22	0.8	4.2	4.3	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	512.5	14.5	526.9
23	2.4	4.2	4.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	663.1	20.5	683.6
24	4.0	4.2	5.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	813.7	26.5	840.2
25	-4.0	3.0	5.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	39.3	-6.8	32.6
26	-2.4	3.0	3.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	190.0	-0.8	189.2
27	-0.8	3.0	3.1	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	340.6	5.2	345.8
28	0.8	3.0	3.1	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	491.2	11.2	502.4
29	2.4	3.0	3.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	641.8	17.2	659.0
30	4.0	3.0	5.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	792.4	23.2	815.6
31	-4.0	1.8	4.4	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	18.1	-10.1	8.0
32	-2.4	1.8	3.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	168.7	-4.1	164.6
33	-0.8	1.8	2.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	319.3	1.9	321.2
34	0.8	1.8	2.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	469.9	7.9	477.8
35	2.4	1.8	3.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	620.5	13.9	634.4
36	4.0	1.8	4.4	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	771.1	19.9	791.0
37	-4.0	0.6	4.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	-3.2	-13.4	-16.6
38	-2.4	0.6	2.5	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	147.4	-7.4	140.0
39	-0.8	0.6	1.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	298.0	-1.4	296.6
40	0.8	0.6	1.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	448.6	4.6	453.3
41	2.4	0.6	2.5	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	599.2	10.6	609.9
42	4.0	0.6	4.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	749.8	16.6	766.5
43	-4.0	-0.6	4.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	-24.5	-16.6	-41.1
44	-2.4	-0.6	2.5	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	126.1	-10.6	115.5
45	-0.8	-0.6	1.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	276.7	-4.6	272.1
46	0.8	-0.6	1.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	427.3	1.4	428.7
47	2.4	-0.6	2.5	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	577.9	7.4	585.3
48	4.0	-0.6	4.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	728.5	13.4	741.9
49	-4.0	-1.8	4.4	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	-45.8	-19.9	-65.7
50	-2.4	-1.8	3.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	104.8	-13.9	90.9
51	-0.8	-1.8	2.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	255.4	-7.9	247.5
52	0.8	-1.8	2.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	406.0	-1.9	404.1
53	2.4	-1.8	3.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	556.7	4.1	560.7
54	4.0	-1.8	4.4	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	707.3	10.1	717.3
55	-4.0	-3.0	5.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	-67.1	-23.2	-90.3
56	-2.4	-3.0	3.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	83.5	-17.2	66.3
57	-0.8	-3.0	3.1	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	234.1	-11.2	222.9
58	0.8	-3.0	3.1	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	384.8	-5.2	379.6
59	2.4	-3.0	3.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	535.4	0.8	536.2
60	4.0	-3.0	5.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	686.0	6.8	692.8
61	-4.0	-4.2	5.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	-88.4	-26.5	-114.8
62	-2.4	-4.2	4.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	62.3	-20.5	41.8
63	-0.8	-4.2	4.3	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	212.9	-14.5	198.4
64	0.8	-4.2	4.3	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	363.5	-8.5	355.0
65	2.4	-4.2	4.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	514.1	-2.5	511.6
66	4.0	-4.2	5.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	664.7	3.5	668.2
67	-4.0	-5.4	6.7	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	-109.6	-29.8	-139.4
68	-2.4	-5.4	5.9	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	41.0	-23.8	17.2
69	-0.8	-5.4	5.5	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	191.6	-17.8	173.8
70	0.8	-5.4	5.5	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	342.2	-11.8	330.4
71	2.4	-5.4	5.9	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	492.8	-5.8	487.0
72	4.0	-5.4	6.7	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	643.4	0.2	643.6
73	-4.0	-6.6	7.7	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	-130.9	-33.1	-164.0
74	-2.4	-6.6	7.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	19.7	-27.1	-7.4
75	-0.8	-6.6	6.6	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	170.3	-21.1	149.2

CODIFICA DOCUMENTO <b>T 00-EG 00-GEN-RE 01</b>	PROGETTAZIONE		REV. <b>A</b>	FOGLIO 154 di 166
	MANDATARIA <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI <b>ETA S.p.A.</b>	Data Ott '23	
		<b>sinergo</b>	<b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	

GEOMETRIA DELLA PALIFICATA: Spalle 1 e 2				Combinazione:							51
MICROPALO	$x_i$	$y_i$	$d_i$	$V_{i,x}$	$V_{i,y}$	$V_{i,tot}$	delta Mx	delta My	N (senza incastro in testa al micropalo)	delta N (dovuto al vincolo di incastro)	N tot
	[m]	[m]	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]
76	0.8	-6.6	6.6	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	320.9	-15.1	305.9
77	2.4	-6.6	7.0	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	471.5	-9.1	462.5
78	4.0	-6.6	7.7	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	622.1	-3.1	619.1
79	-4.0	-7.8	8.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	-152.2	-36.3	-188.5
80	-2.4	-7.8	8.2	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	-1.6	-30.3	-31.9
81	-0.8	-7.8	7.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	149.0	-24.3	124.7
82	0.8	-7.8	7.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	299.6	-18.3	281.3
83	2.4	-7.8	8.2	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	450.2	-12.3	437.9
84	4.0	-7.8	8.8	226.5	100.8	247.9	64.0	28.0	600.8	-6.3	594.5

#### 10.7.4 Verifiche del micropalo

##### 10.7.4.1 Verifiche di capacità portante verticale

Considerando i risultati di cui al Paragrafo 9.8.3, il massimo carico verticale  $N_{Ed}$  risulta essere pari a 913.9 kN. La capacità portante verticale, valutata secondo la formulazione descritta al Paragrafo 9.5.1, risulta essere (considerando che il micropalo è immersato nel substrato di GLG per almeno 7 m di lunghezza):

$$R_{c,d} = \frac{\tau_k \cdot D \cdot \pi \cdot L_{immorsamento}}{\xi \cdot \gamma_R} = \frac{450 \text{ kPa} \cdot 0.3 \text{ m} \cdot \pi \cdot 7 \text{ m}}{1.7 \cdot 1.15} = 1518.6 \text{ kN}$$

La verifica a capacità portante verticale risulta soddisfatta in quanto:

$$N_{Rd,c} = 1518.6 \text{ kN} \geq 913.9 \text{ kN} = |N_{Ed}|$$

##### 10.7.4.2 Verifica di capacità portante orizzontale

La verifica a capacità portante orizzontale può essere considerata soddisfatta in quanto l'analisi numerica nella configurazione 3, che tiene conto del carico orizzontale massimo in testa al micropalo, amplificato per i coefficienti di normativa di riduzione delle resistenze, risulta raggiungere l'equilibrio senza che si verifichi nessuno dei cinematismi di collasso di cui al Paragrafo 9.5.2; in caso contrario, l'analisi numerica non riuscirebbe a convergere.

##### 10.7.4.3 Verifiche strutturali del palo

Di seguito si riportano i valori del momento e del taglio resistente del tubolare di acciaio S355 che costituisce l'armatura del micropalo:  $\phi 139.1$  mm, spessore 12.5 mm.

$$M_{rd} = 138.98 \text{ kNm}$$

$$V_{rd} = 884.25 \text{ kN}$$

Le verifiche risultano soddisfatte in quanto i valori resistenti di progetto di momento e taglio superano i valori sollecitanti ricavati dalle analisi numeriche.

## 11 APPENDICE – Scarichi all'intradosso delle platee di fondazione

### Pila 1

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
1	1	SLU_1			340	760	14590	18190	3870	140
2	1	SLU_2			-120	-470	37050	-1030	-1340	-50
3	1	SLU_3			630	450	18040	14670	7190	40
4	1	SLU_4			-420	-450	33530	-13610	-4830	-110
5	1	SLU_5			310	770	30210	-7230	3530	120
6	1	SLU_6			-110	-780	19670	-1630	-1200	-110
7	1	SLU_7			350	760	28350	13420	3980	220
8	1	SLU_8			-150	-770	22090	-23560	-1640	-210
9	1	SLU_9			320	760	30980	25640	3640	170
10	1	SLU_10			-130	-760	23800	-28210	-1460	-150
11	1	SLU_11			630	450	18040	14670	7190	40
12	1	SLU_12			-420	-450	33530	-13610	-4830	-110
13	1	SLE_RARA_1			250	510	19020	12360	2800	100
14	1	SLE_RARA_2			-60	-320	26930	80	-690	-30
15	1	SLE_RARA_3			460	300	21500	10280	5270	30
16	1	SLE_RARA_4			-290	-300	24330	-9270	-3270	-80
17	1	SLE_RARA_5			230	520	22170	-5550	2570	80
18	1	SLE_RARA_6			-60	-520	22410	-790	-590	-70
19	1	SLE_RARA_7			250	510	20800	8640	2890	160
20	1	SLE_RARA_8			-80	-510	24200	-15930	-900	-140
21	1	SLE_RARA_9			230	510	22710	17710	2650	120
22	1	SLE_RARA_10			-70	-510	25490	-19390	-780	-100
23	1	SLE_RARA_11			460	300	21500	10280	5270	30
24	1	SLE_RARA_12			-290	-300	24330	-9270	-3270	-80
25	1	SLE_FREQ_1			200	110	20500	3400	2250	30
26	1	SLE_FREQ_2			-20	-20	24820	5390	-230	20
27	1	SLE_FREQ_3			220	10	22440	3550	2470	-40
28	1	SLE_FREQ_4			-40	-10	23390	-2540	-440	-30
29	1	SLE_FREQ_5			190	110	20850	1040	2200	30
30	1	SLE_FREQ_6			-20	-110	21310	420	-160	-20
31	1	SLE_FREQ_7			210	10	22370	-2970	2370	70
32	1	SLE_FREQ_8			-30	-10	22630	-4330	-350	-60
33	1	SLE_FREQ_9			190	10	24280	6100	2120	30
34	1	SLE_FREQ_10			-20	-10	23920	-7790	-220	-20
35	1	SLE_FREQ_11			220	10	22440	3550	2470	-40
36	1	SLE_FREQ_12			-40	-10	23390	-2540	-440	-30
37	1	SLE_QP_1			190	10	20810	1090	2190	20

**SOLLECITAZIONI DA SAP2000**

	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
38	1	SLE_QP_2			-20	-10	21350	370	-160	10
39	1	SLE_QP_3			190	10	20810	1090	2190	20
40	1	SLE_QP_4			-20	-10	21350	370	-160	10
41	1	SLE_QP_5			190	10	21150	660	2140	10
42	1	SLE_QP_6			-10	-20	21010	800	-100	10
43	1	SLE_QP_7			190	10	21100	940	2170	20
44	1	SLE_QP_8			-20	-10	21060	520	-130	10
45	1	SLE_QP_9			190	10	20810	1090	2190	20
46	1	SLE_QP_10			-20	-10	21350	370	-160	10
47	1	SLE_QP_11			190	10	20810	1090	2190	20
48	1	SLE_QP_12			-20	-10	21350	370	-160	10
49	1	SLV_1			862	667	19417	8033	8618	168
50	1	SLV_2			-692	-667	22743	-6573	-6588	-138
51	1	SLV_3			2255	716	20327	8572	22583	196
52	1	SLV_4			-2085	-716	21833	-7112	-20553	-166
53	1	SLV_5			925	2039	20674	22443	9303	438
54	1	SLV_6			-745	-2049	21486	-20983	-7263	-418
55	1	SLV_7			925	2039	20624	22723	9333	448
56	1	SLV_8			-755	-2039	21536	-21263	-7293	-418
57	1	SLV_9			925	2039	20334	22873	9353	448
58	1	SLV_10			-755	-2039	21826	-21413	-7323	-418
59	1	SLV_11			2255	716	20327	8572	22583	196
60	1	SLV_12			-2085	-716	21833	-7112	-20553	-166

**Pila 2**

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
1	1	SLU_1			-10	850	15560	20390	-20	10
2	1	SLU_2			10	-520	38550	-1840	30	-10
3	1	SLU_3			310	520	19550	9710	4170	50
4	1	SLU_4			-310	-510	34580	-15120	-4170	-50
5	1	SLU_5			10	880	31760	-4870	60	20
6	1	SLU_6			10	-870	22900	580	110	-40
7	1	SLU_7			30	530	31740	5650	390	110
8	1	SLU_8			-30	-520	22480	-19610	-400	-110
9	1	SLU_9			10	850	32600	28760	30	-10
10	1	SLU_10			10	-840	24880	-31210	20	10
11	1	SLU_11			310	520	19550	9710	4170	50
12	1	SLU_12			-310	-510	34580	-15120	-4170	-50
13	1	SLE_RARA_1			-10	570	20000	13850	-20	10
14	1	SLE_RARA_2			10	-350	28080	-440	20	-10
15	1	SLE_RARA_3			230	350	22880	6500	3090	40
16	1	SLE_RARA_4			-230	-340	25140	-10250	-3090	-40
17	1	SLE_RARA_5			10	590	23340	-3980	50	10
18	1	SLE_RARA_6			10	-580	25070	1060	80	-30
19	1	SLE_RARA_7			30	350	23260	3280	290	80
20	1	SLE_RARA_8			-30	-340	24830	-13360	-300	-90
21	1	SLE_RARA_9			10	570	23930	19820	20	-10
22	1	SLE_RARA_10			10	-560	26580	-21370	10	10
23	1	SLE_RARA_11			230	350	22880	6500	3090	40
24	1	SLE_RARA_12			-230	-340	25140	-10250	-3090	-40
25	1	SLE_FREQ_1			-10	20	21580	470	-20	10
26	1	SLE_FREQ_2			10	-20	25940	5880	20	-10
27	1	SLE_FREQ_3			30	20	23820	-1500	290	40
28	1	SLE_FREQ_4			-30	-10	24200	-2270	-300	-40
29	1	SLE_FREQ_5			10	130	21960	1490	10	10
30	1	SLE_FREQ_6			-10	-130	22300	190	-10	10
31	1	SLE_FREQ_7			20	20	23720	-3350	220	60
32	1	SLE_FREQ_8			-20	-10	23410	-3810	-220	-60
33	1	SLE_FREQ_9			10	10	25510	6380	20	-10
34	1	SLE_FREQ_10			10	10	25000	-7940	20	10
35	1	SLE_FREQ_11			30	20	23820	-1500	290	40
36	1	SLE_FREQ_12			-30	-10	24200	-2270	-300	-40
37	1	SLE_QP_1			10	10	21910	940	10	10
38	1	SLE_QP_2			-10	-10	22350	740	-10	10
39	1	SLE_QP_3			10	10	21910	1240	10	10

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
40	1	SLE_QP_4			-10	-10	22340	440	-10	10
41	1	SLE_QP_5			10	10	22270	780	10	10
42	1	SLE_QP_6			-10	-10	21980	900	-10	10
43	1	SLE_QP_7			10	10	22280	1090	10	10
44	1	SLE_QP_8			-10	-10	21980	590	-10	10
45	1	SLE_QP_9			10	10	21910	1240	10	10
46	1	SLE_QP_10			-10	-10	22340	440	-10	10
47	1	SLE_QP_11			10	10	21910	1240	10	10
48	1	SLE_QP_12			-10	-10	22340	440	-10	10
49	1	SLV_1			679	721	20662	9772	7357	38
50	1	SLV_2			-679	-721	23598	-8092	-7357	-18
51	1	SLV_3			2121	714	21509	10016	24143	66
52	1	SLV_4			-2121	-714	22741	-8336	-24143	-46
53	1	SLV_5			686	2275	21855	29716	7378	38
54	1	SLV_6			-686	-2275	22395	-28036	-7378	-18
55	1	SLV_7			686	2275	21865	30026	7378	38
56	1	SLV_8			-686	-2275	22395	-28346	-7378	-18
57	1	SLV_9			686	2275	21495	30176	7378	38
58	1	SLV_10			-686	-2275	22755	-28496	-7378	-18
59	1	SLV_11			2121	714	21509	10016	24143	66
60	1	SLV_12			-2121	-714	22741	-8336	-24143	-46

**Pila 3**

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
1	1	SLU_1			110	760	15300	20040	1580	150
2	1	SLU_2			-300	-480	37940	-2410	-4250	-130
3	1	SLU_3			420	480	31260	9110	6010	110
4	1	SLU_4			-620	-490	21890	-8170	-8950	-40
5	1	SLU_5			120	800	31060	-4670	1630	110
6	1	SLU_6			-310	-800	22600	630	-4460	-160
7	1	SLU_7			150	770	17660	14270	2040	210
8	1	SLU_8			-350	-760	34320	-24190	-4960	-220
9	1	SLU_9			130	760	31880	27560	1800	110
10	1	SLU_10			-320	-760	24460	-30100	-4560	-130
11	1	SLU_11			420	480	31260	9110	6010	110
12	1	SLU_12			-620	-490	21890	-8170	-8950	-40
13	1	SLE_RARA_1			60	510	19710	13580	790	90
14	1	SLE_RARA_2			-220	-320	27590	-870	-3100	-90
15	1	SLE_RARA_3			280	320	22880	5880	4070	80
16	1	SLE_RARA_4			-450	-330	24290	-4960	-6560	-30
17	1	SLE_RARA_5			60	530	22800	-3820	820	70
18	1	SLE_RARA_6			-230	-530	24750	1060	-3230	-120
19	1	SLE_RARA_7			80	520	21460	9310	1130	140
20	1	SLE_RARA_8			-250	-510	24840	-16430	-3600	-150
21	1	SLE_RARA_9			70	510	23380	18980	930	70
22	1	SLE_RARA_10			-230	-500	26150	-20640	-3290	-90
23	1	SLE_RARA_11			280	320	22880	5880	4070	80
24	1	SLE_RARA_12			-450	-330	24290	-4960	-6560	-30
25	1	SLE_FREQ_1			20	110	21170	3660	240	20
26	1	SLE_FREQ_2			-180	-20	25480	5280	-2620	-30
27	1	SLE_FREQ_3			40	10	23830	-1980	550	30
28	1	SLE_FREQ_4			-220	-20	23340	2890	-3070	30
29	1	SLE_FREQ_5			20	110	21500	1350	230	20
30	1	SLE_FREQ_6			-190	-120	21980	80	-2760	-30
31	1	SLE_FREQ_7			30	20	23030	-3660	430	60
32	1	SLE_FREQ_8			-210	-10	23280	-3480	-2940	-60
33	1	SLE_FREQ_9			20	-10	24950	6020	240	-20
34	1	SLE_FREQ_10			-180	10	24580	-7690	-2630	10
35	1	SLE_FREQ_11			40	10	23830	-1980	550	30
36	1	SLE_FREQ_12			-220	-20	23340	2890	-3070	30
37	1	SLE_QP_1			20	10	21480	1080	160	-10
38	1	SLE_QP_2			-190	-10	22010	340	-2690	-20
39	1	SLE_QP_3			20	10	21760	940	190	-10

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
40	1	SLE_QP_4			-190	-20	21720	490	-2730	-20
41	1	SLE_QP_5			20	10	21810	660	160	-10
42	1	SLE_QP_6			-190	-20	21670	760	-2690	-10
43	1	SLE_QP_7			20	10	21480	1080	160	-10
44	1	SLE_QP_8			-190	-10	22010	340	-2690	-20
45	1	SLE_QP_9			20	10	21480	1080	160	-10
46	1	SLE_QP_10			-190	-10	22010	340	-2690	-20
47	1	SLE_QP_11			20	10	21760	940	190	-10
48	1	SLE_QP_12			-190	-20	21720	490	-2730	-20
49	1	SLV_1			718	698	20073	9696	8525	138
50	1	SLV_2			-888	-698	23417	-8276	-11055	-168
51	1	SLV_3			2195	740	21284	10235	26839	166
52	1	SLV_4			-2365	-750	22196	-8805	-29379	-196
53	1	SLV_5			795	2112	21341	27805	9498	418
54	1	SLV_6			-965	-2122	22139	-26385	-12028	-438
55	1	SLV_7			795	2112	21011	28225	9498	418
56	1	SLV_8			-965	-2112	22479	-26805	-12028	-448
57	1	SLV_9			795	2112	21011	28225	9498	418
58	1	SLV_10			-965	-2112	22479	-26805	-12028	-448
59	1	SLV_11			2195	740	21284	10235	26839	166
60	1	SLV_12			-2365	-750	22196	-8805	-29379	-196



CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE			REV. A	FOGLIO 161 di 166
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  ZITEMA s.r.l. INGEGNERIA VALUTAZIONE AMBIENTALE	 sinergo	 D_VA D_VisionArchitecture	
					Data Ott '23

## Spalla 1

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
1	1	SLU_1			10913	560	37651	6603	12309	-630
2	1	SLU_2			10063	-370	45441	1439	17371	495
3	1	SLU_3			11183	320	38031	3722	14982	-360
4	1	SLU_4			9763	-350	44001	-5873	12877	375
5	1	SLU_5			10903	560	38121	7093	12930	-610
6	1	SLU_6			10083	-590	42151	-6064	12594	705
7	1	SLU_7			10083	-590	42151	-6064	12594	705
8	1	SLU_8			10913	560	37651	6603	12309	-630
9	1	SLU_9			10813	340	43661	11639	20546	-340
10	1	SLU_10			10133	-360	41961	-11097	12698	340
11	1	SLU_11			10813	340	43661	11639	20546	-340
12	1	SLU_12			10103	-580	41221	-11010	11356	570
13	1	SLE_RARA_1			7415	370	28653	4571	11983	-405
14	1	SLE_RARA_2			6865	-250	32373	1355	13274	335
15	1	SLE_RARA_3			7615	210	28903	2650	13914	-225
16	1	SLE_RARA_4			6635	-230	31323	-4027	9912	235
17	1	SLE_RARA_5			7395	370	29003	4931	12350	-395
18	1	SLE_RARA_6			6875	-400	29913	-4012	9668	480
19	1	SLE_RARA_7			6875	-400	29913	-4012	9668	480
20	1	SLE_RARA_8			7415	370	28653	4571	11983	-405
21	1	SLE_RARA_9			7365	220	31153	8254	15344	-220
22	1	SLE_RARA_10			6885	-250	31723	-7755	12457	245
23	1	SLE_RARA_11			7365	220	31153	8254	15344	-220
24	1	SLE_RARA_12			6875	-400	29913	-4012	9668	480
25	1	SLE_FREQ_1			7001	-10	29143	-44	10586	25
26	1	SLE_FREQ_2			6611	-30	31483	3119	11048	95
27	1	SLE_FREQ_3			7041	10	29453	574	11357	15
28	1	SLE_FREQ_4			6581	-30	29693	279	8132	65
29	1	SLE_FREQ_5			7011	80	29473	1480	11155	-70
30	1	SLE_FREQ_6			6621	-100	29663	-638	8402	130
31	1	SLE_FREQ_7			6621	-100	29663	-638	8402	130
32	1	SLE_FREQ_8			7011	80	29473	1480	11155	-70
33	1	SLE_FREQ_9			6981	-10	30963	4156	13159	45
34	1	SLE_FREQ_10			6621	-30	30973	-3671	10367	15
35	1	SLE_FREQ_11			6981	-10	30963	4156	13159	45
36	1	SLE_FREQ_12			6581	-30	29693	279	8132	65
37	1	SLE_QP_1			6030	-10	29403	426	6654	45
38	1	SLE_QP_2			5660	-30	29733	269	4268	65
39	1	SLE_QP_3			6040	-10	29463	426	6828	45

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
40	1	SLE_QP_4			5650	-30	29683	279	4119	65
41	1	SLE_QP_5			6030	-10	29573	436	6909	45
42	1	SLE_QP_6			5660	-30	29573	269	4028	65
43	1	SLE_QP_7			5670	-30	29623	259	4177	65
44	1	SLE_QP_8			6020	-10	29513	446	6745	45
45	1	SLE_QP_9			6020	-10	29513	446	6745	45
46	1	SLE_QP_10			5670	-30	29623	259	4177	65
47	1	SLE_QP_11			6030	-10	29573	436	6909	45
48	1	SLE_QP_12			5660	-30	29573	269	4028	65
49	1	SLV_1			17870	8397	30103	34389	49486	5552
50	1	SLV_2			16394	7535	31429	27090	39975	6485
51	1	SLV_3			19028	8467	30464	34864	59039	5475
52	1	SLV_4			15236	7465	31078	26625	30447	6562
53	1	SLV_5			17975	9272	30602	41459	51052	4582
54	1	SLV_6			16289	-9312	30940	-40754	38424	-4472
55	1	SLV_7			16299	6660	30990	20020	38573	7454
56	1	SLV_8			17965	-6700	30542	-19315	50888	-7344
57	1	SLV_9			17965	9272	30542	41469	50888	4582
58	1	SLV_10			16299	-9312	30990	-40764	38573	-4472
59	1	SLV_11			19028	8467	30464	34864	59039	5475
60	1	SLV_12			15236	7465	31078	26625	30447	6562

## Spalla 2

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint [-]	OutputCase [-]	CaseType [-]	StepType [-]	F1 [kN]	F2 [kN]	F3 [kN]	M1 [kNm]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
1	1	SLU_1			-4689	570	27835	5017	-3660	1095
2	1	SLU_2			-5369	-370	35605	2559	-18563	-795
3	1	SLU_3			-4319	360	33135	1557	-9839	700
4	1	SLU_4			-5759	-380	29255	-3594	-10906	-700
5	1	SLU_5			-4679	570	29185	7077	-5631	1055
6	1	SLU_6			-5409	-600	33205	-7088	-15158	-1130
7	1	SLU_7			-4669	560	29615	1573	-6232	1160
8	1	SLU_8			-5379	-590	33775	-1974	-15872	-1235
9	1	SLU_9			-4659	340	33835	10689	-12518	600
10	1	SLU_10			-5409	-370	32125	-10101	-13538	-625
11	1	SLU_11			-4689	570	27835	5017	-3660	1095
12	1	SLU_12			-5369	-370	35605	2559	-18563	-795
13	1	SLE_RARA_1			-3219	380	21703	3544	-5797	720
14	1	SLE_RARA_2			-3689	-250	25423	2115	-13635	-545
15	1	SLE_RARA_3			-2969	240	23673	901	-7557	470
16	1	SLE_RARA_4			-3949	-260	22653	-2229	-10719	-490
17	1	SLE_RARA_5			-3209	380	22713	5054	-7268	690
18	1	SLE_RARA_6			-3719	-410	23603	-4886	-11047	-765
19	1	SLE_RARA_7			-3199	370	23023	961	-7689	765
20	1	SLE_RARA_8			-3699	-400	24043	-1092	-11609	-840
21	1	SLE_RARA_9			-3219	230	24203	7677	-9547	405
22	1	SLE_RARA_10			-3699	-250	24773	-7025	-12704	-425
23	1	SLE_RARA_11			-3219	380	21703	3544	-5797	720
24	1	SLE_RARA_12			-3689	-250	25423	2115	-13635	-545
25	1	SLE_FREQ_1			-3084	10	22193	84	-6292	5
26	1	SLE_FREQ_2			-3414	-20	24533	3272	-11377	-100
27	1	SLE_FREQ_3			-3024	10	22603	554	-6614	-5
28	1	SLE_FREQ_4			-3484	-30	22633	359	-8864	-75
29	1	SLE_FREQ_5			-3064	80	22473	1260	-6614	140
30	1	SLE_FREQ_6			-3454	-100	22773	-348	-8933	-210
31	1	SLE_FREQ_7			-3064	80	22473	1260	-6614	140
32	1	SLE_FREQ_8			-3454	-100	22773	-348	-8933	-210
33	1	SLE_FREQ_9			-3064	-10	24013	4206	-8924	-55
34	1	SLE_FREQ_10			-3434	-30	24023	-3581	-10710	-15
35	1	SLE_FREQ_11			-3084	10	22193	84	-6292	5
36	1	SLE_FREQ_12			-3414	-20	24533	3272	-11377	-100
37	1	SLE_QP_1			-2441	-10	22463	466	-4796	-35
38	1	SLE_QP_2			-2791	-20	22783	402	-6959	-60
39	1	SLE_QP_3			-2421	-10	22613	466	-4934	-35

SOLLECITAZIONI DA SAP2000										
	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
40	1	SLE_QP_4			-2811	-30	22623	359	-6817	-75
41	1	SLE_QP_5			-2431	-10	22563	476	-4902	-35
42	1	SLE_QP_6			-2801	-30	22673	349	-6838	-75
43	1	SLE_QP_7			-2431	-10	22563	476	-4902	-35
44	1	SLE_QP_8			-2801	-30	22673	349	-6838	-75
45	1	SLE_QP_9			-2431	-10	22563	476	-4902	-35
46	1	SLE_QP_10			-2801	-30	22673	349	-6838	-75
47	1	SLE_QP_11			-2441	-10	22463	466	-4796	-35
48	1	SLE_QP_12			-2791	-20	22783	402	-6959	-60
49	1	SLV_1			-10030	-5368	22833	17029	-19890	2704
50	1	SLV_2			-11498	-6232	24149	12194	-28908	1036
51	1	SLV_3			-8848	-5298	23284	17300	-14927	2837
52	1	SLV_4			-12680	-6312	23688	11879	-33865	888
53	1	SLV_5			-9915	7091	23262	-6708	-19988	559
54	1	SLV_6			-11613	-7131	23710	7533	-28795	-669
55	1	SLV_7			-9915	-4479	23262	21646	-19988	4395
56	1	SLV_8			-11613	4439	23710	-20822	-28795	-4505
57	1	SLV_9			-9915	-4479	23262	21646	-19988	4395
58	1	SLV_10			-11613	4439	23710	-20822	-28795	-4505
59	1	SLV_11			-8848	-5298	23284	17300	-14927	2837
60	1	SLV_12			-12680	-6312	23688	11879	-33865	888

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	165 di 166
			Data Ott '23	

## 12 RIEPILOGO INCIDENZE C.A.

Dalle verifiche effettuate sugli elementi in c.a. costituenti la sottostruttura in oggetto, si riassumono di seguito i principali valori di incidenza di armature previsti rispetto ai volumi totali di calcestruzzo.

Sottostruttura	Plinto (kg/m <sup>2</sup> )	Elevazione (kg/m <sup>2</sup> )	Paraghiaia (kg/m <sup>2</sup> )	Muri (kg/m <sup>2</sup> )
PILA P2	100	120	-	-
SPALLA SP1	100	80	140	90

CODIFICA DOCUMENTO  T 00-EG 00-GEN-RE 01	PROGETTAZIONE  MANDATARIA  <b>PRO ITER</b> Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.		REV.  A	FOGLIO  166 di 166
MANDANTI  <b>CITAVIA</b> S.p.A. Società a partecipazione paritetica ANAS - ARS S.p.A.			Data  Ott '23	
		 <b>sinergo</b>	 <b>D_VA</b> D_VisionArchitecture	