

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria



Mandanti



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA



MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

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

RELAZIONE DI GEOTECNICA E DI CALCOLO DELLE OPERE PROVVISORIALI

L'Appaltatore

Ing. Giuguido Babini

A.A.D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l.

Il Direttore Tecnico

(Ing. Giuguido Babini)

data

firma

I progettisti (il Direttore della progettazione)

Ing. Massimo Facchini

data

HUB ENGINEERING

CONSORZIO STABILE scrl

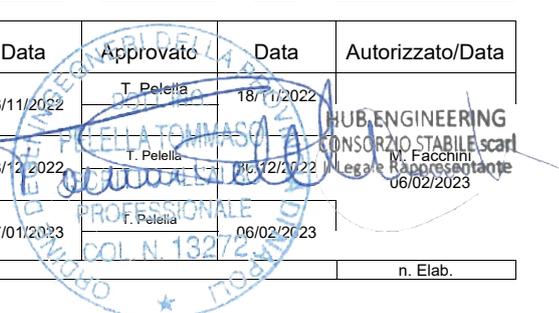
Il Legale Rappresentante

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I O B	0 2	E	Z Z	C L	G I O 1 0 0	0 0 1	C	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	S. Iovinella	14/11/2022	S. Carozza	16/11/2022	T. Peletta	18/11/2022	
B	Aggiornamento a seguito RDV	S. Iovinella	28/12/2022	S. Carozza	28/12/2022	T. Peletta	28/12/2022	
C	Aggiornamento a seguito RDV	S. Iovinella	27/01/2023	S. Carozza	27/01/2023	F. Peletta	06/02/2023	

File: LI0B02EZZCLGI0200001C

n. Elab.



**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	2

Indice

1	PREMESSA.....	5
2	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3.1	LEGGI E NORMATIVE COGENTI.....	6
3.2	PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE (RFI, ITF).....	6
4	DESCRIZIONE DELL’OPERA	6
4.1	IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO	6
5	FASE CONOSCITIVA	7
5.1	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA	7
5.1.1	DEFINIZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI UTILIZZATI NELLE ANALISI	9
5.1.2	IL REGIME IDRAULICO	9
5.2	CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA	9
6	SOLUZIONI PROGETTUALI.....	13
7	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI.....	16
7.1	CALCESTRUZZO	16
7.2	ACCIAIO DI ARMATURA - BARRE	16
7.3	ACCIAIO ARMONICO PER TIRANTI.....	17
7.4	ACCIAIO PER TRAVI DI RIPARTIZIONI	17
8	ANALISI DEI CARICHI STATICI DI PROGETTO	18
8.1	STATICA DELLE TERRE E DELL’ACQUA.....	18
8.2	AZIONE DEL SOVRACCARICO A TERGO DELLA PARATIA.....	20
9	DETERMINAZIONE DELL’AZIONE SISMICA DI PROGETTO	20
9.1	VALUTAZIONE DELL’AZIONE SISMICA.....	20
9.2	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO	20
9.3	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	20
9.4	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA	21

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	3

9.5	SPETTRI DI RISPOSTA SLV	23
9.6	ANALISI PSEUDOSTATICA	26
9.7	CALCOLO INERZIA SISMICA SUL PALO	27
9.8	CALCOLO DELLA SPINTA SISMICA.....	27
10	VERIFICHE AGLI STATI LIMITI E PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO GEOTECNICI	28
10.1	CRITERI DI VERIFICA STRUTTURALE	36
10.1.1	VERIFICHE DELLE SEZIONI IN C.A.	36
10.1.2	VERIFICHE DEI TIRANTI DI ANCORAGGIO	37
10.4	CRITERI DI VERIFICA GEOTECNICA.....	38
11	METODO DI ANALISI - CALCOLO PARATIA.....	38
12	MODELLI DI CALCOLO	52
12.1	MODELLO SEZ1 pk 5+256,90	64
12.1.2	FASI DI CALCOLO	67
12.1.3	RISULTATI E VERIFICHE	75
12.1.3.1	VERIFICHE STRUTTURALI	93
12.2	MODELLO SEZ 2 pk 6+812	110
12.2.2	FASI DI CALCOLO	112
12.2.3	RISULTATI DELLE ANALISI.....	118
12.2.3.1	VERIFICHE STRUTTURALI	135
12.2.3.1.2	VERIFICHE STRUTTURALI DELLE SEZIONI IN C.A.....	135
12.3	MODELLO SEZ 3 pk 5+255,85	151
12.3.2	FASI DI CALCOLO	153
12.3.3	RISULTATI DELLE ANALISI.....	156
12.3.3.1	SOLLECITAZIONI MASSIME DELLA SEZIONE IN C.A.	170
12.3.3.1.2	VERIFICHE STRUTTURALI	170
12.4	MODELLO SEZ 4 pk 5+255,85	185
12.4.1	FASI DI CALCOLO	187
12.4.2	RISULTATI DELLE ANALISI.....	189
12.4.3	VERIFICHE STRUTTURALI	201
12.4.3.1	VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE IN C.A.....	201
13	VERIFICA STABILITA' LOCALE VERSANTE SEZIONE 1.....	211

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	4

13.1	Risultati analisi di stabilità ante e post operam.....	212
14	INCIDENZE	218
15	ALLEGATO 1	219
16	ALLEGATO 2	219
17	ALLEGATO 3	219
18	ALLEGATO 4.....	219
19	ALLEGATO 5.....	219
20	ALLEGATO 6.....	219
21	ALLEGATO 7	219
22	ALLEGATO 8	219

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	5

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative al raddoppio ferroviario della Linea Bari - Pescara nella tratta Termoli - Ripalta, per uno sviluppo complessivo di 24.930,52 km.

Oggetto della presente relazione sono lo studio, il dimensionamento e la verifica degli interventi necessari all'esecuzione delle opere di imbocco Nord della galleria naturale Campomarino.

2 SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione si affrontano le problematiche progettuali connesse alla realizzazione delle opere di imbocco della galleria Campomarino, prevista sull'asse principale del tracciato di progetto, tra le pk 5+256.90 e 6+809.00.

In questo documento vengono descritte e verificate le opere di imbocco e vengono definite le modalità di realizzazione delle stesse. Nello specifico vengono illustrate le soluzioni progettuali adottate, le verifiche di dimensionamento geotecnico e strutturale delle opere di sostegno, le verifiche di stabilità dell'insieme opera- terreno e le verifiche strutturali delle gallerie artificiali.

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	6

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

3.1 LEGGI E NORMATIVE COGENTI

Rif. [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 14/01/2008, "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";

Rif. [2] C.S.LL.PP., Circolare n°617 del 02/02/2009, "Istruzioni per l'applicazione delle "nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14/01/2008".

3.2 PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE (RFI, ITF)

Sono stati utilizzati come input per il presente documento i seguenti elaborati:

Rif. [3] U.O. Gallerie, documento n° LI0B02EZZRGGN0000001A "ELABORATI GENERALI - Relazione tecnica delle opere in sotterraneo" datato Agosto 2021;

Rif. [4] U.O. Gallerie, documento n° LI0B02EZZGEGN0100001A "ELABORATI GENERALI - Relazione geotecnica e di calcolo delle opere in sotterraneo" datato Agosto 2021;

Rif. [5] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZFZGN0100001A LIO2O2DO7F6GNO1O0001B "GALLERIA CAMPOMARINO - Profilo geotecnico" datato Agosto 2021;

Rif. [6] U.O. Gallerie, documento n°LI0B02EZZSPGN0000001A Caratteristiche dei materiali - Note generali, datato Ottobre 2018;

Rif. [7] U.O. Geologia Tecnica dell'Ambiente e Territorio - Elaborati specialistici.

4 DESCRIZIONE DELL'OPERA

4.1 IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO

Di seguito sono elencate le progressive di riferimento dell'opera d'imbocco (binario dispari):

- da pk 5+229.15 a pk 5+246.15 (L=17.0m) galleria artificiale - portale a becco di flauto;
- da pk 5+246.15 a pk 5+251.30 (L=5.15 m) galleria artificiale - sezione policentrica;
- da pk 5+251.30 a pk 5+256.90 (L=5.0 m) galleria artificiale - dima d'attacco.

La galleria naturale, da pk 5+256.90 a pk 6+809.00, presenta coperture comprese tra i 20 m e i 50 m, ed un andamento altimetrico in salita con pendenza costante pari al 10.80.

Le opere di sostegno provvisionali degli scavi della trincea di approccio alla parete di attacco dello scavo in sotterraneo sono costituite da una paratia di pali è costituita da pali rototrivellati Ø1200 ad interasse di 1.4 m. La paratia è costituita da due ali laterali che vengono realizzate in una prima fase,

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	7

successivamente si predispongono un rilevato di approccio necessario per il completamento della paratia frontale e per il consolidamento del versante sovrastante.

Di seguito si riportano alcune immagini rappresentative delle sezioni di imbocco. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento:

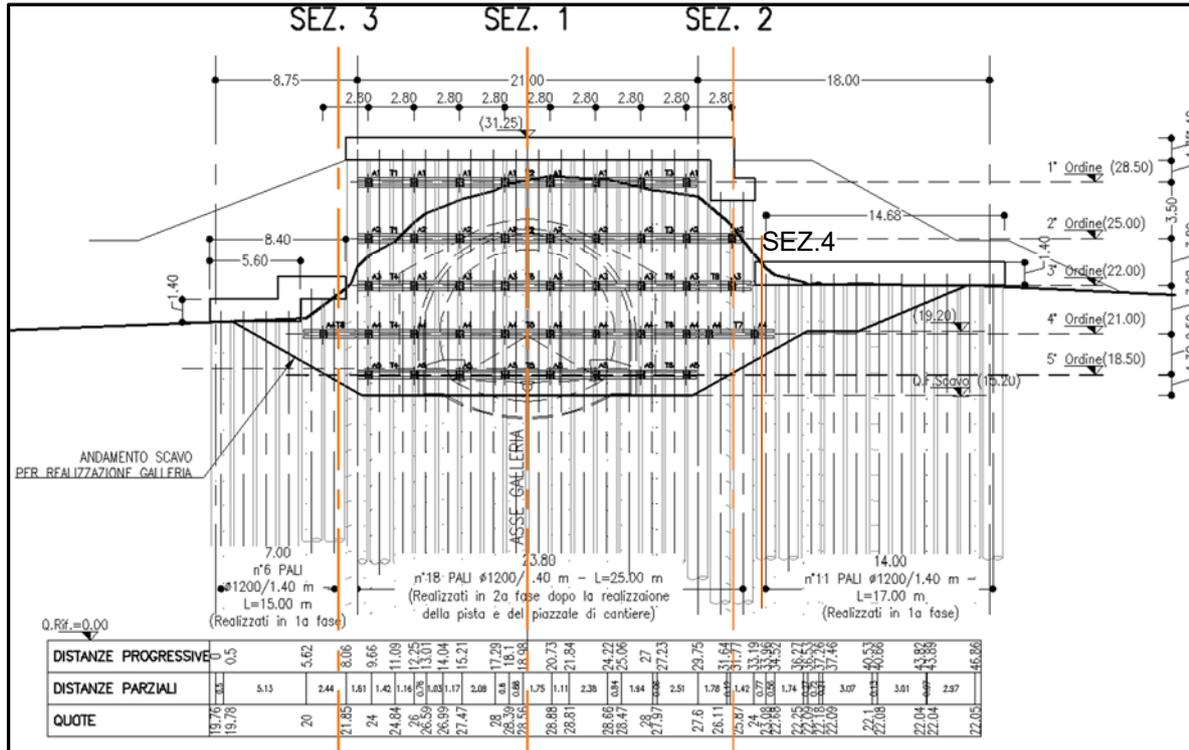


Figura 1 - Sezione Longitudinale

5 FASE CONOSCITIVA

Nella fase conoscitiva si acquisiscono gli elementi necessari alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito e alla caratterizzazione e modellazione geotecnica del volume significativo del mezzo interessato dall'opera. Nel seguito si riporta un breve inquadramento geologico e la sintesi della caratterizzazione e modellazione geotecnica con specifico riferimento al volume significativo interessato dalle opere di imbocco Nord.

5.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

La caratterizzazione geotecnica presa in considerazione per la progettazione e la verifica delle opere provvisionali in oggetto si basa sulla campagna di indagini del PD (rif. Relazione Geotecnica LI0202D78RBGE0005001D) nonché sui risultati della campagna di indagini di approfondimento eseguita in fase di progettazione esecutiva. In particolare, nel corso di quest'ultima, in prossimità dell'imbocco lato Termoli è stato eseguito un sondaggio geognostico integrativo SPE03 fino a 40 metri di profondità dal piano campagna ubicato a quota 64 m.s.l.m. (rif. Relazione Geologica LI0B02EZZRHGE0001001A) con

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	8

relative prove SPT ogni 3 m e prelievo di 2 campioni indisturbati per la determinazione delle caratteristiche di resistenza da prove di taglio diretto in laboratorio (alla profondità di 10,50 m e 20 m), nonché nell'esecuzione di una prova di permeabilità a carico costante Lefranc, alla profondità di 16 m. E' stato inoltre installato nel foro di sondaggio un piezometro Casagrande con cella a 20 m di profondità dal piano di campagna. Le ulteriori indagini così effettuate confermano la caratterizzazione geotecnica del PD presa in considerazione.

I risultati delle indagini geotecniche del PD, in sito e di laboratorio, hanno permesso di definire il modello geotecnico, rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni interessati dalle opere di imbocco. Il modello geotecnico complessivo dell'opera in sotterraneo è rappresentato nell'elaborato "Profilo Geotecnico-Galleria Campomarino".

Nella definizione del modello geotecnico di sottosuolo per le opere di imbocco Nord (lato Termoli) della galleria Campomarino è stata individuata la formazione delle sabbie di Serracapriola (SRR); ne risulta una stratigrafia omogenea da piano campagna sino alla profondità di interesse. La caratterizzazione geotecnica dei terreni deriva dall'analisi dei risultati delle prove in sito e dalle prove di laboratorio (prove di taglio diretto e prove triassiali) eseguite sui campioni dei sondaggi S1 gall-bis (pk. 5+324.8) e S1 gall (pk. 5+408.2) (realizzati in prossimità dell'imbocco). Le caratteristiche di deformabilità sono state determinate sulla base delle prove dilatometriche eseguite nel foro di sondaggio S1 gall e delle prove pressiometriche. La prova down-hole nel sondaggio S1 gall ha permesso, inoltre, di stimare la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, individuando una categoria del sottosuolo C (§3.2.2DM14/01/2008). Tale valutazione è stata confermata anche dalla prova MASW MW_A1, eseguita nel corso della campagna d'indagini di approfondimento eseguita in fase di progettazione esecutiva in prossimità del sondaggio SPE03.

I parametri geotecnici caratteristici utilizzati nelle analisi di simulazione e verifiche, in riferimento alla stratigrafia assunta, sono riportati nelle tabelle seguenti:

I risultati delle indagini geotecniche, in sito e di laboratorio, hanno permesso di definire il modello geotecnico, rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni interessati dalle opere di imbocco.

La stratigrafia e le caratteristiche di resistenza e deformabilità assunte nei modelli di calcolo sono riassunte nella Tabella sottostante.

Strato	γ (kN/m ³)	c_k (KPa)	φ_k (°)	E (MPa)
SRR	19.0	0.0	35.0	60.0

Per il materiale di ritombamento si assumono i seguenti parametri:

γ (kN/m ³)	c_k (KPa)	φ_k (°)	E (MPa)
20	0	35	40

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	9

5.1.1 DEFINIZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI UTILIZZATI NELLE ANALISI

In accordo con le indicazioni del D.M. 14/01/2008, a partire dagli intervalli dei parametri individuati nell'ambito della caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle opere, sono stati individuati i parametri caratteristici appropriati per gli stati limite considerati nelle verifiche delle opere di sostegno. Nella Tabella di seguito riportata sono riassunti i parametri geotecnici caratteristici utilizzati nelle analisi oggetto dei successivi paragrafi.

Strato	Spessore strato considerato (m)	Descrizione	γ_r (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E (MPa)
1	-	SRR SABBIE DI SERRACAPRIOLA	19.0	35.0	0.0	60.0

5.1.2 IL REGIME IDRAULICO

Il livello della falda di riferimento è tale da non interessare le opere di imbocco oggetto di questa relazione, come rilevato dal sondaggio S1GALL-BIS realizzato in prossimità dell'imbocco.

5.2 CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Le opere in progetto per l'imbocco Sud (Lato Lesina) si trovano nel comune di Campomarino.

Alle strutture di sostegno, si attribuisce una vita nominale V_N 50 anni. Di conseguenza, il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica, V_R , si assume pari a 75 anni (DM 14/01/2008).

Con riferimento alla probabilità di superamento dell'azione sismica, P_{V_R} , attribuita allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), nel periodo V_R dell'opera in progetto, si determina il periodo di ritorno T_R del sisma di progetto. Sulla base delle coordinate geografiche del sito e del tempo di ritorno del sisma di progetto, T_R , sopra definito, si ricavano i parametri che caratterizzano il sisma di progetto relativo al sito di riferimento, rigido ed orizzontale (Tabella 1 dell'allegato B del D.M. 14/01/2008):

- a_g : accelerazione orizzontale massima
- F_o : 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. Per le opere provvisionali di imbocco il periodo di ritorno si determina con l'espressione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Per tenere conto dei fattori locali del sito, l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito è valutata con la relazione (DM 14/01/2008):

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	10

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)$$

dove:

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

S_s è il fattore di amplificazione stratigrafica del terreno, funzione della categoria del sottosuolo di fondazione e dei parametri sismici F_0 e a_g/g (Tabella 3.2.V del D.M. 14/01/2008);

S_T è il fattore di amplificazione che tiene conto delle condizioni topografiche, il cui valore dipende dalla categoria topografica e dall'ubicazione dell'opera (Tabella 3.2.VI del D.M. 14/01/2008).

I valori delle grandezze necessarie per la definizione dell'azione sismica per le opere d'imbocco sono riassunti nella seguente tabella:

- Opera ordinaria
- classe d' uso III
- Vita nominale 2 anni
- Vita di riferimento 35 anni

SEZIONE 1

Livello falda dal piano campagna 35 m

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1,150	0,455
Accelerazione al suolo $a_g(\% \text{ di } g)$	0,117	0,046
Fattore amplificatore F_0	2,578	2,430
T_C^*	0,362	0,302
S_s (Terreno tipo C)	1,50	1,50
Coefficiente riduzione β_s	0,380	0,470
Coeff. Amplifi. Topografica S (T2)		1,20
Coefficiente riduzione α		0,598
$U_s(m)$		0,132
Coefficiente riduzione β		0,351
Coefficiente intensità sismica orizzontale $K_h[\%]$	4,430	1,751
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale $K_h[\%]$	4,430	1,751
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	2,215	0,8755

Tabella Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto SEZIONE 1

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	11

SEZIONE 2

Livello falda dal piano campagna 35 m

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1,150	0,455
Accelerazione al suolo $a_g(\% \text{ di } g)$	0,117	0,046
Fattore amplificatore F_0	2,578	2,430
T_c^*	0,362	0,302
S_s (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coefficiente riduzione β_s	0,380	0,470
Coeff. Amplifi. Topografica S (T2)		1,20
Coefficiente riduzione α		0,598
$U_s(m)$		0,132
Coefficiente riduzione β		0,351
Coefficiente intensità sismica orizzontale $K_h[\%]$	4,430	1,751
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale $K_h[\%]$	4,430	1,751
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	2,215	0,8755

Tabella Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto SEZIONE 2

SEZIONE 3

Livello falda dal piano campagna 35 m

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1,150	0,455
Accelerazione al suolo $a_g(\% \text{ di } g)$	0,117	0,046
Fattore amplificatore F_0	2,578	2,430
T_c^*	0,362	0,302
S_s (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coefficiente riduzione β_s	0,380	0,470
Coeff. Amplifi. Topografica S (T2)		1,20
Coefficiente riduzione α		0,816
$U_s(m)$		0,082
Coefficiente riduzione β		0,413
Coefficiente intensità sismica orizzontale $K_h[\%]$	7,107	2,810
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale $K_h[\%]$	7,107	2,810
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	3,553	1,405

Tabella Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto SEZIONE 3

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	12

SEZIONE 4

Livello falda dal piano campagna 35 m

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1,150	0,455
Accelerazione al suolo $a_g(\% \text{ di } g)$	0,117	0,046
Fattore amplificatore F_0	2,578	2,430
T_c^*	0,362	0,302
Ss (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coefficiente riduzione β_s	0,380	0,470
Coeff. Amplifi. Topografica S (T2)		1,20
Coefficiente riduzione α		0,803
Us(m)		0,085
Coefficiente riduzione β		0,409
Coefficiente intensità sismica orizzontale $K_h[\%]$	6,930	2,739
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale $K_h[\%]$	6,930	2,739
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	3,465	1,369

Tabella Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto SEZIONE 4

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	13

6 SOLUZIONI PROGETTUALI

L'imbocco Nord (lato Termoli) della Galleria Naturale di Campomarino risulta essere realizzato all'interno di un'unica formazione, per esattezza le sabbie di Serracapriola (SRR), quindi una stratigrafia omogenea da piano campagna sino alla base delle opere di sostegno.

Le opere di sostegno provvisionali degli scavi della trincea di approccio alla parete di attacco dello scavo in sotterraneo sono costituite da una paratia di pali è costituita da pali rototrivellati Φ 1200 ad interasse di 1.4 m. La paratia è costituita da due ali laterali che vengono realizzate in una prima fase, successivamente si predispongono un rilevato di approccio necessario per il completamento della paratia frontale e per il consolidamento del versante sovrastante.

La paratia è ancorata con più ordini di tiranti da minimo tre trefoli, con un massimo di cinque ordini in corrispondenza della sezione di scavo maggiore. I tiranti, di lunghezza compresa tra 21 m e 18 m, sono posti a interasse orizzontale di 2.8 m (salvo alcuni tratti in cui si è adottato un passo minore a causa delle geometrie dell'opera) ed hanno un'inclinazione verticale di 20° ed orizzontale di 0°.

È prevista la realizzazione di un fosso di guardia a tergo della paratia che consenta di eseguire le lavorazioni all'asciutto.

La geometria degli scavi, i dettagli sugli elementi che costituiscono la paratia e le caratteristiche dei materiali, sono riportati, in planimetria, profilo e alcune sezioni rappresentative, negli elaborati specifici di progetto.

Si riportano nel seguito le principali fasi esecutive rilevanti dal punto di vista dei calcoli per le verifiche delle opere di sostegno:

Di seguito si riportano le principali fasi realizzative dell'imbocco:

FASE 0. Realizzazione ali laterali della paratia provvisoria;

FASE 1. Realizzazione rilevato provvisorio, esecuzione paratia frontale e consolidamento versante mediante chiodatura e spritz-beton;

FASE 2. Esecuzione del cordolo di testata;

FASE 3. Esecuzione dello scavo fino alla quota di progetto per ribassi successivi con immediata esecuzione di spritz-beton fibrorinforzato a protezione, esecuzione dei tiranti di ancoraggio e messa in opera delle travi di ripartizione.

A seguito della realizzazione della paratia e degli sbancamenti, si potrà procedere allo scavo di attacco della galleria naturale. Prima di operare gli scavi dovrà inoltre essere eseguita la dima di attacco, che ha la funzione di definire la geometria di scavo e di costituire un ulteriore elemento di stabilità della parete nella fase di attacco della galleria naturale.

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	14

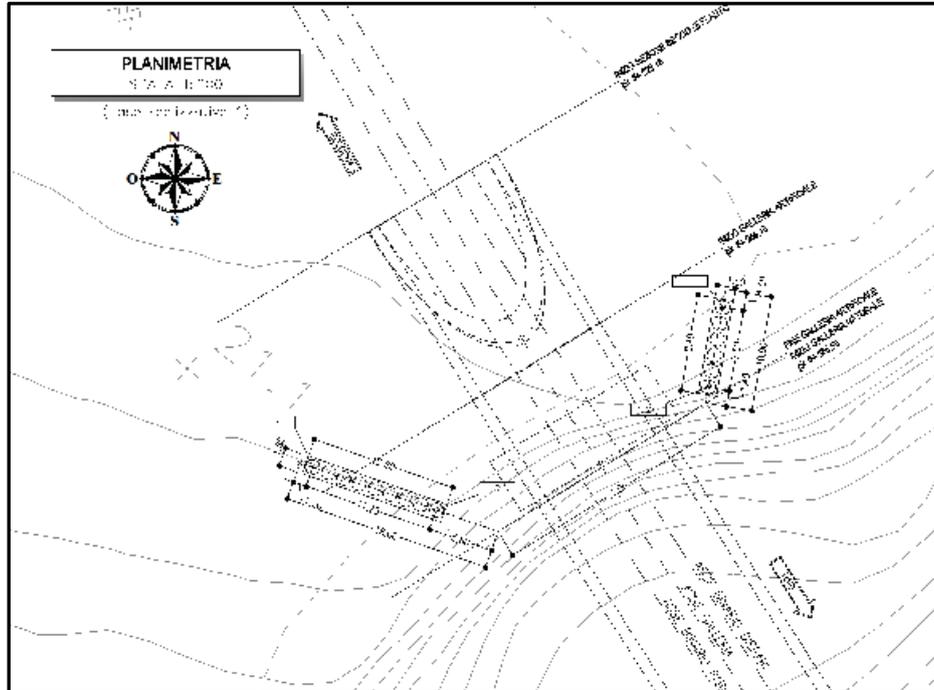


Figura 2 - Fase 0

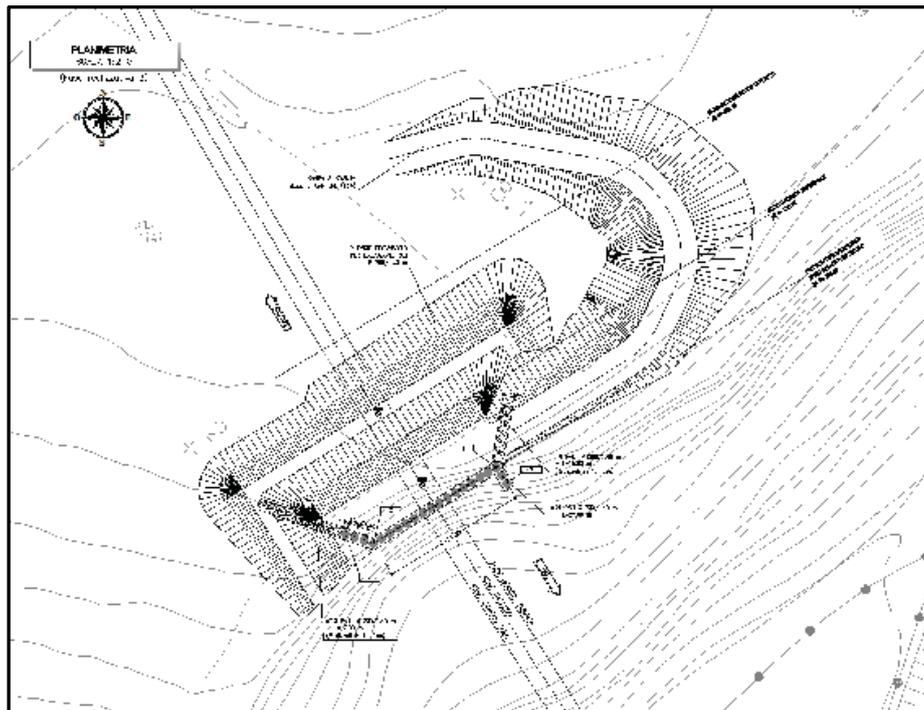


Figura 3 - Fase 1

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	15

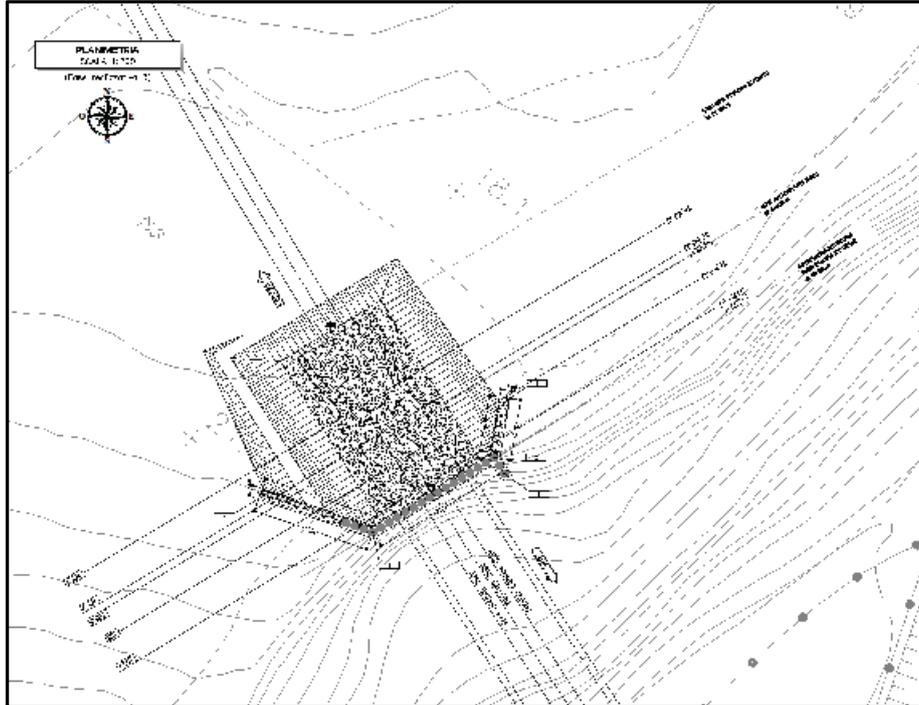


Figura 4 - Fase 3

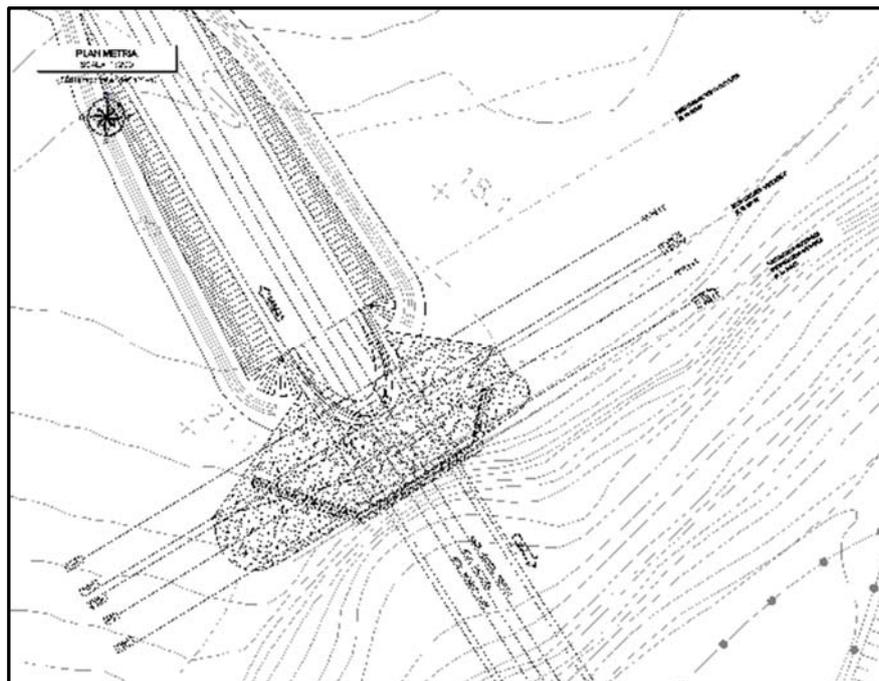


Figura 5 - Configurazione definitiva

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	16

7 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

7.1 CALCESTRUZZO

Elemento strutturale: Pali, cordoli di collegamento,
rivestimento interno Classe di resistenza = C25/30

$$\gamma_c = \text{peso specifico} = 25.00 \text{ kN/m}^3$$

$$R_{ck} = \text{resistenza cubica} = 30.00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = \text{resistenza cilindrica caratteristica} = 0.83 \cdot R_{ck} =$$

$$24.9 \text{ N/mm}^2 \quad f_{cm} = \text{resistenza cilindrica media} = f_{ck} +$$

$$8 = 32.9 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctm} = \text{resistenza a trazione media} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctm} = \text{resistenza a traz. per flessione media} = 1.20 \cdot f_{ctm} =$$

$$3.07 \text{ N/mm}^2 \quad f_{ctk} = \text{resistenza a traz. per flessione caratt.} =$$

$$0.70 \cdot f_{ctm} = 1.79 \text{ N/mm}^2 \quad E_{cm} = \text{modulo elast. tra 0 e } 0.40 f_{cm}$$

$$= 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447 \text{ N/mm}^2$$

7.2 ACCIAIO DI ARMATURA - BARRE

Tipo = B 450 C

$$\gamma_a = \text{peso specifico} = 78.50 \text{ kN/m}^3$$

$$f_{y \text{ nom}} = \text{tensione nominale di snervamento} = 450 \text{ N/mm}^2 \quad f_{t \text{ nom}} = \text{tensione nominale di rottura} = 540 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk \text{ min}} = \text{minima tensione caratteristica di snervamento} = 450 \text{ N/mm}^2 \quad f_{tk \text{ min}} = \text{minima tensione caratteristica}$$

$$\text{di rottura} = 540 \text{ N/mm}^2$$

$$(f_t/f_y)_{k \text{ min}} = \text{minimo rapporto tra i valori caratteristici} = 1.15 \quad (f_t/f_y)_{k \text{ max}} = \text{massimo rapporto tra i valori}$$

$$\text{caratteristici} = 1.35$$

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	17

$(f_y/f_{y\ nom})_k =$ massimo rapporto tra i valori nominali = 1.25

$(A_{gt})_k =$ allungamento caratteristico sotto carico

massimo = 7.5 % E = modulo di elasticità dell'acciaio

= 206000 N/mm²

Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento

senza cricche: $\varnothing < 12\ mm \rightarrow 4\ \varnothing;$

$12 \leq \varnothing \leq 16\ mm \rightarrow 5\ \varnothing;$

$16 < \varnothing \leq 25\ mm \rightarrow 8\ \varnothing;$

$25 < \varnothing \leq 40\ mm \rightarrow 10\ \varnothing.$

7.3 ACCIAIO ARMONICO PER TIRANTI

Tipo = Trefoli da 0.6"

$f_{pck\ nom} =$ tensione di rottura caratteristica = 1860 N/mm²

$f_{p(1)k} =$ tensione elastica all'1% di deformazione = 1670 N/mm²

$f_{yd} =$ tensione elastica di progetto = 1452,17 N/mm²

Coefficiente parziale sicurezza $\gamma_M = 1,15$

7.4 ACCIAIO PER TRAVI DI RIPARTIZIONI

Tipo S 275 JR

Tensione di snervamento caratteristica $f_{yk} = 275\ Mpa$

Tensione di rottura caratteristica $f_{tk} = 430\ Mpa$

Tensione di snervamento di calcolo $f_{yd} = f_{yk}/1.05 = 261.9\ Mpa$

E = 2100000 Kg/cm²

G = 850000 Kg/cm²

Peso specifico = 7850 Kg/cm³

Coefficiente parziale sicurezza $\gamma_M = 1,05$

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	18

8 ANALISI DEI CARICHI STATICI DI PROGETTO

8.1 STATICA DELLE TERRE E DELL'ACQUA

La spinta del terreno viene determinata investigando l'interazione statica tra il terreno e la struttura deformabile, a partire da uno stato di spinta a riposo del terreno sulla paratia.

I parametri che identificano il tipo di legge costitutiva possono essere distinti in due sottoclassi: parametri di spinta e parametri di deformabilità del terreno.

I parametri di spinta sono il coefficiente di spinta a riposo K_0 , il coefficiente di spinta attiva K_a e il coefficiente di spinta passiva K_p .

Il coefficiente di spinta a riposo fornisce lo stato tensionale presente in sito prima delle operazioni di scavo. Esso lega la tensione orizzontale efficace σ'_h a quella verticale σ'_v attraverso la relazione:

$$\sigma'_h = K_0 \cdot \sigma'_v$$

K_0 dipende dalla resistenza del terreno, attraverso il suo angolo di attrito efficace φ' , e dalla sua storia geologica. Si può assumere che:

$$K_0 = K^{NC} \cdot (OCR)^m$$

Dove

$$K^{NC} = 1 - \sin \varphi'$$

è il coefficiente di spinta a riposo per un terreno normalconsolidato ($OCR=1$). OCR è il grado di sovraconsolidazione e m è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7.

Il coefficiente di spinta attiva e passiva sono dati secondo Rankine per una parete

liscia, da: $K_a = \tan^2(45 - \varphi'/2)$

$$K_p = \tan^2(45 + \varphi'/2)$$

Per tener conto dell'angolo di attrito δ tra paratia e terreno il software Paratie impiega per K_a e K_p la formulazione rispettivamente di Coulomb e Caquot – Kerisel.

Formulazione di Coulomb per k_a :

$$k_a = \frac{\cos^2(\varphi' - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta) \cdot \left[1 + \frac{\sin(\delta + \varphi') \cdot \sin(\varphi' - i)}{\cos(\beta + \delta) \cdot \cos(\beta - i)} \right]^2}$$

dove:

φ' è l'angolo di attrito del terreno

β è l'angolo d'inclinazione del diaframma rispetto alla verticale

δ è l'angolo di attrito paratia-terreno

i è l'angolo d'inclinazione del terreno a monte della paratia rispetto all'orizzontale

Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	19

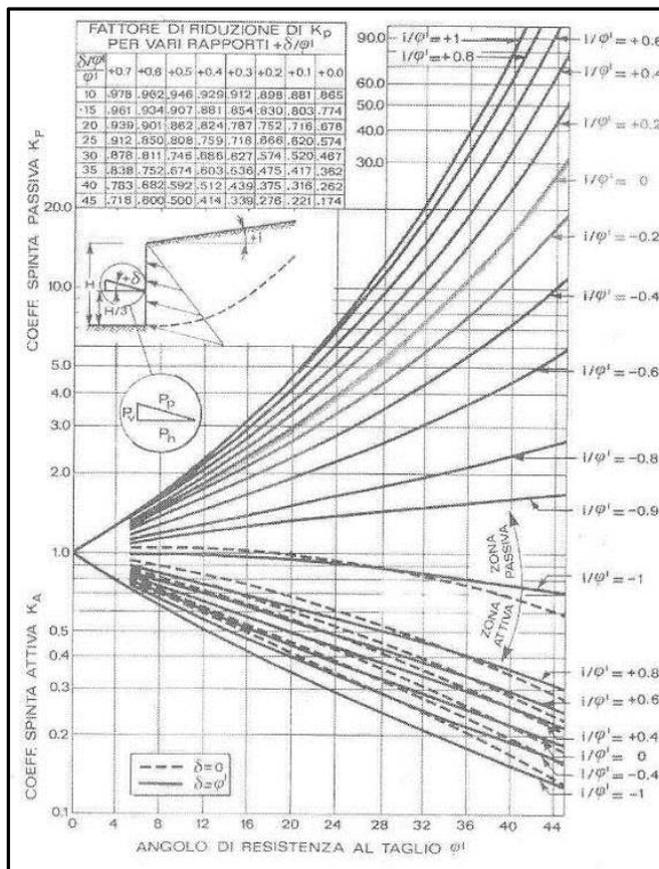


Figura 6 – Formulazione di Caquot – Kerisel per K_p che considera superfici di rottura curvilinee.

Il valore limite della tensione orizzontale sarà dato da:

$$\sigma'_h = K_a \sigma'_v - 2c' \sqrt{K_a}$$

$$\sigma'_h = K_p \sigma'_v + 2c' \sqrt{K_p}$$

a seconda che il collasso avvenga rispettivamente in spinta attiva

o passiva. c' è la coesione drenata del terreno.

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	20

8.2 AZIONE DEL SOVRACCARICO A TERGO DELLA PARATIA

In fase di scavo provvisorio si adotta un sovraccarico pari a 20 kPa dovuto ai mezzi di cantiere.

9 DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

9.1 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Le strutture di sostegno, saranno progettate come opere provvisionali, e quindi si attribuisce una vita nominale $V_N \leq 2$ anni. Di conseguenza, il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica, V_R , si assume pari a 35 anni e classe d'uso III (DM 14/01/2008).

$C_U=1.50$

Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{C_U \cdot V_N}{\ln(1 - P_{VR})}$$

	STATO LIMITE	P_{VR} : probabilità di superamento nel periodo di riferimento
SLE	SLO - Stato Limite di Operatività	81%
	SLD - Stato Limite di Danno	63%
SLU	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%
	SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%

Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite considerato

9.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale. Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2008. I terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di **Categoria C**.

9.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	21

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione.

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 $i > 30^\circ$

Classificazione topografie superfici

Le categorie topografiche appena definite si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. L'area interessata risulta classificabile come **T2**.

9.4 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC2008 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente $S = S_S \cdot S_T$ e di C_c in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti alle tabelle che sono riportate di seguito.

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
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 delle espressioni per S_s e C_c .

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	22

Categoria Topografica	Ubicazione dell'intervento dell'opera	S _T
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Tabella valori massimi del coeff. di amplificazione topografica S_T.

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	23

9.5 SPETTRI DI RISPOSTA SLV

Spettri allo SLV

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 15,0346 LATITUDINE: 41,9569

Ricerca per comune REGIONE: Molise PROVINCIA: Campobasso COMUNE: Campomarino

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione: superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{V_R} = 81\%$	<input type="text" value="30"/>
	SLD - $P_{V_R} = 63\%$	<input type="text" value="35"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{V_R} = 10\%$	<input type="text" value="332"/>
	SLC - $P_{V_R} = 5\%$	<input type="text" value="682"/>

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

--- Strategie per costruzioni ordinarie

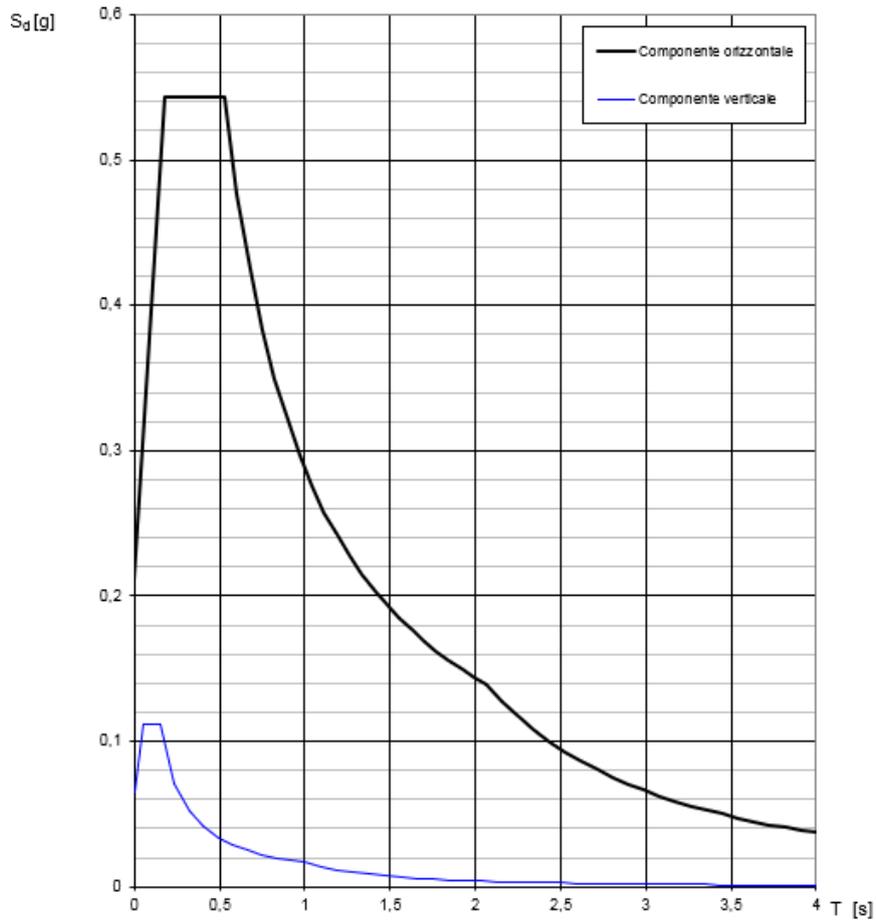
--- Strategie scelte

Strategia di progettazione

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	24

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV



**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	25

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,117 g
F_c	2,583
T_c	0,359 s
S_B	1,500
C_C	1,472
S_T	1,200
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,800
η	1,000
T_B	0,176 s
T_C	0,529 s
T_D	2,067 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,210
T_B ←	0,176	0,543
T_C ←	0,529	0,543
	0,602	0,477
	0,675	0,425
	0,749	0,384
	0,822	0,349
	0,895	0,321
	0,968	0,297
	1,042	0,276
	1,115	0,258
	1,188	0,242
	1,261	0,228
	1,335	0,215
	1,408	0,204
	1,481	0,194
	1,554	0,185
	1,628	0,176
	1,701	0,169
	1,774	0,162
	1,847	0,155
	1,921	0,150
	1,994	0,144
T_D ←	2,067	0,139
	2,159	0,127
	2,251	0,117
	2,343	0,108
	2,435	0,100
	2,527	0,093
	2,619	0,087
	2,712	0,081
	2,804	0,076
	2,896	0,071
	2,988	0,067
	3,080	0,063
	3,172	0,059
	3,264	0,056
	3,356	0,053
	3,448	0,050
	3,540	0,047
	3,632	0,045
	3,724	0,043
	3,816	0,041
	3,908	0,039
	4,000	0,037

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	26

9.6 ANALISI PSEUDOSTATICA

In condizioni sismiche, nelle analisi eseguite con il metodo pseudostatico, i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali, nelle verifiche allo stato limite ultimo, possono essere assunti come definito al paragrafo 7.11.6.3.1 delle NTC 2008 e di seguito riportate:

dove

- a_{max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito,
- α è il coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 del DM 14/01/2008),
- β è il coefficiente di spostamento (Figura 7.11.3 del DM 14/01/2008).

α = coefficiente di deformabilità (si veda figura seguente);

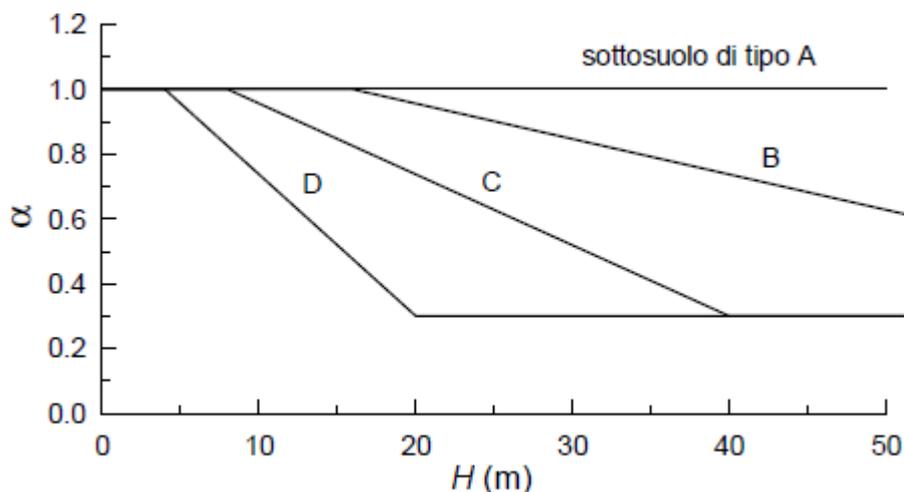


Figura 6 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α .

β = coefficiente di spostamento (si veda figura seguente); dove $u_s \leq 0.005H$ rappresenta il massimo spostamento che l'opera può tollerare senza perdite di resistenza.

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	27

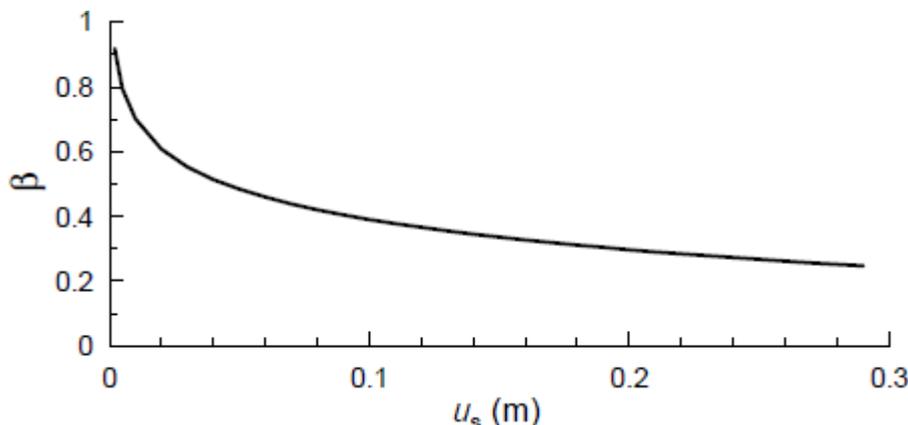


Figura 7 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

Se $\alpha \cdot \beta \leq 0.2 \cdot a_{max}/g$ deve assumersi $k_h = 0.2 \cdot a_{max}/g$.

Il coefficiente sismico verticale, k_v , si assume pari a 0 (§7.11.6.3 del DM 14/01/2008).

I parametri che caratterizzano l'azione sismica sono riportati nella tabella seguente:

Stato Limite	SLV
$a_{max} (g) = S_s \cdot S_T \cdot a_g/g$	0.210
Categoria del suolo	C

Verifica paratia - Parametri azione sismica.

9.7 CALCOLO INERZIA SISMICA SUL PALO

L'inerzia sismica è calcolata dal programma in automatico, attraverso la

relazione: $F_{h, pali} = a_H \cdot W$

9.8 CALCOLO DELLA SPINTA SISMICA

L'effetto del sisma è ottenuto applicando un incremento di spinta del terreno valutato secondo la teoria di Mononobe-Okabe, agente direttamente sulla paratia secondo una distribuzione uniforme sull'intera altezza dell'opera.

$$\Delta S_E = \left[\frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot (K_{aE} - K_a) \right] / H,$$

dove rappresenta il peso dell'unità di volume della formazione con la quale l'opera interagisce, rappresenta l'altezza totale dell'opera (comprensiva del tratto infisso), K_{aE} e K_a rappresentano i coefficienti di spinta attiva in condizioni sismiche e statiche rispettivamente.

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	28

I coefficienti di spinta attiva sono stati determinati attraverso la relazione di Mononobe (1929) e Okabe (1926). I coefficienti di spinta passiva sono stati determinati attraverso la relazione di Lancellotta (2007). L'angolo di attrito terreno/struttura, δ , è stato assunto pari a zero.

10 VERIFICHE AGLI STATI LIMITI E PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO GEOTECNICI

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC-2008 al par.2.5.3:

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

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

Combinazione caratteristica rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche delle tensioni d'esercizio:

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

Combinazione caratteristica frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

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

Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti a lungo termine, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

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

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

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

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_F , γ_M e γ_R , nonché i coefficienti di combinazione ψ delle azioni, sono dati dalle tabelle NTC2008 5.2.V, 5.2.VI, 6.2.II e 6.4.II che vengono riportate nel seguito.

L'analisi mira a garantire la sicurezza e le prestazioni attese attraverso il conseguimento dei seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti degli Stati Limite di Esercizio.
- sicurezza nei confronti degli Stati Limite Ultimi

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisoriale**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	29

Tali verifiche sono state effettuate applicando il primo approccio progettuale (Approccio 1) che prevede le due seguenti combinazioni di coefficienti:

- Combinazione 1: A1+M1+R1 (STR)
- Combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO)

Le verifiche delle strutture di sostegno sono state condotte nei riguardi dei seguenti stati limite ultimi (SLU):

- raggiungimento della resistenza del complesso opera-terreno;
- instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi,
- raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.

Per le verifiche di stabilità globale è stato applicato l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2 + M2 + R2 – tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del DM 14/01/2008).

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	30

Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.

⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	31

Tabella 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale ^(*)	γ_t	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

^(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_t	1,0	1,0

	A1+M1+R1
Peso proprio palo	1,00/1,35
Spinta terreno	1,35
Sovraccarico della paratia	1,50

	A2+M2+R1
Peso proprio palo	1,00
Spinta terreno	1,00
Sovraccarico paratia	1,30

	SISMA+M1
Peso proprio palo	1,00
Spinta terreno	1,00
Sovraccarico della paratia	1,00
Inerzia orizzontale:palo+spinta sismica terreno	1,00

	SISMA+M2
Peso proprio palo	1,00
Spinta terreno	1,00
Sovraccarico della paratia	1,00
Inerzia orizzontale:palo+spinta sismica terreno	1,00

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	32

SEZIONE 1

Valori caratteristici e di progetto dei parametri geotecnici per fase statica e sismica
Caratteristico:

$$\gamma=1900 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=35^\circ \quad \delta=23^\circ$$

Progetto:

$$A1+M1 \quad \gamma=2470 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=35^\circ \quad \delta=23^\circ$$

$$A1+M1+SISMA \quad \gamma=1900 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=35^\circ \quad \delta=23^\circ$$

$$A2+M2 \quad \gamma=1900 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=29,3^\circ \quad \delta=19^\circ$$

$$A2+M2+SISMA \quad \gamma=1900 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=29,30^\circ \quad \delta=19^\circ$$

Valori dei coefficienti di spinta a riposo, attiva e passiva utilizzati per combinazione A1+M1 e A2+M2 (K_0 , K_a , K_p), sia a valle che a monte della paratia

$$K_0=1-\text{sen}\varphi=0,426 \text{ per } \varphi=35^\circ$$

A1+M1	
Kav	0,244
Kam	0,379
kp _v	3,690
Kp _m	3,560

$$K_0=1-\text{sen}\varphi=0,511 \text{ per } \varphi=29,30^\circ$$

A2+M2	
Kav	0,307
Kam	0,488
kp _v	2,912
Kp _m	2,295

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	33

SEZIONE 2

Valori caratteristici dei parametri geotecnici per fase statica e sismica
Caratteristico:

$$\gamma=1900 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=35^\circ \quad \delta=23^\circ$$

Progetto:

$$A1+M1 \quad \gamma=2470 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=35^\circ \quad \delta=23^\circ$$

$$A1+M1+SISMA \quad \gamma=1900 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=35^\circ \quad \delta=23^\circ$$

$$A2+M2 \quad \gamma=1900 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=29,30^\circ \quad \delta=19^\circ$$

$$A2+M2+SISMA \quad \gamma= 1900 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=29,30^\circ \quad \delta=19^\circ$$

Valori dei coefficienti di spinta a riposo, attiva e passiva utilizzati per combinazione A1+M1 e A2+M2 (K_0 , K_a , K_p), sia a valle che a monte della paratia

$$K_0=1-\text{sen}\varphi= 0,426 \text{ per } \varphi=35^\circ$$

A1+M1	
Kav	0,244
Kam	0,255
kpv	3,690
Kpm	3,846

$$K_0=1-\text{sen}\varphi= 0,511 \text{ per } \varphi=29,30^\circ$$

A2+M2	
Kav	0,307
Kam	0,319
kpv	2,912
Kpm	3,034

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	34

SEZIONE 3

Valori caratteristici dei parametri geotecnici per fase statica e sismica

Caratteristico:

$$\gamma=1900 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=35^\circ \quad \delta=23^\circ$$

Progetto:

$$A1+M1 \quad \gamma=2470 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=35^\circ \quad \delta=23^\circ$$

$$A2+M2 \quad \gamma=1900 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=29,30^\circ \quad \delta=19^\circ$$

$$A1+M1+SISMA \quad \gamma=1900 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=35^\circ \quad \delta=23^\circ$$

$$A2+M2+SISMA \quad \gamma= 1900 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=29,30^\circ \quad \delta=19^\circ$$

Valori dei coefficienti di spinta a riposo, attiva e passiva utilizzati per combinazione A1+M1 e A2+M2 (K_0 , K_a , K_p), sia a valle che a monte della paratia

$$K_0=1-\text{sen}\varphi= 0,426 \text{ per } \varphi=35^\circ$$

A1+M1	
Kav	0,244
Kam	0,239
kpv	3,690
Kpm	3,612

$$K_0=1-\text{sen}\varphi= 0,511 \text{ per } \varphi=29,30^\circ$$

A2+M2	
Kav	0,307
Kam	0,300
kpv	2,912
Kpm	2,850

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	35

SEZIONE 4

Valori caratteristici dei parametri geotecnici per fase statica e sismica

Caratteristico:

$$\gamma=1900 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=35^\circ \quad \delta=23^\circ$$

Progetto:

$$A1+M1 \quad \gamma=2470 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=35^\circ \quad \delta=23^\circ$$

$$A2+M2 \quad \gamma=1900 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=29,3^\circ \quad \delta=19^\circ$$

$$A1+M1+SISMA \quad \gamma=1900 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=35^\circ \quad \delta=23^\circ$$

$$A2+M2+SISMA \quad \gamma= 1900 \text{ Kg/m}^3 \quad c=0 \quad \varphi=29,30^\circ \quad \delta=19^\circ$$

Valori dei coefficienti di spinta a riposo, attiva e passiva utilizzati per combinazione A1+M1 e A2+M2 (K_0 , K_a , K_p), sia a valle che a monte della paratia

$$K_0=1-\text{sen}\varphi= 0,426 \text{ per } \varphi=35^\circ$$

A1+M1	
Kav	0,244
Kam	0,261
kpv	3,690
Kpm	3,939

$$K_0=1-\text{sen}\varphi= 0,511 \text{ per } \varphi=29,30^\circ$$

A2+M2	
Kav	0,307
Kam	0,327
kpv	2,912
Kpm	3,108

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	36

10.1 CRITERI DI VERIFICA STRUTTURALE

10.1.1 VERIFICHE DELLE SEZIONI IN C.A.

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15.

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali condotte nel progetto. Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.

10.1.2 VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE-PRESSOFLESSIONE

Allo stato limite ultimo, le verifiche a flessione o presso-flessione vengono condotte confrontando (per le sezioni più significative) le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza.

10.1.3 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dal DM14/01/2008, col metodo a traliccio con puntone di calcestruzzo ad inclinazione variabile θ .

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

$$V_{Rcd} = 0.9db_w \alpha_c v f_{cd} \frac{\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta}{1 + \text{ctg}^2 \theta}$$

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	37

con:

d altezza utile sezione [mm]

b_w larghezza minima sezione [mm]

A_{sw} area armatura trasversale [mmq]

s interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]

α_c coefficiente maggiorativo, funzione di f_{cd} e σ_{cp}

σ_{cp} tensione media di compressione [N/mmq]

$v=0.5$

10.1.2 VERIFICHE DEI TIRANTI DI ANCORAGGIO

La resistenza caratteristica della sezione in acciaio è calcolata secondo la relazione:

$R_{a,k} = f_{p(1)k} \cdot A_s$ dove:

$A_s = n \cdot A_t$ area della sezione di armatura A_t area del singolo trefolo

n numero di trefoli

$f_{p(1)k}$ tensione caratteristica all'1% di deformazione totale La resistenza di progetto della sezione risulterà quindi:

$R_{a,d} = R_{a,k} / \gamma_s$

con $\gamma_s = 1.15$, coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio.

Per la verifica della fondazione dei tiranti, in considerazione della tecnologia realizzativa e delle caratteristiche geotecniche del mezzo al contorno, la resistenza a sfilamento all'interfaccia bulbo di ancoraggio - terreno è stata valutata secondo le indicazioni di Bustamante e Doix '85 e Viggiani '99.

$R_{cal} = \pi \cdot D_s \cdot L_s \cdot s$, in cui:

$D_s = \alpha \cdot D$ dove D è il diametro della perforazione e α un coefficiente maggiorativo che tiene conto della tipologia di terreno e del metodo di iniezione;

L_s = lunghezza del bulbo; s = resistenza tangenziale.

Dalle tabelle e grafici riportati nel testo di Bustamante e Doix, considerando iniezioni ripetute (IRS), si considera un valore di α pari a 1.50 ed un valore di f_s caratteristici, f_s minimi, f_s medi pari a seconda dello stato di terreno considerato nel modello geotecnico del sottosuolo pari a:

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	38

TERRENO SRR

Per calcolo tiranti con il metodo di Bustamante-Doix		Per calcolo tiranti (N.T.C.)	
	Caratteristici	Minimi	Medi
Tensione tangenziale (fs) [kPa]	250,00	250,00	250,00
Coeff. di espansione laterale (α)	1,50		

Il valore caratteristico della resistenza $R_{a,k}$ è dato dal minore dei valori ottenuti applicando alla resistenza calcolata R_{cal} i fattori di correlazione ξ_a riportati nella Tabella 6.6.II delle NTC08, in funzione del numero n di verticali di indagine.

$$R_{ak} = \min[(R_{a,c})_{media}/\xi_{a3}; (R_{a,c})_{min}/\xi_{a4}]$$

numero di verticali indagate	1	2	3	4	≥ 5
ξ_{a3}	1.80	1.75	1.70	1.65	1.60
ξ_{a4}	1.80	1.70	1.65	1.60	1.55

Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate.

Si è assunto $\xi_{a3} = 1.80$ $\xi_{a4} = 1.80$ con 1 verticale indagata.

Il valore di progetto R_{ad} della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico R_{ak} applicando il coefficiente parziale γ_{Ra} della Tabella 6.6.I delle NTC08.

	simbolo γ_R	coefficiente parziale
temporanei	$\gamma_{Ra,t}$	1.1
permanenti	$\gamma_{Ra,p}$	1.2

Coefficienti parziali per la resistenza di ancoraggi.

10.4 CRITERI DI VERIFICA GEOTECNICA

La verifica geotecnica consta della verifica della spinta passiva mobilitata per le combinazioni di carico più gravose e della verifica di stabilità globale del complesso opera-terreno.

11 METODO DI ANALISI - CALCOLO PARATIA

Il calcolo agli elementi finiti delle paratie è stato effettuato utilizzando il codice PAC 2D prodotto dalla "AZTEC".

Gli effetti nelle opere di sostegno flessibile delle spinte del terreno e di eventuali azioni concentrate sono stati esaminati con l'ausilio del programma di calcolo per l'analisi di strutture di sostegno flessibili PAC 2D.

PAC 2D analizza il comportamento meccanico di una struttura di sostegno flessibile di uno scavo in terreno o roccia, ponendo l'accento sull'aspetto dell'interazione "locale" fra parete e terreno.

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	39

Lo studio di una parete flessibile è condotto attraverso una simulazione numerica del reale: il programma stabilisce e risolve un sistema di equazioni algebriche la cui soluzione permette di riprodurre abbastanza realisticamente l'effettivo comportamento dell'opera di sostegno.

Per la soluzione del modello si procede ad un'analisi non lineare secondo un modello "a molle" elasto plastico" per la parte terreno. La schematizzazione in elementi finiti avviene in questo modo:

- si analizza un problema piano (nel piano Y-Z): i gradi di libertà nodali attivi sono lo spostamento laterale e la rotazione fuori piano: gli spostamenti verticali sono automaticamente vincolati (di conseguenza le azioni assiali nelle pareti verticali non sono calcolate);
- la parete flessibile di sostegno vera e propria è schematizzata da una serie di elementi finiti BEAM verticali;
- il terreno, che spinge contro la parete (da monte e da valle) e che reagisce in modo complesso alle deformazioni della parete, è simulato attraverso un doppio letto di molle elasto-plastiche connesse agli stessi nodi della parete;
- Si è adottato un valore dell'angolo di attrito terreno paratia, δ , pari $2/3 \phi$. In sismica tale valore è nullo.
- i tiranti, i puntoni, le solette, gli appoggi cedevoli o fissi, sono schematizzati tramite molle puntuali convergenti in alcuni punti (nodi) della parete ove convergono parimenti elementi BEAM ed elementi terreno.

Lo scopo di PAC 2D è lo studio di un problema definito; in altre parole, il programma analizza la risposta, durante le varie fasi realizzative, di una parete caratterizzata in tutte le sue componenti (altezza, infissione e spessore della parete, entità dei tiranti, ecc.). Il problema è ricondotto a uno schema piano in cui viene analizzata una "fetta" di parete di larghezza unitaria, come mostrato nella Figura seguente.

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	40

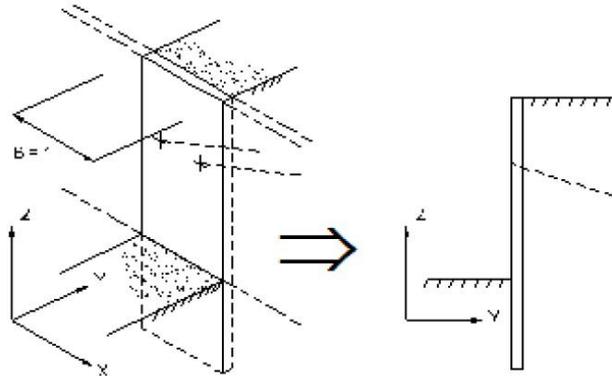


Figura 8 – Modellazione della paratia

11.1 Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la contropinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la contropinta sarà assente.

Pertanto, il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, contropinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

K_{am} diagramma della spinta attiva agente da monte

K_{av} diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata

K_{pm} diagramma della spinta passiva agente da monte

K_{pv} diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} - K_{av} \quad \text{e} \quad D_v = K_{pv} - K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	41

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione

si può agire con tre modalità:

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su $\tan(\phi)$ e sulla coesione

11.2 Calcolo delle spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione r rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

11.3 Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa, al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

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

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

Il regime di filtrazione della falda può essere *idrostatico* o *idrodinamico*.

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	42

Nell'ipotesi di regime idrostatico sia la falda di monte che di valle viene considerata statica, la pressione in un punto a quota h al di sotto della linea freatica sarà dunque pari a:

$$\gamma_w \times h$$

11.4 Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con W il peso del cuneo e con C il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W \cdot C$$

Indicando con S la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/2 dell'altezza della parete stessa (diagramma rettangolare).

11.5 Tiranti di ancoraggio

Le paratie possono essere tirantate, con tiranti attivi o con tiranti passivi, realizzati entrambi tramite perforazione e iniezione del foro con malta in pressione previa sistemazione delle armature opportune.

I tiranti attivi, contrariamente ai tiranti passivi, sono sottoposti ad uno sforzo di pretensione prendendo il contrasto sulla struttura stessa. Il tiro finale sul tirante attivo dipende sia dalla pretensione che dalla deformazione della struttura oltre che dalle cadute di tensione. Nel caso di tiranti passivi il tiro dipende unicamente dalla deformabilità della struttura. L'armatura dei tiranti attivi è costituita da trefoli ad alta resistenza (trefoli per c.a.p.), viceversa i tiranti passivi possono essere armati con trefoli o con tondini o, in alcuni casi, con profilati tubolari.

La capacità di resistenza dei tiranti è legata all'attrito e all'aderenza fra superficie del tirante e terreno.

11.6 Calcolo della lunghezza di ancoraggio

La lunghezza di ancoraggio (fondazione) del tirante si calcola determinando la lunghezza massima atta a soddisfare le tre seguenti condizioni:

1. Lunghezza necessaria per garantire l'equilibrio fra tensione tangenziale che si sviluppa fra la superficie laterale del tirante ed il terreno e lo sforzo applicato al tirante;
2. Lunghezza necessaria a garantire l'aderenza malta-armatura;
3. Lunghezza necessaria a garantire la resistenza della malta.

Siano N lo sforzo nel tirante, δ l'angolo d'attrito tirante-terreno, c_a l'adesione tirante-terreno, γ il peso di volume del terreno, D ed L_f il diametro e la lunghezza di ancoraggio (o lunghezza efficace) del tirante ed H la profondità media al di sotto del piano campagna abbiamo la relazione

$$N = \pi D L_f (\gamma H K_s \tan \delta + c_a)$$

da cui si ricava la lunghezza di ancoraggio L_f

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	43

$$L_f = \frac{N}{\pi D (\gamma H K_s \tan \delta + c_a)}$$

K_s rappresenta il coefficiente di spinta

Per quanto riguarda la seconda condizione, la lunghezza necessaria atta a garantire l'aderenza malta-armatura è data dalla relazione

$$L_f = \frac{N}{\pi d \tau_{c0} \omega}$$

dove d è la somma dei diametri dei trefoli disposti nel tirante, τ_{c0} è la resistenza tangenziale limite della malta ed ω è un coefficiente correttivo dipendente dal numero di trefoli ($\omega = 1 - 0.075 [n \text{ trefoli} - 1]$).

Per quanto riguarda la verifica della terza condizione si impone che la tensione tangenziale limite tirante-terreno non possa superare la tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo.

Alla lunghezza efficace determinata prendendo il massimo valore di L_f si deve aggiungere la lunghezza di franco L che rappresenta la lunghezza del tratto che compreso fra la paratia e la superficie di ancoraggio.

La verifica allo sfilamento tra ancoraggio e fondazione viene effettuata con il calcolo della resistenza unitaria con il metodo suggerito da Bustamante e Diox (1985).

In questo metodo la resistenza limite a sfilamento che $R_{a,c} = \pi D_s L_f q_s$ dipende da D_s , dove $D_s = \alpha_d D$ il coefficiente maggiorativo α_d è funzione del tipo di terreno, dal tipo di perforazione e iniezione

effettuata ed è possibile determinarlo dalla tabella riportata:

Terrono	Valori del coefficiente α_d		Quantità minima di miscela consigliata V_s	Rapporto A/C
	IRS ($p_i \geq p_i$)	IGU ($p_i < p_i$)		
Ghiaia	1,8	1,3 ÷ 1,4	1,5 V_s	1,7 ÷ 2,4
Ghiaia sabbiosa	1,6 ÷ 1,8	1,2 ÷ 1,4	1,5 V_s	
Sabbia ghiaiosa	1,5 ÷ 1,6	1,2 ÷ 1,3	1,5 V_s	
Sabbia grossa	1,4 ÷ 1,5	1,1 ÷ 1,2	1,5 V_s	
Sabbia media	1,4 ÷ 1,5	1,1 ÷ 1,2	1,5 V_s	
Sabbia fine	1,4 ÷ 1,5	1,1 ÷ 1,2	1,5 V_s	
Sabbia limosa	1,4 ÷ 1,5	1,5 ÷ 2,0	IRS: (1,5 ÷ 2) V_s ; IGU: 1,5 V_s	
Limo	1,4 ÷ 1,6	1,1 ÷ 1,2	IRS: 2 V_s ; IGU: 1,5 V_s	1,7 ÷ 2,4
Argilla	1,8 ÷ 2,0	1,2	IRS: (2,5 ÷ 3) V_s ; IGU: (1,5 ÷ 2) V_s	
Marna	1,8	1,1 ÷ 1,2	(1,5 ÷ 2) V_s per strati compatti	1,7 ÷ 2,4
Calcarì marnosi	1,8	1,1 ÷ 1,2	(2 ÷ 6) V_s o più per strati fratturati	
Calcarì alterati o fratturati	1,8	1,1 ÷ 1,2		
Roccia alterata e/o fratturata	1,2	1,1	(2÷6) V_s o più per strati poco fratturati 2 V_s o più per strati fratturati	1,7 ÷ 2,4
IRS: iniezione ad alta pressione a più stadi e ripetuta IGU: iniezione a bassa pressione in unica soluzione p_i : pressione limite dalla prova pressiometrica Menard p : pressione di iniezione			$V_s = L_f D_s^2 / 4$ L_f : lunghezza della fondazione D_s : diametro reale della fondazione	
<i>Nota: nella tabella sono riportati i valori teorici della quantità in volume della miscela di iniezione nelle diverse condizioni operative ed il rapporto acqua cemento ottimale (da Bustamante e Doix, 1985)</i>				

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	44

Indicazioni per la scelta del valore di s		
TERRENO	Tipo di iniezione	
	IRS	IGU
Da ghiaia a sabbia limosa	SG1	SG2
Limo e argilla	AL1	AL2
Marna, calcare marnoso, calcare tenero fratturato	MC1	MC2
Roccia alterata e/o fratturata	≥ R1	≥ R2

Figura 9 – Valori del coefficiente α_d per la stima del diametro di calcolo del bulbo di ancoraggio (AGI, AICAP, Ancoraggio nei Terrenie nelle Rocce, 2012)

Successivamente i valori della resistenza unitaria possono essere determinati con gli abachi in funzione della tipologia di terreno e dal tipo e dall'entità dell'iniezione effettuata.

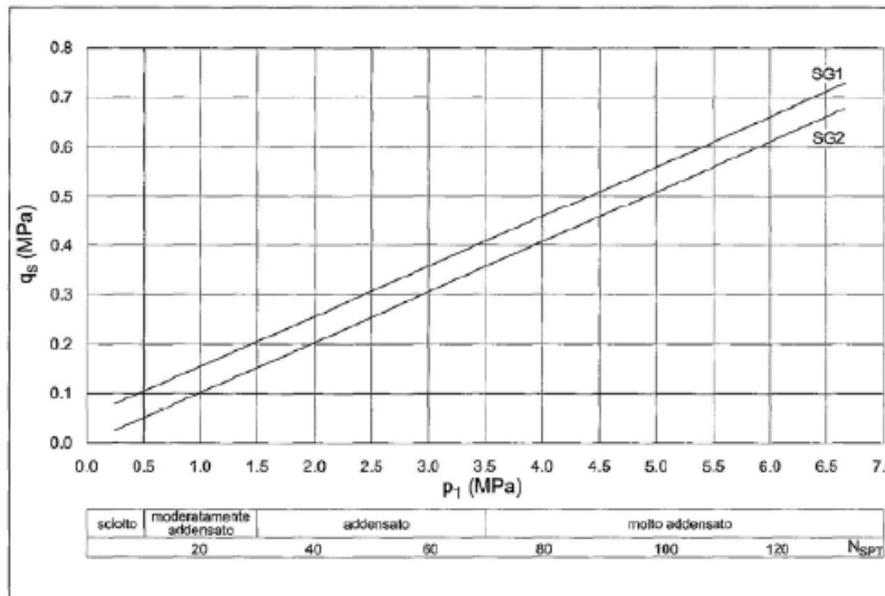
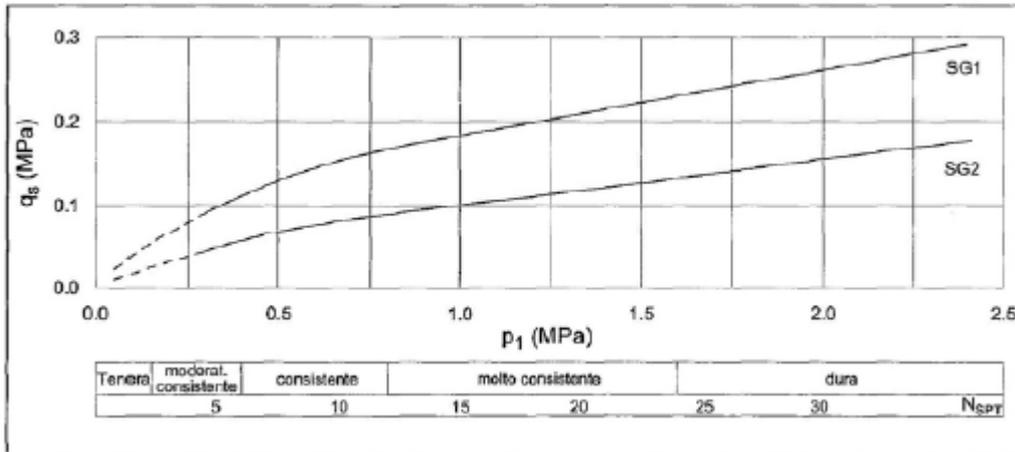


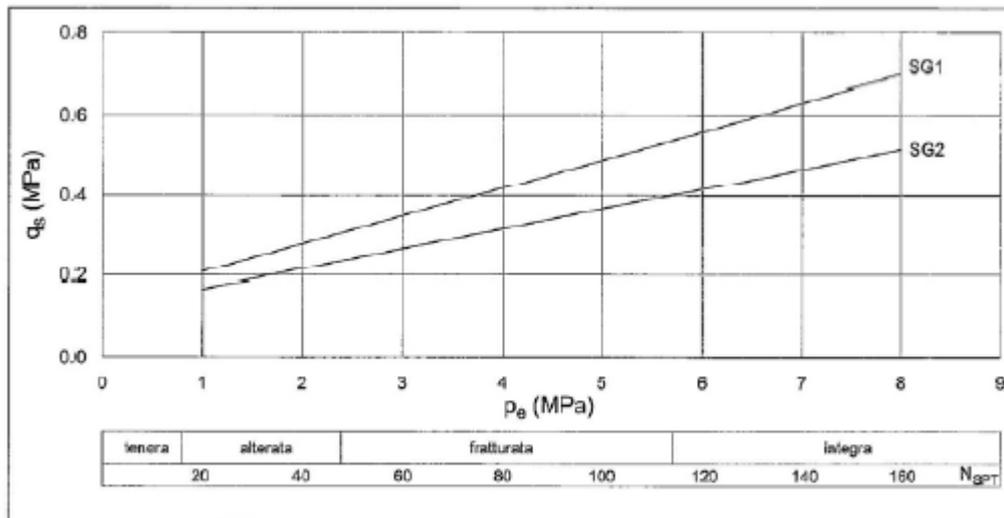
Figura 10 – Resistenza unitaria limite per terreni incoerenti (AGI, AICAP, Ancoraggio nei Terreni e nelle Rocce, 2012)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	45



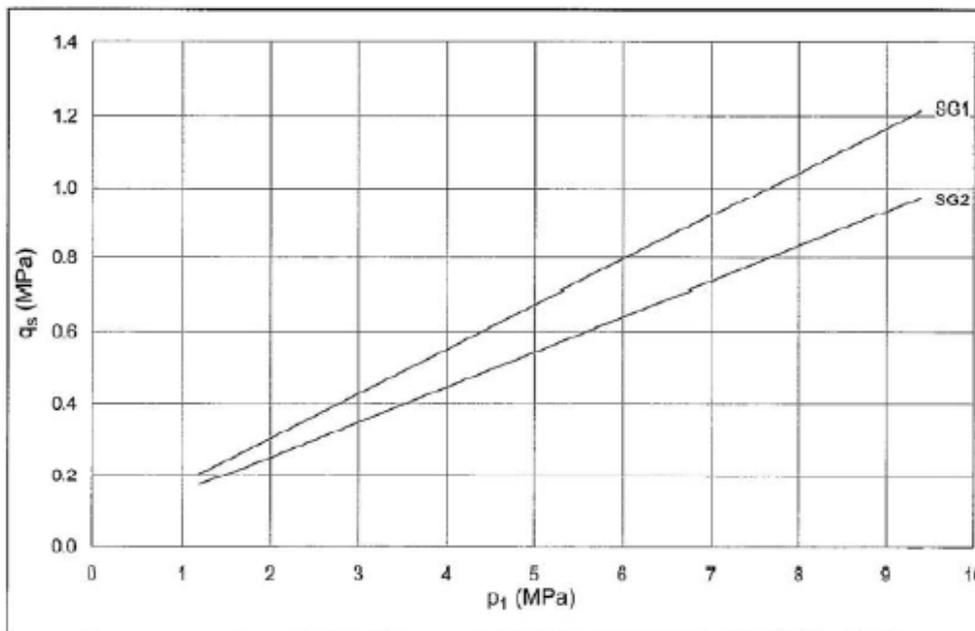
**Figura 11 - Resistenza unitaria limite per terreni a grana fine
(AGI, AICAP, Ancoraggio nei Terreni e nelle Rocce, 2012)**



**Figura 12 - Resistenza unitaria limite per le marne ed i calcari
(AGI, AICAP, Ancoraggio nei Terreni e nelle Rocce, 2012)**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	46



**Figura 13 - Resistenza unitaria limite per rocce tenere e fratturate
(AGI, AICAP, Ancoraggio nei Terreni e nelle Rocce, 2012)**

11.7 Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_r l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L , area A_r , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s . La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

11.8 Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidità della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo $[F/L^3]$.

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	47

È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ($b=100$ cm) l'area equivalente della molla sarà $A_m=m*b$.

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidità flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidità di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidità degli elementi della paratia (elementi a rigidità flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidità dei tiranti (solo rigidità assiale) e delle molle (rigidità assiale).

Il metodo degli elementi finiti è il metodo che più di tutti si fonda su basi teoriche solide e razionali. Di fatti tutto il metodo presuppone che il problema sia affrontato tenendo in conto sia l'aspetto statico e quindi l'equilibrio del problema, sia l'aspetto cinematica e quindi la congruenza degli spostamenti o meglio delle deformazioni. In questo approccio la paratia è modellata come un insieme di travi, con voncolo di continuità tra loro

(elementi beam) vincolati al terreno mediante molle elastiche, la cui rigidità è valutata in funzione delle proprietà elastiche del terreno. Nella figura è mostrato schematicamente il modello utilizzato per l'analisi ad elementi finiti.

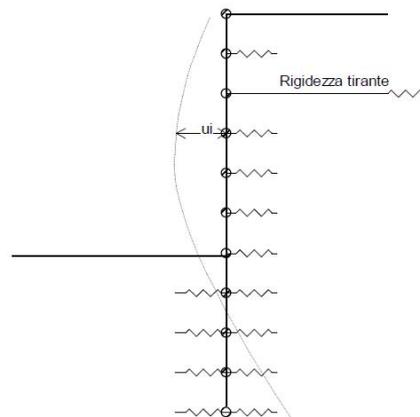


Figura 14 – Schema della paratia ad elementi finiti

Dalla figura 10 il terreno viene schematizzato con delle molle di rigidità K_w applicate sui nodi dei conci. La stima della rigidità K_w può essere effettuata in due modi:

- Da strato
- Formula binomia

Nel caso da strato il programma in generale considera come rigidità $K_w = \frac{P_p - P_a}{\text{Spostamento molla}}$ per ogni

baricentro di strato modellato

P_0 = pressione a riposo

P_p = pressione passiva

P_a = pressione attiva

y = Spostamento

Dove lo spostamento limite della molla di default risulta essere di 1,50 cm

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	48

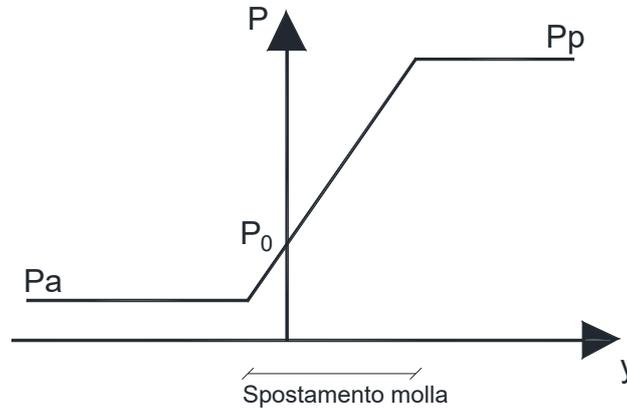


Figura 15 – Diagramma pressione – spostamento molla

Nel caso della formula binomia la formula è basata sulla capacità portante delle fondazioni con la seguente formula (Bowles, Fondazioni):

$$K_w = A_s + B_s + Z^n$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

A_s = costante calcolata come segue $A_s = C \times (c \times N_c + 0,5 \times G \times B \times N_g)$

B_s = coefficiente funzione della profondità $B_s = C \times G \times N_q$

Z = profondità in esame

$C = 40$ nel sistema internazionale SI

c = coesione del terreno

$N = \pi \times \tan \varphi$

$N_q = \exp[n \times (\tan^2(45^\circ + \varphi/2))]$

$N_c = (N_q - 1) \times \cot \varphi$

$N_g = 1,5 \times (N_q - 1) \times \tan \varphi$

G = peso specifico efficace

B = larghezza fondazione

Mentre i tiranti vengono schematizzati come elementi elastici, con sezione trasversale di area pari ad A modulo di elasticità E e lunghezza L . Per un tratto di paratia di larghezza unitaria, l'azione dei tiranti inclinati di un angolo β vale:

$$F = \frac{A \cdot E}{S \cdot L} \cos \beta$$

11.9 Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma **PAC**). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max} ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max} . Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	49

della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$K \times u = p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p_0 , fino a raggiungere il carico totale p . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassembleta escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassembleggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti, la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre, dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Le molle al di sotto della linea di fondo scavo hanno un comportamento asimmetrico. Se lo spostamento della paratia in corrispondenza della molla è diretto verso valle la pressione limite della molla stessa sarà data dalla differenza fra la pressione passiva di valle e la pressione attiva di monte ($K_{pv} - K_{am}$). Se lo spostamento è diretto verso monte la pressione limite sarà data dalla differenza tra la pressione passiva da monte e la pressione attiva da valle ($K_{pm} - K_{av}$).

Per le molle al di sopra della linea di fondo scavo si assume sempre il criterio di rottura per pressione passiva (a compressione). Naturalmente esse vengono rimosse dall'analisi quando vanno in trazione. In particolare saranno immediatamente eliminate durante l'analisi nel caso di una paratia libera (non soggetta a carichi verso monte) mentre avranno una grossa influenza in presenza di tiranti (soprattutto nel caso di tiranti attivi) e di vincoli.

11.10 Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).

Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s = s_0 + K(u - u_0)$$

Le modalità di analisi sono più complicate nel caso di tiranti attivi in quanto è importante conoscere la

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	50

modalità di tiro: infatti il tirante può essere tesato prima dello scavo, oppure tesato alla fine della corrispondente fase di scavo, oppure al termine di tutto lo scavo. Nella fase in cui il tirante è tesato verrà inserita una molla con uno stato di pretensione pari allo sforzo di tesatura. Nelle fasi successive il tirante verrà considerato come una semplice molla che 'ricorda', naturalmente, lo sforzo della fase precedente. Ovviamente si otterranno soluzioni differenti in funzione della modalità di tiro selezionata.

Nel caso di tiranti attivi, inoltre, è analizzata una fase ulteriore (a lungo termine) nella quale il tiro iniziale è depurato delle cadute di tensione.

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

11.11 Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare, il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[\frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + (W_i \cos \alpha_i - u_i l_i) \tan \varphi_i \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e a_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima e c_i e f_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i / \cos \alpha_i$).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava h . Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato ed è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

11.12 Analisi dei pali

11.13

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito f e la coesione c . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo solitamente viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_t = Q_p + Q_l - W_p$$

dove:

- Q_T portanza totale del palo
- Q_P portanza di base del palo
- Q_L portanza per attrito laterale del palo
- W_P peso proprio del palo

e le due componenti Q_P e Q_L sono calcolate in modo indipendente fra loro.

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	51

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo Q_A applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta η_p ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale η_l .

Palo compresso:

$$Q_d = \frac{Q_p}{\eta_p} + \frac{Q_l}{\eta_l} - W_p$$

Palo teso:

$$Q_d = \frac{Q_l}{\eta_l} - W_p$$

Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_p = A_p \left(cN'_c + qN'_q + \frac{1}{2} B\gamma N'_\gamma \right)$$

dove:

A_p è l'area portante efficace della punta del palo

c è la coesione

q è la pressione geostatica alla quota della punta del palo

γ è il peso specifico del terreno

D è il diametro del palo

N'_c N'_q N'_γ sono i coefficienti di capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità.

Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_l = \int_S \tau_a dS$$

dove τ_a è dato dalla nota relazione di Coulomb

$$\tau_a = c_a + \sigma_h \tan \delta$$

dove:

c_a è l'adesione palo-terreno

δ è l'angolo di attrito palo-terreno

γ è il peso specifico del terreno

z è la generica quota a partire dalla testa del palo

L è la lunghezza del palo

P è il perimetro del palo

K_s è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

Nel nostro caso essendoci innumerevoli incertezze del calcolo della resistenza laterale dovuta alla realizzazione di pali accostati molto vicini tra loro e la quota paratia, lato monte il terreno non partecipa

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	52

completamente alla resistenza laterale, si ritiene opportuno trascurare quest' ultima.

12 MODELLI DI CALCOLO

Si sono analizzate 4 sezioni di calcolo per tenere conto in maniera esaustiva delle differenti lunghezze dei pali e differenti ordini dei tiranti, tramite apposite piastre di ripartizione. L' azione concentrata di contrasto dei tiranti è distribuita sui pali dalle travi di collegamento, costituite da un doppio profilato in acciaio S275 della serie UPN nel dettaglio di sono analizzati i 4 modelli, le cui caratteristiche peculiari sono riassunti nelle seguenti tabelle e figure:

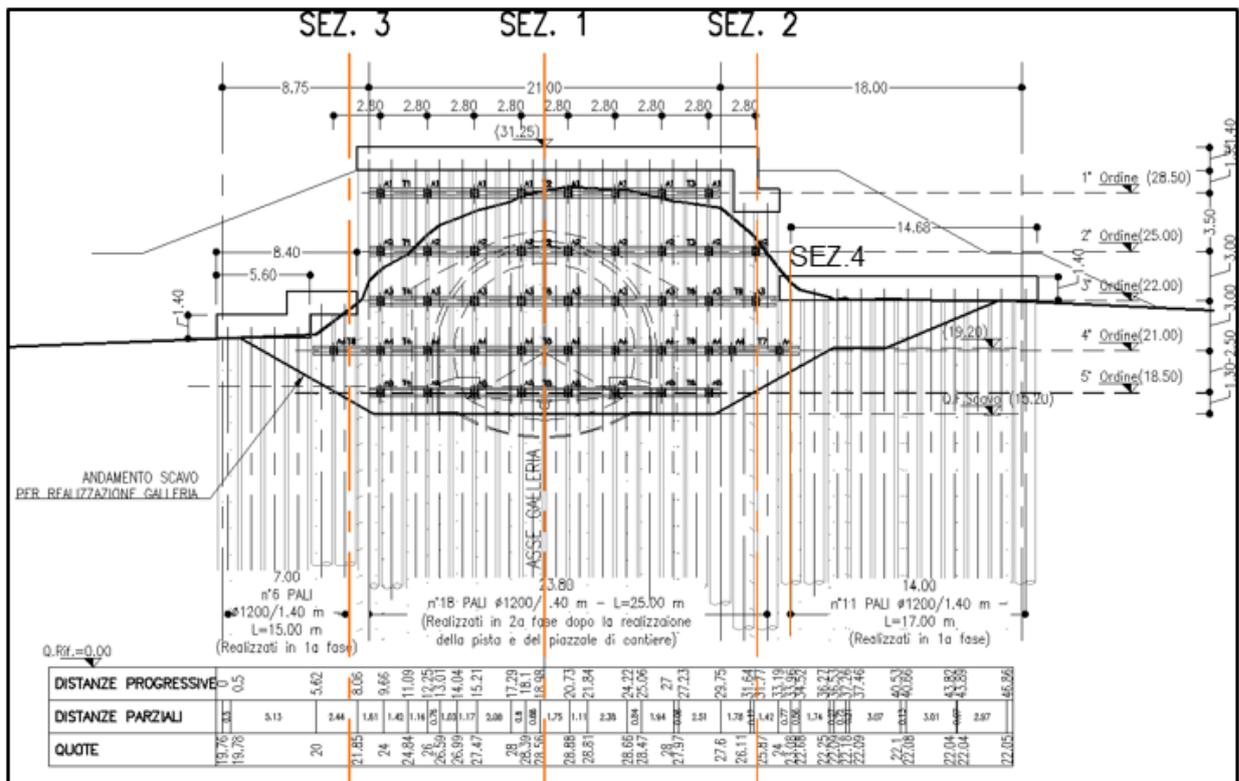


Figura 16 – Sezioni paratie analizzate

SEZIONE 1 – pk 5+256,90

Tipologia struttura di sostegno	Pali Φ 1200 ad interasse 1.40m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 25 \text{ m} + 1,40 \text{ m cordolo}$
Altezza libera paratia	$H = 14,65 \text{ m}$
Ordini di tiranti (n°)	5
Passo orizzontale tiranti	2.80 m
Sovraccarichi permanenti a monte	Var. 0-640 Kpa per simulare il pendio a monte
Sovraccarichi variabili a monte	$q = 20 \text{ kPa}$

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	53

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	i (m)	α°	Lp (m)	La (m)	Ltot (m)	Dp (m)	Atref (mm ²)	f _{p(1)k} snervamento / limite elastico	n _{tref}	N ₀ (KN)
1	1.35	2.8	20	13	8	21	0.16	139	1670	4	300
2	4.85	2.8	20	12	9	21	0.16	139	1670	4	350
3	7.85	2.8	20	11	9	20	0.16	139	1670	4	400
4	10.85	2.8	20	10	9	19	0.16	139	1670	5	450
5	13.35	2.8	20	9	9	18	0.16	139	1670	5	450

L_p = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)

L_a = Lunghezza attiva (bulbo iniettato)

i = interasse tiranti

α° = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale

D_p = diametro perforazione

n_{tref} = n° trefoli per tirante

A_{tref} = area singolo trefolo

N₀ = Pretensione tirante alla messa in opera

Acciaio per profilati cordoli in acciaio tipo IPN 220 1° - 2° fila e tipo IPN 240 3° - 4° - 5° fila	
Tipo	S 275 JR
Tensione di snervamento caratteristica	f _{yk} = 275 MPa
Tensione di rottura caratteristica	f _{tk} = 430 MPa
Tensione di snervamento di calcolo	f _{yd} = f _{yk} /1.05=261.9 MPa

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	54

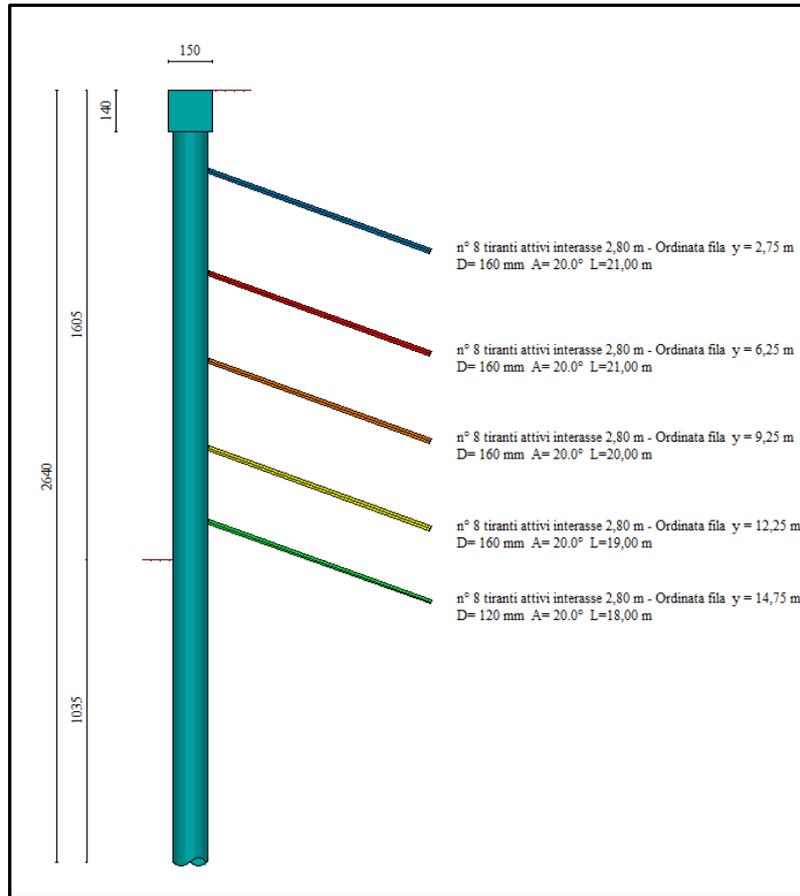


Figura 17 – Geometria paratia – vista laterale

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	55

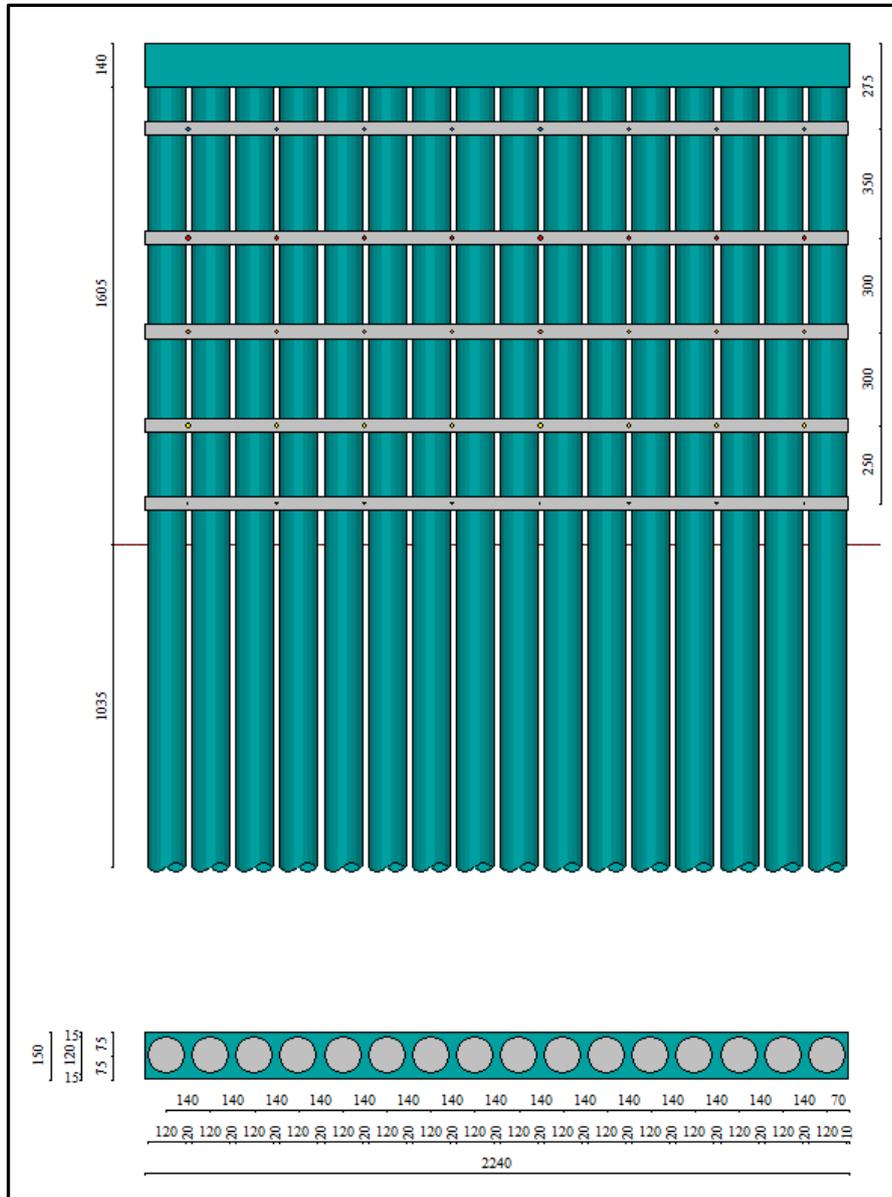


Figura 18 – Geometria paratia – vista frontale

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	56

SEZIONE 2 – pk 5+255,85

Tipologia struttura di sostegno	Pali Φ 1200 ad interasse 1.40 m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 25 \text{ m} + 1.4 \text{ m cordolo}$
Altezza libera paratia	$H = 10.85 \text{ m} + 1.4 \text{ m cordolo}$
Ordini di tiranti (n°)	3
Passo orizzontale tiranti	2.80 m
Sovraccarichi variabili a monte	$q = 20 \text{ kPa}$

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	i (m)	α°	Lp (m)	La (m)	Ltot (m)	Dp (m)	Atref (mm ²)	f _{p(1)k} snervamento / limite elastico	n _{tre f}	N ₀ (KN)
1	2.35	2.8	20	12	9	21	0.16	139	1670	4	350
2	5.35	2.8	20	11	9	20	0.16	139	1670	4	400
3	8.35	2.8	20	10	9	19	0.16	139	1670	5	450

Lp = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)

La= Lunghezza attiva (bulbo iniettato)

i =interasse tiranti

α° = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale

D_p=diametro perforazione

n_{tre f} = n° trefoli per tirante

A_{tre f} = area singolo trefolo

N₀ = Pretensione tirante alla messa in opera

Acciaio per profilati cordoli in acciaio tipo IPN 220 1° fila e IPN 240 2°- 3° fila	
Tipo	S 275 JR
Tensione di snervamento caratteristica	f _{yk} = 275 MPa
Tensione di rottura caratteristica	f _{tk} = 430 MPa
Tensione di snervamento di calcolo	f _{yd} = f _{yk} /1.05=261.9 MPa

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	57

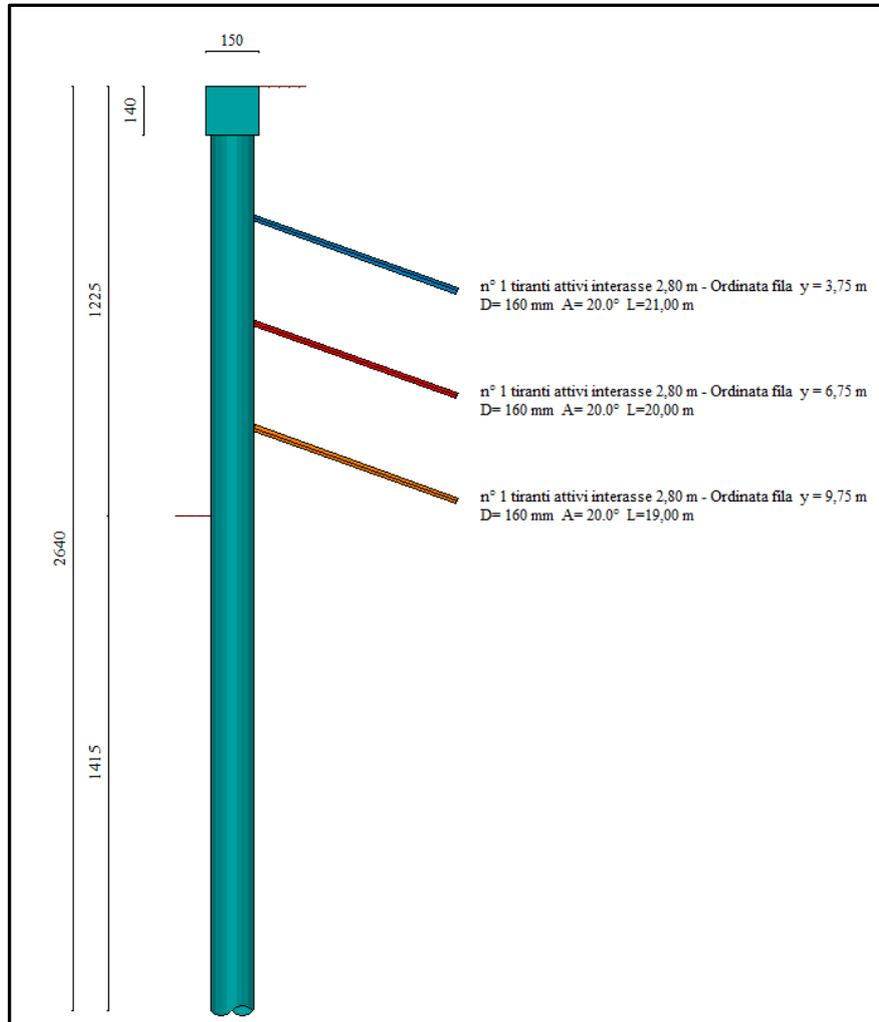


Figura 19 – Geometria paratia – vista laterale

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	58

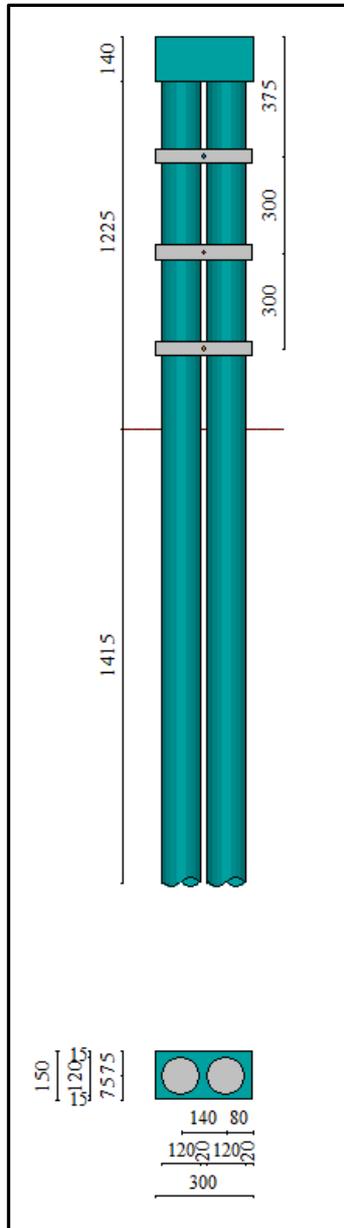


Figura 20 – Geometria paratia – vista frontale

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	59

SEZIONE 3 – pk 5+255,85

Tipologia struttura di sostegno	Pali Φ 1200 ad interasse 1.40m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 15 \text{ m} + 1.4 \text{ m cordolo}$
Altezza libera paratia	$H = 5,20 \text{ m} + 1.4 \text{ m cordolo}$
Ordini di tiranti (n°)	1
Passo orizzontale tiranti	2.80 m
Sovraccarichi variabili a monte	$q = 20 \text{ kPa}$

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	i (m)	α°	Lp (m)	La (m)	Ltot (m)	Dp (m)	Atref (mm ²)	f _{p(1)k} snervamento / limite elastico	n _{tre f}	N ₀ (KN)
1	2.15	2.8	20	10	9	19	0.16	139	1670	5	450

Lp = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)

La= Lunghezza attiva (bulbo iniettato)

i =interasse tiranti

α° = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale

D_p=diametro perforazione

n_{tre f} = n° trefoli per tirante

A_{tre f} = area singolo trefolo

N₀ = Pretensione tirante alla messa in opera

Acciaio per profilati cordoli in acciaio tipo IPN 240 su 1 fila	
Tipo	S 275 JR
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} = 275 \text{ MPa}$
Tensione di rottura caratteristica	$f_{tk} = 430 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd} = f_{yk}/1.05=261.9 \text{ MPa}$

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	60

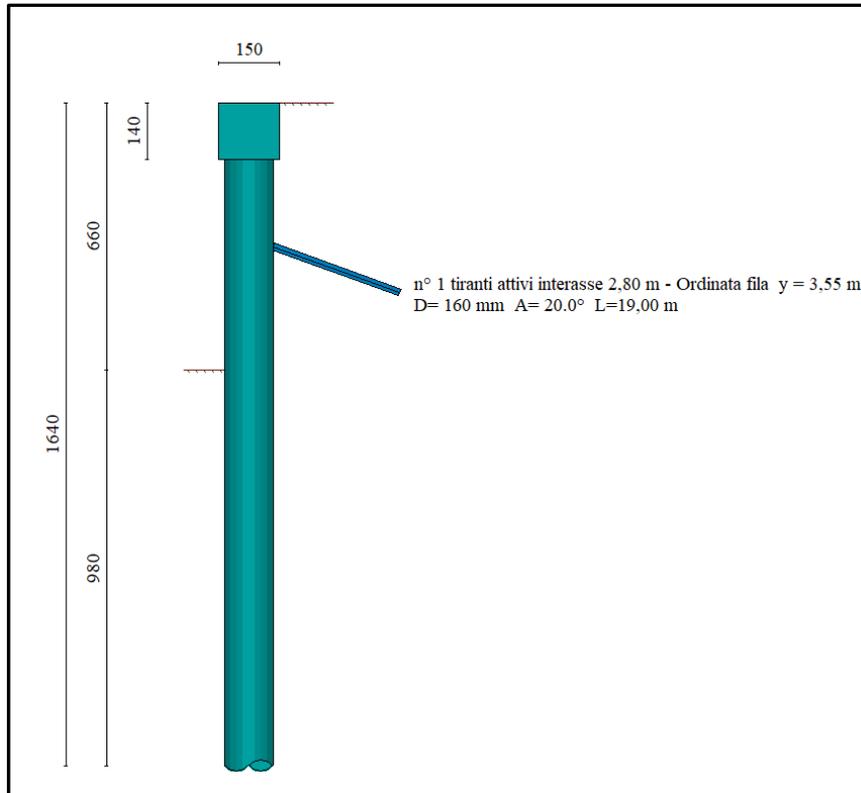


Figura 21 – Geometria paratia – vista laterale

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	61

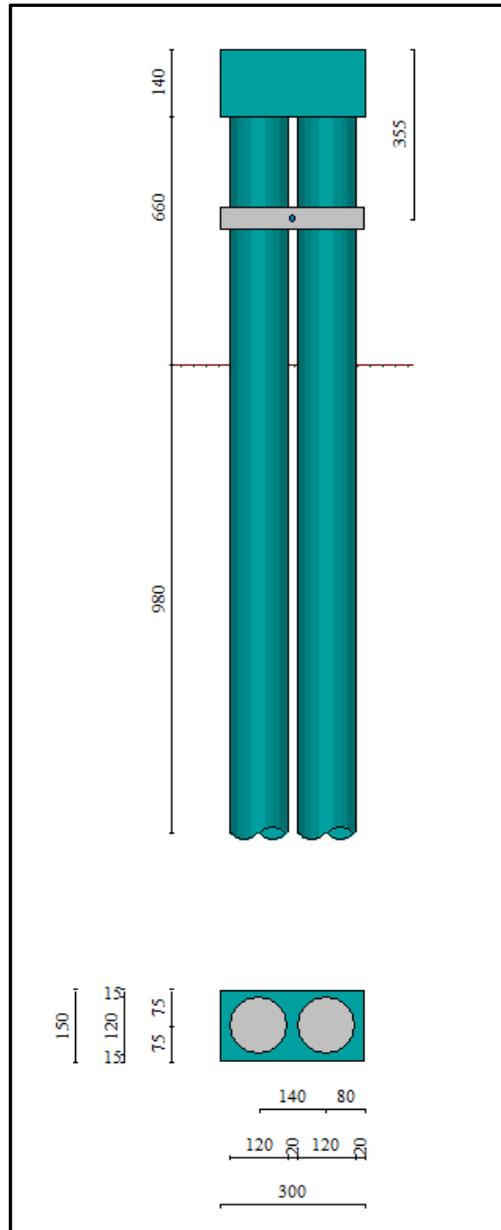


Figura 22 – Geometria paratia – vista frontale

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	62

SEZIONE 4 – pk 5+255,85

Tipologia struttura di sostegno	Pali Φ 1200 ad interasse 1.40m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 13,20 \text{ m} + 1.4 \text{ m cordolo}$
Altezza libera paratia	$H = 2,40 \text{ m} + 1.4 \text{ m cordolo}$
Sovraccarichi variabili a monte	$q = 20 \text{ kPa}$

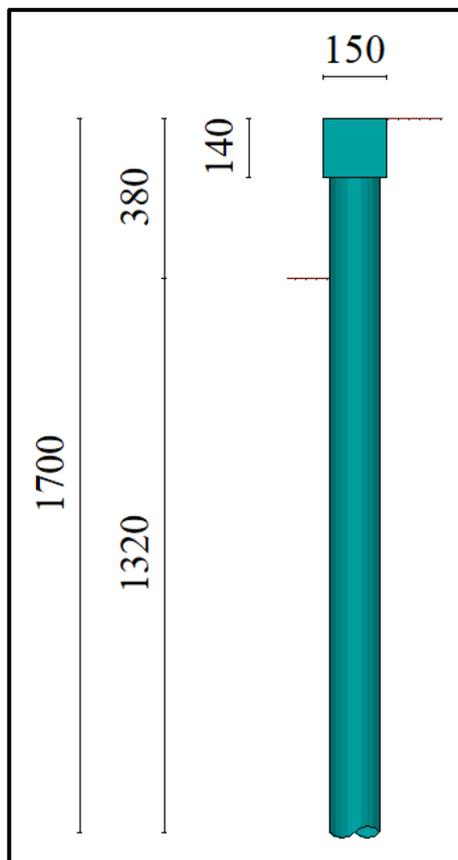


Figura 23 – Geometria paratia – vista laterale

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	63

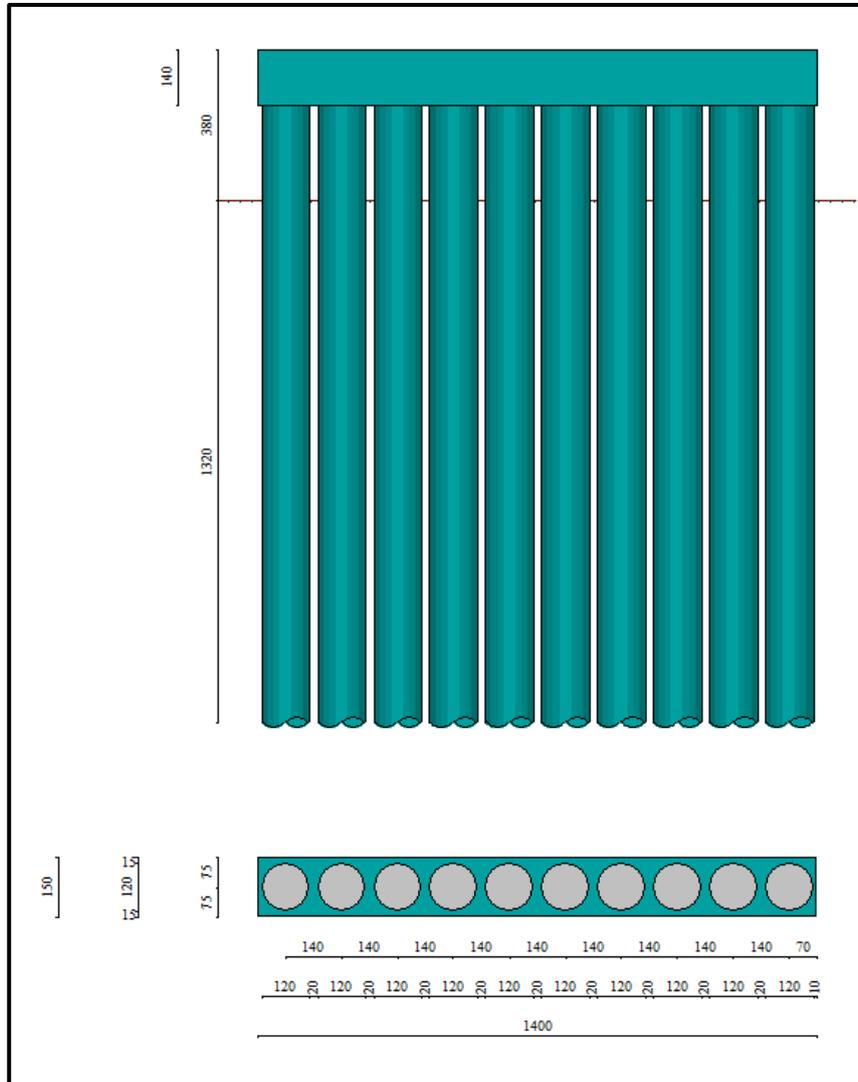


Figura 24 – Geometria paratia – vista frontale

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	64

12.1 MODELLO SEZ1 pk 5+256,90

Il modello SEZ 1 pk 6+809 rappresenta la sezione frontale della galleria con pali di lunghezza 25 m e cordolo in c.a. di altezza 1,40 m. L'ordine dei tiranti è rappresentato in tabella.

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	i (m)	α°	Lp (m)	La (m)	Ltot (m)	Dp (m)	Atref (mm ²)	fp(1)k snervamento / limite elastico	ntref	No (KN)
1	1.35	2.8	20	13	8	21	0.16	139	1670	4	300
2	4.85	2.8	20	12	9	21	0.16	139	1670	4	350
3	7.85	2.8	20	11	9	20	0.16	139	1670	4	400
4	10.85	2.8	20	10	9	19	0.16	139	1670	5	450
5	13.35	2.8	20	9	9	18	0.16	139	1670	5	450

Lp = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)

i = interasse tiranti

Dp = diametro perforazione

Atref = area singolo trefolo

La = Lunghezza attiva (bulbo iniettato)

α° = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale

ntref = n° trefoli per tirante

No = Pretensione tirante alla messa in opera

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	65

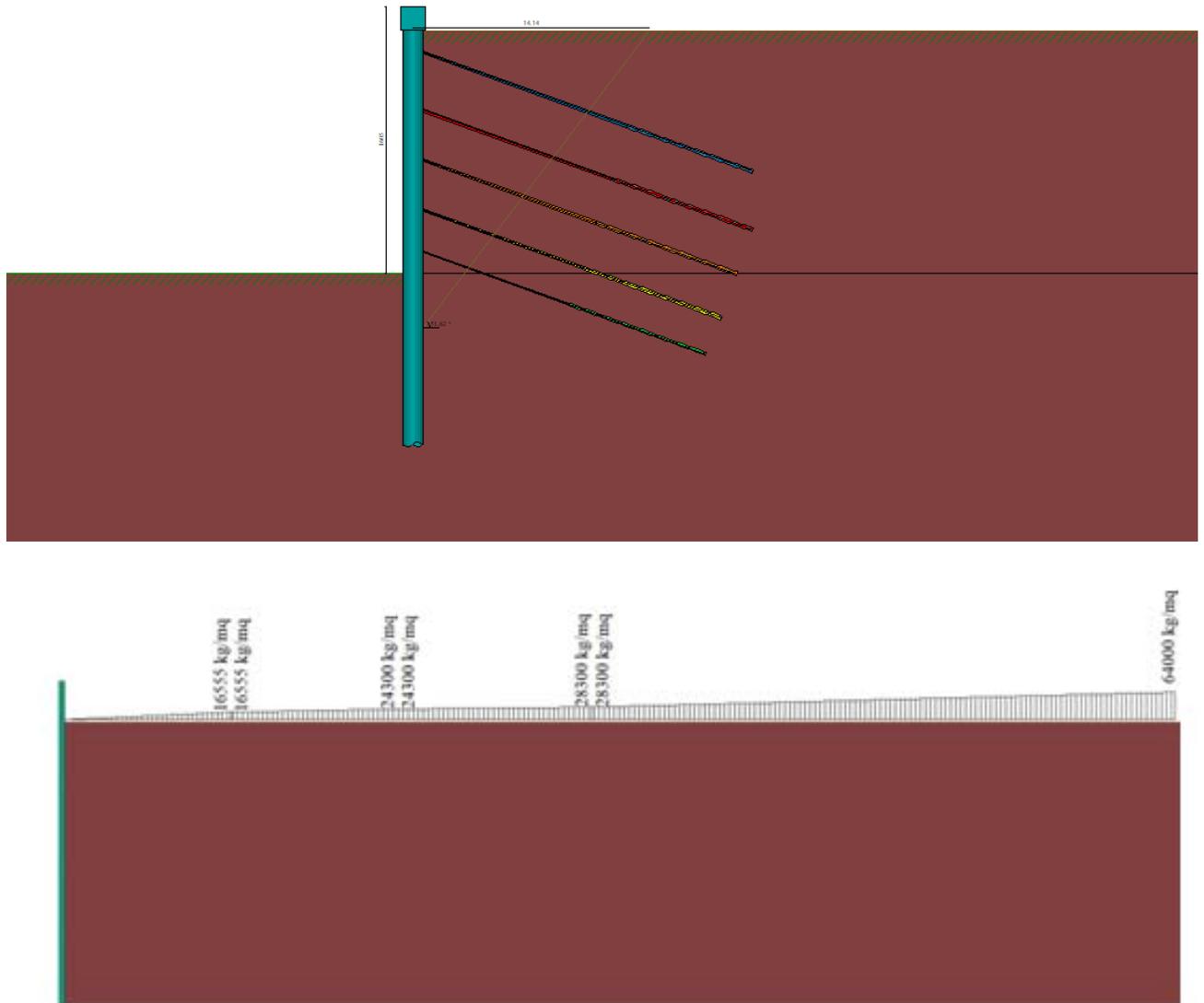


Figura 25 – Modello di calcolo

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine

Descrizione del terreno

γ peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

γ_{sat} peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]

Φ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]

δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	66

c coesione del terreno espressa in [kPa]

c_a adesione terreno/paratia espressa in [kPa]

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Cesp coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato

τ_i tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kPa]

I parametri medi e minimi vengono usati per il calcolo di portanza di progetto dei pali e per la resistenza di progetto a sfilamento dei tiranti

N°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ _{sat} [kg/mc]	φ [°]	δ [°]	c [kPa]	c _a [kPa]	Cesp	τ _i [kPa]	
1	(SRR)	1900,0	1900,0	35.00	23.00	0,0	0,0	1.50	250,0	CAR
				35.00	23.00	0,0	0,0		250,0	MIN
				35.00	23.00	0,0	0,0		250,0	MED

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm²/cm] calcolata col metodo a strato

α inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)

Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	α _M [°]	α _V [°]	K _{wM} [kg/cm ² /cm]	K _{wV} [kg/cm ² /cm]	Terreno M	Terreno V
1	16,05	0.00	0.00	3.48	3.48	SRR	SRR
2	50,00	0.00	0.00	17.78	17.78	SRR	SRR

Livello falda dal piano campagna 35 m

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo a _g (m/s ²)	1,150	0,455
Accelerazione al suolo a _g (% di g)	0,117	0,046
Fattore amplificatore F ₀	2,578	2,430
T _C *	0,362	0,302
S _s (Terreno tipo C)	1,50	1,50
Coefficiente riduzione β _s	0,380	0,470
Coeff. Amplifi. Topografica S (T2)	1,20	
Coefficiente riduzione α	0,598	
U _s (m)	0,132	
Coefficiente riduzione β	0,351	
Coefficiente intensità sismica orizzontale Kh[%]	4,430	1,751
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale Kh[%]	4,430	1,751
Coefficiente intensità sismica verticale Kv=50% Kh	2,215	0,8755

Tabella Parametri per analisi sismica

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	67

Nella figura sono riportati i parametri per l'analisi sismica; in essa:

α = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 delle NTC2008);

β = coefficiente di spostamento (figura 7.11.3 delle NTC2008);

$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}/g$ = coefficiente sismico orizzontale

12.1.2 FASI DI CALCOLO

Fasi di scavo

n° identificativo della fase nell'elenco definito

Fase Descrizione dell'i-esima fase

Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 1.40 metri	0
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=1.40]	0
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=1.40]	0
4	Scavo fino alla profondità di 3.25 metri	1
5	Tesatura tirante 1 N=30000 [Hscavo=3.25]	2
6	Inserimento tirante 1 (X=2.75) [Hscavo=3.25]	2
7	Scavo fino alla profondità di 6.75 metri	3
8	Tesatura tirante 2 N=35000 [Hscavo=6.75]	4
9	Inserimento tirante 2 (X=6.25) [Hscavo=6.75]	4
10	Scavo fino alla profondità di 9.75 metri	5
11	Tesatura tirante 3 N=40000 [Hscavo=9.75]	6
12	Inserimento tirante 3 (X=9.25) [Hscavo=9.75]	6
13	Scavo fino alla profondità di 12.75 metri	7
14	Tesatura tirante 4 N=45000 [Hscavo=12.75]	8
15	Inserimento tirante 4 (X=12.25) [Hscavo=12.75]	8
16	Scavo fino alla profondità di 15.25 metri	9
17	Tesatura tirante 5 N=45000 [Hscavo=15.25]	10
18	Inserimento tirante 5 (X=14.75) [Hscavo=15.25]	10
19	Scavo fino alla profondità di 16.05 metri	11
20	Inserimento sisma	12

LINEA PESCARA – BARI

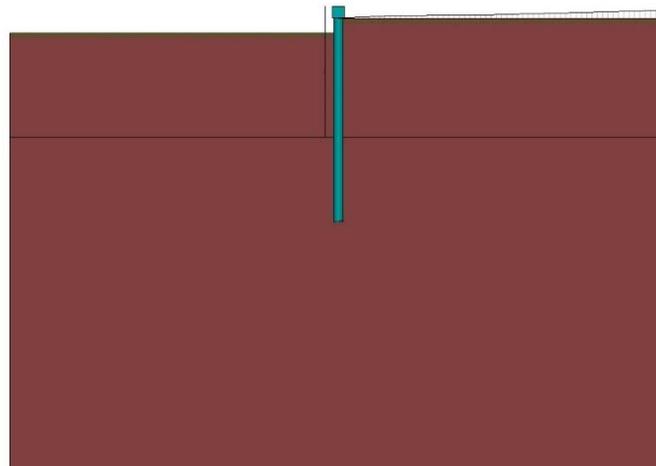
**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	68



Tempo 0 (Fase n° 1-2-3)



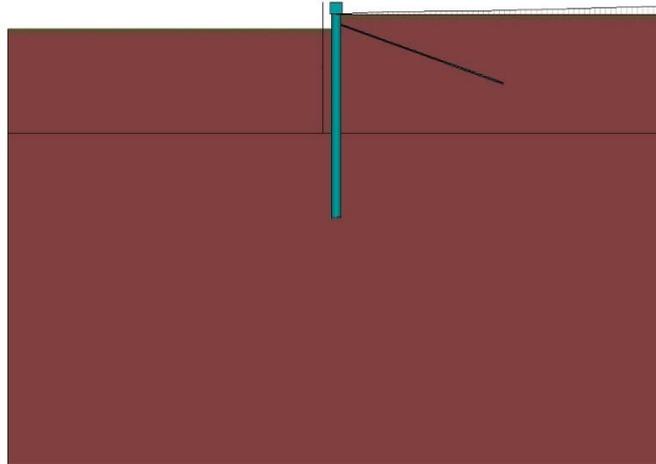
Tempo 1 (Fase n° 4)

LINEA PESCARA – BARI

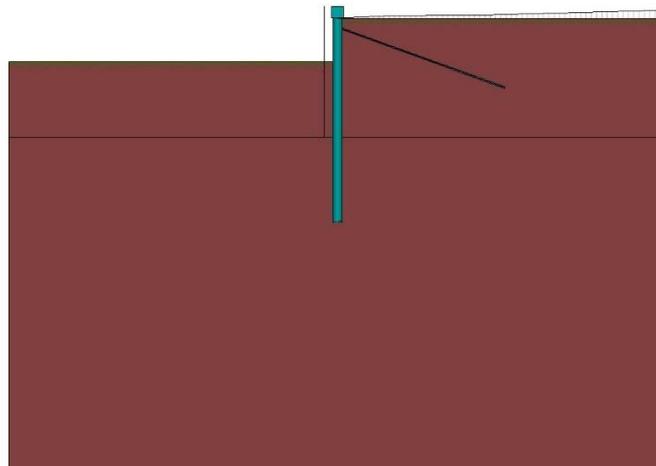
**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	69



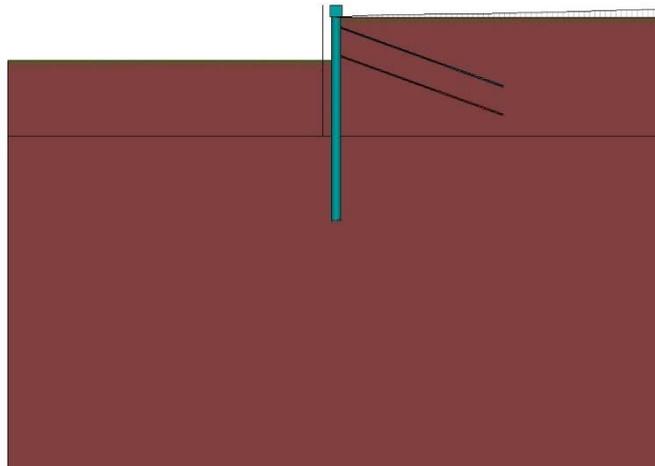
Tempo 2 (Fase n° 5-6)



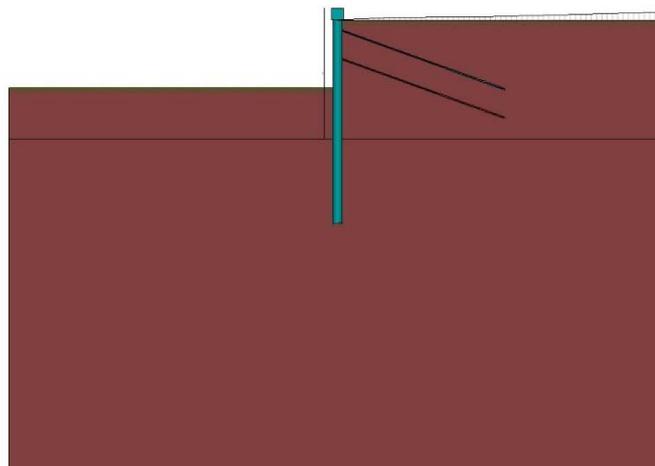
Tempo 3 (Fase n° 7)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	70



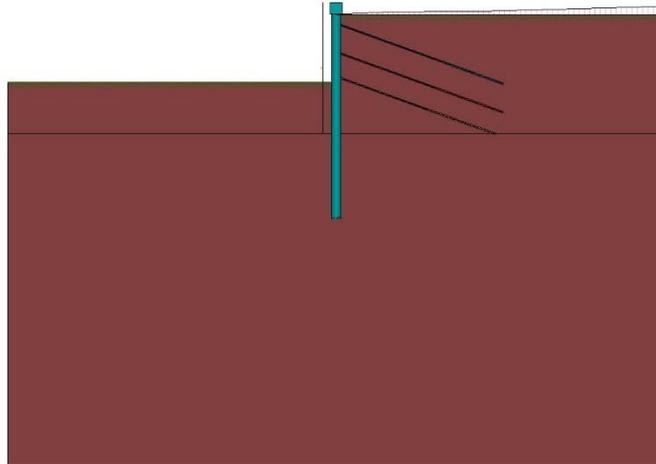
Tempo 4 (Fase n° 8-9)



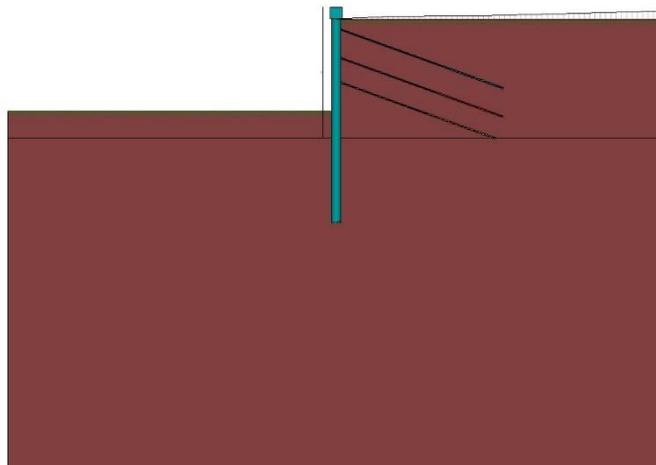
Tempo 5 (Fase n° 10)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	71



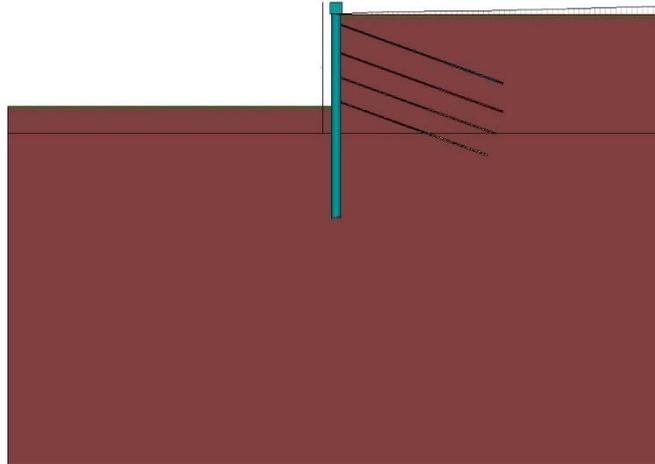
Tempo 6 (Fase n° 11-12)



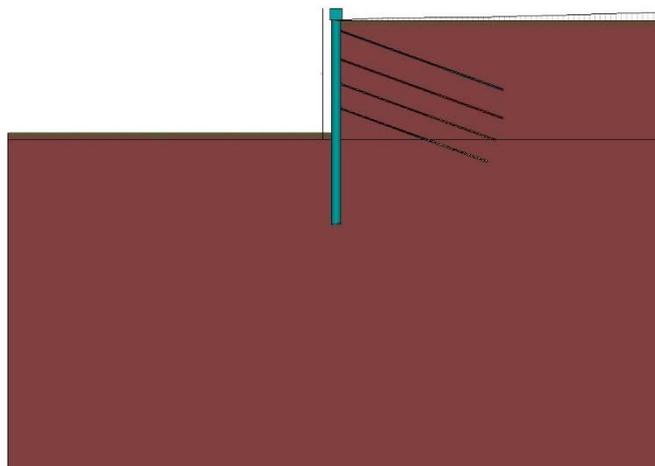
Tempo 7 (Fase n° 13)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	72



Tempo 8 (Fase n° 14-15)



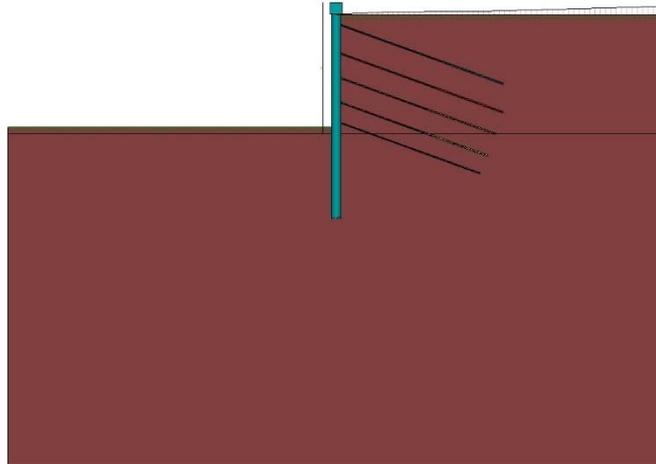
Tempo 9 (Fase n° 16)

LINEA PESCARA – BARI

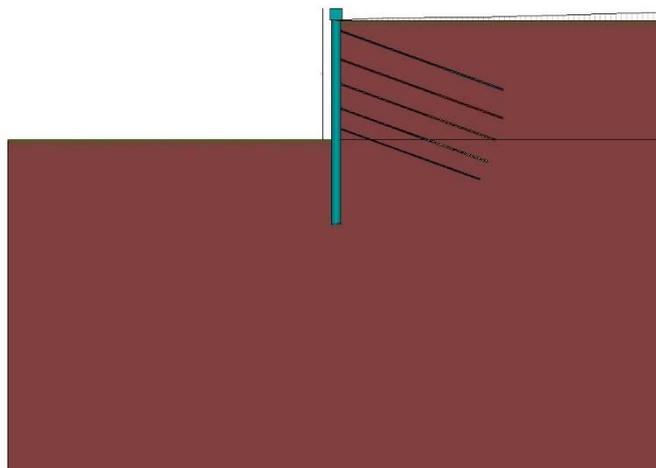
**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisorie**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	73



Tempo 10 (Fase n° 17-18)



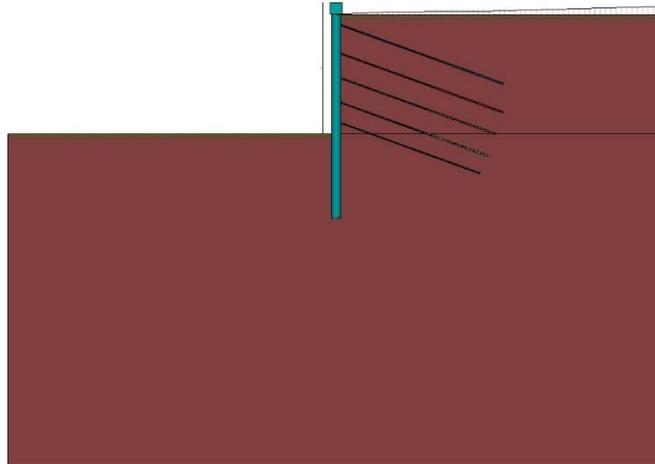
Tempo 11 (Fase n° 19)

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	74



Tempo 12 (Fase n° 20)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	75

12.1.3 RISULTATI E VERIFICHE

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi del momento flettente – taglio – sforzo normale del singolo palo della paratia nelle combinazioni A1+M1 senza e con sisma, combinazioni A2+M2 senza e con sisma e Inviluppo.

Momento Flettente [Kg m]

Taglio [Kg]

Sforzo Normale [Kg]

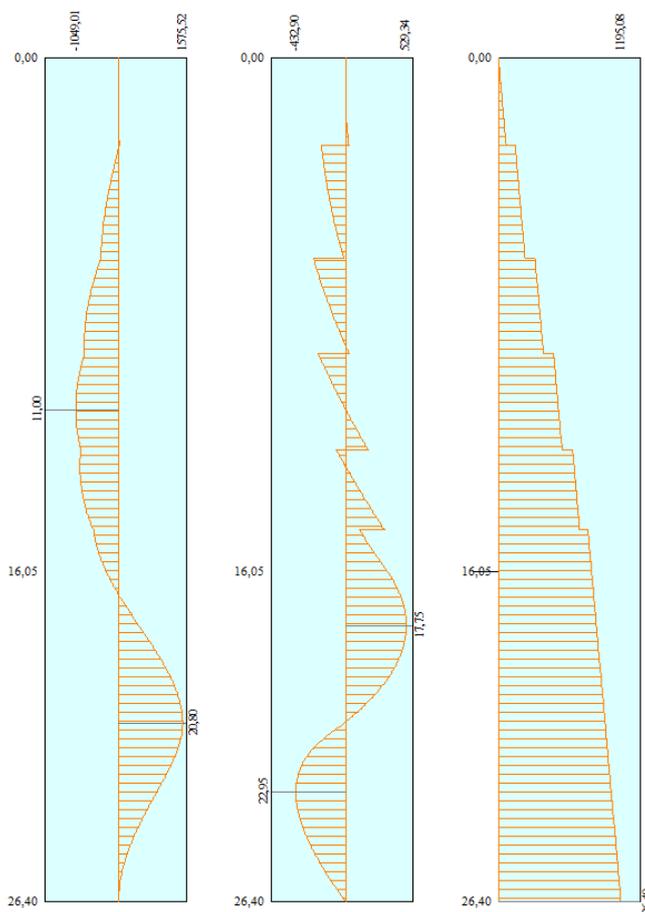


Figura 26 – Diagramma combinazione SLU-STR N°12 FASE 19 (A1+M1)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	76

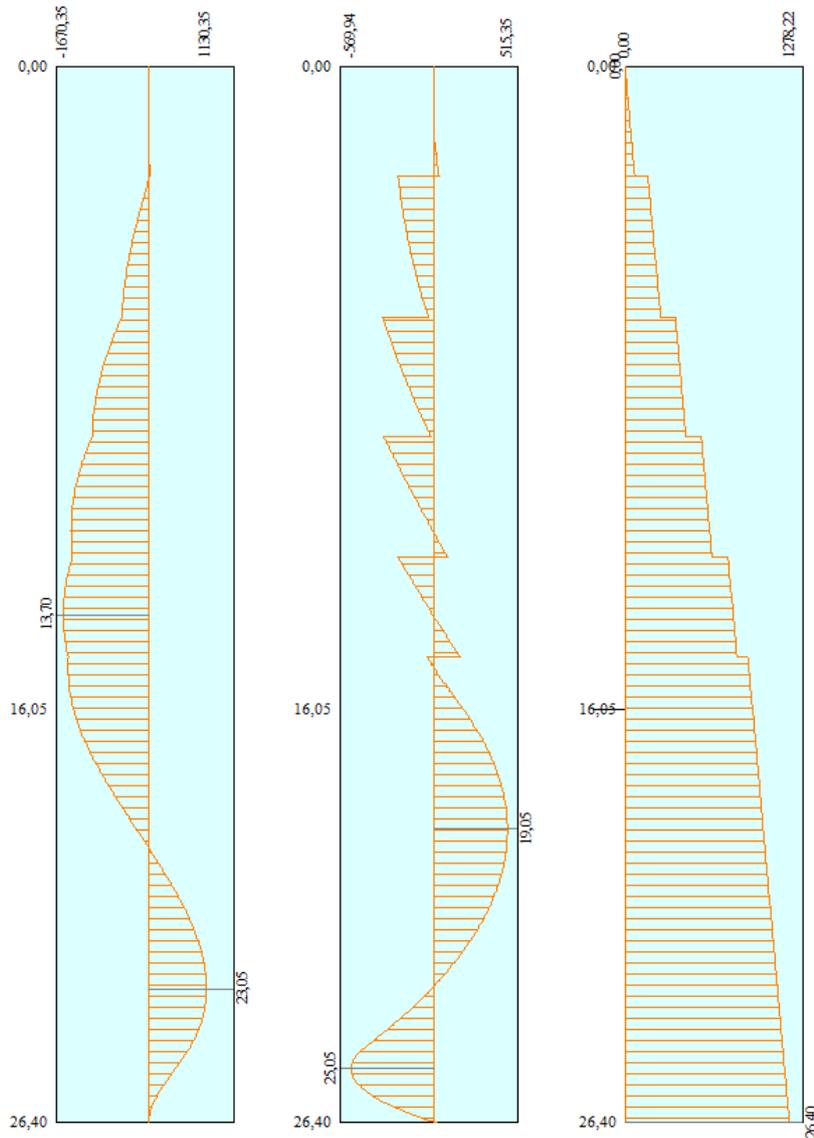


Figura 27 – Diagramma in combinazione SLU-GEO N°12 FASE 19 (A2+M2)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	77

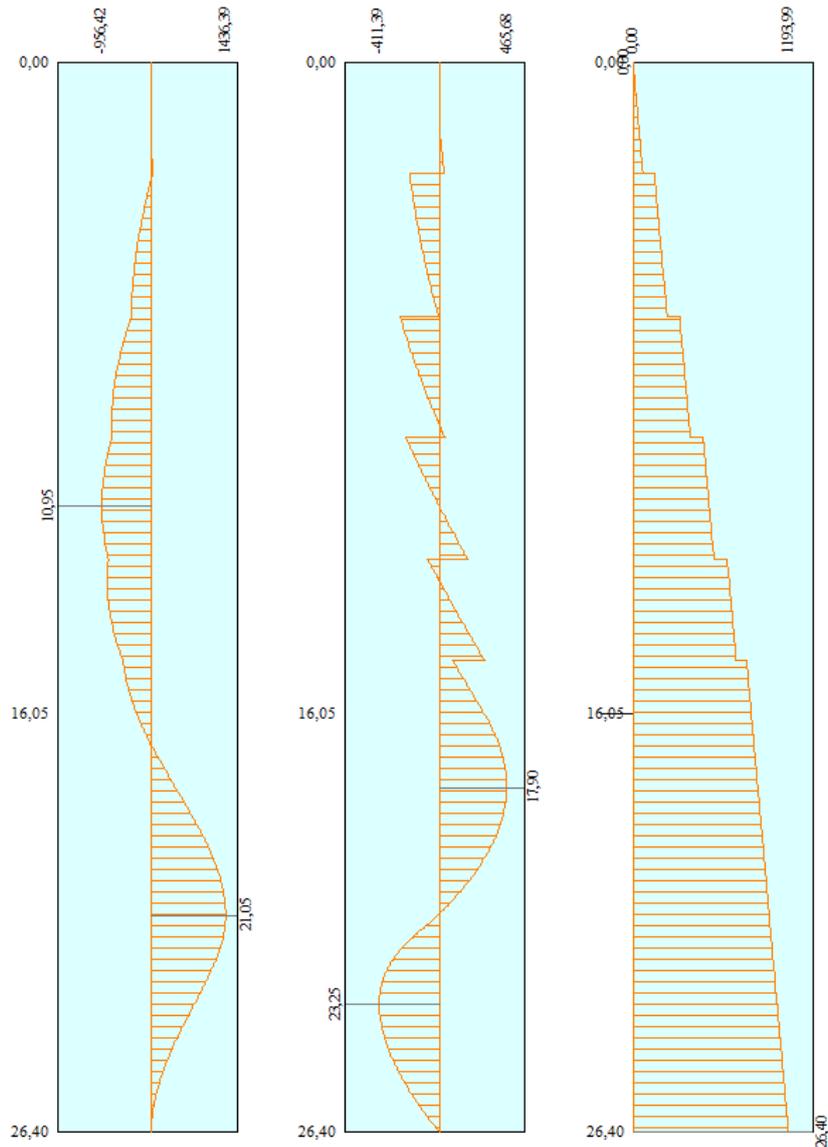


Figura 28 – Diagramma in combinazione SLV-STR N° 13 FASE 20 (A1+M1+SISMA)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisorie**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	78

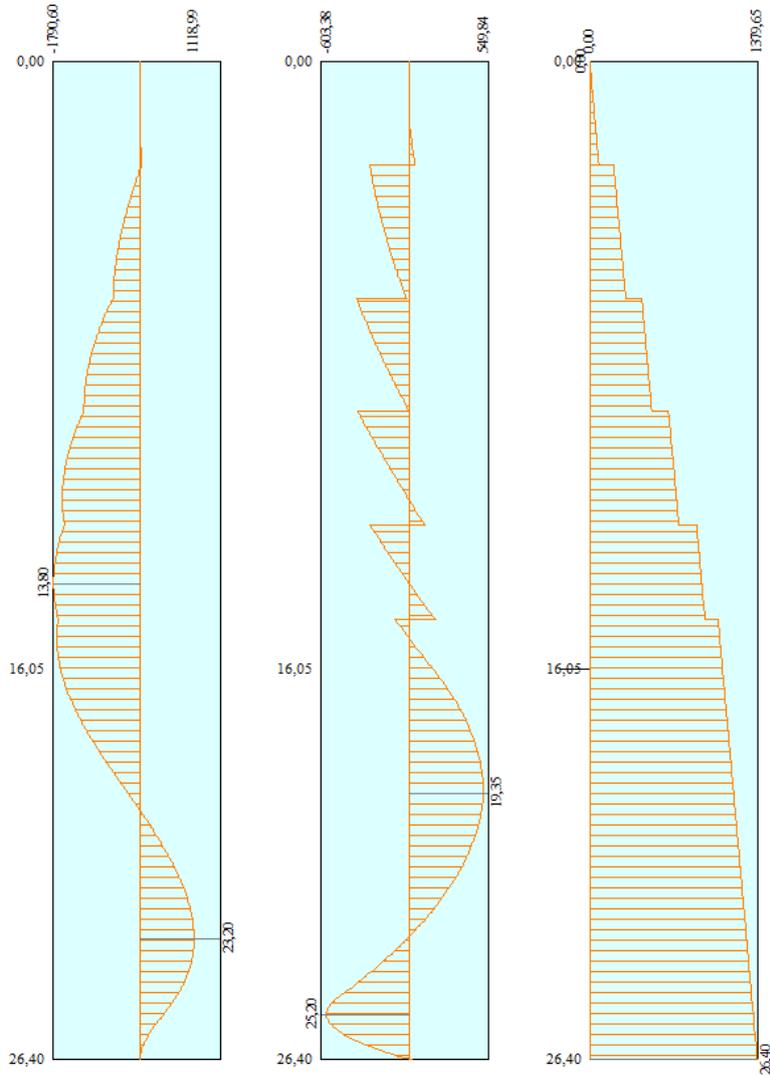


Figura 29 – Diagramma in combinazione SLV-GEO N° 13 FASE 20 (A2+M2+SISMA)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	79

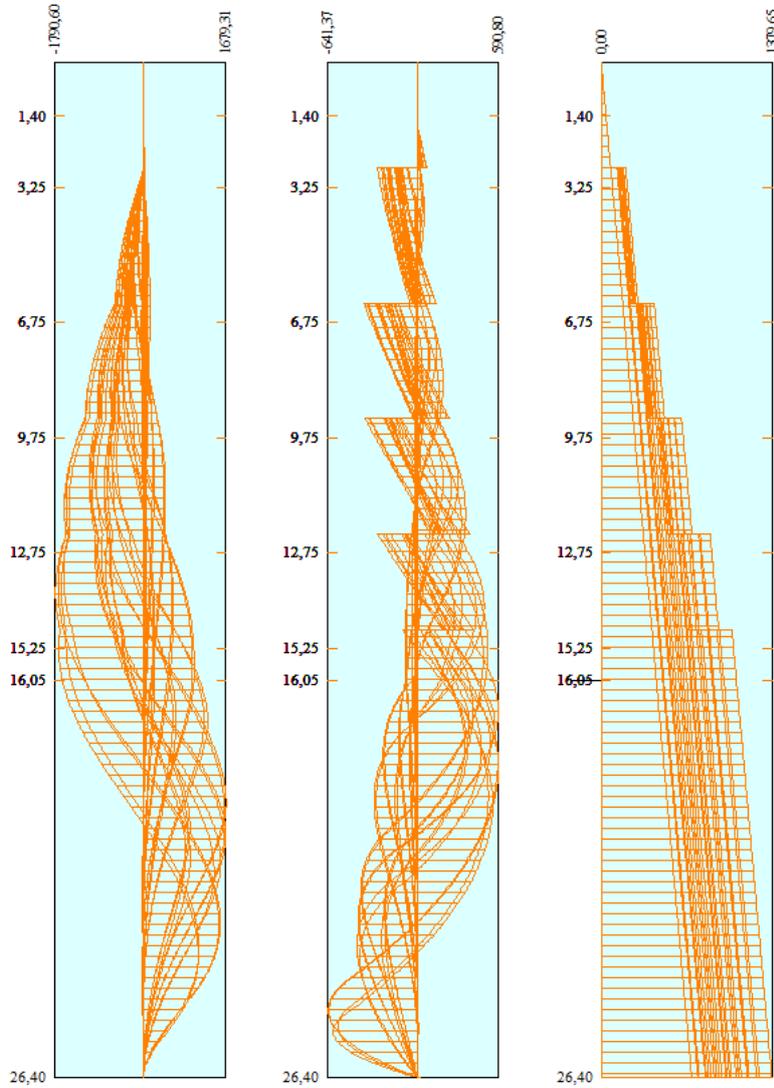


Figura 30 – Diagramma Inviluppo sollecitazioni.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	80

Incrementi dei valori dovuto al sisma

Incremento dovuto al sisma Combinazione 13 Fase 13 ESE-S $\Delta S = 66,41$ KN

Incremento dovuto al sisma Combinazione 13 SLV-STR Fase 26 (A1+M1+SISMA) $\Delta S = 178,75$ KN

Incremento dovuto al sisma Combinazione 13 SLV-GEO Fase39 (A2+M2+SISMA) $\Delta S = 246,38$ KN

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione

Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]

n°	Combinazione	Is [kN]	TEMPO	FASE
1	ESE	--	0	1-2-3
2	ESE	--	1	4
3	ESE	--	2	5-6
4	ESE	--	3	7
5	ESE	--	4	8-9
6	ESE	--	5	10
7	ESE	--	6	11-12
8	ESE	--	7	13
9	ESE	--	8	14-15
10	ESE	--	9	16
11	ESE	--	10	17-18
12	ESE	--	11	19
13	ESE	66,41	12	20
1	SLU - STR	--	0	1-2-3
2	SLU - STR	--	1	4
3	SLU - STR	--	2	5-6
4	SLU - STR	--	3	7
5	SLU - STR	--	4	8-9
6	SLU - STR	--	5	10
7	SLU - STR	--	6	11-12
8	SLU - STR	--	7	13
9	SLU - STR	--	8	14-15
10	SLU - STR	--	9	16
11	SLU - STR	--	10	17-18
12	SLU - STR	--	11	19
13	SLV - STR	178,75	12	20
1	SLU - GEO	--	0	1-2-3
2	SLU - GEO	--	1	4
3	SLU - GEO	--	2	5-6
4	SLU - GEO	--	3	7
5	SLU - GEO	--	4	8-9
6	SLU - GEO	--	5	10

LINEA PESCARA – BARI

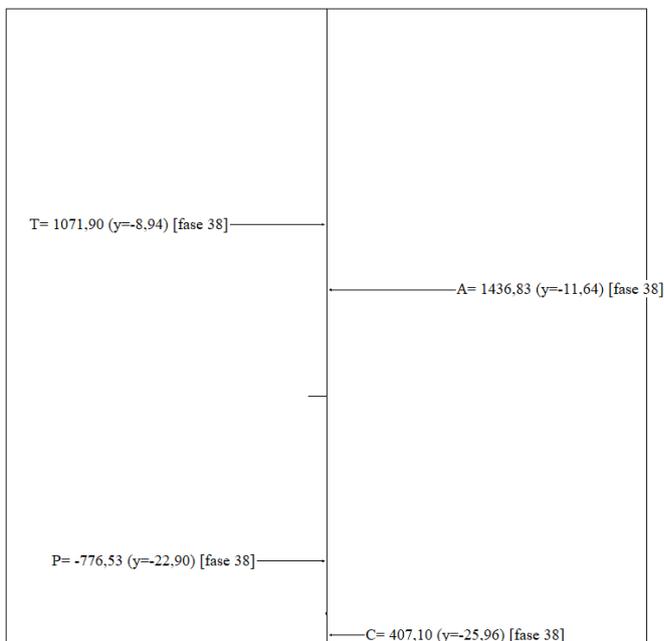
**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	81

n°	Combinazione	Is [kN]	TEMPO	FASE
7	SLU - GEO	--	6	11-12
8	SLU - GEO	--	7	13
9	SLU - GEO	--	8	14-15
10	SLU - GEO	--	9	16
11	SLU - GEO	--	10	17-18
12	SLU - GEO	--	11	19
13	SLV - GEO	246,88	12	20

Forze agenti sulla parete



A - Spinta Attiva
C - Controspinta
P - Resistenza passiva
T - Risultante tiro tiranti

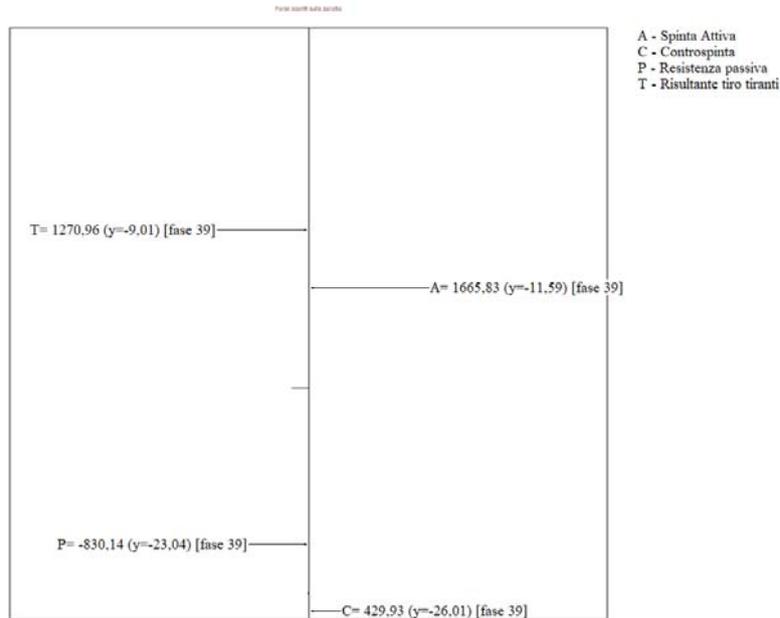
Risultanti della spinta attiva e passiva in assenza di sisma (Combinazione 12 SLU-GEO FASE19)

LINEA PESCARA – BARI

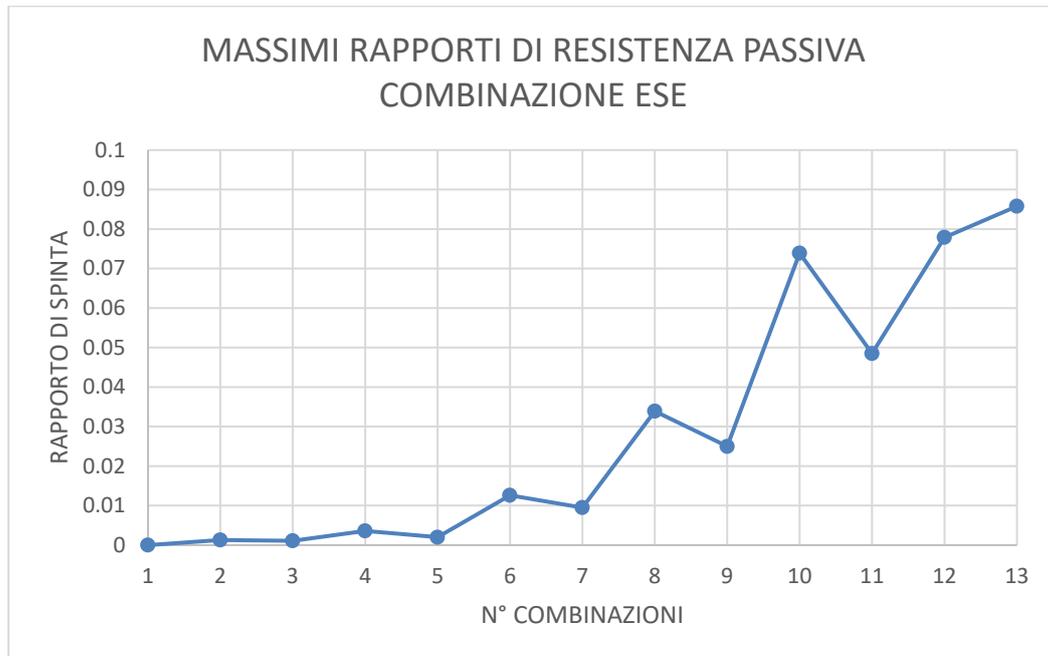
**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	82



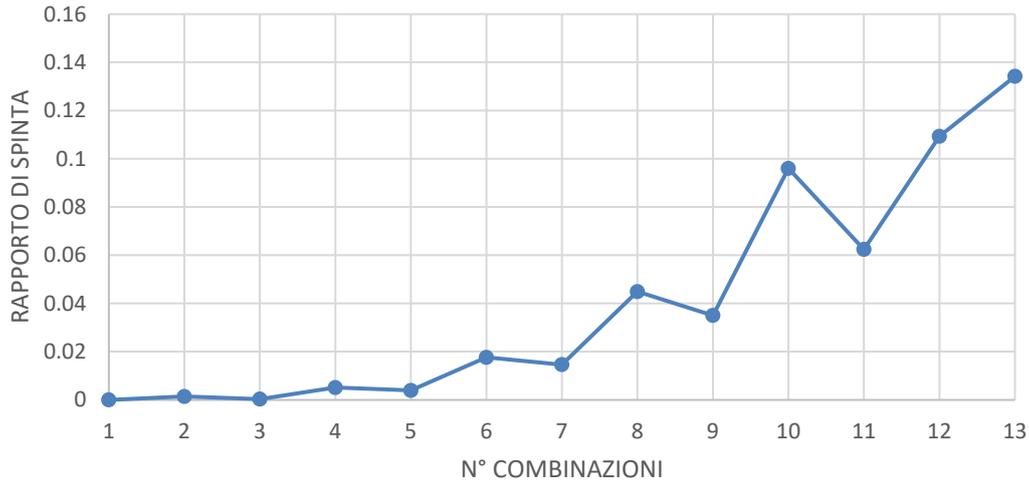
Risultanti della spinta attiva e passiva in presenza di sisma (Combinazione13 SLV-GEO FASE 20)



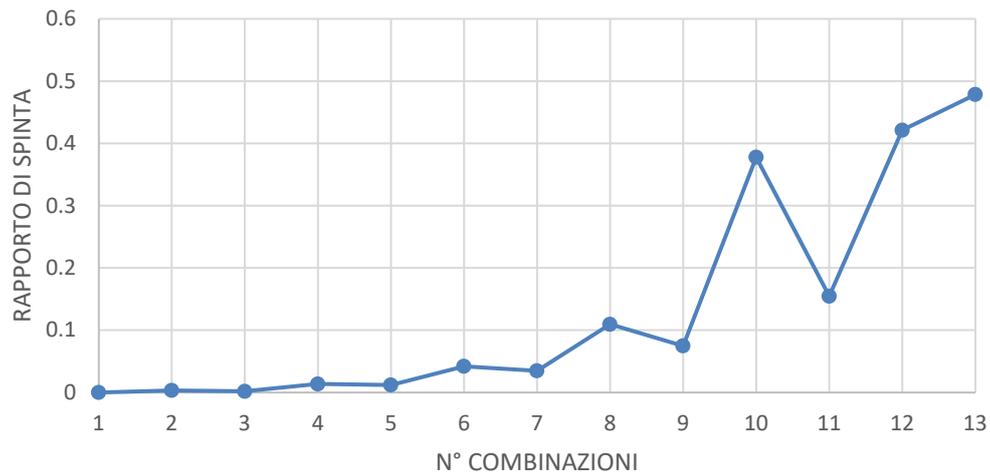
**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	83

**MASSIMI RAPPORTI DI RESISTENZA PASSIVA
COMBINAZIONE SLU-STR E SLV-STR**



**MASSIMI RAPPORTI DI RESISTENZA PASSIVA
COMBINAZIONE SLU-GEO E SLV-GEO**



**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	84

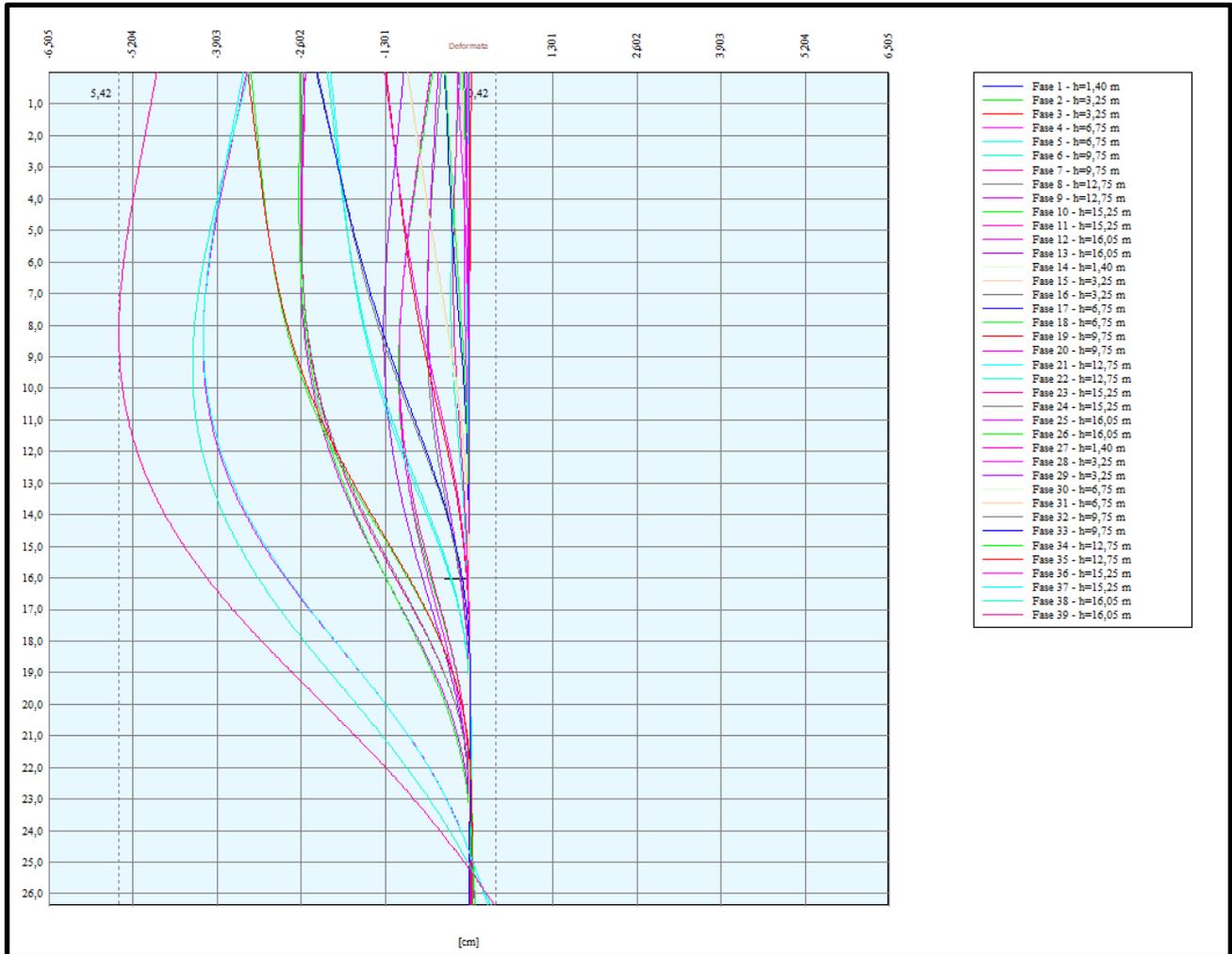


Figura 31 - Involuppo spostamenti

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	85

Risultati tiranti

Simbologia adottata

N sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kg]

Af area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]

L lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]

Lf lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]

σ_f tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [kPa]

u spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]

R1, R2, R3 resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kg]

FS Fattore di sicurezza (rapporto $\min(R1, R2, R3)/N$)

n°	N	Af	Lf	L	σ_f	u	R1	R2	R3	FS	cmb
	[kN]	[cmq]	[m]	[m]	[kg/mq]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]		
1	710,98	5,56	8,00	21,00	130392614	5,08574	848,23	1904,99	7200,69	1.193	13 SLV-GEO
2	780,07	5,56	9,00	21,00	143064407	5,36089	952,95	2143,11	8100,78	1.222	13 SLV-GEO
3	806,56	5,56	9,00	20,00	147922591	5,40301	952,95	2143,11	8100,78	1.181	13 SLV-GEO
4	858,93	6,95	9,00	19,00	126022431	5,09568	952,95	2449,27	8100,78	1.109	13 SLV-GEO
5	630,53	6,95	9,00	18,00	92510735	4,48992	714,71	2449,27	6075,58	1.134	13 SLV-GEO

Verifica gerarchia delle resistenze di progetto

Simbologia adottata

Rg resistenza di progetto allo snervamento, espresso in [kg]

R1 resistenza allo sfilamento della fondazione, espressa in [kg]

FS Fattore di sicurezza ($Rg/R1$)

Fase n° 1 - SLU - STR non sono presenti tiranti

Fase n° 2 - SLU - STR non sono presenti tiranti

Fase n° 3 - SLU - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	807,41	706,86	1.142

Fase n° 4 - SLU - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	807,41	706,86	1.142

Fase n° 5 - SLU - STR n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	807,41	706,86	1.142
2	807,41	794,12	1.017

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	86

Fase n° 6 - SLU - STR n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	807,41	706,86	1.142
2	807,41	794,12	1.017

Fase n° 7 - SLU - STR n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	807,41	706,86	1.142
2	807,41	794,12	1.017
3	807,41	794,12	1.017

Fase n° 8 - SLU - STR n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	807,41	706,86	1.142
2	807,41	794,12	1.017
3	807,41	794,12	1.017

Fase n° 9 - SLU - STR n° 4 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	807,41	706,86	1.142
2	807,41	794,12	1.017
3	807,41	794,12	1.017
4	1009,26	794,12	1.271

Fase n° 10 - SLU - STR n° 4 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	807,41	706,86	1.142
2	807,41	794,12	1.017
3	807,41	794,12	1.017
4	1009,26	794,12	1.271

Fase n° 11 - SLU - STR n° 5 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	807,41	706,86	1.142
2	807,41	794,12	1.017
3	807,41	794,12	1.017
4	1009,26	794,12	1.271
5	1009,26	595,59	1.695

Fase n° 12 - SLU - STR n° 5 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	807,41	706,86	1.142
2	807,41	794,12	1.017
3	807,41	794,12	1.017
4	1009,26	794,12	1.271
5	1009,26	595,59	1.695

Fase n° 13 - SLV - STR n° 5 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	807,41	706,86	1.142
2	807,41	794,12	1.017
3	807,41	794,12	1.017
4	1009,26	794,12	1.271
5	1009,26	595,59	1.695

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	87

Verifica gerarchia delle resistenze valori caratteristici

I valori caratteristici si ricavano moltiplicando i valori di resistenza di progetto coi relativi coefficienti di sicurezza $\gamma_m=1,15$ e $\gamma_{Ra}=1,20$

Fase n° 1 - SLU - STR non sono presenti tiranti

Fase n° 2 - SLU - STR non sono presenti tiranti

Fase n° 3 - SLU - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	928,5215	848,232	1,09

Fase n° 4 - SLU - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	928,5215	848,232	1.142

Fase n° 5 - SLU - STR n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	928,5215	848,232	1.142
2	928,5215	952,944	1.017

Fase n° 6 - SLU - STR n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	928,5215	848,232	1.142
2	928,5215	952,944	1.017

Fase n° 7 - SLU - STR n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	928,5215	848,232	1.142
2	928,5215	952,944	1.017
3	928,5215	952,944	1.017

Fase n° 8 - SLU - STR n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	928,5215	848,232	1.142
2	928,5215	952,944	1.017
3	928,5215	952,944	1.017

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	88

Fase n° 9 - SLU - STR n° 4 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	928,5215	848,232	1.142
2	928,5215	952,944	1.017
3	928,5215	952,944	1.017
4	1160,649	952,944	1.271

Fase n° 10 - SLU - STR n° 4 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	928,5215	848,232	1.142
2	928,5215	952,944	1.017
3	928,5215	952,944	1.017
4	1160,649	952,944	1.271

Fase n° 11 - SLU - STR n° 5 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	928,5215	848,232	1.142
2	928,5215	952,944	1.017
3	928,5215	952,944	1.017
4	1160,649	952,944	1.271
5	1160,649	714,708	1.695

Fase n° 12 - SLU - STR n° 5 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	928,5215	848,232	1.142
2	928,5215	952,944	1.017
3	928,5215	952,944	1.017
4	1160,649	952,944	1.271
5	1160,649	714,708	1.695

Fase n° 13 - SLV - STR n° 5 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	928,5215	848,232	1.142
2	928,5215	952,944	1.017
3	928,5215	952,944	1.017
4	1160,649	952,944	1.271
5	1160,649	714,708	1.695

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	89

Di seguito si riporta la verifica della lunghezza libera in condizioni sismiche, L_E , secondo le NTC2008 (§7.11.6.4).

$$L_E = L_s \cdot (1 + 1.5 \cdot a_{max}/g)$$

Le verifiche risultano soddisfatte. La lunghezza libera in condizioni statiche, L_s , è stata determinata in modo tale che il bulbo di fondazione si collochi al di fuori del cuneo di spinta attiva; quest'ultimo ha inclinazione sulla verticale

di $45^\circ - \varphi'/2$ (dove $\varphi' = 35^\circ$).

L_s [m]	a_{max}/g	L_E [m]	$L_{progetto}$ [m]	$L_{progetto} > L_E$
9,92	0,117	11,66	13,00	VERIFICATO
8,29	0,117	9,74	12,00	VERIFICATO
6,90	0,117	8,11	11,00	VERIFICATO
5,50	0,117	6,47	10,00	VERIFICATO
4,33	0,117	5,09	9,00	VERIFICATO

CENTRO DI ROTAZIONE
9,16 m dal fondo scavo

Verifica a portanza palo

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
$P_{p,med}$, $P_{p,min}$	Portanza di punta media e minima, espressa in [kN]
$P_{L,med}$, $P_{L,min}$	Portanza laterale media e minima, espressa in [kN]
P_d	Portanza di progetto, espressa in [kN]
N	Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto P_d/N)

n°	Tipo	$P_{p,med}$ [kN]	$P_{L,med}$ [kN]	$P_{p,min}$ [kN]	$P_{L,min}$ [kN]	P_d [kN]	N [kN]	FS
1	SLU - STR	15023,49	0,00	15023,49	0,00	8837,35	732,02	12.073
2	SLU - STR	13911,75	0,00	13911,75	0,00	8183,38	732,02	11.179
3	SLU - STR	13911,75	0,00	13911,75	0,00	8183,38	782,33	10.460
4	SLU - STR	11808,46	0,00	11808,46	0,00	6946,16	786,83	8.828
5	SLU - STR	11808,46	0,00	11808,46	0,00	6946,16	845,13	8.219
6	SLU - STR	10005,65	0,00	10005,65	0,00	5885,67	868,39	6.778
7	SLU - STR	10005,65	0,00	10005,65	0,00	5885,67	934,99	6.295
8	SLU - STR	8202,83	0,00	8202,83	0,00	4825,19	976,31	4.942
9	SLU - STR	8202,83	0,00	8202,83	0,00	4825,19	1051,42	4.589
10	SLU - STR	6700,48	0,00	6700,48	0,00	3941,46	1111,58	3.546
11	SLU - STR	6700,48	0,00	6700,48	0,00	3941,46	1186,50	3.322
12	SLU - STR	6219,73	0,00	6219,73	0,00	3658,66	1195,08	3.061
13	SLV - STR	6219,73	0,00	6219,73	0,00	3658,66	1193,99	3.064
1	SLU - GEO	15023,49	0,00	15023,49	0,00	5198,44	732,02	7.101
2	SLU - GEO	13911,75	0,00	13911,75	0,00	4813,76	732,02	6.576
3	SLU - GEO	13911,75	0,00	13911,75	0,00	4813,76	782,33	6.153
4	SLU - GEO	11808,46	0,00	11808,46	0,00	4085,97	792,73	5.154
5	SLU - GEO	11808,46	0,00	11808,46	0,00	4085,97	851,05	4.801
6	SLU - GEO	10005,65	0,00	10005,65	0,00	3462,16	887,56	3.901
7	SLU - GEO	10005,65	0,00	10005,65	0,00	3462,16	954,17	3.628
8	SLU - GEO	8202,83	0,00	8202,83	0,00	2838,35	1017,20	2.790
9	SLU - GEO	8202,83	0,00	8202,83	0,00	2838,35	1092,31	2.598
10	SLU - GEO	6700,48	0,00	6700,48	0,00	2318,50	1181,77	1.962
11	SLU - GEO	6700,48	0,00	6700,48	0,00	2318,50	1256,90	1.845
12	SLU - GEO	6219,73	0,00	6219,73	0,00	2152,15	1278,22	1.684
13	SLV - GEO	6219,73	0,00	6219,73	0,00	2710,12	1379,65	1.964

Verifica Stabilità globale (METODO DI BISHOP)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
(X_c ; Y_c)	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X_v ; Y_v)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X_M ; Y_M)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS	Coefficiente di sicurezza

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	90

R Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X _C , Y _C [m]	R [m]	X _V , Y _V [m]	X _M , Y _M [m]	FS	R
1	SLU - GEO	0,00; 23,76	46,71	-39,36; -1,38	39,30; -1,50	3.460	1.100
2	SLU - GEO	0,00; 23,76	43,26	-33,80; -3,24	35,13; -1,50	3.013	1.100
3	SLU - GEO	0,00; 23,76	43,26	-33,80; -3,24	35,13; -1,50	3.013	1.100
4	SLU - GEO	0,00; 23,76	43,26	-30,68; -6,74	35,13; -1,50	2.391	1.100
5	SLU - GEO	0,00; 23,76	43,26	-30,68; -6,74	35,13; -1,50	2.391	1.100
6	SLU - GEO	0,00; 23,76	43,26	-27,37; -9,74	35,13; -1,50	2.021	1.100
7	SLU - GEO	0,00; 23,76	43,26	-27,37; -9,74	35,13; -1,50	2.025	1.100
8	SLU - GEO	-2,64; 21,12	40,71	-25,24; -12,74	31,21; -1,50	1.751	1.100
9	SLU - GEO	-2,64; 23,76	43,34	-26,01; -12,74	32,59; -1,50	1.772	1.100
10	SLU - GEO	-2,64; 18,48	44,96	-32,38; -15,24	37,64; -1,50	1.575	1.100
11	SLU - GEO	-2,64; 18,48	44,96	-32,38; -15,24	37,64; -1,50	1.575	1.100
12	SLU - GEO	-2,64; 15,84	42,32	-30,48; -16,04	35,98; -1,50	1.515	1.100
13	SLV - GEO	-5,28; 21,12	47,81	-35,37; -16,04	36,85; -1,50	1.387	1.200

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)

Le strisce sono numerate da monte verso valle

N° numero d'ordine della striscia

W peso della striscia espresso in [kg]

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espressa in [kg]

Fase n° 13 - SLV - GEO

Numero di strisce 51

Sisma verticale verso il basso.

Caratteristiche delle strisce

N°	W _i [kN]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kg/mq]	u [kg/mq]	(Ctn; Ctt) [kN]
1	14,5465	-37.92	1,79	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
2	43,1422	-35.80	1,74	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
3	69,6179	-33.74	1,70	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
4	94,1278	-31.72	1,66	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
5	116,8014	-29.75	1,63	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
6	137,7485	-27.81	1,60	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
7	157,0631	-25.91	1,57	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
8	174,8256	-24.04	1,55	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
9	191,1055	-22.20	1,53	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
10	205,9629	-20.38	1,51	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
11	219,4497	-18.58	1,49	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
12	231,6110	-16.80	1,48	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
13	242,4857	-15.04	1,46	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
14	252,1073	-13.29	1,45	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
15	260,5045	-11.55	1,44	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
16	267,7017	-9.83	1,44	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
17	273,7191	-8.11	1,43	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
18	278,5735	-6.40	1,42	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
19	282,2779	-4.70	1,42	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
20	284,8425	-3.00	1,42	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
21	286,2739	-1.30	1,42	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
22	286,5761	0.39	1,41	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
23	285,7497	2.09	1,42	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
24	283,7925	3.79	1,42	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
25	280,6995	5.49	1,42	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
26	725,9659	7.20	1,43	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
27	776,1157	8.91	1,43	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
28	825,0885	10.64	1,44	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
29	872,8656	12.37	1,45	29.26	0	0	(0,00; 0,00)

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	91

N°	Wi [kN]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kg/mq]	u [kg/mq]	(Ctn; Ctt) [kN]
30	910,7291	14.11	1,46	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
31	917,1646	15.87	1,47	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
32	913,3298	17.65	1,49	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
33	926,4868	19.44	1,50	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
34	936,2257	21.25	1,52	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
35	933,7127	23.09	1,54	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
36	928,1665	24.95	1,56	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
37	921,0966	26.83	1,59	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
38	912,4278	28.75	1,62	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
39	906,0984	30.71	1,65	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
40	914,8205	32.71	1,68	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
41	923,4967	34.75	1,73	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
42	930,1226	36.85	1,77	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
43	934,5284	39.00	1,82	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
44	936,5088	41.22	1,88	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
45	935,8120	43.52	1,95	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
46	932,1241	45.92	2,04	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
47	925,0457	48.42	2,14	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
48	914,0553	51.05	2,25	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
49	898,4499	53.84	2,40	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
50	877,2411	56.83	2,59	29.26	0	0	(0,00; 0,00)
51	849,1900	59.91	2,83	29.26	0	0	(0,00; 0,00)

$\Sigma W_i = 28598,1746$ [kN]
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 10777,8244$ [kN]
 $\Sigma W_i \tan \phi_i = 15672,6034$ [kN]
 $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 5.74$

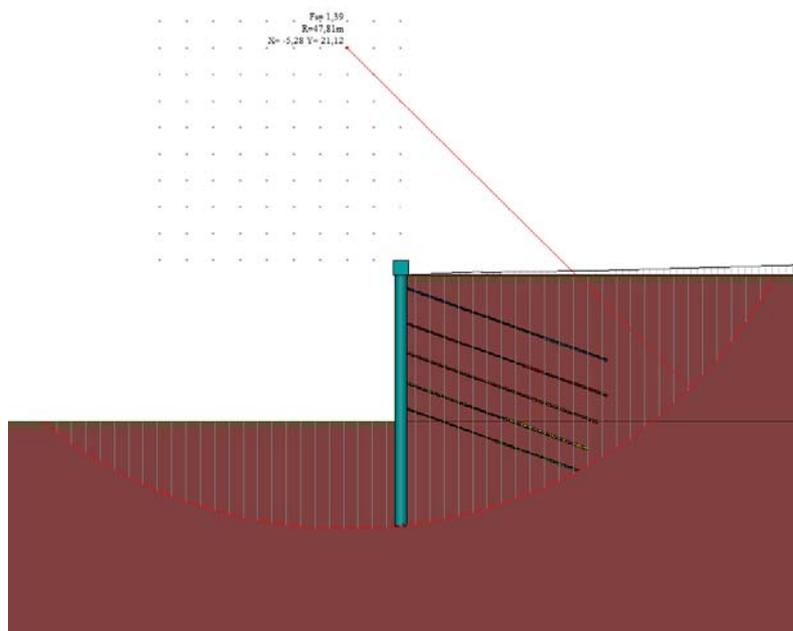


Figura 32 – Verifica stabilità globale FS minimo

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	92

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
 R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
 W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
 T Reazione tiranti espresso in [kg]
 P Reazione puntoni espresso in [kg]
 V Reazione vincoli espresso in [kg]
 C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
 Y Punto di applicazione, espresso in [m]
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
 FS_{RIB} Fattore di sicurezza a ribaltamento
 FS_{SCO} Fattore di sicurezza a scorrimento
 I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.
 La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y [kN]	R Y [kN]	W Y [kN]	T Y [kN]	P Y [kN]	V Y [kN]	C Y [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	FS _{RIB}	FS _{SCO}
1	ESE	2310,0057 17,48	21659,543 3 18,13	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	20605,6619	179038,8613	8.689	9.376
2	ESE	2310,0057 17,48	18584,899 1 18,75	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	20605,6619	142171,3196	6.900	8.045
3	ESE	2310,0057 17,48	18584,899 1 18,75	0,0000 0,00	98,7362 2,75	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	20605,6619	144506,4319	7.013	8.088
4	ESE	2310,0057 17,48	13410,688 4 19,92	0,0000 0,00	100,8850 2,75	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	20605,6619	89329,9884	4.335	5.849
5	ESE	2310,0057 17,48	13410,688 4 19,92	0,0000 0,00	215,3097 4,62	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	20605,6619	91632,9589	4.447	5.899
6	ESE	2310,0057 17,48	9646,0453 20,92	0,0000 0,00	227,6312 4,63	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	20605,6619	57846,1600	2.807	4.274
7	ESE	2310,0057 17,48	9646,0453 20,92	0,0000 0,00	358,3414 6,33	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	20605,6619	60084,9432	2.916	4.331
8	ESE	2310,0057 17,48	6500,2283 21,92	0,0000 0,00	393,3769 6,35	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	20605,6619	37031,2223	1.797	2.984
9	ESE	2310,0057 17,48	6500,2283 21,92	0,0000 0,00	540,7882 7,95	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	20605,6619	39118,3710	1.898	3.048
10	ESE	2310,0057 17,48	4351,4287 22,75	0,0000 0,00	598,8252 8,09	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	20605,6619	26848,3932	1.303	2.143
11	ESE	2310,0057 17,48	4351,4287 22,75	0,0000 0,00	745,7733 9,40	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	20605,6619	28561,1699	1.386	2.207
12	ESE	2310,0057 17,48	3754,5831 23,02	0,0000 0,00	749,4367 9,42	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	20605,6619	25426,3702	1.234	1.950
13	ESE	2371,5098 17,28	3754,5831 23,02	0,0000 0,00	788,7543 9,37	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	21628,0395	26137,2226	1.208	1.916
14	SLU - STR	3013,2816 17,45	28157,406 3 18,13	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	26977,0632	232750,5197	8.628	9.344
15	SLU - STR	3013,2816 17,45	24160,368 8 18,75	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	26977,0632	184822,7155	6.851	8.018
16	SLU - STR	3013,2816 17,45	24160,368 8 18,75	0,0000 0,00	98,7362 2,75	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	26977,0632	187157,8278	6.938	8.051
17	SLU - STR	3013,2816 17,45	17433,895 0 19,92	0,0000 0,00	107,5525 2,75	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	26977,0632	115570,8920	4.284	5.821
18	SLU - STR	3013,2816 17,45	17433,895 0 19,92	0,0000 0,00	221,9798 4,57	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	26977,0632	117873,9242	4.369	5.859
19	SLU - STR	3013,2816 17,45	12539,858 9 20,92	0,0000 0,00	267,6127 4,55	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	26977,0632	74606,9482	2.766	4.250
20	SLU - STR	3013,2816 17,45	12539,858 9 20,92	0,0000 0,00	398,3309 6,10	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	26977,0632	76845,9189	2.849	4.294
21	SLU - STR	3013,2816 17,45	8450,2968 21,92	0,0000 0,00	479,4109 6,13	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	26977,0632	47602,5691	1.765	2.963
22	SLU - STR	3013,2816 17,45	8450,2968 21,92	0,0000 0,00	626,8163 7,57	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	26977,0632	49689,6118	1.842	3.012
23	SLU - STR	3013,2816 17,45	5656,8573 22,75	0,0000 0,00	744,8794 7,80	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	26977,0632	34500,8082	1.279	2.125
24	SLU - STR	3013,2816 17,45	5656,8573 22,75	0,0000 0,00	891,8970 8,95	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	26977,0632	36215,1243	1.342	2.173
25	SLU - STR	3013,2816 17,45	4880,9581 23,02	0,0000 0,00	908,7500 9,02	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	26977,0632	32310,3800	1.198	1.921

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali

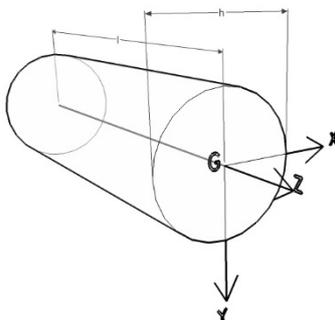
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	93

n°	Tipo	S Y [kN]	R Y [kN]	W Y [kN]	T Y [kN]	P Y [kN]	V Y [kN]	C Y [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	FS _{RIB}	FS _{SCO}
26	SLV - STR	2475,5490 16,96	3754,5831 23,02	0,0000 0,00	906,5996 9,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	23357,4764	28479,1307	1.219	1.883
27	SLU - GEO	3081,8693 17,35	17090,296 8 18,13	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	27886,2501	141269,2421	5.066	5.545
28	SLU - GEO	3081,8693 17,35	14664,272 3 18,75	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	27886,2501	112179,1908	4.023	4.758
29	SLU - GEO	3081,8693 17,35	14664,272 3 18,75	0,0000 0,00	98,7362 2,75	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	27886,2501	114514,3030	4.106	4.790
30	SLU - GEO	3081,8693 17,35	10581,601 0 19,92	0,0000 0,00	119,1490 2,75	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	27886,2501	71420,4165	2.561	3.472
31	SLU - GEO	3081,8693 17,35	10581,601 0 19,92	0,0000 0,00	233,5939 4,48	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	27886,2501	73723,8658	2.644	3.509
32	SLU - GEO	3081,8693 17,35	7611,1382 20,92	0,0000 0,00	305,2409 4,48	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	27886,2501	48425,4054	1.737	2.569
33	SLU - GEO	3081,8693 17,35	7611,1382 20,92	0,0000 0,00	435,9665 5,91	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	27886,2501	50664,4567	1.817	2.611
34	SLU - GEO	3081,8693 17,35	5128,9554 21,92	0,0000 0,00	559,6624 6,05	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	27886,2501	34385,3669	1.233	1.846
35	SLU - GEO	3081,8693 17,35	5128,9554 21,92	0,0000 0,00	707,0672 7,34	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	27886,2501	36472,2412	1.308	1.894
36	SLU - GEO	3081,8693 17,35	3433,4615 22,75	0,0000 0,00	882,6180 7,80	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	27886,2501	28947,4886	1.038	1.400
37	SLU - GEO	3081,8693 17,35	3433,4615 22,75	0,0000 0,00	1030,0674 8,79	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	27886,2501	30671,3421	1.100	1.448
38	SLU - GEO	3081,8693 17,35	2962,5251 23,02	0,0000 0,00	1071,8999 8,94	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	27886,2501	28735,6615	1.030	1.309
39	SLV - GEO	3300,1068 16,91	2962,5251 23,02	0,0000 0,00	1270,9580 9,01	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	31301,6155	32127,8735	1.026	1.283

12.1.3.1 VERIFICHE STRUTTURALI

12.1.3.1.2 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE IN C.A.

La sezione trasversale del cordolo è verificata a pressoflessione deviata ($M_{x,Ed}$, $M_{y,Ed}$), a taglio nel piano verticale ($V_{v,Ed}$) e a taglio nel piano orizzontale ($V_{h,Ed}$), in riferimento alle sollecitazioni derivanti da due distinti schemi di carico.



Sistema di riferimento del solido trave

Nel primo schema di carico, nel piano verticale, si analizza il cordolo schematizzato come trave continua su più appoggi, costituiti dai pali, e caricato dal solo peso proprio Q_v . Dallo schema in questione si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano verticale ($M_{x,Ed}$) e la massima sollecitazione tagliante nel piano verticale ($V_{v,Ed}$).

Nel secondo schema di carico, nel piano orizzontale, si assume analogamente il cordolo come trave continua su più appoggi costituiti dai pali, ma caricato, questa volta, da un carico distribuito (Q_h) rappresentato dalla sollecitazione tagliante di involucro, all'intradosso del cordolo, derivante dall'analisi geotecnica della paratia. Da questo secondo schema di carico, si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano orizzontale ($M_{y,Ed}$) e la massima sollecitazione tagliante nel piano orizzontale ($V_{h,Ed}$).

Si riporta di seguito la verifica a presso-flessione e a taglio della sezione in c.a. per le sollecitazioni

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	94

massime riportate in figura.

I pali hanno un'armatura corrente di 26φ24. L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale φ10/15.

Il cordolo in c.a. risulta essere armato con 14φ24 su quattro file e staffe φ12/10 4 bracci piano verticale e 2 bracci piano orizzontale.

La motivazione di tali armature nel cordolo è giustificato dal fatto che durante la fase di realizzazione della dima di attacco alcuni pali verranno demoliti.

Lo schema statico che ne consegue risulta essere di appoggio che simulano i pali ancora integri, mentre le forze concentrate rappresentano il peso proprio dei pali demoliti che sono collegati al cordolo stesso.

PESO PRORPIO CORDOLO								
γcls=	25	KN/m ³	Qv=	52,50	KN/m	ESE	AREA PALO	1,13 m ²
B=	1,50	m	Qv=	78,75	KN/m	SLV	D= 1,2	m
H=	1,40	m						

	ESE
F1=	197,35
F2=	174,45
F3=	151,55
F4=	128,93
F5=	112,25
F6=	104,90
F7=	104,62
F8=	112,53
F9=	128,93
F10=	151,55
F11=	174,45
F12=	197,35

	SLV	
F1=	296,03	KN
F2=	261,68	KN
F3=	227,33	KN
F4=	193,40	KN
F5=	168,37	KN
F6=	157,35	KN
F7=	156,92	KN
F8=	168,80	KN
F9=	193,40	KN
F10=	227,33	KN
F11=	261,68	KN
F12=	296,03	KN

L1=	6,98	m
L2=	6,17	m
L3=	5,36	m
L4=	4,56	m
L5=	3,97	m
L6=	3,71	m
L7=	3,7	m
L8=	3,98	m
L9=	4,56	m
L10=	5,36	m
L11=	6,17	m
L12=	6,98	m

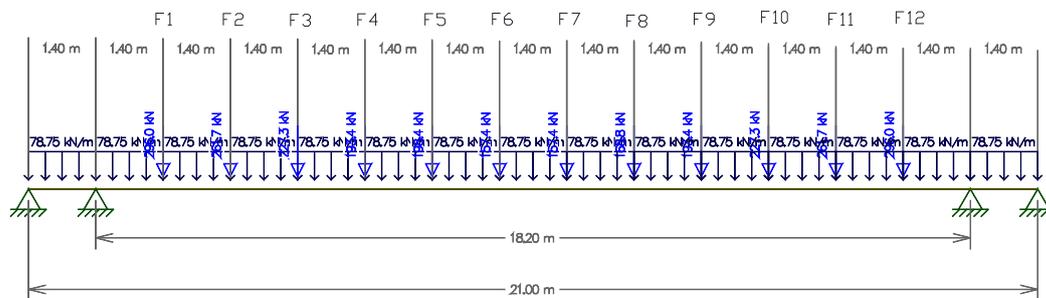


Figura 33 – Schema statico cordolo della sezione 1

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	95

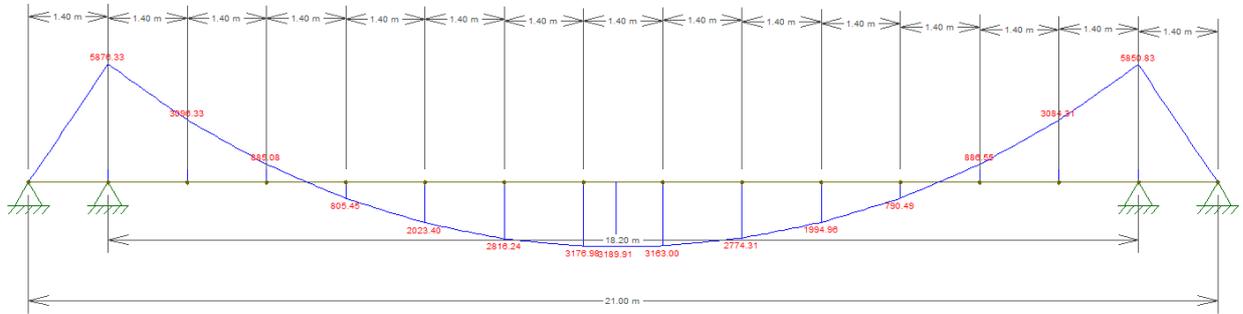


Figura 34 – Sollecitazione momento flettente piano verticale - cordolo sezione 1

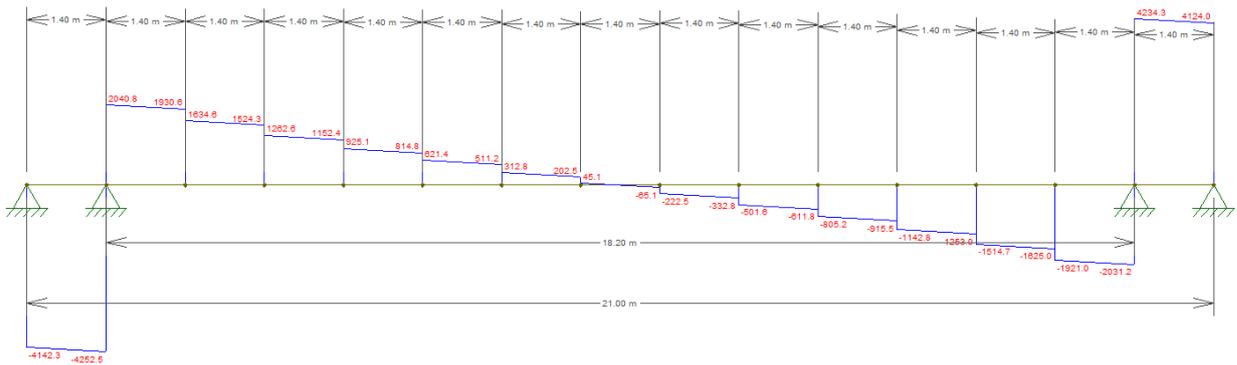


Figura 35 – Sollecitazione del taglio piano verticale - cordolo sezione 1

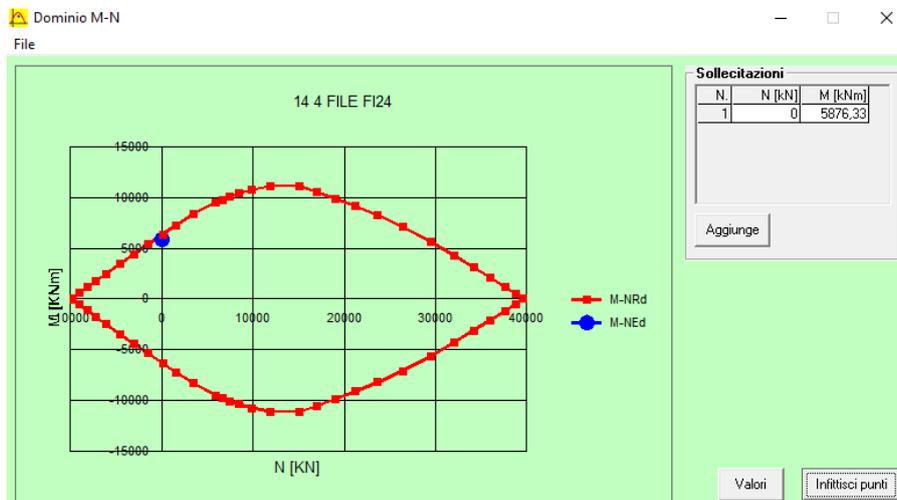


Figura 36 - Verifica a flessione semplice cordolo

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	96

$$M_{Ed}=5876,33\text{KN m}$$

$$M_{Ru}=6307\text{ KN m}$$

$$FS=1,07$$

Verifica a taglio piano verticale cordolo

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	150,00	Carico assiale [kN]		0
Altezza [cm]	140,00	diametro ferri lon.[mm]		24
Copriferro [cm]	3,00	f_{ck} [N/mm ²]		25,00
f_{yk} [N/mm ²]	450,00	f_{cd} [N/mm ²]		14,17
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	12,00	passo [cm]		10,00
Area staffe [mm ²]	452		numero braccia	4
Verifica a Taglio				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd}=V_{Rsd}$	$\cotg\theta$	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
2,2365	2,2365	1,00	4796,12	4796,12
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]				4796,12
Taglio di Progetto V_d [kN]				4252,50
FS				1,13

Verifica a SLU * Diagrammi M-N della sezione del palo

Le verifiche a pressoflessione sono condotte per una sezione circolare.

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	$R_{bk} = 30000$ [kPa]
Tensione caratteristica cilindrica del cls ($0.83 \times R_{bk}$)	$R_{ck} = 254$ (Kg/cm ²)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 450000$ [kPa]
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ($\psi R_{ck} / \gamma_c$)	$R_c^* = 144$ (Kg/cm ²)
Resistenza di calcolo dell'acciaio (f_{yk} / γ_s)	$R_s^* = 3990$ (Kg/cm ²)
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm ²)
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0.0035$ (0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\epsilon_{ck} = 0.0020$ (0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{yu} = 0.0100$ (1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R_s^* / E_s)	$\epsilon_{yk} = 0.0015$ (0.19%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

Tratto parabolico: $0 < \epsilon_c \leq \epsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\epsilon_c \epsilon_{ck} - \epsilon_c^2)}{\epsilon_{ck}^2}$$

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	97

Tratto rettangolare: $\varepsilon_{ck} < \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R_c^*$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_s = E_s \varepsilon_s \quad \text{per } 0 \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \varepsilon_{sy} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}$$

Valori del dominio M-N del palo

N°	N _u [kg]	M _u [kgm]
1	-469324,05	0,00
2	0,00	211695,22
3	236148,88	280842,59
4	354223,33	305057,08
5	472297,77	322286,12
6	590372,21	333034,94
7	708446,65	336750,33
8	826521,09	333544,99
9	944595,54	321273,18
10	1062669,98	305152,01
11	1180744,42	285741,94
12	1298818,86	262948,84
13	1416893,30	236261,14
14	1534967,75	204889,11
15	1653042,19	168294,73
16	1771116,63	0,00
17	1771116,63	0,00
18	1653042,19	-168294,73
19	1534967,75	-204889,11
20	1416893,30	-236261,14
21	1298818,86	-262948,84
22	1180744,42	-285741,94
23	1062669,98	-305152,01
24	944595,54	-321273,18
25	826521,09	-333544,99
26	708446,65	-336750,33
27	590372,21	-333034,94
28	472297,77	-322286,12
29	354223,33	-305057,08
30	236148,88	-280842,59
31	0,00	-211695,22
32	-469324,05	0,00

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	98

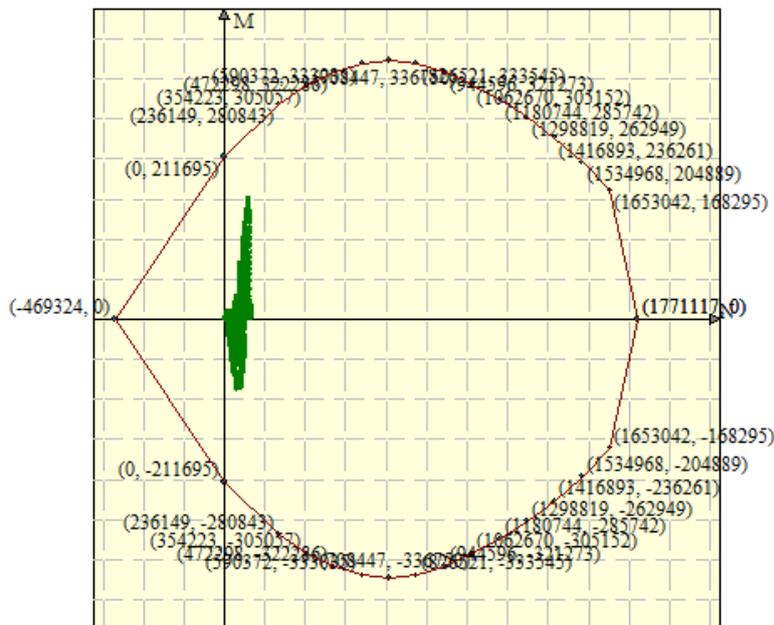


Figura 37 - Dominio M-N sezione palo in c.a.

Sollecitazioni massime del singolo palo

-	-	PROFONDITA'[m]	M _{palo} [KNm]	N _{palo} [KN]	PROFONDITA'[m]	T _{palo} [KN]
A1+M1	COMBINAZIONE SLU-STR N°12 FASE 19	20,80	1575,52	1039,81	17,75	529,34
A2+M2	COMBINAZIONE SLU-GEO N°12 FASE 19	16,05	1670,35	840,39	25,05	569,94
A1+M1+SISMA	COMBINAZIONE SLV-STR N° 13 FASE 20	21,05	1436,39	1045,64	17,90	465,68
A2+M2+SISMA	COMBINAZIONE SLV-GEO N° 13 FASE 20	13,80	1790,60	922,45	25,20	603,38

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	99

Verifica a pressoflessione del singolo palo

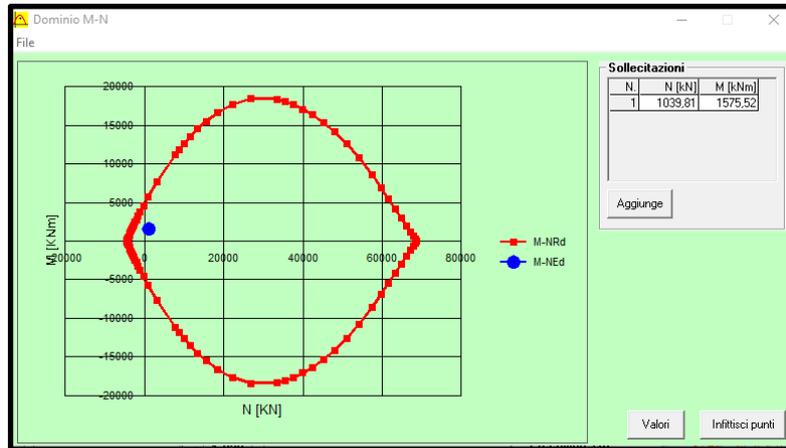


Figura 38 - COMBINAZIONE SLU-STR N°12 FASE 19

$M_{Ed}=1575,52$ KNm

$N= 1039,81$ KN

$M_u=5884$ KNm

$FS=3,74$

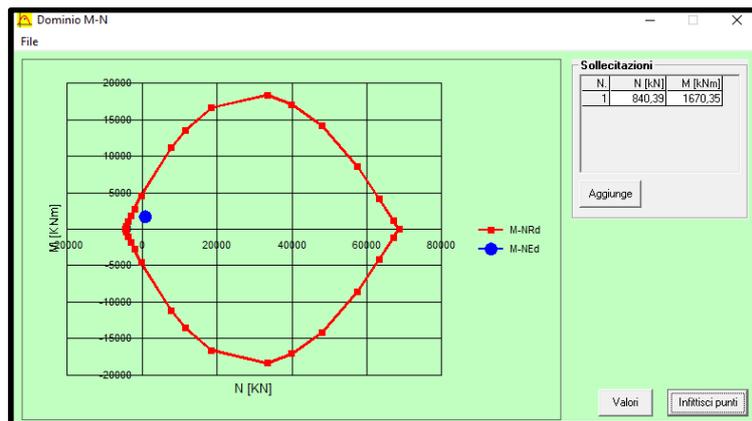


Figura 39 - COMBINAZIONE SLU-GEO N°12 FASE 19

$M_{Ed}=1670,35$ KNm

$N= 840,39$ KN

$M_u=5697$ KNm

$FS=3,41$

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	100

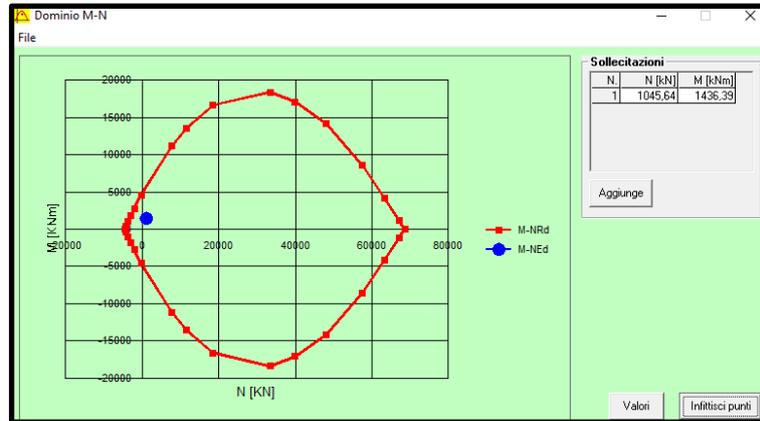


Figura 40 - COMBINAZIONE SLV-STR N° 13 FASE 20

$M_{Ed}=1436,39$ KNm

$N= 1045,64$ KN

$M_u=5889$ KNm

$FS=4,10$

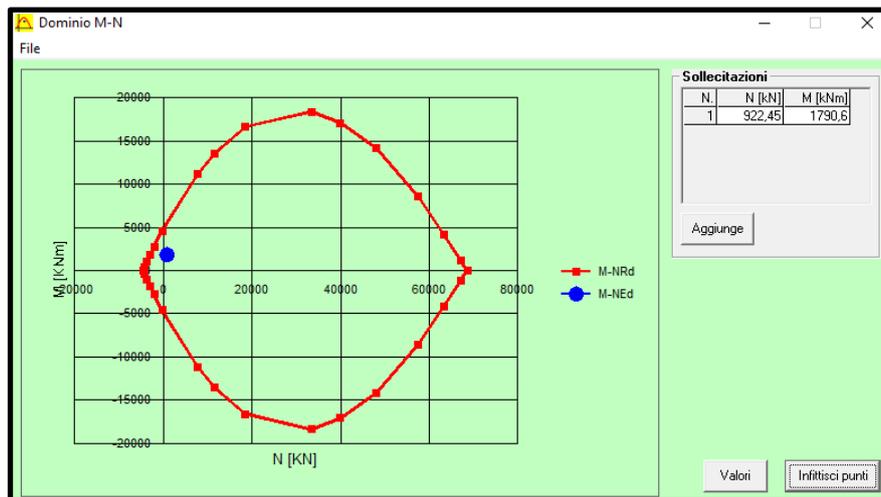


Figura 41 - COMBINAZIONE SLV-GEO N° 13 FASE 20

$M_{Ed}=1790,6$ KNm

$N= 922,45$ KN

$M_u=5774$ KNm

$FS=3,22$

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	101

Verifica a Taglio del singolo palo col metodo sezione circolare

Si prende in considerazione il valore massimo dell' involuppo della sollecotazione tagliante

$T_{max}=641,37$ KN

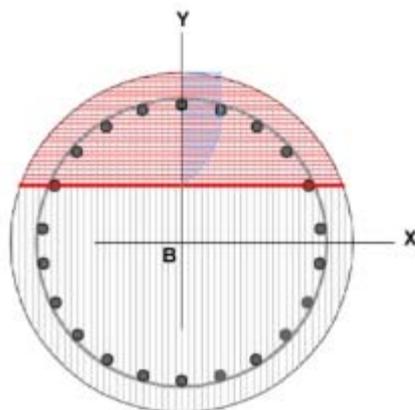


Figura 42 – Modello palo per verifica sezione circolare a taglio

Diametro palo [cm]	120	Carico assiale [kN]	0	
Diametro staffe [cm]	108	diametro ferri lon.[mm]	24	
Copriferro staffe [cm]	5,00	f_{ck} [N/mm ²]	25,00	
f_{yk} [N/mm ²]	450,00	f_{cd} [N/mm ²]	14,17	
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	15,00	
Area staffe [mm ²]	157	numero braccia elicoidali	2	
Verifica a Taglio				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	$\cotg\theta$	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
4,2158	2,5000	1,00	721,92	1869,28
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]				721,92
Taglio di Progetto V_d [kN]				641,37
FS				1,13

Verifica tensioni palo

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
Af	area di armatura espressa in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_f	tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	102

A_r	σ_c	cmb	σ_r	cmb
[cmq]	[kg/mq]		[kg/mq]	
117,62	813407	13	17680132	10

Verifica fessurazione palo

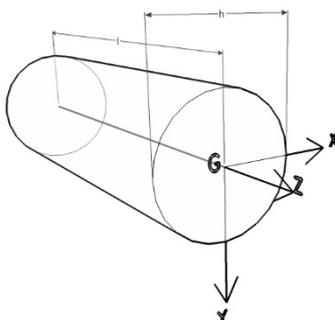
Simbologia adottata

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kgm]
M_f	Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]
S	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
ε_{sm}	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
W_{lim}	Apertura limite fessure, espressa in [mm]
W_k	Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M_f	S	ε_{sm}	W_{lim}	W_k
		[m]	[kNm]	[kNm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	10 - ESE	9,90	-719,10	-713,41	240,910	0.0362	0,200	0,148

Verifica sezione cordolo sezione 1

La sezione trasversale del cordolo è verificata a pressoflessione deviata ($M_{x,Ed}$, $M_{y,Ed}$), a taglio nel piano verticale ($V_{v,Ed}$) e a taglio nel piano orizzontale ($V_{h,Ed}$), in riferimento alle sollecitazioni derivanti da due distinti schemi di carico.



Sistema di riferimento del solido trave

Nel primo schema di carico, nel piano verticale, si analizza il cordolo schematizzato come trave continua su più appoggi, costituiti dai pali, e caricato dal solo peso proprio Q_v . Dallo schema in questione si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano verticale ($M_{x,Ed}$) e la massima sollecitazione tagliante nel piano verticale ($V_{v,Ed}$).

Nel secondo schema di carico, nel piano orizzontale, si assume analogamente il cordolo come trave continua su più appoggi costituiti dai pali, ma caricato, questa volta, da un carico distribuito (Q_h) rappresentato dalla sollecitazione tagliante di involuppo, all'intradosso del cordolo, derivante dall'analisi geotecnica della paratia. Da questo secondo schema di carico, si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano orizzontale ($M_{y,Ed}$) e la massima sollecitazione tagliante nel piano orizzontale ($V_{h,Ed}$).

$Q_h = 1,41 \text{ KN/m}$

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	103

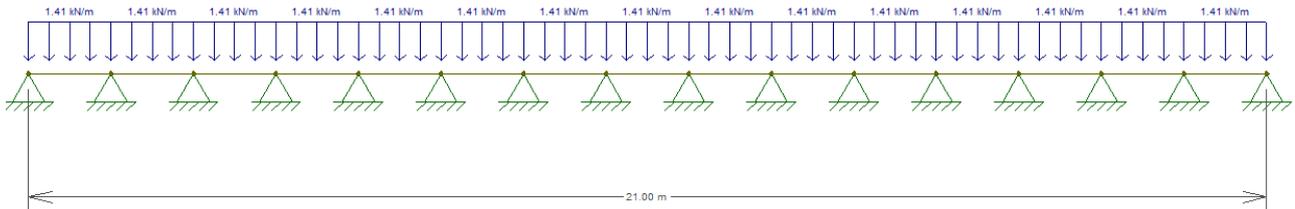


Figura 43 – Schema statico cordolo nel piano orizzontale - sezione 1

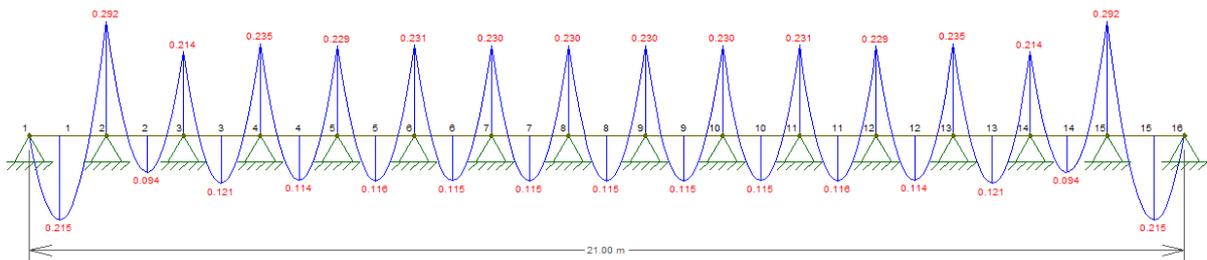


Figura 44 – Sollecitazione momento flettente piano orizzontale cordolo - sezione 1

Essendo il cordolo della sezione 1, già sollecitato lungo il piano verticale e successivamente anche quello orizzontale la verifica viene svolta a flessione deviata.

Verifica a flessione deviata

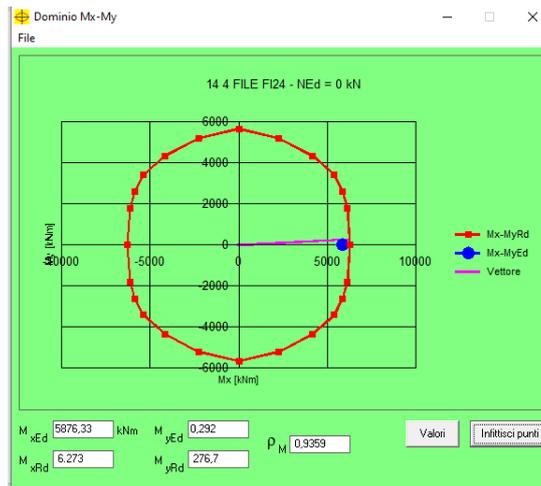


Figura 45 – Sezione dominio Mx-My-N

FS_x=1,07
FS_y=947,60

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	104

Verifica taglio sul piano orizzontale

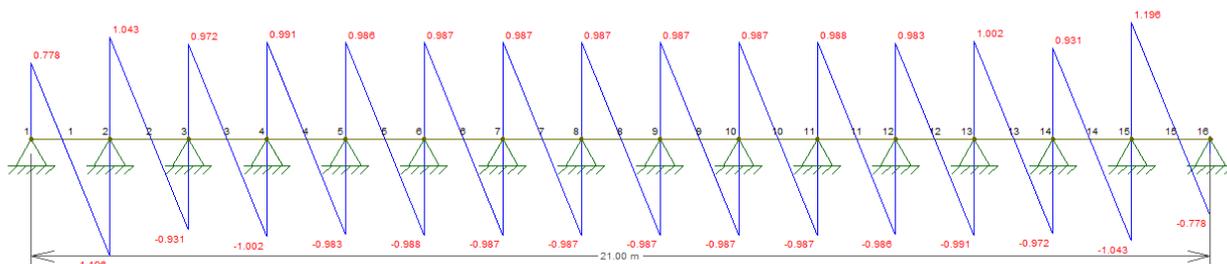


Figura 46 – Sollecitazione del taglio cordolo piano orizzontale – sezione 1

Verifica a taglio piano orizzontale cordolo

Il taglio massimo risulta nel piano orizzontale $Q_h = 1,196$ KN

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	140,00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	150,00	diametro ferri lon.[mm]	24	
Copriferro [cm]	3,00	f_{ck} [N/mm ²]	25,00	
f_{yk} [N/mm ²]	450,00	f_{cd} [N/mm ²]	14,17	
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	12,00	passo [cm]	10,00	
Area staffe [mm ²]	226	numero braccia	2	
Verifica a Taglio				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	$\cot\theta$	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
3,1944	2,5000	1,00	2879,70	4450,19
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]				2879,70
Taglio di Progetto V_d [kN]				1,196
FS				2407,78

12.1.3.1.3 VERIFICHE DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE

Il calcolo del cordolo con tiranti fa riferimento ad un metodo suggerito da Joseph E. BOWLES (Fondazioni, progetto e analisi – cap. 13 paratie a mensole e ancorate) il quale considera, per il progetto del cordolo, uno schema di trave su appoggi con carico uniformemente distribuito:

Si considera una trave continua con appoggi nel piano orizzontale con interasse dei Tiranti e appoggi nel piano verticale con interasse dei pali della paratia.

$Q_o = N_o \times n^\circ \text{Tiranti} / \text{Lunghezza paratia}$, dove gli appoggi sono le posizione dei tiranti

Mentre il carico uniformemente distribuito nel piano verticale viene calcolato con la seguente formula

$Q_v = N_v \times n^\circ \text{Tiranti} / \text{Lunghezza paratia}$, dove gli appoggi sono i pali

Di seguito si riporta il calcolo dei carichi equivalenti distribuiti sui cordoli in acciaio per poi essere stati modellati in un modello tridimensionale.

N= Forza Tiranti espressa in Kg

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	105

PRIMA FILA		N TOTALE		N SINGOLO CORDOLO	
FORZA TIRANTE	INCLINAZIONE	numero cordoli acciaio	Lunghezza paratia	numero tiranti	numero pali
72498 Kg	20°	2	21 m	8	16
VERTICALE	24783,72 Kg	12391,86 Kg	Qv= 4720,709 Kg/m		
ORIZZONTALE	68130,22 Kg	34065,11 Kg	Qo= 12977,19 Kg/m		

SECONDA FILA		N TOTALE		N SINGOLO CORDOLO	
FORZA TIRANTE	INCLINAZIONE	numero cordoli acciaio	Lunghezza paratia	numero tiranti	numero pali
79544 Kg	20°	2	21 m	8	16
VERTICALE	27192,42 Kg	13596,21 Kg	Qv= 5179,509 Kg/m		
ORIZZONTALE	74751,72 Kg	37375,86 Kg	Qo= 14238,42 Kg/m		

TERZA FILA		N TOTALE		N SINGOLO CORDOLO	
FORZA TIRANTE	INCLINAZIONE	numero cordoli acciaio	Lunghezza paratia	numero tiranti	numero pali
82245 Kg	20°	2	21 m	8	16
VERTICALE	28115,77 Kg	14057,88 Kg	Qv= 5355,385 Kg/m		
ORIZZONTALE	77290 Kg	38645 Kg	Qo= 14721,9 Kg/m		

QUARTA FILA		N TOTALE		N SINGOLO CORDOLO	
FORZA TIRANTE	INCLINAZIONE	numero cordoli acciaio	Lunghezza paratia	numero tiranti	numero pali
87586 Kg	E 20°	2	21 m	8	16
VERTICALE	29941,61 Kg	14970,81 Kg	Qv= 5703,164 Kg/m		
ORIZZONTALE	82309,22 Kg	41154,61 Kg	Qo= 15677,95 Kg/m		

QUARTA FILA		N TOTALE		N SINGOLO CORDOLO	
FORZA TIRANTE	INCLINAZIONE	numero cordoli acciaio	Lunghezza paratia	numero tiranti	numero pali
64295 Kg	20°	2	21 m	8	16
VERTICALE	21979,49 Kg	10989,75 Kg	Qv= 4186,57 Kg/m		
ORIZZONTALE	60421,43 Kg	30210,71 Kg	Qo= 11508,84 Kg/m		

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	106

Acciaio per profilati cordoli in acciaio tipo IPN220 1°- 2° fila e IPN240 3°- 4°-5° fila

Tipo	S 275 JR
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} = 275 \text{ MPa}$
Tensione di rottura caratteristica	$f_{tk} = 430 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd} = f_{yk}/1.05=261.9 \text{ MPa}$

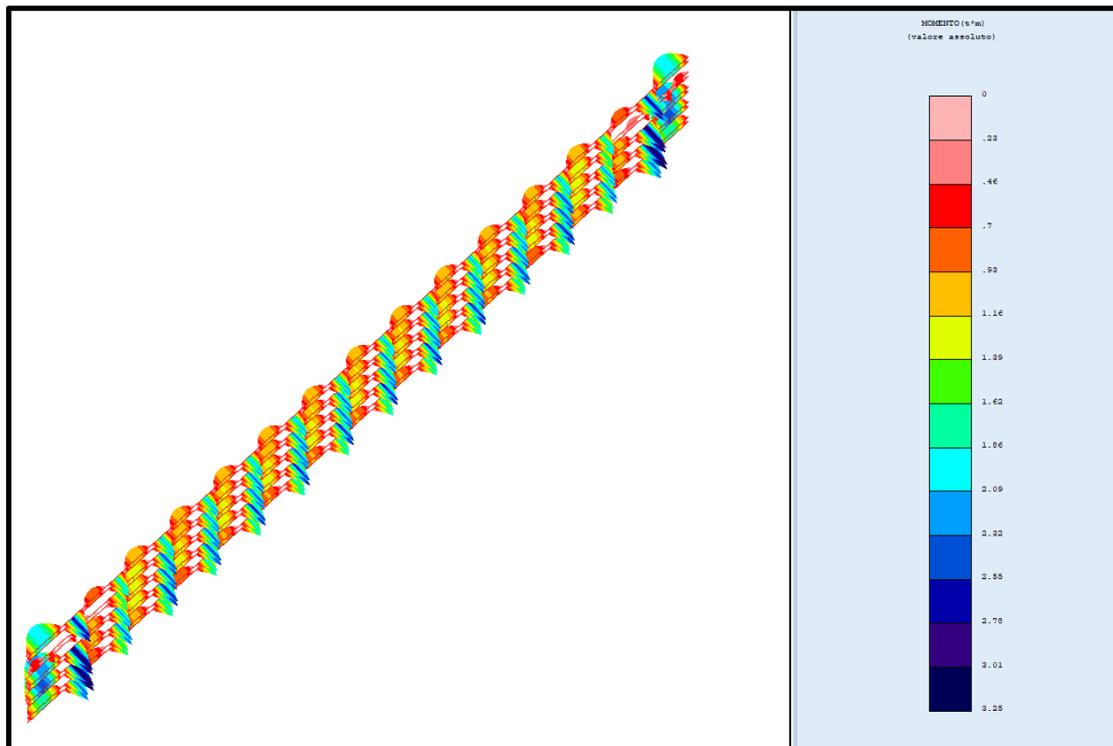


Figura 47 – Diagramma momenti sul piano orizzontale

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	107

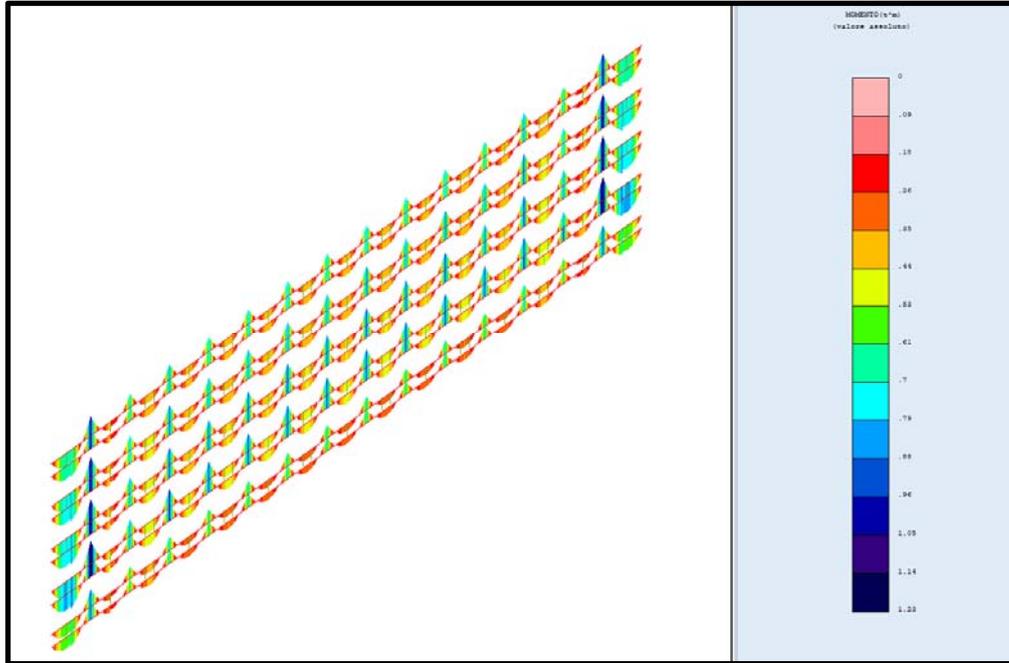


Figura 48 – Diagramma momenti sul piano verticale

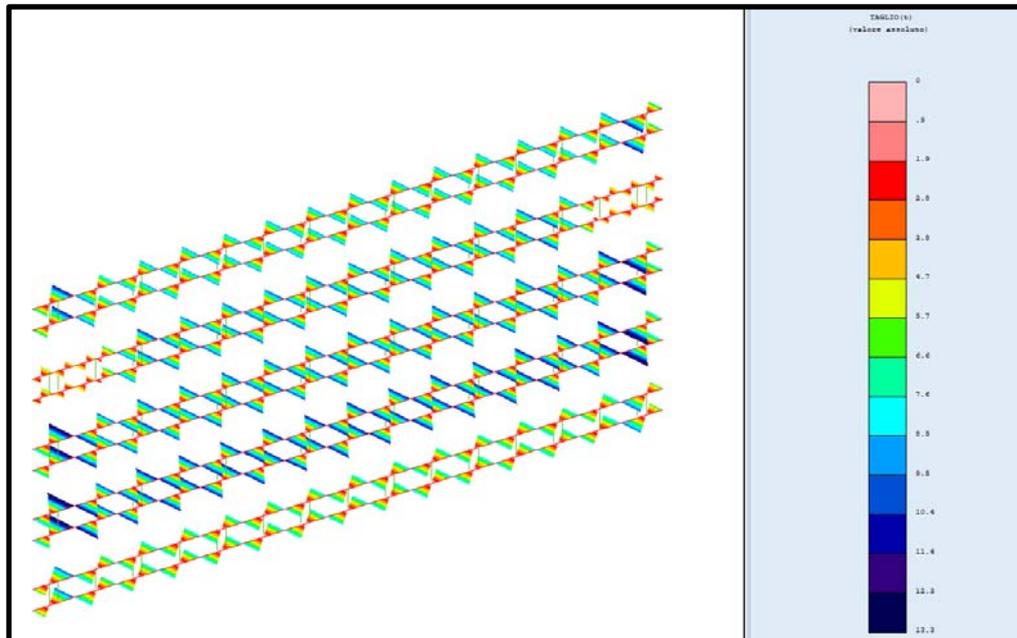


Figura 49 – Diagramma del taglio sul piano orizzontale

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	108

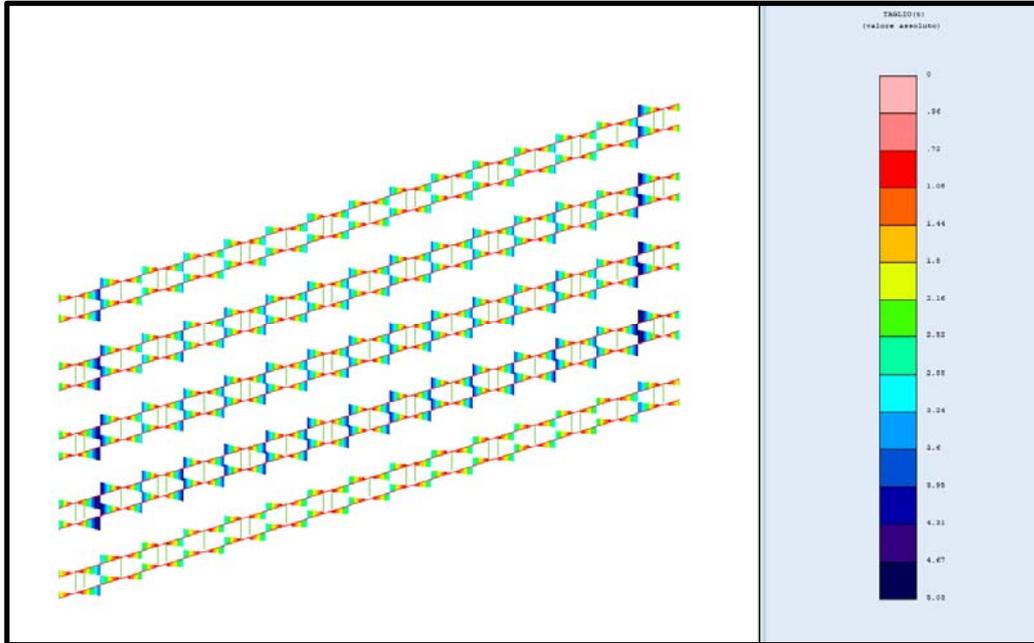


Figura 50 – Diagramma del taglio sul piano verticale

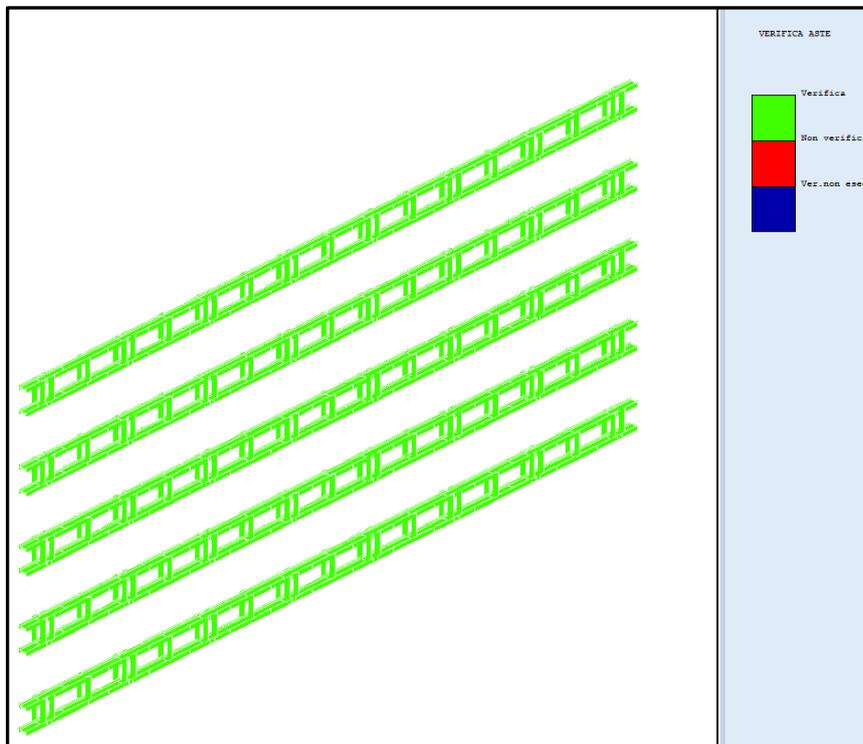


Figura 51 – Verifica generale

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	109

STAMPA PROGETTO S.L.U. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.																				
VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D																				
DATI DI	Fili	Quota	Tra	Cmb	N Sd	MxSd	MySd	VxSd	VySd	T Sd	N Rd	MxV.Rd	MyV.Rd	Vxp1Rd	Vyp1Rd	T Rd	fy rid	Rap		
ASTA	N.ro	(m)	tto	N.r	(kg)	(kg*m)	(kg*m)	(kg)	(kg)	(kg*m)	kg	kg*m	kg*m	Kg	Kg	kg*m	Kg/cmq	‡		
Sez.N.	1084	21	9,61	1	-3028	2688	-1013	-4170	-11004	0	105595	8678	1627	37010	29292	318	2619	93		
IPN	220	qn=	12977	1	-3028	152	-46	-2863	-7435	0	105595	8678	1627	37010	29292	318	2619	5		
Asta:	550	58	9,61	1	-3028	-1402	562	-1556	-3866	0	105595	8678	1627	37010	29292	318	2619	51		
Instab.:l=	55,0	A*1=	38,5		-3028	2016	760	c1=1	e=0,92	lmd=	17	Rpf=	73	Rft=	0	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	0,0	mm

Figura 52 – Verifica sta più sollecitata 1° fila

STAMPA PROGETTO S.L.U. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.																				
VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D																				
DATI DI	Fili	Quota	Tra	Cmb	N Sd	MxSd	MySd	VxSd	VySd	T Sd	N Rd	MxV.Rd	MyV.Rd	Vxp1Rd	Vyp1Rd	T Rd	fy rid	Rap		
ASTA	N.ro	(m)	tto	N.r	(kg)	(kg*m)	(kg*m)	(kg)	(kg)	(kg*m)	kg	kg*m	kg*m	Kg	Kg	kg*m	Kg/cmq	‡		
Sez.N.	1084	21	7,61	1	-3319	623	-1110	-4571	-4850	0	105595	8678	1627	37010	29292	318	2619	75		
IPN	220	qn=	14238	1	-3319	-201	191	-2708	241	0	105595	8678	1627	37010	29292	318	2619	14		
Asta:	435	58	7,61	1	-3319	109	616	-1705	2981	0	105595	8678	1627	37010	29292	318	2619	39		
Instab.:l=	55,0	A*1=	38,5		-3319	467	833	c1=1	e=0,92	lmd=	17	Rpf=	60	Rft=	60	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	0,0	mm

Figura 53 – Verifica asta più sollecitata 2° fila

STAMPA PROGETTO S.L.U. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.																				
VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D																				
DATI DI	Fili	Quota	Tra	Cmb	N Sd	MxSd	MySd	VxSd	VySd	T Sd	N Rd	MxV.Rd	MyV.Rd	Vxp1Rd	Vyp1Rd	T Rd	fy rid	Rap		
ASTA	N.ro	(m)	tto	N.r	(kg)	(kg*m)	(kg*m)	(kg)	(kg)	(kg*m)	kg	kg*m	kg*m	Kg	Kg	kg*m	Kg/cmq	‡		
Sez.N.	1080	21	5,61	1	-3183	3049	-1149	-4730	-12482	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	84		
IPN	240	qn=	14721	1	-3183	173	-52	-3247	-8434	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	4		
Asta:	320	58	5,61	1	-3183	-1590	637	-1764	-4386	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	46		
Instab.:l=	55,0	A*1=	38,5		0	0	0	c1=1	e=0,92	lmd=	0	Rpf=	0	Rft=	0	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	0,0	mm

Figura 54 – Verifica asta più sollecitata 3° fila

STAMPA PROGETTO S.L.U. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.																				
VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D																				
DATI DI	Fili	Quota	Tra	Cmb	N Sd	MxSd	MySd	VxSd	VySd	T Sd	N Rd	MxV.Rd	MyV.Rd	Vxp1Rd	Vyp1Rd	T Rd	fy rid	Rap		
ASTA	N.ro	(m)	tto	N.r	(kg)	(kg*m)	(kg*m)	(kg)	(kg)	(kg*m)	kg	kg*m	kg*m	Kg	Kg	kg*m	Kg/cmq	‡		
Sez.N.	1080	21	3,61	1	-3524	3247	-1226	-5027	-13293	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	89		
IPN	240	qn=	15677	1	-3524	184	-60	-3449	-8982	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	5		
Asta:	205	58	3,61	1	-3524	-1693	671	-1870	-4671	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	48		
Instab.:l=	55,0	A*1=	38,5		0	0	0	c1=1	e=0,92	lmd=	0	Rpf=	0	Rft=	0	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	0,0	mm

Figura 55 – Verifica asta più sollecitata 4° fila

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	110

STAMPA PROGETTO S.L.U. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.																			
VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D																			
DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Traffetto	Cmb N.z	N Sd (kg)	MxSd (kg*m)	MySd (kg*m)	VxSd (kg)	VySd (kg)	T Sd (kg*m)	N Rd (kg)	MxV.Rd (kg*m)	MyV.Rd (kg*m)	VxplRd (Kg)	VyplRd (Kg)	T Rd (kg*m)	fy rid (Kg/cmq)	Rap %	
Sez.N. 1080	21	1,61	1	-2496	2383	-901	-3709	-9788	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	66		
IPN 240	qm=	11508	1	-2496	135	-40	-2547	-6593	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	3		
Asta: 90	88	1,61	1	-2496	-1243	500	-1386	-3429	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	36		
Instab.:1=	55,0	A*1=	38,5	0	0	0	cl=1	ε=0,92	lmd=	0	Rpf=	0	Rft=	0	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	0,0	mm

Figura 56 – Verifica asta più sollecitata 5° fila

Si precisa che lo schema statico e il grado di vincolo oltre le verifiche di resistenza è stato opportunamente descritto nei tabulati di calcolo in allegato.

12.2 MODELLO SEZ 2 pk 6+812

Il modello SEZ 2 pk 6+812 rappresenta la sezione laterale della galleria, dima d' attacco con pali di lunghezza 25 m con cordolo in c.a. altezza 1,40 m.

Di seguito si riporta la tabella dei tiranti.

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	i (m)	α°	Lp (m)	La (m)	Ltot (m)	Dp (m)	Atref (mm ²)	fp(1)k snervamento / limite elastico	ntref f	No (KN)
1	2.35	2.8	20	12	9	21	0.16	139	1670	5	350
2	5.35	2.8	20	11	9	20	0.16	139	1670	5	400
3	8.35	2.8	20	10	9	19	0.16	139	1670	5	450

Lp = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)

i = interasse tiranti

Dp = diametro perforazione

Atref = area singolo trefolo

La = Lunghezza attiva (bulbo iniettato)

α° = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale

ntref = n° trefoli per tirante

No = Pretensione tirante alla messa in opera

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	111

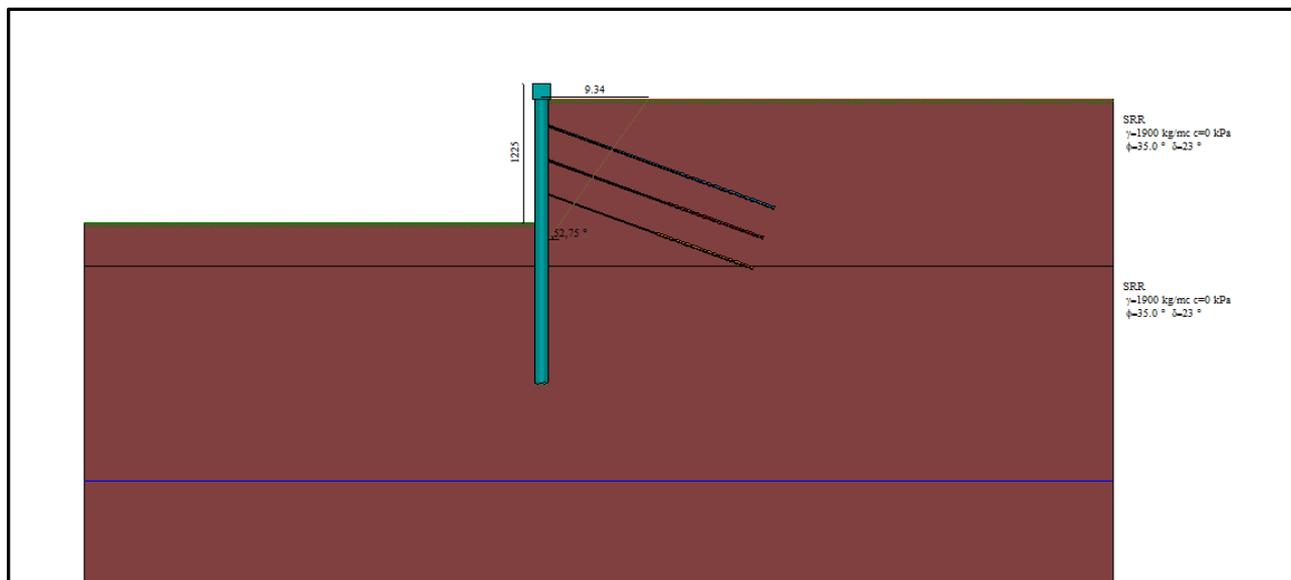


Figura 57 – Modello di calcolo

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine

Descrizione del terreno

γ peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

γ_{sat} peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]

Φ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]

δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]

c coesione del terreno espressa in [kPa]

c_a adesione terreno/paratia espressa in [kPa]

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Cesp coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato

τ_i tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kPa]

I parametri medi e minimi vengono usati per il calcolo di portanza di progetto dei pali e per la resistenza di progetto a sfilamento dei tiranti

N°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	c_a [kPa]	Cesp	τ_i [kPa]	
1	SRR	1900,0	1900,0	35,00	23,00	0,0	0,0	1,50	250,0	CAR
				35,00	23,00	0,0	0,0		250,0	MIN
				35,00	23,00	0,0	0,0		250,0	MED

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	112

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm²/cm] calcolata col metodo a strato

α inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)

Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp	α _M	α _V	K _{wM}	K _{wV}	Terreno M	Terreno V
	[m]	[°]	[°]	[kg/cm ² /cm]	[kg/cm ² /cm]		
1	16,05	0.00	0.00	3.48	3.48	SRR	SRR
2	50,00	0.00	0.00	17.78	17.78	SRR	SRR

Livello falda dal piano campagna 35 m

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo a _g (m/s ²)	1,150	0,455
Accelerazione al suolo a _g (% di g)	0,117	0,046
Fattore amplificatore F ₀	2,578	2,430
T _c *	0,362	0,302
S _s (Terreno tipo C)	1,50	1,50
Coefficiente riduzione β _s	0,380	0,470
Coeff. Amplifi. Topografica S (T2)		1,20
Coefficiente riduzione α		0,598
U _s (m)		0,132
Coefficiente riduzione β		0,351
Coefficiente intensità sismica orizzontale K _h [%]	4,430	1,751
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale K _h [%]	4,430	1,751
Coefficiente intensità sismica verticale K _v =50% K _h	2,215	0,8755

Tabella Parametri per analisi sismica

Nella figura sono riportati i parametri per l'analisi sismica; in essa:

α = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 delle NTC2008);

β = coefficiente di spostamento (figura 7.11.3 delle NTC2008);

k_h = α · β · a_{max}/g = coefficiente sismico orizzontale

12.2.2 FASI DI CALCOLO

Fasi di scavo

n° identificativo della fase nell'elenco definito

Fase Descrizione dell'i-esima fase

Tempo in cui avviene la fase di scavo

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

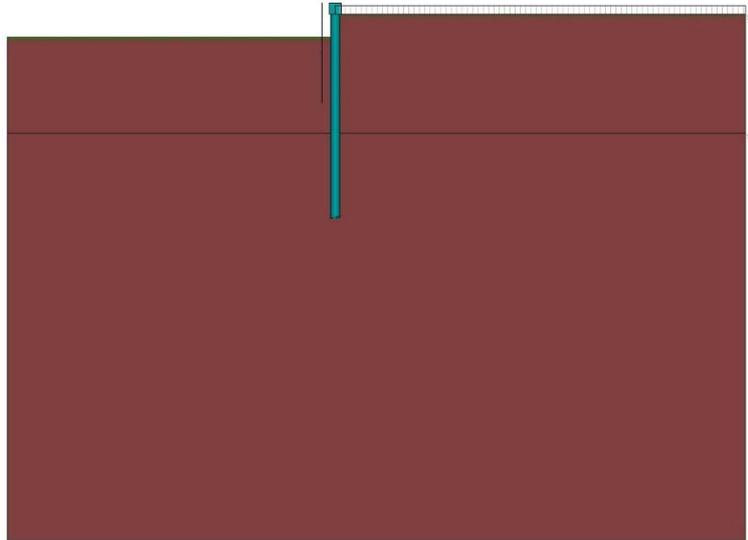
**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	113

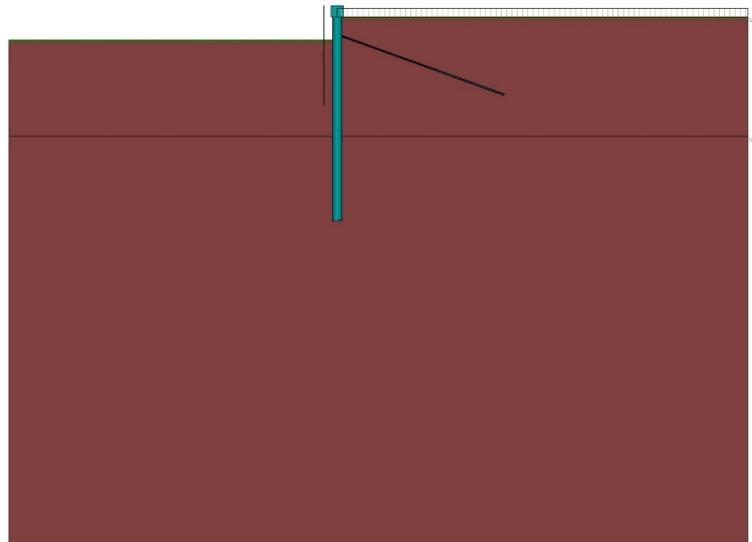
n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 4.25 metri	0
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=4.25]	0
3	Inserimento tirante 1 (X=3.75) [Hscavo=4.25]	1
4	Tesatura tirante 1 N=35000 [Hscavo=4.25]	1
5	Scavo fino alla profondità di 7.25 metri	2
6	Inserimento tirante 2 (X=6.75) [Hscavo=7.25]	3
7	Tesatura tirante 2 N=40000 [Hscavo=7.25]	3
8	Scavo fino alla profondità di 10.25 metri	4
9	Inserimento tirante 3 (X=9.75) [Hscavo=10.25]	5
10	Tesatura tirante 3 N=45000 [Hscavo=10.25]	5
11	Scavo fino alla profondità di 12.25 metri	6
12	Inserimento sisma	7

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	114



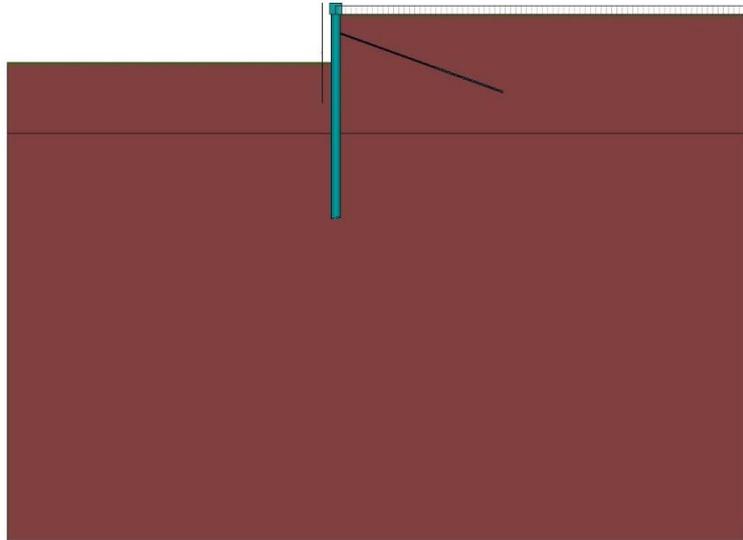
Tempo 0 (Fase n° 1-2)



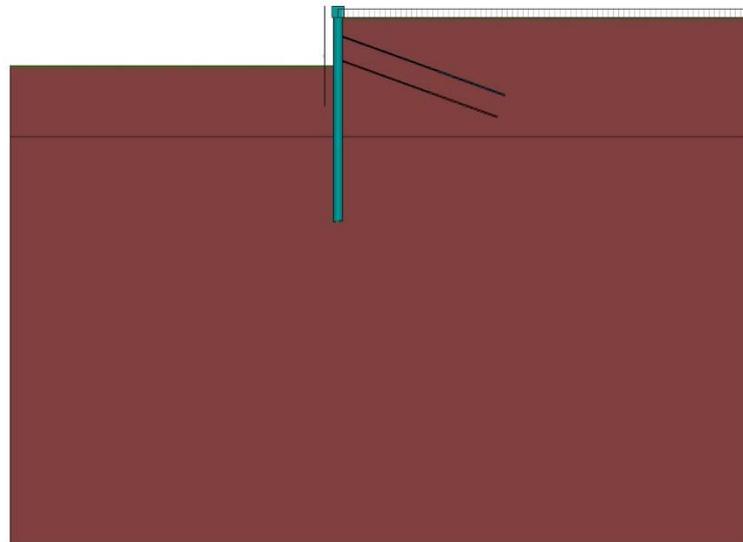
Tempo 1 (Fase n° 3-4)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisorie**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	115



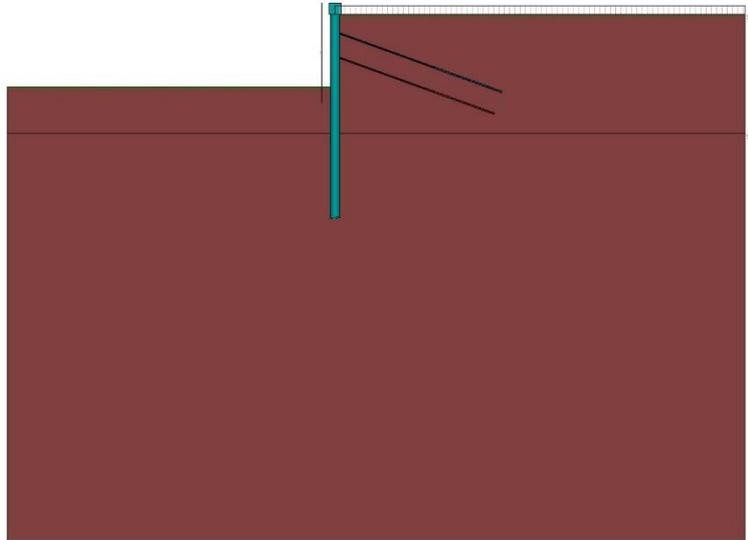
Tempo 2 (Fase n° 5)



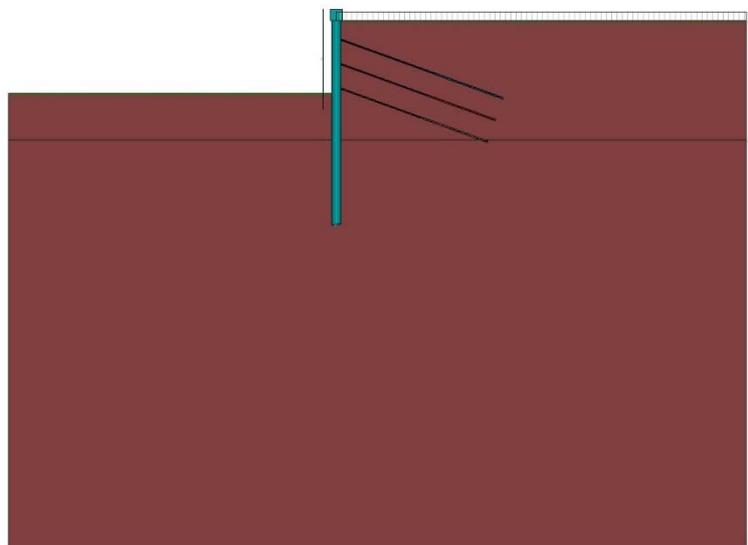
Tempo 3 (Fase n° 6-7)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisorie**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	116



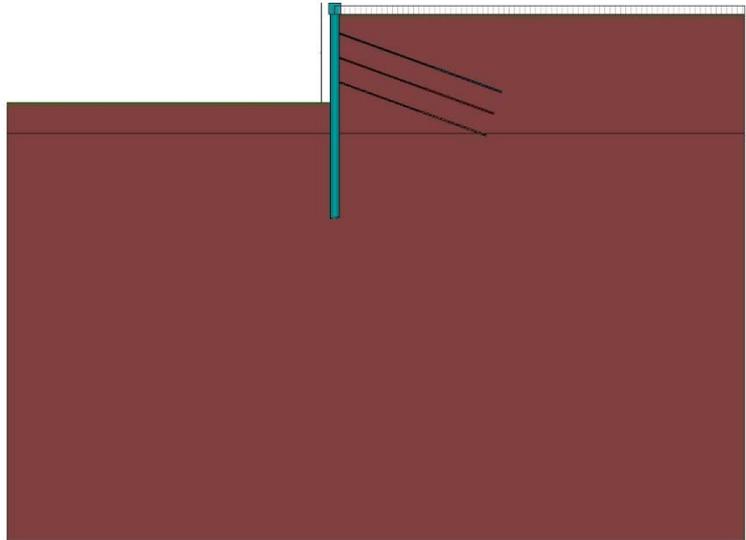
Tempo 4 (Fase n° 8)



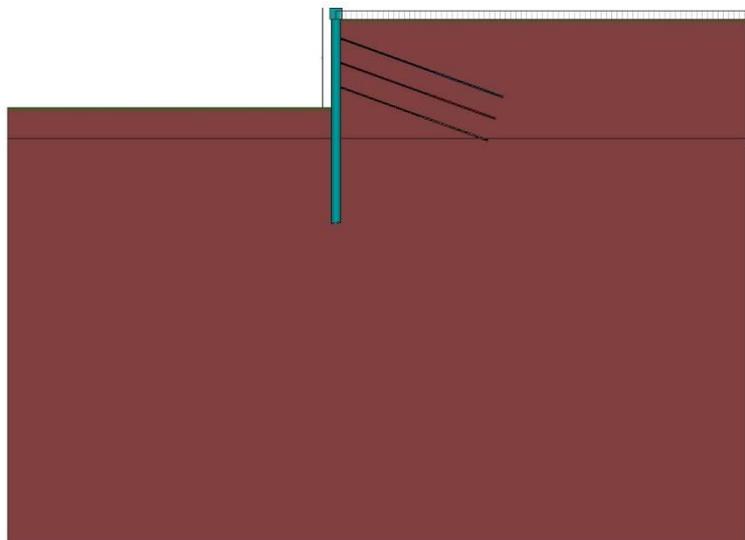
Tempo 5 (Fase n° 9-10)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	117



Tempo 6 (Fase n° 11)



Tempo 7 (Fase n° 12)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	118

12.2.3 RISULTATI DELLE ANALISI

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi del momento flettente – taglio – sforzo normale del singolo palo della paratia nelle combinazioni A1+M1 senza e con sisma, combinazioni A2+M2 senza e con sisma e Inviluppo.

Momento Flettente [Kg m]

Taglio [Kg]

Sforzo Normale [Kg]

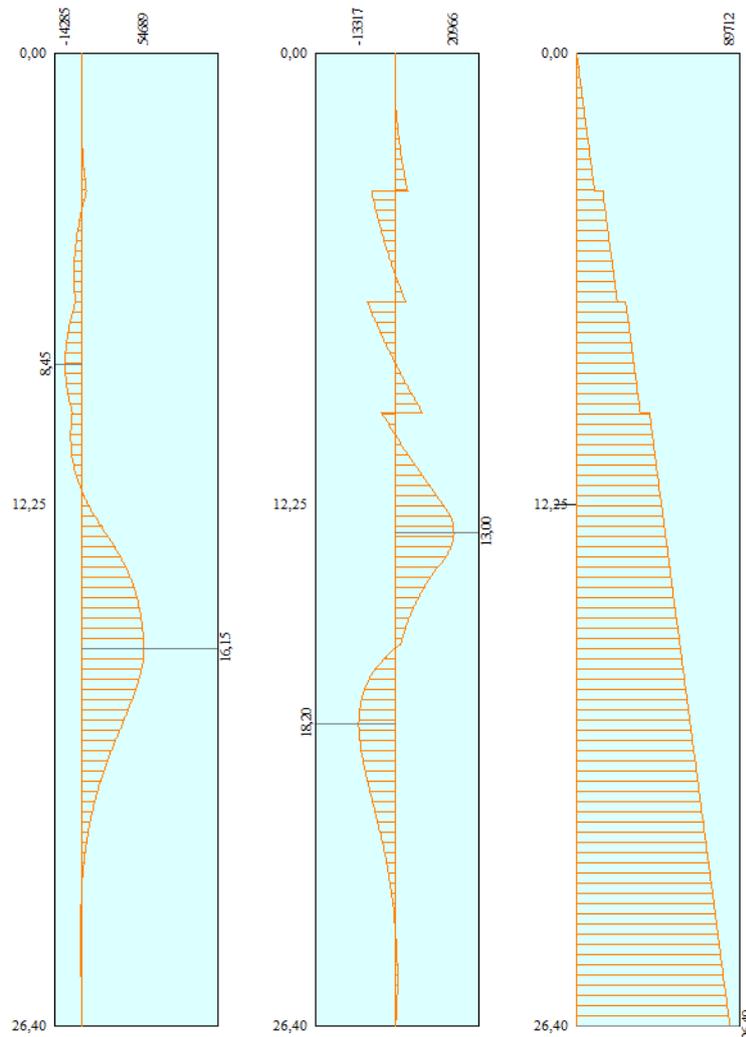


Figura 58 – Diagramma in combinazione SLU-STR N° 7 FASE 11 (A1+M1)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	119

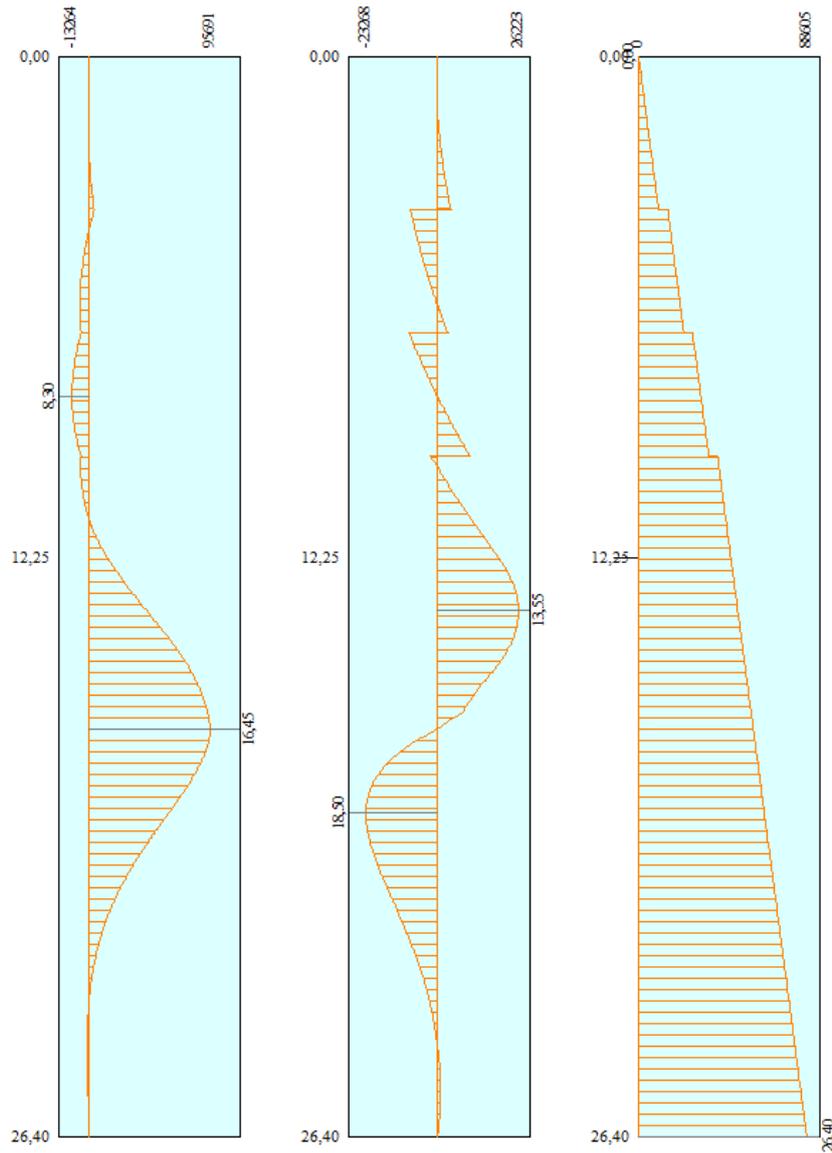


Figura 59 – Diagramma in combinazione SLU-GEO N°7 FASE 11 (A2+M2)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	120

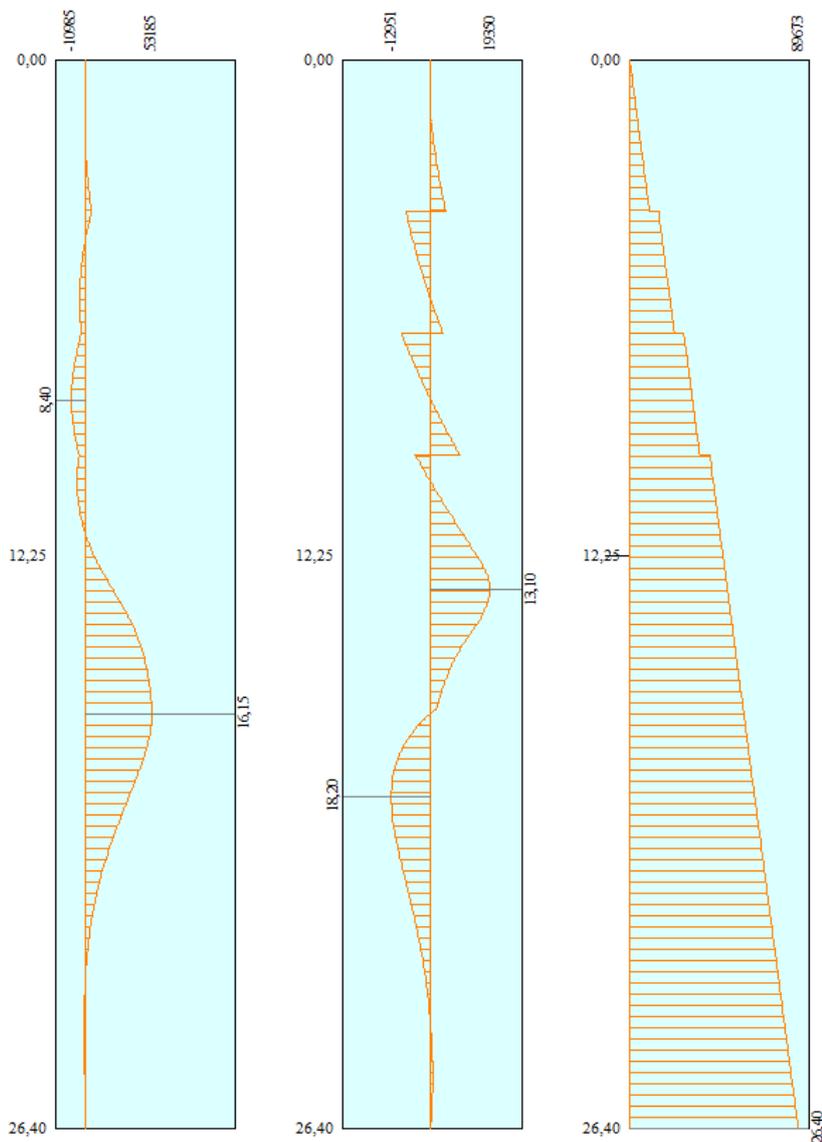


Figura 60 – Diagramma in combinazione SLV-STR N° 8 FASE 12 (A1+M1+SISMA)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	121

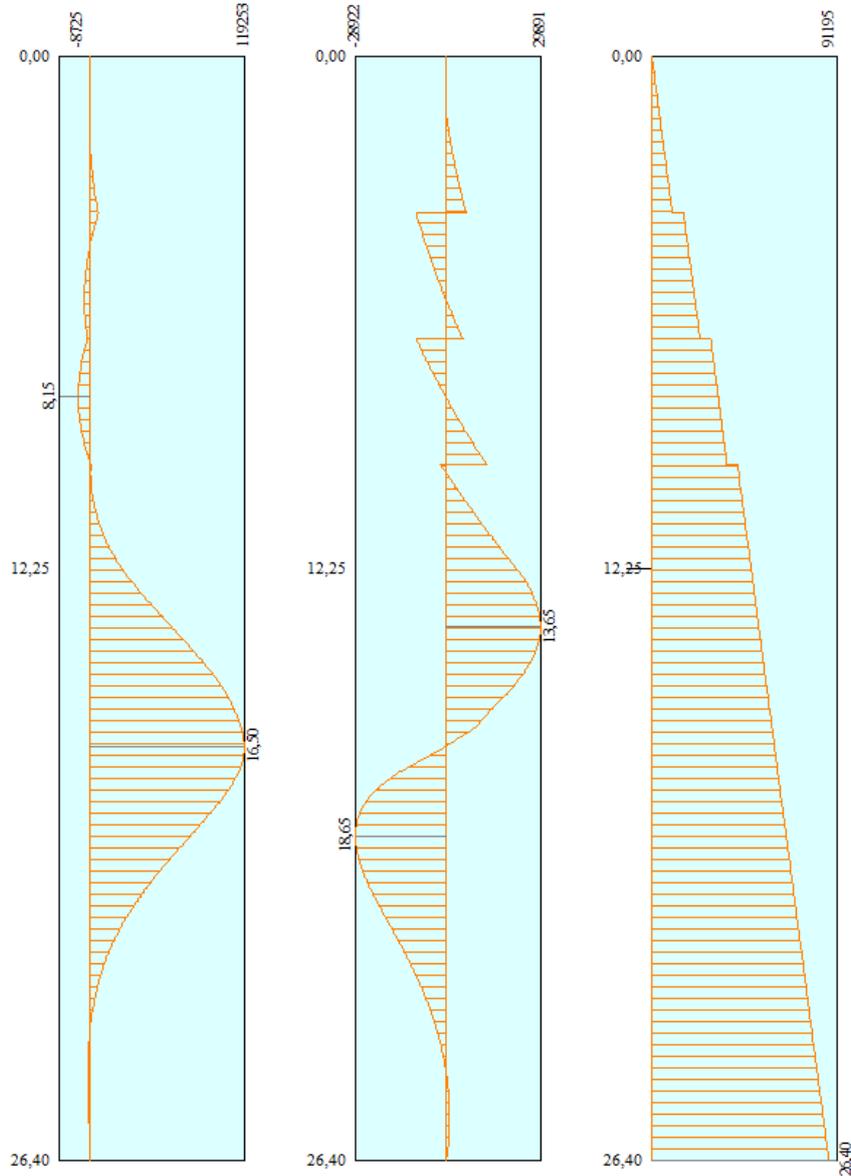


Figura 61 – Diagramma in combinazione SLV-GEO N°8 FASE 12 (A2+M2+SISMA)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	122

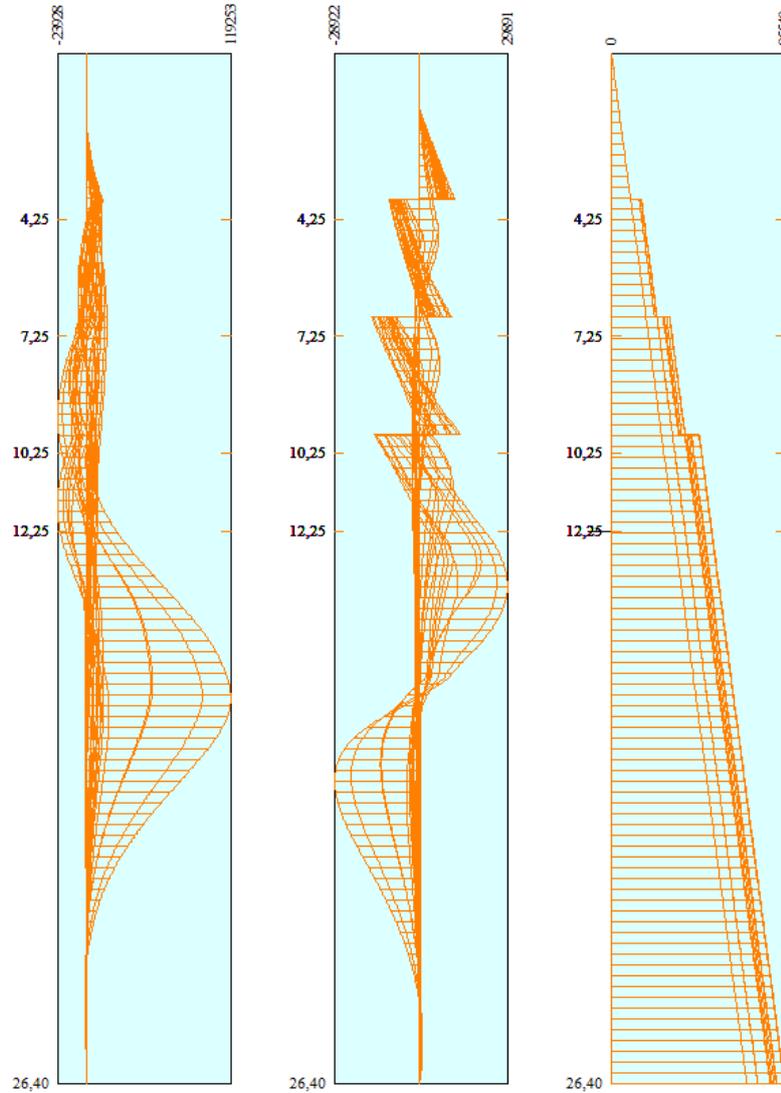


Figura 62 – Diagramma Inviluppo sollecitazioni

Incrementi dei valori dovuto al sisma

Incremento dovuto al sisma Combinazione 8 Fase 8 ESE-S $\Delta S = 16,57$ KN

Incremento dovuto al sisma Combinazione 8 SLV-STR Fase 16 (A1+M1+SISMA) $\Delta S = 45,25$ KN

Incremento dovuto al sisma Combinazione 8 SLV-GEO Fase 24 (A2+M2+SISMA) $\Delta S = 56,83$ KN

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione

Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	123

n°	Tipo	Is [kN]	TEMPO	FASE
1	ESE	--	0	1-2
2	ESE	--	1	3-4
3	ESE	--	2	5
4	ESE	--	3	6-7
5	ESE	--	4	8
6	ESE	--	5	9-10
7	ESE	--	6	11
8	ESE	16,57	7	12
1	SLU - STR	--	0	1-2
2	SLU - STR	--	1	3-4
3	SLU - STR	--	2	5
4	SLU - STR	--	3	6-7
5	SLU - STR	--	4	8
6	SLU - STR	--	5	9-10
7	SLU - STR	--	6	11
8	SLV - STR	45,25	7	12
1	SLU - GEO	--	0	1-2
2	SLU - GEO	--	1	3-4
3	SLU - GEO	--	2	5
4	SLU - GEO	--	3	6-7
5	SLU - GEO	--	4	8
6	SLU - GEO	--	5	9-10
7	SLU - GEO	--	6	11
8	SLV - GEO	56,83	7	12

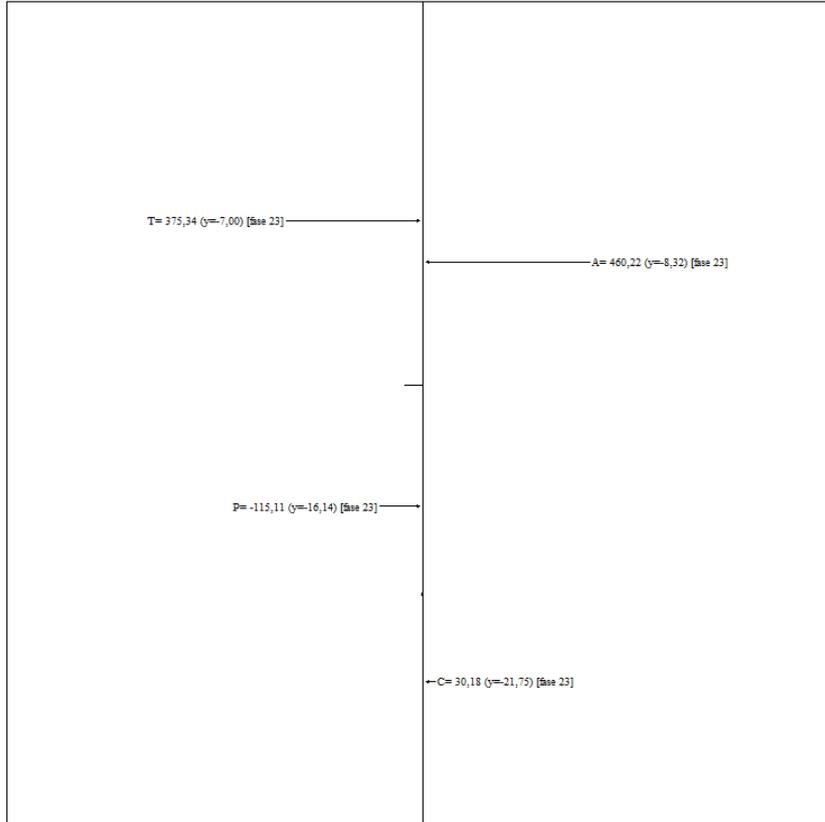
LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	124

Forze agenti sulla parata



A - Spinta Attiva
C - Controspinta
P - Resistenza passiva
T - Risultante tiro tiranti

Risultanti della spinta attiva e passiva in assenza di sisma (Combinazione 7 SLU-GEO FASE 11)

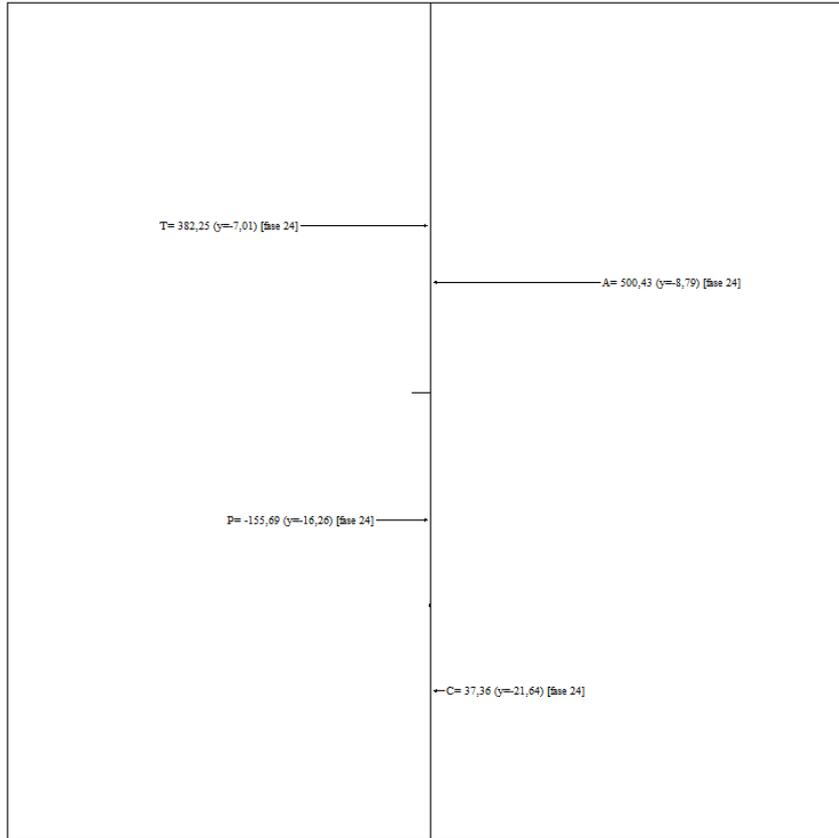
LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	125

Forze agenti sulla paratia



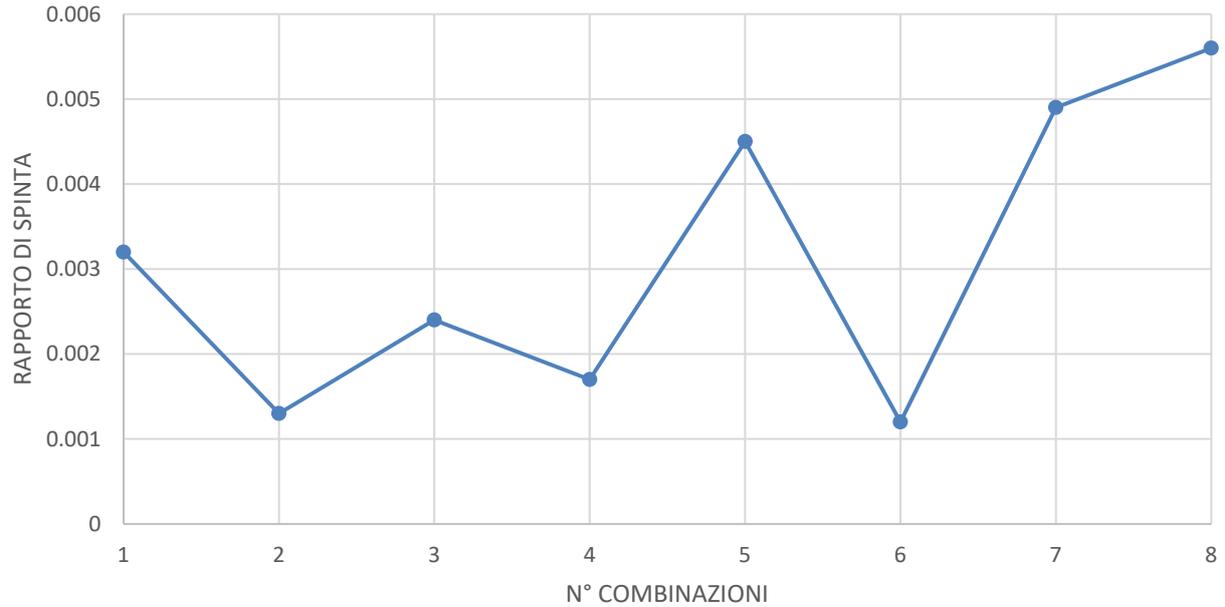
A - Spinta Attiva
C - Controspinta
P - Resistenza passiva
T - Risultante tiro tiranti

Risultanti della spinta attiva e passiva in presenza di sisma (Combinazione 8 SLV-GEO FASE 12)

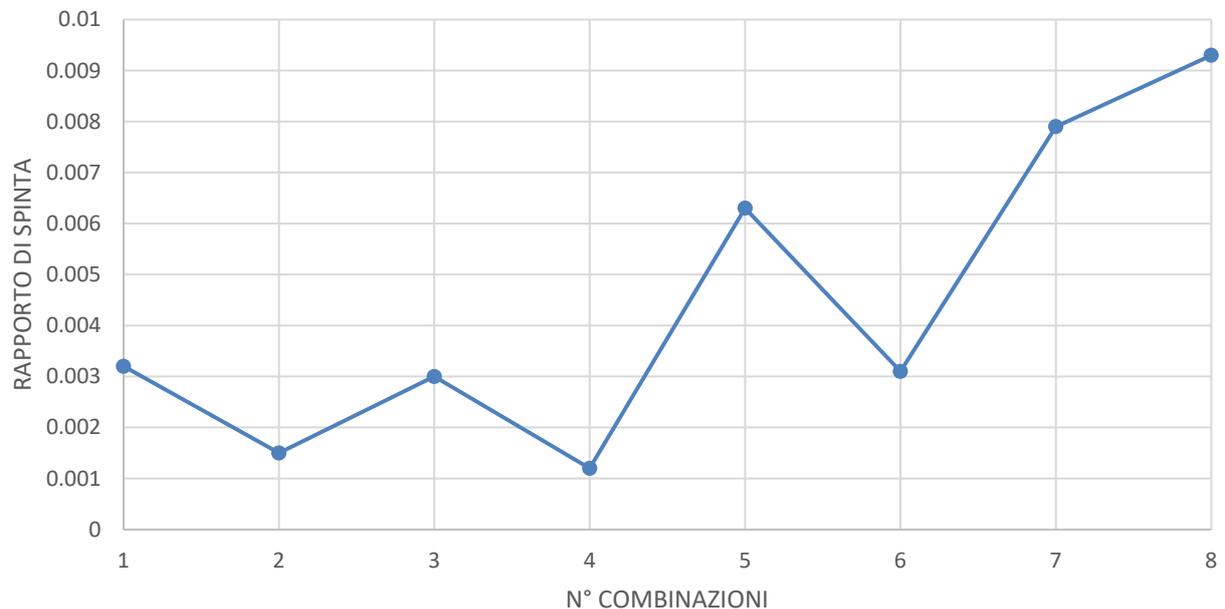
**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	126

**MASSIMI RAPPORTI DI RESISTENZA PASSIVA
COMBINAZIONE ESE**



**MASSIMI RAPPORTI DI RESISTENZA PASSIVA
COMBINAZIONE SLU-STR E SLV-STR**

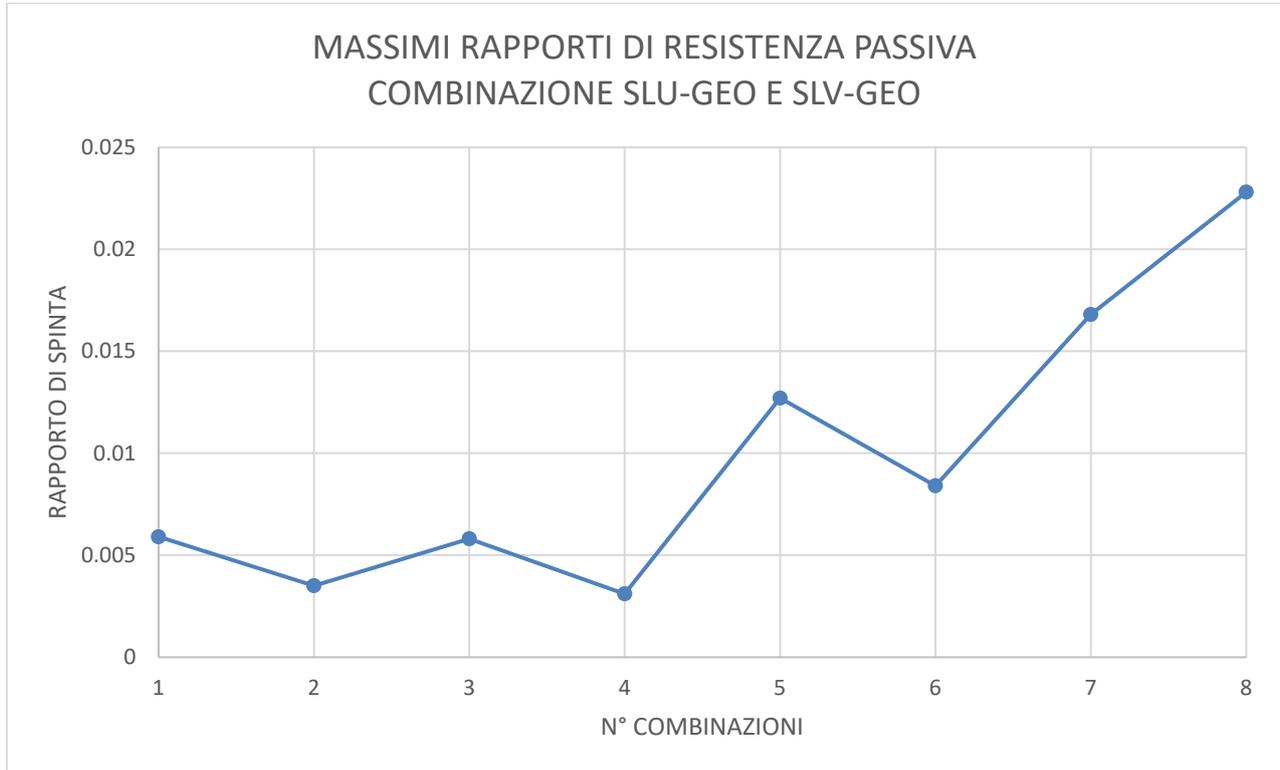


LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	127



**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	128

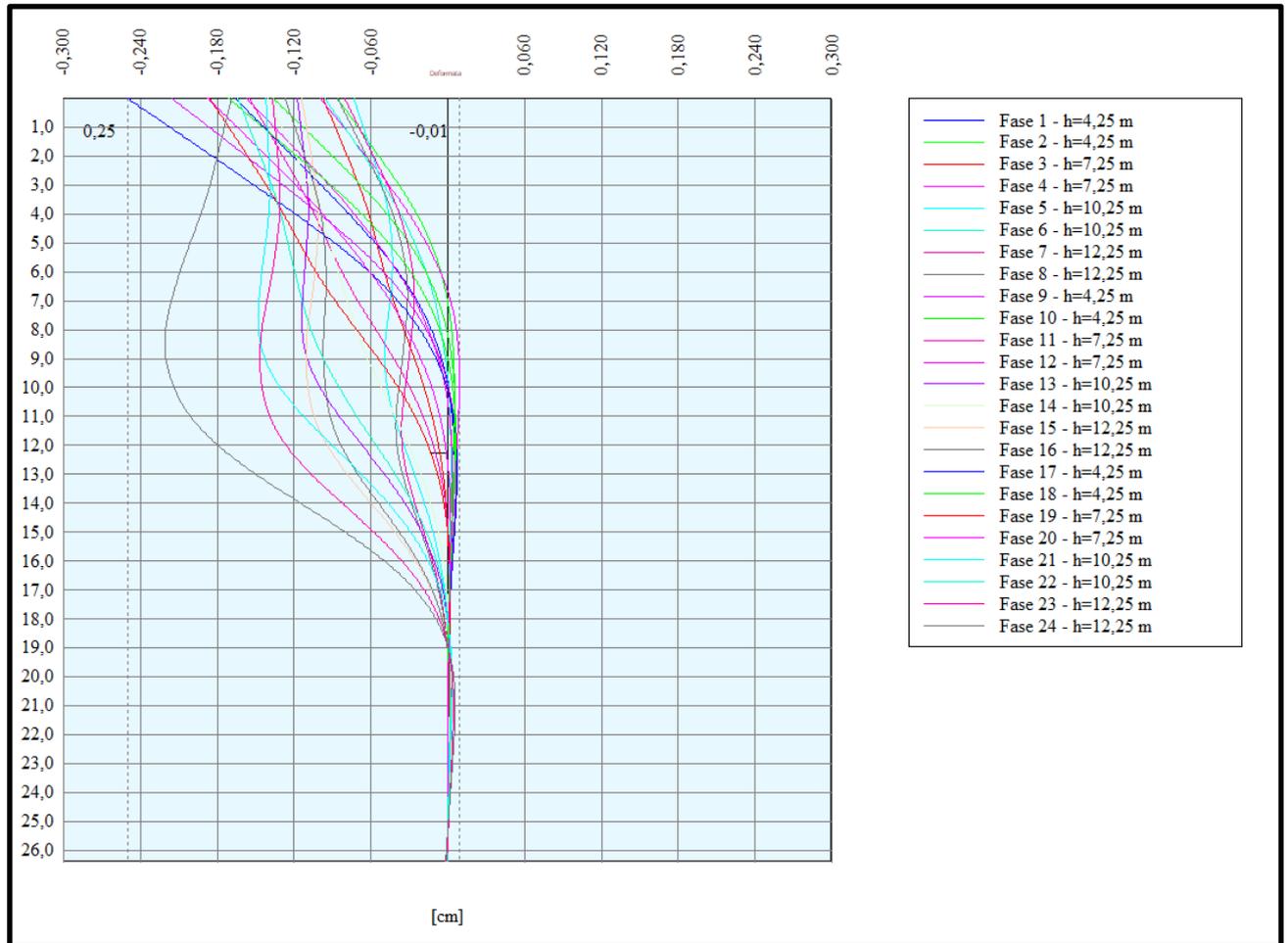


Figura 63 - Involuppo spostamenti

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	129

Risultati tiranti

Simbologia adottata

N sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kg]

Af area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]

L lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]

Lf lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]

σ_f tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [kPa]

u spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]

R1, R2, R3 resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kg]

FS Fattore di sicurezza (rapporto $\min(R1, R2, R3)/N$)

n°	N	Af	Lf	L	σ_f	u	R1	R2	R3	FS	cmb
	[kg]	[cmq]	[m]	[m]	[kPa]	[cm]	[kg]	[kg]	[kg]		
1	35623	6,95	9,00	21,00	502657	0,10645	80977	249752	826036	2.273	3 SLU-STR
2	41039	6,95	9,00	20,00	579084	0,11193	80977	249752	826036	1.973	3 SLU-STR
3	45756	6,95	9,00	19,00	645646	0,10882	80977	249752	826036	1.770	7 SLU-STR

Verifica gerarchia delle resistenze di progetto

Simbologia adottata

Rg resistenza di progetto allo snervamento, espresso in [kg]

R1 resistenza allo sfilamento della fondazione, espressa in [kg]

FS Fattore di sicurezza ($Rg/R1$)

Fase n° 1 - SLU - STR non sono presenti tiranti

Fase n° 2 - SLU - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kg]	[kg]	
1	102914	80977	1.271

Fase n° 3 - SLU - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kg]	[kg]	
1	102914	80977	1.271

Fase n° 4 - SLU - STR n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kg]	[kg]	
1	102914	80977	1.271
2	102914	80977	1.271

Fase n° 5 - SLU - STR n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kg]	[kg]	
1	102914	80977	1.271
2	102914	80977	1.271

Fase n° 6 - SLU - STR n° 3 file di tiranti presenti nella fase

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	130

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	102914	80977	1.271
2	102914	80977	1.271
3	102914	80977	1.271

Fase n° 7 - SLU - STR n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	102914	80977	1.271
2	102914	80977	1.271
3	102914	80977	1.271

Fase n° 8 - SLV - STR n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	102914	80977	1.271
2	102914	80977	1.271
3	102914	80977	1.271

Verifica gerarchia delle resistenze dei valori caratteristici

I valori caratteristici si ricavano moltiplicandi i valori di resistenza di progetto coi relativi coefficienti di sicurezza $\gamma_m=1,15$ e $\gamma_{Ra}=1,20$

ase n° 1 - SLU - STR non sono presenti tiranti

Fase n° 2 - SLU - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	118351,1	97172,4	1,218

Fase n° 3 - SLU - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	118351,1	97172,4	1,218

Fase n° 4 - SLU - STR n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	118351,1	97172,4	1,218
2	118351,1	97172,4	1,218

Fase n° 5 - SLU - STR n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	118351,1	97172,4	1,218
2	118351,1	97172,4	1,218

Fase n° 6 - SLU - STR n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	118351,1	97172,4	1,218
2	118351,1	97172,4	1,218
3	118351,1	97172,4	1,218

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	131

Fase n° 7 - SLU - STR n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	118351,1	97172,4	1,218
2	118351,1	97172,4	1,218
3	118351,1	97172,4	1,218

Fase n° 8 - SLV - STR n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	118351,1	97172,4	1,218
2	118351,1	97172,4	1,218
3	118351,1	97172,4	1,218

Di seguito si riporta la verifica della lunghezza libera in condizioni sismiche, L_E , secondo le NTC2008 (§7.11.6.4).

$$L_E = L_s \cdot (1 + 1.5 \cdot a_{max}/g)$$

Le verifiche risultano soddisfatte. La lunghezza libera in condizioni statiche, L_s , è stata determinata in modo tale

che il bulbo di fondazione si collochi al di fuori del cuneo di spinta attiva; quest'ultimo ha inclinazione sulla verticale

di $45^\circ - \varphi'/2$ (dove $\varphi' = 35^\circ$).

L_s [m]	a_{max}/g	L_E [m]	$L_{progetto}$ [m]	$L_{progetto} > L_E$
6,56	0,117	7,71	12,00	VERIFICATO
5,16	0,117	6,07	11,00	VERIFICATO
3,77	0,117	4,43	10,00	VERIFICATO

CENTRO DI ROTAZIONE	
6,74 m dal fondo scavo	

Verifica a portanza palo

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

$P_{P,med}$, $P_{P,min}$ Portanza di punta media e minima, espressa in [kg]

$P_{L,med}$, $P_{L,min}$ Portanza laterale media e minima, espressa in [kg]

P_d Portanza di progetto, espressa in [kg]

N Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kg]

FS Fattore di sicurezza (rapporto P_d/N)

n°	Tipo	$P_{P,med}$ [kg]	$P_{L,med}$ [kg]	$P_{P,min}$ [kg]	$P_{L,min}$ [kg]	P_d [kg]	N [kg]	FS
1	SLU - STR	1357304	0	1357304	0	798414	74644	10.696
2	SLU - STR	1357304	0	1357304	0	798414	80630	9.902
3	SLU - STR	1173470	0	1173470	0	690277	80736	8.550
4	SLU - STR	1173470	0	1173470	0	690277	87517	7.887
5	SLU - STR	989637	0	989637	0	582139	87754	6.634
6	SLU - STR	989637	0	989637	0	582139	95361	6.105
7	SLU - STR	867081	0	867081	0	510048	95543	5.338
8	SLV - STR	867081	0	867081	0	510048	95487	5.342
1	SLU - GEO	1357304	0	1357304	0	469655	74644	6.292
2	SLU - GEO	1357304	0	1357304	0	469655	80630	5.825
3	SLU - GEO	1173470	0	1173470	0	406045	80743	5.029
4	SLU - GEO	1173470	0	1173470	0	406045	87525	4.639
5	SLU - GEO	989637	0	989637	0	342435	87801	3.900
6	SLU - GEO	989637	0	989637	0	342435	95409	3.589
7	SLU - GEO	867081	0	867081	0	300028	95594	3.139

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	132

Verifica Stabilità globale (METODO DI BISHOP)

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 (X_c; Y_c) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
 R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
 (X_v; Y_v) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
 (X_m; Y_m) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
 FS Coefficiente di sicurezza
 R Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X _c , Y _c [m]	R [m]	X _v , Y _v [m]	X _m , Y _m [m]	FS	R
1	SLU - GEO	0,00; 10,56	27,53	-23,21; -4,24	24,80; -1,40	9.440	1.100
2	SLU - GEO	0,00; 13,20	30,17	-24,62; -4,24	26,41; -1,40	9.561	1.100
3	SLU - GEO	-2,64; 7,92	25,03	-22,56; -7,23	20,60; -1,40	5.070	1.100
4	SLU - GEO	0,00; 10,56	27,53	-21,00; -7,23	24,80; -1,40	5.212	1.100
5	SLU - GEO	-2,64; 7,92	25,03	-19,86; -10,24	20,60; -1,40	3.421	1.100
6	SLU - GEO	-2,64; 7,92	25,03	-19,86; -10,24	20,60; -1,40	3.595	1.100
7	SLU - GEO	-2,64; 7,92	25,03	-17,47; -12,24	20,60; -1,40	2.902	1.100
8	SLV - GEO	-2,64; 10,56	27,65	-18,29; -12,24	22,30; -1,40	2.599	1.200

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

- Le ascisse X sono considerate positive verso monte
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
 Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
 Le strisce sono numerate da monte verso valle
 N° numero d'ordine della striscia
 W peso della striscia espresso in [kg]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
 Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Fase n° 8 - SLV - GEO

Numero di strisce 51
 Sisma verticale verso il basso.

Caratteristiche delle strisce

N°	W _i [kg]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	390,11	-33.48	0,95	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
2	1172,60	-31.52	0,93	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
3	1897,98	-29.61	0,91	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
4	2569,55	-27.73	0,90	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
5	3190,14	-25.88	0,88	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
6	3762,19	-24.07	0,87	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
7	4287,81	-22.27	0,86	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
8	4768,83	-20.50	0,85	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
9	5206,84	-18.75	0,84	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
10	5603,24	-17.02	0,83	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
11	5959,22	-15.31	0,82	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
12	6275,82	-13.60	0,82	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
13	6553,95	-11.92	0,81	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
14	6794,36	-10.24	0,81	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
15	6997,70	-8.57	0,80	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
16	7164,51	-6.90	0,80	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
17	7295,22	-5.25	0,80	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
18	7390,15	-3.59	0,80	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
19	7449,55	-1.94	0,80	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
20	7473,56	-0.30	0,80	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
21	7462,25	1.35	0,80	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
22	7415,59	3.00	0,80	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
23	7333,46	4.65	0,80	29.26	0,0	0,0	(0; 0)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	133

N°	Wi [kg]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kg]
24	25640,86	6.31	0,80	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
25	25486,47	7.97	0,80	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
26	25295,52	9.64	0,81	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
27	25067,50	11.32	0,81	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
28	24801,81	13.01	0,82	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
29	24497,73	14.71	0,82	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
30	24154,39	16.42	0,83	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
31	23770,80	18.15	0,84	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
32	23345,81	19.90	0,85	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
33	22878,09	21.66	0,86	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
34	22366,11	23.45	0,87	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
35	21808,10	25.26	0,88	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
36	21202,05	27.10	0,89	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
37	20545,62	28.97	0,91	29.26	0,0	0,0	(7628; 6637)
38	19836,09	30.88	0,93	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
39	19070,32	32.82	0,95	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
40	18244,62	34.81	0,97	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
41	17354,64	36.84	1,00	29.26	0,0	0,0	(5420; 3541)
42	16395,22	38.94	1,02	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
43	15360,12	41.09	1,06	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
44	14241,78	43.32	1,09	29.26	0,0	0,0	(3450; 1733)
45	13030,81	45.64	1,14	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
46	11715,39	48.05	1,19	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
47	10280,24	50.59	1,25	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
48	8705,06	53.27	1,33	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
49	6961,80	56.13	1,43	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
50	5009,75	59.22	1,56	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
51	2801,90	62.30	1,71	29.26	0,0	0,0	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 139144,19 [kg]

$\Sigma W_i = 634283,23$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 192507,27$ [kg]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 347605,22$ [kg]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 7.62$

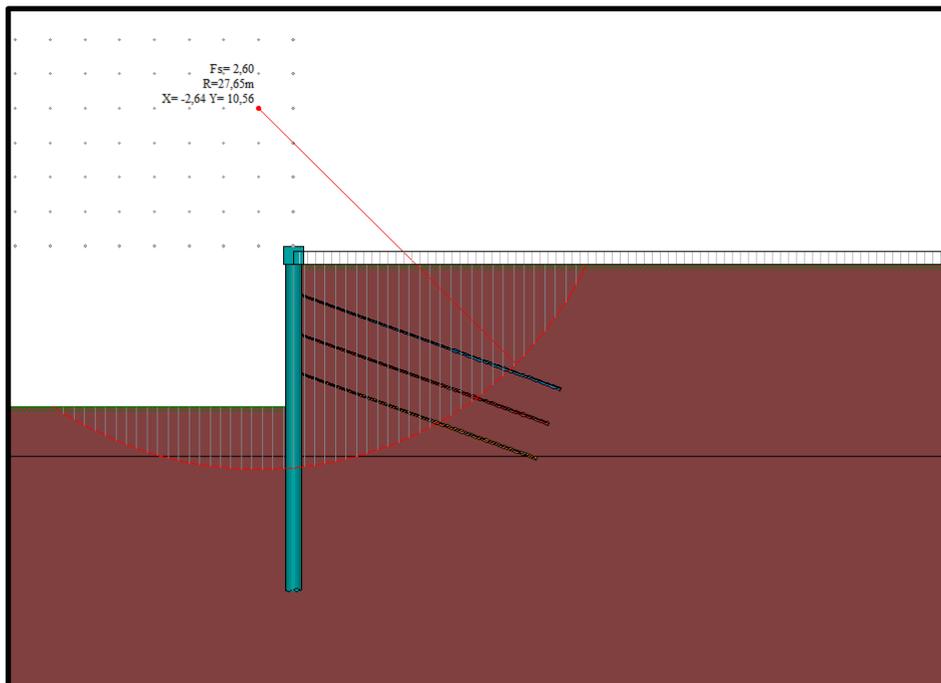


Figura 64 - Verifica stabilità globale FS minimo

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	134

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
 R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
 W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
 T Reazione tiranti espresso in [kg]
 P Reazione puntoni espresso in [kg]
 V Reazione vincoli espresso in [kg]
 C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
 Y Punto di applicazione, espresso in [m]
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
 FS_{RIB} Fattore di sicurezza a ribaltamento
 FS_{SCO} Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.

La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Typo	S Y [kg]	R Y [kg]	W Y [kg]	T Y [kg]	P Y [kg]	V Y [kg]	C Y [kg]	Mr [kgm]	Ms [kgm]	FS _{RIB}	FS _{SCO}
1	ESE	145934,79 17,81	1735460,6 2 19,08	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1253372,95	12698472,60	10.131	11.892
2	ESE	145934,79 17,81	1735460,6 2 19,08	0,00 0,00	10963,08 3,75	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1253372,95	12946786,37	10.330	11.967
3	ESE	145934,79 17,81	1299012,6 2 20,08	0,00 0,00	11091,55 3,75	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1253372,95	8457195,90	6.748	8.977
4	ESE	145934,79 17,81	1299012,6 2 20,08	0,00 0,00	23510,98 5,35	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1253372,95	8700908,35	6.942	9.062
5	ESE	145934,79 17,81	925666,14 21,08	0,00 0,00	23731,90 5,36	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1253372,95	5421287,40	4.325	6.506
6	ESE	145934,79 17,81	925666,14 21,08	0,00 0,00	37664,54 7,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1253372,95	5652686,34	4.510	6.601
7	ESE	145934,79 17,81	711816,25 21,75	0,00 0,00	37861,33 7,01	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1253372,95	4044455,91	3.227	5.137
8	ESE	147503,22 17,70	711816,25 21,75	0,00 0,00	37920,54 7,01	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1283298,29	4045611,11	3.153	5.083
9	SLU - STR	189715,23 17,81	2256098,8 0 19,08	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1629384,83	16508014,38	10.131	11.892
10	SLU - STR	189715,23 17,81	2256098,8 0 19,08	0,00 0,00	10963,08 3,75	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1629384,83	16756328,15	10.284	11.950
11	SLU - STR	189715,23 17,81	1688716,4 0 20,08	0,00 0,00	11158,17 3,75	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1629384,83	10920496,67	6.702	8.960
12	SLU - STR	189715,23 17,81	1688716,4 0 20,08	0,00 0,00	23577,59 5,34	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1629384,83	11164208,66	6.852	9.026
13	SLU - STR	189715,23 17,81	1203365,9 8 21,08	0,00 0,00	24012,83 5,36	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1629384,83	6903756,15	4.237	6.470
14	SLU - STR	189715,23 17,81	1203365,9 8 21,08	0,00 0,00	37945,52 6,98	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1629384,83	7135155,88	4.379	6.543
15	SLU - STR	189715,23 17,81	925361,13 21,75	0,00 0,00	38279,98 7,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1629384,83	5045838,41	3.097	5.079
16	SLV - STR	150217,91 17,51	711816,25 21,75	0,00 0,00	38176,63 7,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1335094,34	4050911,80	3.034	4.993
17	SLU - GEO	188260,13 17,81	1369351,9 1 19,08	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1616888,09	10019632,54	6.197	7.274
18	SLU - GEO	188260,13 17,81	1369351,9 1 19,08	0,00 0,00	10963,08 3,75	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1616888,09	10267946,31	6.350	7.332
19	SLU - GEO	188260,13 17,81	1024975,9 6 20,08	0,00 0,00	11170,91 3,75	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1616888,09	6727880,81	4.161	5.504
20	SLU - GEO	188260,13 17,81	1024975,9 6 20,08	0,00 0,00	23592,93 5,34	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1616888,09	6971651,74	4.312	5.570
21	SLU - GEO	188260,13 17,81	730389,78 21,08	0,00 0,00	24097,90 5,36	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1616888,09	4390659,67	2.716	4.008
22	SLU - GEO	188260,13 17,81	730389,78 21,08	0,00 0,00	38034,59 6,98	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1616888,09	4622138,78	2.859	4.082
23	SLU - GEO	188260,13	561653,16	0,00	38372,90	0,00	0,00	0,00	1616888,09	3356356,03	2.076	3.187

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	135

n°	Tipo	S Y [kg]	R Y [kg]	W Y [kg]	T Y [kg]	P Y [kg]	V Y [kg]	C Y [kg]	Mr [kgm]	Ms [kgm]	FS _{RIB}	FS _{SCO}
24	SLV - GEO	17,81 193791,65 17,52	21,75 561653,16 21,75	0,00 0,00 0,00	7,00 39144,81 7,00	0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00	1720775,11	3371255,68	1.959	3.100

12.2.3.1 VERIFICHE STRUTTURALI

12.2.3.1.2 VERIFICHE STRUTTURALI DELLE SEZIONI IN C.A.

Si riporta di seguito la verifica a presso-flessione e a taglio della sezione in c.a. per le sollecitazioni massime riportate in figura.

I pali hanno un'armatura corrente di 20 ϕ 18. L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale ϕ 10/20.

Il cordolo in c.a. risulta armato con 7 ϕ 16+7 ϕ 16 e staffe ϕ 10/20 2 bracci piano verticale e 4 bracci piano orizzontale

Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Le verifiche a pressoflessione sono condotte per una sezione circolare.

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	$R_{bk} = 30000$ [kPa]
Tensione caratteristica cilindrica del cls (0.83x R_{bk})	$R_{ck} = 254$ (Kg/cm ²)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 450000$ [kPa]
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ($\psi R_{ck}/\gamma_c$)	$R_c^* = 144$ (Kg/cm ²)
Resistenza di calcolo dell'acciaio (f_{yk}/γ_s)	$R_s^* = 3990$ (Kg/cm ²)
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm ²)
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0.0035$ (0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\epsilon_{ck} = 0.0020$ (0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{yu} = 0.0100$ (1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R_s^*/E_s)	$\epsilon_{yk} = 0.0015$ (0.19%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

Tratto parabolico: $0 < \epsilon_c \leq \epsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\epsilon_c \epsilon_{ck} - \epsilon_c^2)}{\epsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\epsilon_{ck} < \epsilon_c \leq \epsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R_c^*$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \quad \text{per } 0 < \epsilon_s \leq \epsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \epsilon_{sy} < \epsilon_s \leq \epsilon_{su}$$

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	136

Valori del dominio M-N del palo

N°	N _u [kg]	M _u [kgm]
1	-203072,90	0,00
2	0,00	98104,67
3	200648,73	174190,44
4	300973,10	202611,88
5	401297,46	224474,85
6	501621,83	240936,05
7	601946,20	252383,28
8	702270,56	257733,23
9	802594,93	257201,27
10	902919,29	250011,59
11	1003243,66	239311,59
12	1103568,03	225007,31
13	1203892,39	206753,22
14	1304216,76	183826,23
15	1404541,12	156313,45
16	1504865,49	0,00
17	1504865,49	0,00
18	1404541,12	-156313,45
19	1304216,76	-183826,23
20	1203892,39	-206753,22
21	1103568,03	-225007,31
22	1003243,66	-239311,59
23	902919,29	-250011,59
24	802594,93	-257201,27
25	702270,56	-257733,23
26	601946,20	-252383,28
27	501621,83	-240936,05
28	401297,46	-224474,85
29	300973,10	-202611,88
30	200648,73	-174190,44
31	0,00	-98104,67
32	-203072,90	0,00

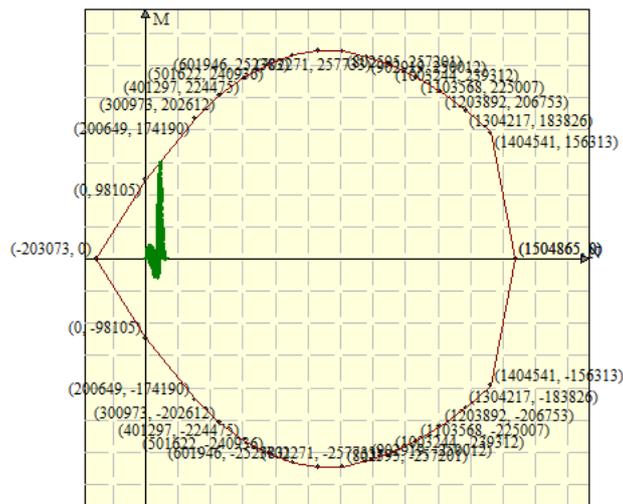


Figura 65 - Dominio M-N sezione palo-armatura in c.a.

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	137

Sollecitazioni massime del singolo palo

-	-	PROFONDITA' [m]	M _{palo} [KNm]	N _{palo} [KN]	PROFONDITA' [m]	T _{palo} [KN]
A1+M1	COMBINAZIONE SLU-STR N° 7 FASE 11	11,50	192,35	523,83	9,75	145,47
A2+M2	COMBINAZIONE SLU-GEO N°7 FASE 11	11,60	234,28	527,10	9,75	152,77
A1+M1+SISMA	COMBINAZIONE SLV-STR N° 8 FASE 12	11,60	168,43	526,05	9,75	144,71
A2+M2+SISMA	COMBINAZIONE SLV-GEO N°8 FASE 12	11,40	290,18	525,68	13,65	160,95

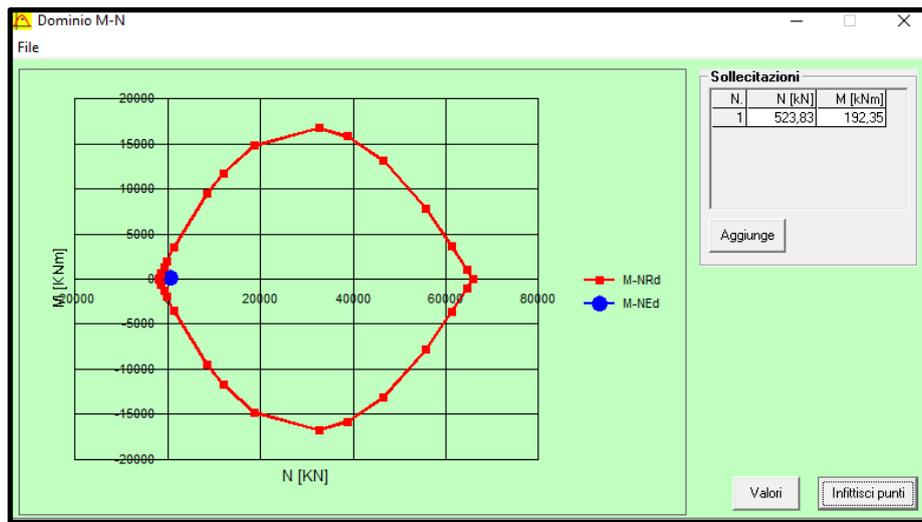


Figura 66 - COMBINAZIONE SLU-STR N°7 FASE 11

$M_{Ed} = 192,45 \text{ KNm}$

$N = 523,83 \text{ KN}$

$M_u = 2748 \text{ KNm}$

$FS = 14,28$

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	138

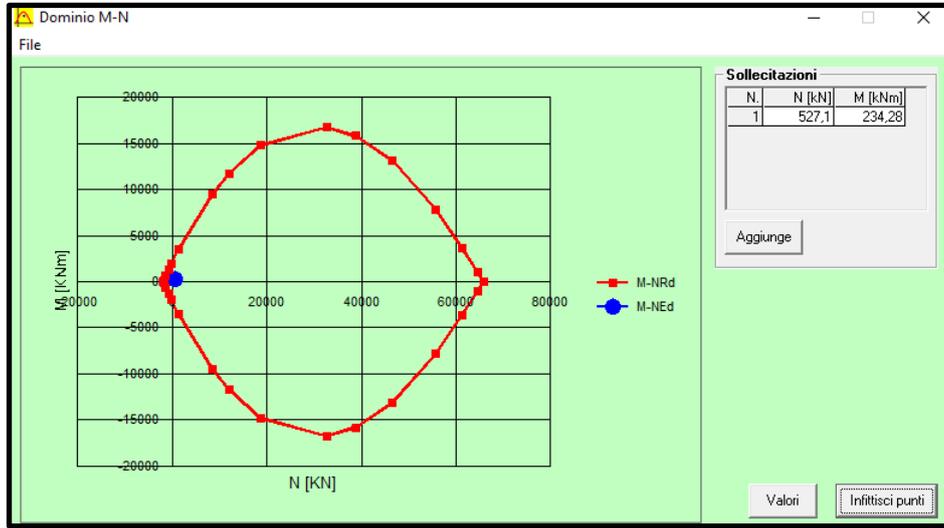


Figura 67 - COMBINAZIONE SLU-GEO N°7 FASE 11

$M_{Ed}=234,28$ KNm

$N= 527,1$ KN

$M_u= 2751$ KNm

$FS=11,74$

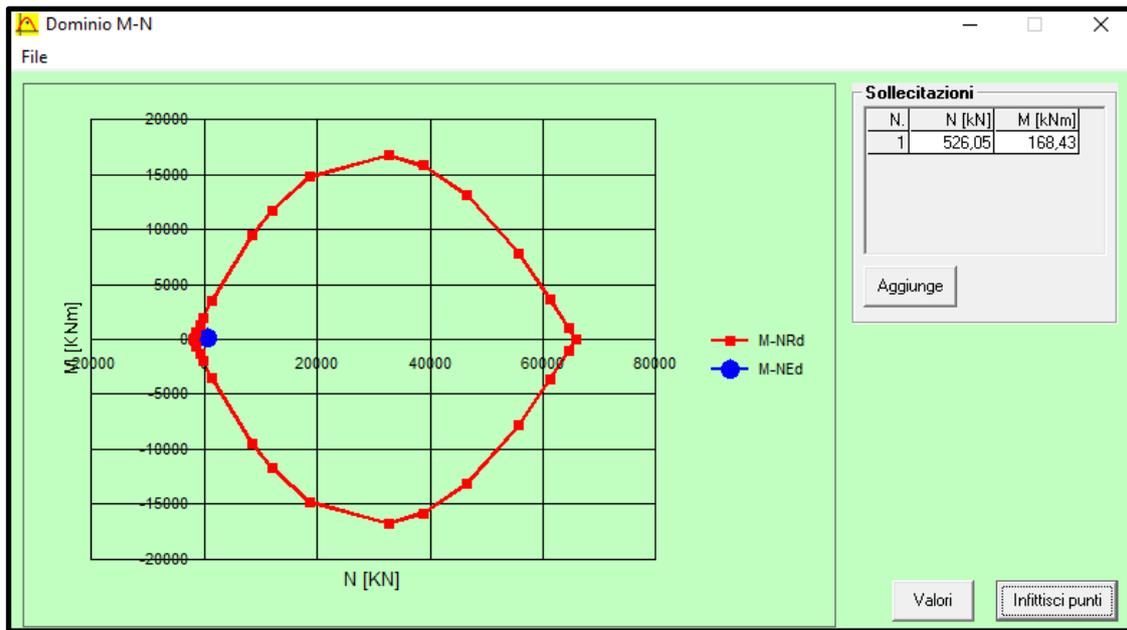


Figura 68 - COMBINAZIONE SLU-STR N°8 FASE 12

$M_{Ed}= 168,43$ KNm

$N= 526,05$ KN

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	139

$M_u = 2750 \text{ KNm}$

$FS = 16,32$

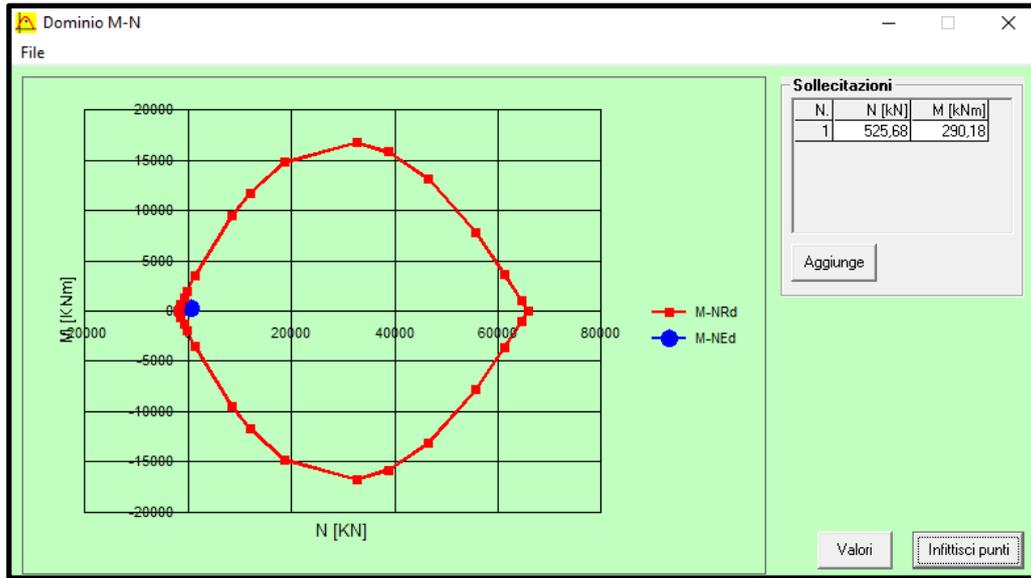


Figura 69 - COMBINAZIONE SLU-GEO N°8 FASE 12

$M_{Ed} = 290,18 \text{ KNm}$

$N = 525,68 \text{ KN}$

$M_u = 2750 \text{ KNm}$

$FS = 9,48$

Verifica a Taglio del singolo sezione circolare

Si prende in considerazione il valore massimo dell' involuppo della sollecitazione tagliante

$T_{max} = 160,95 \text{ KN}$

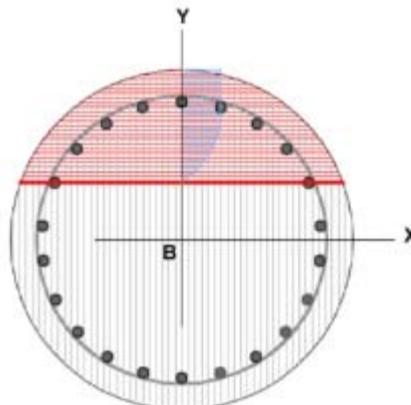


Figura 70 - Modello palo per verifica sezione circolare a taglio

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	140

Diametro palo [cm]	120			
Diametro staffe [cm]	108	diametro ferri lon. [mm]	18	
Copriferro staffe [cm]	5,00	f_{ck} [N/mm ²]	25,00	
f_{yk} [N/mm ²]	450,00	f_{cd} [N/mm ²]	14,17	
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	20,00	
Area staffe [mm ²]	157	numero braccia elicoidali	2	
Verifica a Taglio				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	$\cotg\theta$	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
4,9021	2,5000	1,00	543,51	1876,44
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]				543,51
Taglio di Progetto V_d [kN]				160,95
FS				3,38

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine della sezione

Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]

Af area di armatura espressa in [cmq]

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]

σ_f tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

Af	σ_c	cmb	σ_f	cmb
[cmq]	[kPa]		[kPa]	
50,89	1533	4	47247	2

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

Oggetto Muro/Paratia

Y Ordinata sezione, espresso in [m]

M Momento agente, espresso in [kgm]

Mf Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]

S Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]

ϵ_{sm} Deformazione nelle fessure, espressa in [%]

Wlim Apertura limite fessure, espressa in [mm]

Wk Ampiezza fessure, espressa in [mm]

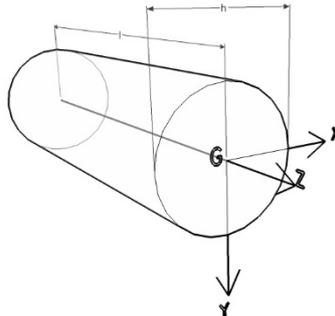
Oggetto	n° - Tipo	Y	M	Mf	S	ϵ_{sm}	Wlim	Wk
		[m]	[kNm]	[kNm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	4 - ESE	6,75	142,09	604,97	0,000	0,0000	0,200	0,001

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	141

Verifica sezione cordoli in c.a. sezione 2

La sezione trasversale del cordolo è verificata a pressoflessione deviata ($M_{x,Ed}$, $M_{y,Ed}$), a taglio nel piano verticale ($V_{v,Ed}$) e a taglio nel piano orizzontale ($V_{h,Ed}$), in riferimento alle sollecitazioni derivanti da due distinti schemi di carico.



Sistema di riferimento del solido trave

Nel primo schema di carico, nel piano verticale, si analizza il cordolo schematizzato come trave continua su più appoggi, costituiti dai pali, e caricato dal solo peso proprio. Dallo schema in questione si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano verticale ($M_{x,Ed}$) e la massima sollecitazione tagliante nel piano verticale ($V_{v,Ed}$).

Nel secondo schema di carico, nel piano orizzontale, si assume analogamente il cordolo come trave continua su più appoggi costituiti dai pali, ma caricato, questa volta, da un carico distribuito (Q_h) rappresentato dalla sollecitazione tagliante di involucro, all'intradosso del cordolo, derivante dall'analisi geotecnica della paratia. Da questo secondo schema di carico, si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano orizzontale ($M_{y,Ed}$) e la massima sollecitazione tagliante nel piano orizzontale ($V_{h,Ed}$).

$$Q_v = 25 \times 1,50 \times 1,50 = 52,5 \times 1,5 = \text{KN/m}$$

$$Q_h = 1,24 \text{ KN}$$

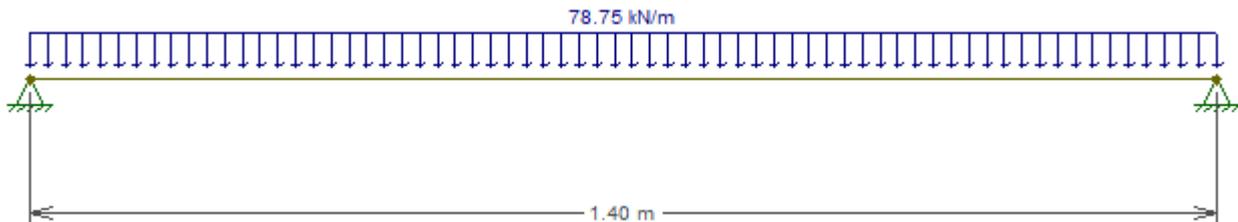


Figura 71 – Schema statico cordolo nel piano verticale

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	142



Figura 72 – Sollecitazione momento flettente piano verticale cordolo

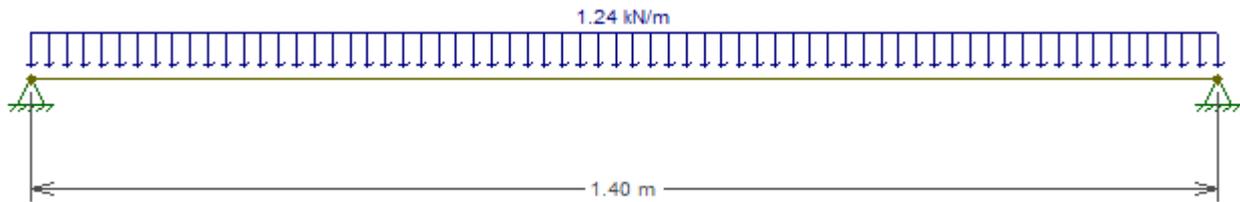


Figura 73 – Schema statico cordolo nel piano orizzontale

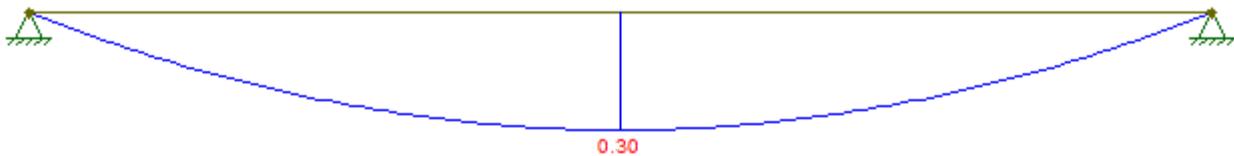


Figura 74 – Sollecitazione momento flettente piano orizzontale cordolo

Essendo il cordolo della sezione 2, già sollecitato lungo il piano verticale e successivamente anche quello orizzontale la verifica viene svolta a flessione deviata.

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	143

Verifica a flessione deviata

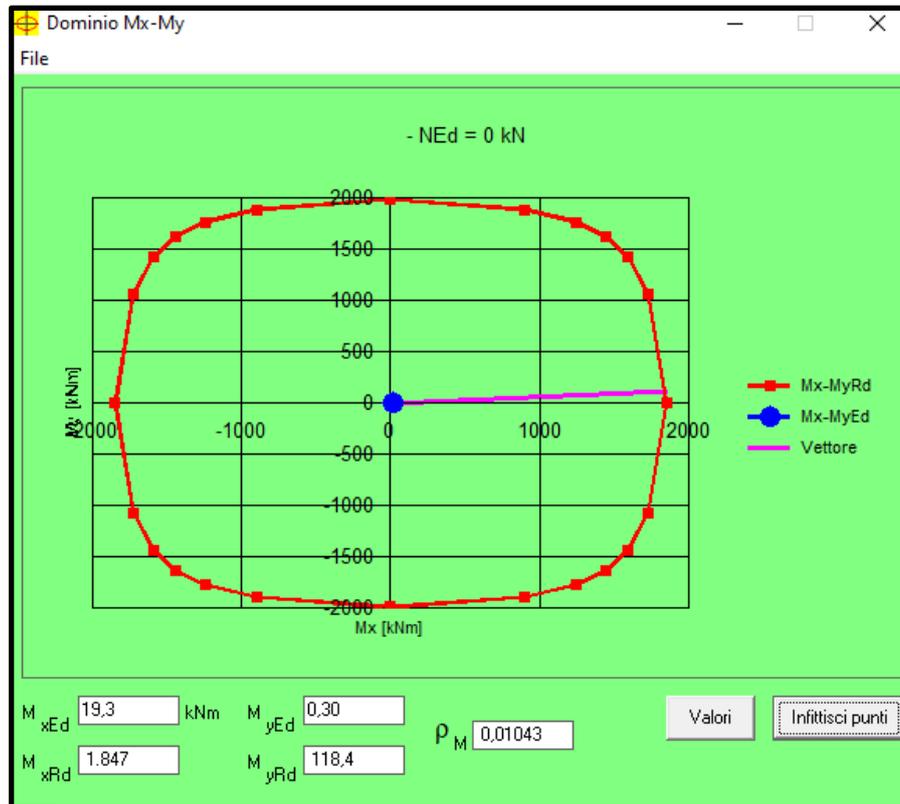


Figura 75 - Dominio flessione deviata Mx-My

FS_x=95,70

FS_y=394

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	144

12.2.3.1.3 VERIFICHE DELLA TRAVE DIRIPARTIZIONE

Il calcolo del cordolo con tiranti fa riferimento ad un metodo suggerito da Joseph E. BOWLES (Fondazioni, progetto e analisi – cap. 13 paratie a mensole e ancorate) il quale considera, per il progetto del cordolo, uno schema di trave su appoggi con carico uniformemente distribuito:

Si considera una trave continua con appoggi nel piano orizzontale con interasse dei Tiranti e appoggi nel piano verticale con interasse dei pali della paratia.

$Q_o = N_o \times n^\circ \text{Tiranti} / \text{Lunghezza paratia}$, dove gli appoggi sono le posizione dei tiranti

Mentre il carico uniformemente distribuito nel piano verticale viene calcolato con la seguente formula

$Q_v = N_v \times n^\circ \text{Tiranti} / \text{Lunghezza paratia}$, dove gli appoggi sono i pali

Di seguito si riporta il calcolo dei carichi equivalenti distribuiti sui cordoli in acciaio per poi essere stati modellati in un modello tridimensionale.

N= Forza Tiranti espressa in Kg

PRIMA FILA						
FORZA TIRANTE	INCLINAZIONE	numero cordoli acciaio	Lunghezza paratia		numero tiranti	numero pali
36264 Kg	20°	2	2,60	m	1	2
N TOTALE		N SINGOLO CORDOLO				
VERTICALE	12396,99 Kg	6198,494 Kg	Qv= 2384,036		Kg/m	
ORIZZONTALE	34079,21 Kg	17039,6 Kg	Qo= 6553,694		Kg/m	

SECONDA FILA						
FORZA TIRANTE	INCLINAZIONE	numero cordoli acciaio	Lunghezza paratia		numero tiranti	numero pali
41990 Kg	20°	2	2,60	m	1	2
N TOTALE		N SINGOLO CORDOLO				
VERTICALE	14354,44 Kg	7177,22 Kg	Qv= 2760,47		Kg/m	
ORIZZONTALE	39460,23 Kg	19730,12 Kg	Qo=7588,507		Kg/m	

TERZA FILA						
FORZA TIRANTE	INCLINAZIONE	numero cordoli acciaio	Lunghezza paratia		numero tiranti	numero pali
46717 Kg	20°	2	2,60	m	2	2
N TOTALE		N SINGOLO CORDOLO				
VERTICALE	15970,39 Kg	7985,193 Kg	Qv= 3071,228		Kg/m	
ORIZZONTALE	43902,45 Kg	21951,22 Kg	Qo=8442,778		Kg/m	

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	145

Acciaio per profilati cordoli in acciaio tipo IPN 220 1° fila e IPN 240 2°- 3° fila

Tipo	S 275 JR
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} = 275 \text{ MPa}$
Tensione di rottura caratteristica	$f_{tk} = 430 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd} = f_{yk}/1.05 = 261.9 \text{ MPa}$

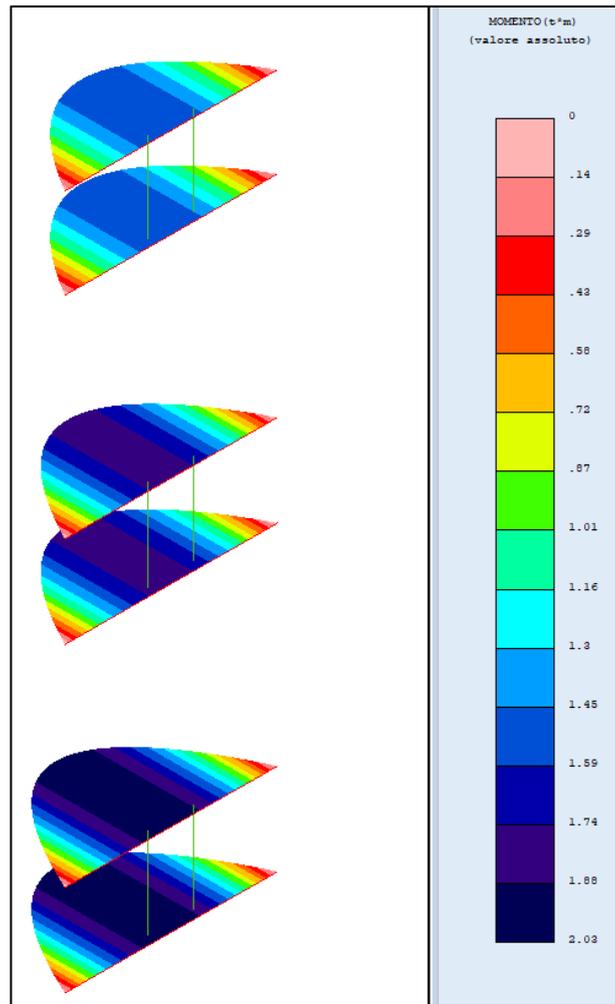


Figura 76 – Momento flettente sul piano orizzontale

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	146

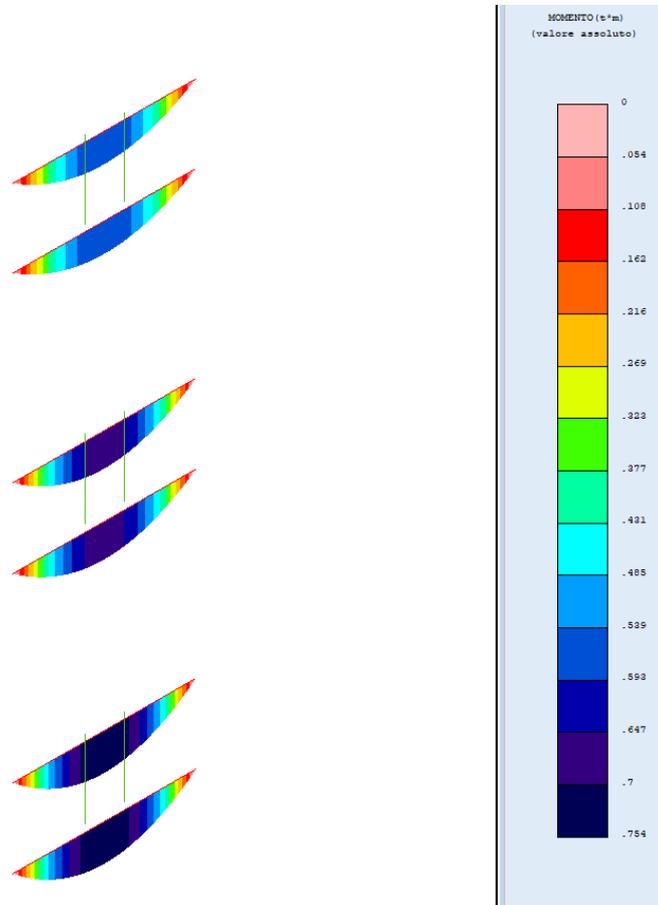


Figura 77 – Momento flettente sul piano verticale

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	147

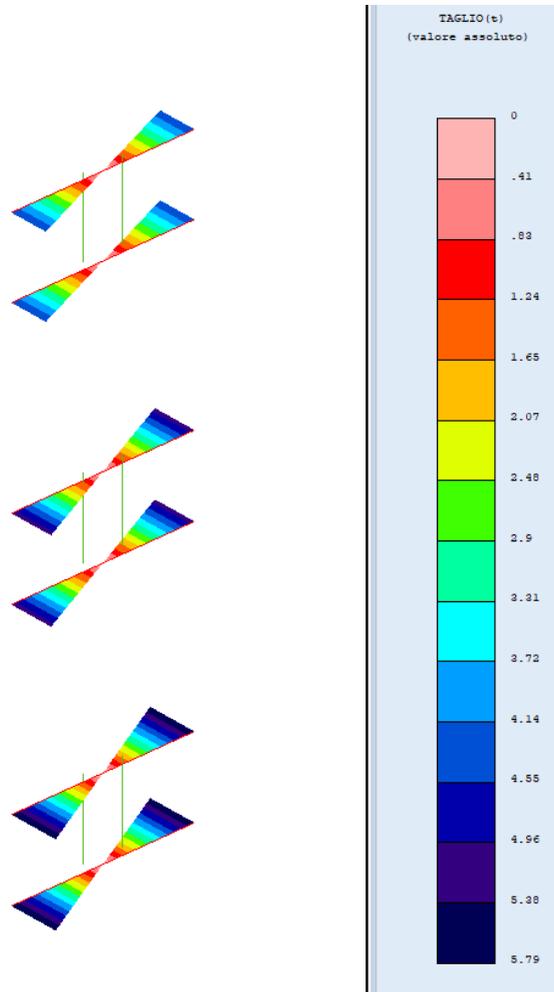


Figura 78 – Sollecitazione Taglio sul piano orizzontale

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	148

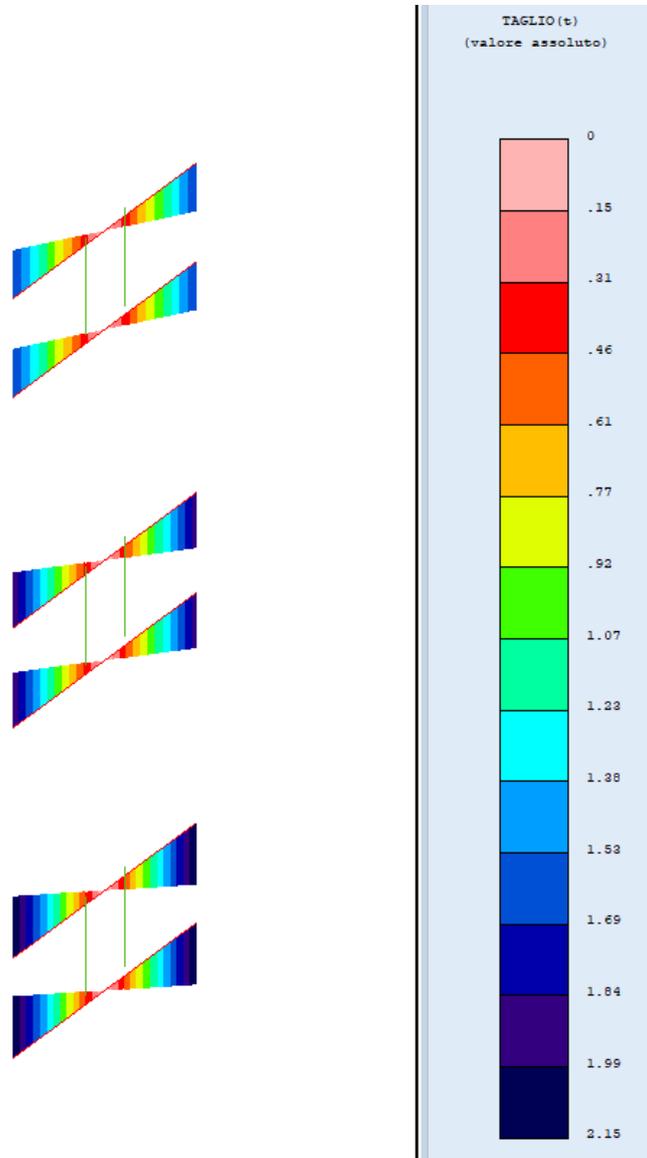


Figura 79 – Sollecitazione Taglio sul piano verticale

Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	149

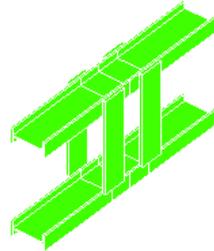


Figura 80 – Verifica generale

STAMPA PROGETTO S.L.U. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.

VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D

DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Tra tto	Cmb N.r	N Sd (daN)	MxSd (daN*m)	MySd (daN*m)	VxSd (daN)	VySd (daN)	T Sd (daN*m)	N Rd daN	MxV.Rd (daN*cm)	MyV.Rd (daN*cm)	VxplRd (dN/cm)	VyplRd (daN)	T Rd (dNcm)	fy rid (daN/cm)	Rep	
Sez.N. 1084	42	5,60	1	0	-1503	862	370	965	0	105595	8678	1627	37010	29292	318	2619	52		
IPN 220	qn=	6432	1	0	-995	371	1022	2784	0	105595	8678	1627	37010	29292	318	2619	34		
Asta: 28	2	5,60	1	0	0	0	1674	4502	0	105595	8678	1627	37010	29292	318	2619	0		
Instab.:1=	55,0	B*1=	38,5	0	0	0	0	cl=1	e=0,92	lmd=	0	Rpf=	0	Rft=	0	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	0,0

Figura 81 – Verifica asta più sollecitata 1° fila

STAMPA PROGETTO S.L.U. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.

VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D

DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Tra tto	Cmb N.r	N Sd (daN)	MxSd (daN*m)	MySd (daN*m)	VxSd (daN)	VySd (daN)	T Sd (daN*m)	N Rd daN	MxV.Rd (daN*cm)	MyV.Rd (daN*cm)	VxplRd (dN/cm)	VyplRd (daN)	T Rd (dNcm)	fy rid (daN/cm)	Rep	
Sez.N. 1080	42	3,61	1	0	-1731	646	424	1111	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	47		
IPN 240	qn=	7405	1	0	-1145	426	1175	3147	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	31		
Asta: 18	2	3,61	1	0	0	0	1926	5183	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	0		
Instab.:1=	55,0	B*1=	38,5	0	0	0	0	cl=1	e=0,92	lmd=	0	Rpf=	0	Rft=	0	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	0,0

Figura 82 – Verifica asta più sollecitata 2° fila

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	150

STAMPA PROGETTO S.L.U. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.																			
VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D																			
DAI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Tra tto	Cmb N.z	N Sd (daN)	MxSd (daN*m)	MySd (daN*m)	VxSd (daN)	VySd (daN)	T Sd (daN*m)	N Rd daN	MxV.Rd daN*cm	MyV.Rd daN*cm	Vxp1Rd daN/cm	Vyp1Rd daN	T Rd daN	fy rid daN/cm	Rap	
Sez.N. 1080	42	1,61	1	0	-1934	720	471	1241	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	53		
IPN 240	qn=	8275	1	0	-1280	475	1309	3517	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	35		
Asta: 8	2	1,61	1	0	0	0	2147	5792	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	0		
Instab.:1=	55,0	A*1=	38,5	0	0	0	cl=1	ε=0,92	lmd=	0	Rpf=	0	Rft=	0	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	0,0	mm

Figura 83 – Verifica asta più sollecitata 3° fila

Si precisa che lo schema statico e il grado di vincolo oltre alle verifica di resistenza sono opportunamente descritti sui tabulati di calcolo in allegato.

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	151

12.3 MODELLO SEZ 3 pk 5+255,85

Il modello SEZ 3 pk 5+255,85 rappresenta la sezione laterale del tratto della galleria artificiale che dovrà essere realizzata. La paratia ha pali di lunghezza 15 m con cordolo in c.a. di altezza 1,40 m.

Di seguito si riporta la tabella dei tiranti.

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	i (m)	α°	Lp (m)	La (m)	Ltot (m)	Dp (m)	Atref (mm ²)	$f_p(1)k$ snervamento / limite elastico	ntref	N ₀ (KN)
1	2.15	2.8	20	10	9	19	0.16	139	1670	5	450

Lp = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)

i =interasse tiranti

D_p=diametro perforazione

A_{tref} = area singolo trefolo

La= Lunghezza attiva (bulbo iniettato)

α° = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale

n_{tref} = n° trefoli per tirante

N₀ = Pretensione tirante alla messa in opera

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	152

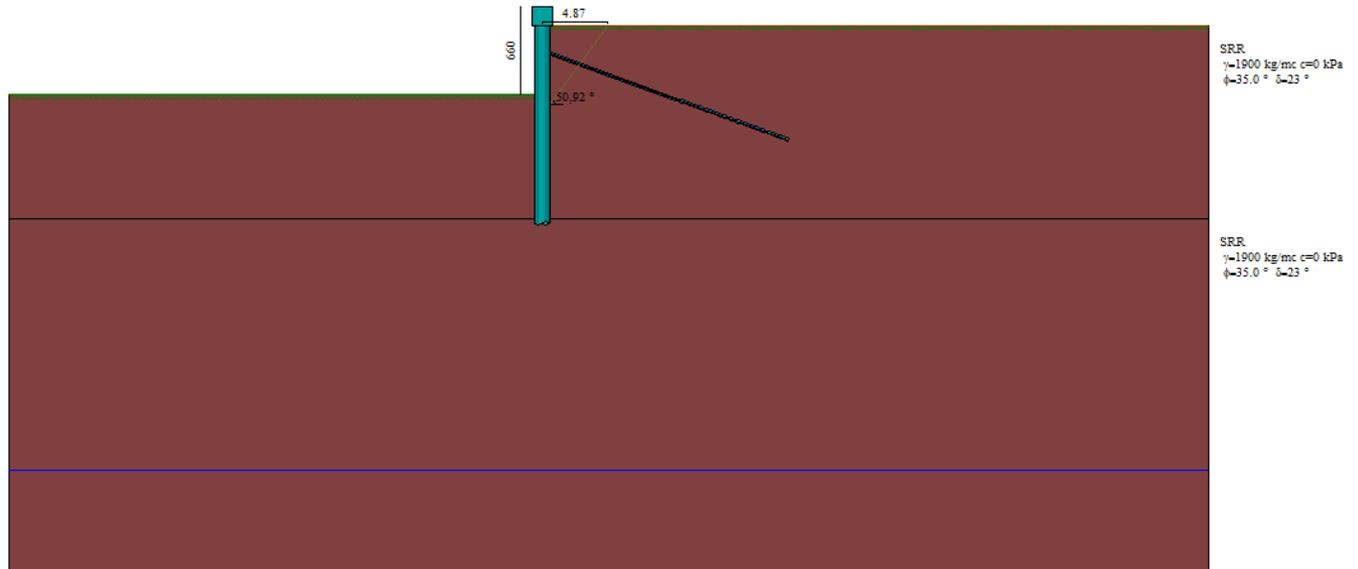


Figura 84 – Modello di calcolo

Descrizione del terreno

γ peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

γ_{sat} peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]

Φ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]

δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]

c coesione del terreno espressa in [kPa]

c_a adesione terreno/paratia espressa in [kPa]

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Cesp coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato

τ_1 tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kPa]

I parametri medi e minimi vengono usati per il calcolo di portanza di progetto dei pali e per la resistenza di progetto a sfilamento dei tiranti

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Cesp coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato

τ_1 tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kPa]

I parametri medi e minimi vengono usati per il calcolo di portanza di progetto dei pali e per la resistenza di progetto a sfilamento dei tiranti

N°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	c_a [kPa]	Cesp	τ_1 [kPa]	
1	SRR	1900,0	1900,0	35.00	23.00	0,0	0,0	1.50	250,0	CAR
				35.00	23.00	0,0	0,0		250,0	MIN
				35.00	23.00	0,0	0,0		250,0	MED

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	153

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm²/cm] calcolata col metodo a strato

α inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)

Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	α_M [°]	α_V [°]	Kw _M [kg/cmq/cm]	Kw _V [kg/cmq/cm]	Terreno M	Terreno V
1	16,05	0.00	0.00	3.48	3.48	SRR	SRR
2	50,00	0.00	0.00	17.78	17.78	SRR	SRR

Livello falda dal piano campagna 35 m

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo a_g (m/s ²)	1,150	0,455
Accelerazione al suolo a_g (% di g)	0,117	0,046
Fattore amplificatore F_0	2,578	2,430
T_c^*	0,362	0,302
Ss (Terreno tipo C)	1,50	1,50
Coefficiente riduzione β_s	0,380	0,470
Coeff. Amplifi. Topografica S (T2)		1,20
Coefficiente riduzione α		0,816
Us(m)		0,082
Coefficiente riduzione β		0,413
Coefficiente intensità sismica orizzontale K_h [%]	7,107	2,810
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale K_h [%]	7,107	2,810
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	3,585	1,405

Tabella Parametri per analisi sismica

In Tabella 35 sono riportati i parametri per l'analisi sismica; in essa:

α = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 delle NTC2008);

β = coefficiente di spostamento (figura 7.11.3 delle NTC2008);

$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}/g$ = coefficiente sismico orizzontale

12.3.2 FASI DI CALCOLO

Fasi di scavo

Simbologia adottata

n° identificativo della fase nell'elenco definito

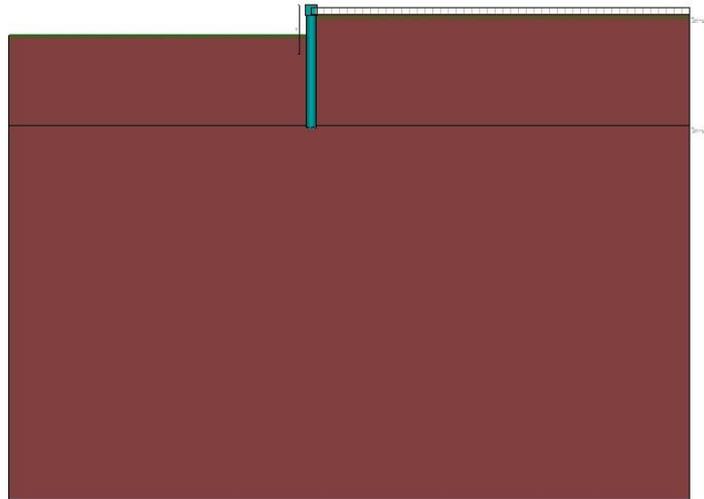
Fase Descrizione dell'i-esima fase

Tempo in cui avviene la fase di scavo

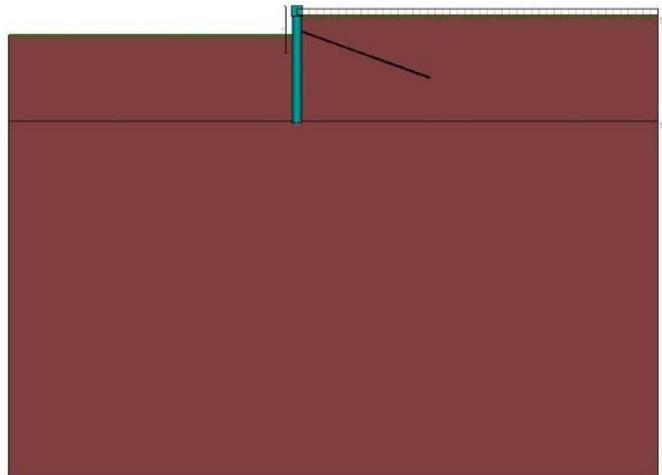
**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	154

n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 4.05 metri	0
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=4.05]	0
3	Inserimento tirante 1 (X=3.55) [Hscavo=4.05]	1
4	Tesatura tirante 1 N=45000 [Hscavo=4.05]	1
5	Scavo fino alla profondità di 6.60 metri	2
6	Inserimento sisma	3



Tempo 0 (Fase n°1-2)



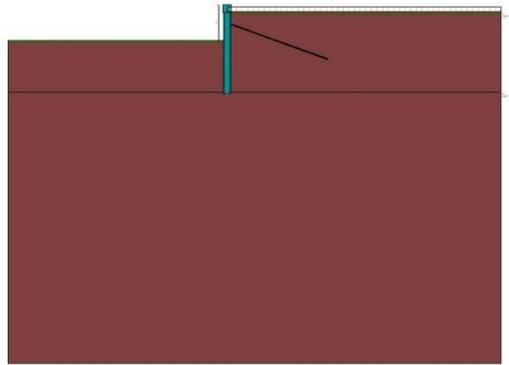
Tempo 1 (Fase n°2-3)

LINEA PESCARA – BARI

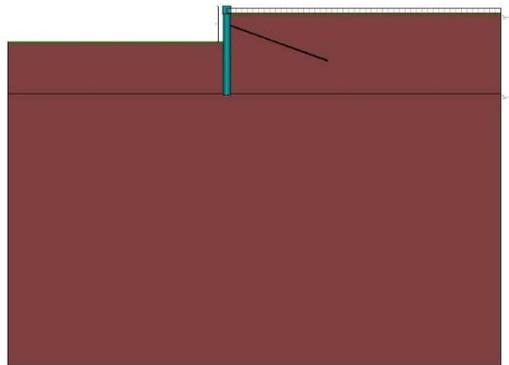
**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	155



Tempo 2 (Fase n° 4)



Tempo 3 (Fase n° 6)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	156

12.3.3 RISULTATI DELLE ANALISI

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi del momento flettente – taglio – sforzo normale del singolo palo della paratia nelle combinazioni A1+M1 senza e con sisma, combinazioni A2+M2 senza e con sisma e Inviluppo.

Momento Flettente [Kg m]

Taglio [Kg]

Sforzo Normale [Kg]

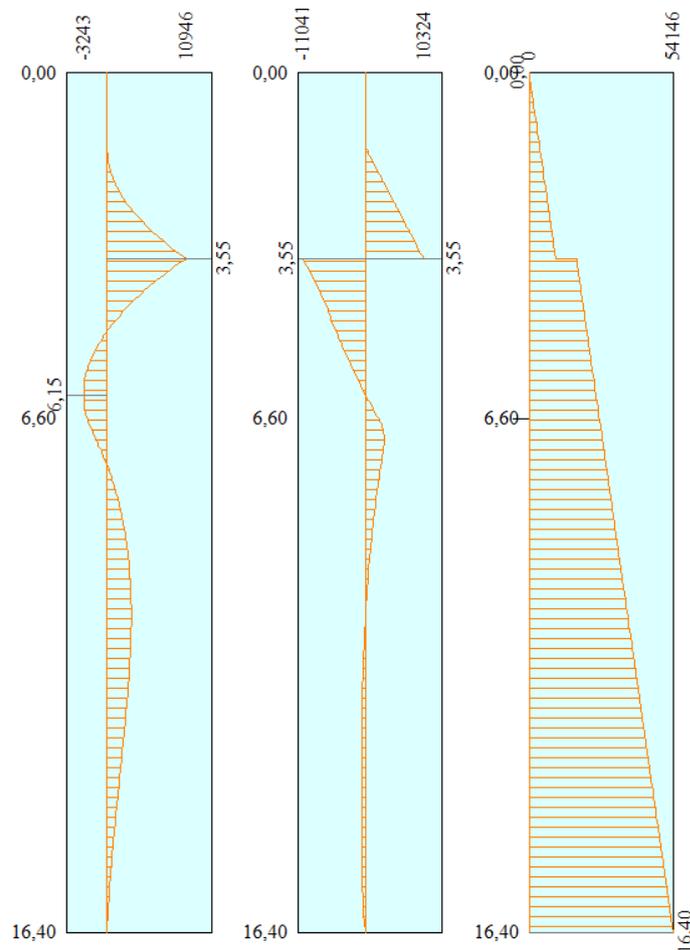


Figura 85 – Diagramma in combinazione SLU-STR N°3 Fase 7 (A1+M1)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	157

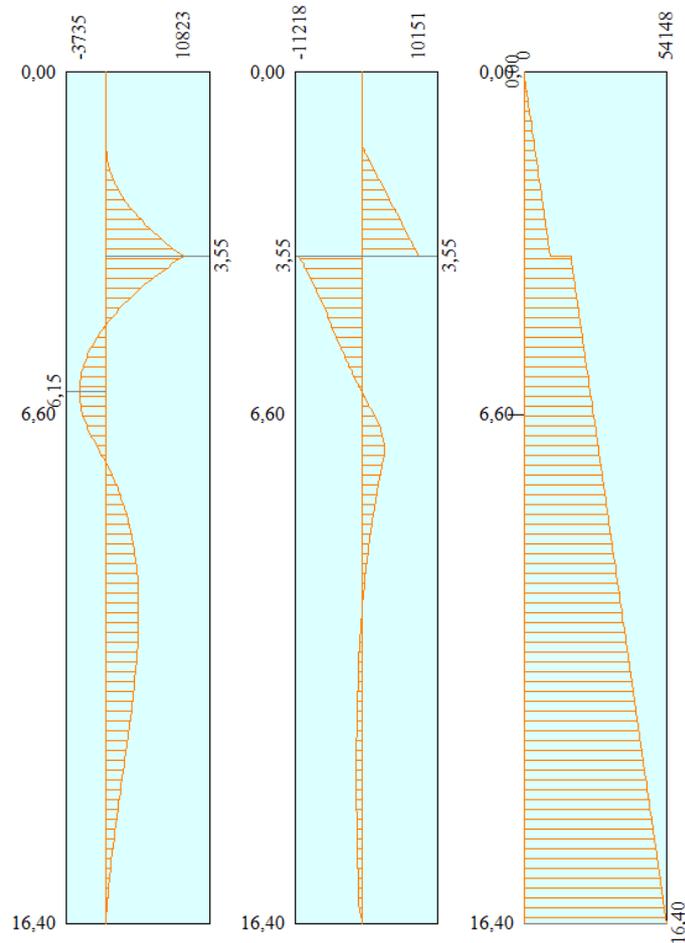


Figura 86 – Diagramma in combinazione SLU-GEO N°4 Fase 11 (A2+M2)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	158

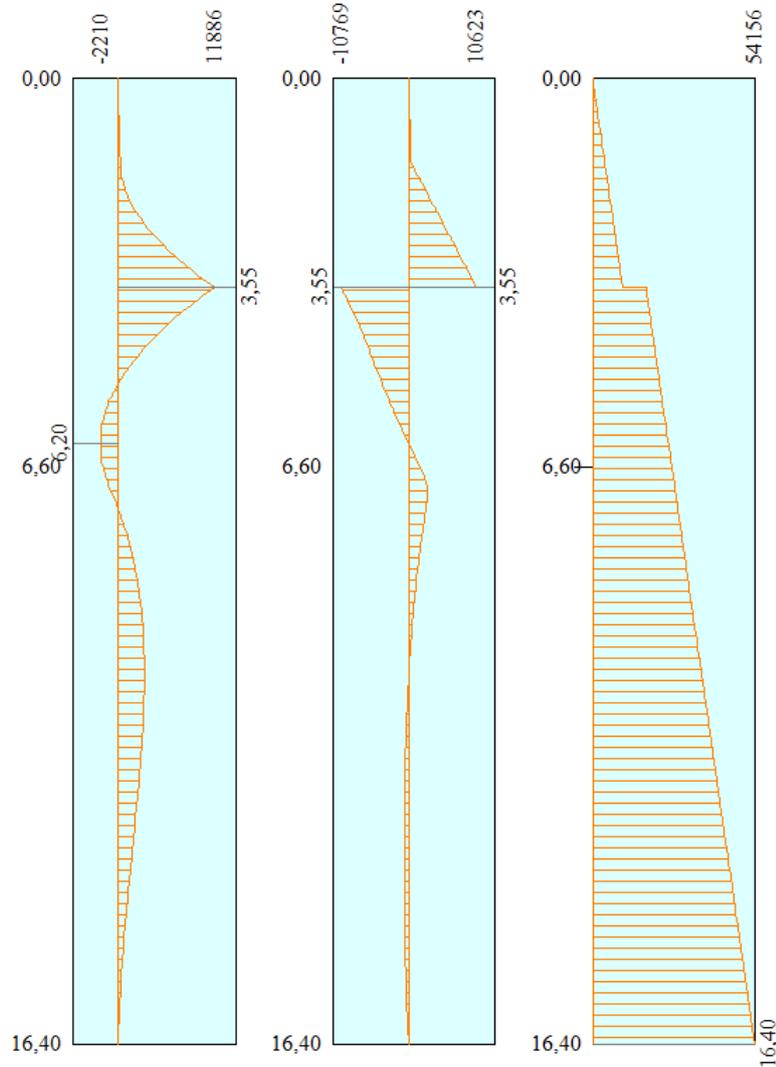


Figura 87 – Diagramma in combinazione SLV-STR N°3 Fase 8 (A1+M1+SISMA)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	159

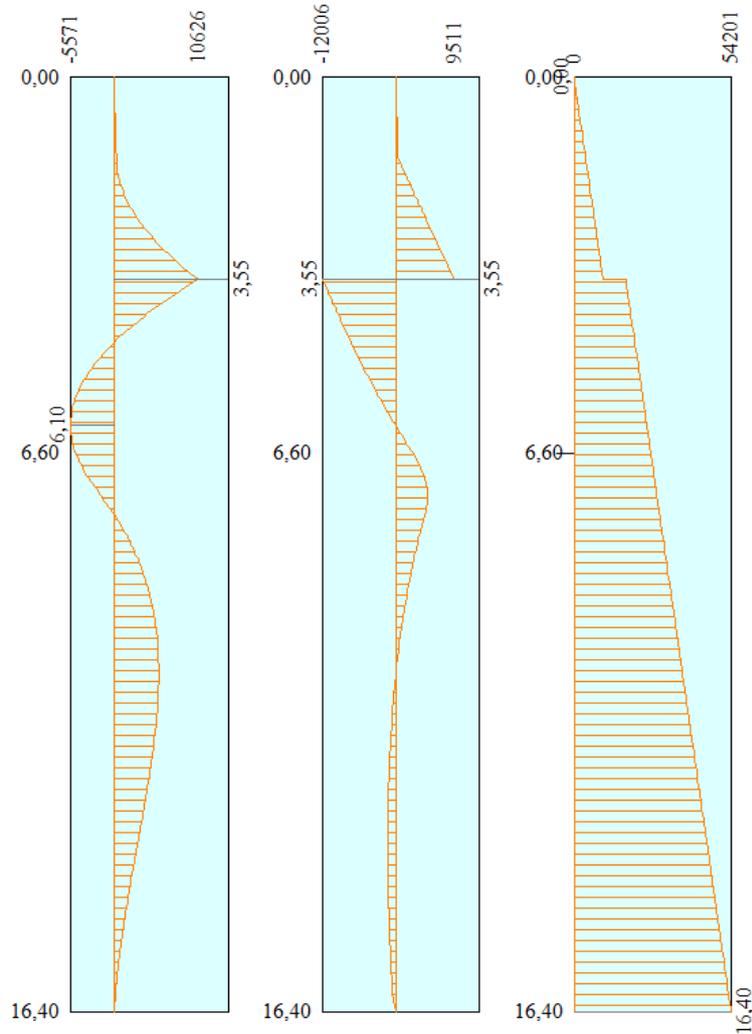


Figura 88 – Diagramma in combinazione SLV-GEO N° 4 Fase 12 (A2+M2+SISMA)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	160

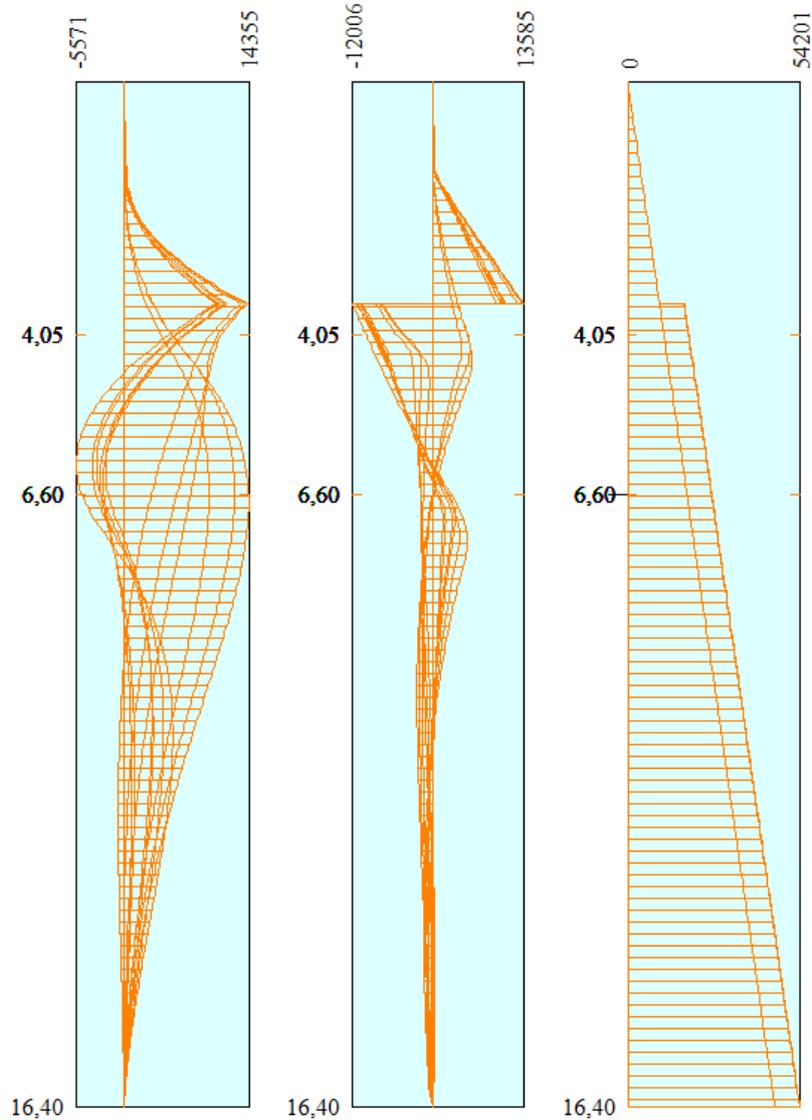


Figura 89 – Diagramma Involuppo sollecitazioni

Incrementi dei valori dovuto al sisma

Incremento dovuto al sisma Combinazione 4 Fase 4 ESE $\Delta S = 7,17$ KN

Incremento dovuto al sisma Combinazione 8 Fase 8 - A1+M1+SISMA $\Delta S = 20,12$ KN

Incremento dovuto al sisma Combinazione 12 Fase 12 - A2+M2+SISMA $\Delta S = 25,21$ KN

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	161

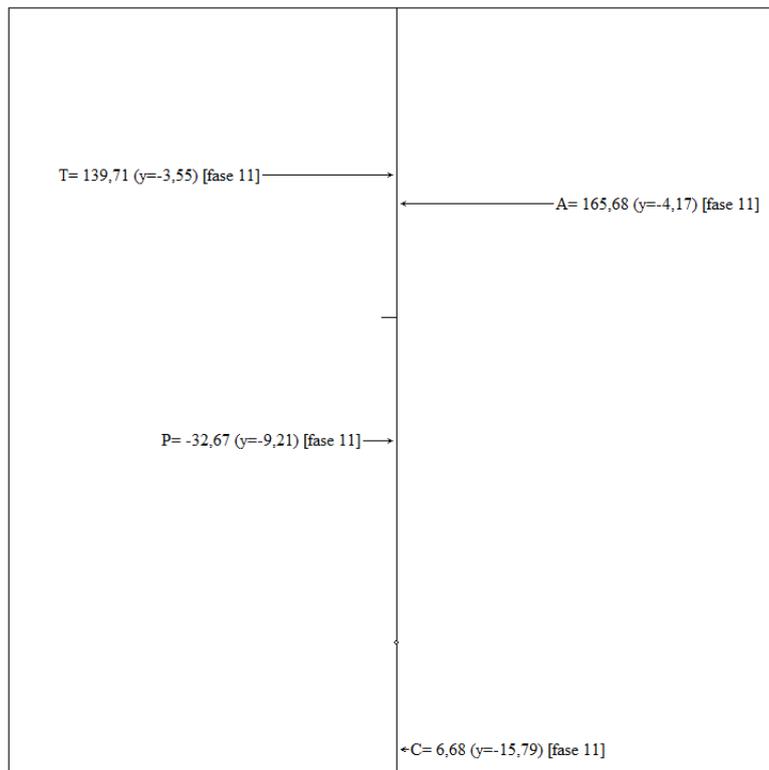
Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione

Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Is [kN]	TEMPO	FASE
1	ESE	--	0	1-2
2	ESE	--	1	3-4
3	ESE	--	2	5
4	ESE	7,17	3	6
1	SLU - STR	--	0	1-2
2	SLU - STR	--	1	3-4
3	SLU - STR	--	2	5
4	SLV - STR	20,12	3	6
1	SLU - GEO	--	0	1-2
2	SLU - GEO	--	1	3-4
3	SLU - GEO	--	2	5
4	SLV - GEO	25,21	3	6

Forze agenti sulla paratia



A - Spinta Attiva
C - Controspinta
P - Resistenza passiva
T - Risultante tiro tiranti

Risultanti della spinta attiva e passiva in di sisma (Combinazione 3 SLU-GEO A2+M2)

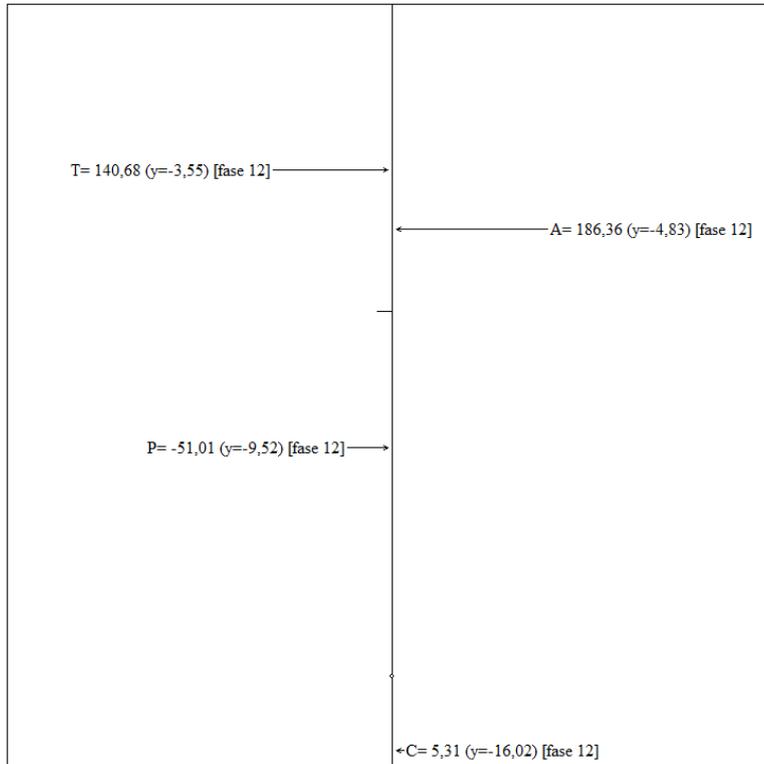
LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	162

Forze agenti sulla paratia

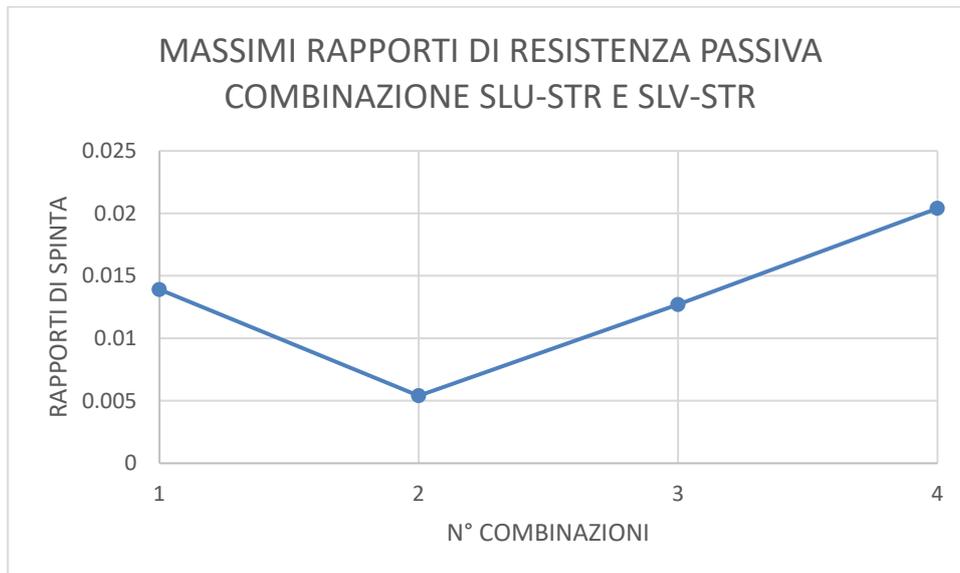
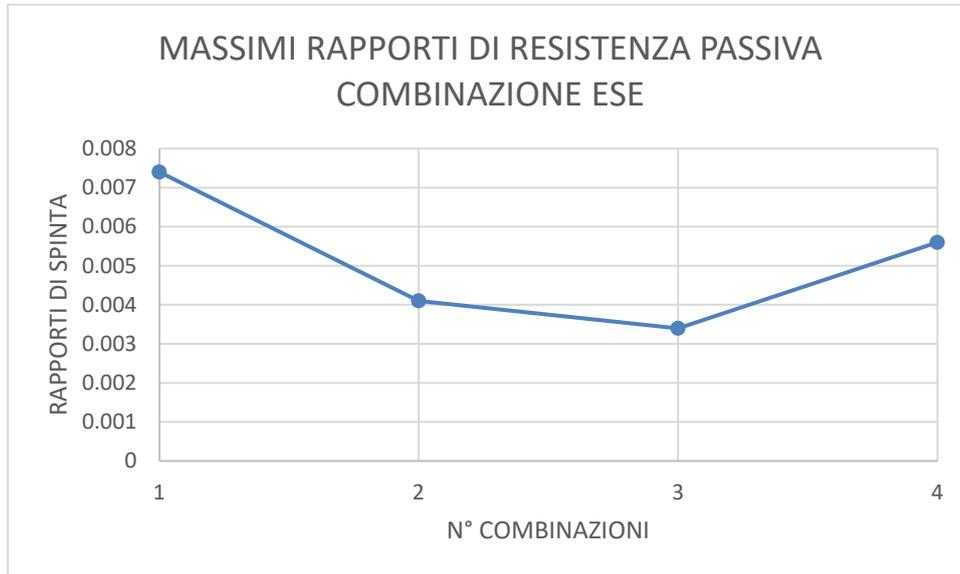


A - Spinta Attiva
C - Controspinta
P - Resistenza passiva
T - Risultante tiro tiranti

Risultanti della spinta attiva e passiva in presenza di sisma (Combinazione 4 SLV-GEO A2+M2+SISMA)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	163



**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	164

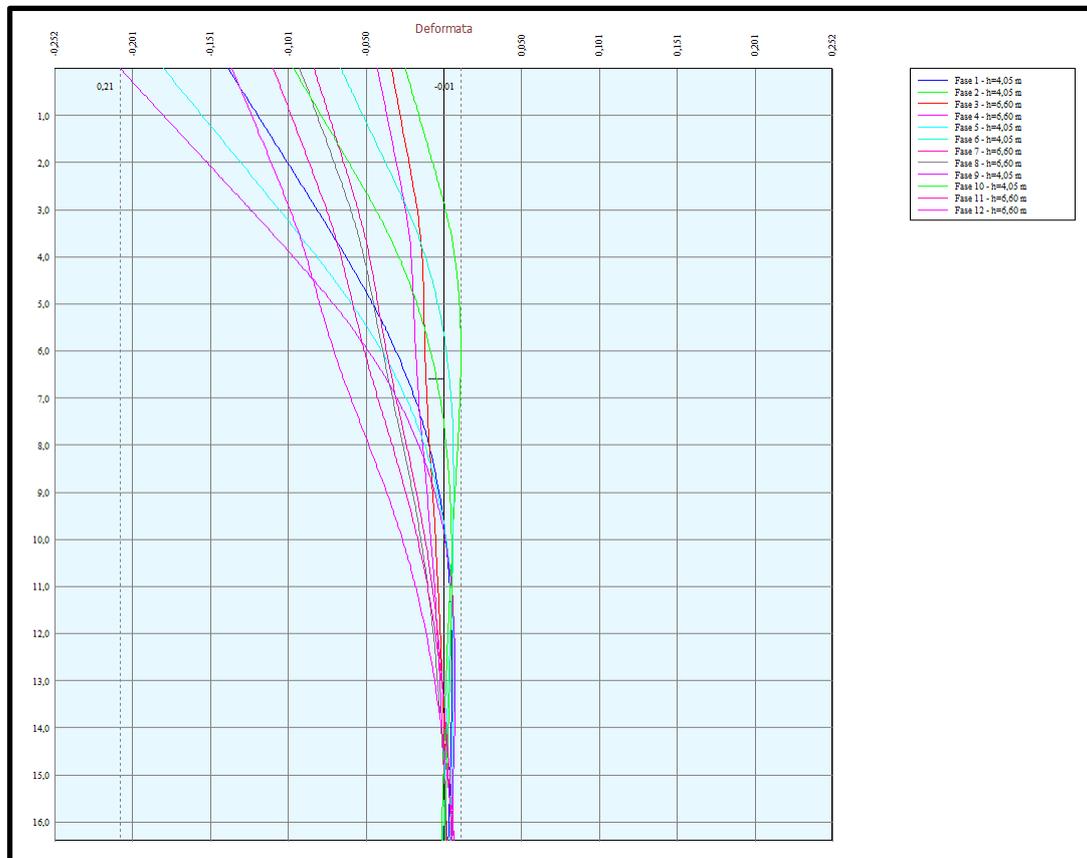
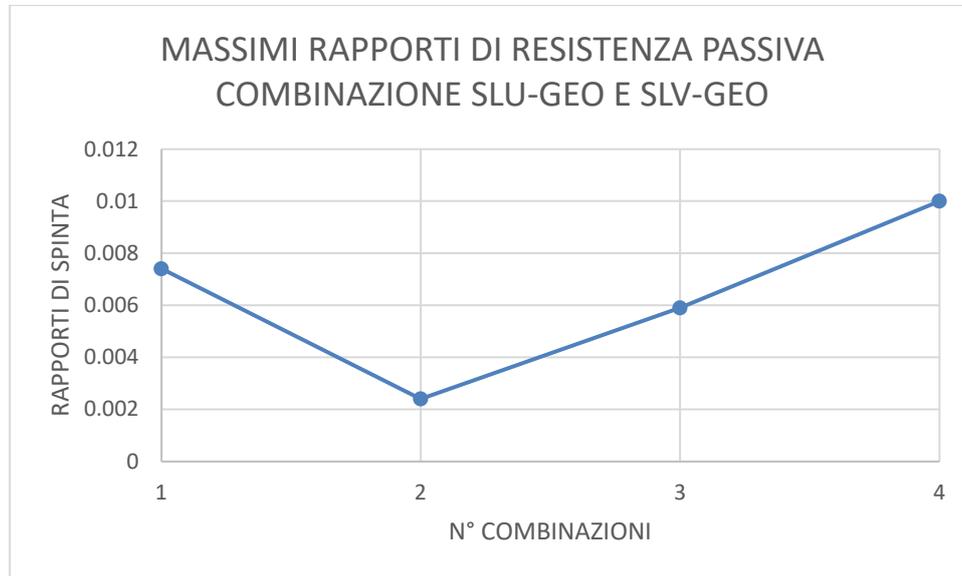


Figura 90 – Involuppo spostamenti

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	165

Risultati tiranti

Simbologia adottata

N sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kg]

Af area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]

L lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]

Lf lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]

σ_f tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [kPa]

u spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]

R1, R2, R3 resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kg]

FS Fattore di sicurezza (rapporto $\min(R1, R2, R3)/N$)

n°	N	Af	Lf	L	σ_f	u	R1	R2	R3	FS	cmb
	[kN]	[cmq]	[m]	[m]	[kPa]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]		
1	446,49	6,95	9,00	19,00	642434	0,05528	794,12	2449,27	8100,78	1.779	8

Verifica gerarchia delle resistenze

Simbologia adottata

Rg resistenza di progetto allo snervamento, espresso in [kg]

R1 resistenza allo sfilamento della fondazione, espressa in [kg]

FS Fattore di sicurezza (Rg/R1)

Fase n° 1 - SLU - STR non sono presenti tiranti

Fase n° 2 - SLU - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	1009,26	794,12	1.271

Fase n° 3 - SLU - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	1009,26	794,12	1.271

Fase n° 4 - SLV - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	1009,26	794,12	1.271

Verifica gerarchia delle resistenze dei valori caratteristici

I valori caratteristici si ricavano moltiplicando i valori di resistenza di progetto coi relativi coefficienti di sicurezza $\gamma_m=1,15$ e $\gamma_{Ra}=1,20$

Fase n° 1 - SLU - STR non sono presenti tiranti

Fase n° 2 - SLU - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	166

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	1160,649	952,944	1.271

Fase n° 3 - SLU - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	1160,649	952,944	1.271

Fase n° 4 - SLV - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	1160,649	898,944	1.29

Di seguito si riporta la verifica della lunghezza libera in condizioni sismiche, L_E , secondo le NTC2008 (§7.11.6.4).

$$L_E = L_s \cdot (1 + 1.5 \cdot a_{max}/g)$$

Le verifiche risultano soddisfatte. La lunghezza libera in condizioni statiche, L_s , è stata determinata in modo tale

che il bulbo di fondazione si collochi al di fuori del cuneo di spinta attiva; quest'ultimo ha inclinazione sulla verticale

di $45^\circ - \varphi'/2$ (dove $\varphi' = 35^\circ$).

L_s [m]	a_{max}/g	L_E [m]	$L_{progetto}$ [m]	$L_{progetto} > L_E$
4.80	0,117	5,64	10,00	VERIFICATO

	CENTRO DI ROTAZIONE	
	8.41 m dal fondo scavo	

Verifica a portanza palo

Simbologia adottata

n° Indice della Combinazione/Fase

Tipo Tipo della Combinazione/Fase

$P_{p,med}$, $P_{p,min}$ Portanza di punta media e minima, espressa in [kN]

$P_{L,med}$, $P_{L,min}$ Portanza laterale media e minima, espressa in [kN]

P_d Portanza di progetto, espressa in [kN]

N Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kN]

FS Fattore di sicurezza (rapporto P_d/N)

n°	Tipo	$P_{p,med}$ [kN]	$P_{L,med}$ [kN]	$P_{p,min}$ [kN]	$P_{L,min}$ [kN]	P_d [kN]	N [kN]	FS
1	SLU - STR	7421,60	0,00	7421,60	0,00	4365,65	454,74	9.600
2	SLU - STR	7421,60	0,00	7421,60	0,00	4365,65	530,21	8.234
3	SLU - STR	5889,21	0,00	5889,21	0,00	3464,24	531,00	6.524
4	SLV - STR	5889,21	0,00	5889,21	0,00	3464,24	531,10	6.523
1	SLU - GEO	7421,60	0,00	7421,60	0,00	2568,03	454,74	5.647
2	SLU - GEO	7421,60	0,00	7421,60	0,00	2568,03	530,21	4.843
3	SLU - GEO	5889,21	0,00	5889,21	0,00	2037,79	531,01	3.838
4	SLV - GEO	5889,21	0,00	5889,21	0,00	2566,10	531,54	4.828

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	167

Verifica Stabilità globale (METODO DI BISHOP)

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 (X_c; Y_c) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
 R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
 (X_v; Y_v) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
 (X_m; Y_m) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
 FS Coefficiente di sicurezza
 R Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X _c , Y _c [m]	R [m]	X _v , Y _v [m]	X _m , Y _m [m]	FS	R
1	SLU - GEO	-1,64; 6,56	23,02	-22,08; -4,03	19,97; -1,40	7.733	1.100
2	SLU - GEO	0,00; 8,20	24,60	-21,34; -4,04	22,66; -1,40	7.850	1.100
3	SLU - GEO	-1,64; 3,28	19,75	-18,75; -6,58	17,55; -1,40	4.203	1.100
4	SLV - GEO	-1,64; 13,12	29,57	-23,68; -6,59	24,13; -1,40	3.164	1.200

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

- Le ascisse X sono considerate positive verso monte
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
 Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
 Le strisce sono numerate da monte verso valle
 N° numero d'ordine della striscia
 W peso della striscia espresso in [kg]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
 C_{tn}, C_{tt} contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Fase n° 5 - SLV - GEO

Numero di strisce 51
 Sisma verticale verso il basso.

Caratteristiche delle strisce

N°	W _i [kg]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(C _{tn} ; C _{tt}) [kg]
1	916,18	-46.86	1,39	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
2	2717,41	-44.23	1,32	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
3	4363,86	-41.72	1,27	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
4	5873,58	-39.31	1,22	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
5	7260,68	-36.97	1,19	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
6	8536,49	-34.71	1,15	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
7	9710,19	-32.50	1,12	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
8	10789,36	-30.35	1,10	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
9	11780,34	-28.24	1,08	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
10	12688,44	-26.18	1,06	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
11	13518,15	-24.15	1,04	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
12	14273,31	-22.15	1,02	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
13	14957,18	-20.19	1,01	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
14	15572,58	-18.24	1,00	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
15	16121,89	-16.32	0,99	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
16	16607,15	-14.41	0,98	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
17	17030,11	-12.53	0,97	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
18	17392,22	-10.65	0,96	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
19	17694,70	-8.79	0,96	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
20	17938,54	-6.94	0,95	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
21	18124,52	-5.09	0,95	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
22	18253,24	-3.25	0,95	29.26	0,0	0,0	(0; 0)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	168

N°	Wi [kg]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kg]
23	18325,08	-1.41	0,95	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
24	18340,28	0.42	0,95	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
25	18298,89	2.26	0,95	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
26	29246,40	4.08	0,93	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
27	29098,63	5.89	0,93	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
28	28896,81	7.70	0,94	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
29	28640,32	9.52	0,94	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
30	28328,37	11.35	0,95	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
31	27959,97	13.19	0,95	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
32	27533,91	15.04	0,96	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
33	27048,78	16.91	0,97	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
34	26502,87	18.80	0,98	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
35	25894,24	20.71	0,99	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
36	25220,55	22.65	1,01	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
37	24479,15	24.61	1,02	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
38	23666,89	26.61	1,04	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
39	22780,13	28.64	1,06	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
40	21814,58	30.71	1,08	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
41	20765,21	32.82	1,10	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
42	19626,03	34.99	1,13	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
43	18389,87	37.22	1,17	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
44	17048,09	39.51	1,20	29.26	0,0	0,0	(936; 551)
45	15590,04	41.88	1,25	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
46	14002,50	44.35	1,30	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
47	12268,64	46.92	1,36	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
48	10366,55	49.63	1,43	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
49	8266,77	52.49	1,52	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
50	5928,04	55.56	1,64	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
51	3307,31	58.56	1,78	29.26	0,0	0,0	(0; 0)

$\Sigma W_i = 869755,03$ [kg]
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 122814,77$ [kg]
 $\Sigma W_i \tan \phi_i = 470487,31$ [kg]
 $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.25$

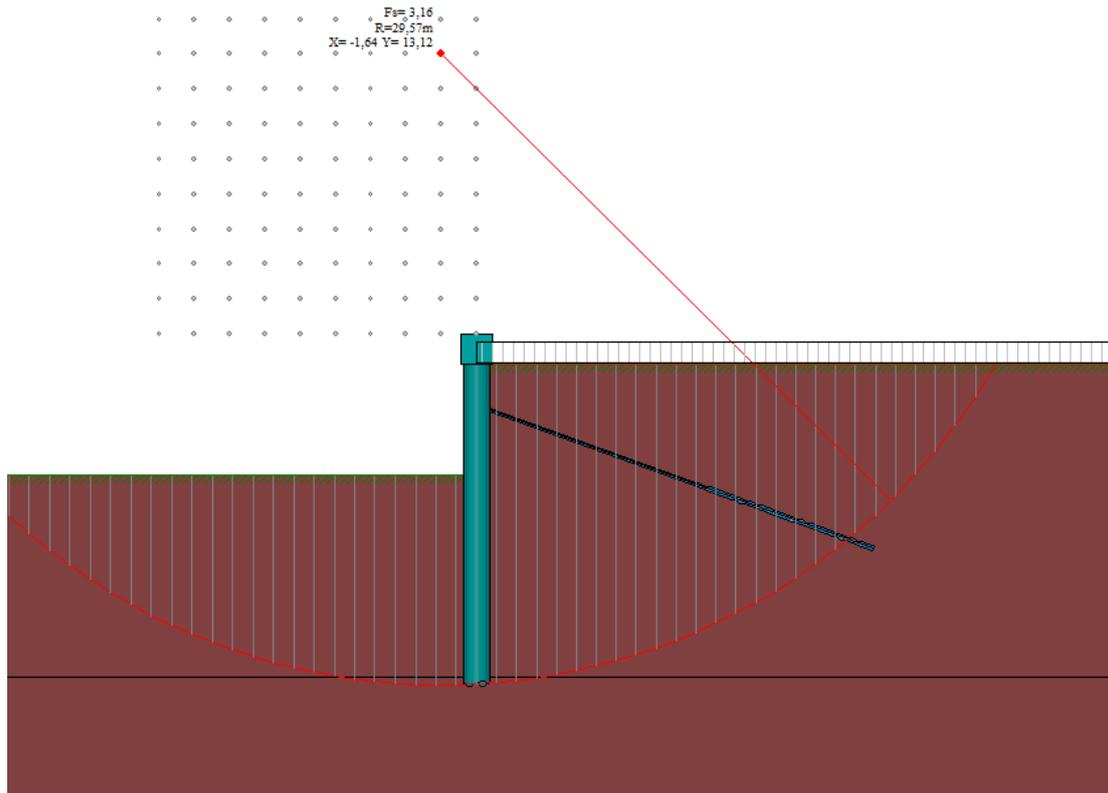


Figura 91 - Verifica stabilità globale FS minimo

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOLGIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	169

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
S	Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
R	Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
W	Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
T	Reazione tiranti espresso in [kg]
P	Reazione puntoni espresso in [kg]
V	Reazione vincoli espresso in [kg]
C	Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
Y	Punto di applicazione, espresso in [m]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kgm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
FS _{RIB}	Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS _{SCO}	Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.

La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS _{RIB}	FS _{SCO}
		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]		
1	ESE	55513,17 11,16	543378,97 12,35	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	290796,09	2200837,14	7.568	9.788
2	ESE	55513,17 11,16	543378,97 12,35	0,00 0,00	14095,39 3,55	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	290796,09	2381962,89	8.191	10.042
3	ESE	55513,17 11,16	343572,57 13,20	0,00 0,00	14180,90 3,55	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	290796,09	1281712,88	4.408	6.444
4	ESE	56192,60 11,08	343572,57 13,20	0,00 0,00	14212,24 3,55	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	299034,31	1282115,60	4.288	6.367
5	SLU - STR	72167,13 11,16	706392,66 12,35	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	378034,92	2861088,28	7.568	9.788
6	SLU - STR	72167,13 11,16	706392,66 12,35	0,00 0,00	14095,39 3,55	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	378034,92	3042214,03	8.047	9.984
7	SLU - STR	72167,13 11,16	446644,34 13,20	0,00 0,00	14243,14 3,55	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	378034,92	1612359,19	4.265	6.386
8	SLV - STR	57418,64 10,93	343572,57 13,20	0,00 0,00	14261,01 3,55	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	313900,26	1282742,31	4.086	6.232
9	SLU - GEO	71614,15 11,16	428749,01 12,35	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	375143,63	1736553,69	4.629	5.987
10	SLU - GEO	71614,15 11,16	428749,01 12,35	0,00 0,00	14095,39 3,55	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	375143,63	1917679,44	5.112	6.184
11	SLU - GEO	71614,15 11,16	271093,31 13,20	0,00 0,00	14245,96 3,55	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	375143,63	1050603,47	2.801	3.984
12	SLV - GEO	74068,44 10,94	271093,31 13,20	0,00 0,00	14344,65 3,55	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	404534,14	1051871,55	2.600	3.854

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	170

12.3.3.1 SOLLECITAZIONI MASSIME DELLA SEZIONE IN C.A.

12.3.3.1.2 VERIFICHE STRUTTURALI

Si riporta di seguito la verifica a presso-flessione e a taglio della sezione in c.a. per le sollecitazioni massime riportate in figura.

I pali hanno un'armatura corrente di 20 ϕ 18. L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale ϕ 10/20.

Il cordolo in c.a. risulta armato con 7 ϕ 16+7 ϕ 16 e staffe ϕ 10/20 2 bracci piano verticale e 4 bracci piano orizzontale

Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Le verifiche a pressoflessione sono condotte per una sezione circolare.

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	$R_{bk} = 30000$ [kPa]
Tensione caratteristica cilindrica del cls ($0.83 \times R_{bk}$)	$R_{ck} = 254$ (Kg/cm ²)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 450000$ [kPa]
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ($\psi R_{ck} / \gamma_c$)	$R_c^* = 144$ (Kg/cm ²)
Resistenza di calcolo dell'acciaio (f_{yk} / γ_s)	$R_s^* = 3990$ (Kg/cm ²)
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm ²)
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0.0035$ (0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\epsilon_{ck} = 0.0020$ (0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{yu} = 0.0100$ (1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R_s^* / E_s)	$\epsilon_{yk} = 0.0015$ (0.19%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

Tratto parabolico: $0 < \epsilon_c \leq \epsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\epsilon_c \epsilon_{ck} - \epsilon_c^2)}{\epsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\epsilon_{ck} < \epsilon_c \leq \epsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R_c^*$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \quad \text{per } 0 < \epsilon_s \leq \epsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \epsilon_{sy} < \epsilon_s \leq \epsilon_{su}$$

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	171

N°	N _u [kg]	M _u [kgm]
1	-203072,90	0,00
2	0,00	98104,67
3	200648,73	174190,44
4	300973,10	202611,88
5	401297,46	224474,85
6	501621,83	240936,05
7	601946,20	252383,28
8	702270,56	257733,23
9	802594,93	257201,27
10	902919,29	250011,59
11	1003243,66	239311,59
12	1103568,03	225007,31
13	1203892,39	206753,22
14	1304216,76	183826,23
15	1404541,12	156313,45
16	1504865,49	0,00
17	1504865,49	0,00
18	1404541,12	-156313,45
19	1304216,76	-183826,23
20	1203892,39	-206753,22
21	1103568,03	-225007,31
22	1003243,66	-239311,59
23	902919,29	-250011,59
24	802594,93	-257201,27
25	702270,56	-257733,23
26	601946,20	-252383,28
27	501621,83	-240936,05
28	401297,46	-224474,85
29	300973,10	-202611,88
30	200648,73	-174190,44
31	0,00	-98104,67
32	-203072,90	0,00

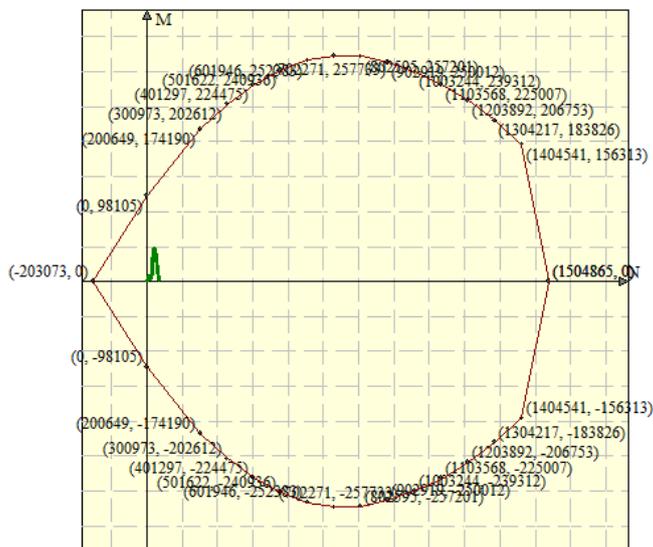


Figura 92 - Dominio M-N sezione palo-armatura in c.a.

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	172

Sollecitazioni massime del singolo palo

COBINAZIONE		PROFONDITA'[m]	M _{palo} [KNm]	N _{palo} [KN]	PROFONDITA'[m]	T _{palo} [KN]
N°3 SLU-STR (A1+M1)	FASE 7	3,55	107,34	174,69	3,55	108,28
N°4 SLU-GEO (A2+M2)	FASE 11	3,55	106,14	174,74	3,55	110,01
N°3 SLV-STR (A1+M1+SISMA)	FASE 8	3,55	116,56	174,69	3,55	105,61
N° 4 SLV-GEO (A2+M2+SISMA)	FASE 12	3,55	104,21	175,24	3,55	117,74

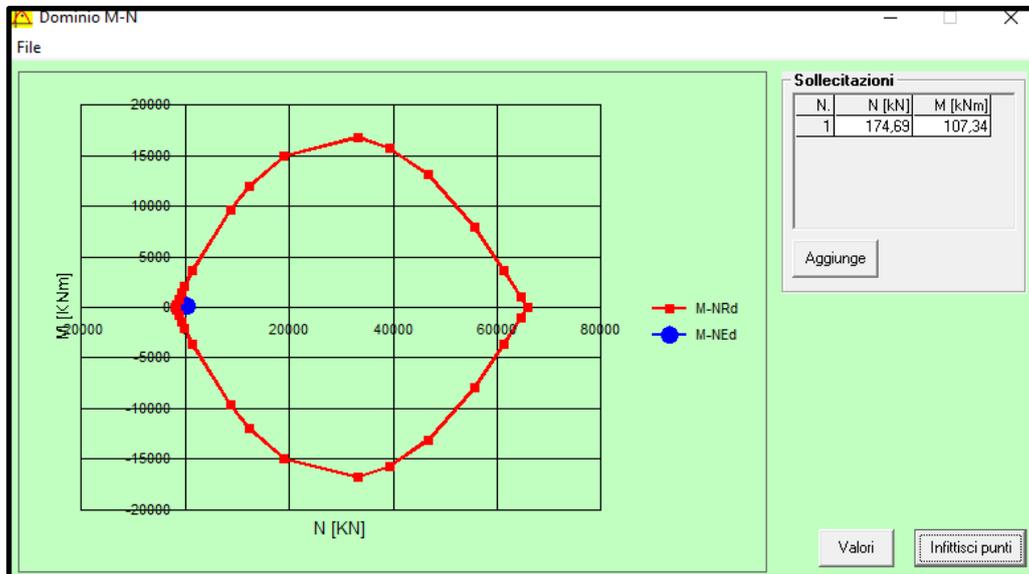


Figura 93 - COMBINAZIONE SLU-STR N°3 FASE 7

$M_{Ed} = 107,34$ KNm

$N = 174,69$ KN

$M_u = 2407$ KNm

$FS = 22,41$

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	173

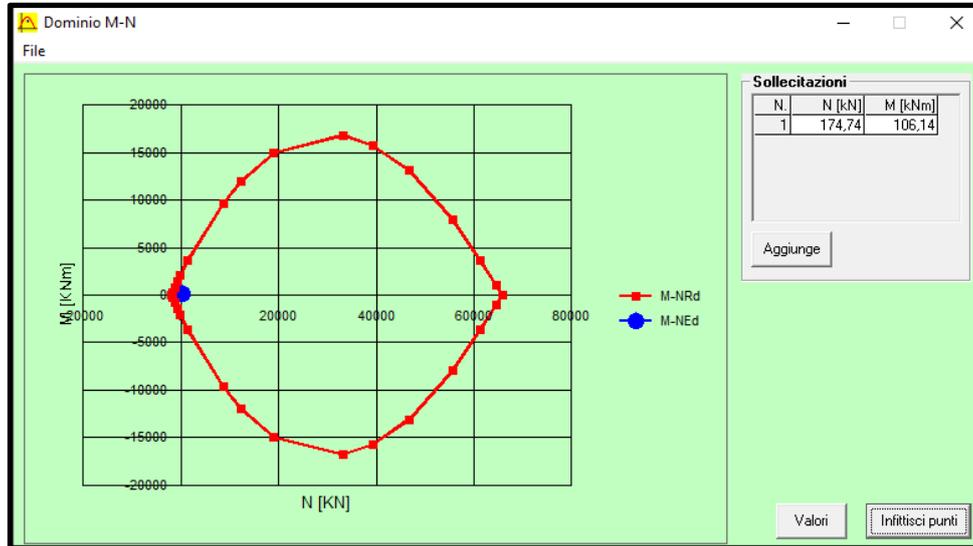


Figura 94 - COMBINAZIONE SLU-GEO N°11 FASE 11

$M_{Ed} = 106,14 \text{ KNm}$

$N = 174,74 \text{ KN}$

$M_u = 2407 \text{ KNm}$

$FS = 22,68$

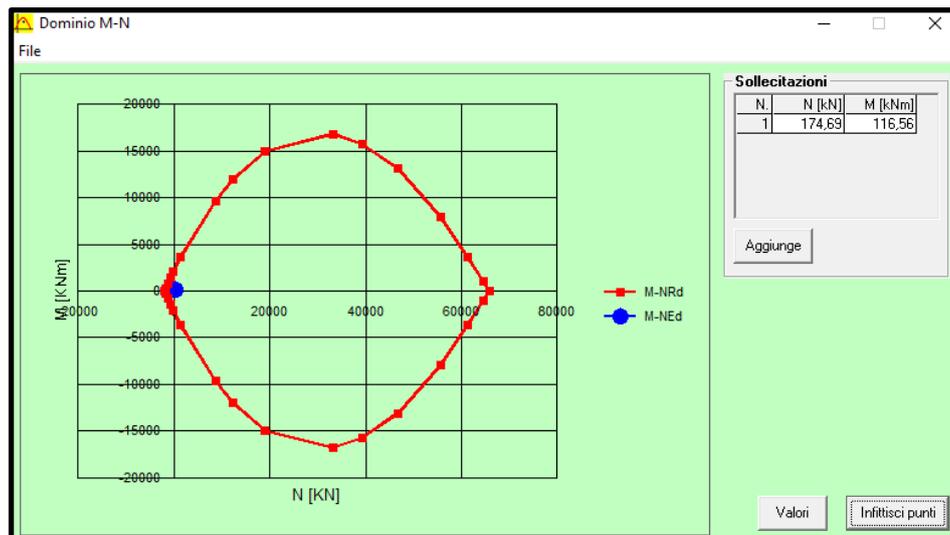


Figura 95 - COMBINAZIONE SLU-STR N°4 FASE 8

$M_{Ed} = 116,56 \text{ KNm}$

$N = 174,69 \text{ KN}$

$M_u = 2407 \text{ KNm}$

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	174

FS=20,65

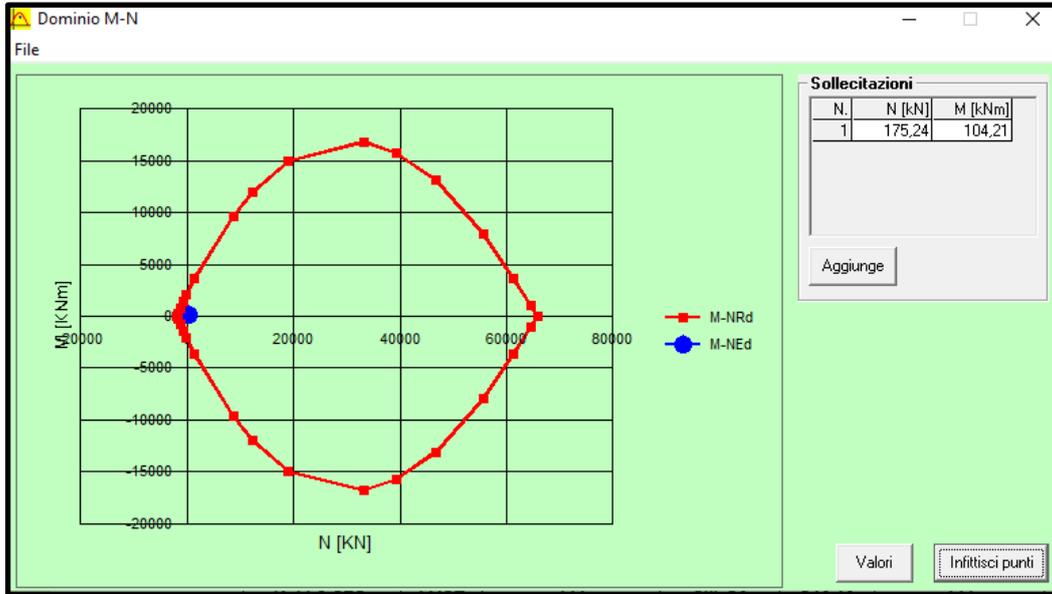


Figura 96 - COMBINAZIONE SLU-GEO N°4 FASE 12

$M_{Ed} = 104,21$ KNm

$N = 175,24$ KN

$M_u = 2408$ KNm

FS= 23,11

Verifica a Taglio del singolo palo con sezione circolare

Si prende in considerazione il valore massimo dell' involuppo della sollecitazione tagliante

$T_{max} = 133,23$ KN

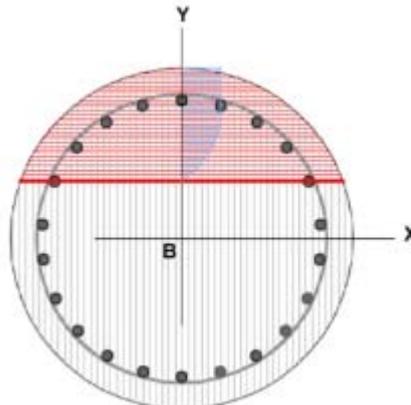


Figura 97 - Modello palo per verifica sezione circolare a taglio

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	175

Base palo[cm]	120			
Diametro staffe [cm]	108	diametro ferri lon.[mm]	18	
Copriferro staffe [cm]	5,00	f_{ck} [N/mm ²]	25,00	
f_{yk} [N/mm ²]	450,00	f_{cd} [N/mm ²]	14,17	
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	20,00	
Area staffe [mm ²]		157	numero braccia elicoidali	2
Verifica a Taglio				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	$\cotg\theta$	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
4,9021	2,5000	1,00	543,51	1876,44
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]				543,51
Taglio di Progetto V_d [kN]				133,23
FS				4,08

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A _f	area di armatura espressa in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
σ_f	tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

A _f	σ_c	cmb	σ_f	cmb
[cmq]	[kPa]		[kPa]	
50,89	1627	2	53220	2

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kgm]
M _f	Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]
s	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
ϵ_{sm}	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
W _{lim}	Apertura limite fessure, espressa in [mm]
W _k	Ampiezza fessure, espressa in [mm]

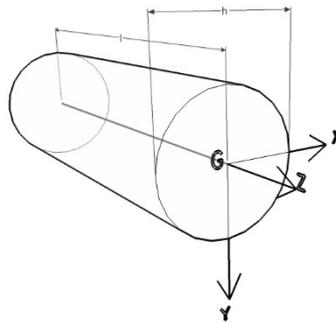
Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M _f	s	ϵ_{sm}	W _{lim}	W _k
		[m]	[kgm]	[kgm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	2 - ESE	3,55	13440	59374	0,000	0,0000	0,200	0,001

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	176

Verifica sezione cordolo c.a. sezione 3

La sezione trasversale del cordolo è verificata a pressoflessione deviata ($M_{x,Ed}$, $M_{y,Ed}$), a taglio nel piano verticale ($V_{v,Ed}$) e a taglio nel piano orizzontale ($V_{h,Ed}$), in riferimento alle sollecitazioni derivanti da due distinti schemi di carico.



Sistema di riferimento del solido trave

Nel primo schema di carico, nel piano verticale, si analizza il cordolo schematizzato come trave continua su più appoggi, costituiti dai pali, e caricato dal solo peso proprio Q_v . Dallo schema in questione si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano verticale ($M_{x,Ed}$) e la massima sollecitazione tagliante nel piano verticale ($V_{v,Ed}$).

Nel secondo schema di carico, nel piano orizzontale, si assume analogamente il cordolo come trave continua su più appoggi costituiti dai pali, ma caricato, questa volta, da un carico distribuito (Q_h) rappresentato dalla sollecitazione tagliante di involuppo, all'intradosso del cordolo, derivante dall'analisi geotecnica della paratia. Da questo secondo schema di carico, si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano orizzontale ($M_{y,Ed}$) e la massima sollecitazione tagliante nel piano orizzontale ($V_{h,Ed}$).

$$Q_v = 25 \times 1,50 \times 1,40 = 52,5 \times 1,50 = 78,75 \text{ KN/m}$$

$$Q_h = 1,85 \text{ KN/m}$$

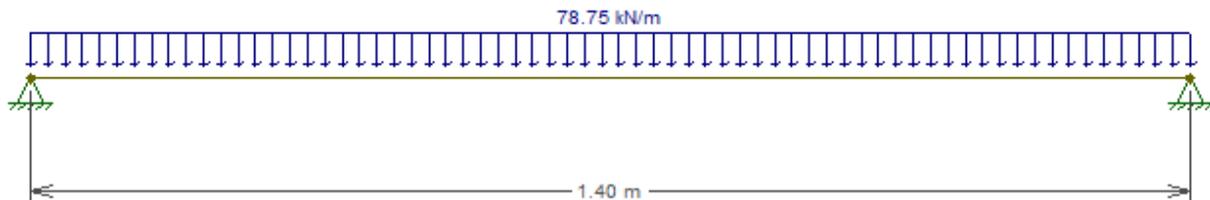


Figura 98 – Schema statico cordolo nel piano verticale

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere provvisionali**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	177



Figura 99 – Sollecitazione momento flettente piano verticale cordolo

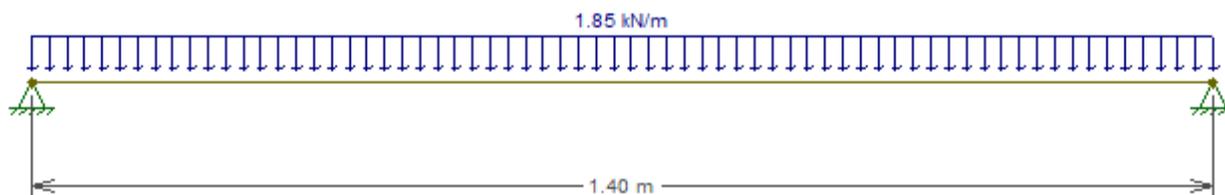


Figura 100 – Schema statico cordolo nel piano orizzontale



Figura 101 – Sollecitazione momento flettente piano orizzontale cordolo

Essendo il cordolo della sezione 3, già sollecitato lungo il piano verticale e successivamente anche quello orizzontale la verifica viene svolta a flessione deviata.

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	178

Verifica a flessione deviata

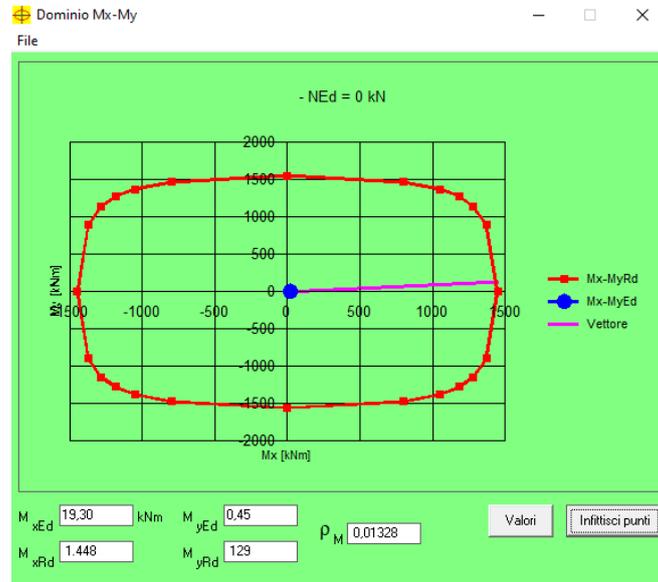


Figura 102 - Dominio Mx-My

FS_x=75
FS_y=287

Verifica taglio piano verticale

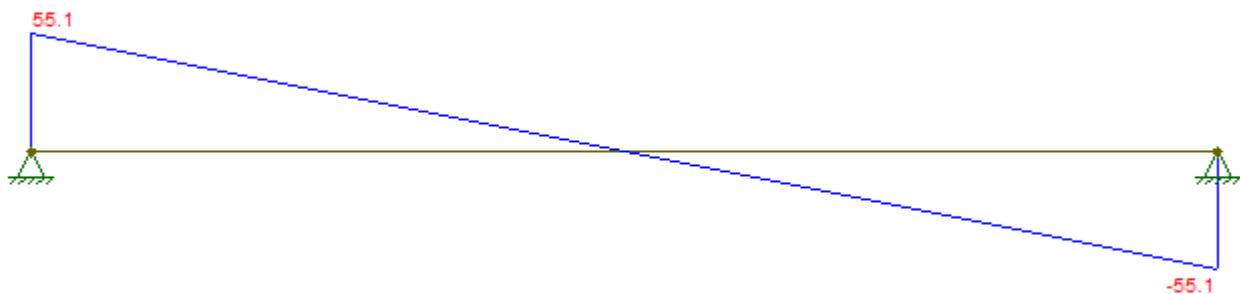


Figura 103 – Sollecitazione taglio piano verticale cordolo

Dati sezione e materiale			
Base [cm]	150,00	Carico assiale [kN]	0
Altezza [cm]	140,00	diametro ferri lon.[mm]	16
Copriferro [cm]	4,00	f _{ck} [N/mm ²]	25,00
f _{yk} [N/mm ²]	450,00	f _{cd} [N/mm ²]	14,17
Armatura trasversale			
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	20,00

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	C	179

Area staffe [mm ²]	157	numero braccia	2
Verifica a Taglio			
θ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	cotg θ	α_c	V_{Rsd} [kN]
5,7941	2,5000	1,00	927,98
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]			927,98
Taglio di Progetto V_d [kN]			55,10
FS			16,84

Verifica a taglio piano orizzontale

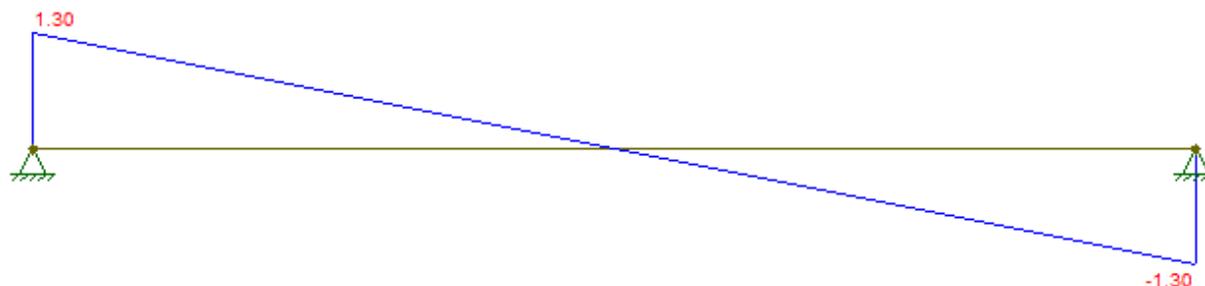


Figura 104 – Sollecitazione taglio piano orizzontale cordolo

Dati sezione e materiale			
Base [cm]	140,00	Carico assiale [kN]	0
Altezza [cm]	150,00	diametro ferri lon.[mm]	16
Copriferro [cm]	4,00	f_{ck} [N/mm ²]	25,00
f_{yk} [N/mm ²]	450,00	f_{cd} [N/mm ²]	14,17
Armatura trasversale			
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	20,00
Area staffe [mm ²]	314	numero braccia	4
Verifica a Taglio			
θ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	cotg θ	α_c	V_{Rsd} [kN]
3,8902	2,5000	1,00	1994,26
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]			1994,26
Taglio di Progetto V_d [kN]			1,30
FS			1534,05

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	180

12.3.3.1.3 VERIFICHE DELLA TRAVE DIRIPARTIZIONE

Il calcolo del cordolo con tiranti fa riferimento ad un metodo suggerito da Joseph E. BOWLES (Fondazioni, progetto e analisi – cap. 13 paratie a mensole e ancorate) il quale considera, per il progetto del cordolo, uno schema di trave su appoggi con carico uniformemente distribuito:

Si considera una trave continua con appoggi nel piano orizzontale con interasse dei Tiranti e appoggi nel piano verticale con interasse dei pali della paratia.

$Q_0 = N_0 \times n^{\circ} \text{Tiranti} / \text{Lunghezza paratia}$, dove gli appoggi sono le posizione dei tiranti

Mentre il carico uniformemente distribuito nel piano verticale viene calcolato con la seguente formula

$Q_v = N_v \times n^{\circ} \text{Tiranti} / \text{Lunghezza paratia}$, dove gli appoggi sono i pali

Di seguito si riporta il calcolo dei carichi equivalenti distribuiti sui cordoli in acciaio per poi essere stati modellati in un modello tridimensionale.

N= Forza Tiranti espressa in Kg

PRIMA FILA					
FORZA TIRANTE	INCLINAZIONE	numero cordoli acciaio	Lunghezza paratia	numero tiranti	numero pali
45796 Kg	20°	2	2,60 m	1	2
	N TOTALE	N SINGOLO CORDOLO			
VERTICALE	15655,54 Kg	7827,769 Kg	$Q_v = 3010,681$	Kg/m	
ORIZZONTALE	43036,93 Kg	21518,47 Kg	$Q_0 = 8276,334$	Kg/m	

Acciaio per profilati cordoli in acciaio tipo IPN 240 su 1 fila

Tipo	S 275 JR
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} = 275 \text{ MPa}$
Tensione di rottura caratteristica	$f_{tk} = 430 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / 1.05 = 261.9 \text{ MPa}$

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	181

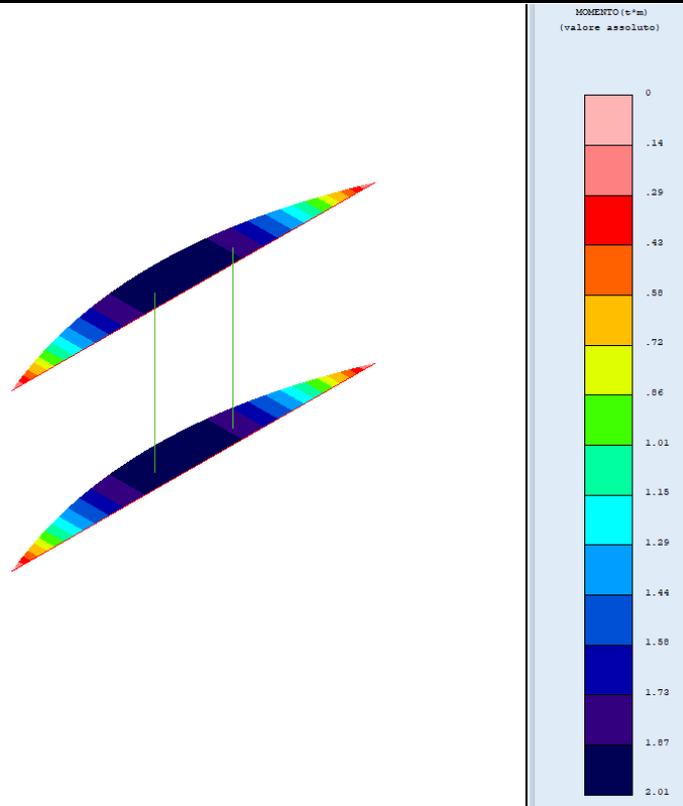


Figura 105 – Diagramma momento flettente sul piano orizzontale

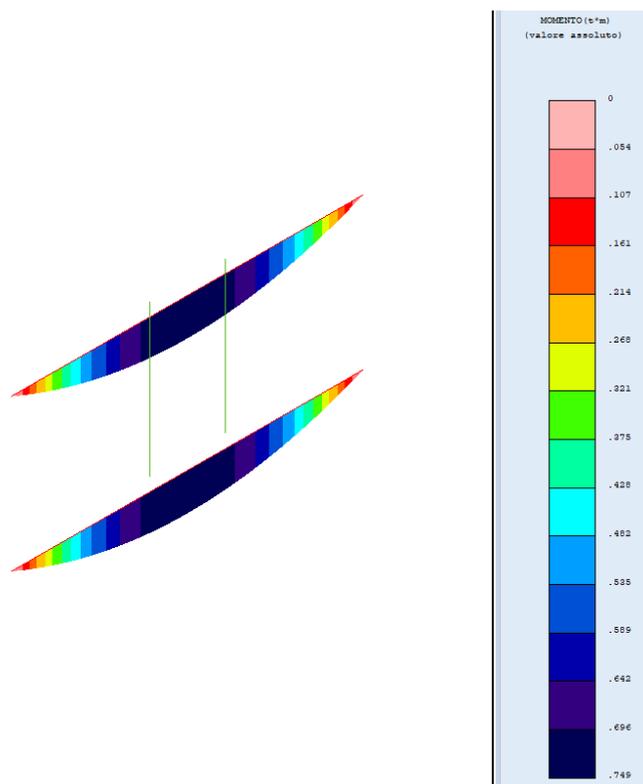


Figura 106 – Diagramma momento flettente sul piano verticale

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	182

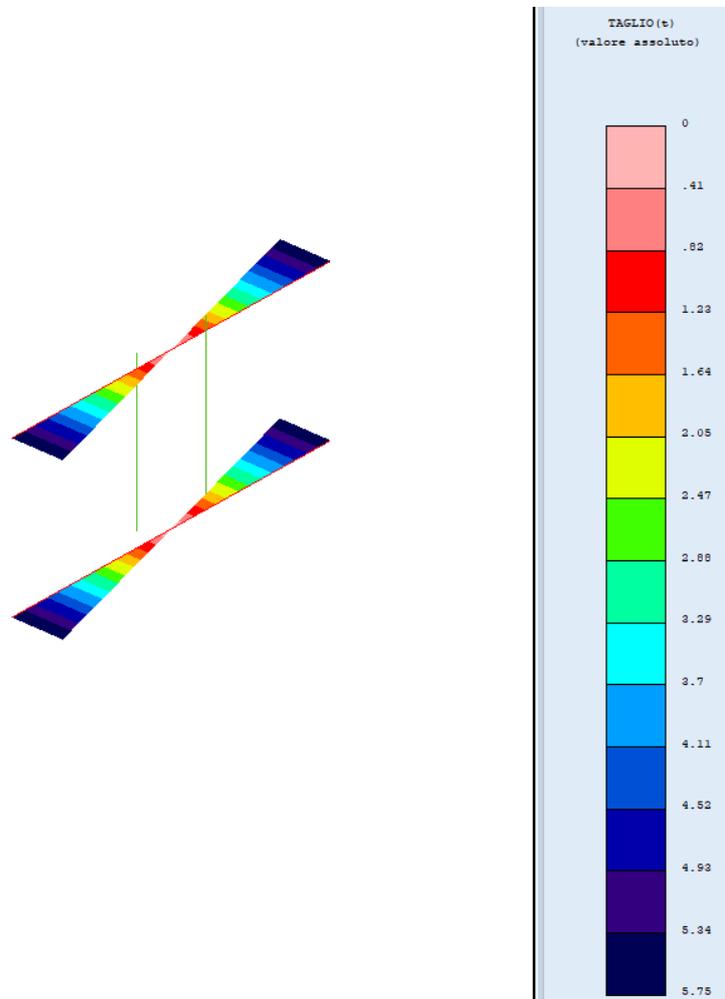


Figura 107 – Diagramma del taglio sul piano orizzontale

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	183

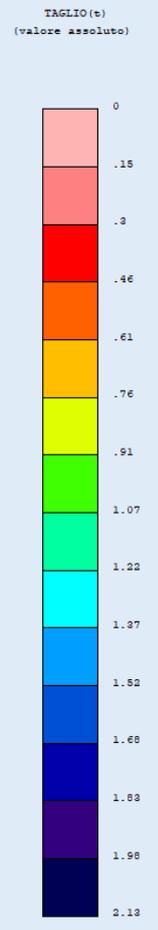
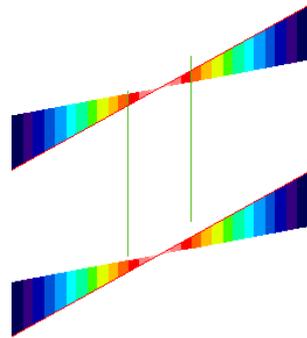


Figura 108 – Diagramma del taglio sul piano verticale

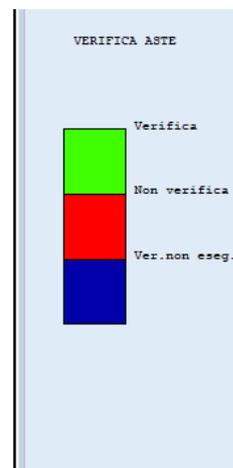
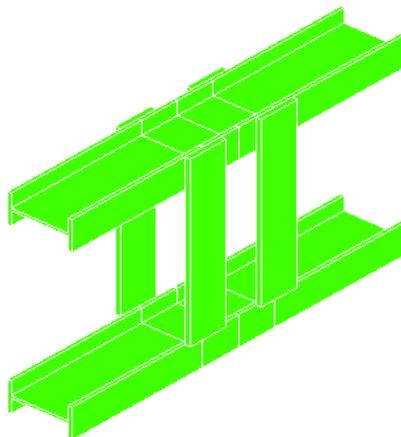


Figura 109 – Verifica generale

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	184

STAMPA PROGETTO S.L.U. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.																					
VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D																					
DAI DI	Fili	Quota	Tra	Cmb	N Sd	MxSd	MySd	VxSd	VySd	T Sd	N Rd	MxV.Rd	MyV.Rd	VxplRd	VyplRd	T Rd	fy rid	Rap			
ASTA	N.ro	(m)	tto	N.r	(daN)	(daN*m)	(daN*m)	(daN)	(daN)	(daN*m)	daN	daN*cm	daN*cm	dN/cm ²	daN	dNcm	dN/cm ²	%			
Sez.N.	1080	42	1,61	1	0	-1921	715	468	1238	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	52			
IPN	240	qn=	8219	1	0	-1271	472	1301	3493	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	35			
Asta:	8	2	1,61	1	0	0	0	2133	5753	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	0			
Instab.:1=	55,0	B*1=	38,5		0	0		0	cl=1	ε=0,92	lmd=	0	Rpf=	0	Rft=	0	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	0,0	mm

Figura 110 – Verifica asta più sollecitata 1° fila

Si precisa che lo schema statico e il grado di vincolo oltre alle verifica di resistenza sono opportunamente descritti sui tabulati di calcolo in allegato.

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	185

12.4 MODELLO SEZ 4 pk 5+255,85

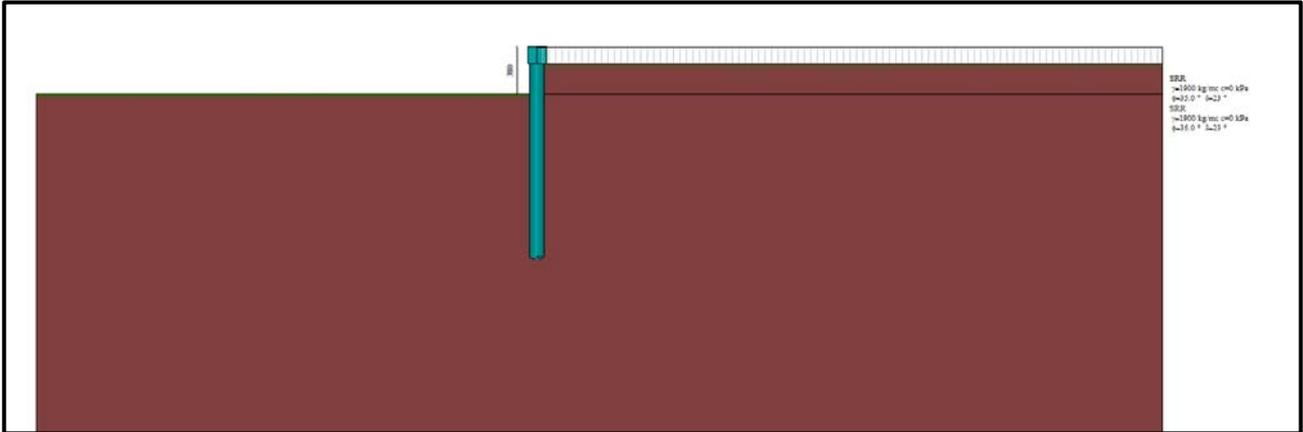


Figura 111 – Modello di calcolo

Descrizione del terreno

γ peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

γ_{sat} peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]

Φ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]

δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]

c coesione del terreno espressa in [kPa]

c_a adesione terreno/paratia espressa in [kPa]

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Cesp coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato

τ_1 tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kPa]

I parametri medi e minimi vengono usati per il calcolo di portanza di progetto dei pali e per la resistenza di progetto a sfilamento dei tiranti

Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix

Cesp coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato

τ_1 tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kPa]

I parametri medi e minimi vengono usati per il calcolo di portanza di progetto dei pali e per la resistenza di progetto a sfilamento dei tiranti

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	186

N°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	ca [kPa]
1	(SRR)	1900,0	1900,0	35.00	23.00	0,0	0,0
				35.00	23.00	0,0	0,0
				35.00	23.00	0,0	0,0

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
 sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
 kw costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm²/cm]
 α inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)
 Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp	α_M	α_V	K _{wM}	K _{wV}	Terreno M	Terreno V
	[m]	[°]	[°]	[kg/cm ² /cm]	[kg/cm ² /cm]		
1	3,80	0.00	0.00	0.82	0.82	SRR	SRR
2	50,00	0.00	0.00	12.47	12.47	SRR	SRR

Livello falda dal piano campagna 35 m

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo a_g (m/s ²)	1,150	0,445
Accelerazione al suolo a_g (% di g)	0,117	0,046
Fattore amplificatore F_0	2,578	2,430
T_c^*	0,362	0,302
Ss (Terreno tipo C)	1,50	1,50
Coefficiente riduzione β_s	0,380	0,470
Coeff. Amplifi. Topografica S (T2)		1,20
Coefficiente riduzione α		0,803
Us(m)		0,085
Coefficiente riduzione β		0,409
Coefficiente intensità sismica orizzontale K_h [%]	6,930	2,739
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale K_h [%]	6,930	2,739
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	3,465	1,3695

Tabella Paarametri per analisi sismica

Nella figura sono riportati i parametri per l'analisi sismica; in essa:

α = coefficiente di deformabilità (Figura 7.11.2 delle NTC2008);

β = coefficiente di spostamento (figura 7.11.3 delle NTC2008);

$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}/g$ = coefficiente sismico orizzontale

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	187

12.4.1 FASI DI CALCOLO

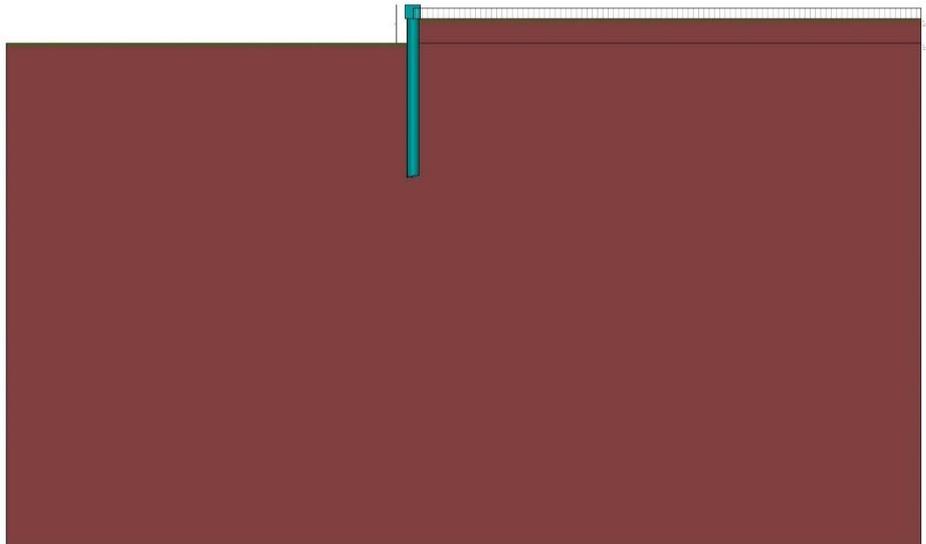
Fasi di scavo

n° identificativo della fase nell'elenco definito

Fase Descrizione dell'i-esima fase

Tempo in cui avviene la fase di scavo

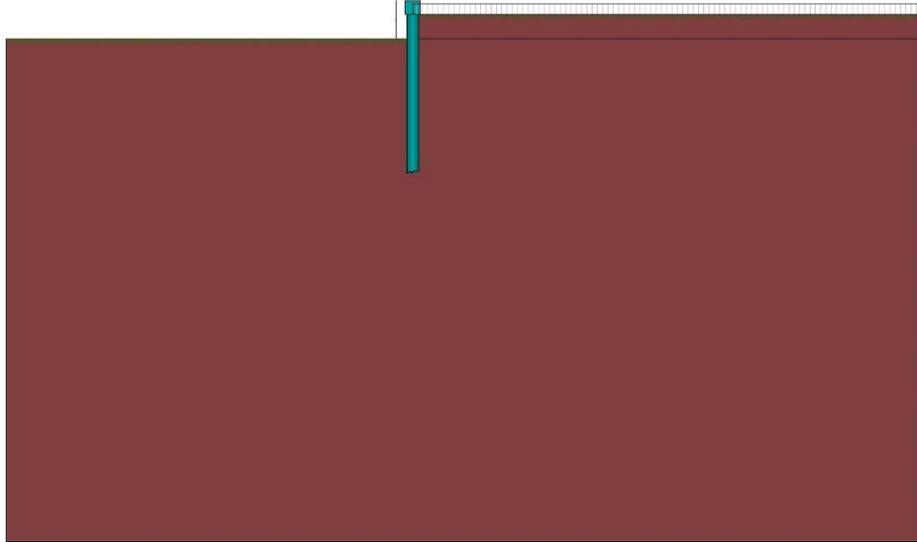
n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 3.80 metri	0
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=3.80]	0
3	Inserimento sisma	1



Tempo 0 (Fase n° 1-2)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	188



Tempo 1(Fase n° 3)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	189

12.4.2 RISULTATI DELLE ANALISI

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi del momento flettente – taglio – sforzo normale del singolo palo della paratia nelle combinazioni A1+M1, combinazioni A2+M2 e Inviluppo (con SISMA).

Momento Flettente [Kg m]

Taglio [Kg]

Sforzo Normale [Kg]

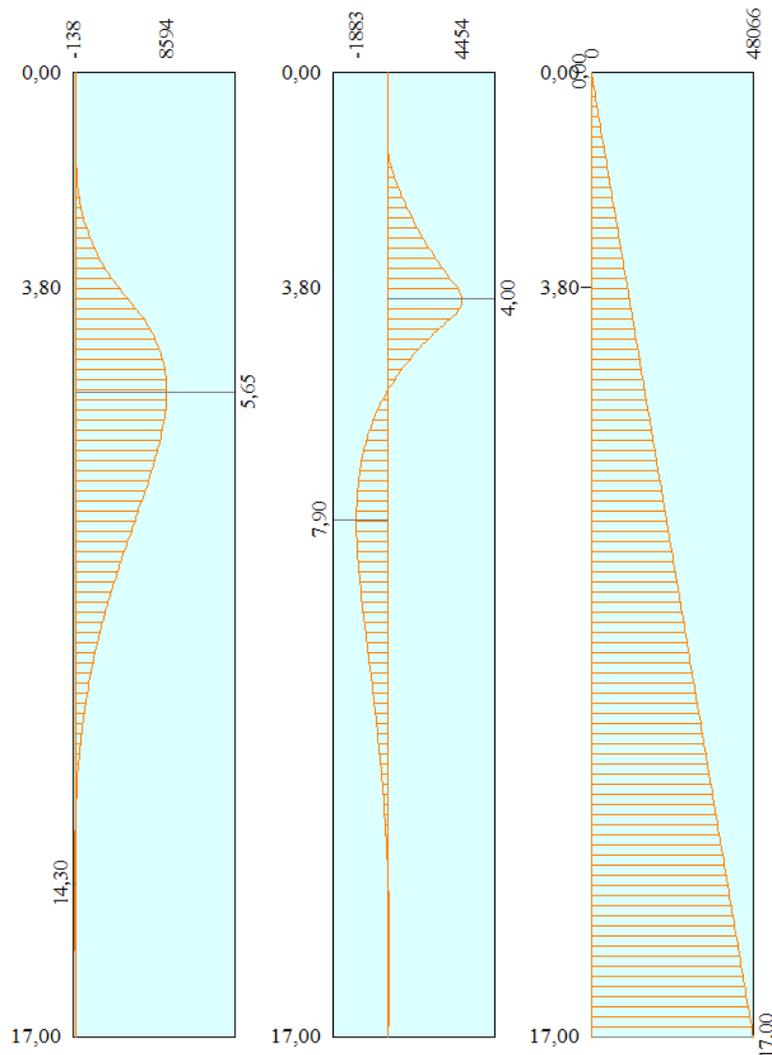


Figura 112 – Diagramma combinazione N°1 SLU-STR (A1+M1)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	190

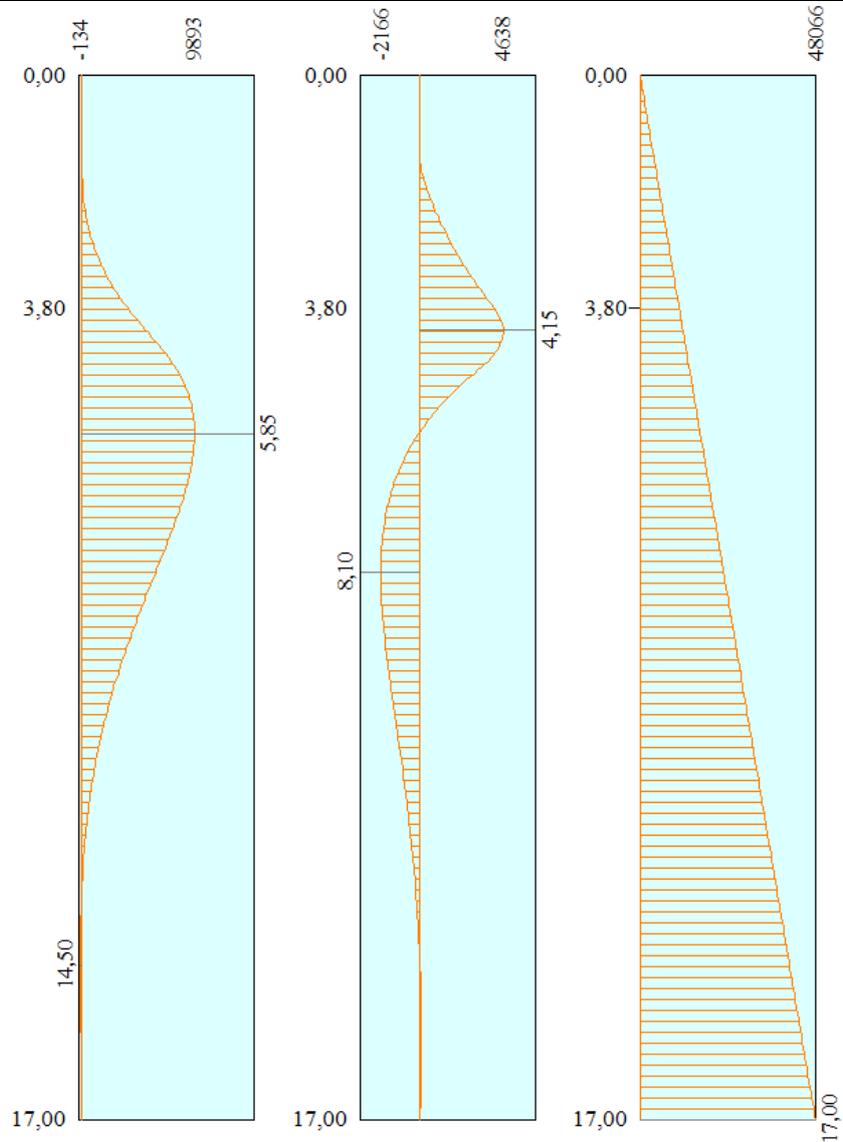


Figura 113 – Diagramma combinazione N°1 SLU-GEO (A2+M2)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	191

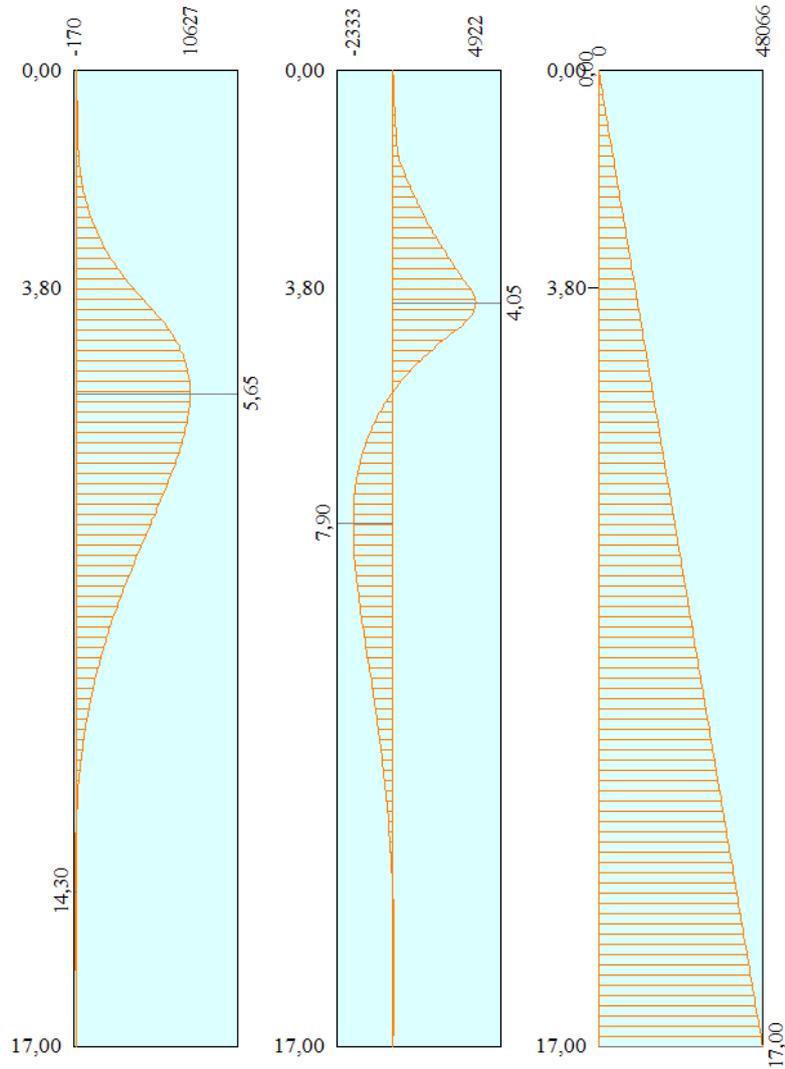


Figura 114 – Diagramma combinazione N° 2 SLU-STR (A1+M1+SISMA)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	192

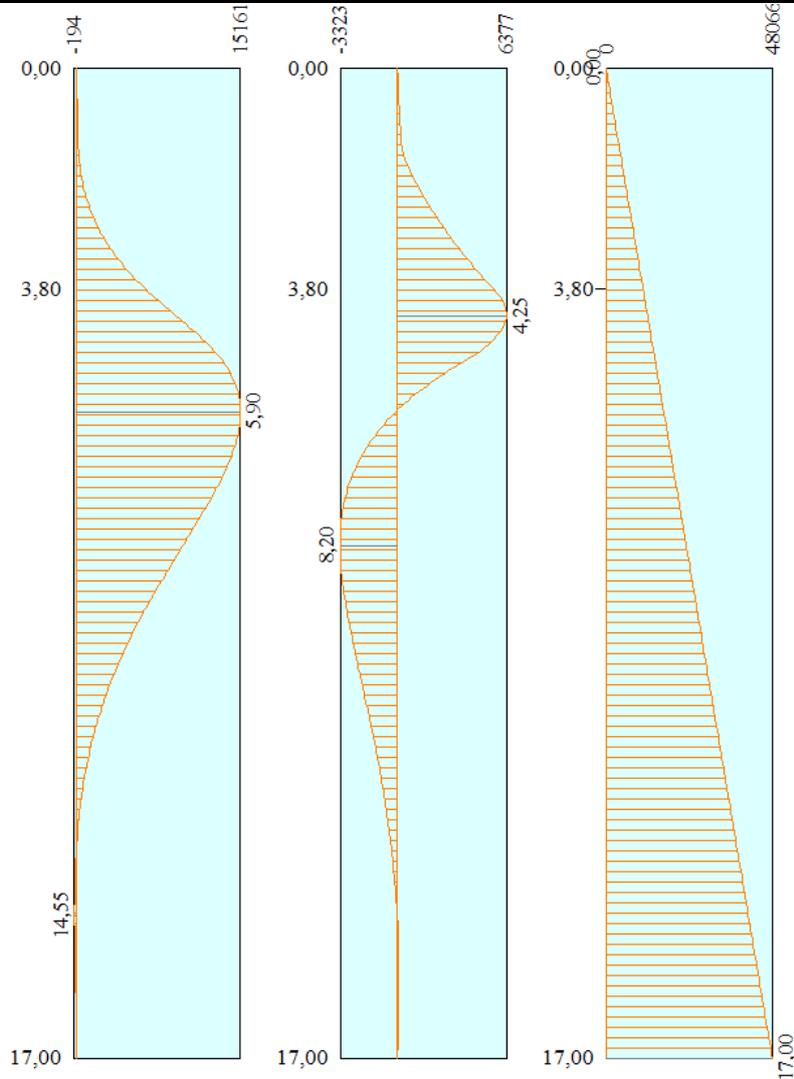


Figura 115 – Diagramma in combinazione N°2 SLV-GEO (A2+M2+SISMA)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	193

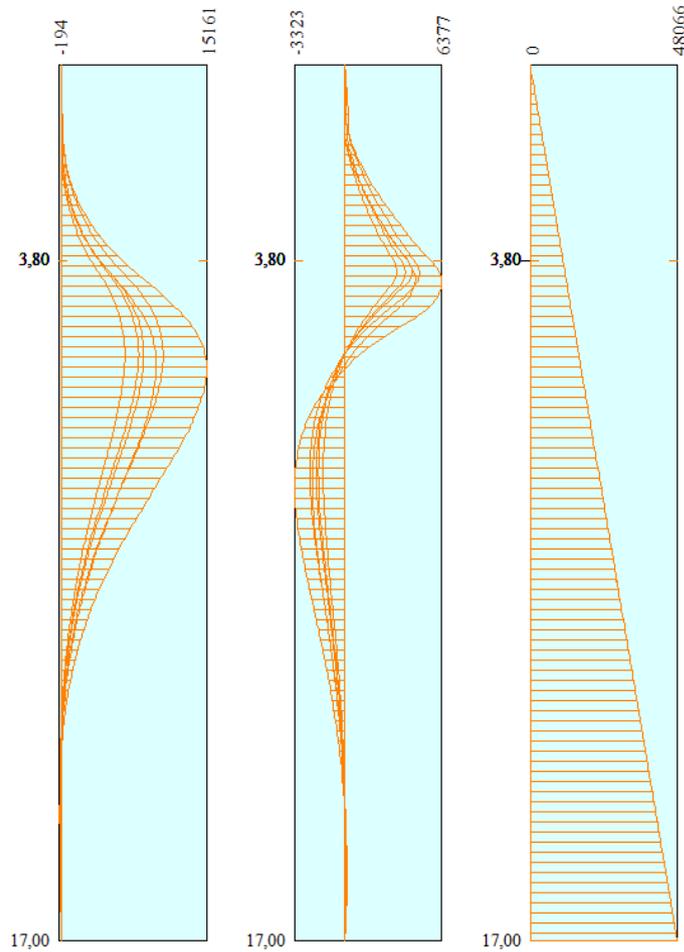


Figura 116 – Diagramma Involuppo sollecitazioni

Incrementi dei valori dovuto al sisma

Incremento dovuto al sisma Combinazione 2 ESE $\Delta S = 1,84$ KN

Incremento dovuto al sisma Combinazione 2 SLV - STR $\Delta S = 5,55$ KN

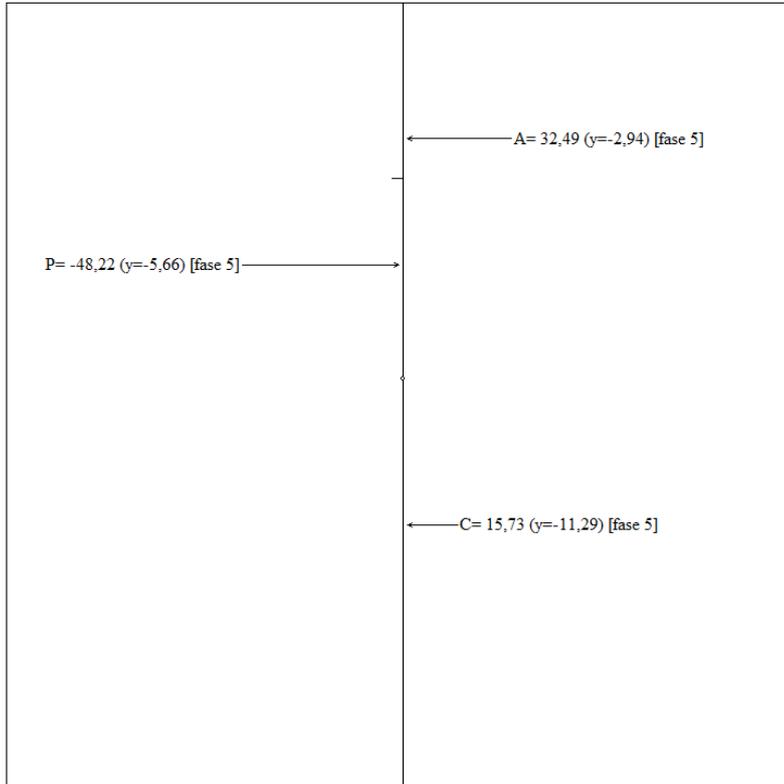
Incremento dovuto al sisma Combinazione 2 SLV -GEO $\Delta S = 7,12$ KN

n°	Tipo	Is [kN]	TEMPO	FASE
1	ESE	--	0	1-2
2	ESE	1,80	1	3
1	SLV - STR	--	0	1-2
2	SLV - STR	5,44	1	3
1	SLV - GEO	--	0	1-2
2	SLV - GEO	6,98	1	3

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	194

Forze agenti sulla paratia



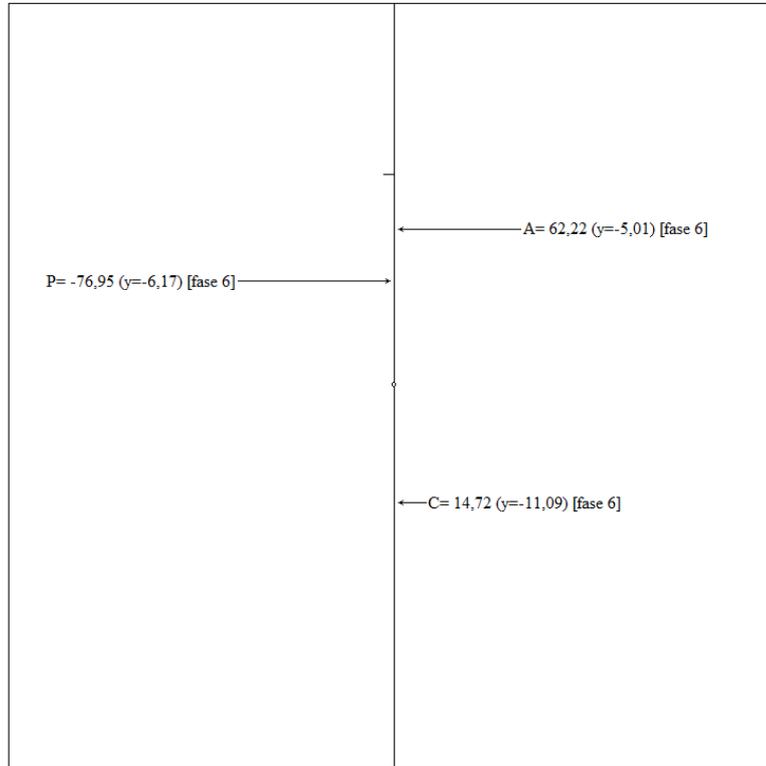
A - Spinta Attiva
C - Controspinta
P - Resistenza passiva

Risultanti della spinta attiva e passiva in assenza di sisma combinazione 1 SLU-GEO (Combinazione A2+M2)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	195

Forze agenti sulla paratia



A - Spinta Attiva
C - Controspinta
P - Resistenza passiva

Risultanti della spinta attiva e passiva in presenza di sisma (Combinazione A2+M2+SISMA)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	196



**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	197

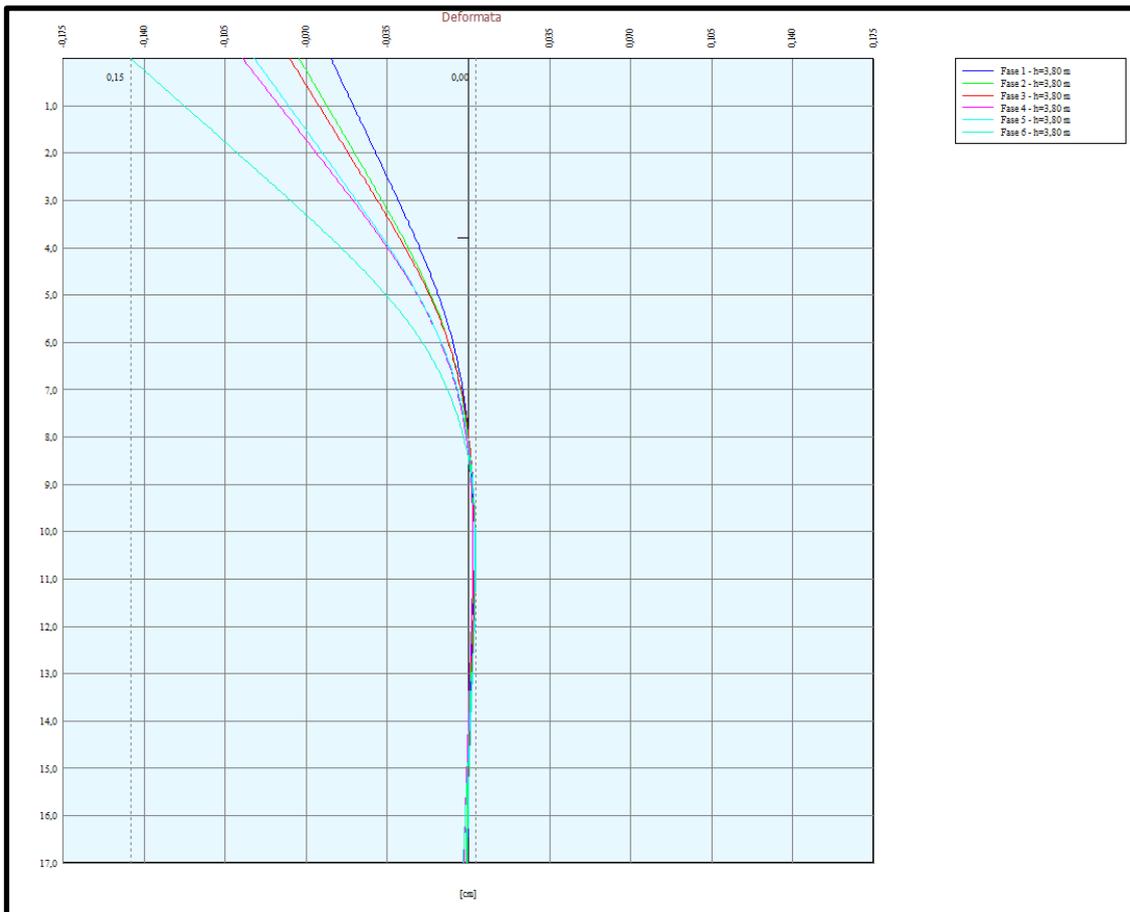
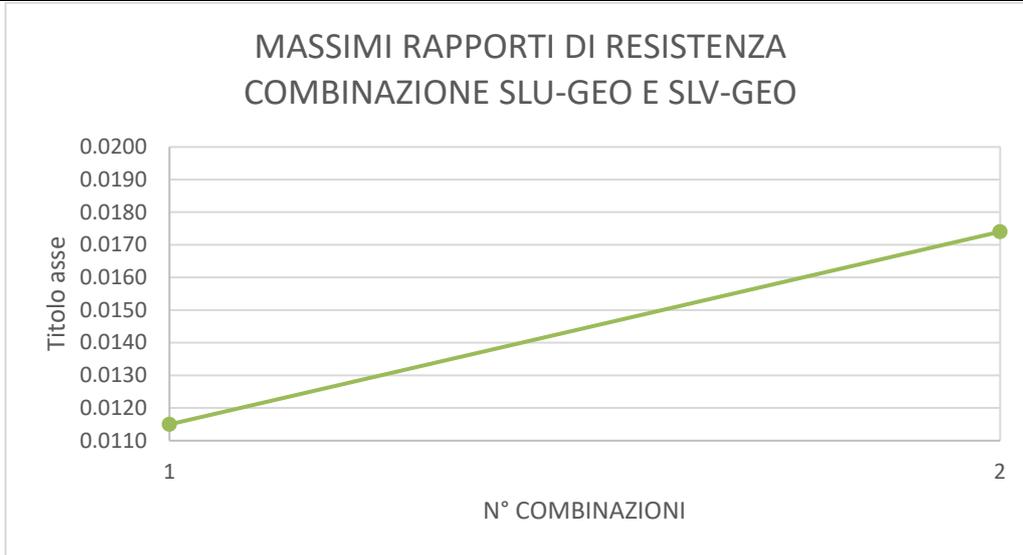


Figura 117 – Involuppi spostamenti

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	198

Verifiche portanza pali

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
 Tipo Tipo della Combinazione/Fase
 P_{P,med}, P_{P,min} Portanza di punta media e minima, espressa in [kN]
 P_{L,med}, P_{L,min} Portanza laterale media e minima, espressa in [kN]
 P_d Portanza di progetto, espressa in [kN]
 N Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kN]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto P_d/N)

n°	Tipo	P _{P,med} [kN]	P _{L,med} [kN]	P _{P,min} [kN]	P _{L,min} [kN]	P _d [kN]	N [kN]	FS
1	SLU - STR	7932,40	0,00	7932,40	0,00	4666,12	471,38	9.899
2	SLV - STR	7932,40	0,00	7932,40	0,00	4666,12	471,38	9.899
1	SLU - GEO	7932,40	0,00	7932,40	0,00	2744,78	471,38	5.823
2	SLV - GEO	7932,40	0,00	7932,40	0,00	3456,38	471,38	7.333

Verifica di stabilità (METODO DI FELLENIUS)

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 (X_c; Y_c) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
 R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
 (X_v; Y_v) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
 (X_m; Y_m) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
 FS Coefficiente di sicurezza
 R Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X _c , Y _c [m]	R [m]	X _v , Y _v [m]	X _m , Y _m [m]	FS	R
1	SLU - GEO	-1,70; 8,50	16,79	-13,14; -3,79	11,87; -1,40	8.609	1.100
2	SLV - GEO	-1,70; 15,30	32,34	-27,81; -3,78	26,01; -1,40	5.231	1.200

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

- Le ascisse X sono considerate positive verso monte
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
 Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
 Le strisce sono numerate da monte verso valle
 N° numero d'ordine della striscia
 W peso della striscia espresso in [kg]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
 C_{tn}, C_{tt} contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Combinazione n° 2 - SLV - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

N°	W _i [kN]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(C _{tn} ; C _{tt}) [kN]
1	13,9411	-52.29	1,75	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
2	41,0315	-49.29	1,64	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
3	65,4619	-46.46	1,55	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
4	87,6406	-43.77	1,48	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
5	107,8679	-41.20	1,42	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
6	126,3729	-38.73	1,37	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
7	143,3341	-36.34	1,33	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
8	158,8944	-34.02	1,29	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
9	173,1693	-31.76	1,26	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
10	186,2540	-29.56	1,23	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
11	198,2276	-27.40	1,20	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	199

N°	Wi [kN]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kN]
12	209,1565	-25.28	1,18	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
13	219,0966	-23.20	1,16	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
14	228,0954	-21.16	1,15	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
15	236,1934	-19.14	1,13	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
16	243,4248	-17.14	1,12	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
17	249,8190	-15.17	1,11	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
18	255,4008	-13.22	1,10	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
19	260,1909	-11.28	1,09	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
20	264,2066	-9.35	1,08	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
21	267,4622	-7.43	1,08	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
22	269,9687	-5.53	1,07	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
23	271,7346	-3.62	1,07	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
24	272,7659	-1.73	1,07	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
25	273,0660	0.17	1,07	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
26	272,6358	2.06	1,07	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
27	333,2864	3.94	1,04	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
28	331,5111	5.79	1,05	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
29	329,0538	7.64	1,05	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
30	325,9066	9.51	1,05	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
31	322,0592	11.38	1,06	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
32	317,4989	13.27	1,07	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
33	312,2099	15.17	1,08	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
34	306,1737	17.09	1,09	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
35	299,3682	19.03	1,10	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
36	291,7674	20.99	1,11	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
37	283,3408	22.98	1,13	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
38	274,0530	24.99	1,15	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
39	263,8622	27.05	1,17	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
40	252,7197	29.14	1,19	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
41	240,5680	31.27	1,22	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
42	227,3390	33.45	1,25	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
43	212,9512	35.69	1,28	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
44	197,3065	37.99	1,32	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
45	180,2851	40.37	1,37	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
46	161,7385	42.84	1,42	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
47	141,4796	45.41	1,48	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
48	119,2665	48.10	1,56	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
49	94,7781	50.94	1,65	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
50	67,5719	53.97	1,77	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
51	37,1688	56.98	1,91	29.26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)

$\Sigma W_i = 11018,6767$ [kN]
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 756,5862$ [kN]
 $\Sigma W_i \tan \phi_i = 5965,5918$ [kN]
 $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 1.48$

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	200

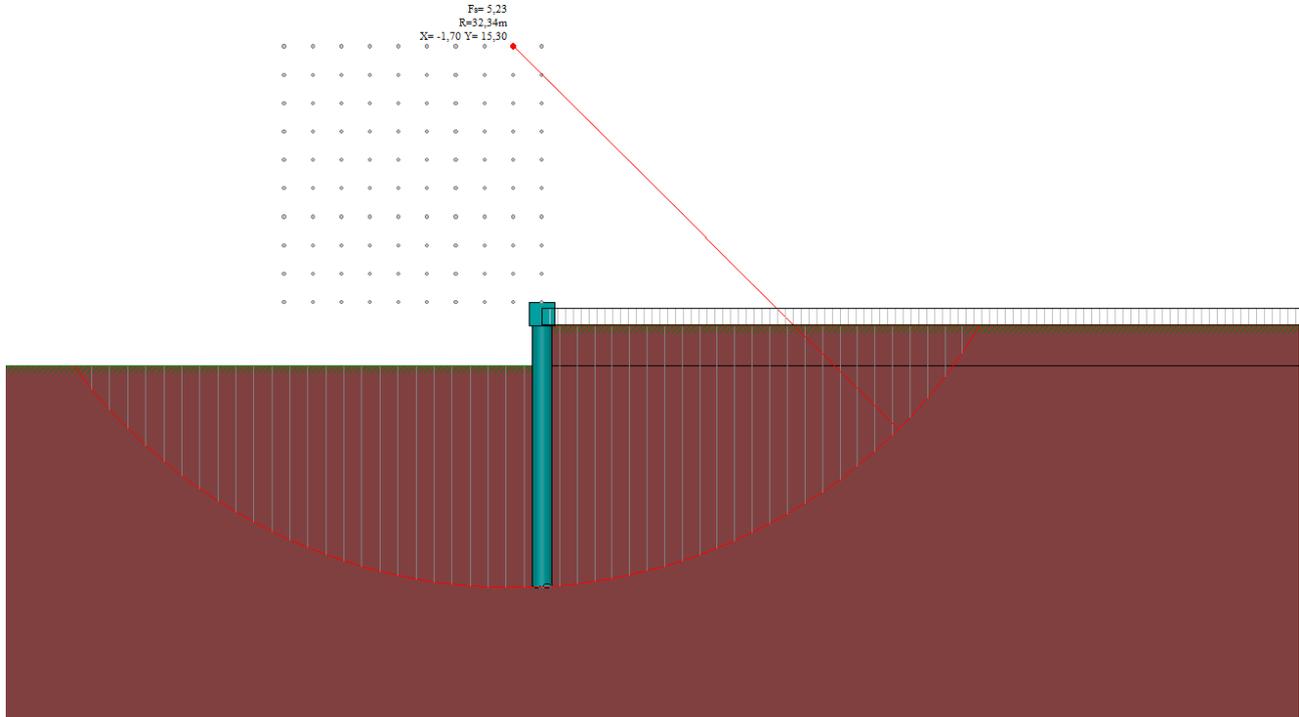


Figura 118 - Verifica stabilità globale FS minimo

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
- R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
- W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
- T Reazione tiranti espresso in [kg]
- P Reazione puntoni espresso in [kg]
- V Reazione vincoli espresso in [kg]
- C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
- Y Punto di applicazione, espresso in [m]
- Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]
- Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
- FS_{RIB} Fattore di sicurezza a ribaltamento
- FS_{SCO} Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.

La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS _{RIB}	FS _{SCO}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]		
1	ESE	585,7923 11,56	6081,2882 12,67	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	3186,6334	26353,8377	8.270	10.381
2	ESE	587,4839 11,53	6081,2882 12,67	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	3210,6962	26353,8377	8.208	10.351
3	SLU - STR	761,5300 11,56	7905,6747 12,67	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	4142,6235	34259,9891	8.270	10.381
4	SLV - STR	590,8954 11,48	6081,2882 12,67	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	3259,2251	26353,8377	8.086	10.292
5	SLU - GEO	755,6945 11,56	4798,3939 12,67	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	4110,9336	20794,2938	5.058	6.350
6	SLV - GEO	762,4191 11,48	4798,3939 12,67	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	0,0000 0,00	4205,9200	20794,2938	4.944	6.294

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	201

12.4.3 VERIFICHE STRUTTURALI

12.4.3.1 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE IN C.A.

Si riporta di seguito la verifica a presso-flessione e a taglio della sezione in c.a. per le sollecitazioni massime riportate in figura.

I pali hanno un'armatura corrente di 22φ20. L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale φ10/20.

Il cordolo in c.a. risulta armato con 7φ16+7φ16 e staffe φ10/20 2 bracci piano verticale e 4 bracci piano orizzontale

Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione M_u-N_u della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	$R_{bk} = 30000$ [kPa]
Tensione caratteristica cilindrica del cls ($0.83 \times R_{bk}$)	$R_{ck} = 254$ (Kg/cm ²)
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 450000$ [kPa]
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ($\psi R_{ck} / \gamma_c$)	$R_c^* = 144$ (Kg/cm ²)
Resistenza di calcolo dell'acciaio (f_{yk} / γ_s)	$R_s^* = 3990$ (Kg/cm ²)
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm ²)
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0.0035$ (0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\epsilon_{ck} = 0.0020$ (0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{yu} = 0.0100$ (1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico (R_s^* / E_s)	$\epsilon_{yk} = 0.0015$ (0.19%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

Tratto parabolico: $0 < \epsilon_c < \epsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R_c^* (2\epsilon_c \epsilon_{ck} - \epsilon_c^2)}{\epsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare: $\epsilon_{ck} < \epsilon_c < \epsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R_c^*$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \quad \text{per } 0 < \epsilon_s < \epsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \epsilon_{sy} < \epsilon_s < \epsilon_{su}$$

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	202

Valori dominio M-N del palo

N°	N _u [kg]	M _u [kgm]
1	-275778,02	0,00
2	0,00	130113,17
3	210342,75	204384,55
4	315514,12	231319,60
5	420685,49	252751,62
6	525856,87	267187,36
7	631028,24	276235,01
8	736199,61	279544,31
9	841370,99	276173,87
10	946542,36	265947,59
11	1051713,74	252682,04
12	1156885,11	235919,38
13	1262056,48	215255,23
14	1367227,86	189968,31
15	1472399,23	159891,07
16	1577570,60	0,00
17	1577570,60	0,00
18	1472399,23	-159891,07
19	1367227,86	-189968,31
20	1262056,48	-215255,23
21	1156885,11	-235919,38
22	1051713,74	-252682,04
23	946542,36	-265947,59
24	841370,99	-276173,87
25	736199,61	-279544,31
26	631028,24	-276235,01
27	525856,87	-267187,36
28	420685,49	-252751,62
29	315514,12	-231319,60
30	210342,75	-204384,55
31	0,00	-130113,17
32	-275778,02	0,00

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	203

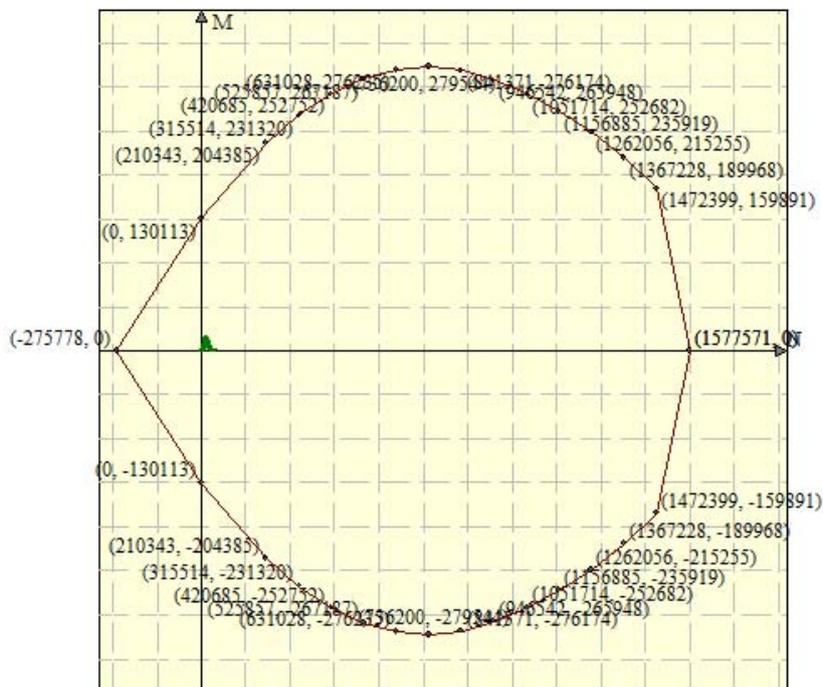


Figura 119 – Dominio M-N sezione palo in c.a.

Sollecitazioni massime del singolo palo

-	-	PROFONDITA'[m]	M _{palo} [KNm]	N _{palo} [KN]	PROFONDITA'[m]	T _{palo} [KN]
A1+M1	COMBINAZIONE SLU-STR N° 1 FASE 3	5,65	84,28	156,66	4,00	43,68
A2+M2	COMBINAZIONE SLU-GEO N° 2 FASE 5	5,85	97,01	162,21	4,15	45,49
A1+M1+SISMA	COMBINAZIONE SLV-STR N° 1 FASE 4	5,65	104,21	156,66	4,05	48,26
A2+M2+SISMA	COMBINAZIONE SLV-GEO N°2 FASE 6	5,90	148,68	163,60	4,25	62,54

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	204

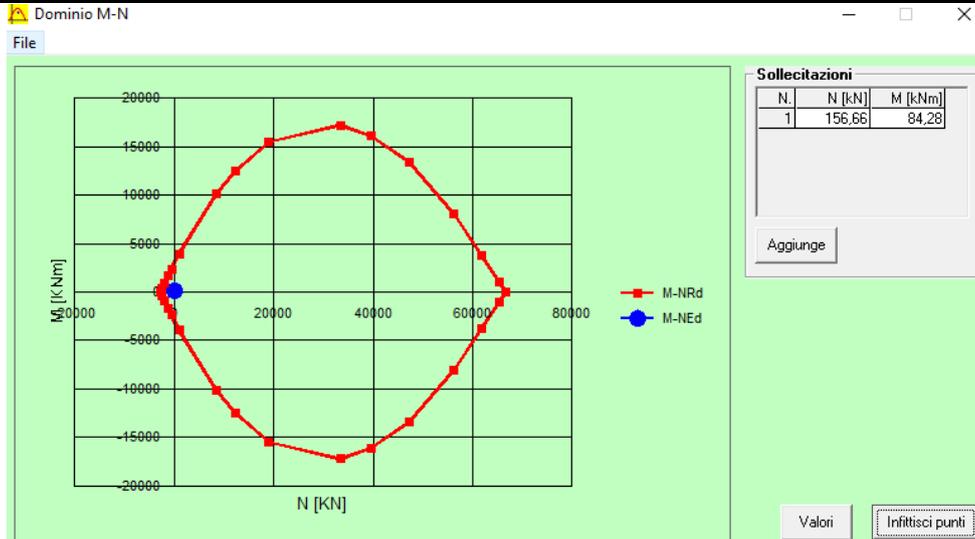


Figura 120 - COMBINAZIONE SLU-STR N° 1 FASE 3

$M_{Ed}=84,28$ KNm

$N= 156,66$ KN

$M_u= 3140$ KNm

$FS=37,25$

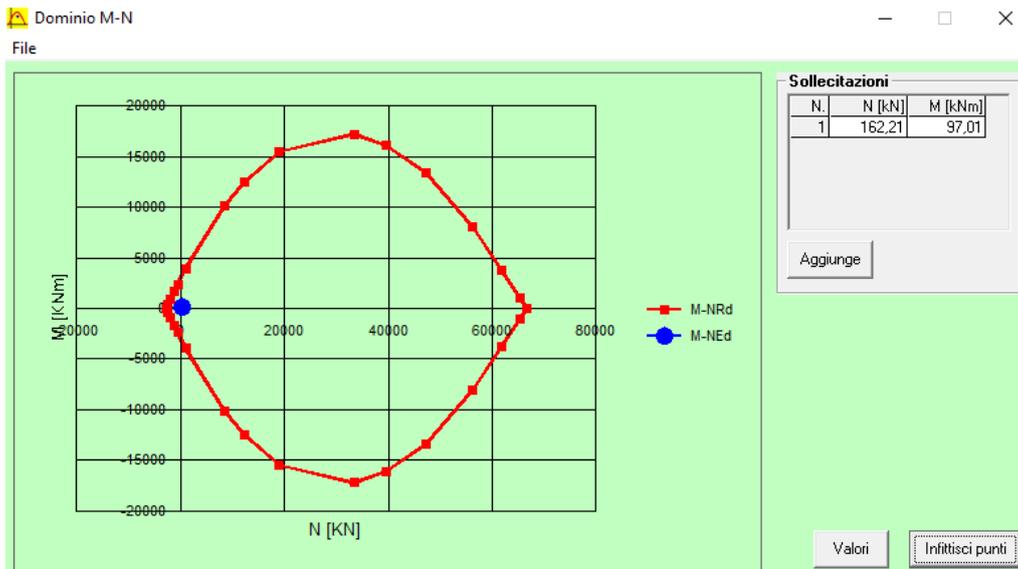


Figura 121 - COMBINAZIONE SLU-GEO N° 2 FASE 5

$M_{Ed}=97,01$ KNm

$N= 162,21$ KN

$M_u= 3145$ KNm

$FS=32,42$

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	205

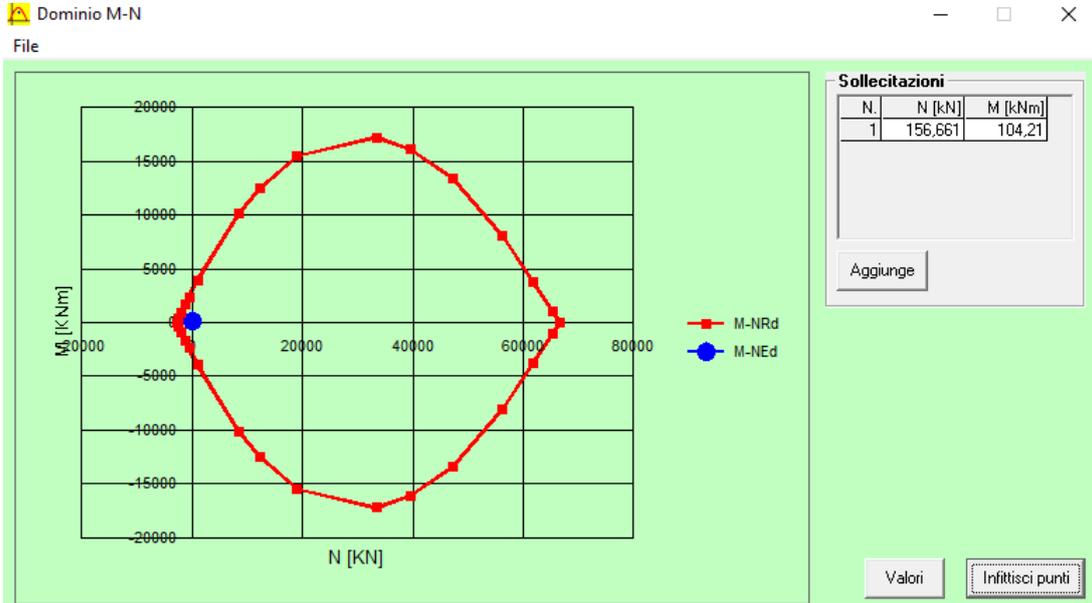


Figura 122 - COMBINAZIONE SLV-STR N° 1 FASE 4

$M_{Ed} = 104,21$ KNm

$N = 156,661$ KN

$M_u = 3140$ KNm

$FS = 30,13$

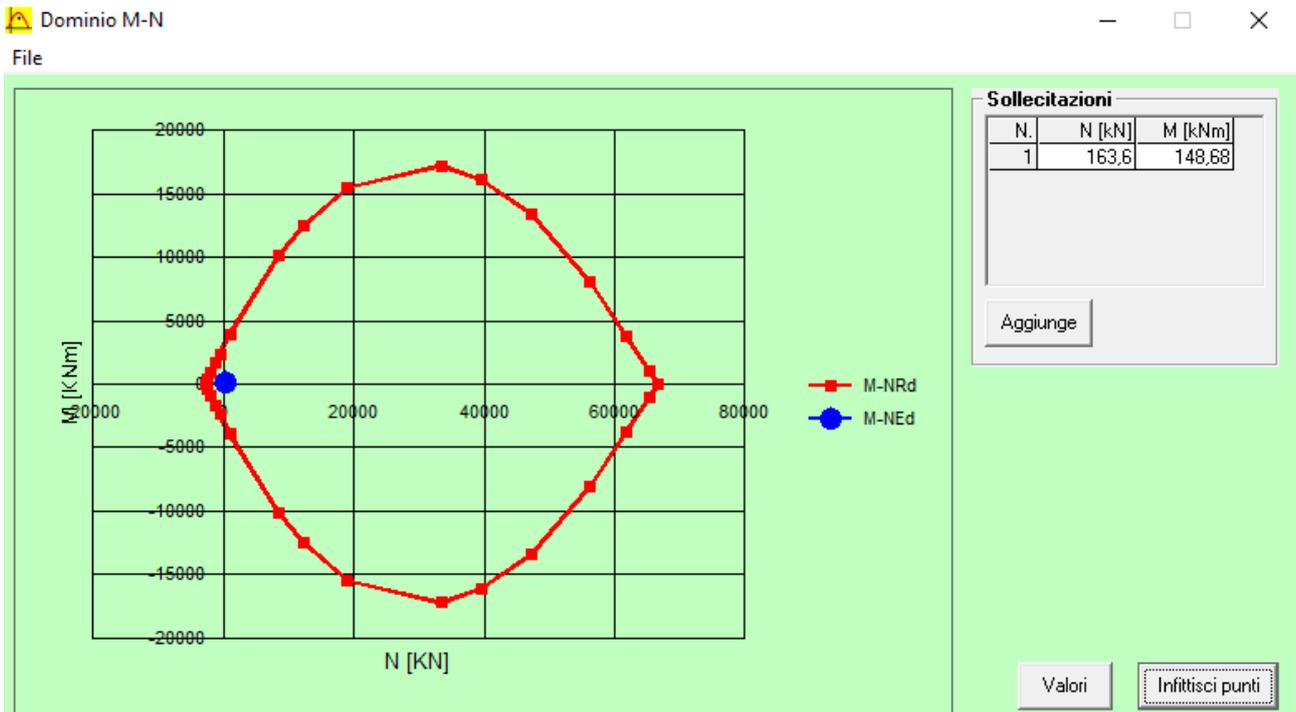


Figura 123 - COMBINAZIONE SLV-GEO N° 2 FASE 6

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	206

$M_{Ed}=148,68$ KNm

$N= 1163,6$ KN

$M_u= 3147$ KNm

$FS=21,17$

Verifica a Taglio del singolo palo col metodo sezione circolare

Si prende in considerazione il valore massimo dell' involuppo della sollecotazione tagliante

$T_{max}= 62,54$ KN

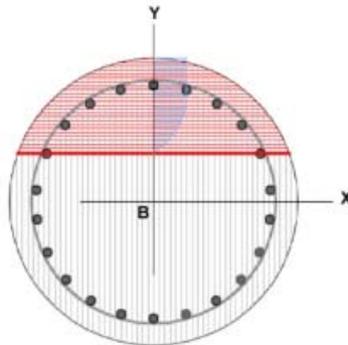


Figura 124 - Modello palo per verifica sezione circolare a taglio

Diametro palo[cm]	120	Carico assiale [kN]	0	
Diametro staffe [cm]	108	diametro ferri lon.[mm]	20	
Copriferro staffe [cm]	5,00	f_{ck} [N/mm ²]	25,00	
f_{yk} [N/mm ²]	450,00	f_{cd} [N/mm ²]	14,17	
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	20,00	
Area staffe [mm ²]	157	numero braccia elicoidali	2	
Verifica a Taglio				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	$\cotg\theta$	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
4,9021	2,5000	1,00	542,82	1874,05
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]				542,82
Taglio di Progetto V_d [kN]				62,54
FS				8,68

Verifica tensioni

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- A_f area di armatura espressa in [cmq]
- σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	207

σ_f tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

A_f	σ_c	cmb	σ_f	cmb
[cmq]	[kPa]		[kPa]	
69,12	752	2	12063	2

verifica fessurazione

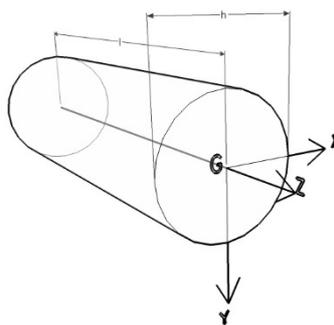
Simbologia adottata

Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto	Muro/Paratia
Y	Ordinata sezione, espresso in [m]
M	Momento agente, espresso in [kgm]
M_f	Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]
s	Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
ε_{sm}	Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
W_{lim}	Apertura limite fessure, espressa in [mm]
W_k	Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y [m]	M [kNm]	M_f [kNm]	s [mm]	ε_{sm} [%]	W_{lim} [mm]	W_k [mm]
Paratia	2 - ESE	5,60	79,01	609,96	0,000	0.0000	0,200	0,001

Verifica sezione cordolo c.a. sezione 4

La sezione trasversale del cordolo è verificata a pressoflessione deviata ($M_{x,Ed}$, $M_{y,Ed}$), a taglio nel piano verticale ($V_{v,Ed}$) e a taglio nel piano orizzontale ($V_{h,Ed}$), in riferimento alle sollecitazioni derivanti da due distinti schemi di carico.



Sistema di riferimento del solido trave

Nel primo schema di carico, nel piano verticale, si analizza il cordolo schematizzato come trave continua su più appoggi, costituiti dai pali, e caricato dal solo peso proprio Q_v . Dallo schema in questione si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano verticale ($M_{x,Ed}$) e la massima sollecitazione tagliante nel piano verticale ($V_{v,Ed}$).

Nel secondo schema di carico, nel piano orizzontale, si assume analogamente il cordolo come trave continua su più appoggi costituiti dai pali, ma caricato, questa volta, da un carico distribuito (Q_h) rappresentato dalla sollecitazione tagliante di inviluppo, all'intradosso del cordolo, derivante dall'analisi geotecnica della paratia. Da questo secondo schema di carico, si estrae la massima sollecitazione flettente nel piano orizzontale ($M_{y,Ed}$) e la massima sollecitazione tagliante nel piano orizzontale ($V_{h,Ed}$).

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	208

Verifica a flessione piano verticale

$Q_v = 25 \times 1,50 \times 1,40 = 52,50 \times 1,5 = 78,75 \text{ KN/m}$

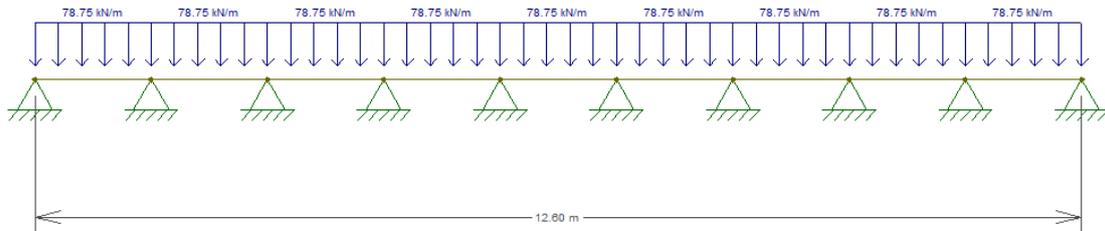


Figura 125 – Schema statico cordolo piano verticale

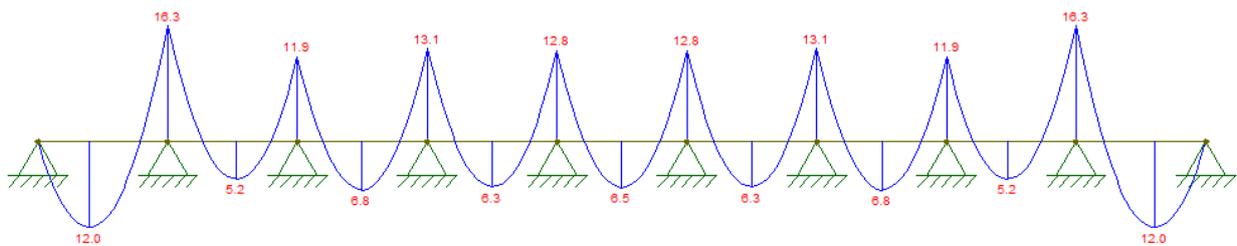


Figura 126 – Diagramma sollecitazione del momento piano verticale

Verifica a flessione piano orizzontale

$Q_H = 1,92 \text{ KN/m}$

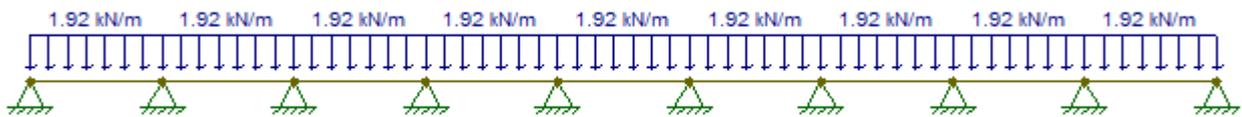


Figura 127 – Schema statico cordolo piano orizzontale

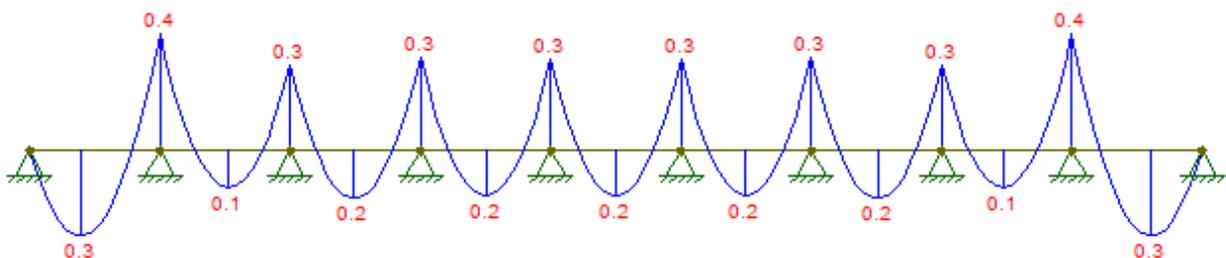


Figura 128 – Diagramma sollecitazione del momento piano orizzontale

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	209

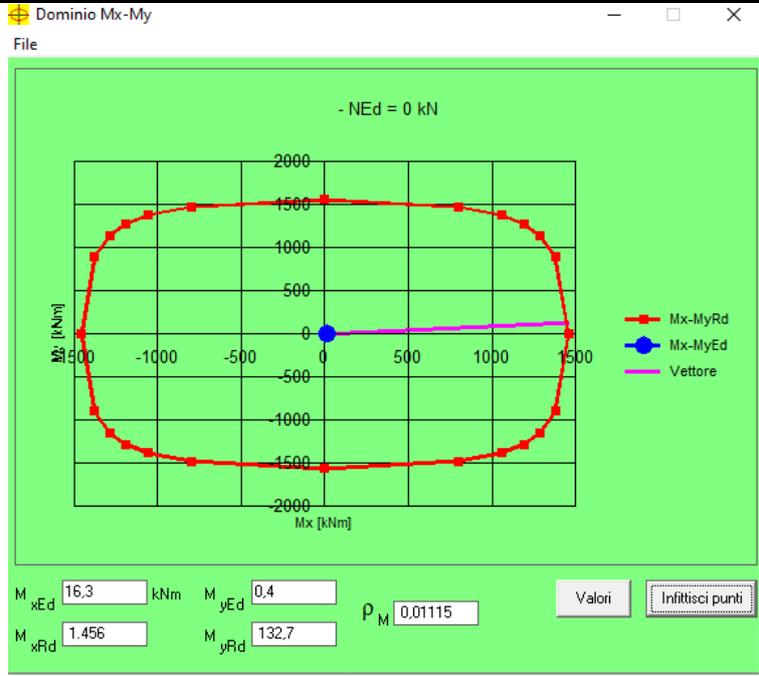


Figura 129 - Dominio flessione deviata Mx-My

FSx=89,33

FSy=331,75

Verifica a taglio piano verticale

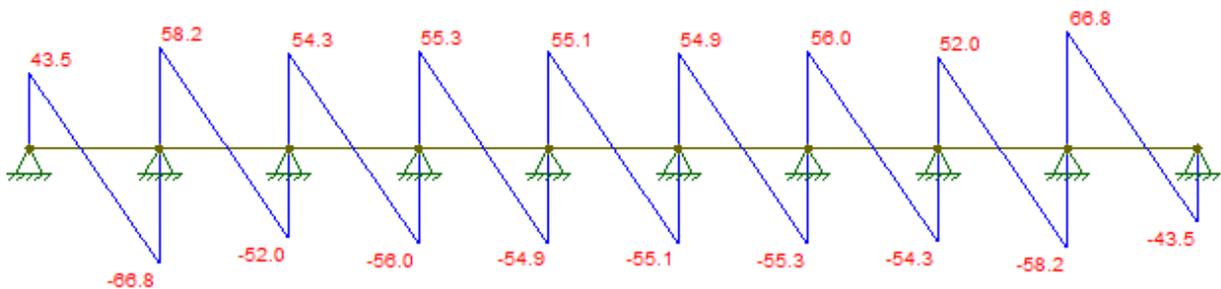


Figura 130 – Diagramma sollecitazione del taglio piano verticale

Dati sezione e materiale			
Base [cm]	150,00	Carico assiale [kN]	0
Altezza [cm]	140,00	diametro ferri lon.[mm]	20
Copriferro [cm]	5,00	f_{ck} [N/mm ²]	25,00
f_{yk} [N/mm ²]	450,00	f_{cd} [N/mm ²]	14,17

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	210

Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]		20,00
Area staffe [mm ²]	157		numero braccia	2
Verifica a Taglio				
θ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	$\cotg\theta$	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
5,7941	2,5000	1,00	919,68	4385,56
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]				919,68
Taglio di Progetto V_d [kN]				66,80
FS				13,77

Verifica a taglio piano orizzontale

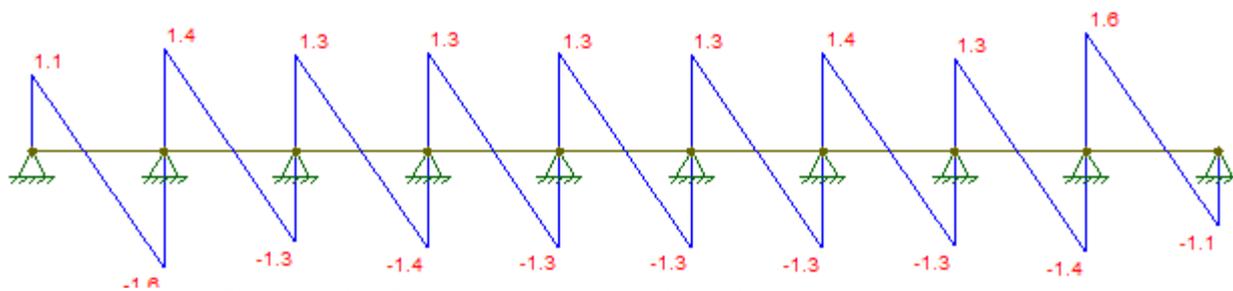


Figura 131 – Diagramma sollecitazione del taglio piano orizzontale

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	140,00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	150,00	diametro ferri lon.[mm]	20	
Copriferro [cm]	5,00	f_{ck} [N/mm ²]	25,00	
f_{yk} [N/mm ²]	450,00	f_{cd} [N/mm ²]	14,17	
Armatura trasversale				
diametro staffe [mm]	10,00	passo [cm]	20,00	
Area staffe [mm ²]	314		numero braccia	4
Verifica a Taglio				
θ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	$\cotg\theta$	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
3,8902	2,5000	1,00	1977,67	4400,95
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]				1977,67
Taglio di Progetto V_d [kN]				1,60
FS				1236,04

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	211

13 VERIFICA STABILITA' LOCALE VERSANTE SEZIONE 1

A monte della paratia frontale si prevede un intervento di consolidamento del versante mediante una maglia 1.00x1.50 m di chiodi in acciaio Ø22 di lunghezza pari a 7.0 m e un getto di spritz-beton armato con rete Φ8/20x20cm.

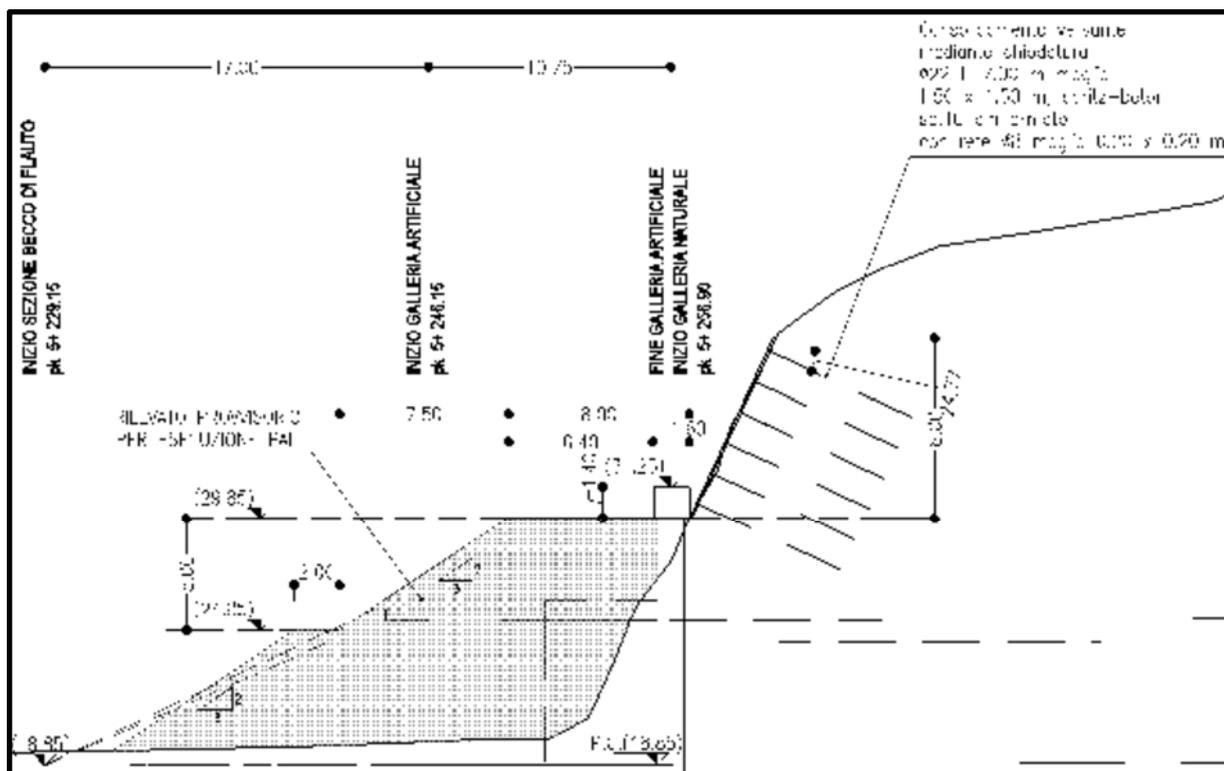


Figura 132 – Particolare intervento di consolidamento della scarpata

Nel seguito si riportano i risultati della verifica di stabilità della scarpata a monte della paratia frontale.

In particolare:

- In fase di analisi (condizioni post-operam) non si è tenuto conto del contributo in termini di stabilità offerto dallo spritz-beton armato.
- Il tirante passivo (chiodo) viene definito tramite la resistenza a trazione N e la resistenza a taglio T.

Durante il processo di analisi in corrispondenza della base della striscia intersecata vengono messe in conto come, incremento di resistenza a taglio, sia la resistenza a trazione che la resistenza a taglio opportunamente proiettate nella direzione della base.

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	212

Descrizione intervento Tirante

Lunghezza tirante [m]	7.00
Inclinazione tirante [°]	25.00
Interasse tiranti [m]	1.50
Diametro tiranti [cm]	2.20
Altezza cordolo [m]	0.10
Larghezza cordolo [m]	0.10
Posizione tirante [m]	0.00
Lunghezza fondazione [m]	7.00
Rbk calcestruzzo [kPa]	29420
Tipo tirante	
<input type="radio"/> Attivo	<input checked="" type="radio"/> Passivo
Resistenza trazione [kN]	6.9000
Resistenza taglio [kN]	85.0000

NAIL INFISSO (CHIODATURA)						
f_{yk} [Mpa]	f_{yd} [Mpa]	Φ_{barra} [mm]	$V_{c,Rd}$ [KN]	q_{lim} [Kpa]	L_{anc} [m]	$N_{nail,u}$ [KN]
450	391,3	22	85,9	39,91	2,5	6,9

Dove:

$V_{c,Rd}$ (Resistenza a taglio) : valutata sulla base del paragrafo 4.2.4.1.2 delle NTC 2008;

$N_{nail,u}$ (Resistenza a trazione) : $\pi \Phi_{nail} l_{anc} q_{lim}$ (Resistenza a sfilamento del chiodo)

In cui:

- L_{anc} = Lunghezza ancoraggio. Cautelativamente si considera per tutti i chiodi una lunghezza della parte ancorata di 2,5m

- q_{lim} = Tensione Tangenziale Limite $\mu \sigma_v$

- $\mu = f_b \cdot \tan \varphi$ (con $f_b=0.4$ per chiodi infissi)

- σ_v = Tensione verticale (valutata rispetto al baricentro dell'area soggetta ad intervento)

- $\varphi_k = 35^\circ$

- $\varphi_d = 29,26^\circ$

13.1 Risultati analisi di stabilità ante e post operam

Nel seguito si riporta la superficie di scorrimento critica e i relativi coefficienti di sicurezza ottenuti mediante il metodo di Morgenstern and Price(1965) in condizione pre e post intervento di stabilizzazione, sia in condizione statica che sismica.

In particolare la condizione sismica viene applicato col metodo pseudostatico in funzione dei

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	213

relativi coefficienti K_h e K_v calcolati rispetto ad una vita di riferimento di 35 anni.

$K_h = 0,0443$

$K_v = 0,02215$

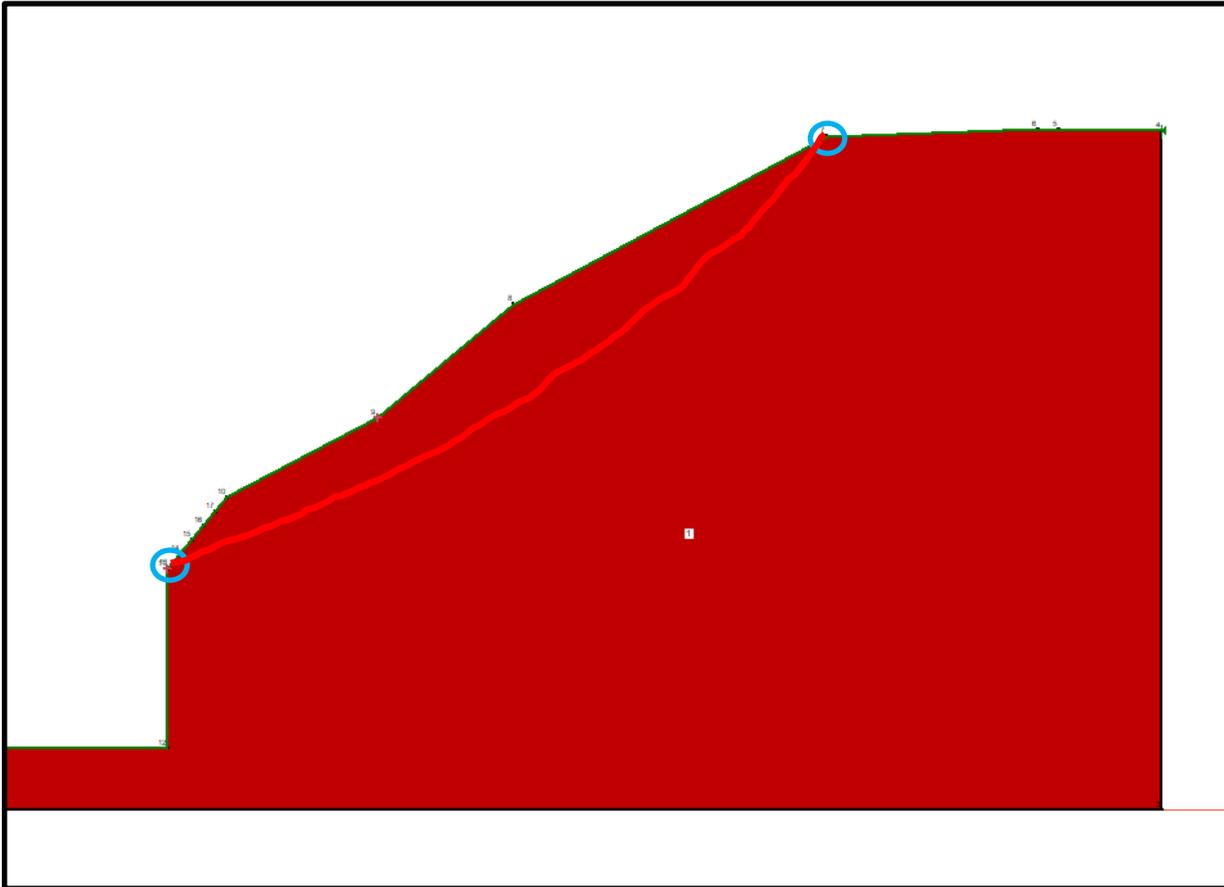
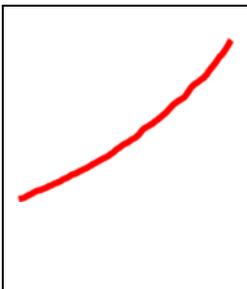


Figura 133 – Modello pendio

○=Punti di entrata e uscita della superficie critica

Superficie critica



**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	214

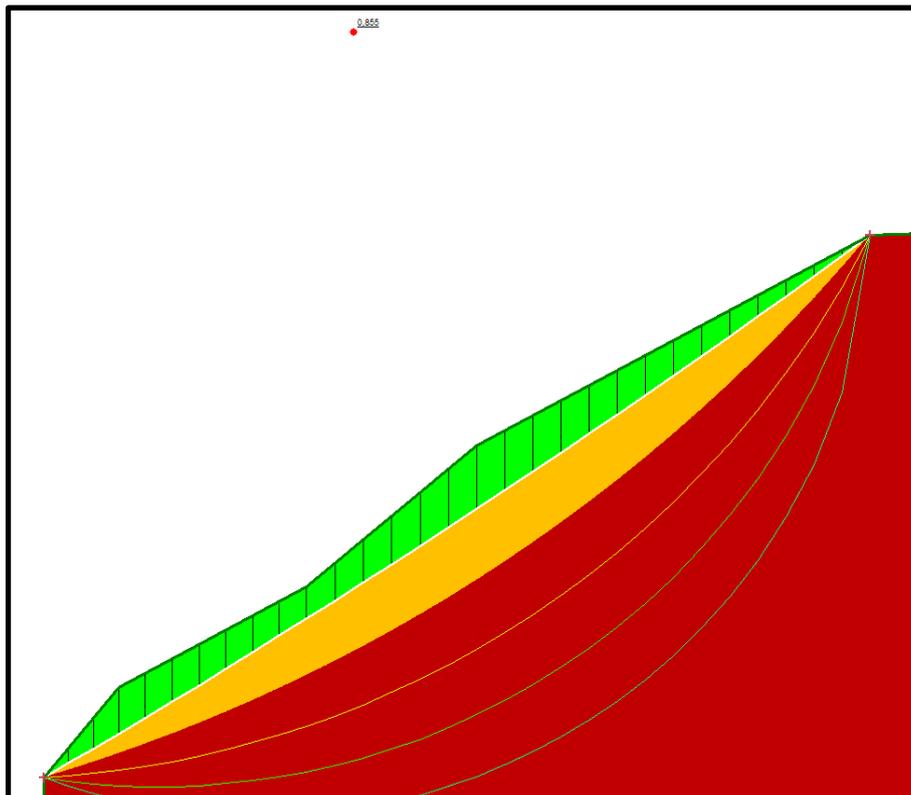
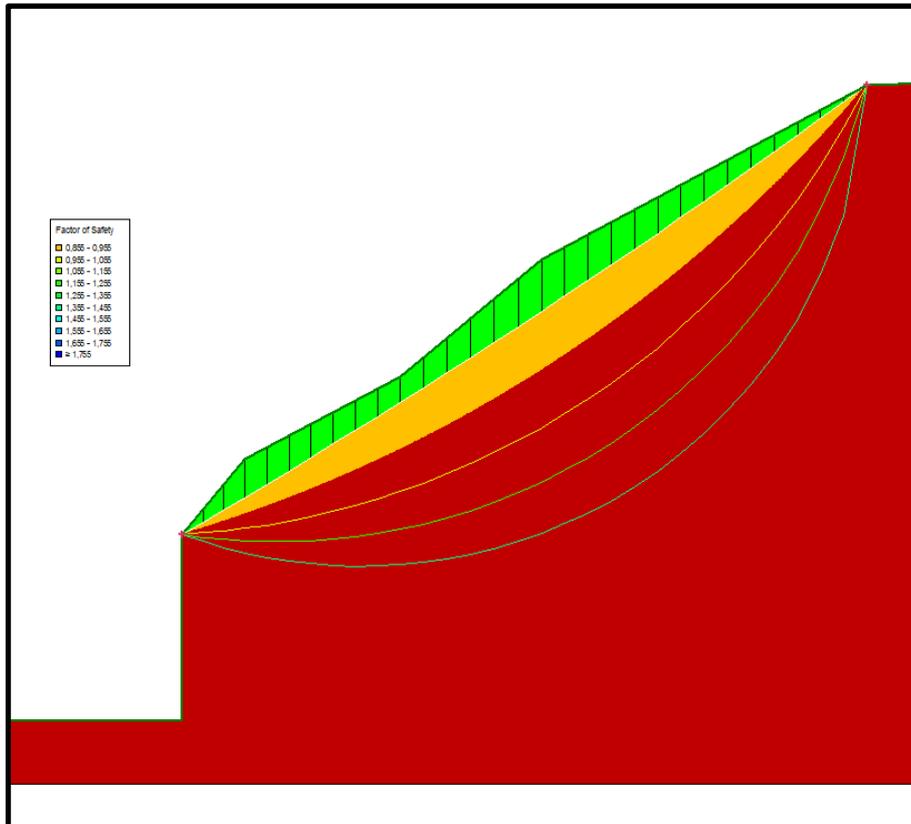


Figura 134 – Condizione STATICA senza rinforzo FS=0,855

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	215

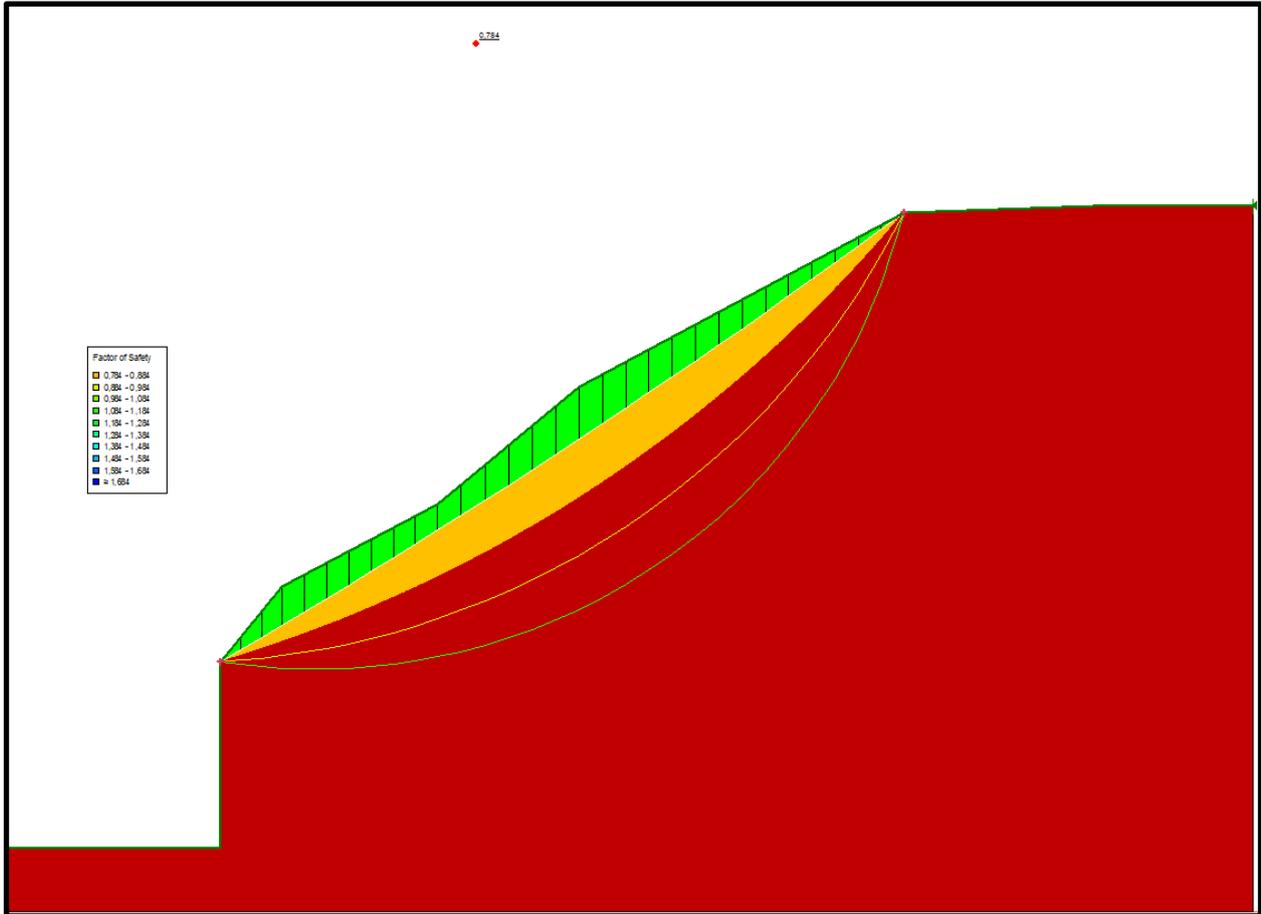


Figura 135 – Condizione SISMICA senza rinforzo FS=0,784

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	216

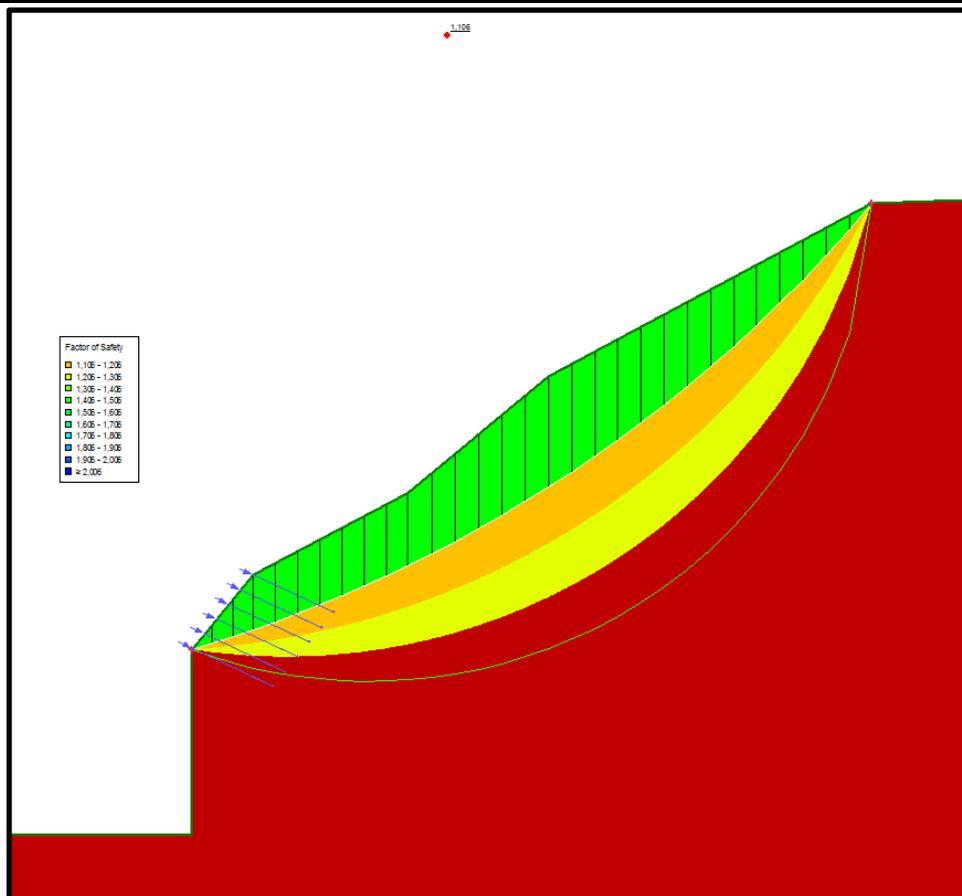


Figura 136 – Condizione STATICA con rinforzo FS=1,105

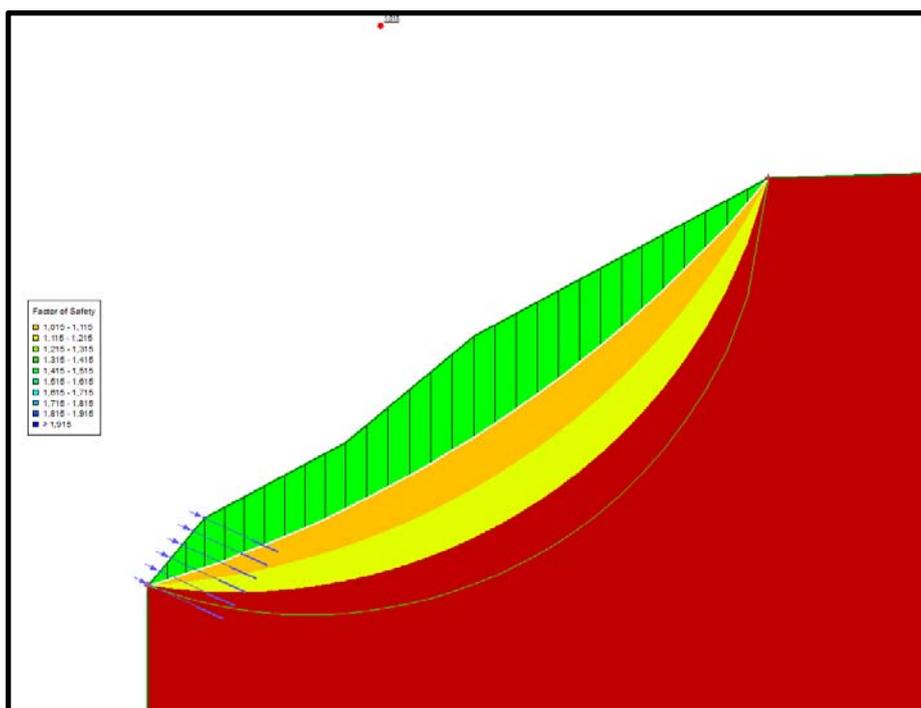
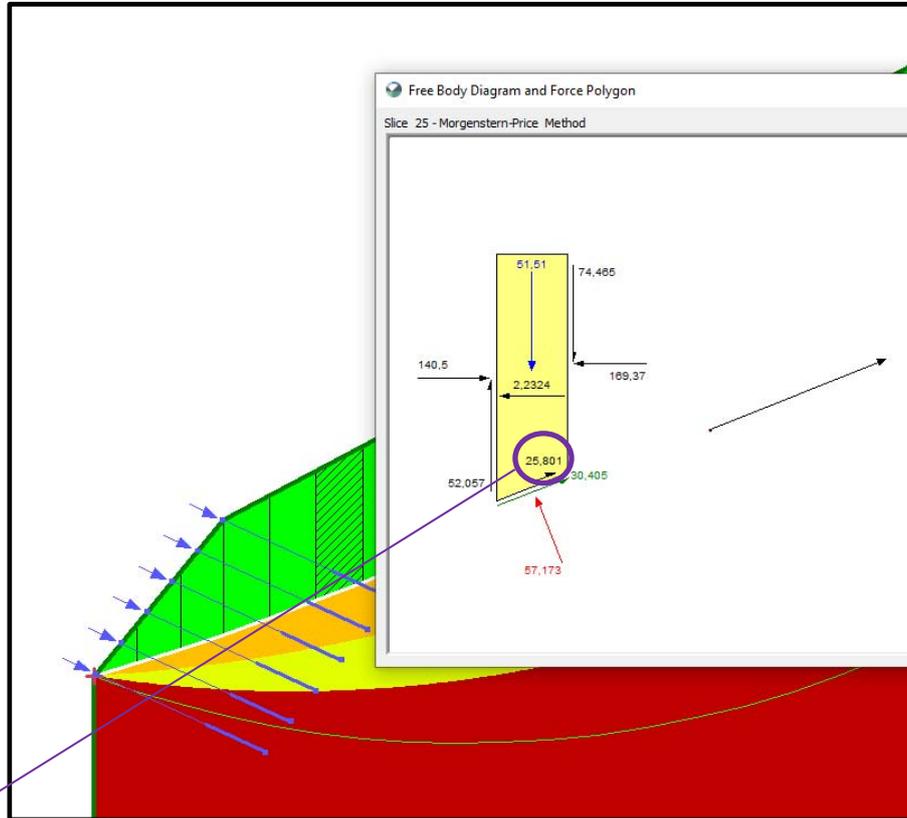


Figura 137 – Condizione SISMICA con rinforzo FS=1,015

**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	217



Contributo resistenza rinforzo a taglio dell' i-esima striscia

COMBINAZIONE A2-M2	FS		INTERVENTO DI STABILIZZAZIONE
	STATICA	SISMICA	
ANTE-OPERAM	0,855	0,784	-
POST-OPERAM	1,105	1,015	CHIODATURA

L'intervento di stabilizzazione è opportuno in quanto comporta un incremento del coefficiente di sicurezza del pendio fino ad un valore maggiore dell'unità.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	218

14 INCIDENZE

Le incidenze di armatura dei pali dei cordoli sono riportate nella Tabella seguente.

Modello (-)	Incidenza palo (kg/m ³)	Incidenza cordolo (kg/m ³)
SEZ 1 pk 5+256,90	110	130
SEZ 2 pk 5+255,85	60	80
SEZ 3 pk 5+255,85	60	80
SEZ 4 pk 5+255,85	70	80

Incidenza dei pali e cordoli in c.a.

I valori di incidenza relativi alle sezioni dei pali tengono conto anche della presenza di staffe fuori calcolo inserite per ragioni costruttive (staffe di irrigidimento e staffe di sollevamento).

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	01	00	001	B	219

15 ALLEGATO 1

Tabulato di calcolo Paratia SEZ. 1 pk 5+256,90.

16 ALLEGATO 2

Tabulato di calcolo Paratia SEZ.2 pk 5+255,85.

17 ALLEGATO 3

Tabulato di calcolo Paratia SEZ. 3 pk 5+255,85.

18 ALLEGATO 4

Tabulato di calcolo travi di ripartizione in acciaio SEZ. 1 pk 5+256,90.

19 ALLEGATO 5

Tabulato di calcolo travi di ripartizione in acciaio SEZ. 2 pk 5+255,85.

20 ALLEGATO 6

Tabulato di calcolo travi di ripartizione in acciaio SEZ. 3 pk 5+255,85.

21 ALLEGATO 7

Tabulato di calcolo Paratia SEZ. 4 pk 5+255,85.

22 ALLEGATO 8

Tabulato di calcolo stabilità versante SEZ. 1 pk 5+256,90.