

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria



Mandanti



ATLANTE

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. Gianguido Babini

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

I progettisti (il Direttore della progettazione)

Ing. Massimo Facchini

HUB ENGINEERING

CONSORZIO STABILE scrl

data

firma

(Ing. Gianguido Babini)

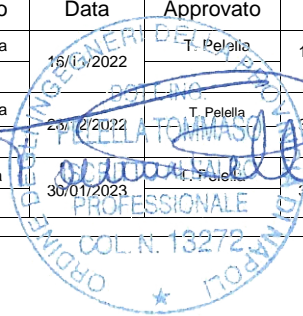
data

firma

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 2 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	15/11/2022	T. Pelella	18/11/2022	
B	Emissione	S. Iovinella	28/12/2022	S. Carozza	29/12/2022	T. Pelella	30/12/2022	
C	Emissione	S. Iovinella	30/01/2023	S. Carozza	30/01/2023	T. Pelella	31/01/2023	
File: LI0B02EZZCLGI0200001C								n. Elab.



HUB ENGINEERING
CONSORZIO STABILE scrl
Legale Rappresentante

**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	02	00	001	C	2

Indice

1	PREMESSA	6
2	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	6
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
3.1	LEGGI E NORMATIVE COGENTI	7
3.2	PRESCRIZIONI E SPECIFICHE TECNICHE (RFI, ITF)	7
4	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	8
4.1	IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO.....	8
5	FASE CONOSCITIVA.....	9
5.1	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	10
5.1.1	DEFINIZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI UTILIZZATI NELLE ANALISI.....	12
5.1.2	IL REGIME IDRAULICO.....	12
5.2	CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA.....	12
6	SOLUZIONI PROGETTUALI	16
7	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI	18
7.1	CALCESTRUZZO.....	18
7.2	ACCIAIO DI ARMATURA - BARRE	18
7.3	ACCIAIO ARMONICO PER TIRANTI.....	19
7.4	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA PER PUNTONI.....	19
7.5	ACCIAIO PER TRAVI DI RIPARTIZIONE	19
8	ANALISI DEI CARICHI STATICI DI PROGETTO	20
8.1	STATICA DELLE TERRE E DELL'ACQUA	20
8.2	AZIONE DEL SOVRACCARICO A TERGO DELLA PARATIA.....	22
9	DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	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	02	00	001	C	3

9.1	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	22
9.2	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO.....	22
9.3	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	23
9.4	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA.....	23
9.5	SPETTRI DI RISPOSTA SLV	25
9.6	ANALISI PSEUDOSTATICA.....	28
9.7	CALCOLO INERZIA SISMICA SUL PALO	29
9.8	CALCOLO DELLA SPINTA SISMICA.....	29
10	VERIFICHE AGLI STATI LIMITI E PARAMETRI CARATTERISTICI DI PROGETTO GEOTECNICI	30
10.1.1	VERIFICHE DELLE SEZIONI IN C.A.....	39
10.1.2	VERIFICHE DEI TIRANTI DI ANCORAGGIO	40
10.4	CRITERI DI VERIFICA GEOTECNICA.....	42
11	METODO DI ANALISI - CALCOLO PARATIA	42
12	MODELLI DI CALCOLO	56
12.1	MODELLO SEZ1 pk 6+809.....	69
12.1.1	FASI DI CALCOLO	72
12.1.2	RISULTATI DELLE ANALISI.....	78
12.1.3	VERIFICHE STRUTTURALI	97
12.1.3.1	VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE IN C.A.....	97
12.1.3.2	VERIFICHE DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE.....	103
12.1.3.3	VERIFICA DEL CORDOLO.....	108
12.2	MODELLO SEZ 2 pk 6+812.....	113
12.2.1	FASI DI CALCOLO	116
12.2.2	CONSIDERAZIONI SUL SISTEMA DI SIMMETRIA	119
12.2.3	RISULTATI DELLE ANALISI.....	122
12.2.4	VERIFICHE STRUTTURALI	138
12.2.4.1	VERIFICHE STRUTTURALI DELLE SEZIONI IN C.A.	138
12.2.4.2	VERIFICHE DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE	145
12.2.4.3	VERIFICA DEL CORDOLO.....	149
12.3	MODELLO SEZ 3 pk 6+821.....	154

**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	02	00	001	C	4

12.3.1 FASI DI CALCOLO	157
12.3.2 RISULTATI DELLE ANALISI	160
12.3.3 VERIFICHE STRUTTURALI	180
12.3.3.1 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE IN C.A.	180
12.3.3.2 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE	186
12.3.3.3 VERIFICA DEL CORDOLO	190
12.4 MODELLO SEZ 4 pk 6+826.....	195
12.4.1 FASI DI CALCOLO	198
12.4.2 RISULTATI DELLE ANALISI.....	201
12.4.3 VERIFICHE STRUTTURALI	217
12.4.3.1 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE IN C.A.	217
12.4.3.2 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE	223
12.4.3.3 VERIFICA DEL CORDOLO	227
12.5 MODELLO SEZ 5 6+832	232
12.5.1 FASI DI CALCOLO	235
12.5.2 RISULTATI DELLE ANALISI.....	238
12.5.3 VERIFICHE STRUTTURALI	255
12.5.3.1 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SEZIONE IN C.A.	255
12.5.3.2 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE	262
12.5.3.3 VERIFICA DEL CORDOLO	266
13 VERIFICA DEL PUNTONE IN ACCIAIO	271
14 INCIDENZE	275
15 ALLEGATO 1.....	275
16 ALLEGATO 2.....	275
17 ALLEGATO 3.....	275
18 ALLEGATO 4.....	275
19 ALLEGATO 5.....	275

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	02	00	001	C	5

20 ALLEGATO 6..... 275

21 ALLEGATO 7..... 276

**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	02	00	001	C	6

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto esecutivo 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 provvisionali in corrispondenza dell'imbocco Sud della galleria naturale Campomarino.

Per l'inquadramento generale delle opere in sotterraneo si rimanda al documento "Relazione tecnica delle opere in sotterraneo" (Rif. [3]).

In questo documento vengono descritte e verificate le opere provvisionali in corrispondenza dell'imbocco lato Lesina 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.

2 SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

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

Vengono descritte le soluzioni progettuali, e presentati i modelli di calcolo per il dimensionamento e la verifica delle opere, con riferimento al contesto geologico di inquadramento e alla caratterizzazione e modellazione geotecnica.

La progettazione è stata sviluppata nel rispetto dei riferimenti normativi riportati di seguito.

**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	02	00	001	C	7

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 LI0B02EZZCLGN0100001A "ELABORATI GENERALI - Relazione tecnica delle opere in sotterraneo" datato Agosto 2021;

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

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

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

Rif.[8] U.O. Gallerie, Relazione geotecnica e di calcolo delle opere provvisionali, documento n° LI0B02EZZGEGN0100001A

Rif. [15] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZL7GN0100001A Fase provvisoria - Planimetria e profilo longitudinale, datato Novembre 2018;

Rif. [18] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZL7GN0100001A Sistemazione definitiva - Planimetria e profilo longitudinale, datato Novembre 2018;

Rif. [19] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZWBGA0200001A Sistemazione definitiva-Sezioni caratteristiche, datato Novembre 2018;

Rif. [20] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZPBGA0200001A Dima - Carpenteria, datato Novembre 2018;

Rif. [21] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZWBGN0100002A Concio d'attacco - Carpenteria, scavo e consolidamenti, datato Novembre 2018;

Rif. [22] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZWBGA0200002A Galleria artificiale policentrica - Carpenteria, datato Novembre 2018;

Rif. [24] U.O. Gallerie, documento LI0B02EZZDAGA0200001A Schema delle fasi esecutive, datato Novembre 2018.

**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	02	00	001	C	8

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 6+809.00 a pk 6+814.00 (L=5.0 m) galleria artificiale - dima d'attacco.
- da pk 6+814.00 a pk 6+895.85 (L=81.85 m) galleria artificiale - sezione policentrica;

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.

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

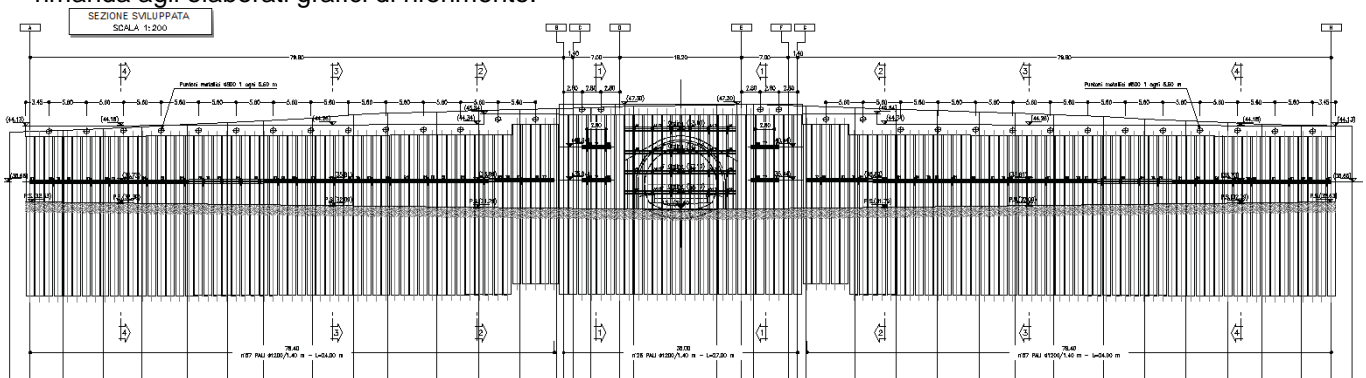


Figura 4.1 – Sezione Longitudinale

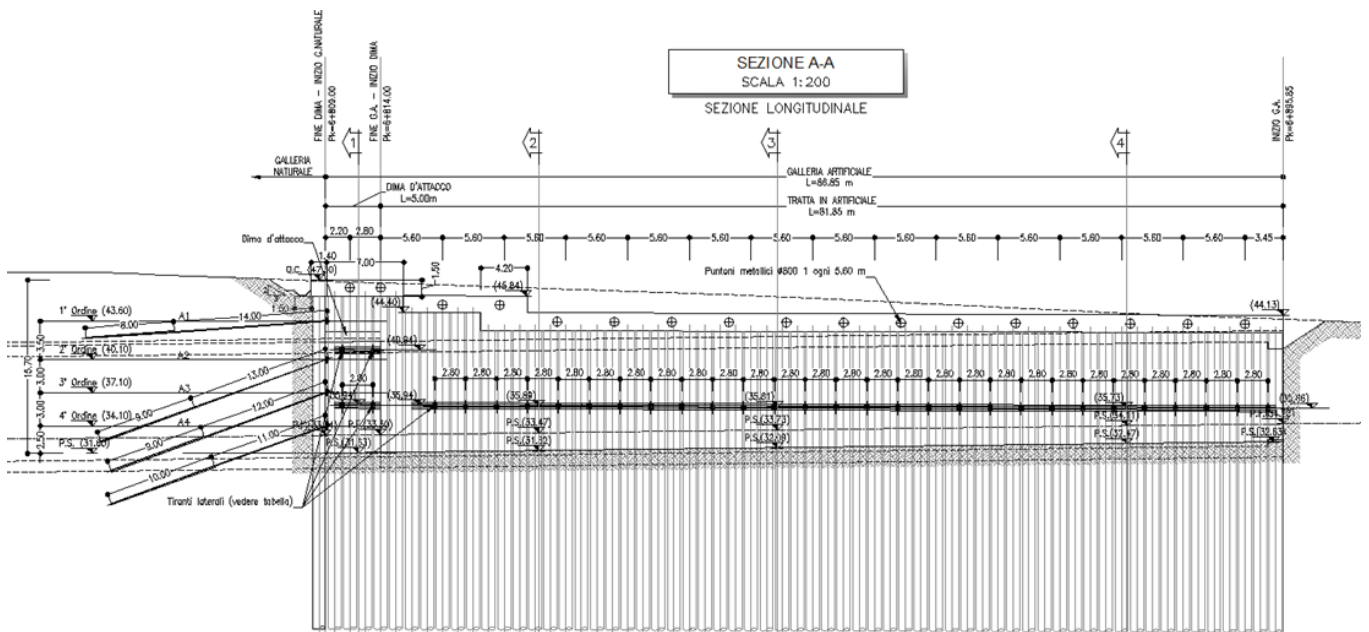


Figura 4.2 – Sviluppata in asse paratia

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	02	00	001	C	9

Con riferimento all'imbocco Sud della galleria naturale non si registrano interferenze.

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. Data la morfologia pianeggiante del territorio la paratia ha uno sviluppo di circa 165 m, così da consentire gli idonei scavi per la corretta realizzazione della galleria artificiale, lunga circa 82 m.

La paratia è ancorata con più ordini di tiranti, in corrispondenza della sezione frontale, per le sezioni laterali si prevede l'installazione di un puntone provvisorio in testa, così da limitarne gli spostamenti e ridurre il numero di ordine di tiranti necessari ad assicurare un corretto funzionamento dell'opera.

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 Sud.

 	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	02	00	001	C	10

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 di una campagna di indagini di approfondimento eseguiti in fase di progettazione esecutiva.

Si riassumono qui nel seguito gli aspetti più rilevanti della caratterizzazione geotecnica.

Le formazioni interessate dalla realizzazione delle opere all'imbocco sul lato Lesina sono ascrivibili all'Unità della Fossa Bradanica, e in particolare alle seguenti formazioni:

- Sabbie di Serracapriola (SSC) (Pleistocene inferiore), costituite da sabbie medio-fini a luoghi cementate;
- Conglomerati di Campomarino in facies argilloso-limosa (CGC2) (Pleistocene inferiore - Pleistocene medio), costituite da argille limose e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio, marrone e verdastro, a struttura indistinta o debolmente laminata.

Si rinviene a parziale copertura dei Conglomerati una coltre di spessore modesto eluvio-colluviale in facies limoso-sabbiosa. L'imbocco della galleria sul lato Lesina è ubicato in area geomorfologicamente stabile.

Per una dettagliata descrizione del modello geologico del sito si rimanda alla documentazione prodotta nel Progetto Definitivo e in particolare al documento "Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica" e alla "Relazione geotecnica e di calcolo della galleria naturale".

Per la caratterizzazione geotecnica delle formazioni interessate dalle opere in sottoterraneo erano disponibili i dati provenienti dalla campagna d'indagine eseguita da Italferr nel 2017, relativamente al tratto in galleria.

In corrispondenza dell'imbocco lato Lesina, in tale campagna erano stati eseguiti:

1 sondaggio a carotaggio continuo fino alla profondità di 40 m, attrezzato con piezometro e con esecuzione di prove SPT, prelievo di 5 campioni (2 indisturbati e 3 rimaneggiati), esecuzione di 3 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile, n° 2 prove dilatometriche e n° 1 prova pressiometrica. Sui campioni prelevati nel sondaggio sono state eseguite n° 2 prove Triassiali (UU) e n° 2 prove di Taglio Diretto. Sono state inoltre realizzate: 2 linee di stendimento di tomografia elettrica e 1 prova Re.Mi (Refraction Microtremor).

La caratterizzazione geotecnica del progetto definitivo è stata basata anche sulle ulteriori indagini eseguite lungo il tracciato dell'intera galleria nel 2017. In particolare ai fini di una migliore caratterizzazione e modellazione delle condizioni geotecniche all'imbocco lato Lesina, in fase di progettazione esecutiva è stato eseguito un ulteriore sondaggio in prossimità dell'imbocco lato Lesina, SPE04.4, fino alla profondità di 40 m dal piano campagna, ubicato a quota 49 m s.l.m., con prove SPT eseguite ogni 5 m e prelievo di 2 campioni rimaneggiati (in sabbia) alla profondità di 18 m e 22 m. nel foro è stata eseguita anche una prova di permeabilità a carico costante Lefranc, alla profondità di 23.5 m.

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. Il modello geotecnico complessivo dell'opera in sottoterraneo è rappresentato nell'elaborato "Profilo Geotecnico - Galleria Campomarino"

Nella definizione del modello geotecnico di sottosuolo per le opere di imbocco Sud (lato Lesina) della galleria Campomarino sono state individuate la formazione dei Conglomerati di Campomarino (facies CGC2) e le sabbie di Serracapriola (SRR). La caratterizzazione geotecnica dei terreni deriva sia dall'analisi dei risultati della campagna del 2017 che dalle indagini integrative, e in particolare delle prove in sito e dalle prove di laboratorio (prove di taglio diretto e prove triassiali) eseguite sui campioni indisturbati del sondaggio S4GALL (pk. 7+009.3) realizzato in prossimità dell'imbocco. Le caratteristiche di deformabilità sono state determinate sulla base delle prove dilatometriche eseguite nel foro di sondaggio e delle prove pressiometriche. L'elaborazione delle prove SPT ha permesso, inoltre, di stimare la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, individuando una categoria di sottosuolo C (§3.2.2 DM 14/01/2008). Tale valutazione è stata confermata anche dalla prova MASW MW_A2, eseguita nel corso della campagna d'indagini di approfondimento eseguita in fase di progettazione esecutiva in prossimità del sondaggio SPE04.4.

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	02	00	001	C	11

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)
CGC2	20.0	15.0	22.0	40.0
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	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	12

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_t (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E (MPa)
1	8,00 – 9,50	CGC2 CONGLOMERATI DI CAMPOMARINO	20.0	22.0	0.0	40.0
2	42.0	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 S4GALL 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, PVR, 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:

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

**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	02	00	001	C	13

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

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

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:

SEZIONE 1

Livello falda dal piano campagna 35 m

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

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1,202	0,465
Accelerazione al suolo $a_g(\% \text{ di } g)$	0,123	0,047
Fattore amplificatore F_0	2,570	2,419
T_c^*	0,354	0,301
S_s (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coefficiente riduzione β_s	0,380	0,470
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)	1,00	
Coefficiente riduzione α	0,584	
$U_s(m)$	0,135	
Coefficiente riduzione β	0,348	
Coefficiente intensità sismica orizzontale $K_h[\%]$	3,736	1,446
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale $K_h[\%]$	3,736	1,446
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	1,868	0,723

**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	02	00	001	C	14

SEZIONE 2

Livello falda dal piano campagna 35 m

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

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1.202	0.465
Accelerazione al suolo $a_g(\% \text{ di } g)$	0,122	0,047
Fattore amplificatore F_0	2.570	2.419
T_c^*	0.354	0.301
S_s (Terreno tipo C)	1.5	1,50
Coefficiente riduzione β_s	0,380	0,470
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)		1.0
Coefficiente riduzione α		0,549
$U_s(m)$		0,143
Coefficiente riduzione β		0,339
Coefficiente intensità sismica orizzontale $K_h[\%]$	3.677	1.423
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale $K_h[\%]$	3.677	1.423
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	1.838	0.711

SEZIONE 3

Livello falda dal piano campagna 35 m

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

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1,203	0,465
Accelerazione al suolo $a_g(\% \text{ di } g)$	0,123	0,047
Fattore amplificatore F_0	2,570	2,419
T_c^*	0,354	0,301
S_s (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coefficiente riduzione β_s	0,380	0,470
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)		1,00
Coefficiente riduzione α		0,615
U_s (m)		0,128
Coefficiente riduzione β		0,356
Coefficiente intensità sismica orizzontale $K_h[\%]$	4,024	1,557
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale $K_h[\%]$	4,024	1,557
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	2,012	0,779

**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	02	00	001	C	15

SEZIONE 4

Livello falda dal piano campagna 35 m

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

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1,203	0,465
Accelerazione al suolo $a_g(\% \text{ di } g)$	0,123	0,047
Fattore amplificatore F_0	2,570	2,419
T_c^*	0,354	0,301
S_s (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coefficiente riduzione β_s	0,380	0,470
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)		1,00
Coefficiente riduzione α		0,582
$U_s(m)$		0,136
Coefficiente riduzione β		0,347
Coefficiente intensità sismica orizzontale $K_h[\%]$	3,717	1,438
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale $K_h[\%]$	3,717	1,438
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	1,859	0,719

SEZIONE 5

Livello falda dal piano campagna 35 m

Tabella 5 – Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto, SEZIONE 5

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1,203	0,465
Accelerazione al suolo $a_g(\% \text{ di } g)$	0,123	0,047
Fattore amplificatore F_0	2,570	2,419
T_c^*	0,354	0,301
S_s (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coefficiente riduzione β_s	0,380	0,470
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)		1,00
Coefficiente riduzione α		0,615
$U_s(m)$		0,128
Coefficiente riduzione β		0,356
Coefficiente intensità sismica orizzontale $K_h[\%]$	4,024	1,557
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale $K_h[\%]$	4,024	1,557
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	2,012	0,779

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.	MANDANTI 	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 LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GI 02 00			PROGR 001

6 SOLUZIONI PROGETTUALI

L'imbocco Sud (lato Lesina) della Galleria Naturale di Campomarino risulta collocato nei depositi argilloso-sabbiosi dei Conglomerati di Campomarino (CGC2) e nella formazione sabbioso-limosa delle Sabbie di Serracapriola (SSR). Quest'ultime più profonde tendono a comparire solo durante le ultime fasi di scavo.

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. Data la morfologia pianeggiante del territorio la paratia ha uno sviluppo di circa 165 m, così da consentire gli idonei scavi per la corretta realizzazione della galleria artificiale, lunga circa 82 m.

La paratia è ancorata con più ordini di tiranti da minimo tre trefoli, con un massimo di quattro ordini in corrispondenza della sezione frontale, per le sezioni laterali si prevede l'installazione di un puntone provvisorio in testa, così da limitarne gli spostamenti e ridurre il numero di ordine di tiranti necessari ad assicurare un corretto funzionamento dell'opera. I tiranti di lunghezza compresa tra 22 m e 21 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 rispetto all' orizzontale di 20°, tranne i tiranti della prima fila in corrispondenza del fronte di imbocco, i quali hanno un'inclinazione rispetto all' orizzontale di 5° per evitare interferenze e detensionamento in fase di scavo della galleria naturale. Il puntone è un profilato tubolare di 800 mm di spessore 11 mm, avrà interasse pari a 2.8 m in corrispondenza dello sviluppo della dima di attacco e di 5.6 m per il restante sviluppo della paratia.

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. Esecuzione dei pali, del cordolo e scavo fino a quota intradosso cordolo;

FASE 1. Posa in opera dei puntoni metallici provvisori;

FASE 2. 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.

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

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	02	00	001	C	17

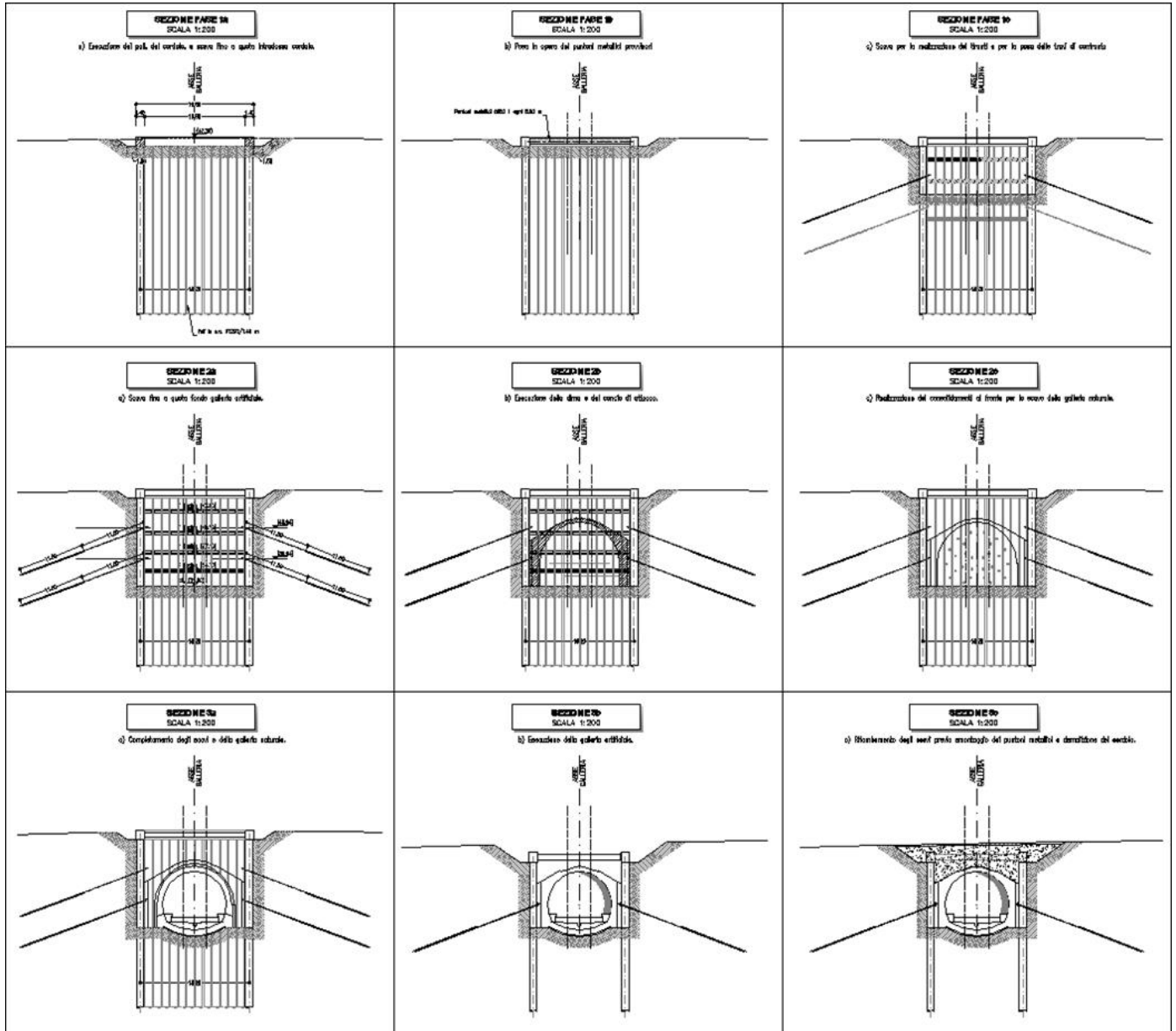


Figura 6.1 – Fasi realizzative

**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	02	00	001	C	18

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

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

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

$$f_{yk \text{ min}} = \text{minima tensione caratteristica di snervamento} = 450 \text{ N/mm}^2 \quad f_{tk \text{ min}} = \text{minima tensione caratteristica di rottura} = 540 \text{ N/mm}^2$$

$$(f_t/f_y)_{k \text{ min}} = \text{minimo rapporto tra i valori caratteristici} = 1.15 \quad (f_t/f_y)_{k \text{ max}} = \text{massimo rapporto tra i valori caratteristici} = 1.35$$

**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	02	00	001	C	19

$(f_y/f_{y\ nom})_k =$ 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

Coefficiente parziale sicurezza $\gamma_M = 1,15$

7.4 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA PER PUNTONI

Tipo=S275 per Puntone metallico

Tipo=S355 per Piastra di attacco puntone cordolo in c.a.

Barre filettate per ancoraggio Puntone di Classe di resistenza 8.8

7.5 ACCIAIO PER TRAVI DI RIPARTIZIONE

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 $\gamma_M = 1,05$

 	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	02	00	001	C	20

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

**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	02	00	001	C	21

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

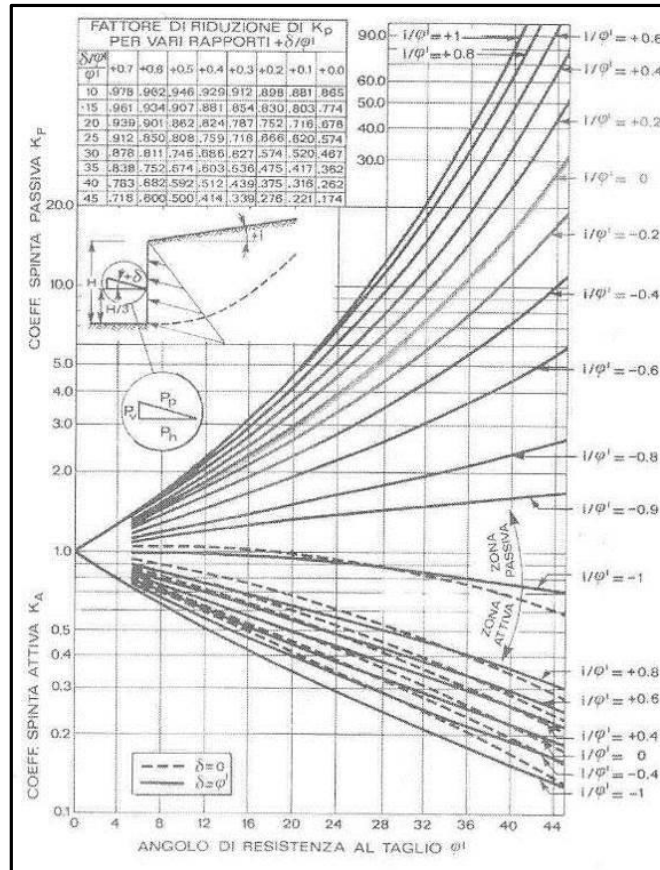


Figura 8.1 – Formulazione di Caquot – Kerisel per K_p che considera superfici di rottura curvilinee

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	02	00	001	C	22

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 gli 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%

Figura 9.1 – Probabilità di superamento P_{VR} 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**.

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI 		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	02	00	001	C	23

9.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

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 $i > 30^\circ$

Figura 9.2 – Classificazione topografie superficiali

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 **T1**.

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	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

Figura 9.3 – Tabella delle espressioni per S_s e per 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	02	00	001	C	24

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

Figura 9.4 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

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	02	00	001	C	25

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 - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="45"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="75"/>

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="712"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="1462"/>

Elaborazioni
 Grafici parametri azione
 Grafici spettri di risposta
 Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO
 - - - - - Strategia per costruzioni ordinarie
 - - - - - Strategia scelta

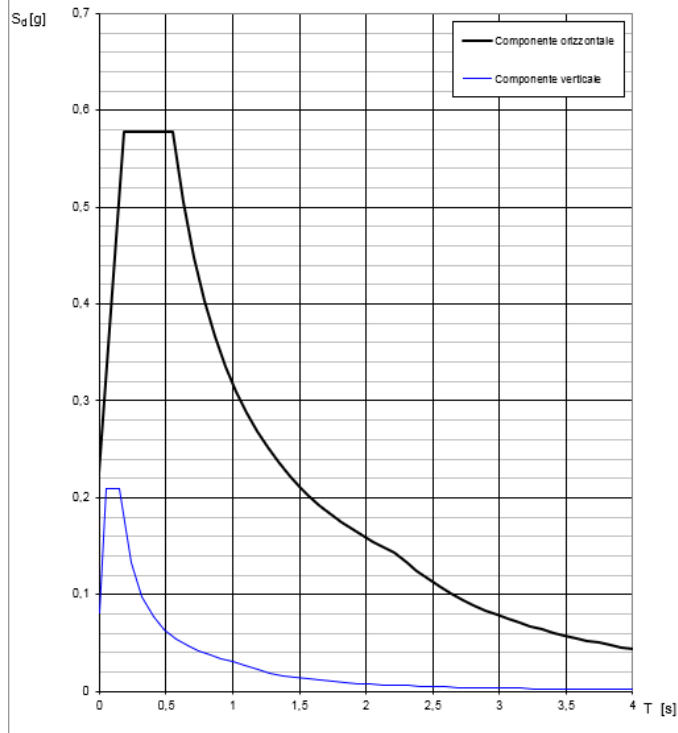
LINEA PESCARA – BARI

**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	02	00	001	C	26

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	02	00	001	C	27

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,154 g
F_p	2,573
T_c	0,381 s
S_s	1,463
C_c	1,443
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,463
η	1,000
T_B	0,183 s
T_C	0,550 s
T_D	2,214 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

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

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

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

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

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_c(T)$ 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	0,225
$T_B \leftarrow$	0,183	0,578
$T_C \leftarrow$	0,550	0,578
	0,629	0,505
	0,709	0,449
	0,788	0,404
	0,867	0,367
	0,946	0,336
	1,026	0,310
	1,105	0,288
	1,184	0,269
	1,263	0,252
	1,343	0,237
	1,422	0,224
	1,501	0,212
	1,580	0,201
	1,659	0,192
	1,739	0,183
	1,818	0,175
	1,897	0,168
	1,976	0,161
	2,056	0,155
	2,135	0,149
$T_D \leftarrow$	2,214	0,144
	2,299	0,133
	2,384	0,124
	2,469	0,115
	2,554	0,108
	2,639	0,101
	2,724	0,095
	2,809	0,089
	2,894	0,084
	2,979	0,079
	3,065	0,075
	3,150	0,071
	3,235	0,067
	3,320	0,064
	3,405	0,061
	3,490	0,058
	3,575	0,055
	3,660	0,053
	3,745	0,050
	3,830	0,048
	3,915	0,046
	4,000	0,044

**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	02	00	001	C	28

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);

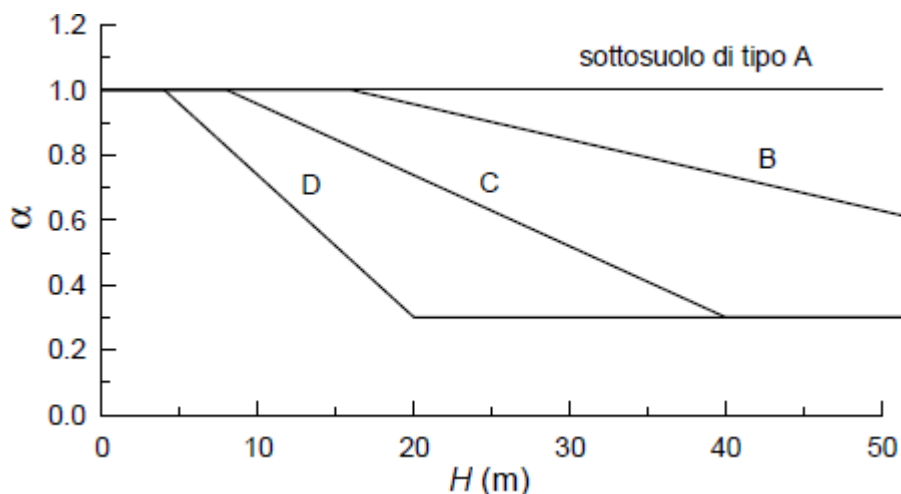


Figura 9.5 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α

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	02	00	001	C	29

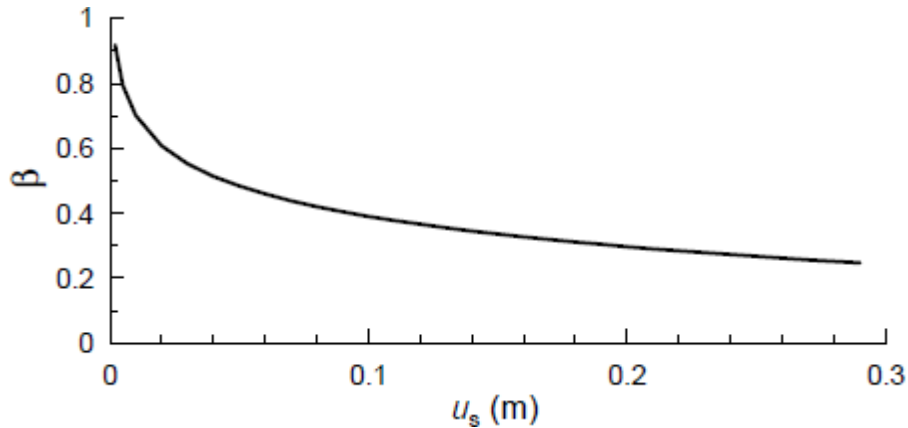


Figura 9.6 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β

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:

Tabella 6 – verifica paratia, parametri azione sismica

Stato Limite	SLV
$a_{max} (g) = S_s \cdot S_T \cdot a_g/g$	0.225
Categoria del suolo	C

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.

$$\Delta S_E = \left[\frac{2}{3} \gamma \cdot H^2 \cdot (K_{aE} - K_a) \right] / H,$$

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	02	00	001	C	30

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 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

**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	02	00	001	C	31

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 – tabb. 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del DM 14/01/2008).

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	02	00	001	C	32

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	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{tk}	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	02	00	001	C	33

(CGC2) TERRENO 1

Caratteristico **Progetto**

$K_0=1-\text{sen}\varphi=0,625$ $K_0=1-\text{sen}\varphi=0,693$

(SRR) TERRENO 2

Caratteristico **Progetto**

$K_0=1-\text{sen}\varphi=0,426$ $K_0=1-\text{sen}\varphi=0,511$

SEZIONE 1

Valori caratteristici dei parametri geotecnici per fase statica e sismica

Caratteristico:

Terreno 1 (CGC2)

$\gamma=2000 \text{ Kg/m}^3$ $c=15 \text{ Kpa}$ $\varphi=22^\circ$ $\delta=15^\circ$

Terreno 2 (SRR)

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

Progetto:

Terreno 1 (CGC2)

A1+M1+R1 $\gamma=2600 \text{ Kg/m}^3$ $c=15 \text{ Kpa}$ $\varphi=22^\circ$ $\delta=15^\circ$

A2+M2+R1 $\gamma=2000 \text{ Kg/m}^3$ $c=12 \text{ Kpa}$ $\varphi=17,9^\circ$ $\delta=12^\circ$

A1+M1+R1+SISMA $\gamma=2000 \text{ Kg/m}^3$ $c=15 \text{ Kpa}$ $\varphi=22^\circ$ $\delta=15^\circ$

A2+M2+R1+SISMA $\gamma=2000 \text{ Kg/m}^3$ $c=12 \text{ Kpa}$ $\varphi=17,9^\circ$ $\delta=12^\circ$

Terreno 2 (SRR)

A1+M1+R1 $\gamma=2470 \text{ Kg/m}^3$ $c=0$ $\varphi=35^\circ$ $\delta=23^\circ$

A2+M2+R1 $\gamma=1900 \text{ Kg/m}^3$ $c=0$ $\varphi=29,3^\circ$ $\delta=19^\circ$

A1+M1+R1+SISMA $\gamma=1900 \text{ Kg/m}^3$ $c=0$ $\varphi=35^\circ$ $\delta=23^\circ$

A2+M2+R1+SISMA $\gamma=1900 \text{ Kg/m}^3$ $c=0$ $\varphi=29,3^\circ$ $\delta=19^\circ$

**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	02	00	001	C	34

Valori dei coefficienti di spinta attiva e passiva utilizzati per fase statica (K_a , K_p), sia a valle che a monte della paratia

A1+M1	
Kav	0,24
Kam	0,35
kpv	4,80
Kpm	4,61

A2+M2	
Kav	0,236
Kam	0,33
kpv	2,91
Kpm	2,91

SEZIONE 2

Valori caratteristici dei parametri geotecnici per fase statica e sismica

Caratteristico:

Terreno 1 (CGC2)

$\gamma = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $c = 15 \text{ Kpa}$ $\varphi = 22^\circ$ $\delta = 15^\circ$

Terreno 2 (SRR)

A1+M1+R1 $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A2+M2+R1 $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A1+M1+R1+SISMA $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A2+M2+R1+SISMA $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

Progetto:

Terreno 1 (CGC2)

A1+M1+R1 $\gamma = 2600 \text{ Kg/m}^3$ $c = 15 \text{ Kpa}$ $\varphi = 22^\circ$ $\delta = 15^\circ$

A2+M2+R1 $\gamma = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $c = 12 \text{ Kpa}$ $\varphi = 17,9^\circ$ $\delta = 12^\circ$

A1+M1+R1+SISMA $\gamma = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $c = 15 \text{ Kpa}$ $\varphi = 22^\circ$ $\delta = 15^\circ$

A2+M2+R1+SISMA $\gamma = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $c = 12 \text{ Kpa}$ $\varphi = 17,9^\circ$ $\delta = 12^\circ$

**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	02	00	001	C	35

Terreno 2 (SRR)

A1+M1+R1 $\gamma = 2470 \text{ Kg/m}^3$ $c=0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A2+M2+R1 $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c=0$ $\varphi = 29,3^\circ$ $\delta = 19^\circ$

A1+M1+R1+SISMA $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c=0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A2+M2+R1+SISMA $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c=0$ $\varphi = 29,3^\circ$ $\delta = 19^\circ$

Valori dei coefficienti di spinta attiva e passiva utilizzati per fase statica (K_a , K_p), sia a valle che a monte della paratia

A1+M1	
Kav	0,236
Kam	0,309
kpv	4,80
Kpm	4,54

A2+M2	
Kav	0,236
Kam	0,29
kpv	2,91
Kpm	2,85

SEZIONE 3

Valori caratteristici dei parametri geotecnici per fase statica e sismica

Caratteristico:

Terreno 1 (CGC2)

$\gamma = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $c=15 \text{ Kpa}$ $\varphi = 22^\circ$ $\delta = 15^\circ$

Terreno 2 (SRR)

A1+M1+R1 $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c=0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A2+M2+R1 $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c=0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A1+M1+R1+SISMA $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c=0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A2+M2+R1+SISMA $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c=0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

**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	02	00	001	C	36

Progetto:

Terreno 1 (CGC2)

A1+M1+R1 $\gamma = 2600 \text{ Kg/m}^3$ $c = 15 \text{ Kpa}$ $\varphi = 22^\circ$ $\delta = 15^\circ$

A2+M2+R1 $\gamma = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $c = 12 \text{ Kpa}$ $\varphi = 17,9^\circ$ $\delta = 12^\circ$

A1+M1+R1+SISMA $\gamma = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $c = 15 \text{ Kpa}$ $\varphi = 22^\circ$ $\delta = 15^\circ$

A2+M2+R1+SISMA $\gamma = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $c = 12 \text{ Kpa}$ $\varphi = 17,9^\circ$ $\delta = 12^\circ$

Terreno 2 (SRR)

A1+M1+R1 $\gamma = 2470 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A2+M2+R1 $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 29,3^\circ$ $\delta = 19^\circ$

A1+M1+R1+SISMA $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A2+M2+R1+SISMA $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 29,3^\circ$ $\delta = 19^\circ$

Valori dei coefficienti di spinta attiva e passiva utilizzati per fase statica (K_a , K_p), sia a valle che a monte della paratia

A1+M1	
Kav	0,137
Kam	0,302
kpv	4,80
Kpm	4,68

A2+M2	
Kav	0,236
Kam	0,277
kpv	2,91
Kpm	2,84

**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	02	00	001	C	37

SEZIONE 4

Valori caratteristici dei parametri geotecnici per fase statica e sismica

Caratteristico:

Terreno 1 (CGC2)

$\gamma = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $c = 15 \text{ Kpa}$ $\varphi = 22^\circ$ $\delta = 15^\circ$

Terreno 2 (SRR)

A1+M1+R1 $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A2+M2+R1 $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A1+M1+R1+SISMA $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A2+M2+R1+SISMA $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

Progetto:

Terreno 1 (CGC2)

A1+M1+R1 $\gamma = 2600 \text{ Kg/m}^3$ $c = 15 \text{ Kpa}$ $\varphi = 22^\circ$ $\delta = 15^\circ$

A2+M2+R1 $\gamma = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $c = 12 \text{ Kpa}$ $\varphi = 17,9^\circ$ $\delta = 12^\circ$

A1+M1+R1+SISMA $\gamma = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $c = 15 \text{ Kpa}$ $\varphi = 22^\circ$ $\delta = 15^\circ$

A2+M2+R1+SISMA $\gamma = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $c = 12 \text{ Kpa}$ $\varphi = 17,9^\circ$ $\delta = 12^\circ$

Terreno 2 (SRR)

A1+M1+R1 $\gamma = 2470 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A2+M2+R1 $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 29,3^\circ$ $\delta = 19^\circ$

A1+M1+R1+SISMA $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A2+M2+R1+SISMA $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 29,3^\circ$ $\delta = 19^\circ$

**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	02	00	001	C	38

Valori dei coefficienti di spinta attiva e passiva utilizzati per fase statica (K_a , K_p), sia a valle che a monte della paratia

A1+M1	
Kav	0,244
Kam	0,301
kpv	4,80
Kpm	4,69

A2+M2	
Kav	0,236
Kam	0,280
kpv	2,91
Kpm	2,85

SEZIONE 5

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

Terreno 1 (CGC2)

$\gamma = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $c = 15 \text{ Kpa}$ $\varphi = 22^\circ$ $\delta = 15^\circ$

Terreno 2 (SRR)

A1+M1+R1 $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A2+M2+R1 $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A1+M1+R1+SISMA $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A2+M2+R1+SISMA $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c = 0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

Progetto:

Terreno 1 (CGC2)

A1+M1+R1 $\gamma = 2600 \text{ Kg/m}^3$ $c = 15 \text{ Kpa}$ $\varphi = 22^\circ$ $\delta = 15^\circ$

A2+M2+R1 $\gamma = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $c = 12 \text{ Kpa}$ $\varphi = 17,9^\circ$ $\delta = 12^\circ$

A1+M1+R1+SISMA $\gamma = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $c = 15 \text{ Kpa}$ $\varphi = 22^\circ$ $\delta = 15^\circ$

A2+M2+R1+SISMA $\gamma = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $c = 12 \text{ Kpa}$ $\varphi = 17,9^\circ$ $\delta = 12^\circ$

**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	02	00	001	C	39

Terreno 2 (SRR)

A1+M1+R1 $\gamma = 2470 \text{ Kg/m}^3$ $c=0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A2+M2+R1 $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c=0$ $\varphi = 29,3^\circ$ $\delta = 19^\circ$

A1+M1+R1+SISMA $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c=0$ $\varphi = 35^\circ$ $\delta = 23^\circ$

A2+M2+R1+SISMA $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $c=0$ $\varphi = 29,3^\circ$ $\delta = 19^\circ$

Valori dei coefficienti di spinta attiva e passiva utilizzati per fase statica (K_a , K_p), sia a valle che a monte della paratia

A1+M1	
Kav	0,244
Kam	0,298
kpv	4,80
Kpm	4,69

A2+M2	
Kav	0,236
Kam	0,278
kpv	2,91
Kpm	2,85

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.

**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	02	00	001	C	40

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 .

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

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

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/mm²]

$v=0.5$

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.

	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	02	00	001	C	41

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

TERRENO CGC2

Per calcolo tiranti con il metodo di Bustamante-Doix		Per calcolo tiranti (N.T.C.)	
	Caratteristici	Minimi	Medi
Tensione tangenziale (f_s) [kPa]	180,00	180,00	180,00
Coeff. di espansione laterale (α)	1,50		

TERRENO SRR

Per calcolo tiranti con il metodo di Bustamante-Doix		Per calcolo tiranti (N.T.C.)	
	Caratteristici	Minimi	Medi
Tensione tangenziale (f_s) [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 6.6.1 delle NTC08, in funzione del numero n di verticali di indagine.

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

Tabella 7 – Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

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

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 6.6.1 delle NTC08.

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 provvisionali		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	42

Tabella 8 – Coefficienti parziali per la resistenza degli ancoraggi

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

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.

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 plastiche" 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	02	00	001	C	43

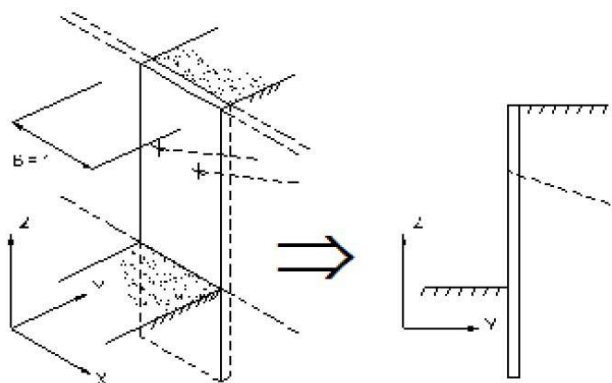


Figura 11.1 – Modellazione della paratia

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 controspinta 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 controspinta 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, controspinta, 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.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione si può agire con tre modalità:

 	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	02	00	001	C	44

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*.

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

 	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	02	00	001	C	45

$$F_1 = W \cdot C$$

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

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

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 w

**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	02	00	001	C	46

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.

Nel caso di tiranti attivi, cioè tiranti soggetti ad uno stato di pretensione, bisogna considerare le cadute di tensione. A tale scopo è stato introdotto il coefficiente di caduta di tensione b , che rappresenta il rapporto fra lo sforzo N_0 al momento del tiro e lo sforzo N in esercizio

$$\beta = \frac{N_0}{N}$$

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 ($p_1 \geq p_1$)	IGU ($p_1 < p_1$)		
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
Calciari marnosi	1,8	1,1 ÷ 1,2	(2 ÷ 6) V_s o più per strati fratturati	
Calciari 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_1 : 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	
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 Diox, 1985)				

**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	02	00	001	C	47

Tabella 9 – Valori del coefficiente α_d per la stima del diametro di calcolo del bubo di ancoraggio
(AGI, AICAP, Ancoraggio nei Terreni e nelle Rocce, 2012)

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	$\geq R1$	$\geq R2$

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.

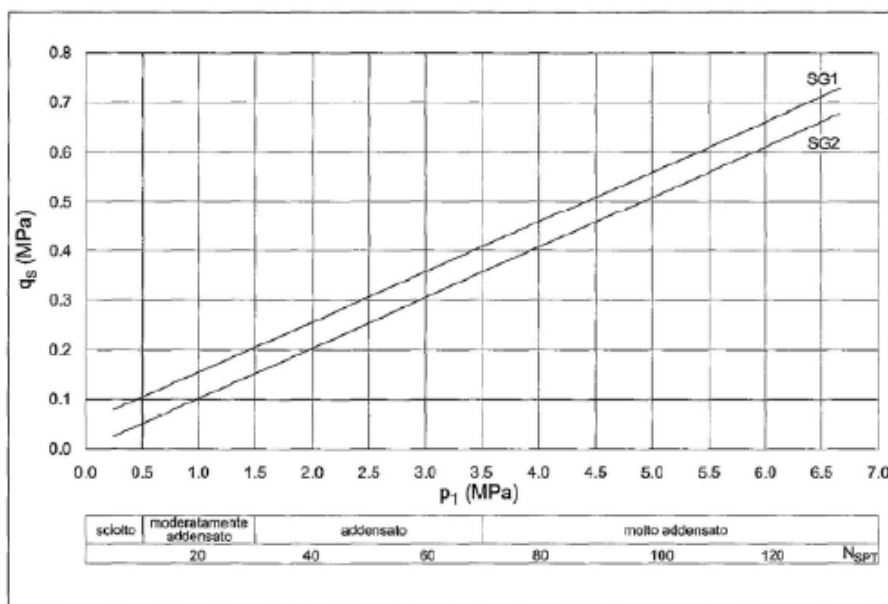


Figura 11.2 – Resistenza unitaria limite per terreni Incoerenti (AGI, AICAP, Ancoraggio nei terreni e nelle Rocce, 2012)

**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	02	00	001	C	48

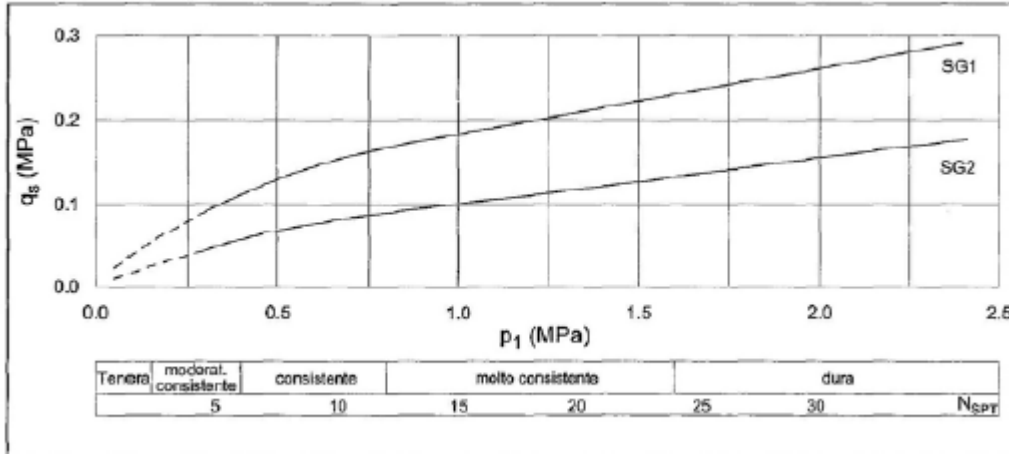


Figura 11.3 - Resistenza unitaria limite per terreni a grana fine
(AGI; AICAP; Ancoraggio nei Terreni e nelle Rocce, 2012)

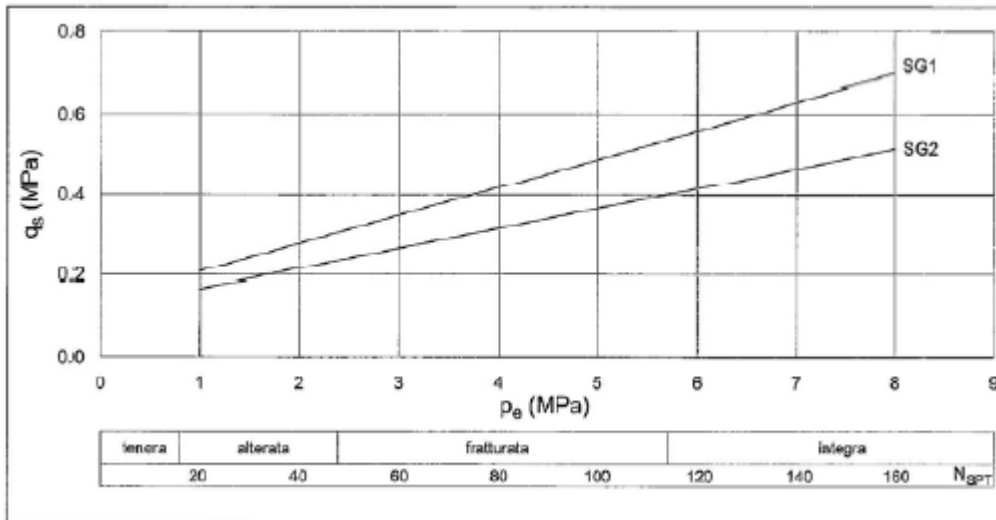
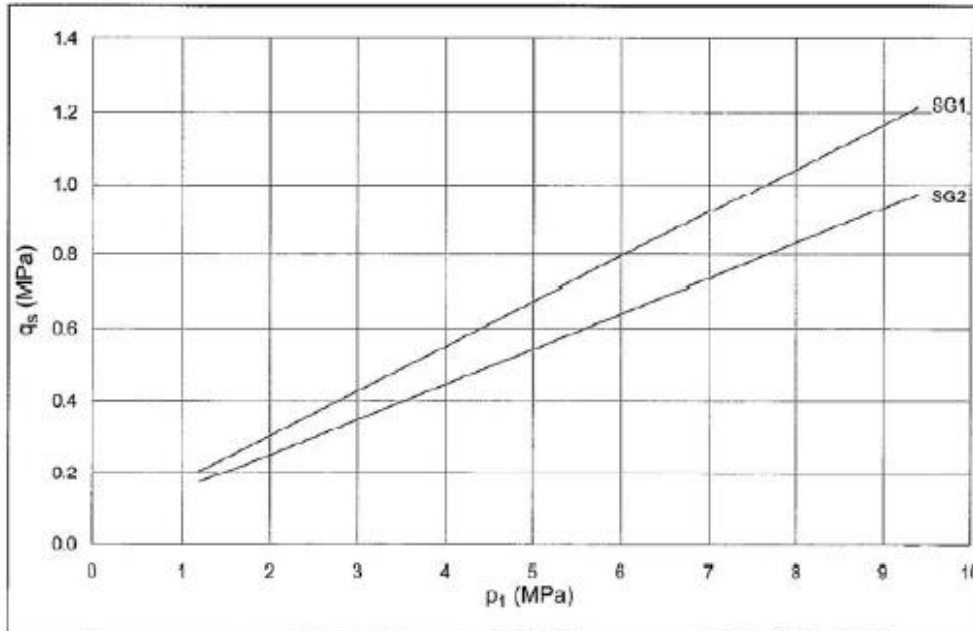


Figura 11.4 – Resistenza unitaria limite per le marne ed i calcari
(AGI, AICAP, Ancoraggio nei Terreni e nelle Rocce, 2012)

**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	02	00	001	C	49



*Figura 11.5 – Resistenza unitaria limite per rocce tenere e fratturate
(AGI, AICAP, Ancoraggio nei Terreni e nelle Rocce, 2012)*

	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	02	00	001	C	50

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_f 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_f , 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 rigidezza 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 $[F/L^3]$. 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, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Il metodo degli elementi finiti è il metodo che più di tutti si fonda su basi teoriche solide e razionali. Di fatto 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 vincolo di continuità tra loro

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

**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	02	00	001	C	51

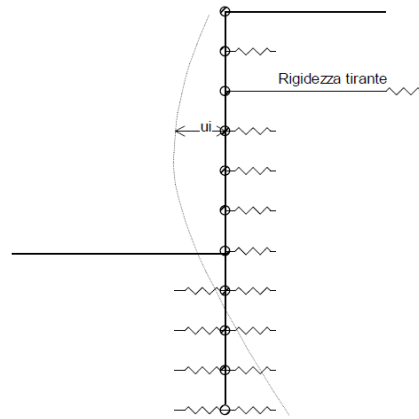


Figura 11.6 – Schema della paratia ad elementi finiti

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

- Da strato
- Formula binomia

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

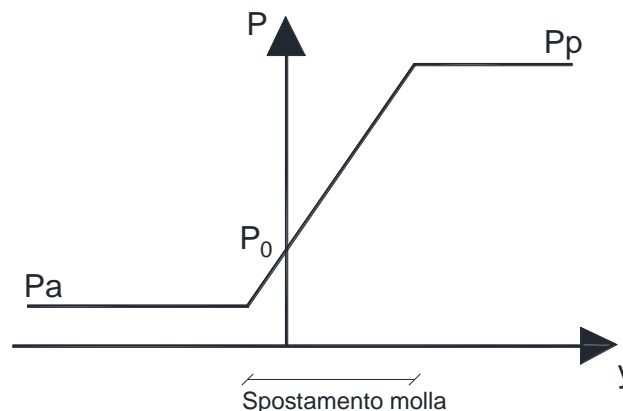


Figura 11.7 – Diagramma pressione – spostamento molla

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

**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	02	00	001	C	52

$$N = \pi \times \text{tang}\varphi$$

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

$$Nc = (Nq - 1) \times \text{cotg}\varphi$$

$$Ng = 1,5 \times (Nq - 1) \times \text{tang}\varphi$$

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 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 ($Kp_v - Ka_m$). 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 ($Kp_m - Ka_v$).

**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	02	00	001	C	53

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, tendendo 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 rigidità 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 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 dalle 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 α_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 φ_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

 	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	02	00	001	C	54

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

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.

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-

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	02	00	001	C	55

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

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

**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	02	00	001	C	56

12 MODELLI DI CALCOLO

Si sono analizzate 5 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 5 modelli, le cui caratteristiche peculiari sono riassunti nelle seguenti tabelle e figure:

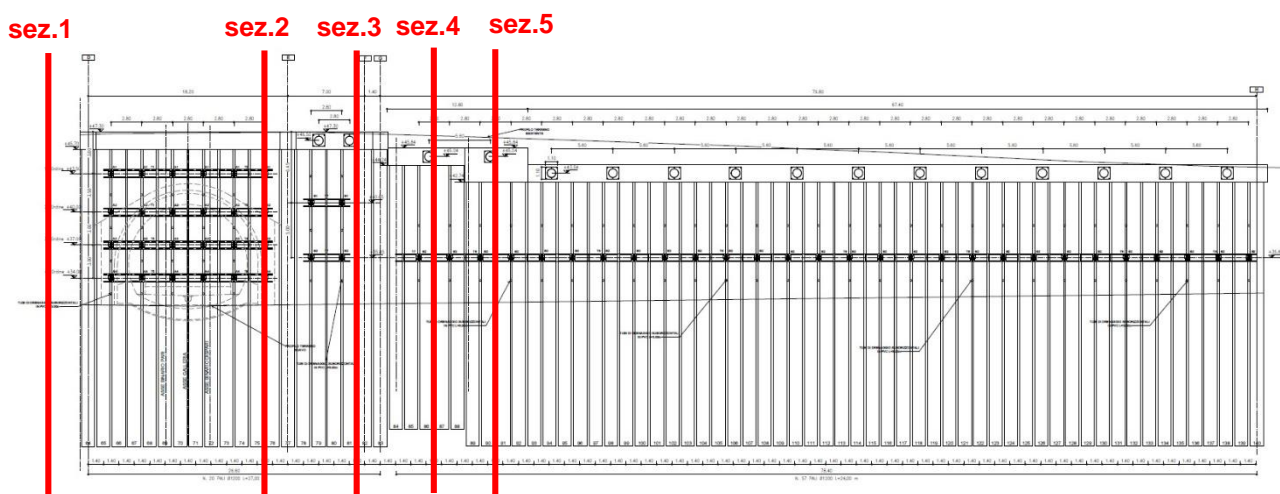


Figura 12.1 – Sezione della paratia analizzate

SEZIONE 1 – pk 6+809

Tipologia struttura di sostegno	Pali Φ 1200 ad interasse 1.40m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 27m$
Altezza libera paratia	$H = 14.2m$
Ordini di tiranti (n°)	4
Passo orizzontale tiranti	2.80 m
Passo verticale dei tiranti	Var. 2.5 - 3.5 m (primo ordine di tiranti a 2,2 m da intradosso cordolo)
Sovraccarichi permanenti a monte	Var. 0 - 40 per simulare pendio 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	02	00	001	C	57

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	2.20	2.8	5	14	8	22	0.16	139	1670	3	250
2	5.70	2.8	20	13	9	22	0.16	139	1670	4	300
3	8.70	2.8	20	12	9	21	0.16	139	1670	4	400
4	11.70	2.8	20	11	10	21	0.16	139	1670	5	500

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_{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 240 su 4 file

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	02	00	001	C	58

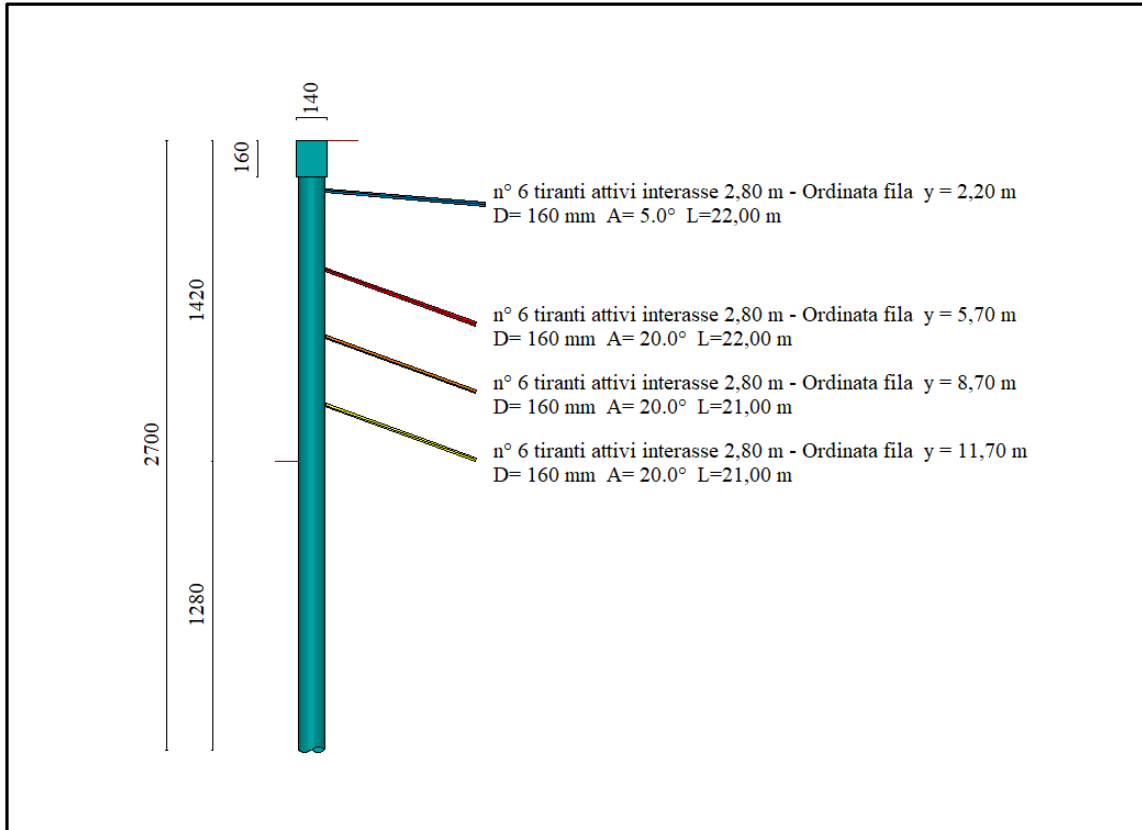


Figura 12.2 – Geometria della paratia, vista laterale

**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	02	00	001	C	60

SEZIONE 2 – pk 6+812

Tipologia struttura di sostegno	Pali Φ 1200 ad interasse 1.40m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 27m + 1.6$ m cordolo
Altezza libera paratia	$H = 14.2m + 1.6$ m cordolo
Ordini di tiranti (n°)	2
Passo orizzontale tiranti	2.80 m
Passo verticale tiranti	5.00 m (primo ordine a quota 4.85m da intradosso cordolo)
Sovraccarichi permanenti a monte	Var. 0 - 30 kPa per simulare il terreno ai lati della paratia
Sovraccarichi permanenti a valle	Var. 0 - 30 kPa per simulare il terreno ai lati della paratia
Sovraccarichi variabili a monte	$q = 20$ 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 _{tref}	N ₀ (KN)
1 (sx e dx paratia)	4.85 + 1,60	2.8	20	12	9	21	0.16	139	1670	4	400
2 (sx e dx paratia)	9.85 + 1,60	2.8	20	10	9	19	0.16	139	1670	4	400

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_{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 240 su 2 file	
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	02	00	001	C	61

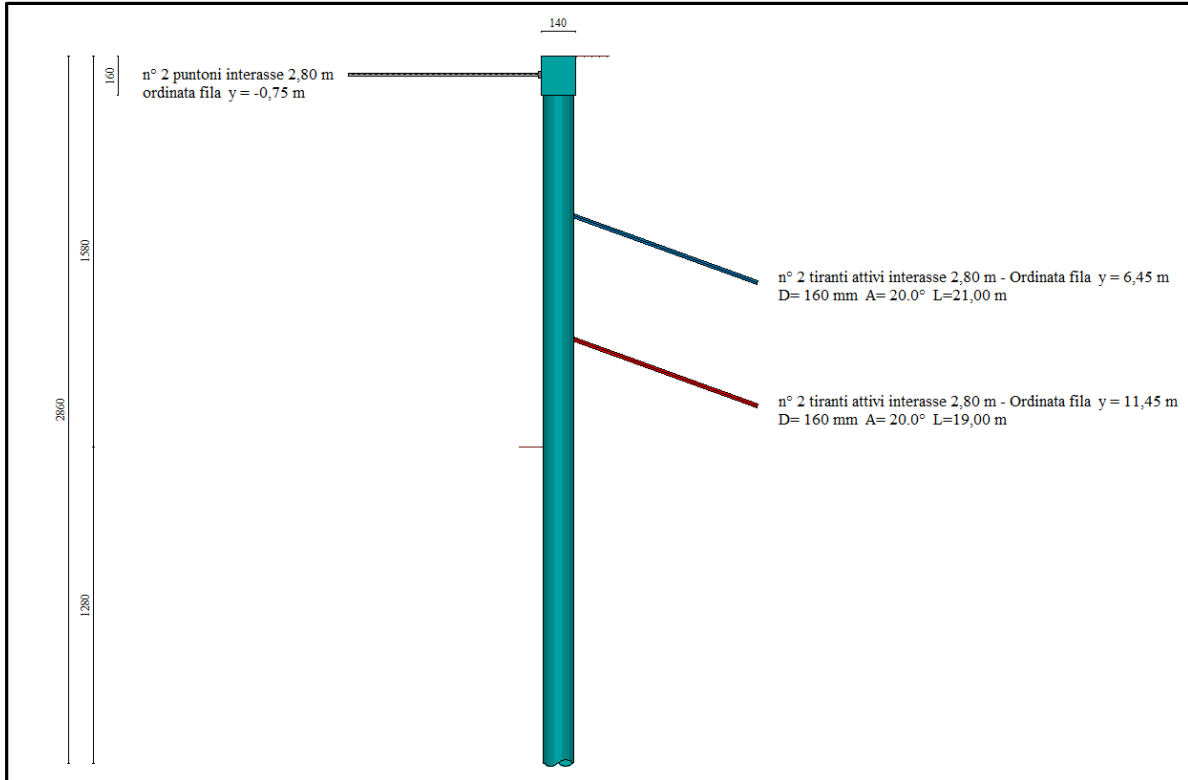


Figura 12.4 – Geometria della paratia, vista laterale

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	02	00	001	C	62

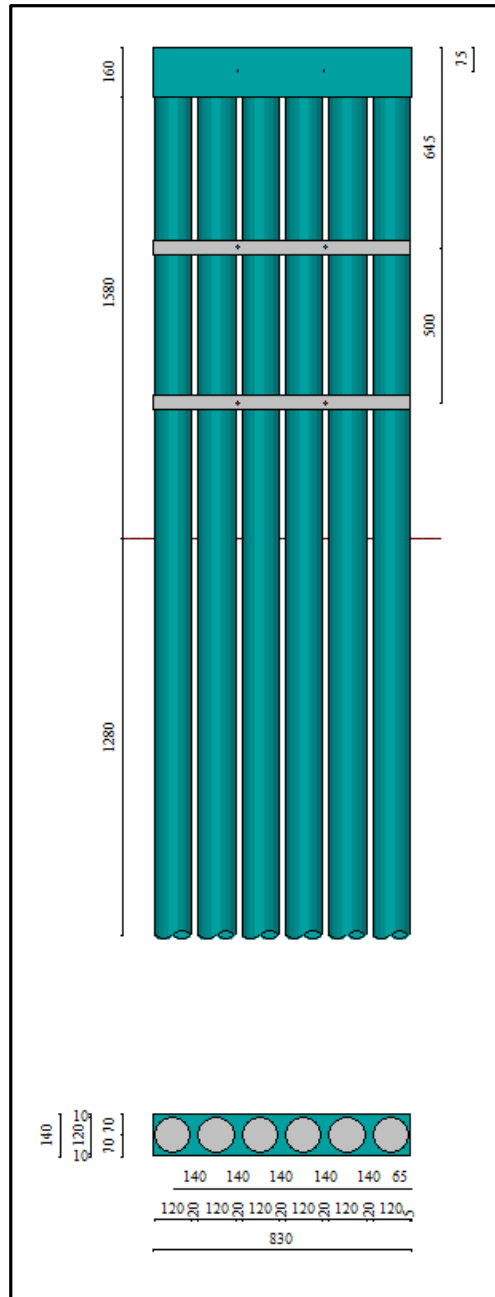


Figura 12.5 – Geometria paratia, vista frontale

**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	02	00	001	C	63

SEZIONE 3 – pk 6+821

Tipologia struttura di sostegno	Pali Φ 1200 ad interasse 1.40m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 24m + 1.6$ m cordolo
Altezza libera paratia	$H = 12.7m + 1.6$ m cordolo
Ordini di tiranti (n°)	1
Passo orizzontale tiranti	2.80 m
Sovraccarichi permanenti a monte	Var. 0 - 30 kPa per simulare il terreno ai lati della paratia
Sovraccarichi permanenti a valle	Var. 0 - 30 kPa per simulare il terreno ai lati della paratia
Sovraccarichi variabili a monte	$q = 20$ 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	ntref	No (KN)
1 (sx e dx paratia)	8,45 + 1,60	2.8	20	12	9	21	0.16	139	1670	4	400

Lp = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)

La= Lunghezza attiva (bulbo iniettato)

i =interasse tiranti

α° = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale

Dp=diametro perforazione

ntref = n° trefoli per tirante

Atref = area singolo trefolo

No = 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	$f_{yk} = 275$ 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	02	00	001	C	64

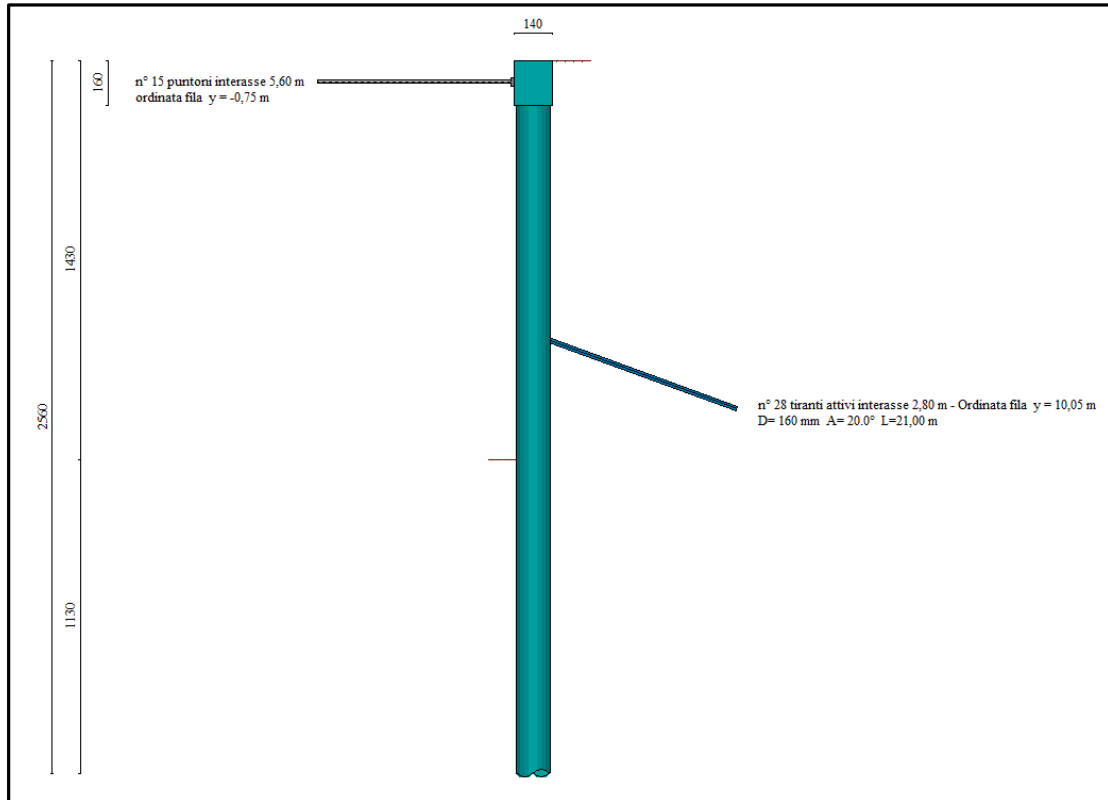


Figura 12.6 – Geometria paratia, vista laterale

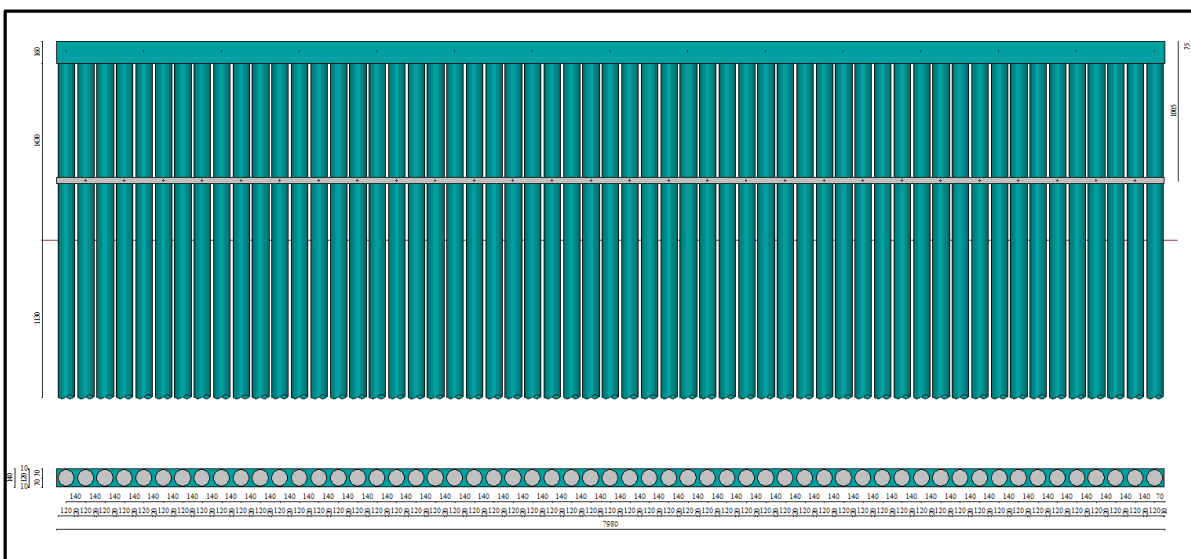


Figura 12.7 – Geometria paratia, vista frontale

**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	02	00	001	C	65

SEZIONE 4 – pk 6+826

Tipologia struttura di sostegno	Pali Φ 1200 ad interasse 1.40m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 27.10$ m
Altezza libera paratia	$H = 14.10$ m
Ordini di tiranti (n°)	1
Passo orizzontale tiranti	2.80 m
Passo verticale dei tiranti	-
Sovraccarichi permanenti a monte	Var. 0 - 40 per simulare pendio monte
Sovraccarichi variabili a monte	$q = 20$ kPa

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	i (m)	α	L_p (m)	L_a (m)	L_{tot} (m)	D_p (m)	A_{tref} (mm ²)	$f_p(1)k$ snervamento / limite elastico	n_{tref}	N_0 (KN)
1	10.05 (da quota estradosso cordolo)	2.8	20	12	9	21	0.16	139	1670	4	250

dove:

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;

N_0 = Pretensione tirante alla messa in opera.

Acciaio per profilati cordoli in acciaio tipo IPN 240 su 4 file	
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	02	00	001	C	67

SEZIONE 5 – pk 6+832

Tipologia struttura di sostegno	Pali Φ 1200 ad interasse 1.40m
Altezza totale paratia	$H_{tot} = 25.60$ m
Altezza libera paratia	$H = 12.60$ m
Ordini di tiranti (n°)	1
Passo orizzontale tiranti	2.80 m
Passo verticale dei tiranti	-
Sovraccarichi permanenti a monte	Var. 0 - 40 per simulare pendio monte
Sovraccarichi variabili a monte	$q = 20$ kPa

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	i (m)	α	L_p (m)	L_a (m)	L_{tot} (m)	D_p (m)	A_{tref} (mm ²)	$f_p(1)k$ snervamento / limite elastico	n_{tref}	N_0 (KN)
1	8.50 (da quota estradosso cordolo)	2.8	20	12	9	21	0.16	139	1670	4	250

dove:

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;

N_0 = Pretensione tirante alla messa in opera.

Acciaio per profilati cordoli in acciaio tipo IPN 240 su 4 file	
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	02	00	001	C	69

12.1 MODELLO SEZ1 pk 6+809

Il modello SEZ 1 pk 6+809 rappresenta la sezione frontale della galleria con pali di lunghezza 25,40 m e cordolo in c.a. di altezza 1,60 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)	f _{p(1)k} snervamento / limite elastico	n _{tref}	N ₀ (KN)
1	2.20	2.8	5	14	8	22	0.16	139	1670	3	250
2	5.70	2.8	20	13	9	22	0.16	139	1670	4	300
3	8.70	2.8	20	12	9	21	0.16	139	1670	4	400
4	11.70	2.8	20	11	10	21	0.16	139	1670	5	500

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_{tref} = n° trefoli per tirante

A_{tref} = area singolo trefolo

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	02	00	001	C	70

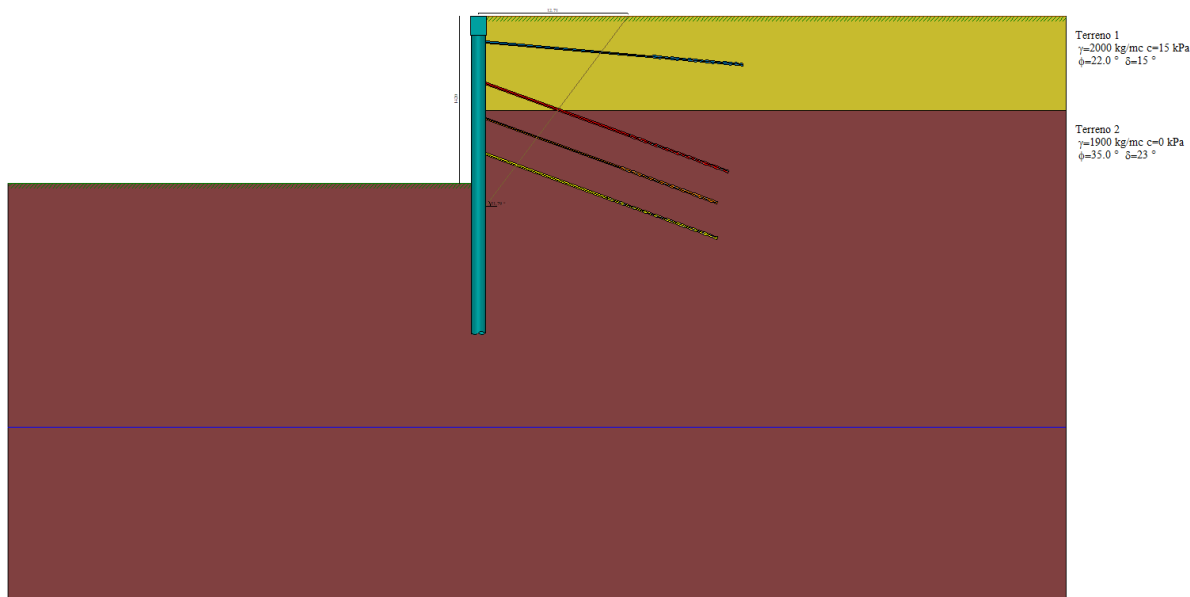


Figura 12.12 – Modello di calcolo

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	Terreno 1 (CGC2)	2000,0	2000,0	22.00	14.70	15,0	0,0	1.50	180,0	CAR
				22.00	14.70	15,0	0,0		180,0	MIN
				22.00	14.70	15,0	0,0		180,0	MED
2	Terreno 2 (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	02	00	001	C	71

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	8,00	0.00	0.00	1.37	1.37	Terreno 1 (CGC2)	Terreno 1 (CGC2)
2	42,00	0.00	0.00	12.74	12.74	Terreno 2 (SRR)	Terreno 2 (SRR)

Livello falda dal piano campagna 35 m

Tabella 10 – Parametri per analisi sismica

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo a _g (m/s ²)	1,202	0,465
Accelerazione al suolo a _g (% di g)	0,123	0,047
Fattore amplificatore F ₀	2,570	2,419
T _C *	0,354	0,301
S _s (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coefficiente riduzione β _s	0,380	0,470
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)	1,00	
Coefficiente riduzione α	0,584	
U _s (m)	0,135	
Coefficiente riduzione β	0,348	
Coefficiente intensità sismica orizzontale K _h [%]	3,736	1,446
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale K _h [%]	3,736	1,446
Coefficiente intensità sismica verticale K _v =50% K _h	1,868	0,723

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

**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	02	00	001	C	72

12.1.1 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 2.70 metri	0
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=2.70]	0
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=2.70]	0
4	Inserimento tirante 1 (X=2.20) [Hscavo=2.70]	1
5	Tesatura tirante 1 N=25000 [Hscavo=2.70]	1
6	Scavo fino alla profondità di 6.20 metri	2
7	Inserimento tirante 2 (X=5.70) [Hscavo=6.20]	3
8	Tesatura tirante 2 N=30000 [Hscavo=6.20]	3
9	Scavo fino alla profondità di 9.20 metri	4
10	Tesatura tirante 3 N=40000 [Hscavo=9.20]	5
11	Inserimento tirante 3 (X=8.70) [Hscavo=9.20]	5
12	Scavo fino alla profondità di 12.20 metri	6
13	Inserimento tirante 4 (X=11.70) [Hscavo=12.20]	7
14	Tesatura tirante 4 N=50000 [Hscavo=12.20]	7
15	Scavo fino alla profondità di 14.20 metri	8
16	Inserimento sisma	9

**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	02	00	001	C	73

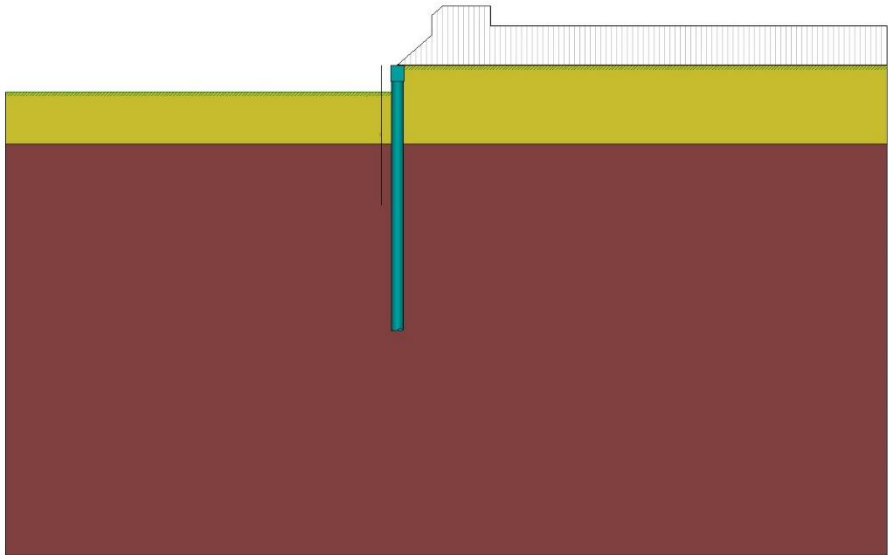


Figura 12.13 - Tempo 0 (Fasi n. 1, 2, 3)

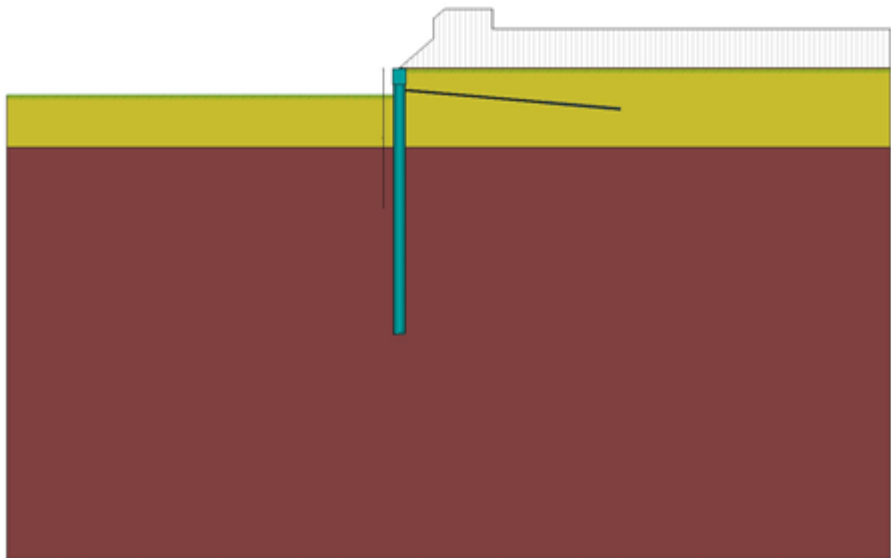


Figura 12.14 – Tempo 1 (Fasi n. 4, 59)

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	02	00	001	C	74

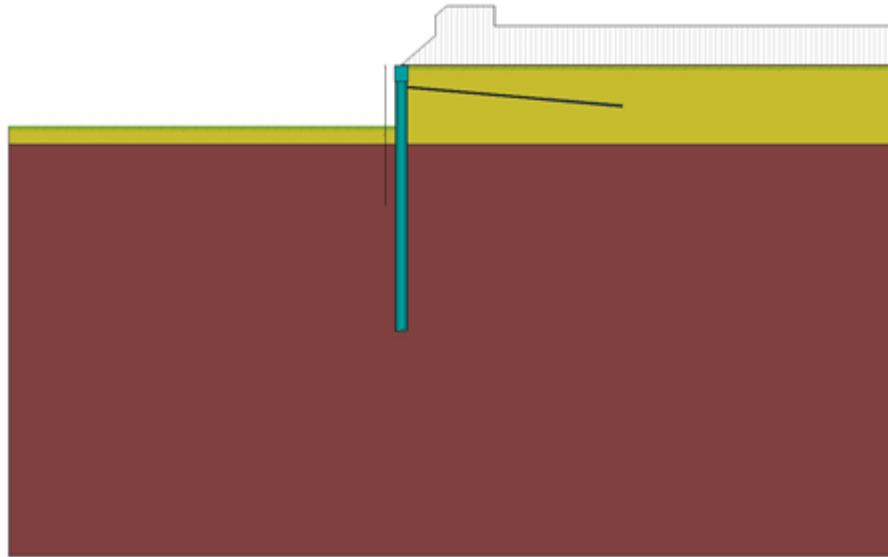


Figura 12.15 – Tempo 2 (Fase n. 6)

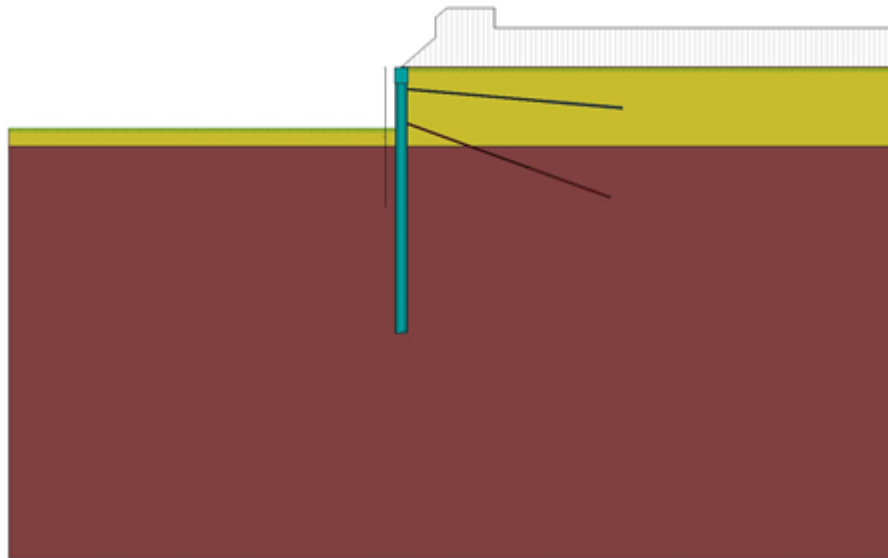


Figura 12.16 – Tempo 3 (Fasi n. 7, 8)

**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	02	00	001	C	75

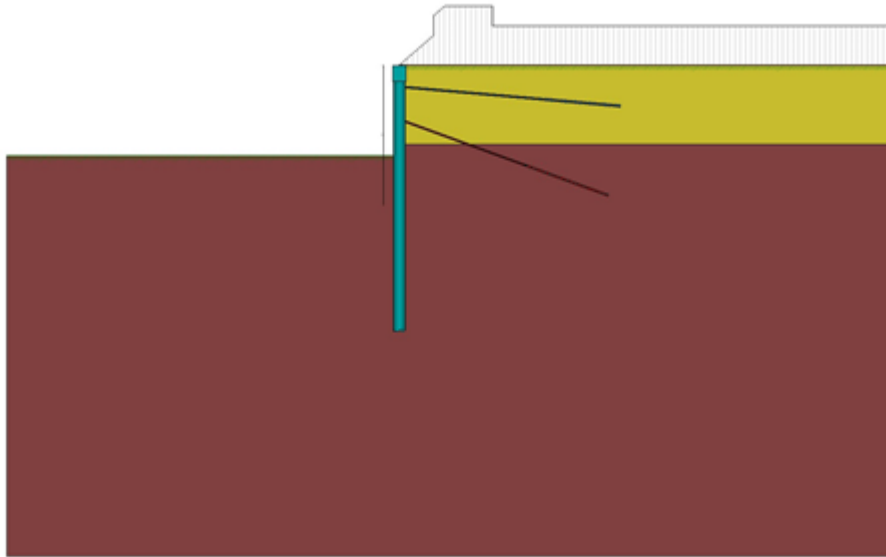


Figura 12.17 – Tempo 4 (Fase n. 9)

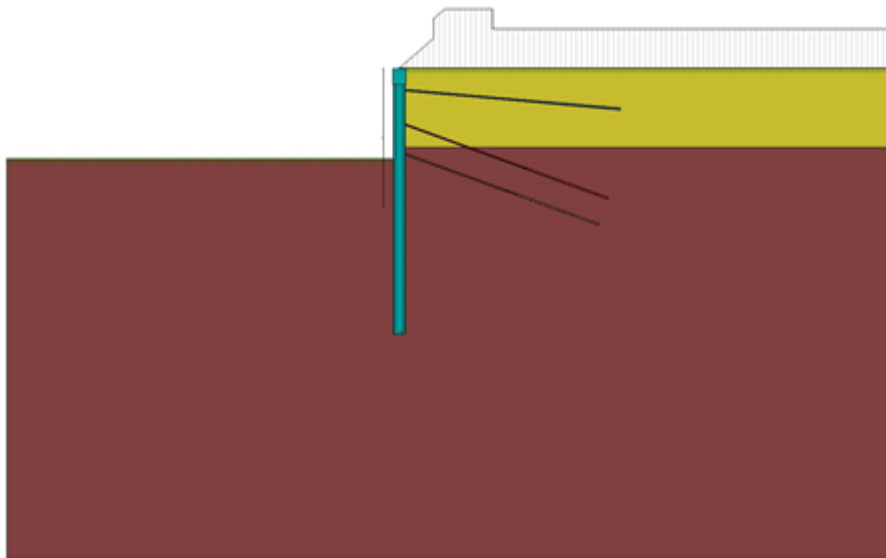


Figura 12.18 – Tempo 5 (Fasi n. 10, 11)

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	02	00	001	C	76

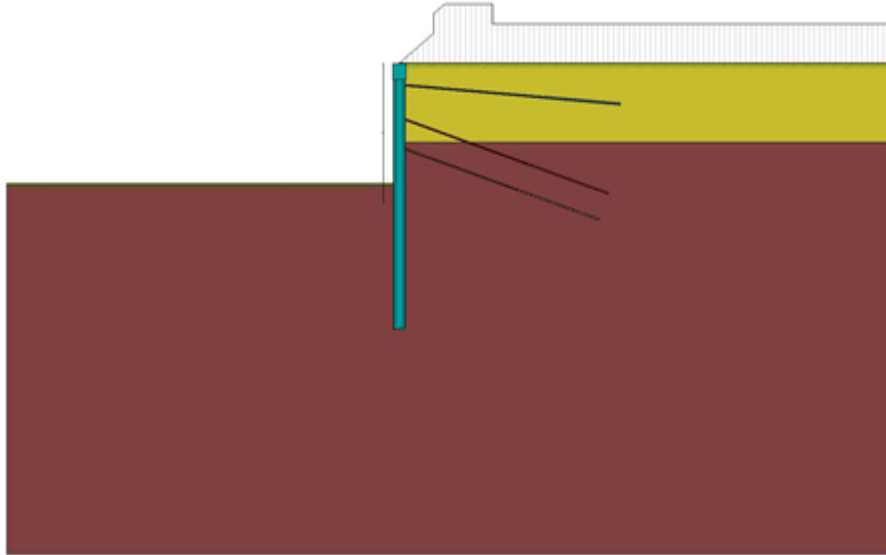


Figura 12.19 – Tempo 6 (Fase n. 12)

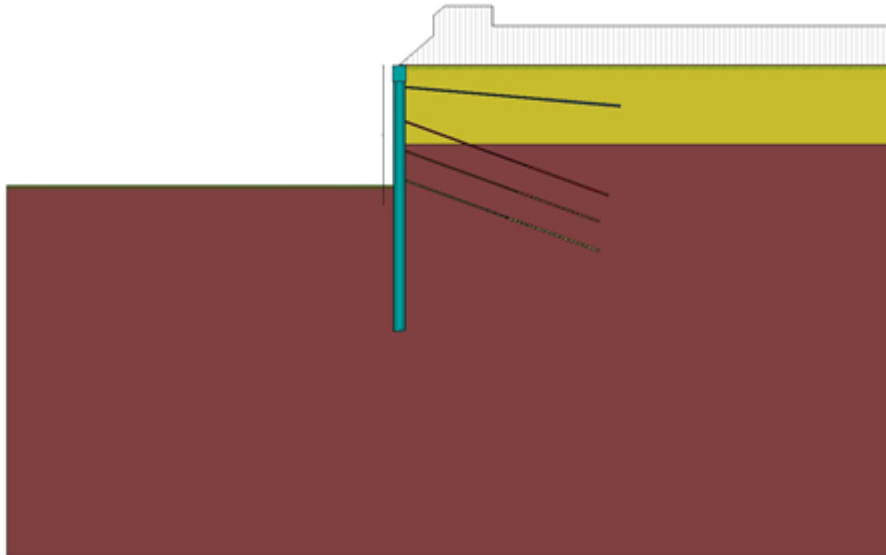


Figura 12.20 – Tempo 7 (Fase n. 13, 14)

**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	02	00	001	C	77

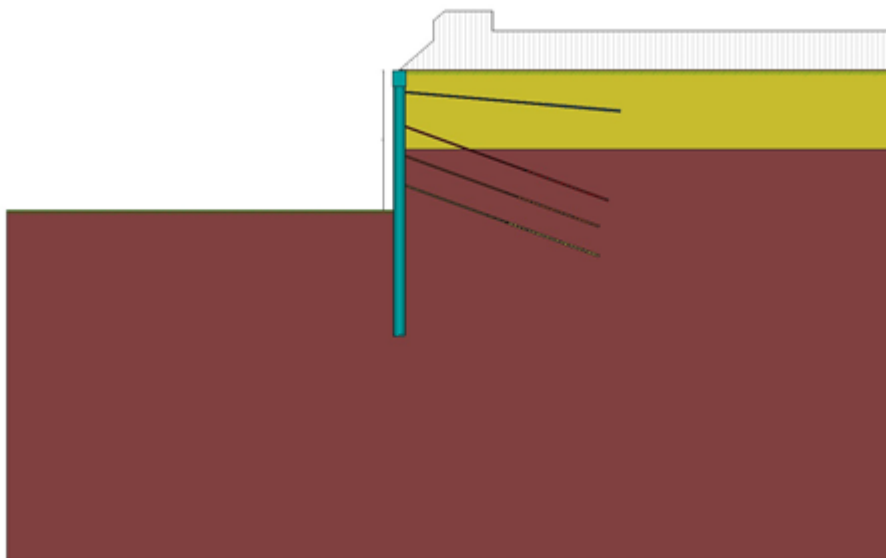


Figura 12.21 – Tempo 8 (Fase n. 15)

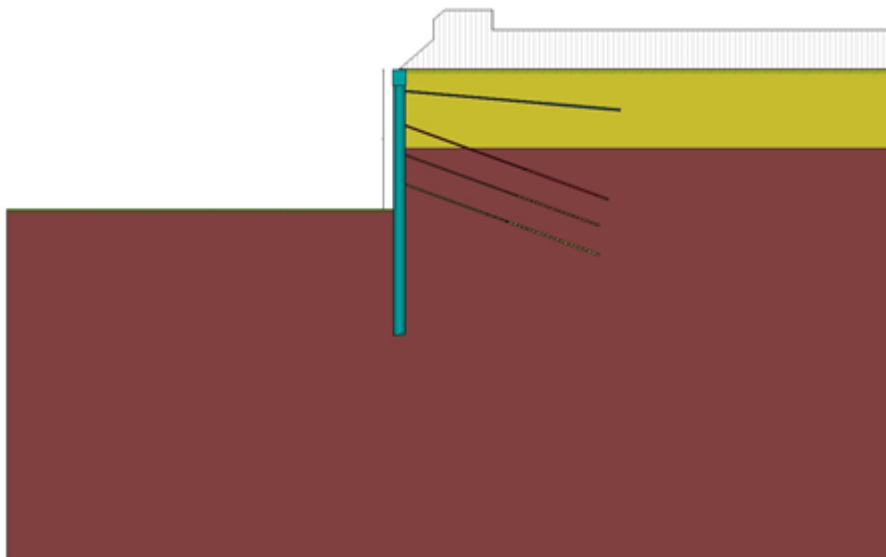


Figura 12.22 – Tempo 8 (Fase n. 16)

**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	02	00	001	C	78

12.1.2 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 senza e con sisma, combinazioni A2+M2 senza e con sisma e Inviluppo.

Momento Flettente [kN m]

Taglio [kN]

Sforzo Normale [kN]

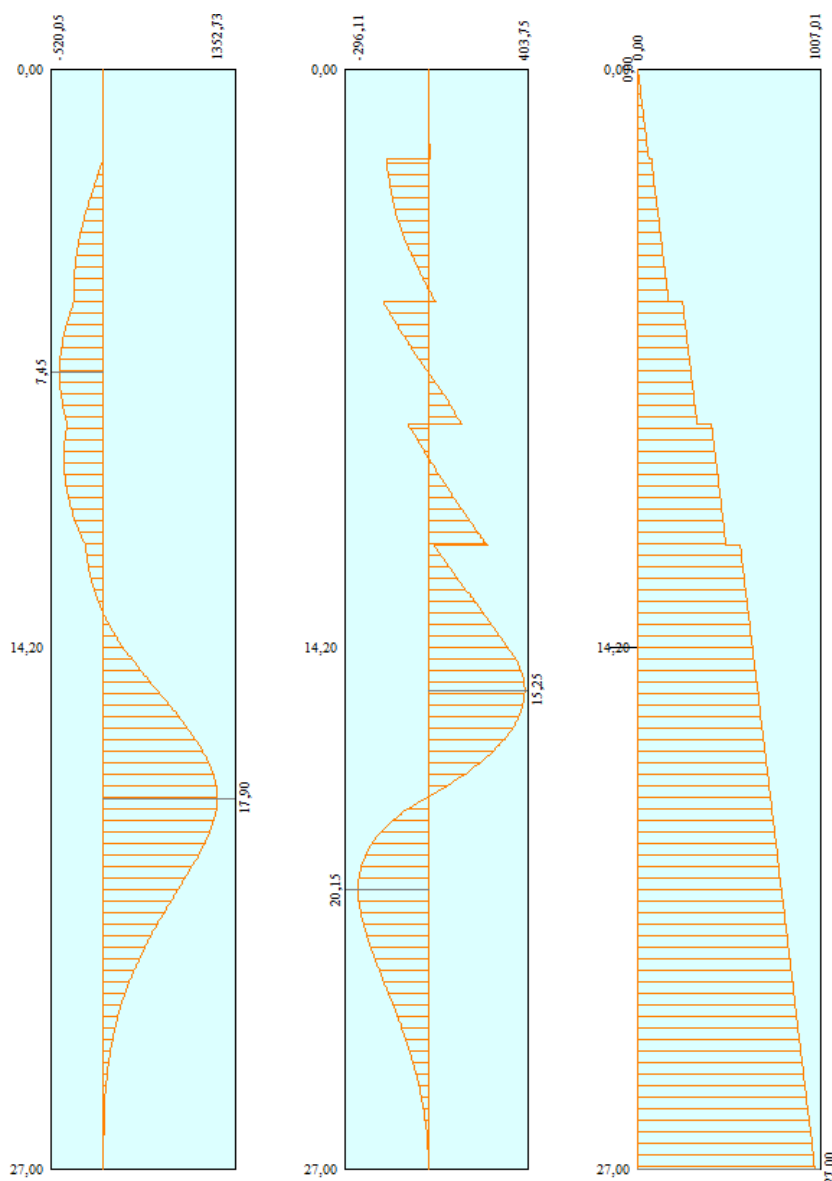


Figura 12.23 – Diagramma in combinazione SLU-STR (A1+M1)

**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	02	00	001	C	79

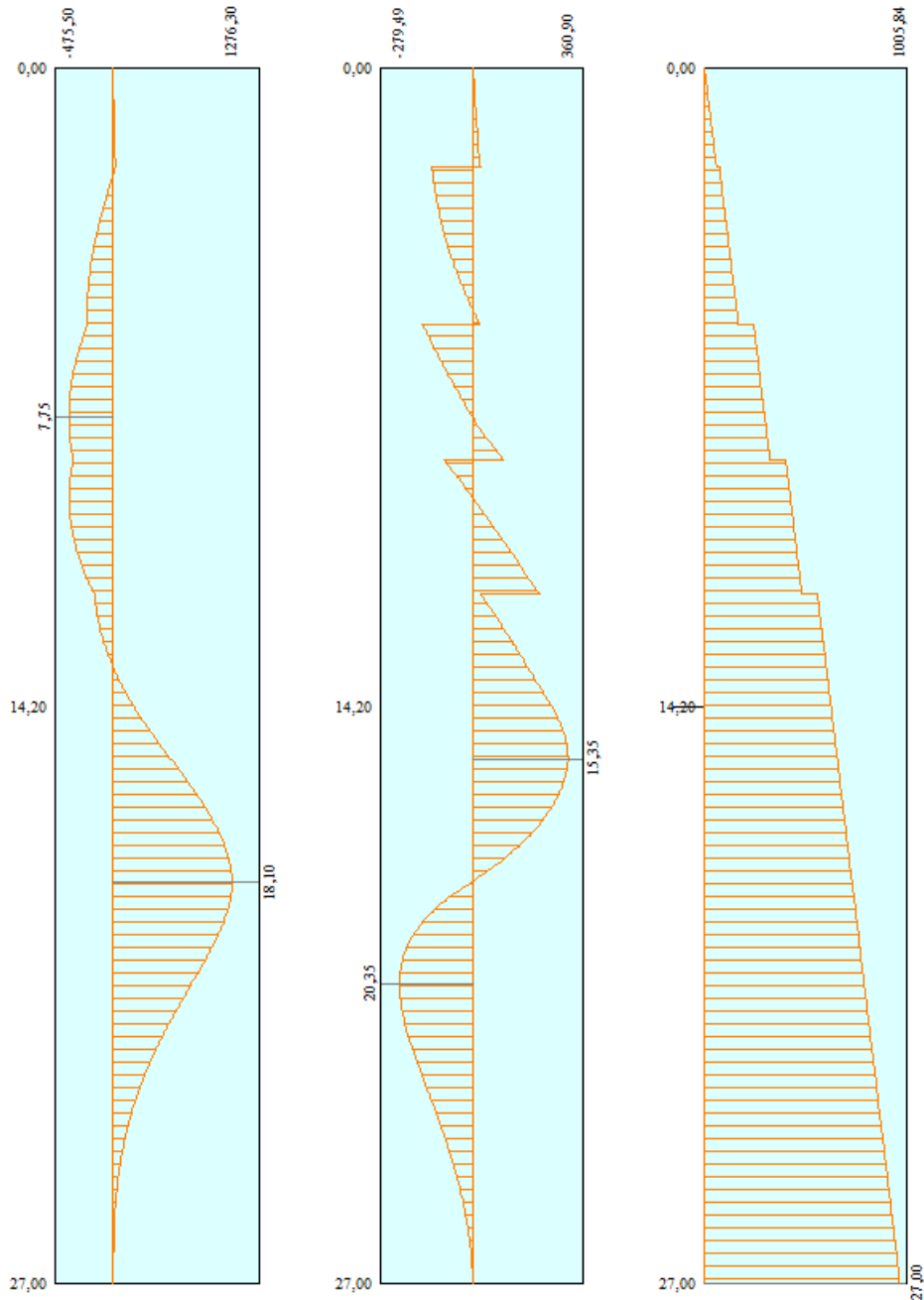


Figura 12.24 – Diagramma in combinazione SLV-STR (A1+M1+SISMA)

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	02	00	001	C	80

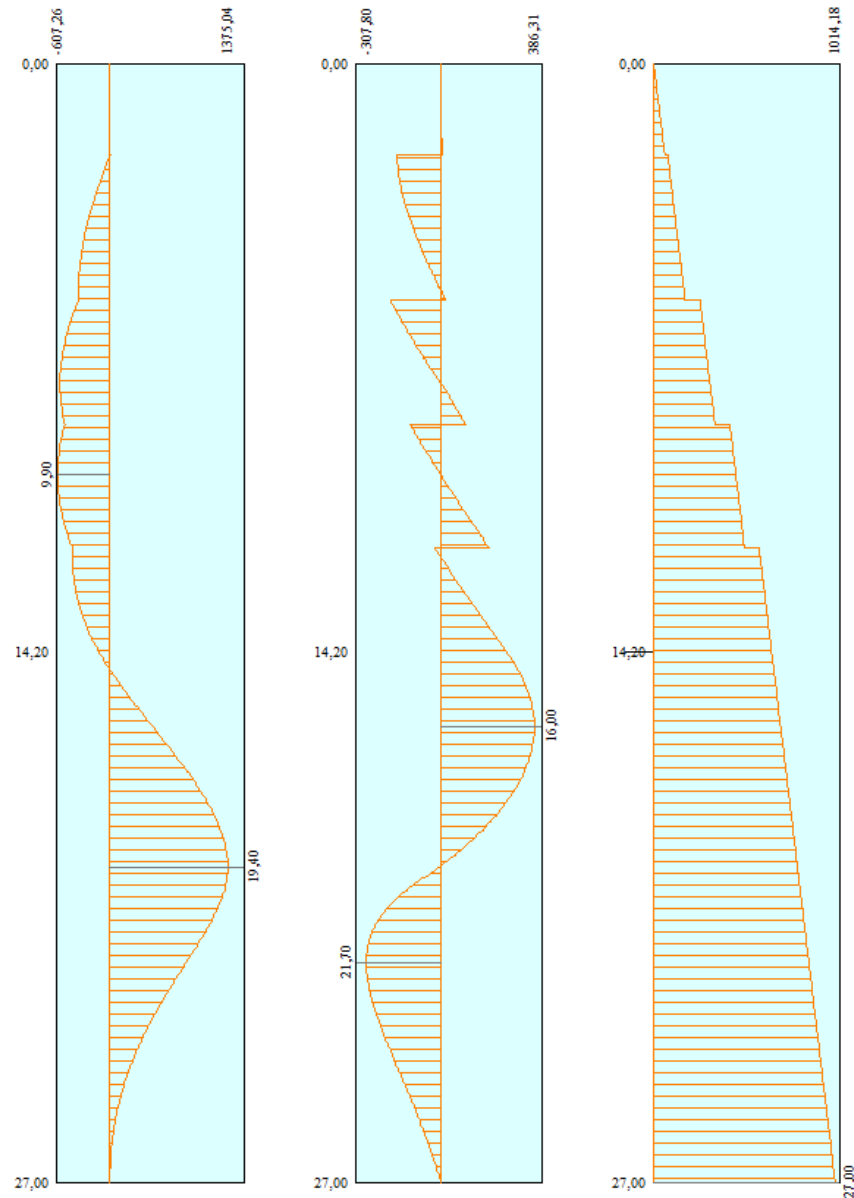


Figura 12.25 – Diagramma in combinazione SLU-GEO (A2+M2)

**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	02	00	001	C	81

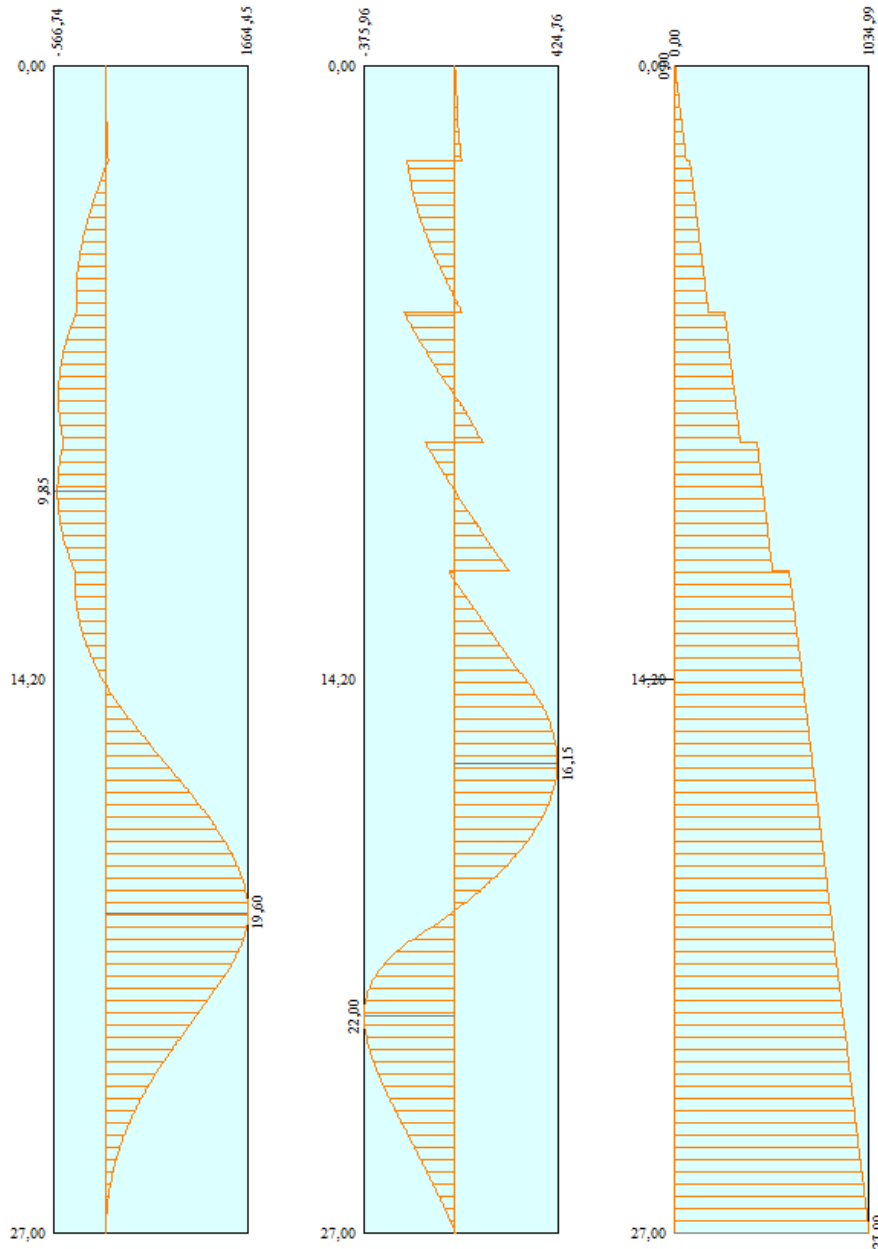


Figura 12.26 – Diagramma in combinazione SLV-GEO (A2+M2+SISMA)

**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	02	00	001	C	82

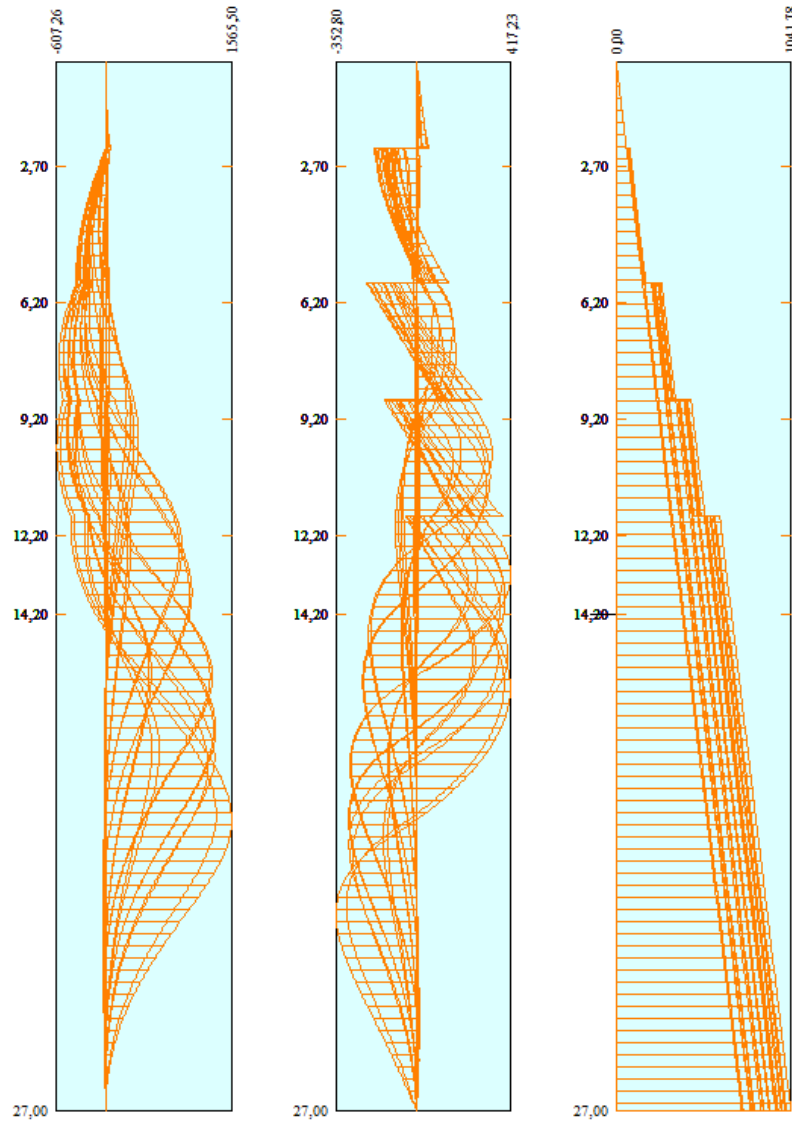


Figura 12.27 – Diagramma involuppo sollecitazioni

Incremento dovuto al sisma Fase 11 ESE $\Delta S = 2898$ Kg

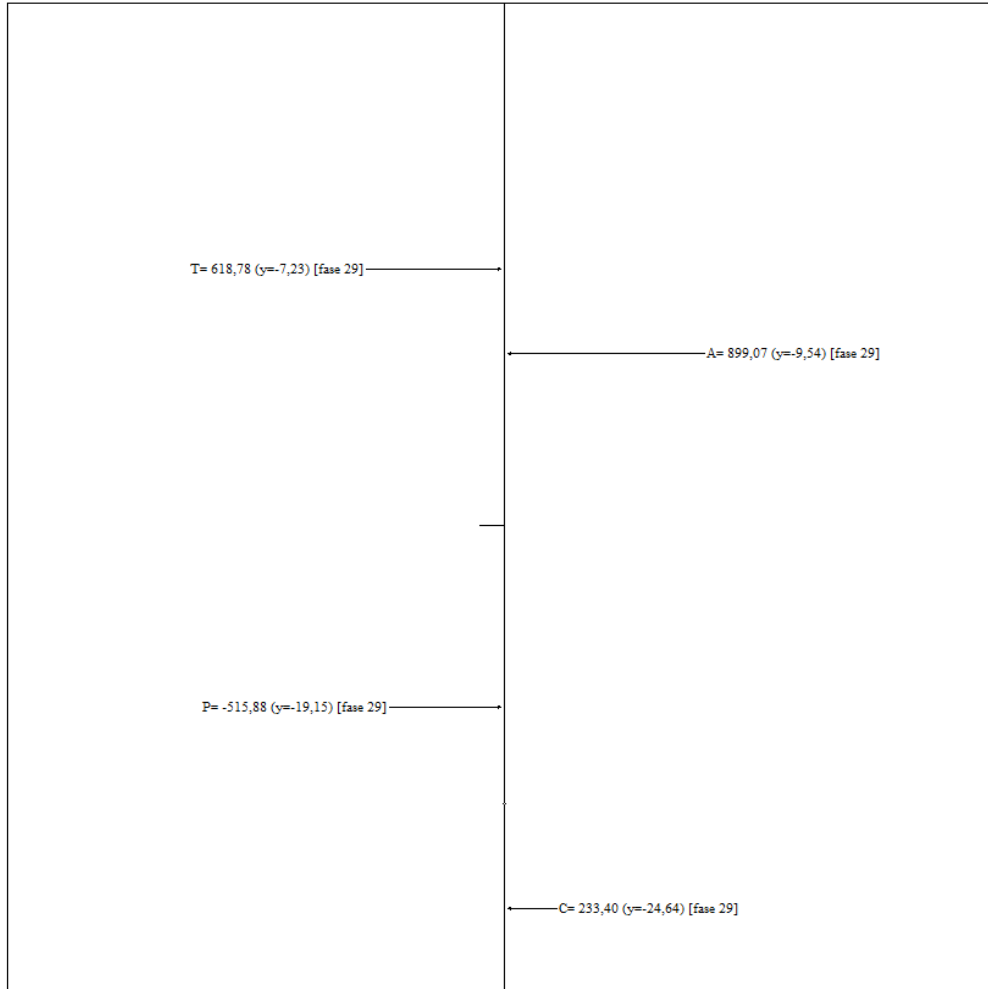
Incremento dovuto al sisma Fase 22 A1+M1+SISMA $\Delta S = 7983$ Kg

Incremento dovuto al sisma Fase 33 A2+M2+SISMA $\Delta S = 9942$ Kg

**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	02	00	001	C	83

Forze agenti sulla paratia



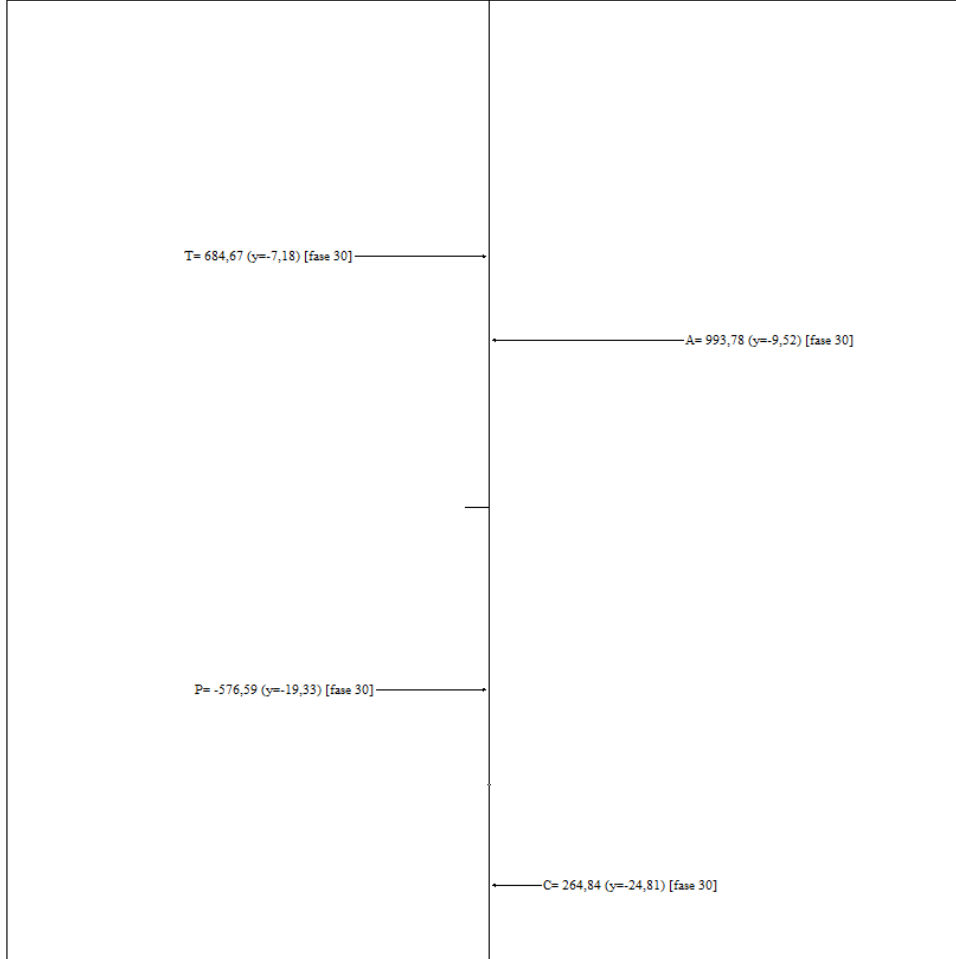
A - Spinta Attiva
C - Controspinta
P - Resistenza passiva
T - Risultante tiro tiranti

Figura 12.28 – Risultanti della spinta attiva e passiva in assenza di sisma (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	02	00	001	C	84

Forze agenti sulla paraba

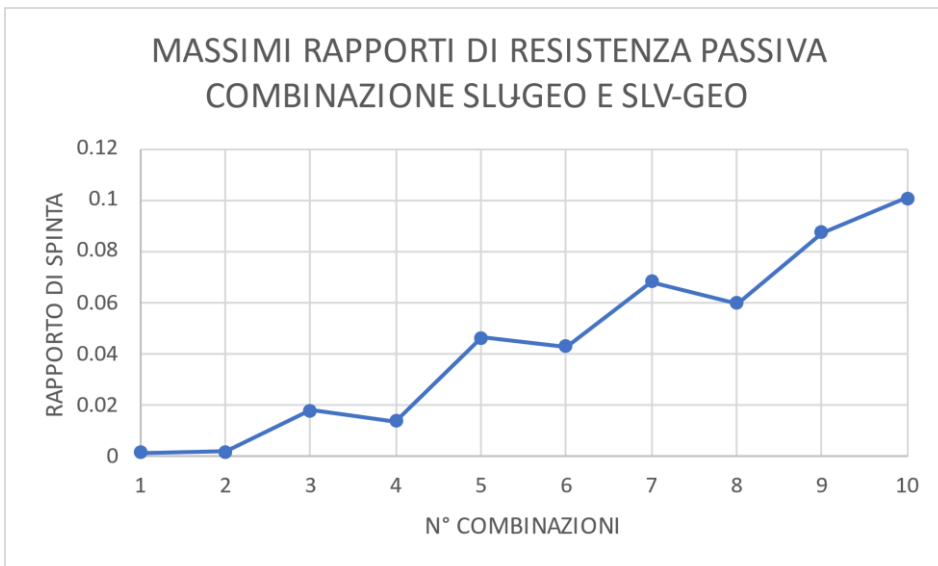
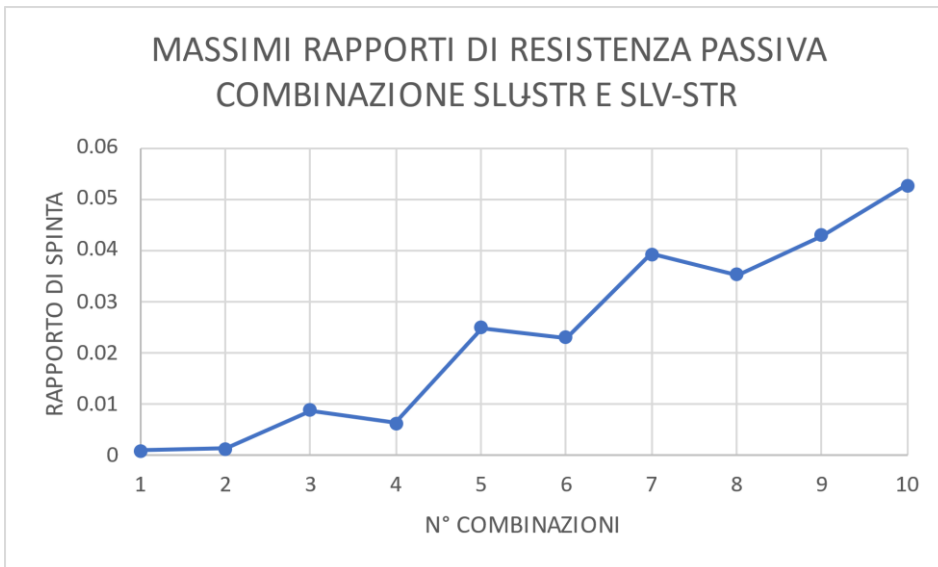
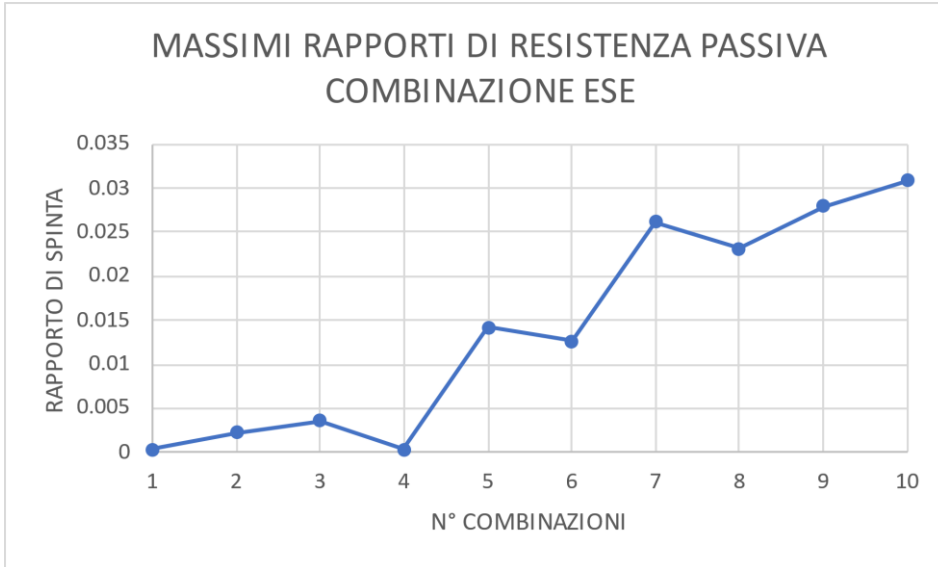


A - Spinta Attiva
C - Controspinta
P - Resistenza passiva
T - Risultante tiro tiranti

Figura 12.29 – 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	02	00	001	C	85



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	02	00	001	C	86

n°	Tipo
1	ESE
2	ESE
3	ESE
4	ESE
5	ESE
6	ESE
7	ESE
8	ESE
9	ESE
10	ESE
11	SLU - STR
12	SLU - STR
13	SLU - STR
14	SLU - STR
15	SLU - STR
16	SLU - STR
17	SLU - STR
18	SLU - STR
19	SLU - STR
20	SLU - STR
21	SLU - GEO
22	SLU - GEO
23	SLU - GEO
24	SLU - GEO
25	SLU - GEO
26	SLU - GEO
27	SLU - GEO
28	SLU - GEO
29	SLU - GEO
30	SLU - GEO

**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	02	00	001	C	87

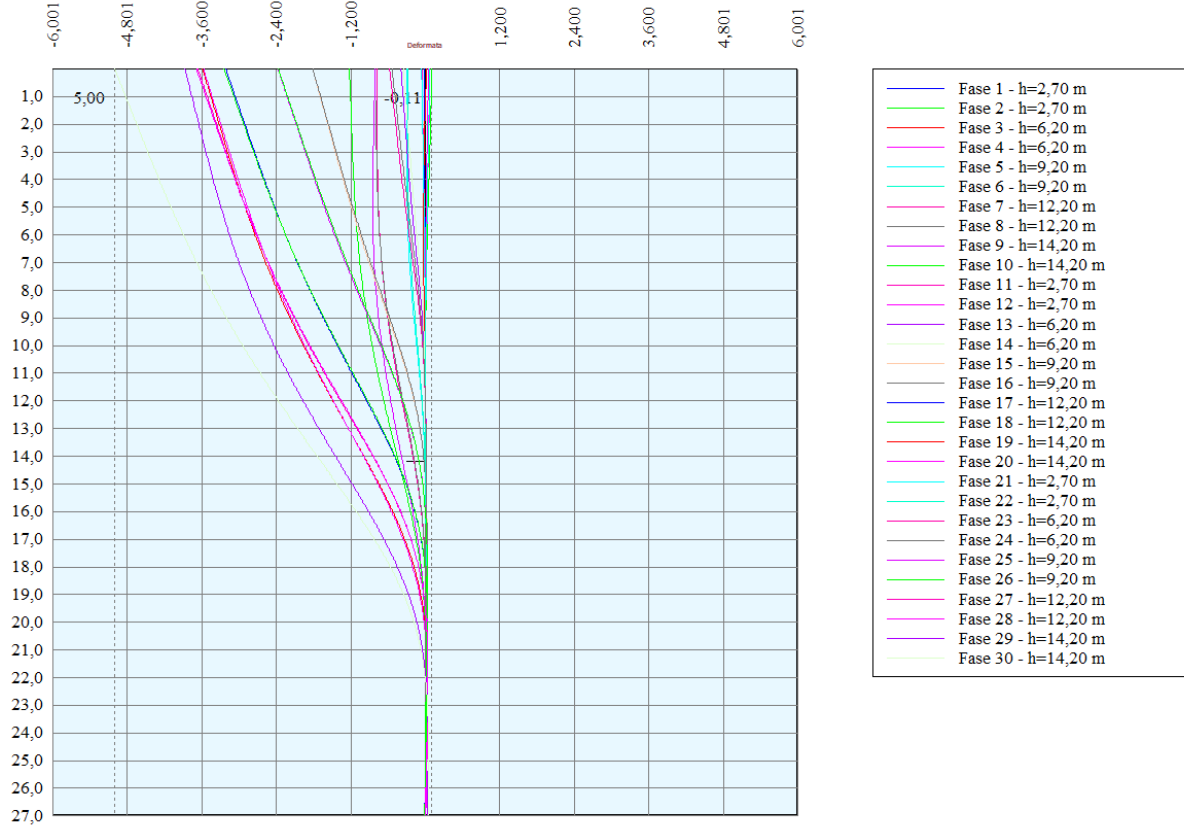


Figura 12.30 – Inviluppo spostamenti

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	02	00	001	C	88

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	45838	4,17	8,00	22,00	1077992	3,29118	51896	158176	734254	1.132	19
2	52260	5,56	9,00	22,00	921771	2,78909	80977	218533	826036	1.549	19
3	54797	5,56	9,00	21,00	966524	2,23981	80977	218533	826036	1.478	19
4	56997	6,95	10,00	21,00	804254	1,55787	89875	277502	917818	1.577	19

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	605,56	508,94	1.190

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

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	605,56	508,94	1.190

Fase n° 4 - SLU - STR n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	605,56	508,94	1.190
2	1009,26	794,12	1.271

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

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	605,56	508,94	1.190
2	1009,26	794,12	1.271

**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	02	00	001	C	89

Fase n° 6 - SLU - STR n° 3 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	605,56	508,94	1.190
2	1009,26	794,12	1.271
3	1009,26	794,12	1.271

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

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	605,56	508,94	1.190
2	1009,26	794,12	1.271
3	1009,26	794,12	1.271

Fase n° 8 - SLU - STR n° 4 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	605,56	508,94	1.190
2	1009,26	794,12	1.271
3	1009,26	794,12	1.271
4	1009,26	881,39	1.145

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

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	605,56	508,94	1.190
2	1009,26	794,12	1.271
3	1009,26	794,12	1.271
4	1009,26	881,39	1.145

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

n°	Rg [kN]	R1 [kN]	FS
1	605,56	508,94	1.190
2	1009,26	794,12	1.271
3	1009,26	794,12	1.271
4	1009,26	881,39	1.145

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	02	00	001	C	90

Verifica gerarchia delle resistenze VALORI CARATTERISTICI

Simbologia adottata

Rg resistenza di progetto allo snervamento, espresso in [kN]
R1 resistenza allo sfilamento della fondazione, espressa in [kN]
FS Fattore di sicurezza (Rg/R1)

FASE 2

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	696,394	610,728	1,140

FASE 3

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	696,394	610,728	1,140

FASE 4

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	696,394	610,728	1,140
2	1160,649	952,944	1,218

FASE 5

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	696,394	610,728	1,140
2	1160,649	952,944	1,218

FASE 6

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	696,394	610,728	1,140
2	1160,649	952,944	1,218
3	1160,649	952,944	1,218

**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	02	00	001	C	91

FASE 7

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	696,394	610,728	1,140
2	1160,649	952,944	1,218
3	1160,649	952,944	1,218

FASE 8

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	696,394	610,728	1,140
2	1160,649	952,944	1,218
3	1160,649	952,944	1,218
4	1160,649	1057,668	1,097

FASE 9

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	696,394	610,728	1,140
2	1160,649	952,944	1,218
3	1160,649	952,944	1,218
4	1160,649	1057,668	1,097

FASE 10

n°	Rg	R1	FS
	[kN]	[kN]	
1	696,394	610,728	1,140
2	1160,649	952,944	1,218
3	1160,649	952,944	1,218
4	1160,649	1057,668	1,097

 	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
LI0B		02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	92

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 cono di spinta attiva; quest'ultimo ha inclinazione sulla verticale di $45^\circ - \varphi'/2$ (dove $\varphi' = 22^\circ$ e $\varphi' = 35^\circ$).

CENTRO DI ROTAZIONE
7,82 m dal fondo scavo

L_s [m]	a_{max}/g	L_E [m]	$L_{progetto}$ [m]	$L_{progetto} > L_E$
10.57	0,123	12.52	14	VERIFICATO
7.06	0,123	8.37	13	VERIFICATO
5.67	0,123	6.71	12	VERIFICATO
4.27	0,123	5.06	11	VERIFICATO

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	02	00	001	C	93

VERIFICA 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 Pd/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	14770,46	0,00	14770,46	0,00	8688,51	748,66	11.605
2	SLU - STR	14770,46	0,00	14770,46	0,00	8688,51	757,82	11.465
3	SLU - STR	12556,48	0,00	12556,48	0,00	7386,16	758,67	9.736
4	SLU - STR	12556,48	0,00	12556,48	0,00	7386,16	801,70	9.213
5	SLU - STR	10696,73	0,00	10696,73	0,00	6292,19	818,24	7.690
6	SLU - STR	10696,73	0,00	10696,73	0,00	6292,19	875,37	7.188
7	SLU - STR	8893,91	0,00	8893,91	0,00	5231,71	911,09	5.742
8	SLU - STR	8893,91	0,00	8893,91	0,00	5231,71	982,86	5.323
9	SLU - STR	7692,03	0,00	7692,03	0,00	4524,72	1007,01	4.493
10	SLV - STR	7692,03	0,00	7692,03	0,00	4524,72	1005,84	4.498
1	SLU - GEO	14770,46	0,00	14770,46	0,00	5110,89	748,66	6.827
2	SLU - GEO	14770,46	0,00	14770,46	0,00	5110,89	757,82	6.744
3	SLU - GEO	12556,48	0,00	12556,48	0,00	4344,80	759,00	5.724
4	SLU - GEO	12556,48	0,00	12556,48	0,00	4344,80	802,03	5.417
5	SLU - GEO	10696,73	0,00	10696,73	0,00	3701,29	823,80	4.493
6	SLU - GEO	10696,73	0,00	10696,73	0,00	3701,29	880,95	4.201
7	SLU - GEO	8893,91	0,00	8893,91	0,00	3077,48	918,97	3.349
8	SLU - GEO	8893,91	0,00	8893,91	0,00	3077,48	990,73	3.106
9	SLU - GEO	7692,03	0,00	7692,03	0,00	2661,60	1014,18	2.624
10	SLV - GEO	7692,03	0,00	7692,03	0,00	3351,65	1041,78	3.217

Verifica Stabilità globale (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	-2,70; 5,40	24,02	-25,32; -2,68	20,71; 0,00	6.961	1.100
2	SLU - GEO	-2,70; 5,40	24,02	-25,32; -2,68	20,71; 0,00	7.004	1.100
3	SLU - GEO	-2,70; 2,70	21,34	-22,10; -6,18	18,47; 0,00	3.794	1.100
4	SLU - GEO	-2,70; 5,40	24,02	-23,74; -6,19	20,71; 0,00	3.850	1.100
5	SLU - GEO	-2,70; 2,70	21,34	-20,42; -9,18	18,47; 0,00	2.710	1.100
6	SLU - GEO	-2,70; 2,70	21,34	-20,42; -9,18	18,47; 0,00	2.785	1.100
7	SLU - GEO	-5,40; 2,70	21,84	-21,38; -12,19	16,28; 0,00	2.160	1.100
8	SLU - GEO	-5,40; 2,70	21,84	-21,38; -12,19	16,28; 0,00	2.246	1.100
9	SLU - GEO	-5,40; 0,00	27,53	-29,00; -14,18	22,13; 0,00	1.898	1.100
10	SLV - GEO	-5,40; 0,00	27,53	-29,00; -14,18	22,13; 0,00	1.771	1.200

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	02	00	001	C	94

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] ($L=b/\cos\alpha$)
 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° 10 - SLV - GEO

Numero di strisce 51
 Sisma verticale verso il basso.

Caratteristiche delle strisce

N°	Wl [kg]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	1465,50	-57,08	1,84	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
2	4263,86	-53,42	1,68	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
3	6723,01	-50,05	1,56	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
4	8912,70	-46,91	1,46	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
5	10879,57	-43,94	1,39	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
6	12656,64	-41,11	1,33	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
7	14268,31	-38,40	1,28	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
8	15733,17	-35,79	1,23	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
9	17065,78	-33,27	1,20	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
10	18277,73	-30,81	1,16	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
11	19378,42	-28,42	1,14	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
12	20375,53	-26,07	1,11	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
13	21275,46	-23,78	1,09	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
14	22083,49	-21,52	1,07	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
15	22804,06	-19,30	1,06	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
16	23440,91	-17,11	1,05	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
17	23997,14	-14,95	1,04	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
18	24475,34	-12,80	1,03	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
19	24877,65	-10,68	1,02	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
20	25205,82	-8,56	1,01	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
21	25461,23	-6,47	1,01	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
22	25644,93	-4,37	1,00	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
23	25757,65	-2,29	1,00	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
24	25799,86	-0,21	1,00	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
25	25771,72	1,87	1,00	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
26	25673,12	3,96	1,00	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
27	25503,66	6,05	1,01	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
28	25262,66	8,14	1,01	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
29	24949,13	10,25	1,02	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
30	53631,58	12,38	1,03	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
31	54059,22	14,53	1,04	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
32	54407,84	16,71	1,05	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
33	55743,46	18,91	1,06	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
34	56824,94	21,14	1,08	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
35	56168,93	23,40	1,10	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
36	55273,44	25,70	1,12	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
37	54279,88	28,05	1,14	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
38	53181,91	30,45	1,17	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
39	50828,44	32,91	1,20	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
40	48590,57	35,45	1,24	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
41	47126,16	38,06	1,28	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
42	45514,33	40,77	1,33	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
43	43736,64	43,60	1,39	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
44	41768,90	46,57	1,46	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
45	39578,48	49,71	1,56	29,26	0,0	0,0	(5706; 2110)
46	37119,42	53,07	1,67	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
47	34323,28	56,72	1,83	29,26	0,0	0,0	(3540; 835)
48	31079,44	60,78	2,06	29,26	0,0	0,0	(2721; 442)
49	27184,59	65,44	2,42	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
50	22154,58	71,21	3,12	29,26	0,0	0,0	(0; 0)
51	11658,71	82,23	7,44	17,91	12,0	0,0	(541; 26)

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	02	00	001	C	95

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 1542218,82$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 395164,80$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 716264,36$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 9108,24$ [kg]

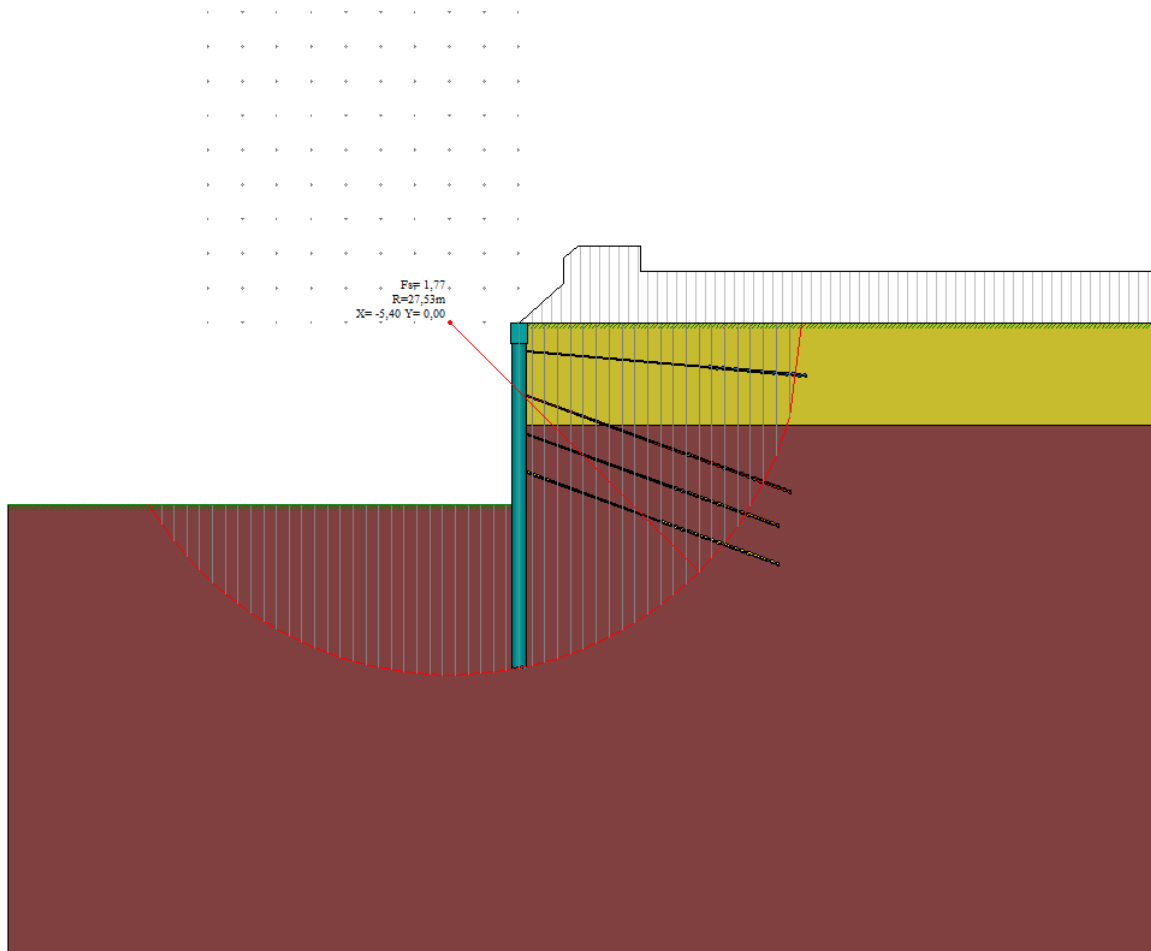


Figura 12.31 – Verifica di stabilità globale FS minimo

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	02	00	001	C	96

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]		
30	SLV - GEO	255040,22 16,87	460295,72 22,80	0,00 0,00	69816,25 7,18	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	2583621,87	3316756,17	1.284	2.079

 		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	02	00	001	C	97

12.1.3 VERIFICHE STRUTTURALI

12.1.3.1 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 40 ϕ 22. L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale ϕ 10/20.

Il cordolo in c.a. risulta armato con 18 ϕ 16+10 ϕ 16 e staffe ϕ 10/20 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 (0.83x 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: $0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{ck}$

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

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:

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \quad \text{per } 0 \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{sy}$$

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

N°	N_u [kg]	M_u [kgm]
1	-606711,64	0,00
2	0,00	266611,80
3	254467,23	332734,70
4	381700,85	355213,18
5	508934,46	370122,25
6	636168,08	377692,78
	763401,69	377950,74
8	890635,31	369237,09
9	1017868,92	351727,50

**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	02	00	001	C	98

N°	Nu [kg]	Mu [kgm]
10	1145102,54	331564,62
11	1272336,15	308319,25
12	1399569,77	281715,23
13	1526803,38	250601,80
14	1654037,00	214878,63
15	1781270,61	174060,14
16	1908504,23	0,00
17	1908504,23	0,00
18	1781270,61	-174060,14
19	1654037,00	-214878,63
20	1526803,38	-250601,80
21	1399569,77	-281715,23
22	1272336,15	-308319,25
23	1145102,54	-331564,62
24	1017868,92	-351727,50
25	890635,31	-369237,09
26	763401,69	-377950,74
27	636168,08	-377692,78
28	508934,46	-370122,25
29	381700,85	-355213,18
30	254467,23	-332734,70
31	0,00	-266611,80
32	-606711,64	0,00

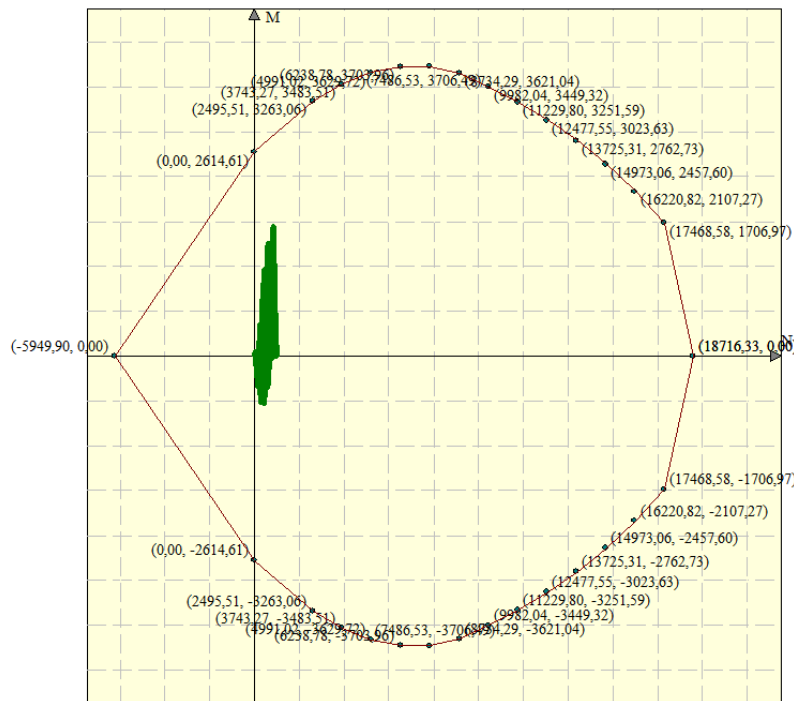


Figura 12.32 – Dominio M-N sezione palo-armatura in c.a.

Tabella 11 – Sollecitazioni massime del singolo palo

COMBINAZIONE		PROFONDITA'[m]	M _{palo} [KNm]	N _{palo} [KN]	PROFONDITA'[m]	T _{palo} [KN]
SLU-STR (A1+M1)	FASE 19	17,90	1352,73	748,68	15,25	403,75
SLU-GEO (A2+M2)	FASE 29	19,40	1375,05	775,72	16,00	386,31
SLV-STR (A1+M1+SISMA)	FASE 20	18,15	1276,30	759,06	15,35	360,90
SLV-GEO (A2+M2+SISMA)	FASE 30	19,60	1565,505	835,21	16,15	414,58

**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	02	00	001	C	99

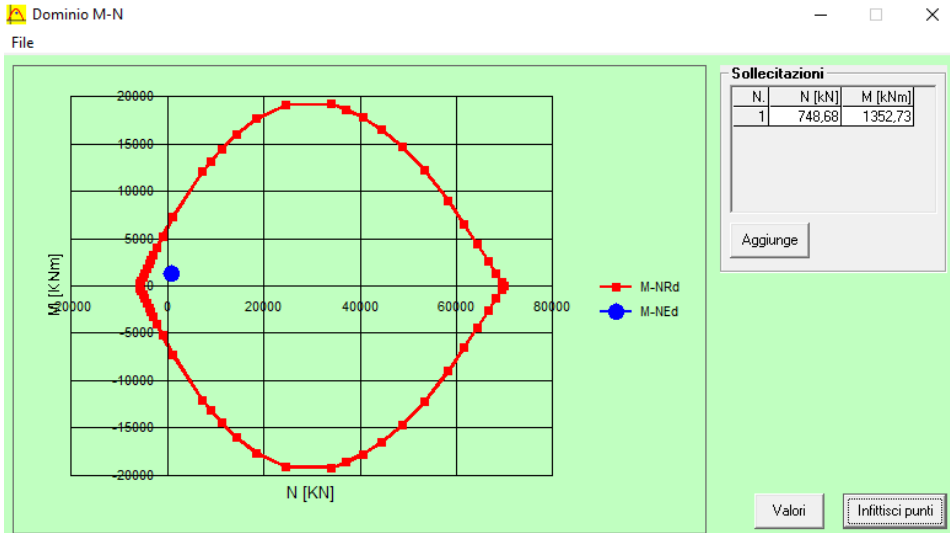


Figura 12.33 – SLU-STR (A1+M1)

Mru=6951 KNm
MEd=1352,73 KNm
FS=5,14

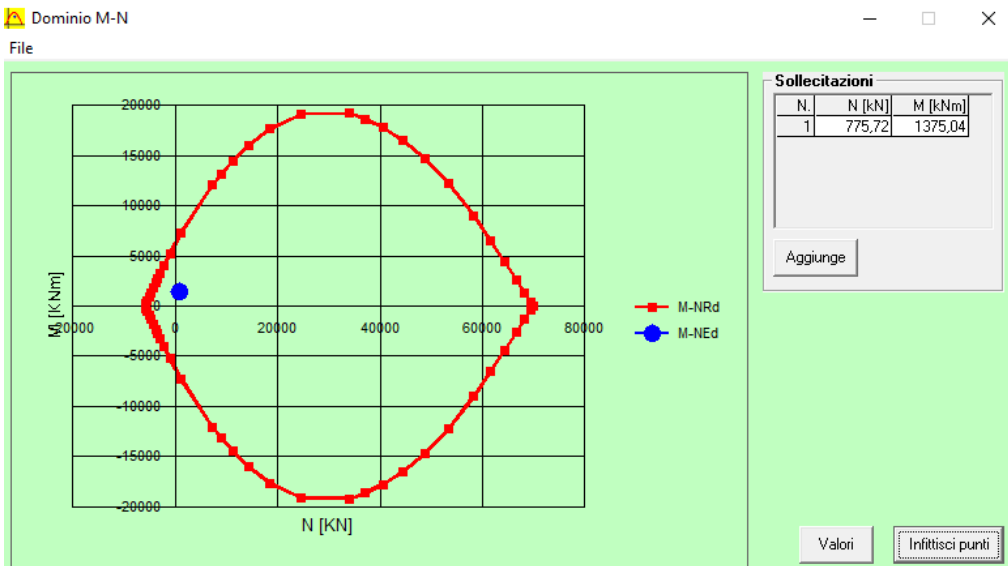


Figura 12.34 – SLU-GEO (A2+M2)

Mru=6975 KNm
MEd= 1375,04 KNm
FS= 5,072

**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	02	00	001	C	100

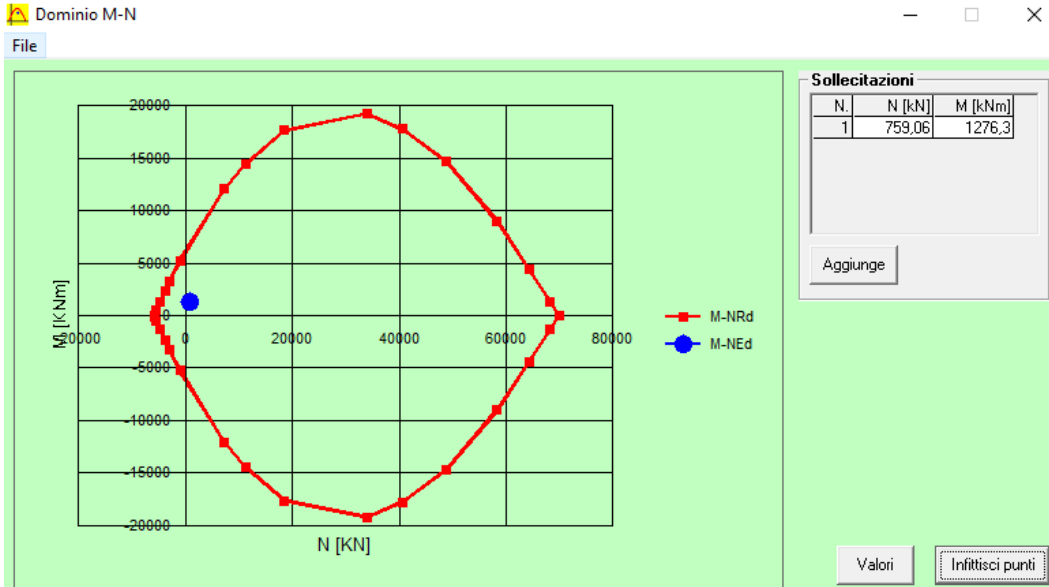


Figura 12.35 – SLV-STR 8A1+M1+SISMA)

Mru=6960 KNm
MEd= 1276,30 KNm
FS= 5,45

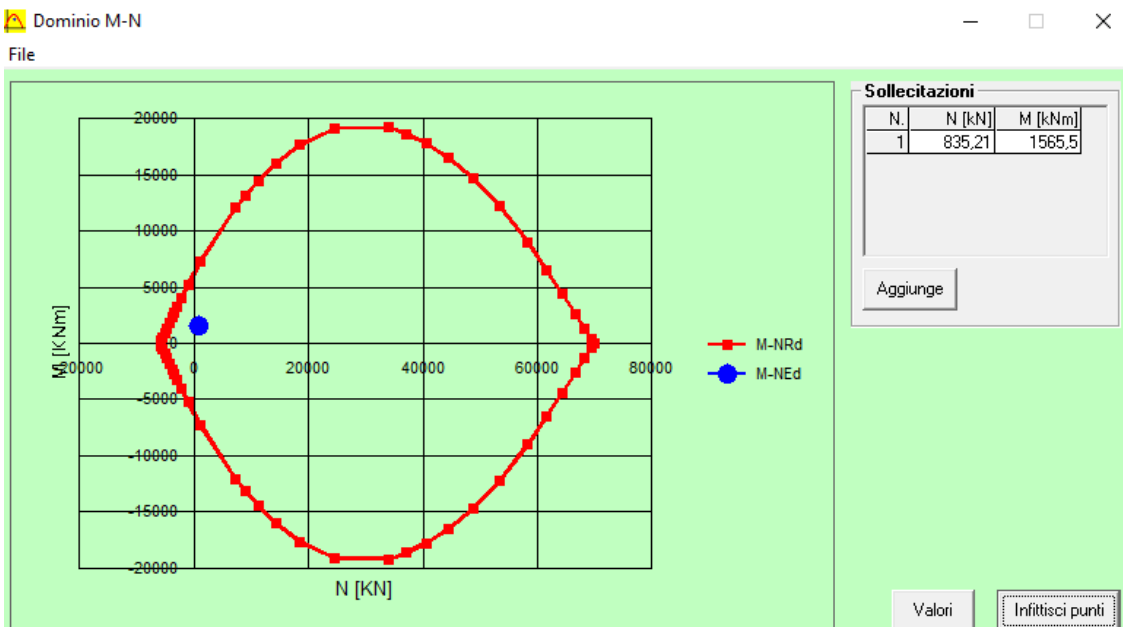


Figura 12.36 – SLV-GEO (A2+M2+SISMA)

Mru=7028 KNm
MEd= 1565,50
FS=4,49

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	02	00	001	C	101

Verifica a Taglio del singolo palo sezione circolare

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

Tmax= 417,23 KN

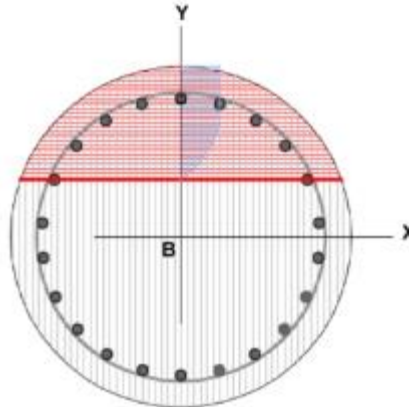


Figura 12.37 – Modello palo per verifica sezione circolare a taglio

Diametro palo[cm]	120	Carico assiale [kN]	0	
Diametro staffe [cm]	108	diametro ferri lon.[mm]	22	
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	542,13	1871,66
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	711,54	2456,56
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]				542,13
Taglio di Progetto V_d [kN]				
FS				
				417,23
				1,30

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	02	00	001	C	102

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]	
152,05	5242	10	99612	10

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	10 - ESE	17,75	72054	80093	0,000	0.0000	0,200	0,000

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	02	00	001	C

12.1.3.2 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.

$Q_0 = N_0 \times n^\circ \text{Tiranti} / \text{Lunghezza paratia}$, dove gli appoggi sono le posizioni 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
57719 Kg	5°	2	18,2 m	6	14
		N TOTALE	N SINGOLO CORDOLO		
VERTICALE	5027,999 Kg	2513,999 Kg	Qv= 828,791 Kg/m		
ORIZZONTALE	57499,58 Kg	28749,79 Kg	Qo= 9477,953 Kg/m		

SECONDA FILA					
FORZA TIRANTE	INCLINAZIONE	numero cordoli acciaio	Lunghezza paratia	numero tiranti	numero pali
63492 Kg	20°	2	18,2 m	6	14
		N TOTALE	N SINGOLO CORDOLO		
VERTICALE	21704,98 Kg	10852,49 Kg	Qv= 3577,745 Kg/m		
ORIZZONTALE	59666,81 Kg	29833,4 Kg	Qo= 9835,188 Kg/m		

TERZA FILA					
FORZA TIRANTE	INCLINAZIONE	numero cordoli acciaio	Lunghezza paratia	numero tiranti	numero pali
55995 Kg	20°	2	18,2 m	6	14
		N TOTALE	N SINGOLO CORDOLO		
VERTICALE	19142,11 Kg	9571,053 Kg	Qv= 3155,292 Kg/m		
ORIZZONTALE	52621,48 Kg	26310,74 Kg	Qo= 8673,87 Kg/m		

QUARTA FILA					
FORZA TIRANTE	INCLINAZIONE	numero cordoli acciaio	Lunghezza paratia	numero tiranti	numero pali
57673 Kg	20°	2	18,2 m	6	14
		N TOTALE	N SINGOLO CORDOLO		
VERTICALE	19715,74 Kg	9857,869 Kg	Qv= 3249,847 Kg/m		
ORIZZONTALE	54198,38 Kg	27099,19 Kg	Qo= 8933,799 Kg/m		

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	02	00	001	C	104

Acciaio per profilati cordoli in acciaio tipo IPN 240 su 4 file	
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	$f_{yd} = f_{yk}/1.05 = 261.9 \text{ MPa}$

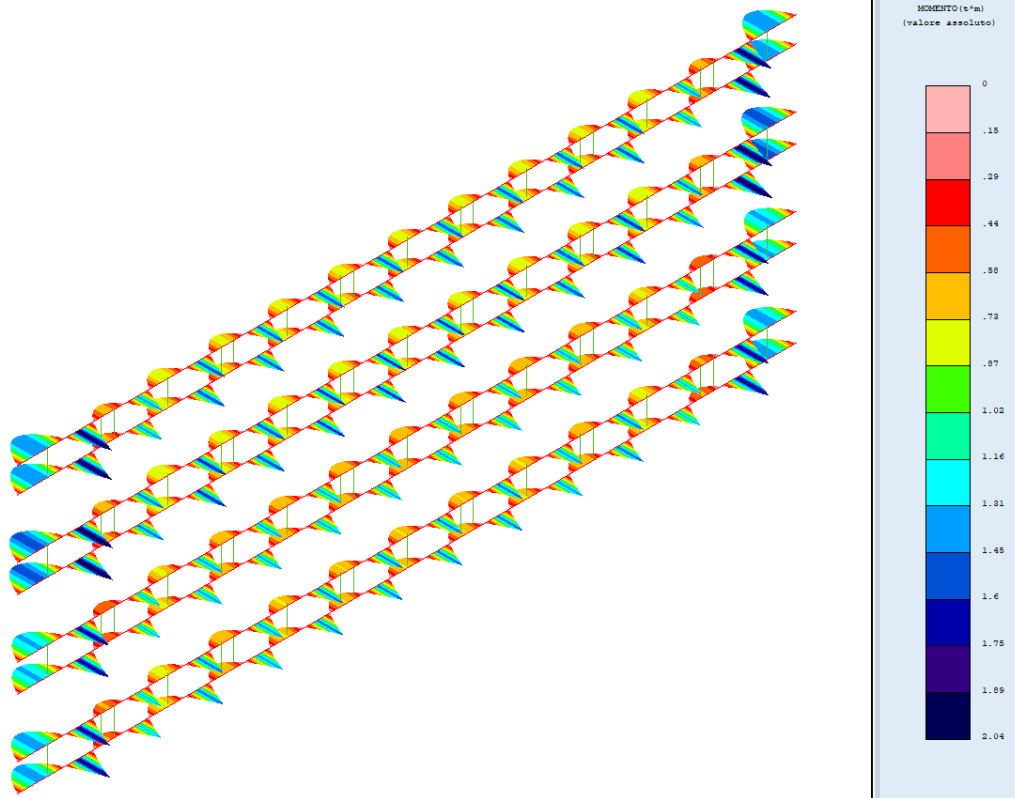


Figura 12.38 – Diagramma momenti sul piano orizzontale

**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	02	00	001	C	105

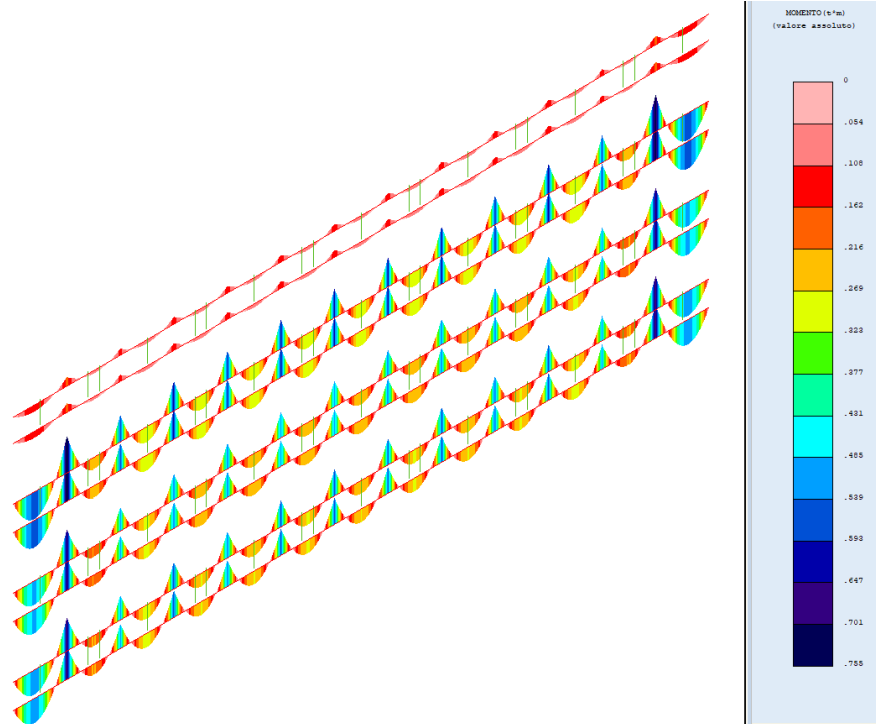


Figura 12.39 – Diagramma momenti sul piano verticale

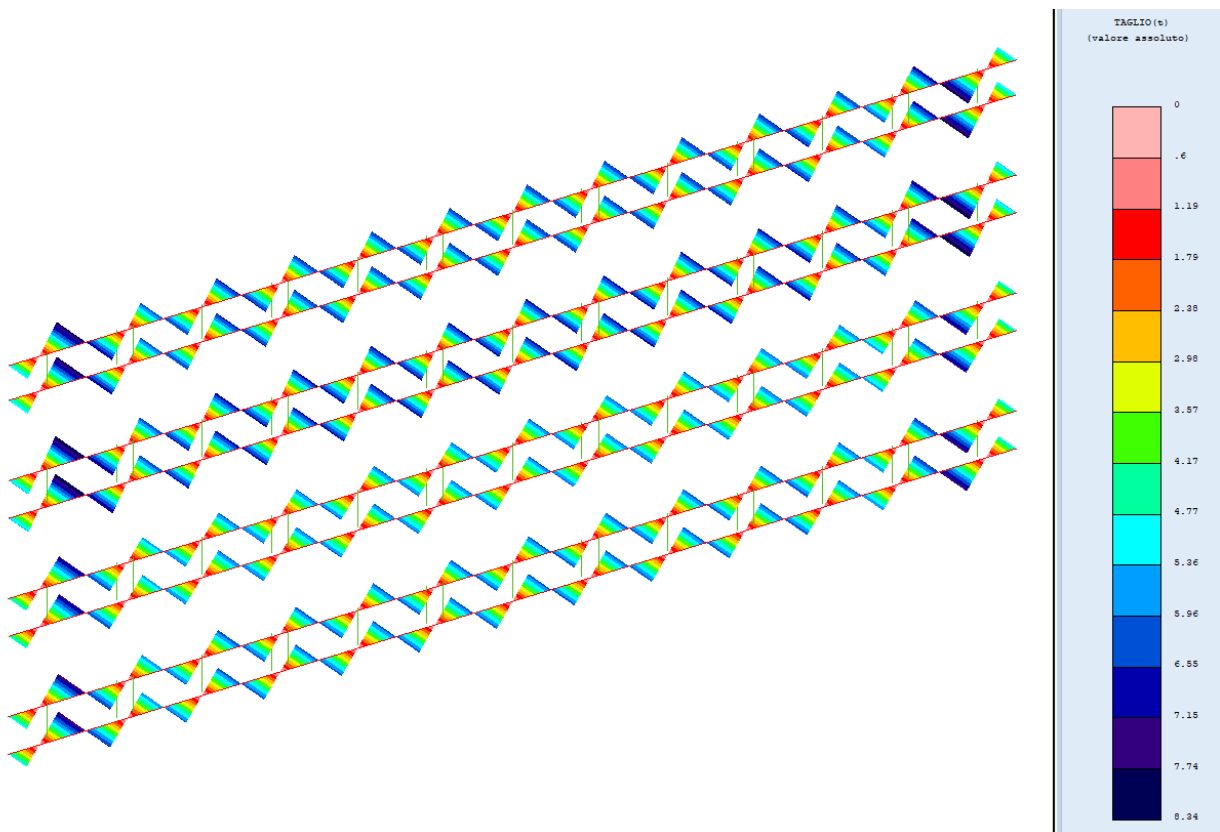


Figura 12.40 – Diagramma del taglio sul piano orizzontale

**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	02	00	001	C	106

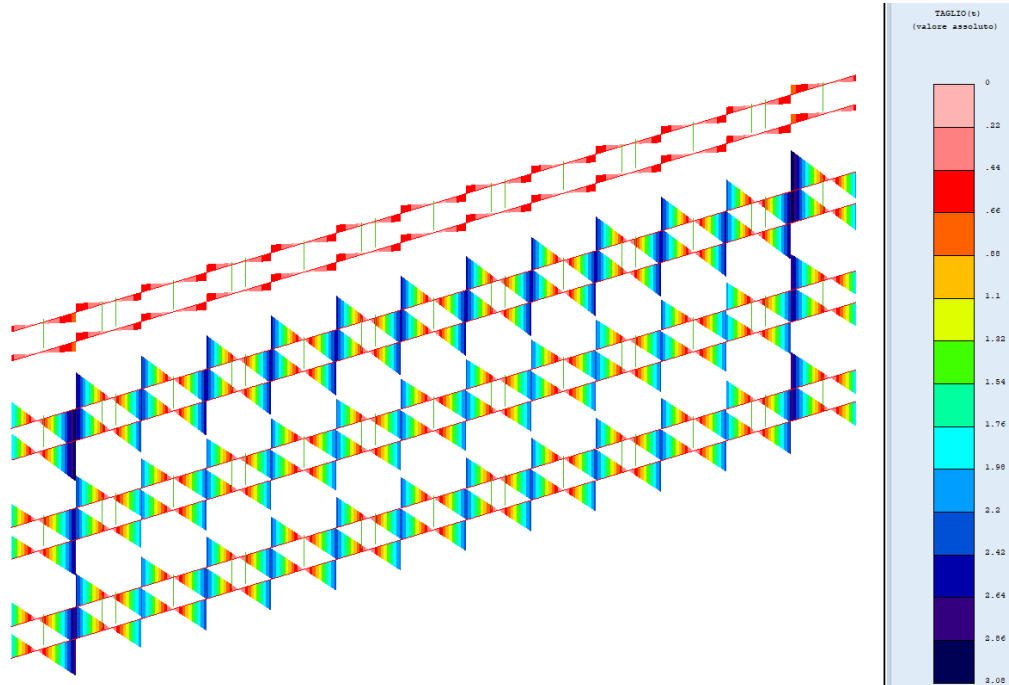


Figura 12.41 – Diagramma del taglio sul piano verticale

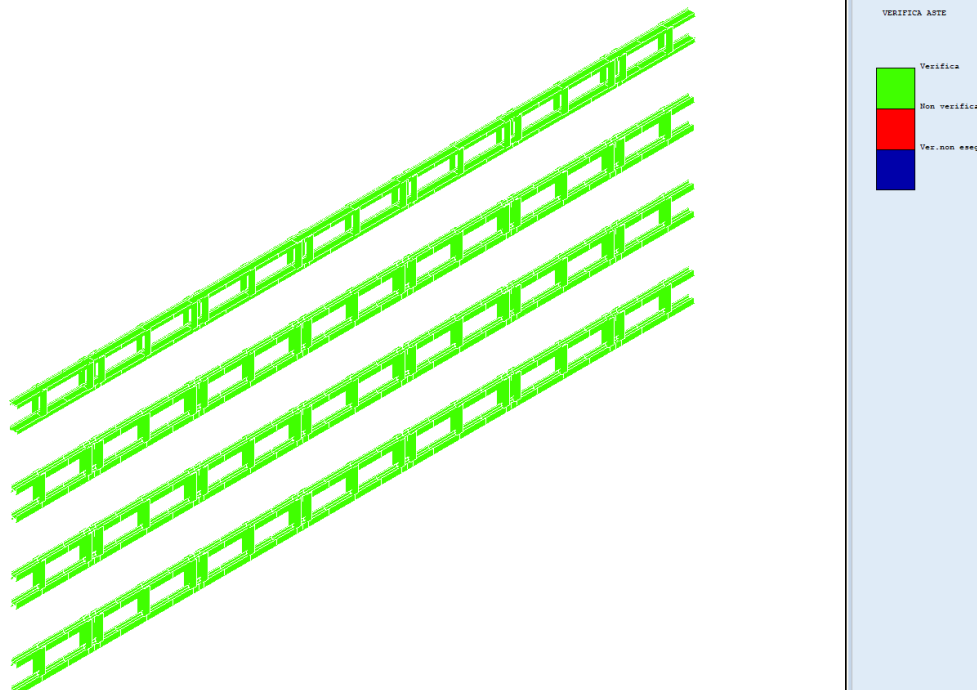


Figura 12.42 – Verifica generale

LINEA PESCARA – BARI

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

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

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

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	(daN)	(daN*m)	(daN*m)	(daN)	(daN)	(daN*m)	daN	daN*cm	daN*cm	dN/cm	daN	dNcm	dN/cm	%	
Sez.N. 1080	13	7,59	1	0	1963	-184	-744	-8037	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	27		
IPN 240	qn=	9478	1	0	-269	28	-441	-4719	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	4		
Asta: 361	29	7,59	1	0	-1341	125	-138	-1402	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	18		
Instab.:1=	70,0	Δ*1=	49,0	0	0	0	c1=1	s=0,92	lmd=	0	Rpf=	0	Rft=	0	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	0,0	mm

Figura 12.43 – Verifica asta 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	(daN)	(daN*m)	(daN*m)	(daN)	(daN)	(daN*m)	daN	daN*cm	daN*cm	dN/cm	daN	dNcm	dN/cm	%	
Sez.N. 1080	13	5,64	1	0	2037	-755	-3077	-8339	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	55		
IPN 240	qn=	9835	1	0	-280	101	-1812	-4897	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	7		
Asta: 260	29	5,64	1	0	-1391	514	-547	-1455	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	38		
Instab.:1=	70,0	Δ*1=	49,0	0	0	0	c1=1	s=0,92	lmd=	0	Rpf=	0	Rft=	0	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	0,0	mm

Figura 12.44 – 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	(daN)	(daN*m)	(daN*m)	(daN)	(daN)	(daN*m)	daN	daN*cm	daN*cm	dN/cm	daN	dNcm	dN/cm	%	
Sez.N. 1080	13	3,64	1	0	1796	-667	-2719	-7854	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	49		
IPN 240	qn=	8673	1	0	-247	89	-1601	-4319	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	7		
Asta: 165	29	3,64	1	0	-1227	454	-484	-1283	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	33		
Instab.:1=	70,0	Δ*1=	49,0	0	0	0	c1=1	s=0,92	lmd=	0	Rpf=	0	Rft=	0	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	0,0	mm

Figura 12.45 – 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	(daN)	(daN*m)	(daN*m)	(daN)	(daN)	(daN*m)	daN	daN*cm	daN*cm	dN/cm	daN	dNcm	dN/cm	%	
Sez.N. 1080	13	1,64	1	0	1850	-697	-2799	-7575	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	50		
IPN 240	qn=	8933	1	0	-254	92	-1648	-4448	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	7		
Asta: 70	29	1,64	1	0	-1264	467	-498	-1321	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	34		
Instab.:1=	70,0	Δ*1=	49,0	0	0	0	c1=1	s=0,92	lmd=	0	Rpf=	0	Rft=	0	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	0,0	mm

Figura 12.46 – Verifica asta più sollecitata 4° 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.

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	02	00	001	C	108

12.1.3.3 VERIFICA DEL CORDOLO

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.

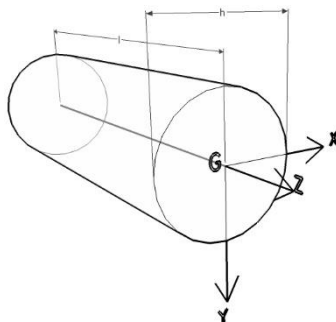


Figura 12.47 – Sistema di riferimento del solido trave

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 ($V_{h,Ed}$).

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 $26\phi 24$. L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale $\phi 10/15$.

Il cordolo in c.a. risulta essere armato con $14\phi 24$ su quattro file e staffe $\phi 12/10$ 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.

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	02	00	001	C	109

PESO PROPRIO CORDOLO		
$\gamma_{cls} =$	25	KN/m ³
B =	1,40	m
H =	1,60	m

Qv =	56,00	KN/m	ESE	AREA PALO	1,13	m ²
Qv =	84,00	KN/m	SLV	D =	1,2	m

	ESE
F1 =	181,52
F2 =	158,90
F3 =	136,00
F4 =	113,10
F5 =	96,70
F6 =	88,78
F7 =	88,78
F8 =	96,70
F9 =	113,10
F10 =	136,00
F11 =	158,90
F12 =	181,52

	SLV
F1 =	272,28 KN
F2 =	238,35 KN
F3 =	204,00 KN
F4 =	169,65 KN
F5 =	145,05 KN
F6 =	133,17 KN
F7 =	133,17 KN
F8 =	145,05 KN
F9 =	169,65 KN
F10 =	204,00 KN
F11 =	238,35 KN
F12 =	272,28 KN

L1 =	6,42	m
L2 =	5,62	m
L3 =	4,81	m
L4 =	4	m
L5 =	3,42	m
L6 =	3,14	m
L7 =	3,14	m
L8 =	3,42	m
L9 =	4	m
L10 =	4,81	m
L11 =	5,62	m
L12 =	6,42	m

CARICO VERTICALE

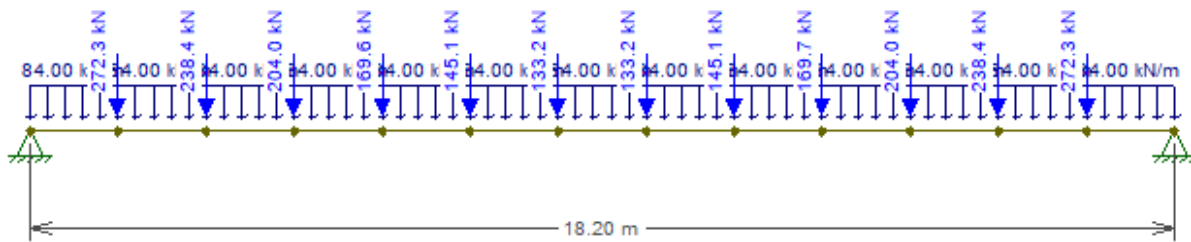


Figura 12.48 – Schema statico cordolo della sezione 1

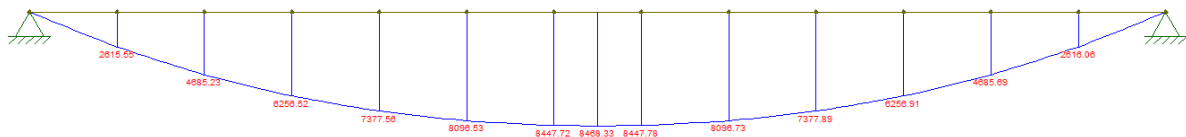


Figura 12.49 – Sollecitazione momento flettente piano verticale, cordolo sezione 1

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	02	00	001	C	110

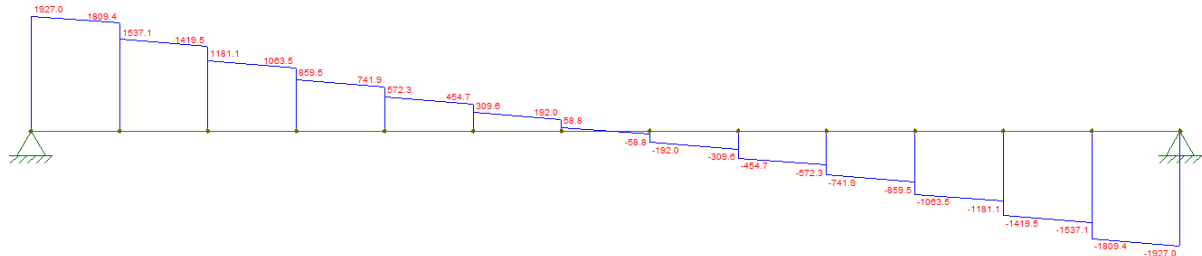


Figura 12.50 – Sollecitazione del taglio piano verticale, cordolo sezione 1

VERIFICA TAGLIO VERTICALE

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	140,00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	160,00	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]	10,00	passo [cm]	10,00	
Area staffe [mm ²]	157	numero braccia	2	
Verifica a Taglio				
cot θ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	cotg θ	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
3,8902	2,5000	1,00	2140,86	4764,10
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]				2140,86
Taglio di Progetto V_d [kN]				1927,00
FS				1,11

**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	02	00	001	C	111

CARICO ORIZZONTALE

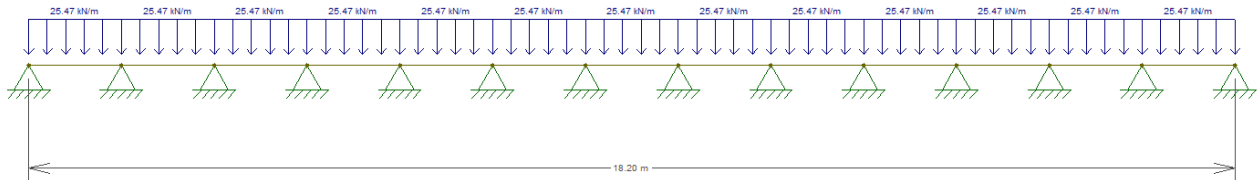


Figura 12.51 – Schema statico

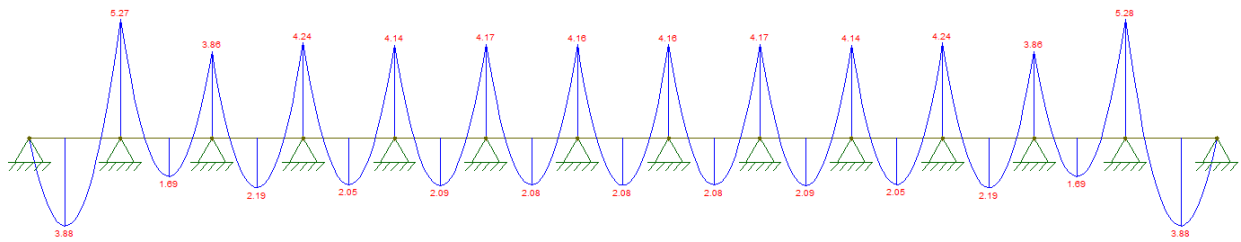


Figura 12.52 – Sollecitazione momento flettente piano orizzontale, cordolo sezione 1

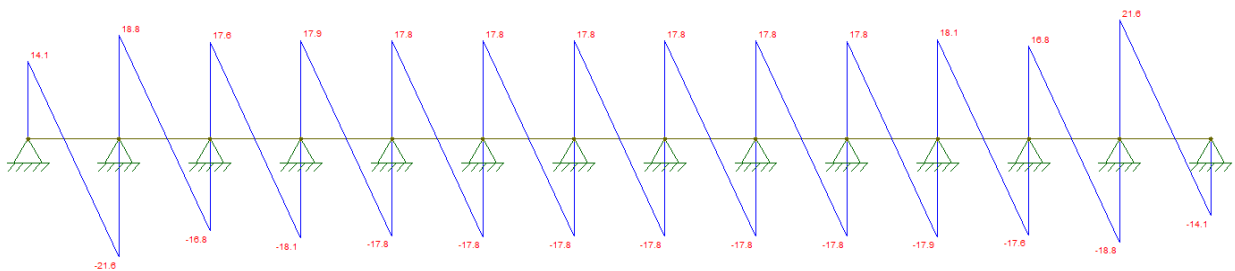


Figura 12.53 – Sollecitazione del taglio piano orizzontale, cordolo sezione 1

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	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 LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GI 02 00			PROGR 001

VERIFICA TAGLIO ORIZZONTALE

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	160,00	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]	10,00	passo [cm]	10,00	
Area staffe [mm ²]	157	numero braccia	2	
Verifica a Taglio				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	$\cot\theta$	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
4,1759	2,5000	1,00	1864,26	4741,24
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]				1864,26
Taglio di Progetto V_d [kN]				21,60
FS				86,31

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	MANDANTI HYpro	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 LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GI 02 00			PROGR 001

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 27m con cordolo in c.a. altezza 1,60 m. Applicazione di un puntone metallico sulla testa del cordolo in c.a. a quota

y=-0,75 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°	L_p (m)	L_a (m)	L_{tot} (m)	D_p (m)	A_{tref} (mm ²)	$f_p(1)k$ snervamento / limite elastico	n_{tref}	N_0 (KN)
1 (sx e dx paratia)	4.85 + 1,60	2.8	20	12	9	21	0.16	139	1670	4	400
2 (sx e dx paratia)	9.85 + 1,60	2.8	20	10	9	19	0.16	139	1670	4	400

L_p = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)

i =interasse tiranti

D_p =diametro perforazione

A_{tref} = area singolo trefolo

L_a = Lunghezza attiva (bulbo iniettato)

α° = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale

n_{tref} = n° trefoli per tirante

N_0 = Pretensione tirante alla messa in opera

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	02	00	001	C	114

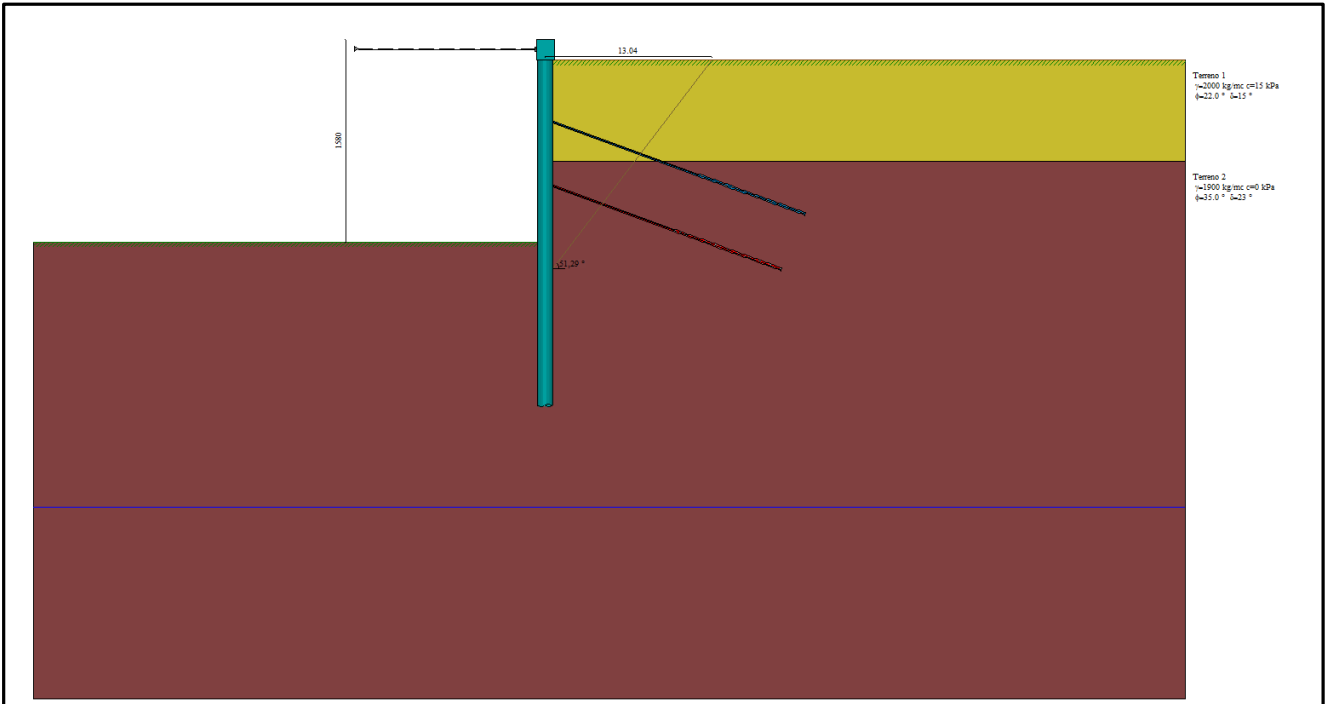


Figura 12.54 – Modello di calcolo

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	Terreno 1 (CGC2)	2000,0	2000,0	22.00	14.70	15,0	0,0	1.50	180,0	CAR
				22.00	14.70	15,0	0,0		180,0	MIN
				22.00	14.70	15,0	0,0		180,0	MED
2	Terreno 2 (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

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	02	00	001	C

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/cmq/cm]	[kg/cmq/cm]		
1	9,50	0.00	0.00	1.54	1.54	Terreno 1 (CGC2)	Terreno 1 (CGC2)
2	42,00	0.00	0.00	13.43	13.43	Terreno 2 (SRR)	Terreno 2 (SRR)

Livello falda dal piano campagna 35 m

Tabella 12 – Parametri per analisi sismica

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo a _g (m/s ²)	1.202	0.465
Accelerazione al suolo a _g (% di g)	0,122	0,047
Fattore amplificatore F ₀	2.570	2.419
T _C *	0.354	0.301
S _s (Terreno tipo C)	1.5	1,50
Coefficiente riduzione β _s	0,380	0,470
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)	1.0	
Coefficiente riduzione α	0,549	
U _s (m)	0,143	
Coefficiente riduzione β	0,339	
Coefficiente intensità sismica orizzontale K _h [%]	3.677	1.423
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale K _h [%]	3.677	1.423
Coefficiente intensità sismica verticale K _v =50% K _h	1.838	0.711

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

**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	02	00	001	C	116

12.2.1 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 1.60 metri	0
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=1.60]	0
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=1.60]	0
4	Inserimento puntone 1 [Hscavo=1.60]	0
5	Scavo fino alla profondità di 6.95 metri	1
6	Tesatura tirante 1 N=40000 [Hscavo=6.95]	2
7	Inserimento tirante 1 (X=6.45) [Hscavo=6.95]	2
8	Scavo fino alla profondità di 11.95 metri	3
9	Tesatura tirante 2 N=40000 [Hscavo=11.95]	4
10	Inserimento tirante 2 (X=11.45) [Hscavo=11.95]	4
11	Scavo fino alla profondità di 15.80 metri	5
12	Inserimento sisma	6

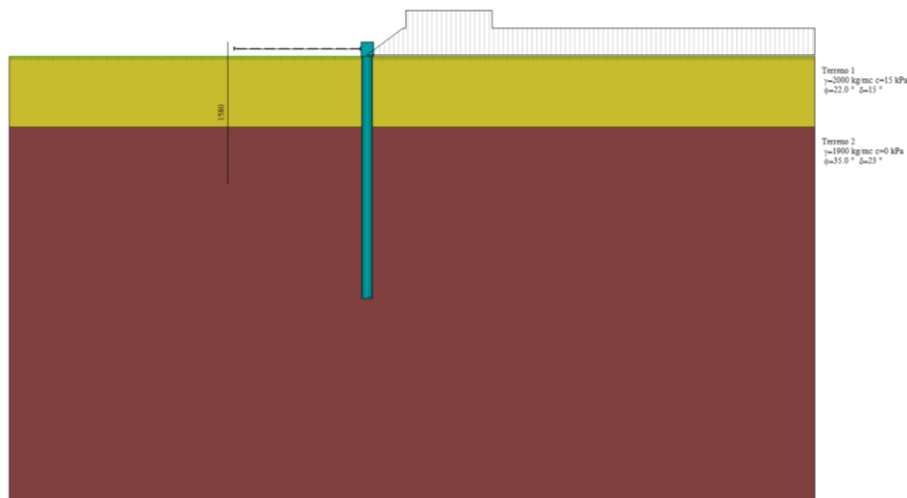


Figura 12.55 – Tempo 0 (Fasi n. 1, 2, 3, 4)

**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	02	00	001	C	117

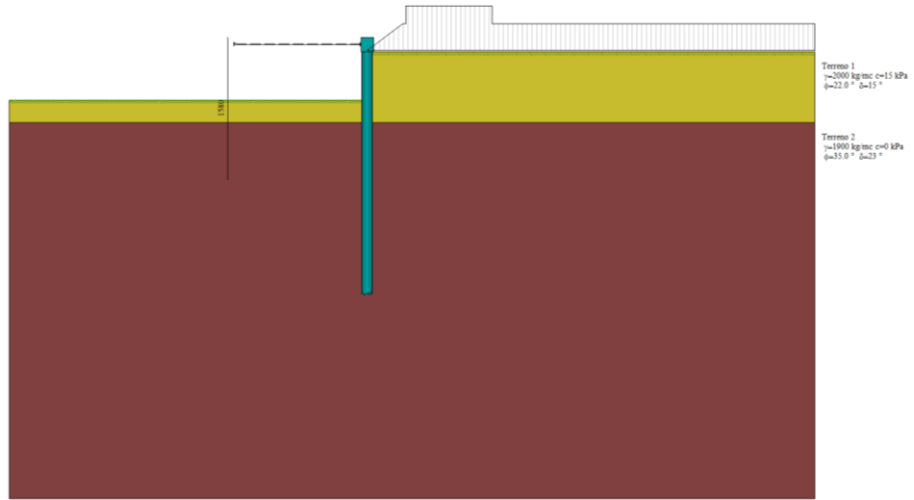


Figura 12.56 – Tempo 1 (Fase n. 5)

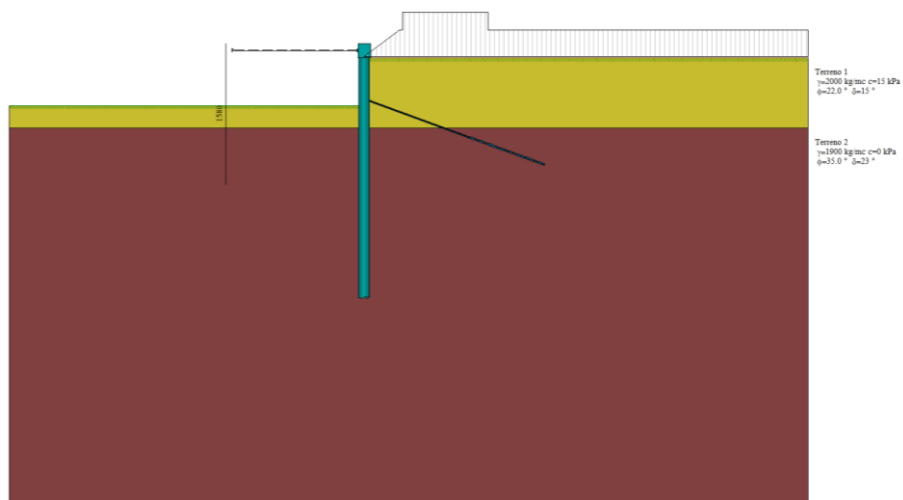


Figura 12.57 – Tempo 2 (Fasi n. 6, 7)

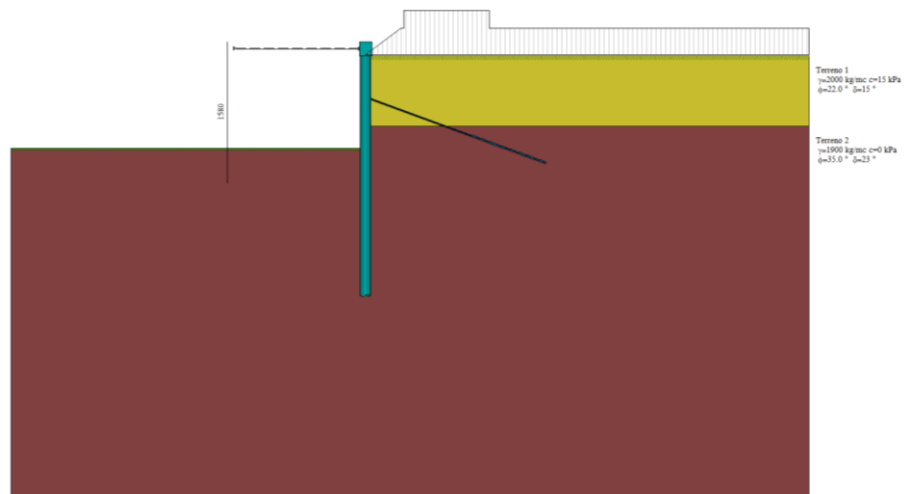


Figura 12.58 – Tempo 3 (Fase n. 8)

**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	02	00	001	C	118

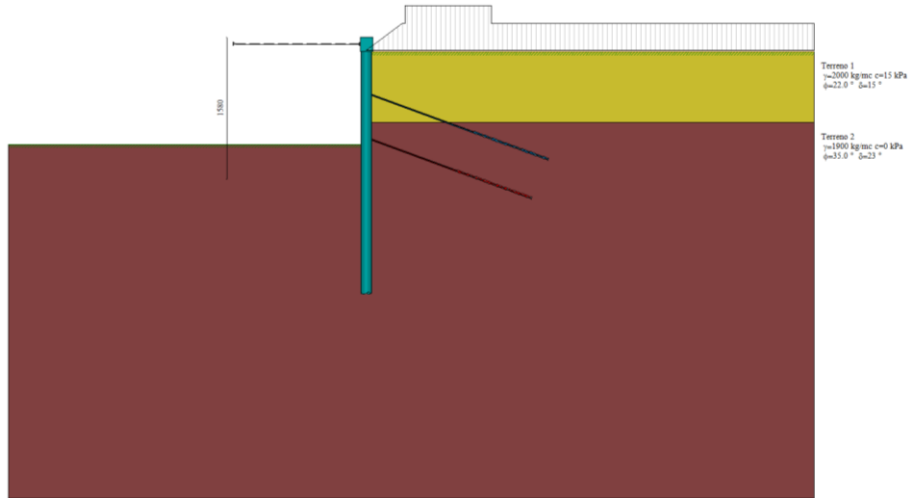


Figura 12.59 – Tempo 4 (Fasi n. 9, 10)

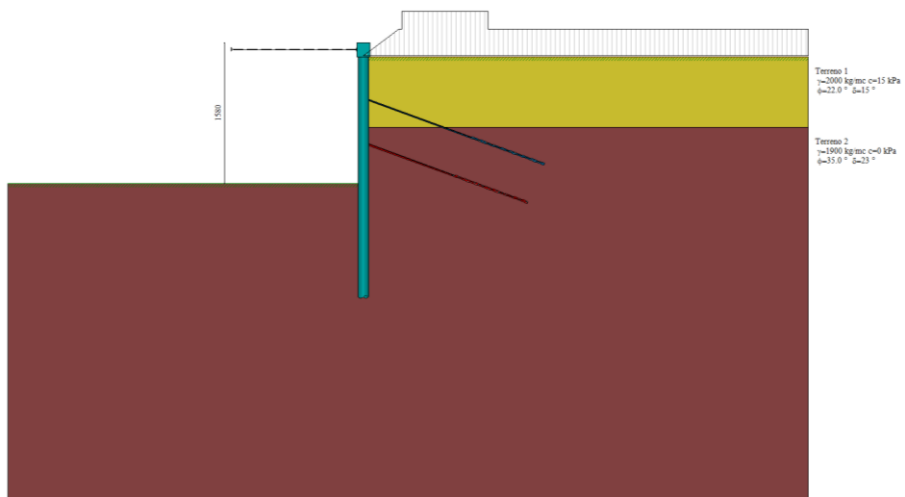


Figura 12.60 – Tempo 5 (Fase n. 11)

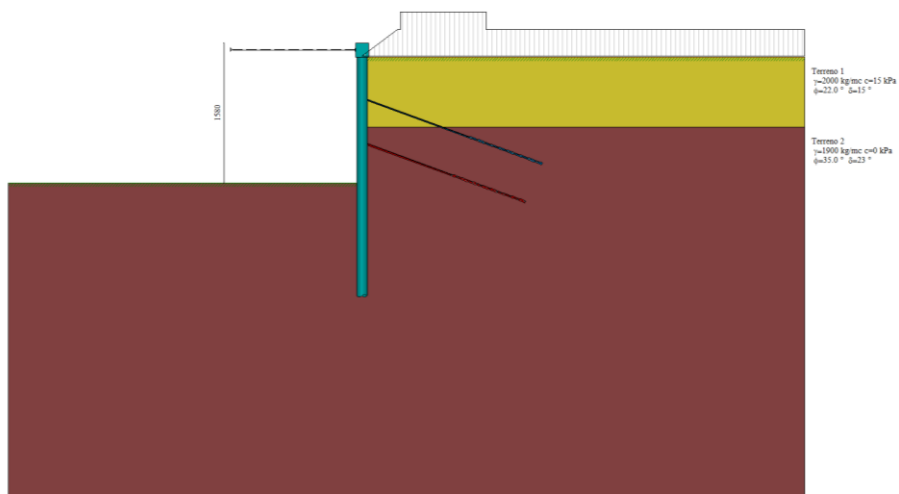


Figura 12.61 – Tempo 6 (Fase n. 12)

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	MANDANTI HYpro	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 LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GI 02 00			PROGR 001

12.2.2 CONSIDERAZIONI SUL SISTEMA DI SIMMETRIA

Per tener conto, come richiesto, del sistema di spinta su entrambe le paratie laterali, si è verificata la condizione di carico di maggiore svantaggio che, con riferimento a tutte le fasi di scavo e dei sovraccarichi a monte, si realizza quando, a scavo avvenuto, su una paratia grava a monte il sovraccarico mentre sulla sua simmetrica no. La verifica di questa condizione, integrata in relazione, è modellata applicando alla singola porzione di paratia, in assenza di carico a monte, la massima reazione del puntone che potrebbe derivare dalla più gravosa condizione di carico della sua porzione simmetrica. Essendo l'involuppo delle caratteristiche della sollecitazione di questa condizione inglobato nell'involuppo dello schema già verificato, si considerano assicurate le condizioni di sicurezza. Si fa presente che, essendo il problema perfettamente simmetrico dal punto di vista geometrico, la modellazione con le opportune combinazioni delle azioni (non simmetriche) non è un'approssimazione del caso reale ma una semplificazione di calcolo che mantiene la propria rigorosità.

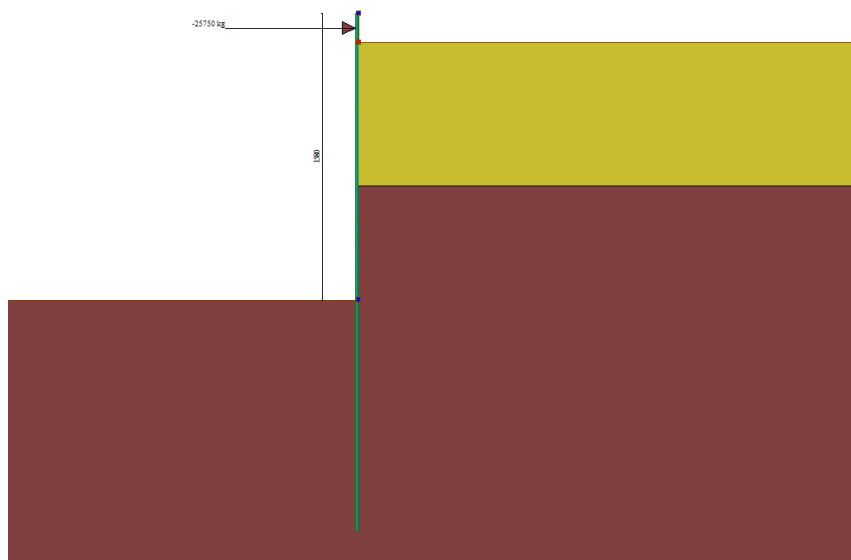


Figura 12.62 – Modello paratia senza puntone con forza concentrata

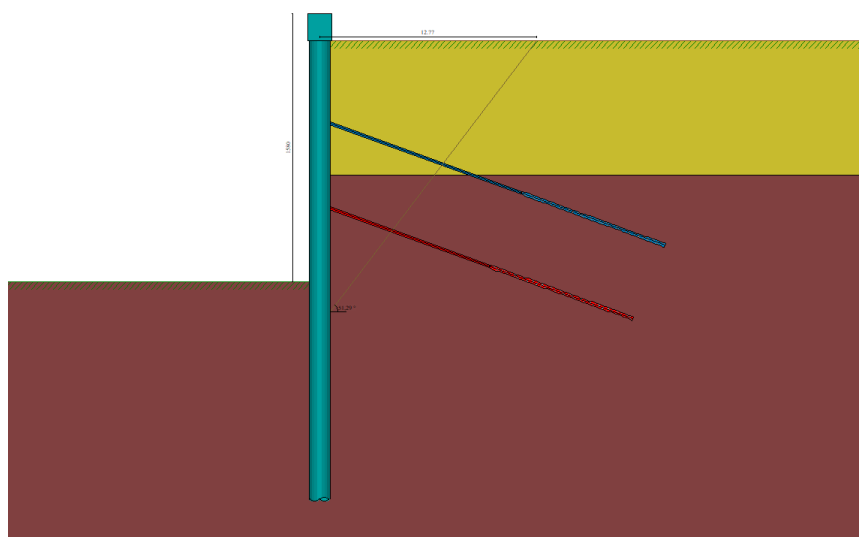


Figura 12.63 – Modello paratia senza puntone

**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	02	00	001	C	120

$N_{max,puntone}=96771 \text{ Kg}$

Il software inserendo una forza concentrata la considera distribuita a metro lineare rispetto alla sua estensione, quindi per ottenere la stessa forza equivalente delle reazioni puntone, si moltiplica la reazione N_{max} per il numero di puntone che sono presenti diviso la lunghezza longitudinale paratia.

$96771 \times 2 / 8,30 = 23318 \text{ Kg}$ distribuiti linearmente

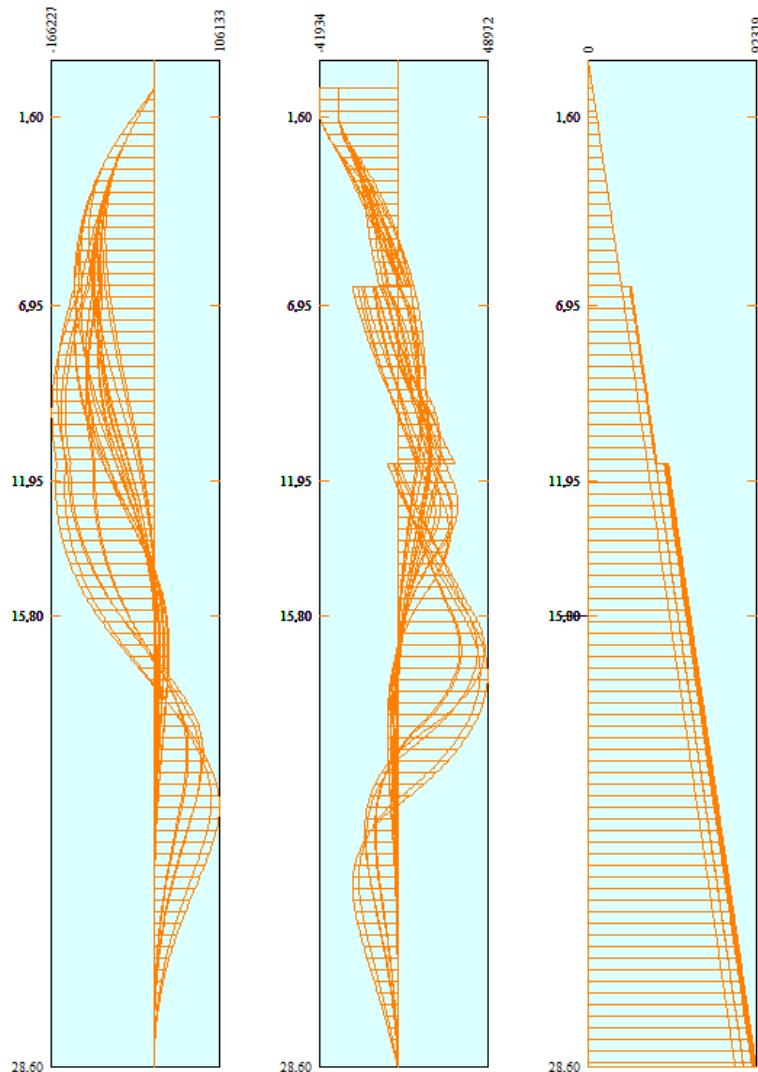


Figura 12.64 – Diagramma involucro sollecitazioni con reazione max puntone e senza sovraccarichi

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	02	00	001	C	121

Tabella 13 – Tabella riepilogativa degli involuppi della paratia con puntone e senza puntone

	QUOTA	Mmax-SX	QUOTA	Mmax-dx	QUOTA	Tmax-SX	QUOTA	Tmax-dx	Nmax
INVILUPPO SENZA PUNTONE	9.75 m	1662,27 kNm	20.65 m	1061,33 kNm	1.60 m	419,34 kN	17.35 m	489,72 kN	923,79 KN
INVILUPPO CON PUNTONE	9.85 m	2099,43 kNm	21.30 m	1789,55 kNm	6.55 m	429,19 kN	17.50 m	624,89 kN	941,84 KN

Quindi da quanto descritto il modello paratia con condizione di simmetria risulta essere una modellazione affidabile.

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	02	00	001	C	122

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]

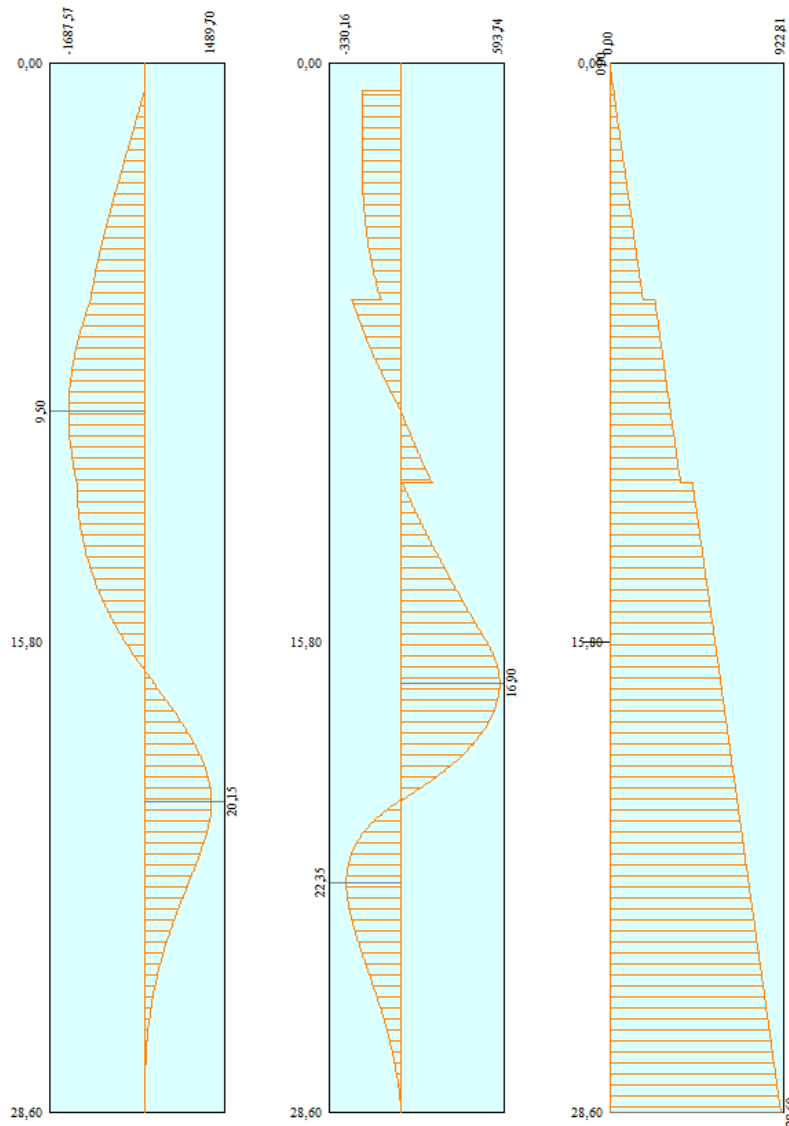


Figura 12.65 – Diagramma in combinazione SLU-STR (A1+M1)

**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	02	00	001	C	123

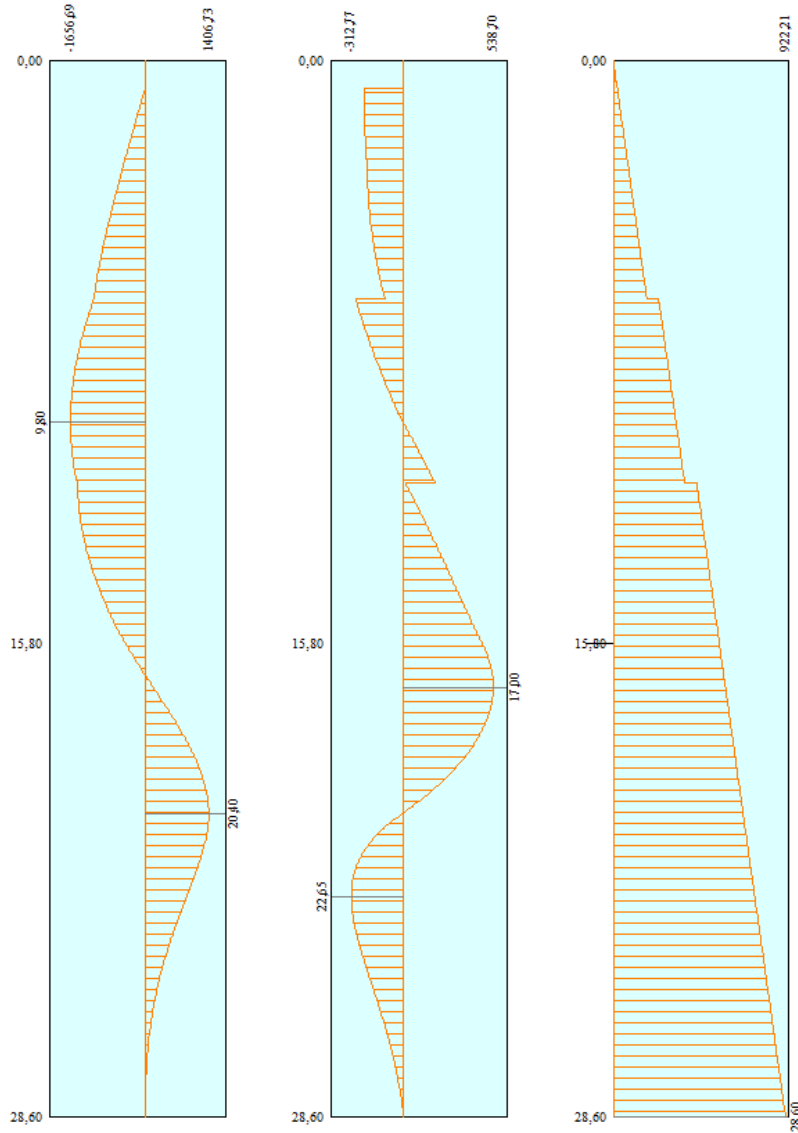


Figura 12.66 – Diagramma in combinazione SLV-STR (A1+M1+SISMA)

**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	02	00	001	C	124

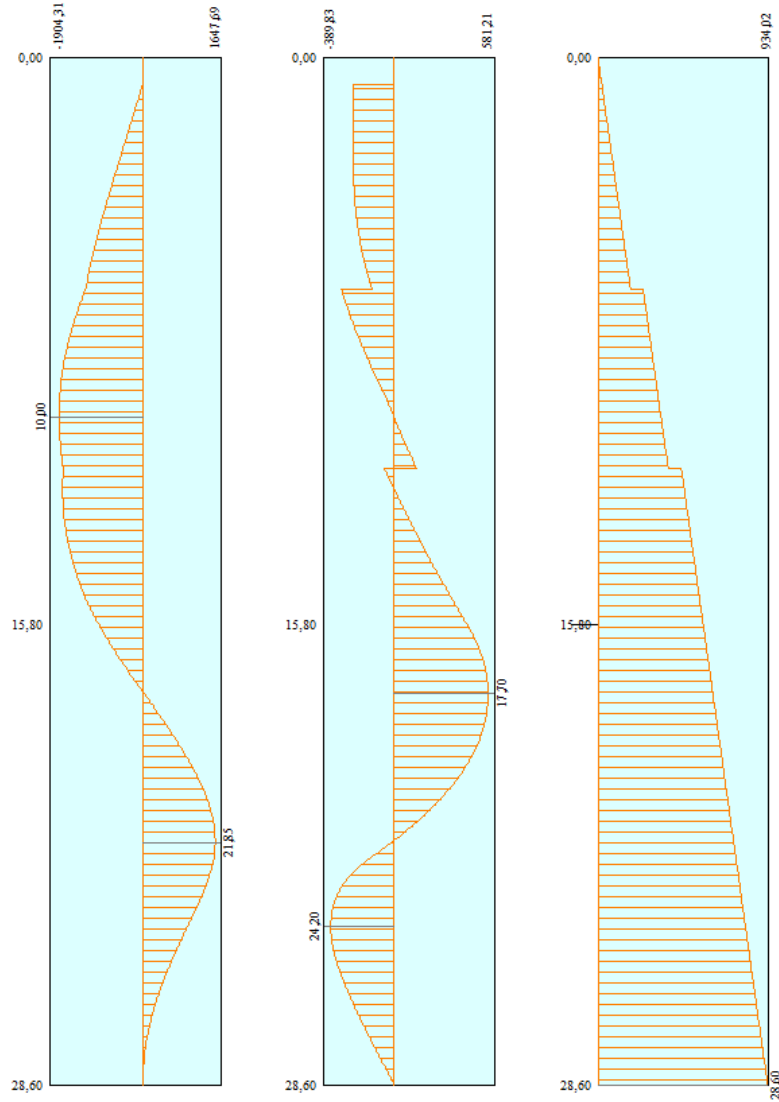


Figura 12.67 – Diagramma in combinazione SLU-GEO (A2+M2)

**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	02	00	001	C	125

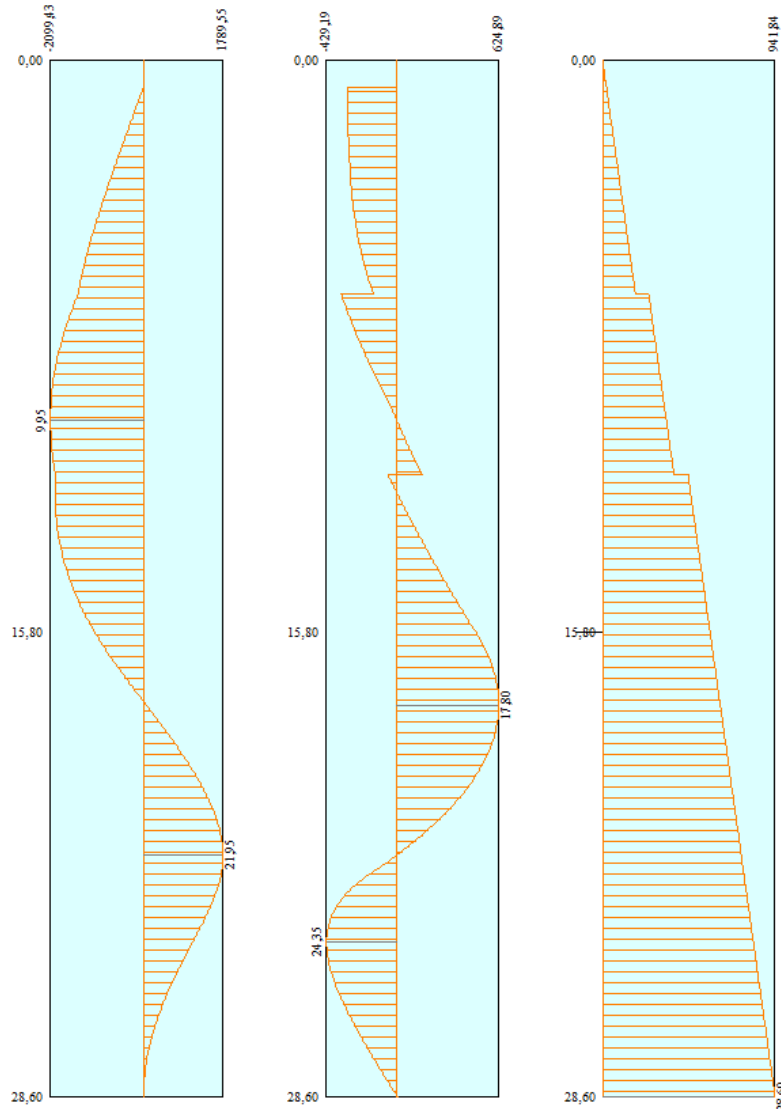


Figura 12.68 – Diagramma in combinazione SLU-GEO (A2+M2+SISMA)

**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	02	00	001	C	126

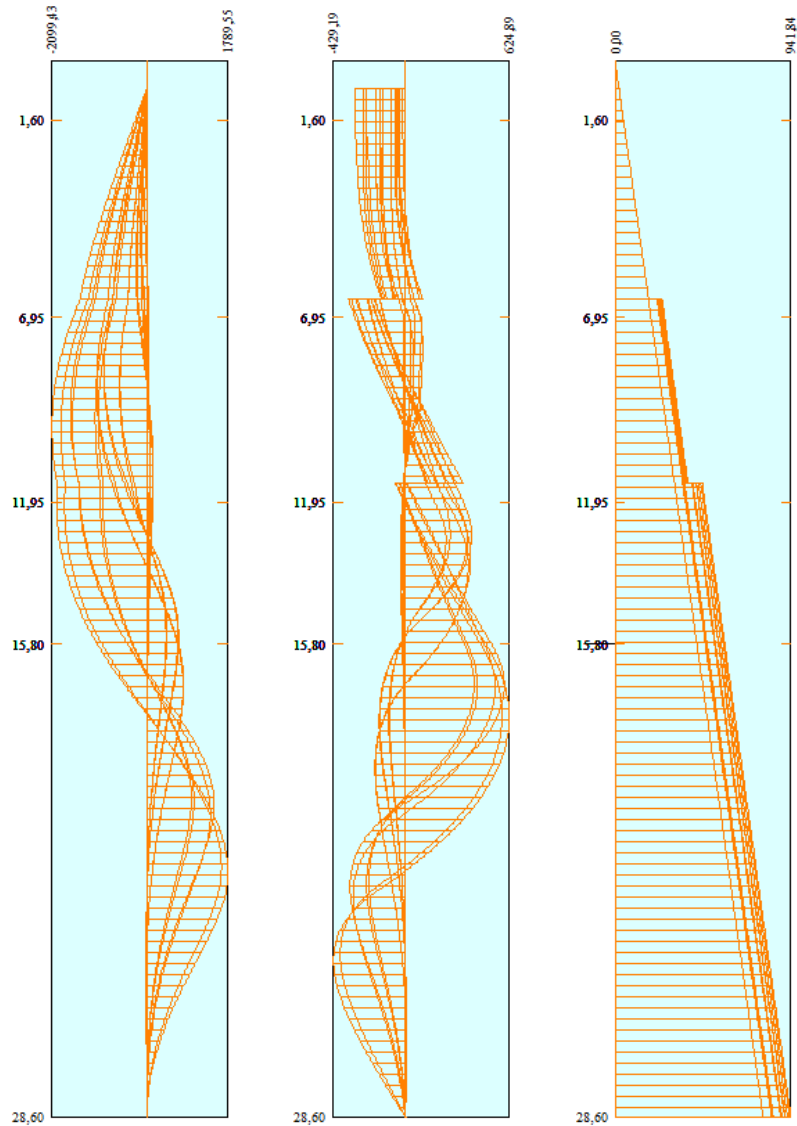


Figura 12.69 – Diagramma involucro sollecitazioni con puntone

Incremento dovuto al sisma Fase 8 ESE $\Delta S= 2983$ Kg

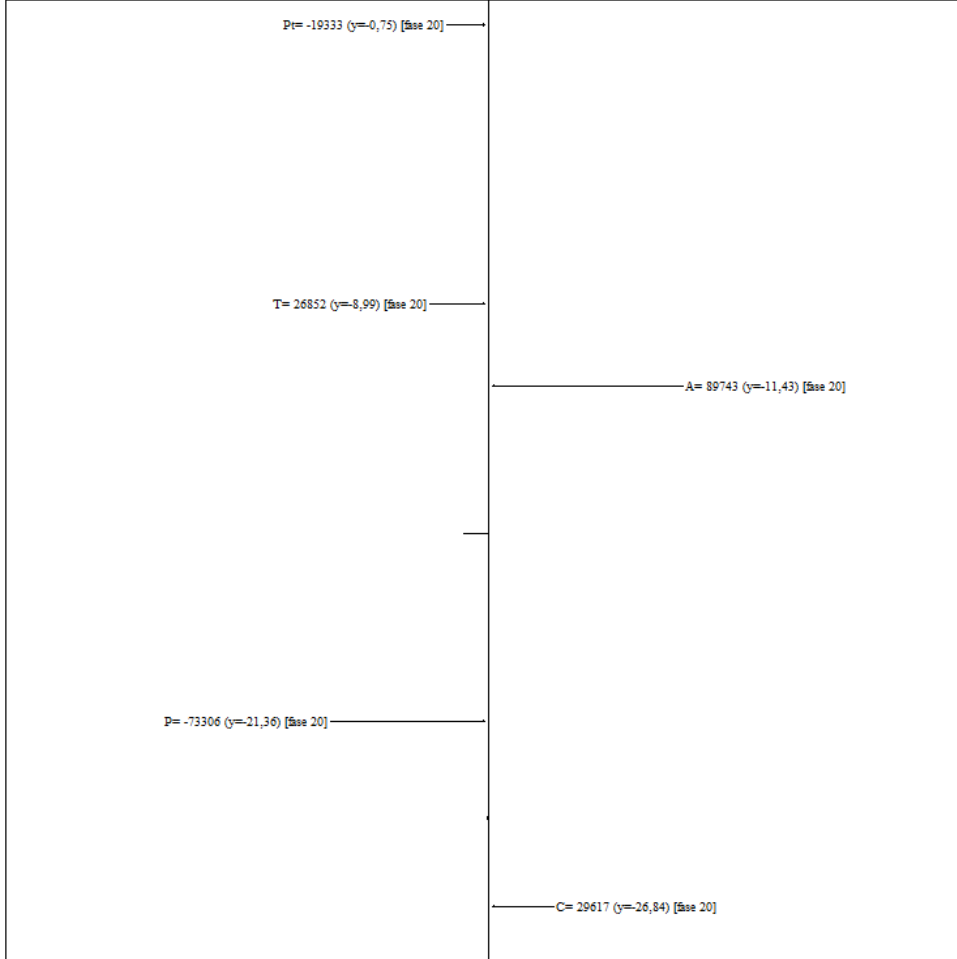
Incremento dovuto al sisma Fase 16 A1+M1+SISMA $\Delta S= 8218$ Kg

Incremento dovuto al sisma Fase 24 A2+M2+SISMA $\Delta S= 10337$ Kg

**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	02	00	001	C	127

Forze agenti sulla paratia



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

Figura 12.70 – Risultanti della spinta attiva e passiva in assenza di sisma (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	02	00	001	C	128

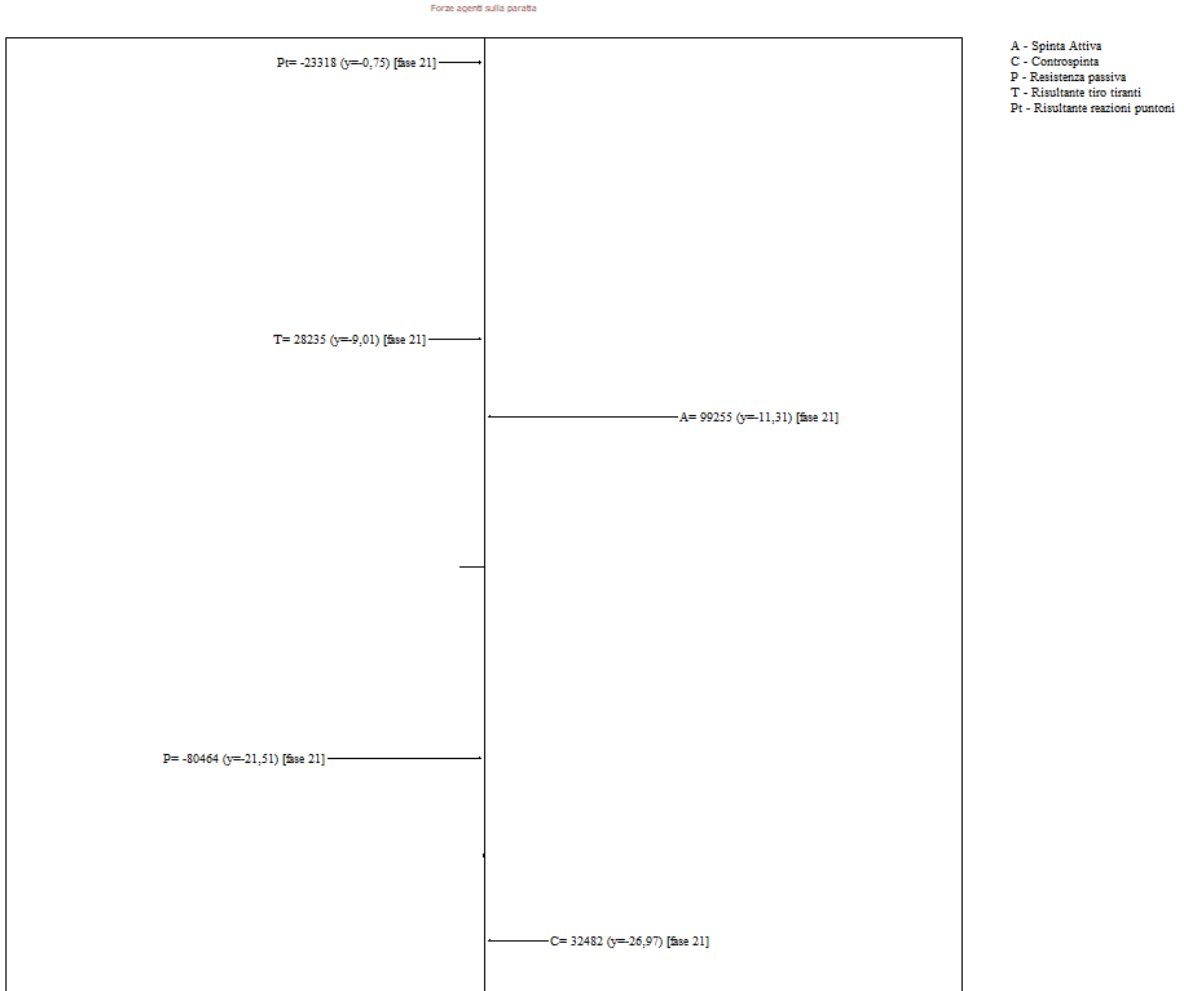
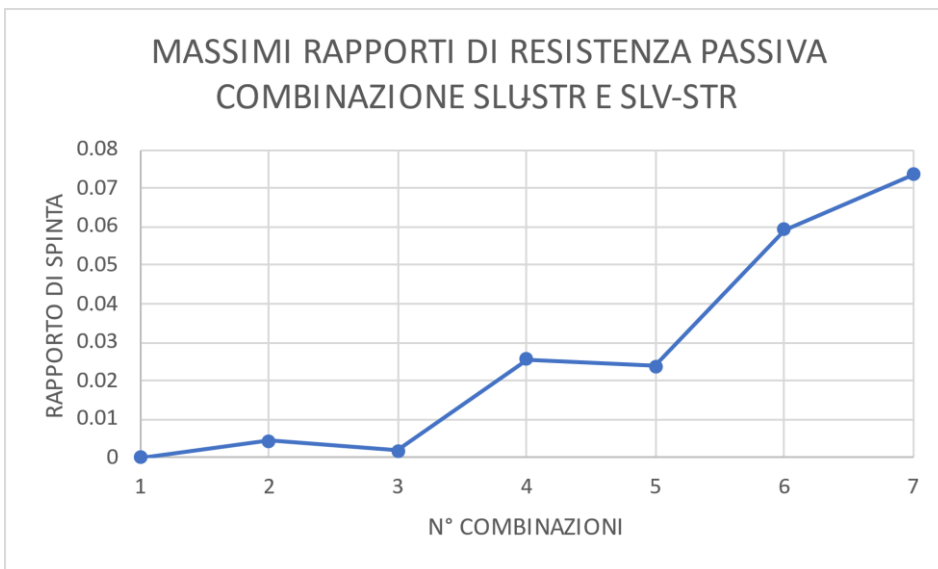
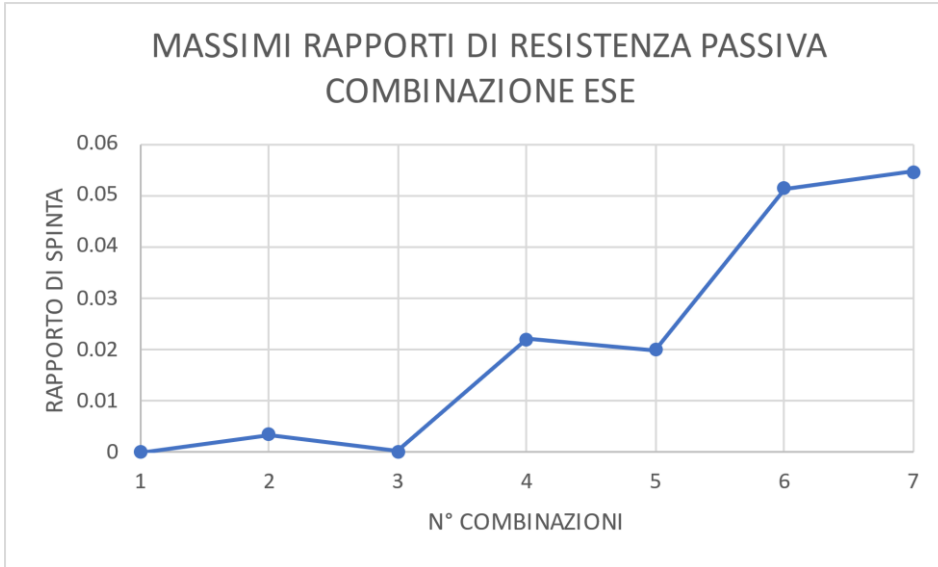


Figura 12.71 – Risultanti della spinta attiva e passiva in presenza di sisma (combinazione A2+M2+SISMA)

**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	02	00	001	C	129



LINEA PESCARA – BARI

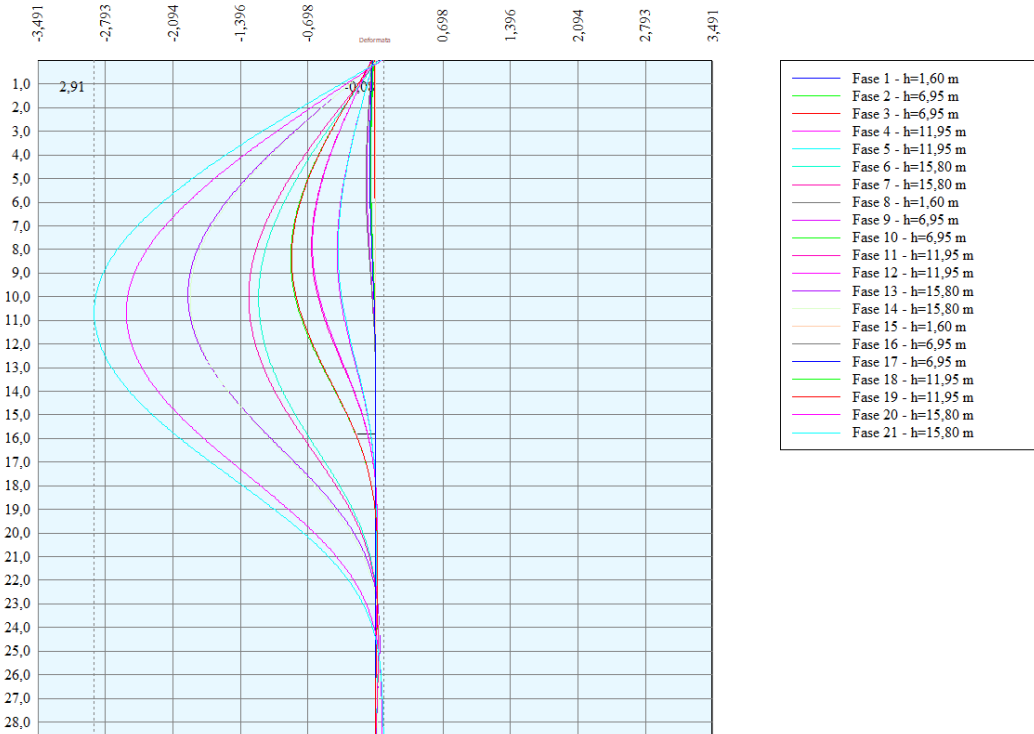
**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

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	02	00	001	C	130

n°	Tipo
1	ESE
2	ESE
3	ESE
4	ESE
5	ESE
6	ESE
7	ESE
8	SLU - STR
9	SLU - STR
10	SLU - STR
11	SLU - STR
12	SLU - STR
13	SLU - STR
14	SLU - STR
15	SLU - GEO
16	SLU - GEO
17	SLU - GEO
18	SLU - GEO
19	SLU - GEO
20	SLU - GEO
21	SLU - GEO
24	SLV - GEO

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	02	00	001	C	131



[cm]
Figura 12.72 – Inviluppo spostamenti

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 [kg]	Af [cmq]	Lf [m]	L [m]	σ_f [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS	cmb
1	54489	5,56	9,00	21,00	961077	1,62601	80977	218533	826036	1.486	13
2	55454	5,56	9,00	19,00	978101	1,87817	80977	218533	826036	1.460	13

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	02	00	001	C	132

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 non sono presenti tiranti

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

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	102914	80977	1.271

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

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	102914	80977	1.271

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

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	102914	80977	1.271
2	102914	80977	1.271

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

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	102914	80977	1.271
2	102914	80977	1.271

Fase n° 7 - SLV - STR n° 2 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	102914	80977	1.271
2	102914	80977	1.271

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	02	00	001	C	133

Verifica gerarchia delle resistenze VALORI CARATTERISTICI

FASE 3

n°	Rg	R1	FS
	[kg]	[kg]	
1	118351,1	93123,55	1,271

FASE 4

n°	Rg	R1	FS
	[kg]	[kg]	
1	118351,1	93123,55	1,271

FASE 5

n°	Rg	R1	FS
	[kg]	[kg]	
1	118351,1	93123,55	1,271
2	118351,1	93123,55	1,271

FASE 6

n°	Rg	R1	FS
	[kg]	[kg]	
1	118351,1	93123,55	1,271
2	118351,1	93123,55	1,271

FASE 7

n°	Rg	R1	FS
	[kg]	[kg]	
1	118351,1	93123,55	1,271
2	118351,1	93123,55	1,271

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

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 $\varphi' = 22^\circ$ e $\varphi' = 35^\circ$).

CENTRO DI ROTAZIONE
8,74 m dal fondo scavo

L_s [m]	a_{max}/g	L_E [m]	$L_{progetto}$ [m]	$L_{progetto} > L_E$
7.94	0,123	9.40	12	VERIFICATO
5.56	0,123	6.59	10	VERIFICATO

VERIFICA 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]
Pd	Portanza di progetto, espressa in [kN]
N	Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto Pd/N)

n°	Tipo	$P_{p,med}$ [kg]	$P_{L,med}$ [kg]	$P_{p,min}$ [kg]	$P_{L,min}$ [kg]	Pd [kg]	N [kg]	FS
1	SLU - STR	1679980	0	1679980	0	988223	80865	12.221
2	SLU - STR	1334889	0	1334889	0	785229	80865	9.710
3	SLU - STR	1334889	0	1334889	0	785229	85425	9.192
4	SLU - STR	1020276	0	1020276	0	600162	86187	6.964
5	SLU - STR	1020276	0	1020276	0	600162	90737	6.614
6	SLU - STR	784356	0	784356	0	461386	94099	4.903
7	SLV - STR	784356	0	784356	0	461386	94038	4.906
1	SLU - GEO	1679980	0	1679980	0	581308	80865	7.189
2	SLU - GEO	1334889	0	1334889	0	461899	80865	5.712
3	SLU - GEO	1334889	0	1334889	0	461899	85425	5.407
4	SLU - GEO	1020276	0	1020276	0	353037	86406	4.086
5	SLU - GEO	1020276	0	1020276	0	353037	90956	3.881
6	SLU - GEO	784356	0	784356	0	271403	95242	2.850
7	SLV - GEO	784356	0	784356	0	341767	96039	3.559

Verifica Stabilità globale (METODO DI FELLENIUS)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
(Xc; Yc)	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(Xv; Yv)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(Xm; Ym)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS	Coefficiente di sicurezza
R	Coefficiente di sicurezza richiesto

**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	02	00	001	C	135

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	Xc, Yc [m]	R [m]	Xv, Yv [m]	Xm, Ym [m]	FS	R
1	SLU - GEO	-2,86; 0,00	20,27	-23,07; -1,49	17,35; -1,60	17.006	1.100
2	SLU - GEO	-2,86; 0,00	20,27	-21,91; -6,93	17,35; -1,60	4.327	1.100
3	SLU - GEO	-2,86; 0,00	20,27	-21,91; -6,93	17,35; -1,60	4.385	1.100
4	SLU - GEO	-2,86; 0,00	20,27	-19,24; -11,93	17,35; -1,60	2.410	1.100
5	SLU - GEO	-2,86; 0,00	20,27	-19,24; -11,93	17,35; -1,60	2.460	1.100
6	SLU - GEO	-5,72; 0,00	20,87	-19,36; -15,79	15,09; -1,60	1.802	1.100
7	SLV - GEO	-5,72; 0,00	20,87	-19,36; -15,79	15,09; -1,60	1.741	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] ($L=b/\cos\alpha$)
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°	Wi [kg]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	343,37	-39.63	0,87	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
2	1028,10	-37.29	0,84	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
3	1657,90	-35.02	0,82	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
4	2237,36	-32.81	0,79	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
5	2770,29	-30.65	0,78	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
6	3259,82	-28.54	0,76	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
7	3708,63	-26.48	0,75	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
8	4118,94	-24.45	0,73	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
9	4492,66	-22.45	0,72	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
10	4831,43	-20.48	0,71	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
11	5136,64	-18.53	0,70	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
12	5409,48	-16.61	0,70	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
13	5650,97	-14.70	0,69	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
14	5861,98	-12.82	0,68	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
15	6043,23	-10.94	0,68	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
16	6195,34	-9.08	0,68	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
17	6318,81	-7.23	0,67	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
18	6414,03	-5.38	0,67	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
19	6481,30	-3.54	0,67	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
20	6520,84	-1.71	0,67	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
21	6532,76	0.12	0,67	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
22	6517,10	1.96	0,67	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
23	6473,82	3.79	0,67	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
24	6402,77	5.63	0,67	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
25	6303,74	7.48	0,67	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
26	6176,42	9.33	0,68	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
27	6020,39	11.20	0,68	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
28	5835,14	13.07	0,69	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
29	5620,05	14.96	0,69	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
30	25068,27	16.89	0,72	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
31	25134,56	18.87	0,72	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
32	25165,55	20.88	0,73	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
33	25159,85	22.91	0,74	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
34	25115,84	24.97	0,76	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
35	25026,52	27.07	0,77	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
36	25684,96	29.20	0,79	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
37	25528,33	31.38	0,80	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
38	24948,66	33.62	0,82	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
39	24317,08	35.91	0,85	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
40	23629,03	38.28	0,87	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
41	22878,94	40.72	0,91	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
42	22059,84	43.25	0,94	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
43	21162,88	45.90	0,99	29.26	0,0	0,0	(10816; 4838)
44	20176,50	48.68	1,04	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
45	19085,17	51.62	1,10	29.26	0,0	0,0	(0; 0)

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	02	00	001	C	136

N°	Wi [kg]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kg]
46	17867,10	54.77	1,19	29.26	0,0	0,0	(0; 0)
47	16490,02	58.19	1,30	29.26	0,0	0,0	(9963; 2082)
48	14898,88	61.99	1,46	23.58	6,0	0,0	(0; 0)
49	12930,69	66.34	1,71	17.91	12,0	0,0	(0; 0)
50	9568,33	71.69	2,18	17.91	12,0	0,0	(0; 0)
51	4821,99	80.05	3,97	17.91	12,0	0,0	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 150879,24 [kg]

$\Sigma W_i = 601082,29$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 251786,34$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 267208,66$ [kg]

$\Sigma c_b / \cos \alpha_i = 10515,35$ [kg]

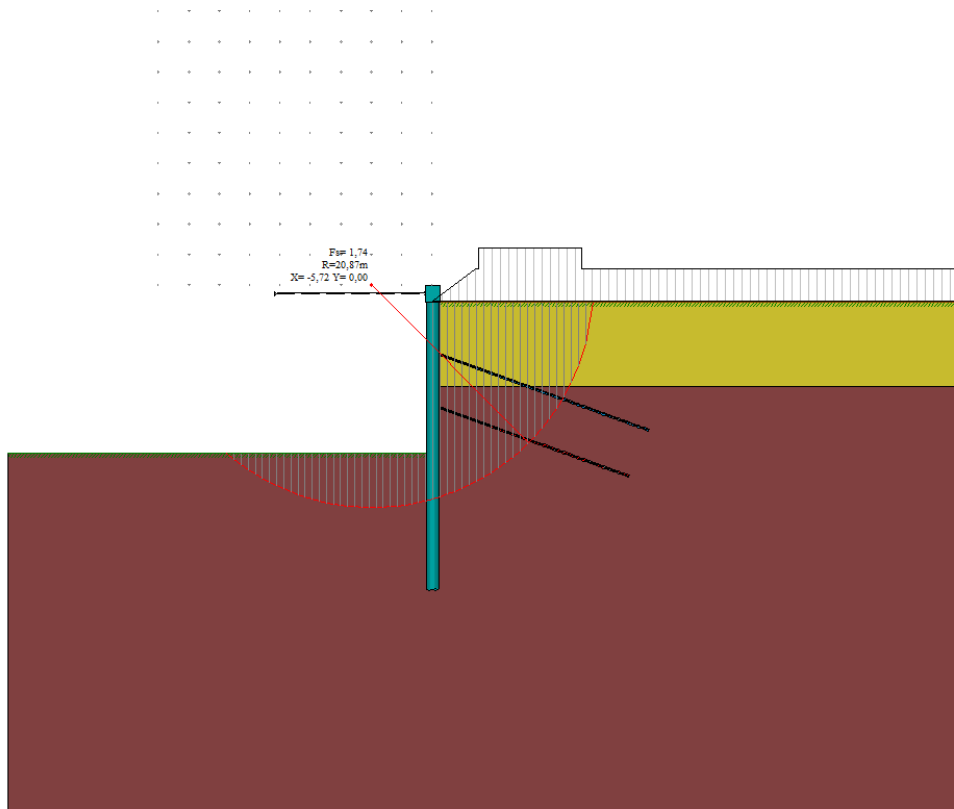


Figura 12.73 – Verifica di stabilità globale FS minimo

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	02	00	001	C	137

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]		
21	SLV - GEO	250814,09 18,54	460295,72 24,40	0,00 0,00	28235,42 9,01	23318,27 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	2523192,04	3135754,26	1.243	2.041

 		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	02	00	001	C	138

12.2.4 VERIFICHE STRUTTURALI

12.2.4.1 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 38 ϕ 28. L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale ϕ 10/20.

Il cordolo in c.a. risulta armato con 18 ϕ 16+10 ϕ 16 e staffe ϕ 10/20 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:

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \quad \text{per } 0 < \epsilon_s < \epsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \epsilon_{sy} < \epsilon_s < \epsilon_{su}$$

**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	02	00	001	C	139

N°	Nu [kg]	Mu [kgm]
1	-933633,95	0,00
2	0,00	387288,33
3	298056,87	448269,36
4	447085,31	465876,78
5	596113,74	475309,91
6	745142,18	475115,59
7	894170,61	465206,90
8	1043199,05	443422,23
9	1192227,48	417349,01
10	1341255,92	388615,69
11	1490284,35	357127,19
12	1639312,79	321571,65
13	1788341,22	281336,27
14	1937369,66	236283,93
15	2086398,09	185594,40
16	2235426,53	0,00
17	2235426,53	0,00
18	2086398,09	-185594,40
19	1937369,66	-236283,93
20	1788341,22	-281336,27
21	1639312,79	-321571,65
22	1490284,35	-357127,19
23	1341255,92	-388615,69
24	1192227,48	-417349,01
25	1043199,05	-443422,23
26	894170,61	-465206,90
27	745142,18	-475115,59
28	596113,74	-475309,91
29	447085,31	-465876,78
30	298056,87	-448269,36
31	0,00	-387288,33
32	-933633,95	0,00

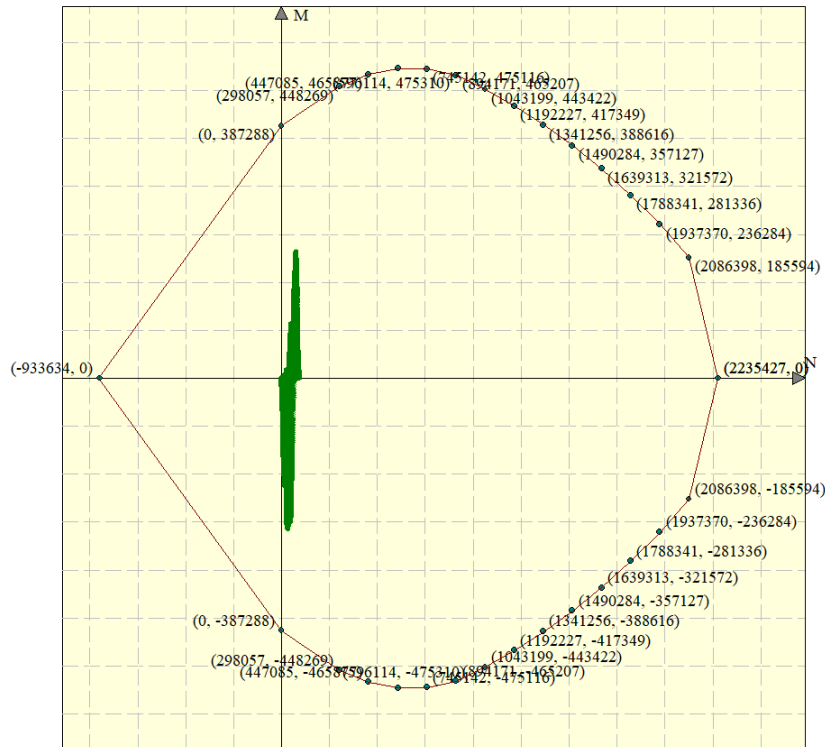


Figura 12.74 – Dominio M-N, sezione palo, armatura in c.a.

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	02	00	001	C	140

Tabella 14 – Sollecitazioni massime del singolo palo

COMBINAZIONE		PROFONDITA'[m]	M _{palo} [kNm]	N _{palo} [kN]	PROFONDITA'[m]	T _{palo} [kN]
SLU-STR (A1+M1)	FASE 13	9,50	1687,57	327,71	16,90	593,74
SLU-GEO (A2+M2)	FASE 20	10,00	1904,31	346,50	17,70	581,21
SLV-STR (A1+M1+SISMA)	FASE 14	9,80	1656,69	335,66	17,00	538,70
SLV-GEO (A2+M2+SISMA)	FASE 21	9,95	2099,43	348,34	17,80	624,89

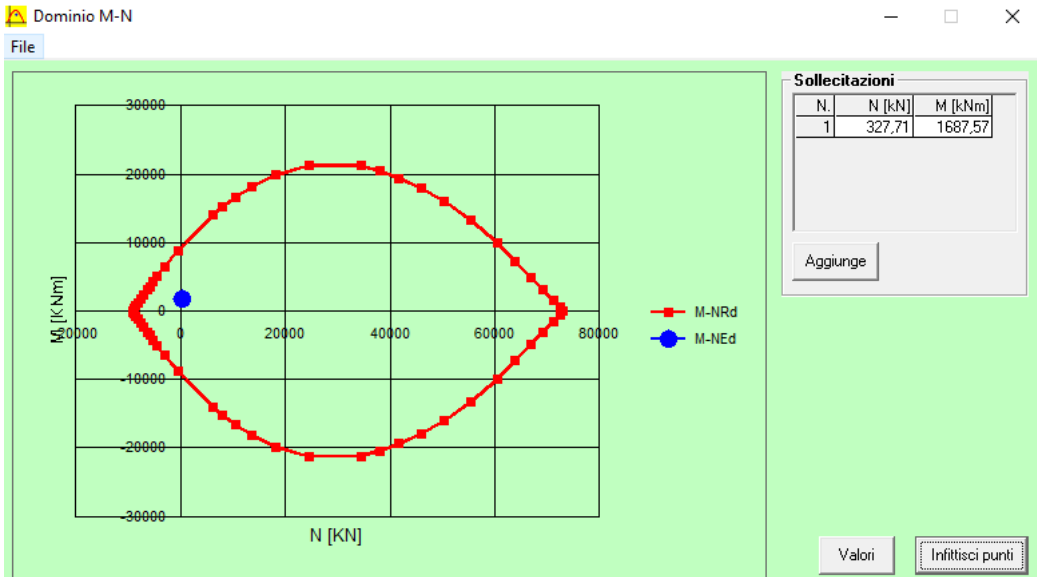


Figura 12.75 – SLU-STR (A1+M1)

M_{ru}=9627 KNm
M_{Ed}= 1687,57 KNm
FS=5,704

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	02	00	001	C	141

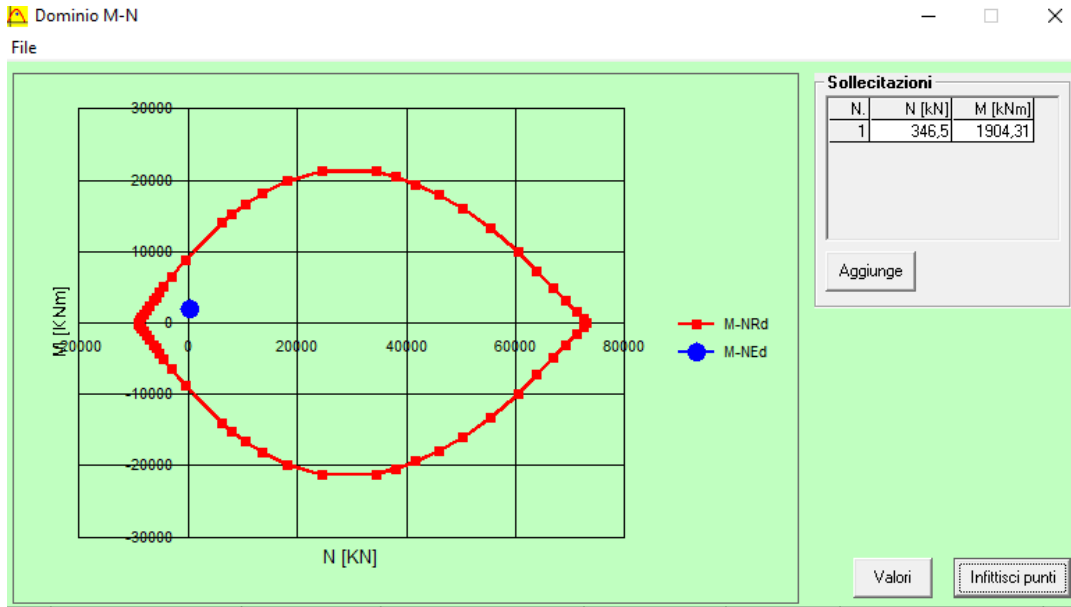


Figura 12.76 – SLU-GEO (A2+M2)

Mru= 9643 KNm
MEd= 1904,31 KNm
FS= 5,06

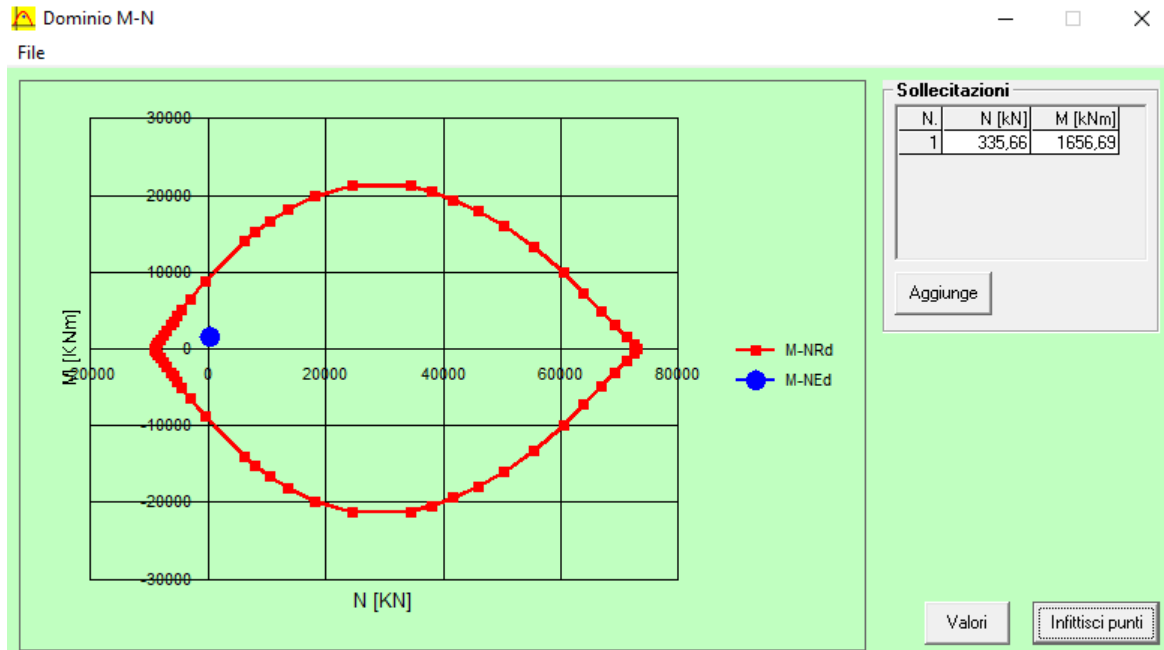


Figura 12.77 – SLV-STR (A1+M1+SISMA)

Mru=9634 KNm
MEd= 1656,69 KNm
FS= 5,81

**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	02	00	001	C	142

Dominio M-N

File

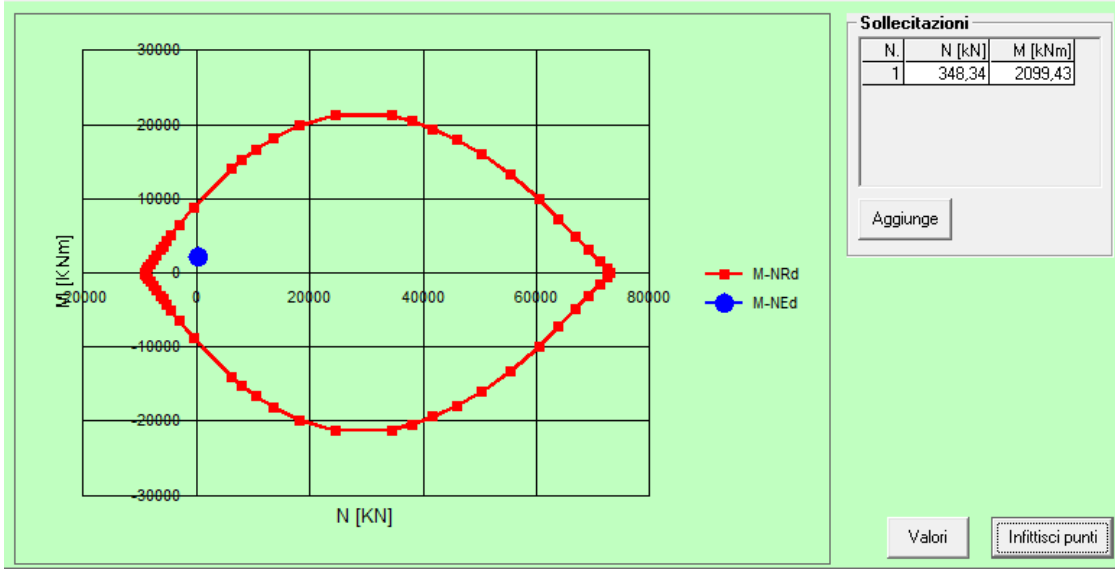


Figura 12.78 – SLV-GEO (A2+M2+SISMA)

Mru=9644 KNm
MEd=2099,43 KNm
FS=4,59

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	02	00	001	C	143

Verifica a Taglio del singolo sezione circolare

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

Tmax= 624,89 KN

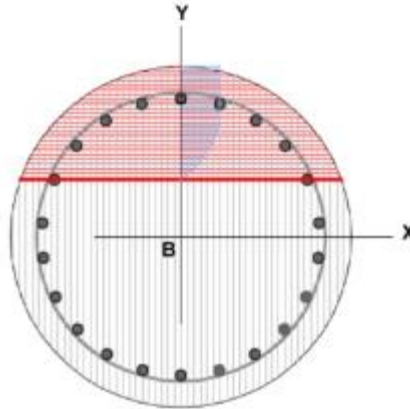


Figura 12.79 – Modello palo per la verifica della sezione circolare a taglio

Diametro palo[cm]	120	Carico assiale [kN]	0	
Diametro staffe [cm]	108	diametro ferri lon.[mm]	22	
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	2	
Verifica a Taglio				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	$\cot\theta$	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
4,9021	2,5000	1,00	711,54	2456,56
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]				711,54
Taglio di Progetto V_d [kN]				624,89
FS				1,14

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	02	00	001	C	144

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]

n° - Tipo	Af [cmq]	σ_c [kPa]	Y [m]	σ_f [kPa]	Y [m]
1 - ESE	233,99	534	28,55	8013	28,55
2 - ESE	233,99	786	5,55	11805	5,25
3 - ESE	233,99	564	28,55	8465	28,55
4 - ESE	233,99	3609	8,85	73214	8,70
5 - ESE	233,99	3550	8,75	71892	8,60
6 - ESE	233,99	6484	9,75	142077	9,60
7 - ESE	233,99	6946	9,70	153413	9,55

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	Tipo	Y [m]	M [kgm]	M _f [kgm]	S [mm]	ϵ_{sm} [%]	W _{lim} [mm]	W _k [mm]
Paratia	ESE	0,00	0	0	0,000	0.0000	0,200	0,000
Paratia	ESE	5,55	-13151	-79412	0,000	0.0000	0,200	0,000
Paratia	ESE	6,45	4777	80593	0,000	0.0000	0,200	0,000
Paratia	ESE	8,80	-61995	-81761	0,000	0.0000	0,200	0,000
Paratia	ESE	8,75	-60961	-81739	0,000	0.0000	0,200	0,000
Paratia	ESE	9,60	-112425	-82246	199,875	0.0519	0,200	0,176
Paratia	ESE	9,55	-120545	-82238	199,881	0.0587	0,200	0,199

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	02	00	001	C	145

12.2.4.2 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.

$Q_0 = N_0 \times n^{\circ} \text{Tiranti} / \text{Lunghezza paratia}$, dove gli appoggi sono le posizioni 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
58038 Kg	20°	2	6,90 m	2	6
		N TOTALE	N SINGOLO CORDOLO		
VERTICALE	19840,51 Kg	9920,257 Kg	2875,43	Q _v = 7 Kg/m	
ORIZZONTALE	54541,39 Kg	27270,7 Kg	Q ₀ = 7904,55 Kg/m		

SECONDA FILA					
FORZA TIRANTE	INCLINAZIONE	numero cordoli acciaio	Lunghezza paratia	numero tiranti	numero pali
60211 Kg	20°	2	6,90 m	2	6
		N TOTALE	N SINGOLO CORDOLO		
VERTICALE	20583,36 Kg	10291,68 Kg	2983,09	Q _v = 6 Kg/m	
ORIZZONTALE	56583,48 Kg	28291,74 Kg	8200,50	Q ₀ = 4 Kg/m	

Acciaio per profilati cordoli in acciaio tipo IPN 240 su 2 file	
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	02	00	001	C	146

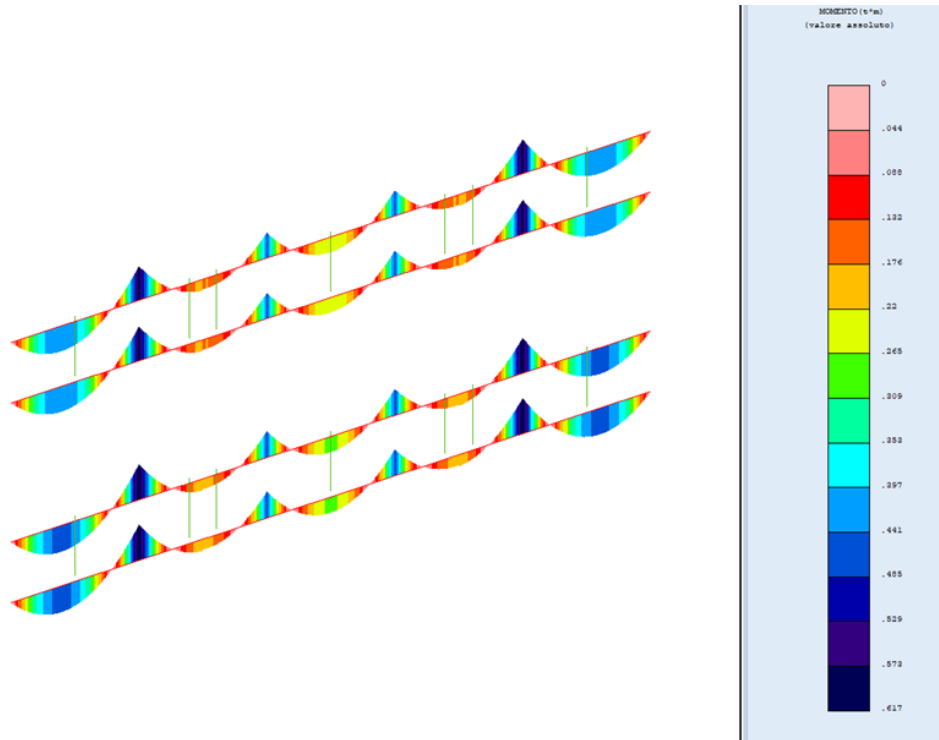


Figura 12.80 – Momento flettente sul piano orizzontale

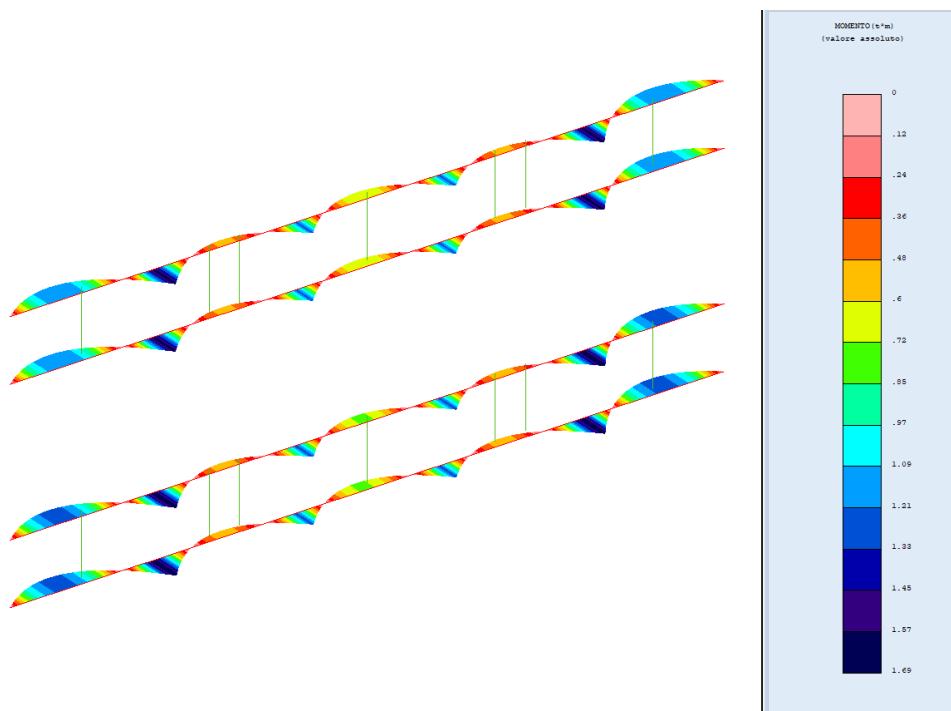


Figura 12.81 – Momento flettente sul piano verticale

**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	02	00	001	C	147

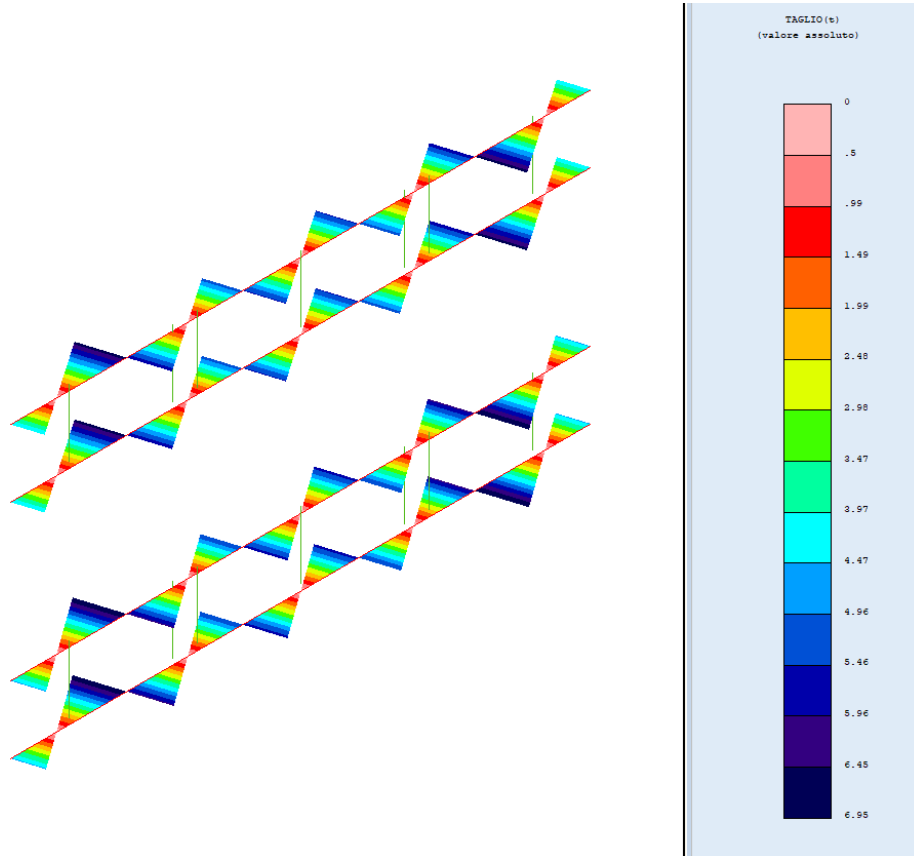


Figura 12.82 – Sollecitazione Taglio sul piano orizzontale

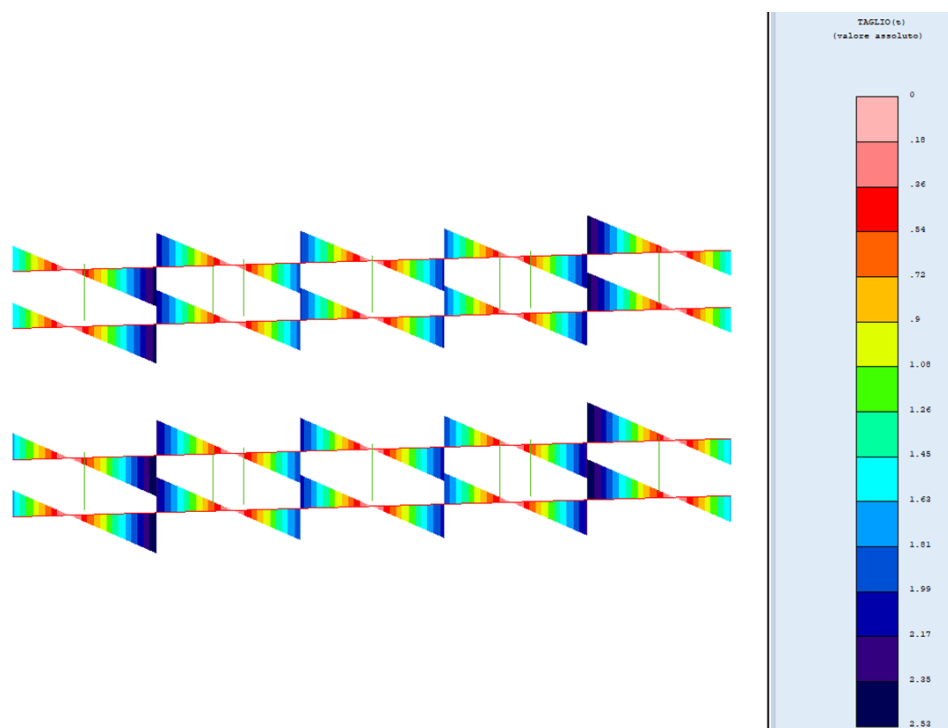


Figura 12.83 – Sollecitazione Taglio sul piano verticale

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 LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GI 02 00			PROGR 001

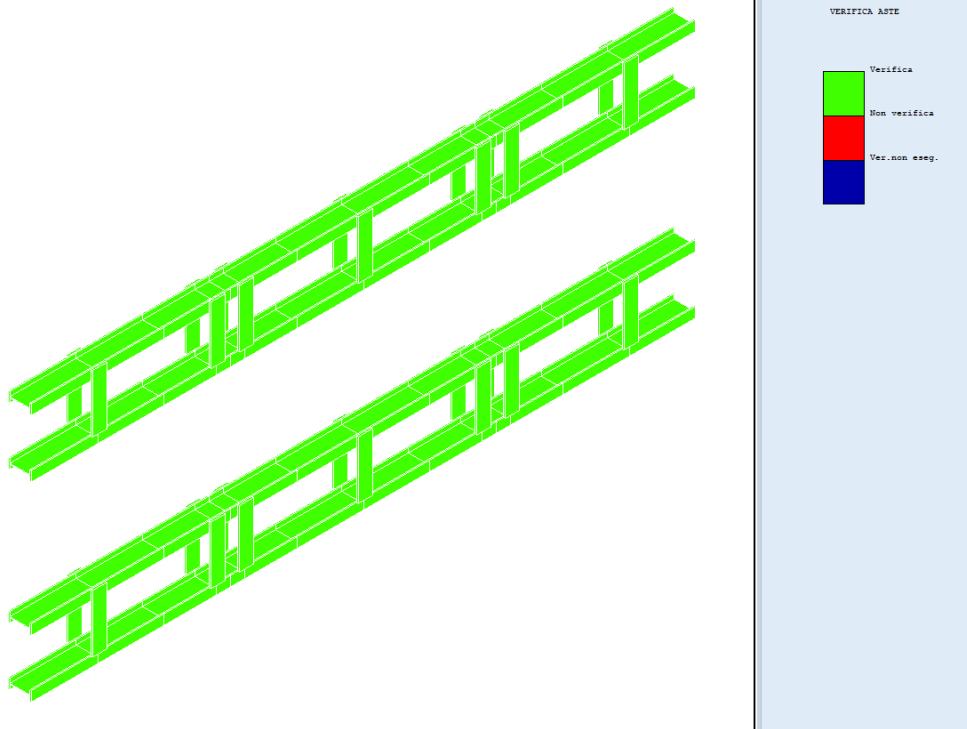


Figura 12.84 – Verifica generale

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	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/cmq	daN	dNcm	dN/cmq	%		
Sez.N.	1080	5	3,61	1	0	1631	-607	-2480	-6698	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	44		
IPN	240	qn=	7904	1	0	-229	82	-1460	-3931	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	6		
Asta:	61	25	3,61	1	0	-1121	415	-441	-1165	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	30		
Instab.:	l=	70,0	B*1=	49,0	0	0	0	c1=1	ε=0,92	lmd=	0	Rpf=	0	Rft=	0	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	0,0	mm

Figura 12.85 – Verifica asta 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	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/cmq	daN	dNcm	dN/cmq	%		
Sez.N.	1080	5	1,61	1	0	1692	-630	-2571	-6948	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	46		
IPN	240	qn=	8200	1	0	-238	85	-1514	-4078	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	6		
Asta:	26	25	1,61	1	0	-1163	430	-457	-1208	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	32		
Instab.:	l=	70,0	B*1=	49,0	0	0	0	c1=1	ε=0,92	lmd=	0	Rpf=	0	Rft=	0	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	0,0	mm

Figura 12.86 – Verifica asta più sollecitata 2° fila

Si precisa che lo schema statico e il grado di vincolo oltre alla verifica di resistenza sono opportunamente descritti sui tabulati di calcolo in allegato.

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	02	00	001	C	149

12.2.4.3 VERIFICA DEL CORDOLO

Il cordolo della sezione 2 è un elemento in c.a. di forma rettangolare (140x160 cm) armato in direzione longitudinale con $28\phi 16$ e in direzione trasversale con staffe $\phi 10/20$ a due bracci verticalmente e quattro bracci orizzontalmente.

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.

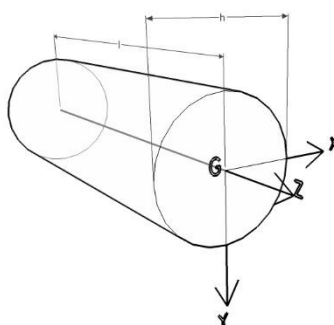


Figura 12.87 – Sistema di riferimento del solido trave

Nel primo schema di carico (SCHEMA A), ragionando 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 (SCHEMA B), considerando il 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, e da forze concentrate (F_h) che costituiscono la massima reazione dei puntoni. 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 ($V_{h,Ed}$).

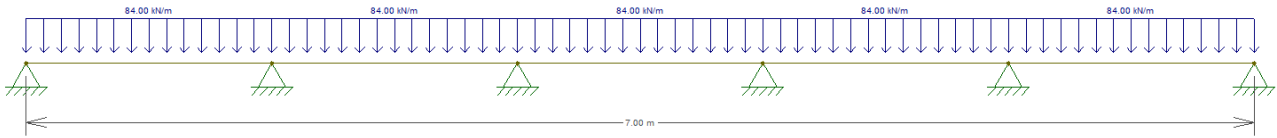
Si riportano a seguire i grafici e i dati relativi alle verifiche.

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

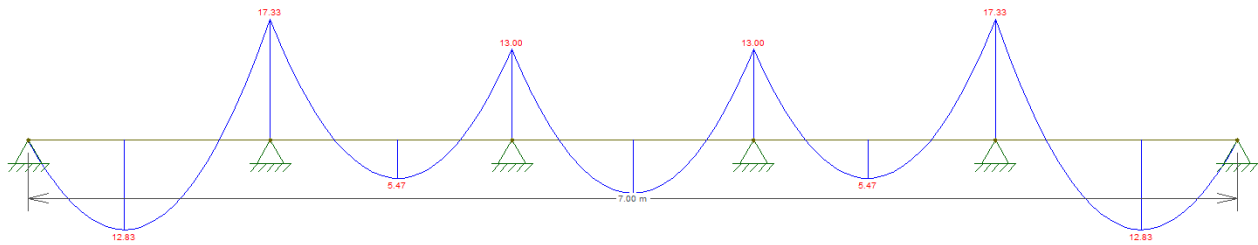
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	150

SCHEMA A

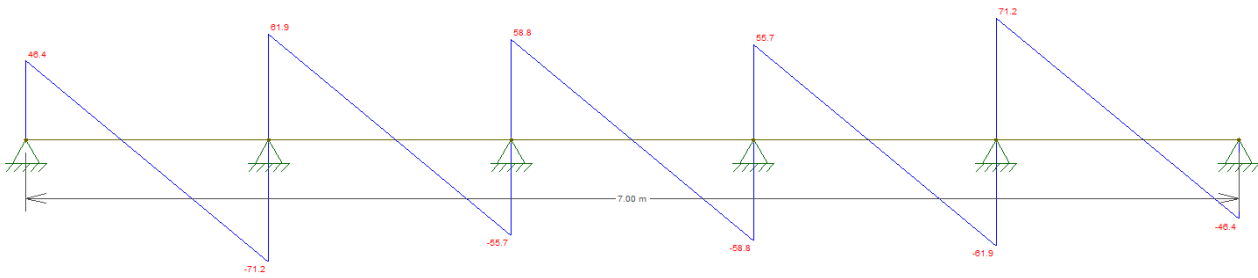
$q_v = 84 \text{ kN/m}$



Momento flettente



Taglio



Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di carico A (piano verticale)

$M_{x,Ed} = 17.33 \text{ kNm}$

$V_{v,Ed} = 71.2 \text{ kN}$

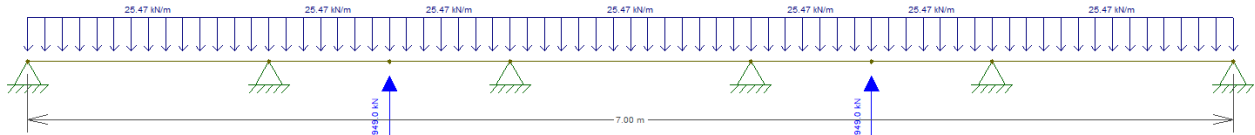
**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	151

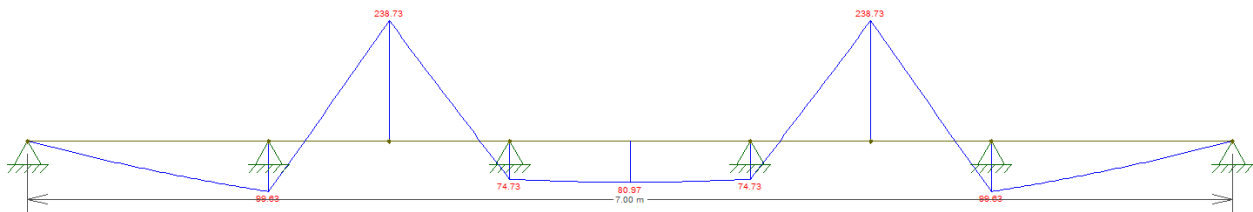
SCHEMA B

$q_h = 25.47 \text{ kN/m}$

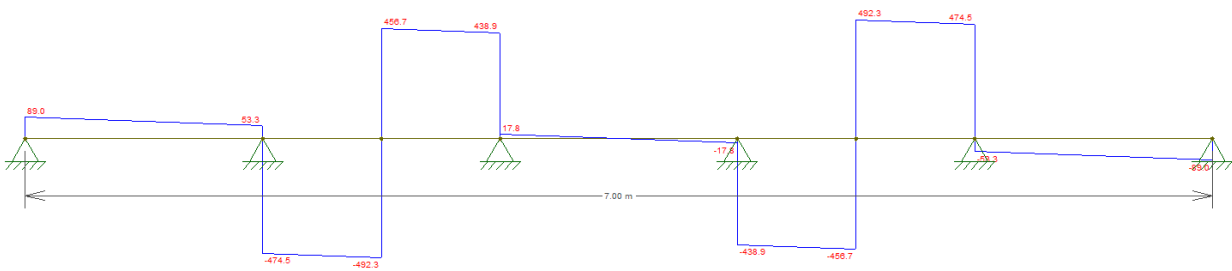
$F_h = 949.0 \text{ kN}$



Momento flettente



Taglio



Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di carico B (piano orizzontale)

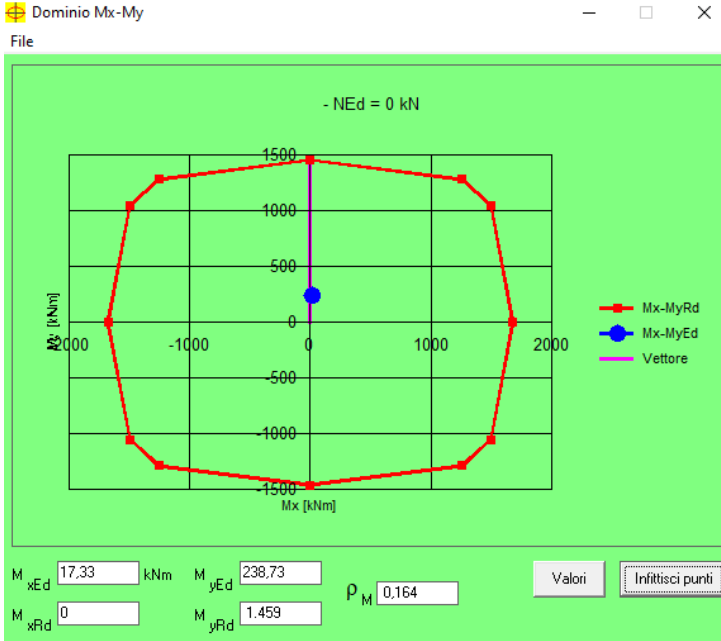
$M_{y,Ed} = 238.73 \text{ kNm}$

$V_{h,Ed} = 492.3 \text{ kN}$

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	02	00	001	C	152

Verifica a pressoflessione deviata



Verifica a taglio nel piano verticale

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	140.00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	160.00	diametro ferri lon.[mm]	16	
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]	157	numero braccia	2	
Verifica a Taglio				
cot θ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	cotg θ	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
5.5917	2.5000	1.00	1059.36	4714.86
Taglio Resistente di Progetto $V_{v,Rd}$ [kN]				1059.36
Taglio di Progetto $V_{v,Ed}$ [kN]				71.20
FS				14.88

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	02	00	001	C	153

Verifica a taglio nel piano orizzontale

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	160.00	Carico assiale [kN]		0
Altezza [cm]	140.00	diametro ferri lon.[mm]		16
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				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	$\cotg\theta$	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
4.1759	2.5000	1.00	1842.13	4684.97
Taglio Resistente di Progetto $V_{h,Rd}$ [kN]				1842.13
Taglio di Progetto $V_{h,Ed}$ [kN]				492.30
FS				3.74

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	02	00	001	C	154

12.3 MODELLO SEZ 3 pk 6+821

Il modello SEZ 3 pk 6+821 rappresenta la sezione laterale del tratto della galleria artificiale che dovrà essere realizzata. La paratia ha pali di lunghezza 24 m con cordolo in c.a.a di altezza 1,60 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°	L_p (m)	L_a (m)	L_{tot} (m)	D_p (m)	A_{tref} (mm ²)	$f_p(1)k$ snervamento / limite elastico	n_{tref}	N_0 (KN)
1 (sx e dx paratia)	8,45 + 1,60	2.8	20	12	9	21	0.16	139	1670	4	400

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

N_0 = Pretensione tirante alla messa in opera

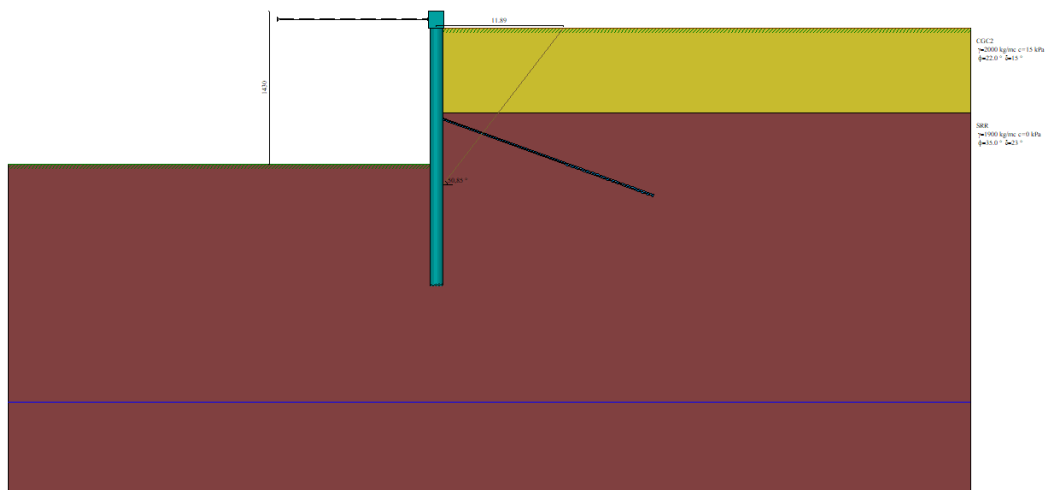


Figura 12.88 – Modello di calcolo

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	02	00	001	C	155

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	γ_{sat}	ϕ	δ	c	c_a	Cesp	τ_1	
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]		[kPa]	
1	CGC2	2000,0	2000,0	22.00	14.70	15,0	0,0	1.50	180,0	CAR
				22.00	14.70	15,0	0,0		180,0	MIN
				22.00	14.70	15,0	0,0		180,0	MED
2	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	α_M	α_V	Kw _M	Kw _V	Terreno	
						M	V
	[m]	[°]	[°]	[kg/cm ² /cm]	[kg/cm ² /cm]		
1	9,50	0.00	0.00	1.54	1.54	CGC2	CGC2
2	42,00	0.00	0.00	13.43	13.43	SRR	SRR

 	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
LI0B		02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	156

Livello falda dal piano campagna 35 m

Tabella 15 – Parametri per analisi sismica

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1,203	0,465
Accelerazione al suolo $a_g(\% \text{ di } g)$	0,123	0,047
Fattore amplificatore F_0	2,570	2,419
T_c^*	0,354	0,301
S_s (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coefficiente riduzione β_s	0,380	0,470
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)		1,00
Coefficiente riduzione α		0,615
U_s (m)		0,128
Coefficiente riduzione β		0,356
Coefficiente intensità sismica orizzontale $K_h[\%]$	4,024	1,557
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale $K_h[\%]$	4,024	1,557
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	2,012	0,779

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

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	02	00	001	C	157

12.3.1 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

n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 1.60 metri	0
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=1.60]	0
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=1.60]	0
4	Inserimento puntone 1 [Hscavo=1.60]	0
5	Scavo fino alla profondità di 10.55 metri	1
6	Inserimento tirante 1 (X=10.05) [Hscavo=10.55]	2
7	Tesatura tirante 1 N=40000 [Hscavo=10.55]	2
8	Scavo fino alla profondità di 14.30 metri	3
9	Inserimento sisma	4

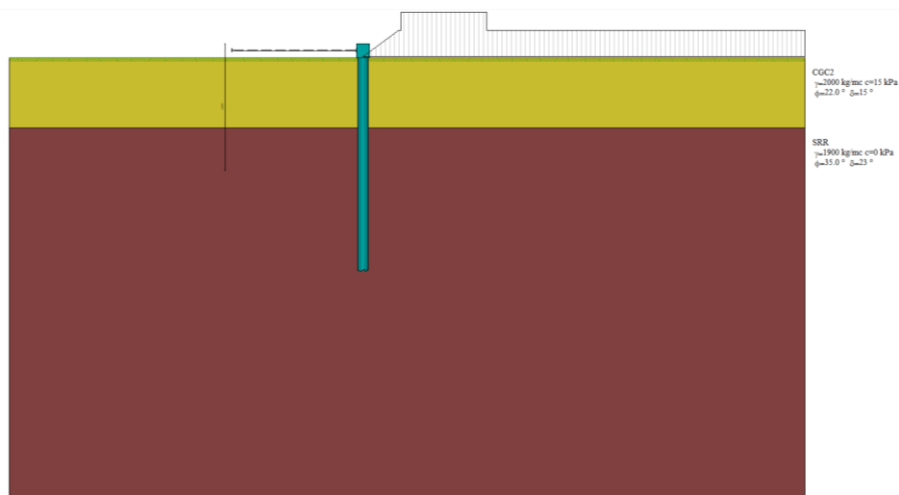


Figura 12.89 – Tempo 0 (Fasi n. 1, 2, 3, 4)

**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	02	00	001	C	158

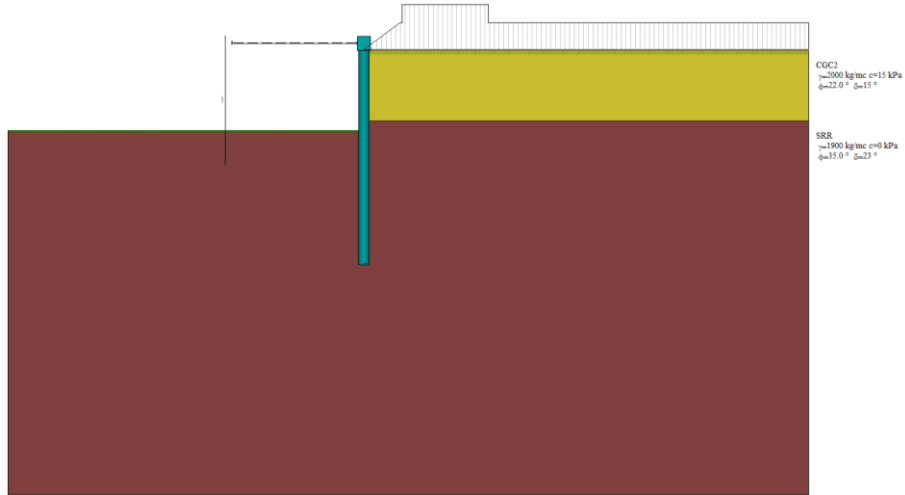


Figura 12.90 – Tempo 1 (Fase n. 5)

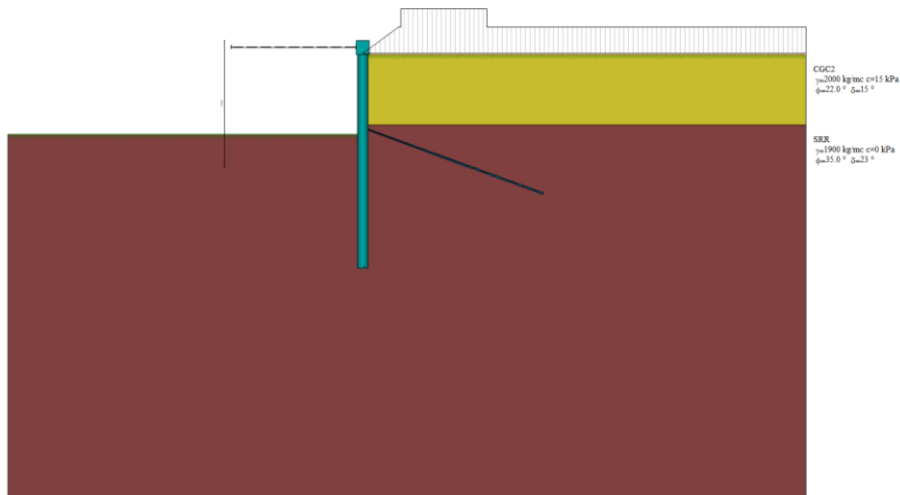


Figura 12.91 – Tempo 2 (Fasi n. 6, 7)

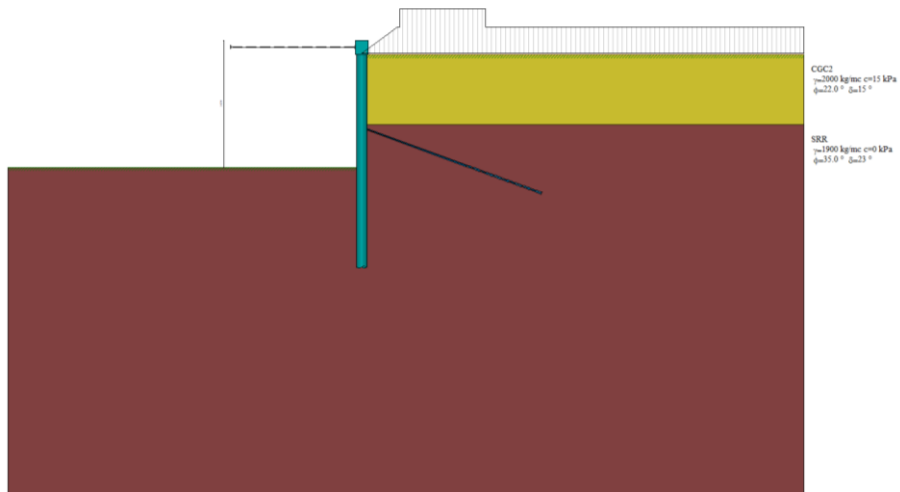


Figura 12.92 – Tempo 3 (Fase n. 8)

**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	02	00	001	C	159

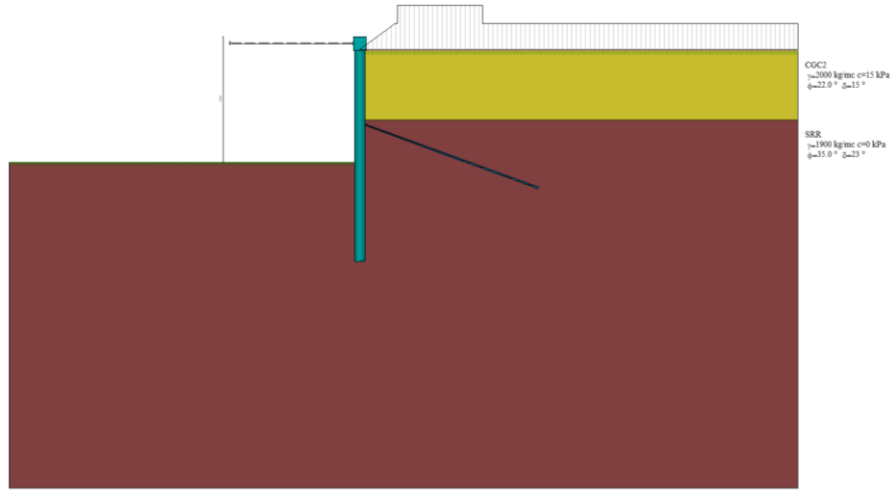


Figura 12.93 – Tempo 4 (Fase n. 9)

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	02	00	001	C	160

12.3.2 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 senza e con sisma, combinazioni A2+M2 senza e con sisma e Inviluppo.

Momento Flettente [Kg m]

Taglio [Kg]

Sforzo Normale [Kg]

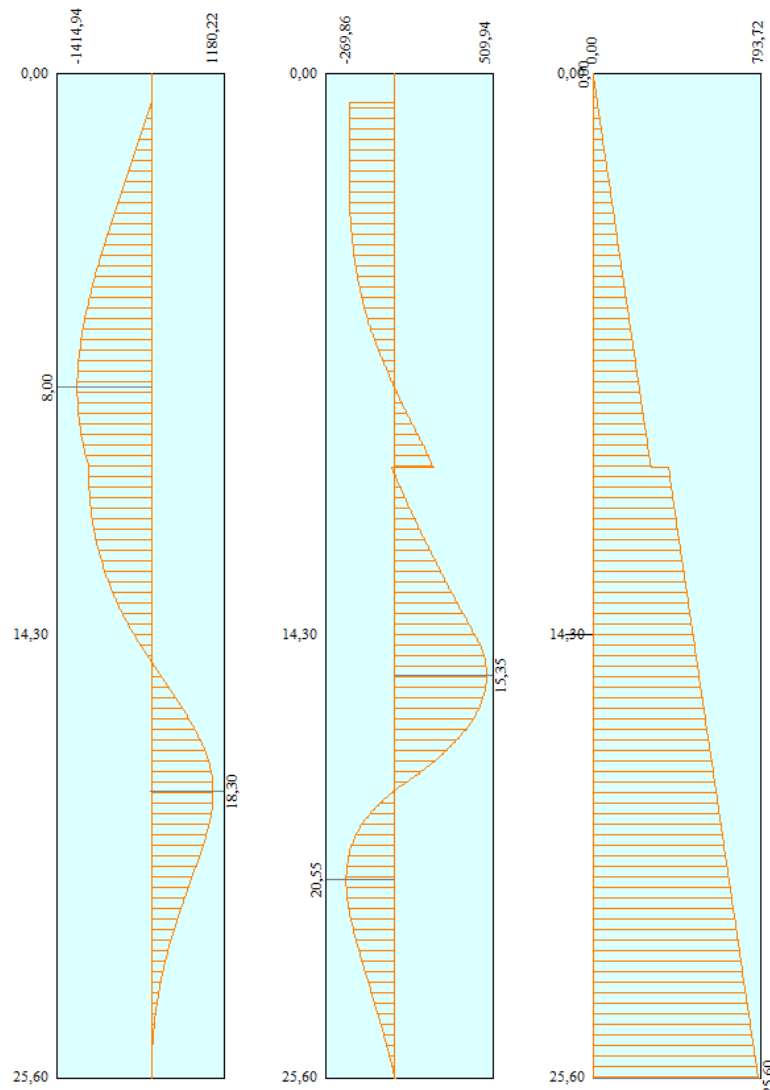


Figura 12.94 – Diagramma in combinazione SLU-STR (A1+M1)

**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	02	00	001	C	161

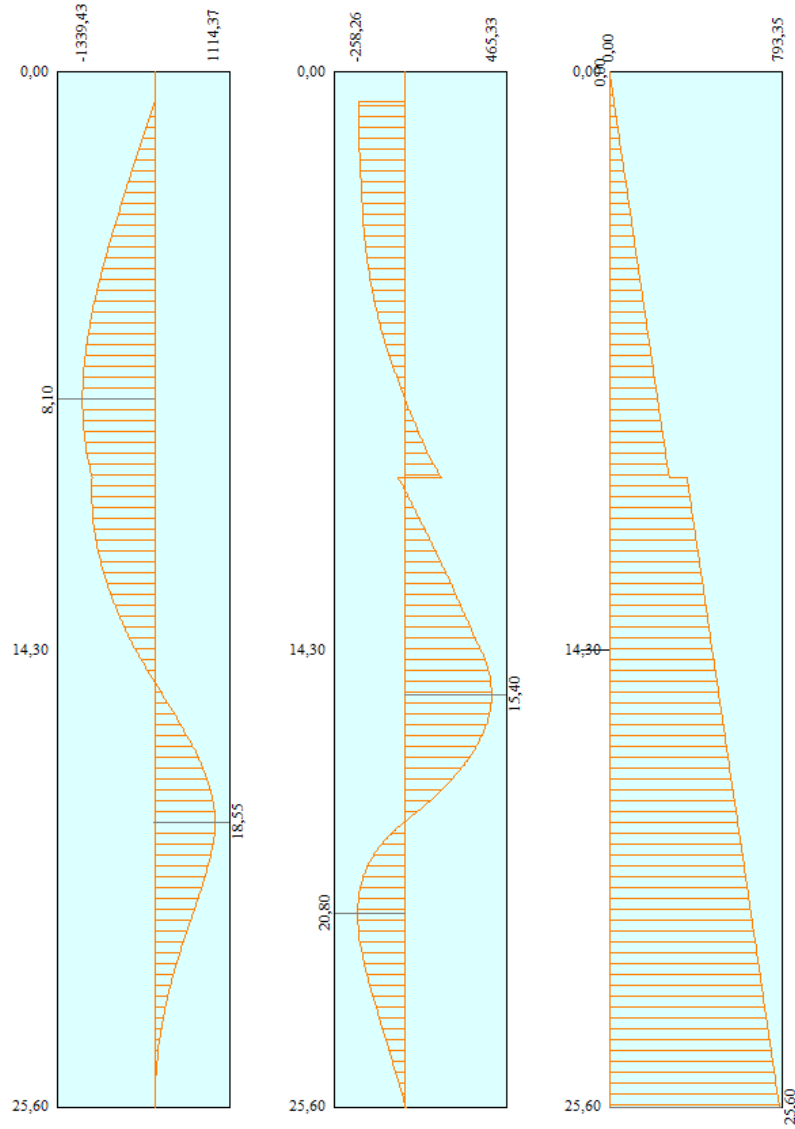


Figura 12.95 – Diagramma in combinazione SLV-STR (A1+M1+SISMA)

**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	02	00	001	C	162

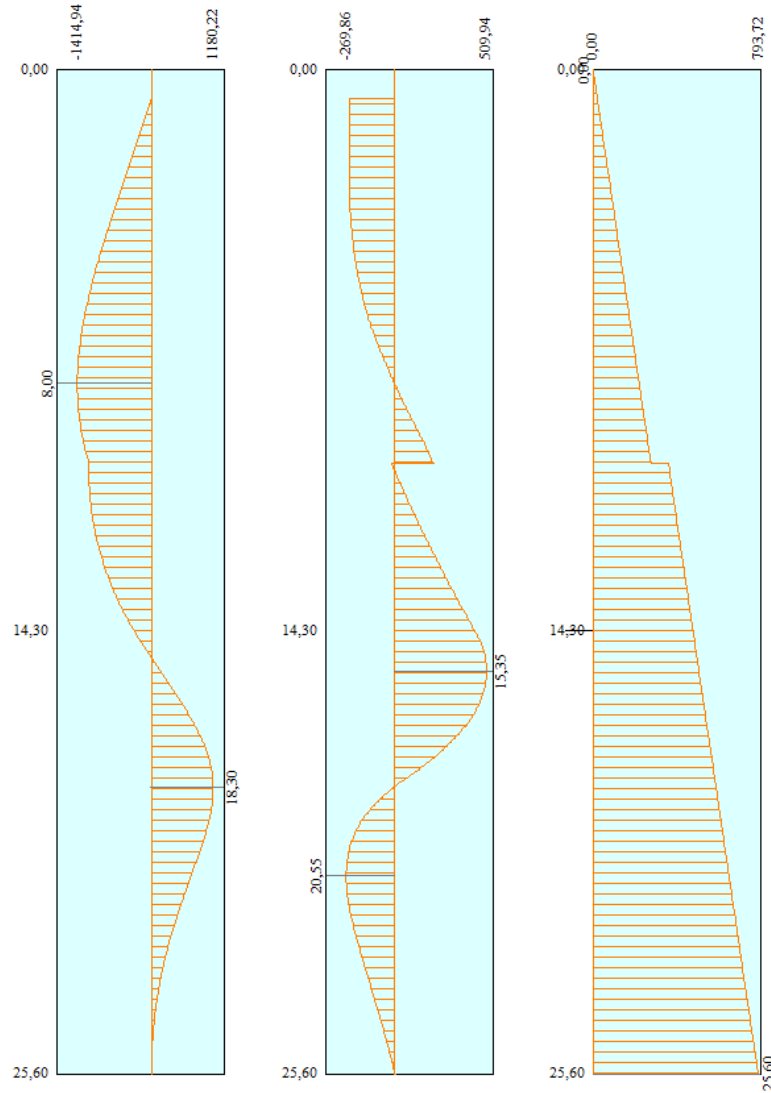


Figura 12.96 – Diagramma in combinazione SLU-GEO (A2+M2)

**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	02	00	001	C	163

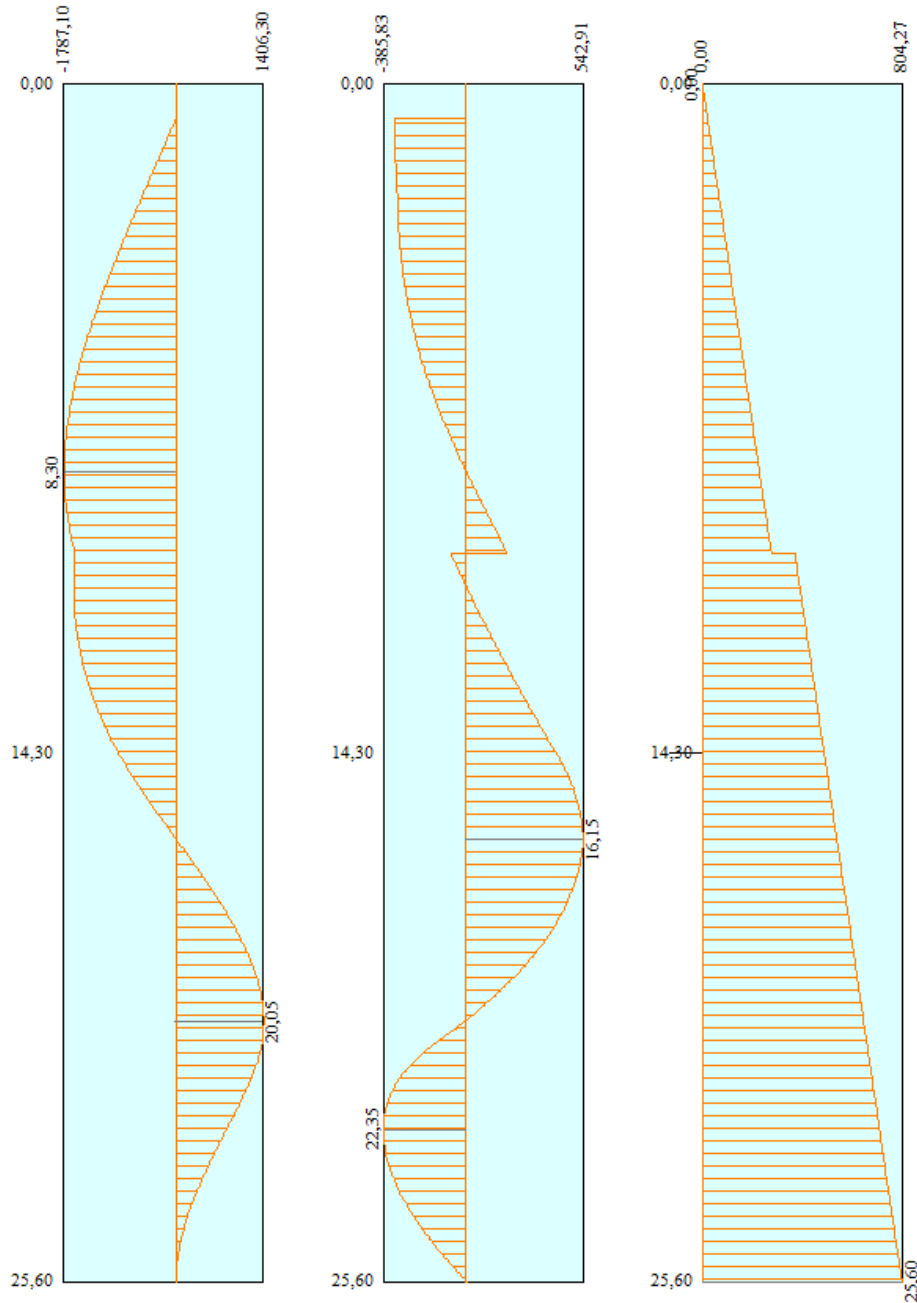


Figura 12.97 – Diagramma in combinazione SLV-GEO (A2+M2+SISMA)

**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	02	00	001	C	164

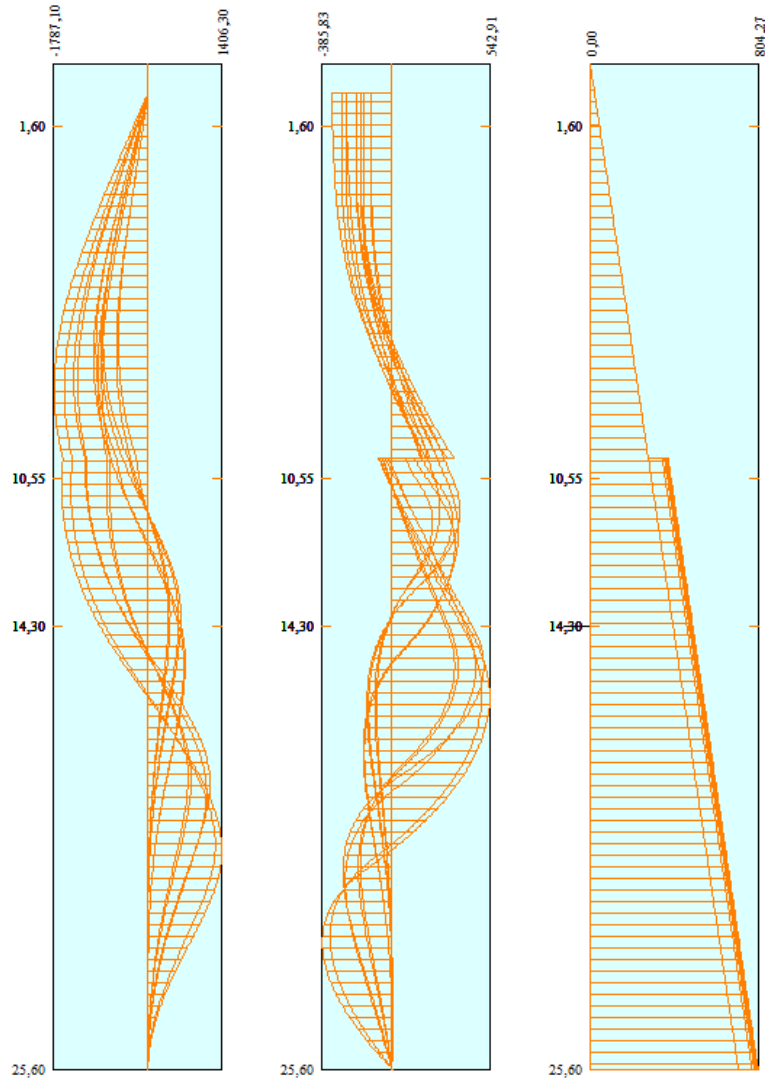


Figura 12.98 – Diagrammi di involucro delle sollecitazioni

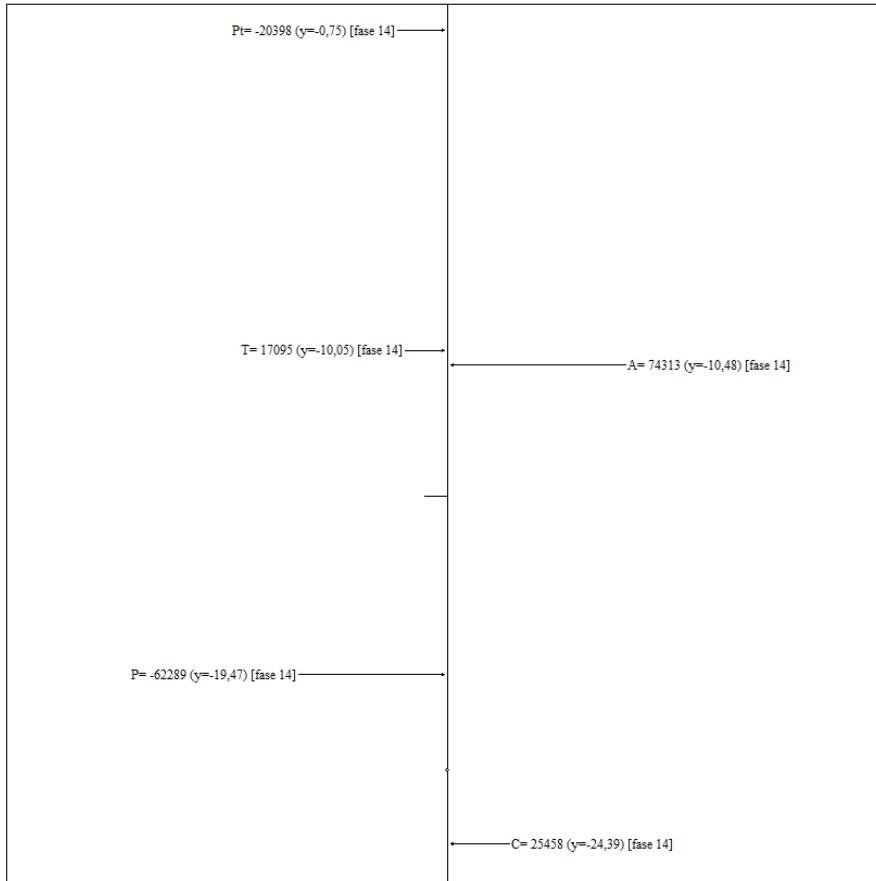
Incremento dovuto al sisma Fase 6 ESE $\Delta S= 2754$ Kg

Incremento dovuto al sisma Fase 12 A1+M1+SISMA $\Delta S= 7604$ Kg

Incremento dovuto al sisma Fase 18 A2+M2+SISMA $\Delta S= 9477$ Kg

**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	02	00	001	C	165



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

Figura 12.99 – Risultanti della spinta attiva e passiva in assenza di sisma (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	02	00	001	C	166

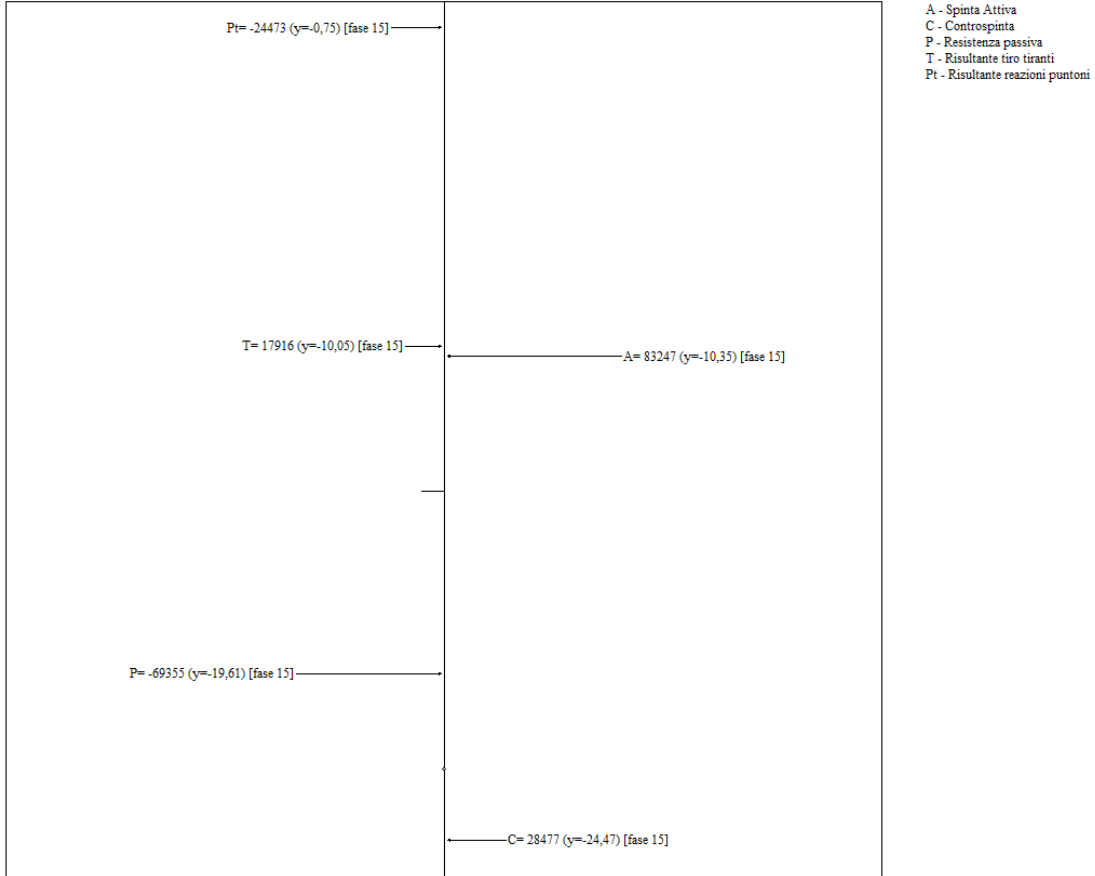
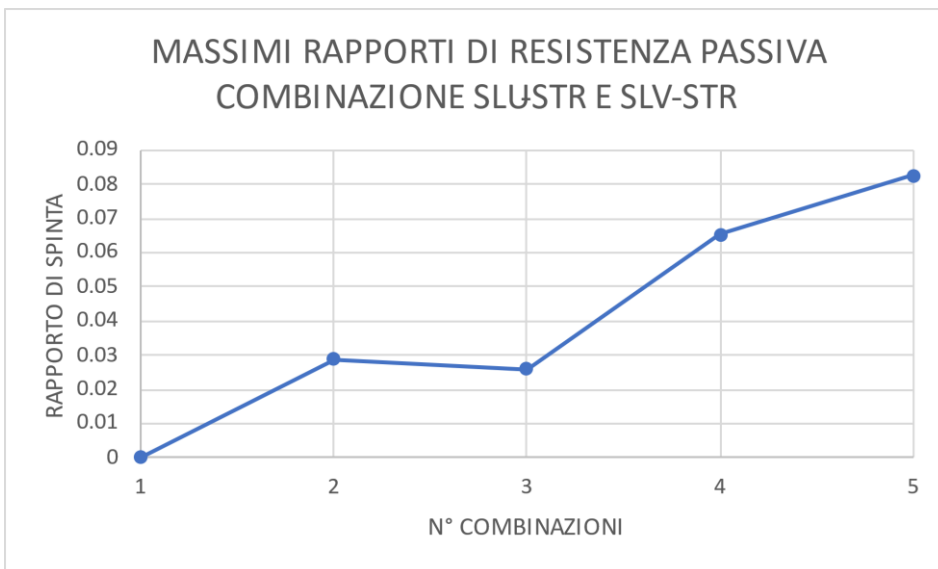
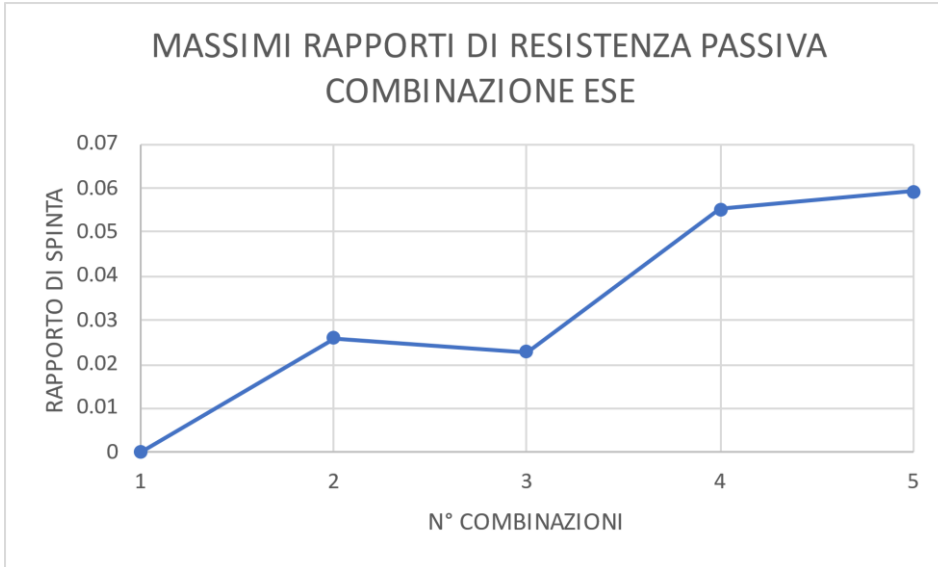


Figura 12.100 – Risultanti della spinta attiva e passiva in presenza di sisma (combinazione A2+M2+SISMA)

**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	02	00	001	C	167



LINEA PESCARA – BARI

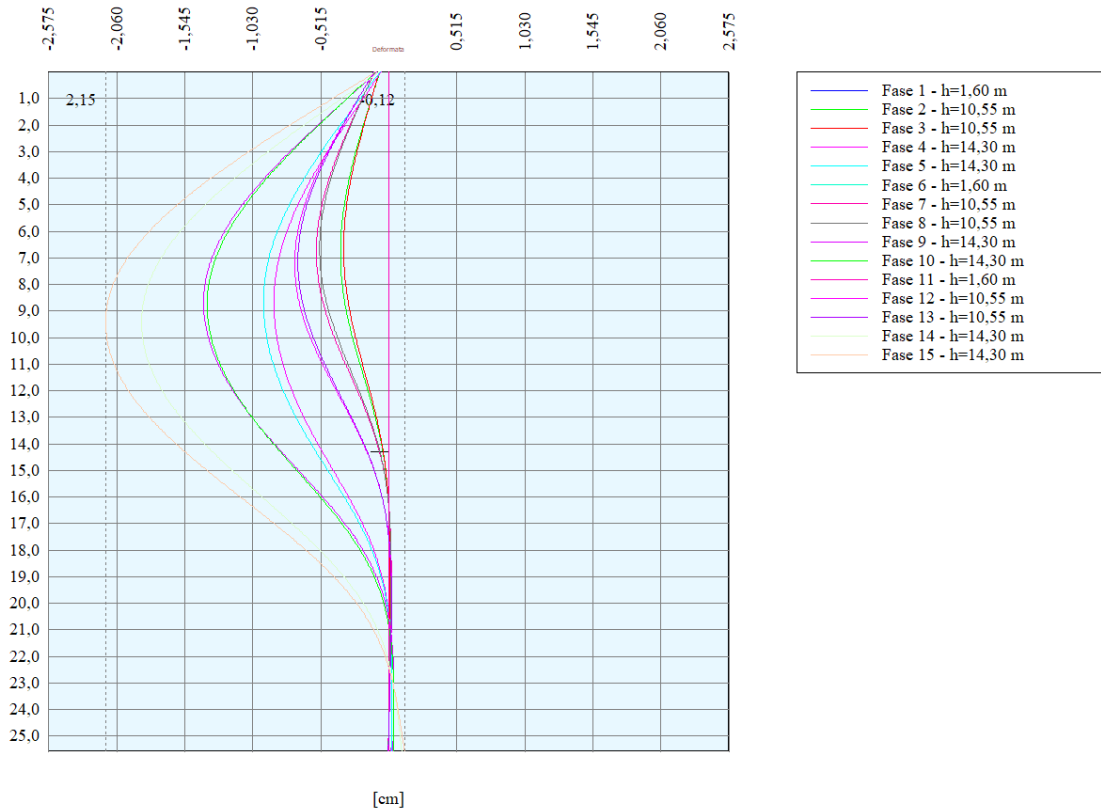
**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

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	02	00	001	C	168

n°	Tipo
1	ESE
2	ESE
3	ESE
4	ESE
5	ESE
6	SLU - STR
7	SLU - STR
8	SLU - STR
9	SLU - STR
10	SLU - STR
11	SLU - GEO
12	SLU - GEO
13	SLU - GEO
14	SLU - GEO
15	SLU - GEO

**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	02	00	001	C	169



[cm]
Figura 12.101 – Involuppo spostamenti

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 $\min(R1, R2, R3)/N$)

Fase n° 1 - ESE non sono presenti tiranti

Fase n° 2 - ESE non sono presenti tiranti

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

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ_f [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	40000	5,56	17,50	5,50	705526	0,24873	174910	218533	826036	4.373

**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	02	00	001	C	170

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

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	45457	5,56	17,50	5,50	801777	0,84571	174910	218533	826036	3.848

Fase n° 5 - ESE n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	46159	5,56	17,50	5,50	814164	0,92254	174910	218533	826036	3.789

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°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	40000	5,56	17,50	5,50	705526	0,38405	80977	218533	826036	2.024

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

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	48949	5,56	17,50	5,50	863369	1,36304	80977	218533	826036	1.654

Fase n° 5 - SLV - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	48765	5,56	17,50	5,50	860119	1,34288	80977	218533	826036	1.661

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

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

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

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	40000	5,56	17,50	5,50	705526	0,56685	97172	218533	826036	2.429

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

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	51849	5,56	17,50	5,50	914515	1,86306	97172	218533	826036	1.874

Fase n° 5 - SLV - GEO n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	54338	5,56	17,50	5,50	958429	2,13543	97172	218533	826036	1.788

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	02	00	001	C	171

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 non sono presenti tiranti

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

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	102914	80977	1.271

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

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	102914	80977	1.271

Fase n° 5 - SLV - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	102914	80977	1.271

Verifica gerarchia delle resistenze VALORI CARATTERISTICI

FASE 3

n°	Rg	R1	FS
	[kg]	[kg]	
1	118351,1	97172,4	1,218

FASE 4

n°	Rg	R1	FS
	[kg]	[kg]	
1	118351,1	97172,4	1,218

FASE 5

n°	Rg	R1	FS
	[kg]	[kg]	
1	118351,1	97172,4	1,218

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	02	00	001	C

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 $\varphi' = 22^\circ$ e 35°).

CENTRO DI ROTAZIONE
8,12 m dal fondo scavo

L_S [m]	a_{max}/g	L_E [m]	$L_{progetto}$ [m]	$L_{progetto} > L_E$
5,22	0,123	6,18	12	VERIFICATO

VERIFICA 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	$P_{P,med}$ [kg]	$P_{L,med}$ [kg]	$P_{P,min}$ [kg]	$P_{L,min}$ [kg]	P_d [kg]	N [kg]	FS
1	SLU - STR	1496146	0	1496146	0	880086	72382	12.159
2	SLU - STR	922231	0	922231	0	542489	72382	7.495
3	SLU - STR	922231	0	922231	0	542489	79103	6.858
4	SLU - STR	692439	0	692439	0	407317	80936	5.033
5	SLV - STR	692439	0	692439	0	407317	80897	5.035
1	SLU - GEO	1496146	0	1496146	0	517698	72382	7.152
2	SLU - GEO	922231	0	922231	0	319111	72382	4.409
3	SLU - GEO	922231	0	922231	0	319111	79103	4.034
4	SLU - GEO	692439	0	692439	0	239598	81509	2.940
5	SLV - GEO	692439	0	692439	0	301716	82011	3.679

 	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
	LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	173

Verifica Stabilità globale (METODO DI FELLENIUS)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
(Xc; Yc)	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(Xv; Yv)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(Xm; Ym)	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	Xc, Yc [m]	R [m]	Xv, Yv [m]	Xm, Ym [m]	FS	R
1	SLU - GEO	-2,56; 0,00	18,25	-20,74; -1,54	15,62; -1,60	15.046	1.100
2	SLU - GEO	-2,56; 0,00	18,25	-17,46; -10,54	15,62; -1,60	2.534	1.100
3	SLU - GEO	-5,12; 0,00	18,78	-20,66; -10,54	13,60; -1,60	2.634	1.100
4	SLU - GEO	-5,12; 0,00	26,11	-26,97; -14,29	20,95; -1,60	1.885	1.100
5	SLV - GEO	-5,12; 0,00	26,11	-26,97; -14,29	20,95; -1,60	1.749	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] ($L=b/\cos\alpha$)
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° 1 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

n°	W [kg]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	2587,47	-79,17	3,81	17,91	12,0	0,0	0; 0
2	6661,42	-69,91	2,08	17,91	12,0	0,0	0; 0
3	9112,61	-64,07	1,64	17,91	12,0	0,0	0; 0
4	11021,57	-59,30	1,40	23,58	6,0	0,0	0; 0
5	12556,55	-55,14	1,25	29,26	0,0	0,0	0; 0
6	13862,42	-51,37	1,15	29,26	0,0	0,0	0; 0
7	15008,51	-47,90	1,07	29,26	0,0	0,0	0; 0
8	16026,39	-44,65	1,01	29,26	0,0	0,0	0; 0
9	16937,39	-41,57	0,96	29,26	0,0	0,0	0; 0
10	17756,72	-38,63	0,92	29,26	0,0	0,0	0; 0
11	18495,65	-35,81	0,88	29,26	0,0	0,0	0; 0
12	19162,81	-33,08	0,85	29,26	0,0	0,0	0; 0
13	19764,95	-30,44	0,83	29,26	0,0	0,0	0; 0
14	20307,45	-27,86	0,81	29,26	0,0	0,0	0; 0
15	20794,66	-25,35	0,79	29,26	0,0	0,0	0; 0
16	21230,11	-22,89	0,78	29,26	0,0	0,0	0; 0
17	21616,74	-20,47	0,76	29,26	0,0	0,0	0; 0
18	21956,96	-18,09	0,75	29,26	0,0	0,0	0; 0
19	22252,74	-15,74	0,74	29,26	0,0	0,0	0; 0
20	22505,73	-13,42	0,74	29,26	0,0	0,0	0; 0
21	22717,27	-11,12	0,73	29,26	0,0	0,0	0; 0
22	22888,43	-8,84	0,72	29,26	0,0	0,0	0; 0
23	23020,05	-6,58	0,72	29,26	0,0	0,0	0; 0
24	23112,78	-4,32	0,72	29,26	0,0	0,0	0; 0
25	23167,04	-2,07	0,72	29,26	0,0	0,0	0; 0
26	23183,08	0,18	0,72	29,26	0,0	0,0	0; 0
27	23160,99	2,42	0,72	29,26	0,0	0,0	0; 0
28	23100,66	4,68	0,72	29,26	0,0	0,0	0; 0
29	23001,81	6,93	0,72	29,26	0,0	0,0	0; 0
30	22884,27	9,19	0,72	29,26	0,0	0,0	0; 0
31	23088,70	11,46	0,72	29,26	0,0	0,0	0; 0
32	23253,52	13,75	0,73	29,26	0,0	0,0	0; 0
33	23377,60	16,05	0,74	29,26	0,0	0,0	0; 0
34	23459,61	18,39	0,75	29,26	0,0	0,0	0; 0

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	02	00	001	C	174

n°	W [kg]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kg]
35	23472,40	20,76	0,76	29,26	0,0	0,0	0; 0
36	24905,64	23,16	0,77	29,26	0,0	0,0	0; 0
37	24573,56	25,61	0,79	29,26	0,0	0,0	0; 0
38	24088,03	28,11	0,81	29,26	0,0	0,0	0; 0
39	23548,02	30,67	0,83	29,26	0,0	0,0	0; 0
40	22949,22	33,30	0,85	29,26	0,0	0,0	0; 0
41	22286,31	36,01	0,88	29,26	0,0	0,0	0; 0
42	21552,60	38,82	0,91	29,26	0,0	0,0	0; 0
43	20739,57	41,75	0,95	29,26	0,0	0,0	0; 0
44	19836,06	44,82	1,00	29,26	0,0	0,0	0; 0
45	18827,03	48,06	1,06	29,26	0,0	0,0	0; 0
46	17691,39	51,52	1,14	29,26	0,0	0,0	0; 0
47	16397,92	55,27	1,25	29,26	0,0	0,0	0; 0
48	14876,59	59,41	1,40	23,58	6,0	0,0	0; 0
49	12461,29	64,16	1,63	17,91	12,0	0,0	0; 0
50	8714,67	69,98	2,07	17,91	12,0	0,0	0; 0
51	4730,48	79,03	3,73	17,91	12,0	0,0	0; 0

Resistenza a taglio paratia = 149083,06 [kg]

$\Sigma W_i = 974685,48$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 41614,48$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 457041,69$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 20016,58$ [kg]

Fase n° 2 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

n°	W [kg]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	512,08	-53,04	1,08	29,26	0,0	0,0	0; 0
2	1509,42	-49,78	1,00	29,26	0,0	0,0	0; 0
3	2400,80	-46,72	0,94	29,26	0,0	0,0	0; 0
4	3203,92	-43,84	0,90	29,26	0,0	0,0	0; 0
5	3931,48	-41,08	0,86	29,26	0,0	0,0	0; 0
6	4592,92	-38,44	0,83	29,26	0,0	0,0	0; 0
7	5195,50	-35,89	0,80	29,26	0,0	0,0	0; 0
8	5744,95	-33,42	0,77	29,26	0,0	0,0	0; 0
9	6245,83	-31,02	0,75	29,26	0,0	0,0	0; 0
10	6701,87	-28,68	0,74	29,26	0,0	0,0	0; 0
11	7116,14	-26,39	0,72	29,26	0,0	0,0	0; 0
12	7491,17	-24,14	0,71	29,26	0,0	0,0	0; 0
13	7829,11	-21,94	0,70	29,26	0,0	0,0	0; 0
14	8131,72	-19,76	0,69	29,26	0,0	0,0	0; 0
15	8400,52	-17,62	0,68	29,26	0,0	0,0	0; 0
16	8636,78	-15,50	0,67	29,26	0,0	0,0	0; 0
17	8841,55	-13,40	0,66	29,26	0,0	0,0	0; 0
18	9015,71	-11,32	0,66	29,26	0,0	0,0	0; 0
19	9159,98	-9,26	0,66	29,26	0,0	0,0	0; 0
20	9274,96	-7,21	0,65	29,26	0,0	0,0	0; 0
21	9361,09	-5,17	0,65	29,26	0,0	0,0	0; 0
22	9418,71	-3,13	0,65	29,26	0,0	0,0	0; 0
23	9448,03	-1,10	0,65	29,26	0,0	0,0	0; 0
24	9449,18	0,93	0,65	29,26	0,0	0,0	0; 0
25	9422,14	2,96	0,65	29,26	0,0	0,0	0; 0
26	9366,83	5,00	0,65	29,26	0,0	0,0	0; 0
27	9283,02	7,04	0,65	29,26	0,0	0,0	0; 0
28	20969,38	9,10	0,66	29,26	0,0	0,0	0; 0
29	21143,91	11,18	0,66	29,26	0,0	0,0	0; 0
30	21288,03	13,27	0,67	29,26	0,0	0,0	0; 0
31	21400,98	15,38	0,68	29,26	0,0	0,0	0; 0
32	21481,85	17,51	0,68	29,26	0,0	0,0	0; 0
33	21529,57	19,67	0,69	29,26	0,0	0,0	0; 0
34	22093,23	21,85	0,70	29,26	0,0	0,0	0; 0
35	22780,92	24,07	0,71	29,26	0,0	0,0	0; 0
36	22401,86	26,33	0,73	29,26	0,0	0,0	0; 0
37	21982,82	28,64	0,74	29,26	0,0	0,0	0; 0
38	21521,19	31,00	0,76	29,26	0,0	0,0	0; 0
39	21013,85	33,41	0,78	29,26	0,0	0,0	0; 0
40	20456,97	35,90	0,80	29,26	0,0	0,0	0; 0
41	19845,84	38,47	0,83	29,26	0,0	0,0	0; 0
42	19174,59	41,13	0,86	29,26	0,0	0,0	0; 0
43	18435,74	43,90	0,90	29,26	0,0	0,0	0; 0
44	17619,50	46,81	0,95	29,26	0,0	0,0	0; 0
45	16712,74	49,89	1,01	29,26	0,0	0,0	0; 0
46	15697,04	53,19	1,09	29,26	0,0	0,0	0; 0
47	14545,14	56,76	1,19	29,26	0,0	0,0	0; 0
48	13175,74	60,71	1,33	17,91	12,0	0,0	0; 0
49	10668,90	65,24	1,55	17,91	12,0	0,0	0; 0

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	02	00	001	C	175

n°	W [kg]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kg]
50	7674,55	70,79	1,98	17,91	12,0	0,0	0; 0

Resistenza a taglio paratia = 149083,06 [kg]
 $\Sigma W_i = 627505,43$ [kg]
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 179223,54$ [kg]
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 294771,60$ [kg]
 $\Sigma c b_i / \cos \alpha_i = 10260,03$ [kg]

Fase n° 3 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

n°	W [kg]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	567,32	-54,13	1,14	29,26	0,0	0,0	0; 0
2	1668,30	-50,79	1,05	29,26	0,0	0,0	0; 0
3	2648,87	-47,67	0,99	29,26	0,0	0,0	0; 0
4	3530,24	-44,73	0,94	29,26	0,0	0,0	0; 0
5	4327,36	-41,93	0,90	29,26	0,0	0,0	0; 0
6	5051,24	-39,25	0,86	29,26	0,0	0,0	0; 0
7	5710,27	-36,67	0,83	29,26	0,0	0,0	0; 0
8	6310,99	-34,17	0,81	29,26	0,0	0,0	0; 0
9	6858,63	-31,74	0,78	29,26	0,0	0,0	0; 0
10	7357,40	-29,38	0,76	29,26	0,0	0,0	0; 0
11	7810,77	-27,07	0,75	29,26	0,0	0,0	0; 0
12	8221,60	-24,81	0,73	29,26	0,0	0,0	0; 0
13	8592,30	-22,59	0,72	29,26	0,0	0,0	0; 0
14	8924,87	-20,40	0,71	29,26	0,0	0,0	0; 0
15	9220,99	-18,25	0,70	29,26	0,0	0,0	0; 0
16	9482,08	-16,12	0,69	29,26	0,0	0,0	0; 0
17	9709,34	-14,01	0,69	29,26	0,0	0,0	0; 0
18	9903,76	-11,92	0,68	29,26	0,0	0,0	0; 0
19	10066,16	-9,85	0,68	29,26	0,0	0,0	0; 0
20	10197,21	-7,79	0,67	29,26	0,0	0,0	0; 0
21	10297,41	-5,74	0,67	29,26	0,0	0,0	0; 0
22	10367,17	-3,70	0,67	29,26	0,0	0,0	0; 0
23	10406,75	-1,67	0,67	29,26	0,0	0,0	0; 0
24	10416,31	0,37	0,67	29,26	0,0	0,0	0; 0
25	10395,87	2,40	0,67	29,26	0,0	0,0	0; 0
26	10345,37	4,44	0,67	29,26	0,0	0,0	0; 0
27	10264,61	6,48	0,67	29,26	0,0	0,0	0; 0
28	10153,28	8,54	0,67	29,26	0,0	0,0	0; 0
29	10010,93	10,60	0,68	29,26	0,0	0,0	0; 0
30	9837,00	12,68	0,68	29,26	0,0	0,0	0; 0
31	9630,78	14,77	0,69	29,26	0,0	0,0	0; 0
32	21844,39	16,91	0,71	29,26	0,0	0,0	0; 0
33	21906,47	19,09	0,72	29,26	0,0	0,0	0; 0
34	21930,86	21,30	0,73	29,26	0,0	0,0	0; 0
35	21915,85	23,54	0,74	29,26	0,0	0,0	0; 0
36	21859,50	25,83	0,76	29,26	0,0	0,0	0; 0
37	21757,08	28,16	0,77	29,26	0,0	0,0	0; 0
38	22592,80	30,54	0,79	29,26	0,0	0,0	0; 0
39	22622,19	32,98	0,81	29,26	0,0	0,0	0; 0
40	22024,08	35,49	0,84	29,26	0,0	0,0	0; 0
41	21366,82	38,08	0,86	29,26	0,0	0,0	0; 0
42	20644,03	40,77	0,90	29,26	0,0	0,0	0; 0
43	19847,57	43,57	0,94	29,26	0,0	0,0	0; 0
44	18966,84	46,51	0,99	29,26	0,0	0,0	9902; 4303
45	17987,53	49,62	1,05	29,26	0,0	0,0	0; 0
46	16889,61	52,94	1,13	29,26	0,0	0,0	0; 0
47	15643,41	56,55	1,23	29,26	0,0	0,0	0; 0
48	14179,95	60,54	1,38	23,58	6,0	0,0	0; 0
49	12368,39	65,11	1,62	17,91	12,0	0,0	0; 0
50	10050,50	70,72	2,06	17,91	12,0	0,0	0; 0
51	6268,25	79,36	3,68	17,91	12,0	0,0	0; 0

Resistenza a taglio paratia = 149083,06 [kg]
 $\Sigma W_i = 620951,33$ [kg]
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 175688,04$ [kg]
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 287021,92$ [kg]
 $\Sigma c b_i / \cos \alpha_i = 9848,30$ [kg]

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOLLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	176

Fase n° 4 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

n°	W [kg]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	1149,32	-55,04	1,62	29,26	0,0	0,0	0; 0
2	3362,43	-51,62	1,50	29,26	0,0	0,0	0; 0
3	5326,75	-48,44	1,40	29,26	0,0	0,0	0; 0
4	7088,13	-45,44	1,33	29,26	0,0	0,0	0; 0
5	8678,44	-42,60	1,26	29,26	0,0	0,0	0; 0
6	10120,90	-39,89	1,21	29,26	0,0	0,0	0; 0
7	11433,05	-37,27	1,17	29,26	0,0	0,0	0; 0
8	12628,48	-34,75	1,13	29,26	0,0	0,0	0; 0
9	13717,98	-32,30	1,10	29,26	0,0	0,0	0; 0
10	14710,22	-29,91	1,07	29,26	0,0	0,0	0; 0
11	15612,33	-27,58	1,05	29,26	0,0	0,0	0; 0
12	16430,16	-25,30	1,03	29,26	0,0	0,0	0; 0
13	17168,59	-23,06	1,01	29,26	0,0	0,0	0; 0
14	17831,71	-20,86	1,00	29,26	0,0	0,0	0; 0
15	18422,97	-18,69	0,98	29,26	0,0	0,0	0; 0
16	18945,24	-16,55	0,97	29,26	0,0	0,0	0; 0
17	19400,96	-14,43	0,96	29,26	0,0	0,0	0; 0
18	19792,14	-12,33	0,95	29,26	0,0	0,0	0; 0
19	20120,46	-10,25	0,95	29,26	0,0	0,0	0; 0
20	20387,27	-8,18	0,94	29,26	0,0	0,0	0; 0
21	20593,66	-6,13	0,94	29,26	0,0	0,0	0; 0
22	20740,42	-4,08	0,93	29,26	0,0	0,0	0; 0
23	20828,14	-2,03	0,93	29,26	0,0	0,0	0; 0
24	20857,14	0,01	0,93	29,26	0,0	0,0	0; 0
25	20827,55	2,05	0,93	29,26	0,0	0,0	0; 0
26	20739,25	4,10	0,93	29,26	0,0	0,0	0; 0
27	20591,90	6,15	0,94	29,26	0,0	0,0	0; 0
28	20384,92	8,20	0,94	29,26	0,0	0,0	0; 0
29	20117,50	10,27	0,95	29,26	0,0	0,0	0; 0
30	44314,22	12,38	0,97	29,26	0,0	0,0	0; 0
31	44583,58	14,53	0,98	29,26	0,0	0,0	0; 0
32	44783,65	16,70	0,99	29,26	0,0	0,0	0; 0
33	44912,14	18,89	1,01	29,26	0,0	0,0	0; 0
34	45946,58	21,12	1,02	29,26	0,0	0,0	0; 0
35	46533,22	23,38	1,04	29,26	0,0	0,0	0; 0
36	45746,92	25,67	1,06	29,26	0,0	0,0	0; 0
37	44874,63	28,02	1,08	29,26	0,0	0,0	0; 0
38	43910,82	30,41	1,10	29,26	0,0	0,0	0; 0
39	42848,79	32,87	1,13	29,26	0,0	0,0	0; 0
40	41680,38	35,39	1,17	29,26	0,0	0,0	0; 0
41	40395,53	38,00	1,21	29,26	0,0	0,0	0; 0
42	38981,66	40,71	1,26	29,26	0,0	0,0	0; 0
43	37422,68	43,53	1,31	29,26	0,0	0,0	0; 0
44	34964,29	46,48	1,38	29,26	0,0	0,0	0; 0
45	31302,46	49,62	1,47	29,26	0,0	0,0	0; 0
46	29148,61	52,96	1,58	29,26	0,0	0,0	6412; 1965
47	26701,32	56,60	1,73	29,26	0,0	0,0	0; 0
48	23865,42	60,62	1,94	29,26	0,0	0,0	0; 0
49	20467,17	65,25	2,27	29,26	0,0	0,0	0; 0
50	16007,57	70,95	2,92	17,91	12,0	0,0	0; 0
51	8120,52	80,23	5,61	17,91	12,0	0,0	0; 0

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 1255520,20$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 325562,34$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 596112,54$ [kg]

$\Sigma c_b / \cos \alpha_i = 10434,45$ [kg]

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	02	00	001	C	177

Fase n° 5 - SLV - GEO

Numero di strisce 51
Sisma verticale verso il basso.

Caratteristiche delle strisce

n°	W [kg]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	1149,32	-55,04	1,62	29,26	0,0	0,0	0; 0
2	3362,43	-51,62	1,50	29,26	0,0	0,0	0; 0
3	5326,75	-48,44	1,40	29,26	0,0	0,0	0; 0
4	7088,13	-45,44	1,33	29,26	0,0	0,0	0; 0
5	8678,44	-42,60	1,26	29,26	0,0	0,0	0; 0
6	10120,90	-39,89	1,21	29,26	0,0	0,0	0; 0
7	11433,05	-37,27	1,17	29,26	0,0	0,0	0; 0
8	12628,48	-34,75	1,13	29,26	0,0	0,0	0; 0
9	13717,98	-32,30	1,10	29,26	0,0	0,0	0; 0
10	14710,22	-29,91	1,07	29,26	0,0	0,0	0; 0
11	15612,33	-27,58	1,05	29,26	0,0	0,0	0; 0
12	16430,16	-25,30	1,03	29,26	0,0	0,0	0; 0
13	17168,59	-23,06	1,01	29,26	0,0	0,0	0; 0
14	17831,71	-20,86	1,00	29,26	0,0	0,0	0; 0
15	18422,97	-18,69	0,98	29,26	0,0	0,0	0; 0
16	18945,24	-16,55	0,97	29,26	0,0	0,0	0; 0
17	19400,96	-14,43	0,96	29,26	0,0	0,0	0; 0
18	19792,14	-12,33	0,95	29,26	0,0	0,0	0; 0
19	20120,46	-10,25	0,95	29,26	0,0	0,0	0; 0
20	20387,27	-8,18	0,94	29,26	0,0	0,0	0; 0
21	20593,66	-6,13	0,94	29,26	0,0	0,0	0; 0
22	20740,42	-4,08	0,93	29,26	0,0	0,0	0; 0
23	20828,14	-2,03	0,93	29,26	0,0	0,0	0; 0
24	20857,14	0,01	0,93	29,26	0,0	0,0	0; 0
25	20827,55	2,05	0,93	29,26	0,0	0,0	0; 0
26	20739,25	4,10	0,93	29,26	0,0	0,0	0; 0
27	20591,90	6,15	0,94	29,26	0,0	0,0	0; 0
28	20384,92	8,20	0,94	29,26	0,0	0,0	0; 0
29	20117,50	10,27	0,95	29,26	0,0	0,0	0; 0
30	44314,22	12,38	0,97	29,26	0,0	0,0	0; 0
31	44583,58	14,53	0,98	29,26	0,0	0,0	0; 0
32	44783,65	16,70	0,99	29,26	0,0	0,0	0; 0
33	44912,14	18,89	1,01	29,26	0,0	0,0	0; 0
34	45670,17	21,12	1,02	29,26	0,0	0,0	0; 0
35	45961,94	23,38	1,04	29,26	0,0	0,0	0; 0
36	45175,64	25,67	1,06	29,26	0,0	0,0	0; 0
37	44303,35	28,02	1,08	29,26	0,0	0,0	0; 0
38	43339,54	30,41	1,10	29,26	0,0	0,0	0; 0
39	42277,51	32,87	1,13	29,26	0,0	0,0	0; 0
40	41109,10	35,39	1,17	29,26	0,0	0,0	0; 0
41	39824,25	38,00	1,21	29,26	0,0	0,0	0; 0
42	38410,38	40,71	1,26	29,26	0,0	0,0	0; 0
43	36851,40	43,53	1,31	29,26	0,0	0,0	0; 0
44	34562,23	46,48	1,38	29,26	0,0	0,0	0; 0
45	31302,46	49,62	1,47	29,26	0,0	0,0	0; 0
46	29148,61	52,96	1,58	29,26	0,0	0,0	6720; 2059
47	26701,32	56,60	1,73	29,26	0,0	0,0	0; 0
48	23865,42	60,62	1,94	29,26	0,0	0,0	0; 0
49	20467,17	65,25	2,27	29,26	0,0	0,0	0; 0
50	16007,57	70,95	2,92	17,91	12,0	0,0	0; 0
51	8120,52	80,23	5,61	17,91	12,0	0,0	0; 0

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 1249700,20$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 322380,75$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 593415,95$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 10434,45$ [kg]

**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	02	00	001	C	178

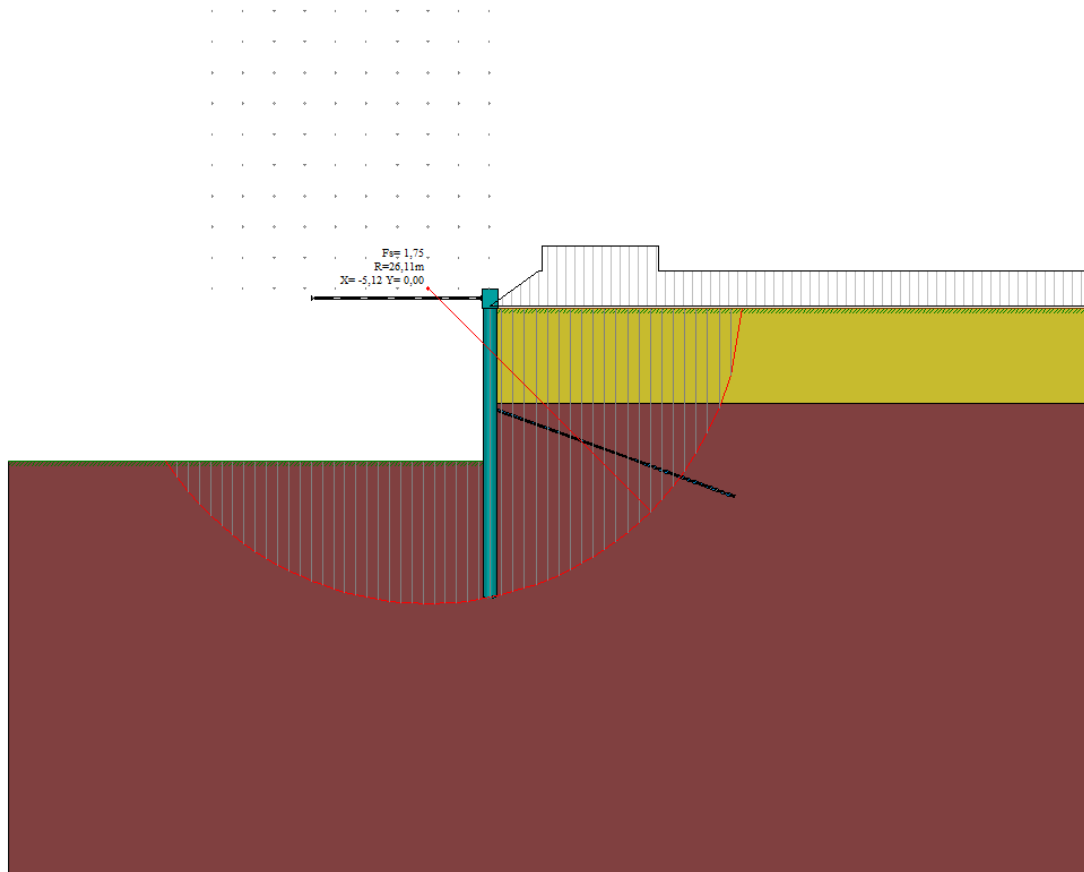


Figura 12.102 – Verifica della stabilità globale FS minimo

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	02	00	001	C	179

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 [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	151481,75 17,14	2037549,4 9 17,88	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1281472,02	15720518,61	12.268	13.451
2	ESE	151481,75 17,14	804621,03 20,65	0,00 0,00	0,00 0,00	8276,36 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1281472,02	4188728,68	3.269	5.366
3	ESE	151481,75 17,14	804621,03 20,65	0,00 0,00	13188,67 10,05	8274,16 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1281472,02	4393757,84	3.429	5.453
4	ESE	151481,75 17,14	455578,53 21,90	0,00 0,00	14987,93 10,05	11404,80 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1281472,02	2202178,01	1.718	3.182
5	ESE	154099,37 16,99	455578,53 21,90	0,00 0,00	15219,49 10,05	12809,10 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1326258,79	2240675,77	1.689	3.138
6	SLU - STR	202056,02 16,92	2638067,0 3 17,93	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1754300,49	20221196,08	11.527	13.056
7	SLU - STR	202056,02 16,92	1046007,3 4 20,65	0,00 0,00	0,00 0,00	12683,25 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1754300,49	5493158,21	3.131	5.240
8	SLU - STR	202056,02 16,92	1046007,3 4 20,65	0,00 0,00	13188,67 10,05	12681,06 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1754300,49	5698187,64	3.248	5.305
9	SLU - STR	202056,02 16,92	592252,08 21,90	0,00 0,00	16139,30 10,05	18500,83 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1754300,49	2902130,36	1.654	3.103
10	SLV - STR	158708,66 16,75	455578,53 21,90	0,00 0,00	16078,55 10,05	18618,44 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1405122,80	2398396,08	1.707	3.089
11	SLU - GEO	198356,04 16,90	1615621,1 9 17,83	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1724755,52	12550064,43	7.276	8.145
12	SLU - GEO	198356,04 16,90	634880,06 20,65	0,00 0,00	0,00 0,00	14357,10 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1724755,52	3499577,69	2.029	3.273
13	SLU - GEO	198356,04 16,90	634880,06 20,65	0,00 0,00	13188,67 10,05	14344,37 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1724755,52	3704345,26	2.148	3.340
14	SLU - GEO	198356,04 16,90	359470,75 21,90	0,00 0,00	17095,39 10,05	20397,53 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1724755,52	2102805,68	1.219	2.001
15	SLV - GEO	204700,85 16,61	359470,75 21,90	0,00 0,00	17916,30 10,05	24473,38 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1839327,08	2216855,82	1.205	1.963

 		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	02	00	001	C	180

12.3.3 VERIFICHE STRUTTURALI

12.3.3.1 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 34 ϕ 24. L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale ϕ 10/20.

Il cordolo in c.a. risulta armato con 18 ϕ 16+10 ϕ 16 e staffe ϕ 10/20 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:

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \quad \text{per } 0 < \epsilon_s < \epsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R_s^* \quad \text{per } \epsilon_{sy} < \epsilon_s < \epsilon_{su}$$

Valori del dominio M-N del palo

N°	N_u [kg]	M_u [kgm]
1	-613731,44	0,00
2	0,00	278601,85
3	255403,20	346100,38
4	383104,81	368959,01
5	510806,41	384211,04
6	638508,01	392057,33
7	766209,61	392684,19

**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	02	00	001	C	181

N°	Nu [kg]	Mu [kgm]
8	893911,21	384280,88
9	1021612,82	365929,77
10	1149314,42	344204,73
11	1277016,02	319617,25
12	1404717,62	291049,91
13	1532419,22	258573,41
14	1660120,83	221611,06
15	1787822,43	179155,86
16	1915524,03	0,00
17	1915524,03	0,00
18	1787822,43	-179155,86
19	1660120,83	-221611,06
20	1532419,22	-258573,41
21	1404717,62	-291049,91
22	1277016,02	-319617,25
23	1149314,42	-344204,73
24	1021612,82	-365929,77
25	893911,21	-384280,88
26	766209,61	-392684,19
27	638508,01	-392057,33
28	510806,41	-384211,04
29	383104,81	-368959,01
30	255403,20	-346100,38
31	0,00	-278601,85
32	-613731,44	0,00

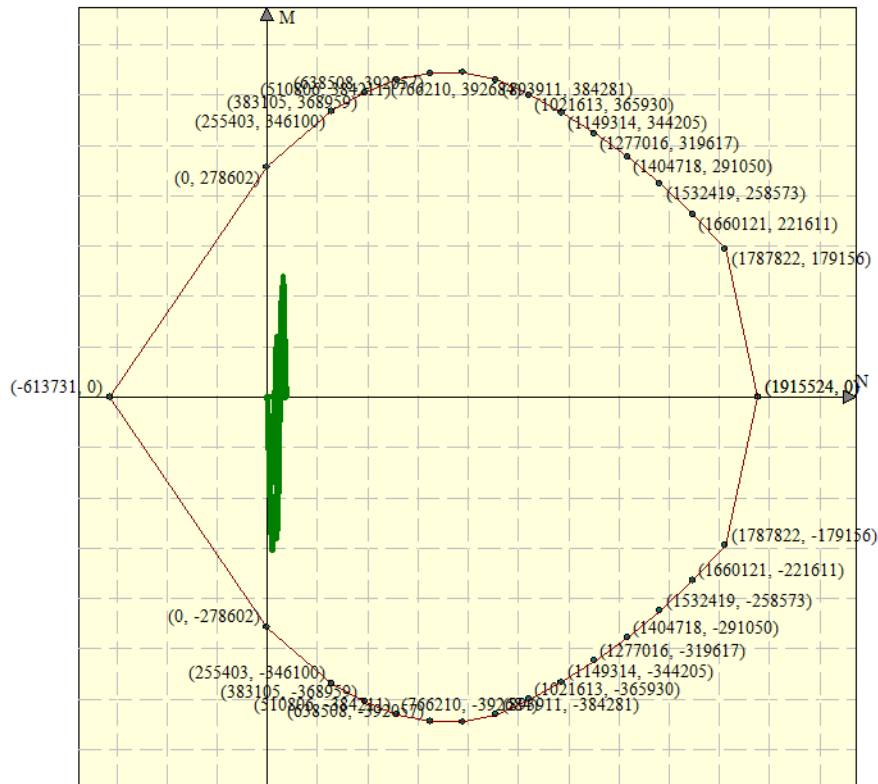


Figura 12.103 – Dominio M-N, sezione palo, armatura in c.a.

**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	02	00	001	C	182

Tabella 16 – Sollecitazioni massime del singolo palo

COMBINAZIONE		PROFONDITA'[m]	M _{palo} [kNm]	N _{palo} [Kg]	PROFONDITA'[m]	T _{palo} [Kg]
SLU-STR (A1+M1)	FASE 9	8,00	1414,94	221,82	15,35	509,94
SLU-GEO (A2+M2)	FASE 14	8,30	1539,60	230,14	16,05	499,11
SLV-STR (A1+M1+SISMA)	FASE 10	8,10	1339,43	224,60	15,40	465,33
SLV-GEO (A2+M2+SISMA)	FASE 15	8,30	1787,10	230,14	16,15	542,91

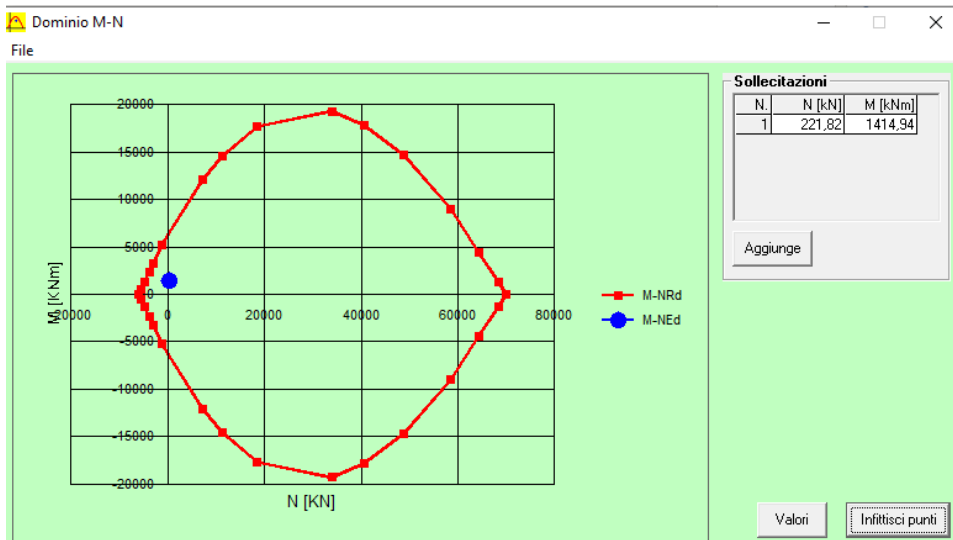


Figura 12.104 – SLU-STR (A1+M1), FASE 9

Mr_u = 6538 KNm
ME_d = 1414,94 KNm
F_s = 4,62

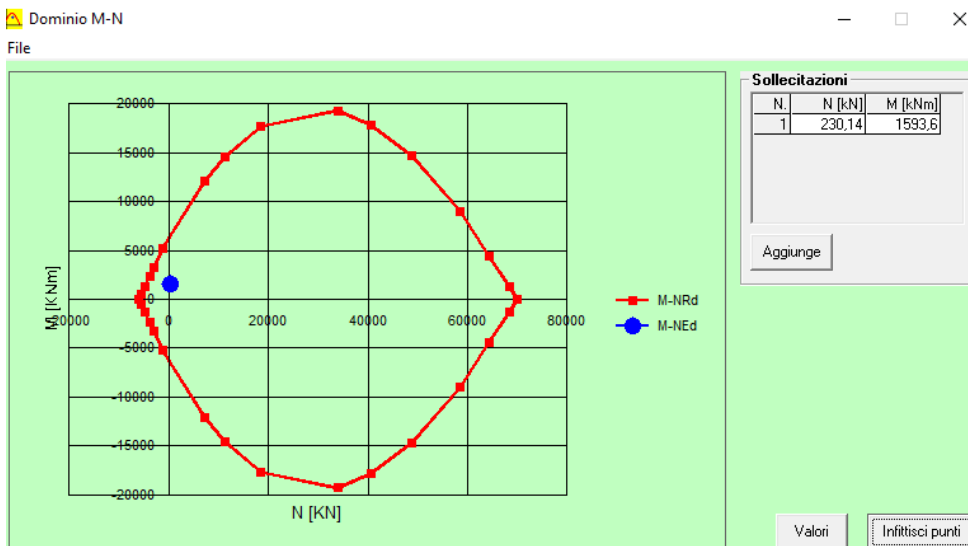


Figura 12.105 – SLU-GEO (A2+M2), FASE 14

Mr_u = 6546 KNm
ME_d = 1596,60 KNm
F_s = 4,10

**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	02	00	001	C	183

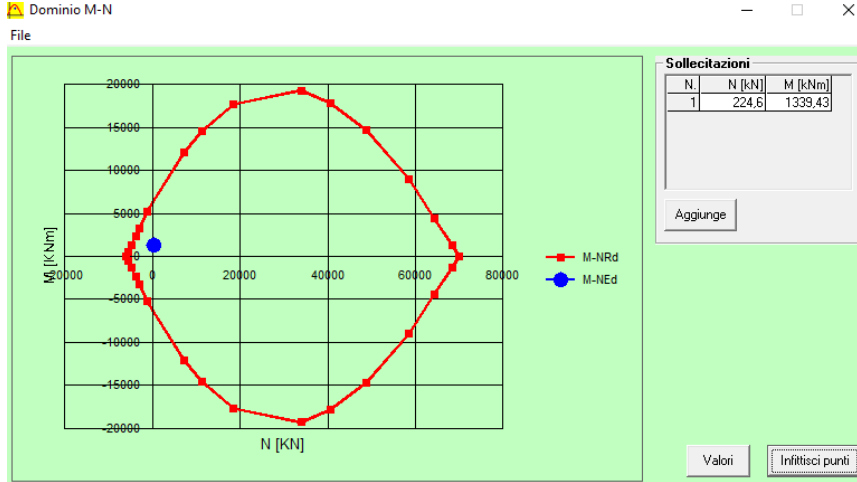


Figura 12.106 – SLV-STR (A1+M1+SISMA), FASE 10

Mr_u = 6541 KNm
ME_d = 1339,43KNm
F_s = 4,88

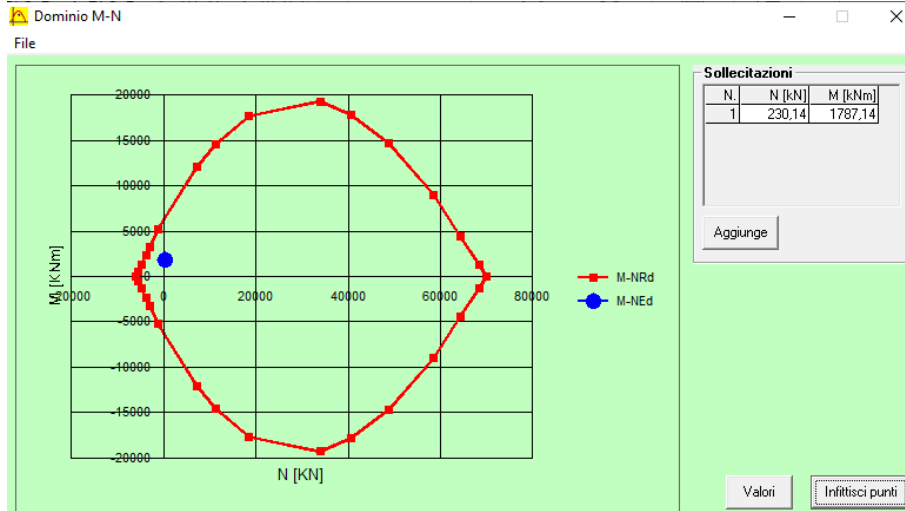


Figura 12.107 – SLV-GEO (A2+M2+SISMA), FASE 15

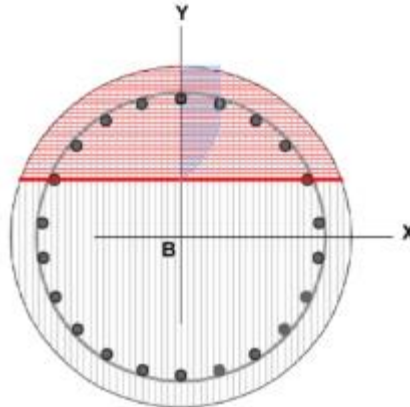
Mr_u = 6546 KNm
ME_d = 1787,14KNm
F_s = 3,66

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	02	00	001	C	184

Verifica a Taglio del singolo palo sezione circolare

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

$T_{max} = 542,91 \text{ KN}$



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]	20,00	
Area staffe [mm ²]	157	numero braccia elicoidali	2	
Verifica a Taglio				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	$\cot\theta$	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
4,9021	2,5000	1,00	710,85	2454,17
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]				710,85
Taglio di Progetto V_d [kN]				542,91
FS				1,31

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	02	00	001	C	185

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_r	tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

Af	σ_c	cmb	σ_r	cmb
[cmq]	[kPa]		[kPa]	
153,81	6678	5	181295	5

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 _r	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 _r	s	ϵ_{sm}	W _{lim}	W _k
		[m]	[kgm]	[kgm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	5 - ESE	7,85	-98882	-74188	152,270	0.0646	0,200	0,167

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro		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	02	00	001	C	186

12.3.3.2 VERIFICHE STRUTTURALI 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.

$Q_0 = N_0 \times n^\circ \text{Tiranti} / \text{Lunghezza paratia}$, dove gli appoggi sono le posizioni 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
51578 Kg	20°	2	78.4 m	28	57
	N TOTALE	N SINGOLO CORDOLO			
VERTICALE	17693,67 Kg	8846,836 Kg	Qv=	3159,584 Kg/m	
ORIZZONTALE	48639,74 Kg	24319,87 Kg	Qo=	8685,668 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	02	00	001	C	187

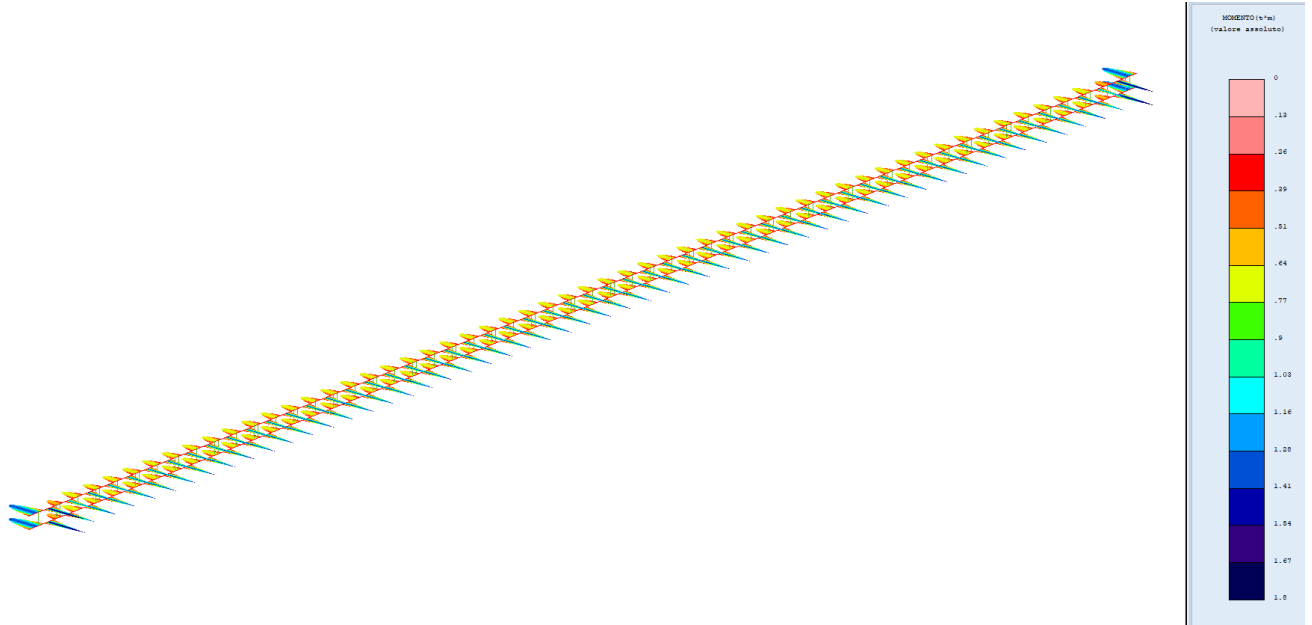


Figura 12.108 – Diagramma momento flettente sul piano orizzontale

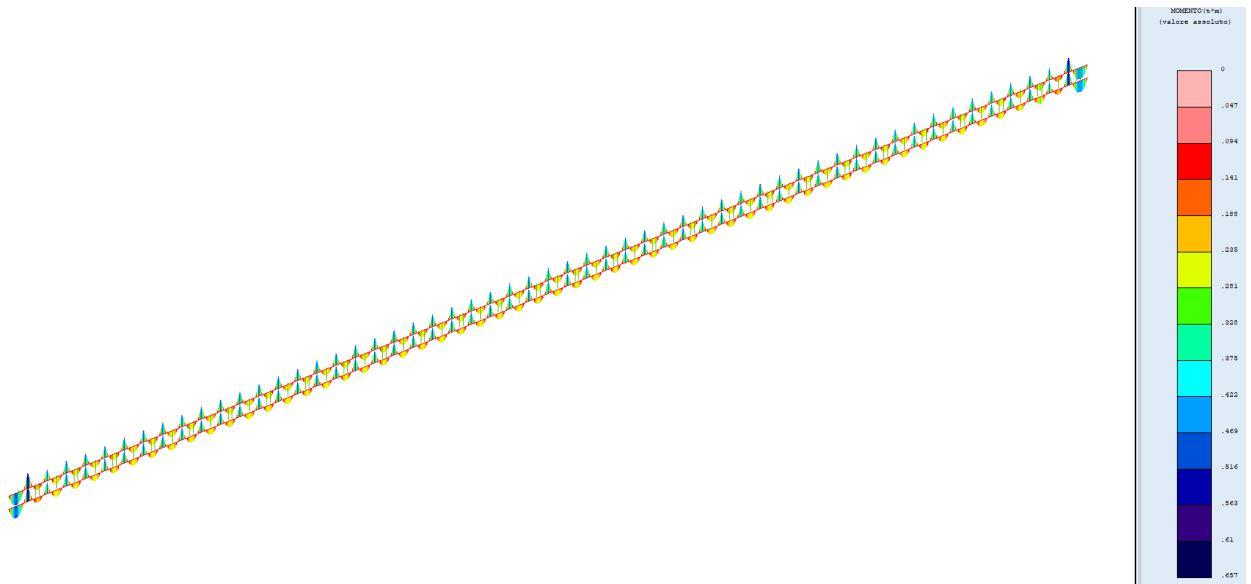


Figura 12.109 – Diagramma momento flettente sul piano verticale

**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	02	00	001	C	188

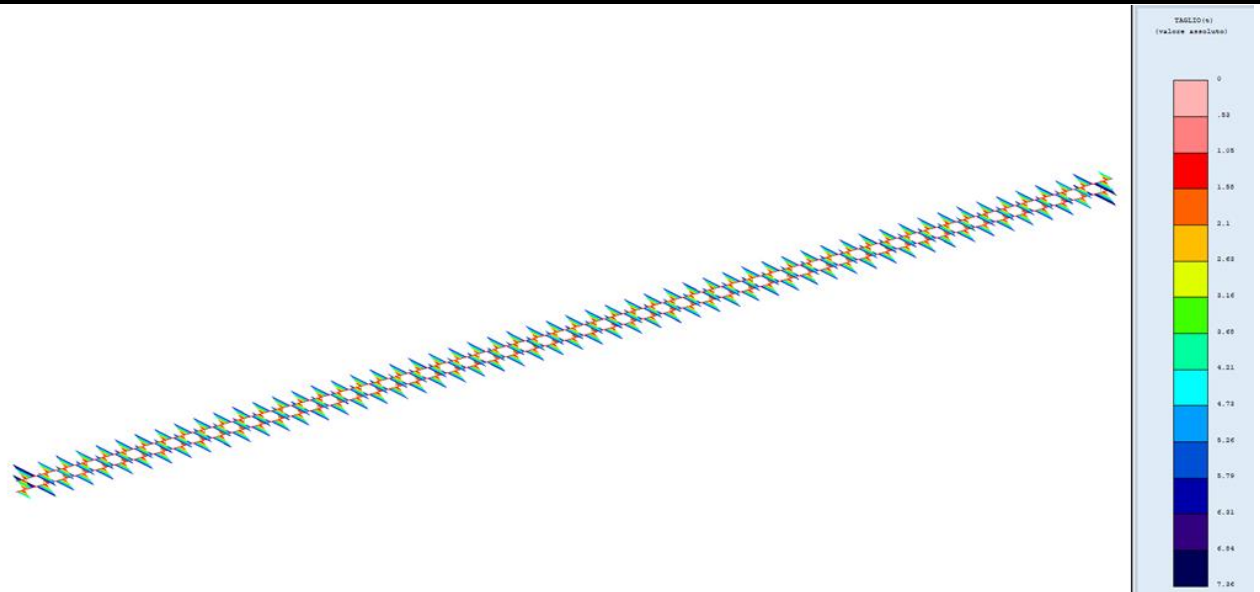


Figura 12.110 – Diagramma del taglio sul piano orizzontale

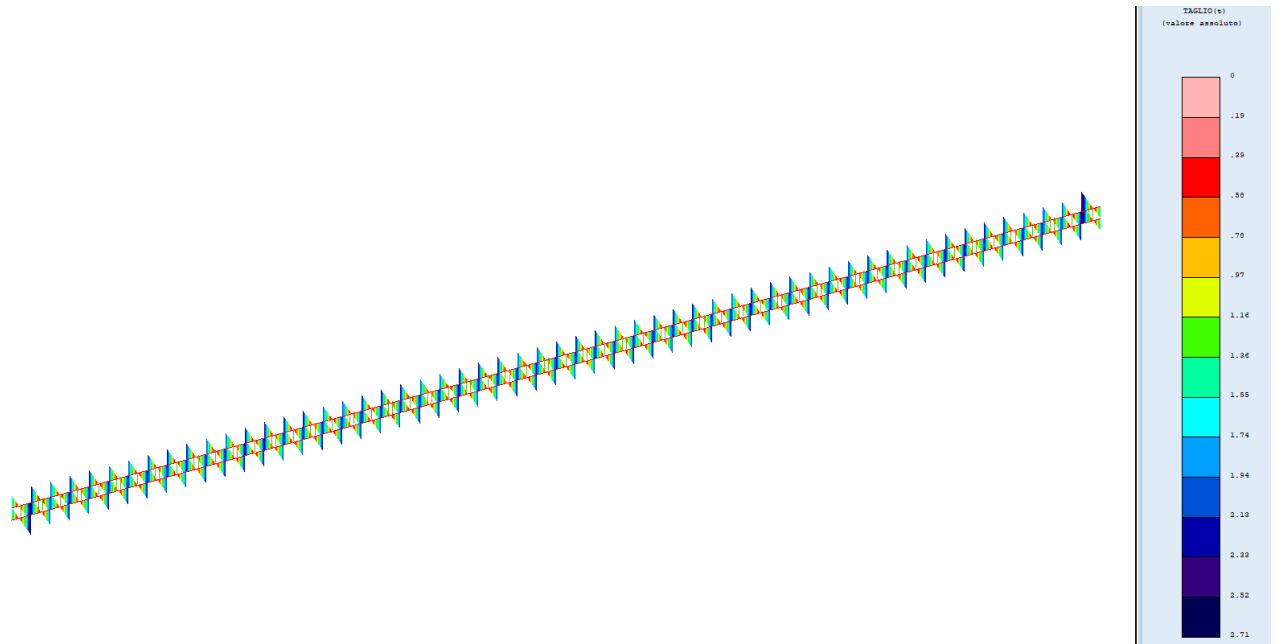


Figura 12.111 – Diagramma del taglio sul piano verticale

**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	02	00	001	C	189

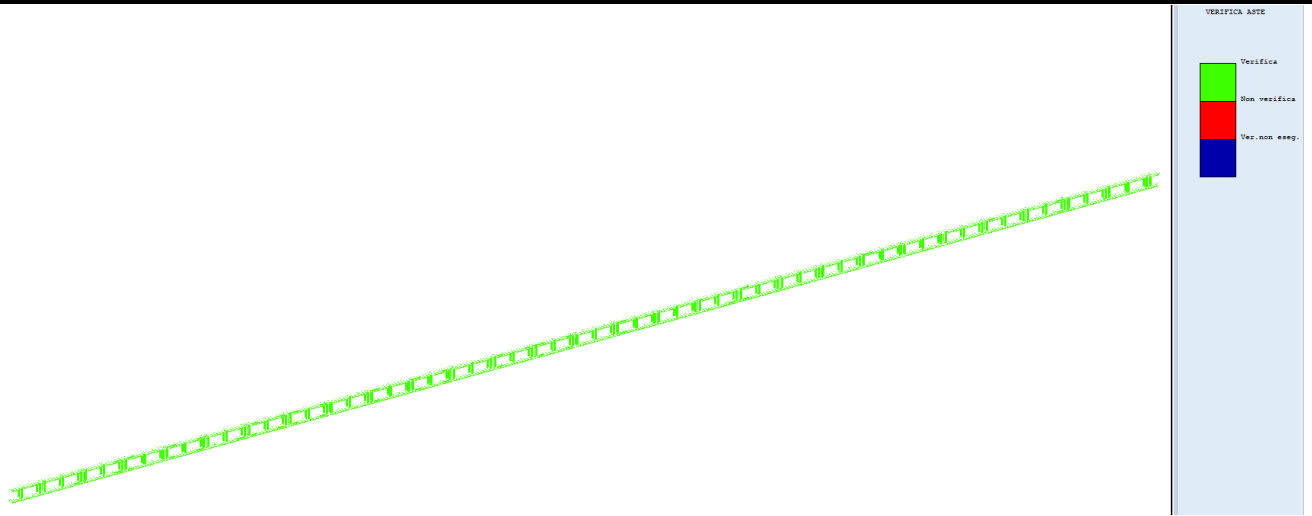


Figura 12.112 – Verifica generale

STAMPA PROGETTO S.L.U. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.																		
VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D																		
DA TI 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/cmq	daN	dNcm	dN/cmq	%
Sez.N.	1080	82	1,66	1	-906	1799	-669	-2766	-7364	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	49
IPN	240	qn=	8685	1	-906	102	-30	-1887	-4976	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	2
Asta:	317	144	1,66	1	-906	-938	368	-1008	-2588	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	27
Instab.:1=	55,0	Δ*1=	38,5	0	0	0	0	0	0	0	Rpf=	0	Rft=	0	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	0,0 mm

Figura 12.113 – Verifica asta 1° fila

Si precisa che lo schema statico e il grado di vincolo oltre alla verifica di resistenza sono opportunamente descritti sui tabulati di calcolo in allegato.

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	02	00	001	C	190

12.3.3.3 VERIFICA DEL CORDOLO

Il cordolo della sezione 3 è un elemento in c.a. di forma rettangolare (140x160 cm) armato in direzione longitudinale con 28 ϕ 16 e in direzione trasversale con staffe ϕ 10/20 a due bracci verticalmente e quattro bracci orizzontalmente.

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.

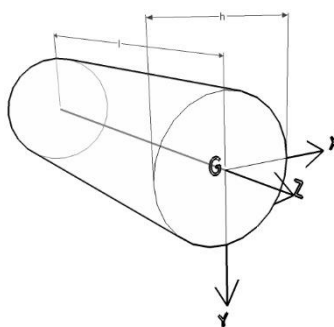


Figura 12.114 – Sistema di riferimento del solido trave

Nel primo schema di carico (SCHEMA A), ragionando 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 (SCHEMA B), considerando il 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, e da forze concentrate (F_h) che costituiscono la massima reazione dei puntoni. 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 ($V_{h,Ed}$).

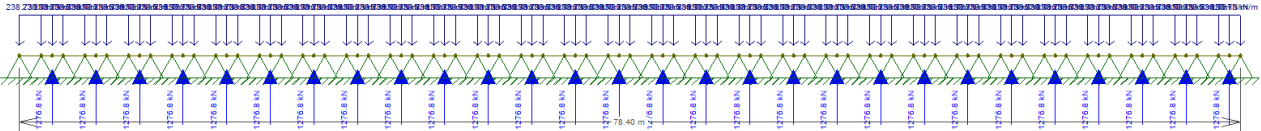
Si riportano a seguire i grafici e i dati relativi alle verifiche.

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	02	00	001	C	192

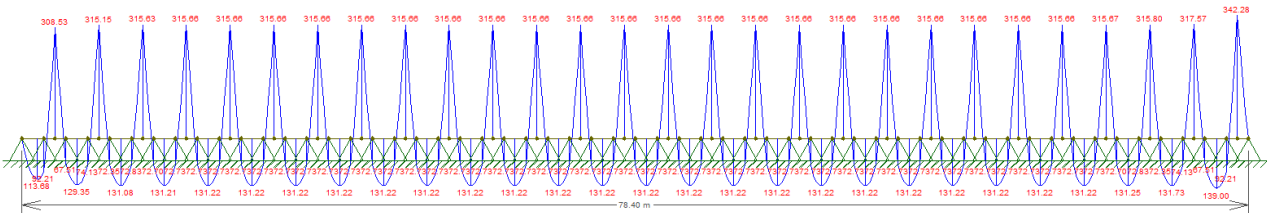
SCHEMA B

$q_h = 238 \text{ kN/m}$

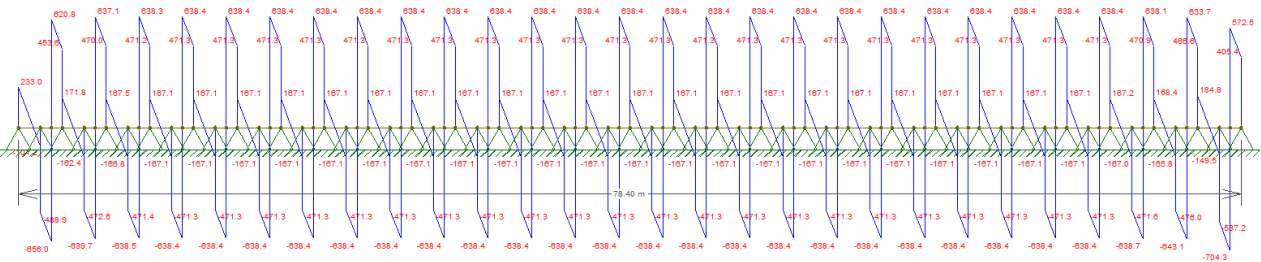
$F_h = 1276.8 \text{ kN}$



Momento flettente



Taglio



Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di carico B (piano orizzontale)

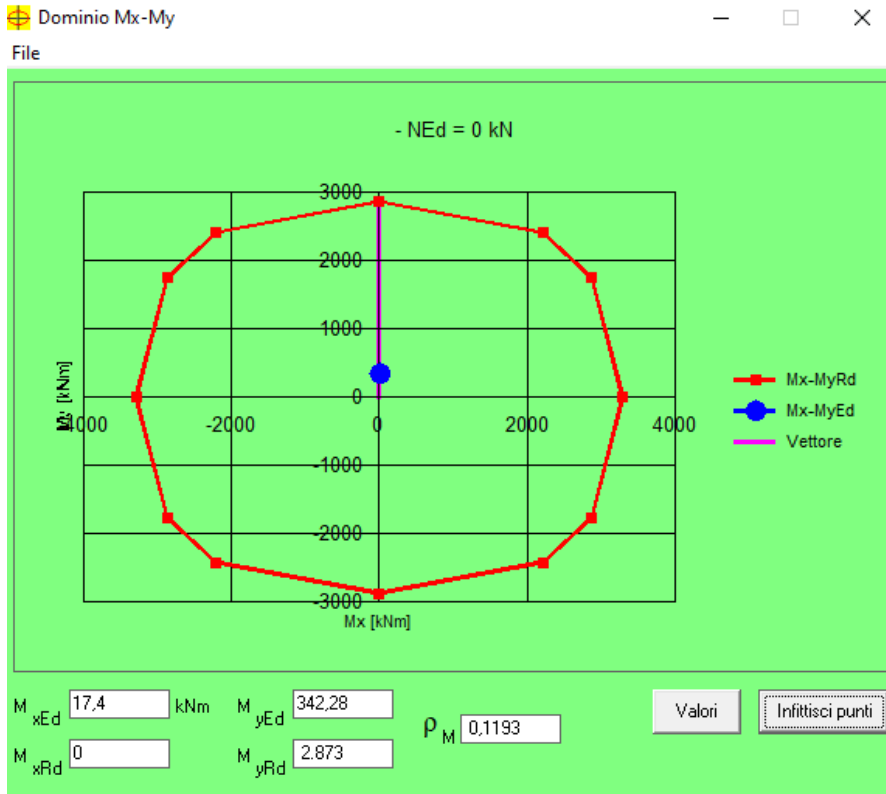
$M_{y,Ed} = 342.28 \text{ kNm}$

$V_{h,Ed} = 704.3 \text{ kN}$

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	02	00	001	C	193

Verifica a pressoflessione deviata



Verifica a taglio nel piano verticale

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	140.00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	160.00	diametro ferri lon.[mm]	16	
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				
cotθ per V _{Rsd} = V _{Rsd}	cotgθ	α _c	V _{Rsd} [kN]	V _{Rcd} [kN]
3.8902	2.5000	1.00	2118.73	4714.86
Taglio Resistente di Progetto V_{v,Rd} [kN]				2118.73
Taglio di Progetto V_{v,Ed} [kN]				71.20
FS				29.76

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	02	00	001	C

Verifica a taglio nel piano orizzontale

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	160.00	Carico assiale [kN]		0
Altezza [cm]	140.00	diametro ferri lon.[mm]		16
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				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	$\cotg\theta$	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
4.1759	2.5000	1.00	1842.13	4684.97
Taglio Resistente di Progetto $V_{h,Rd}$ [kN]				1842.13
Taglio di Progetto $V_{h,Ed}$ [kN]				704.30
FS				2.62

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	02	00	001	C	195

12.4 MODELLO SEZ 4 pk 6+826

Il modello SEZ 4 6+826 rappresenta la sezione laterale del tratto della galleria artificiale che dovrà essere realizzata. La paratia ha pali di lunghezza 24 m con cordolo in c.a.a di altezza 3,10 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°	L_p (m)	L_a (m)	L_{tot} (m)	D_p (m)	A_{tref} (mm ²)	fp(1)k snervamento / limite elastico	n_{tref}	N_0 (KN)
1 (sx e dx paratia)	6,95 + 3,10	2.8	20	12	9	21	0.16	139	1670	4	400

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

N_0 = Pretensione tirante alla messa in opera

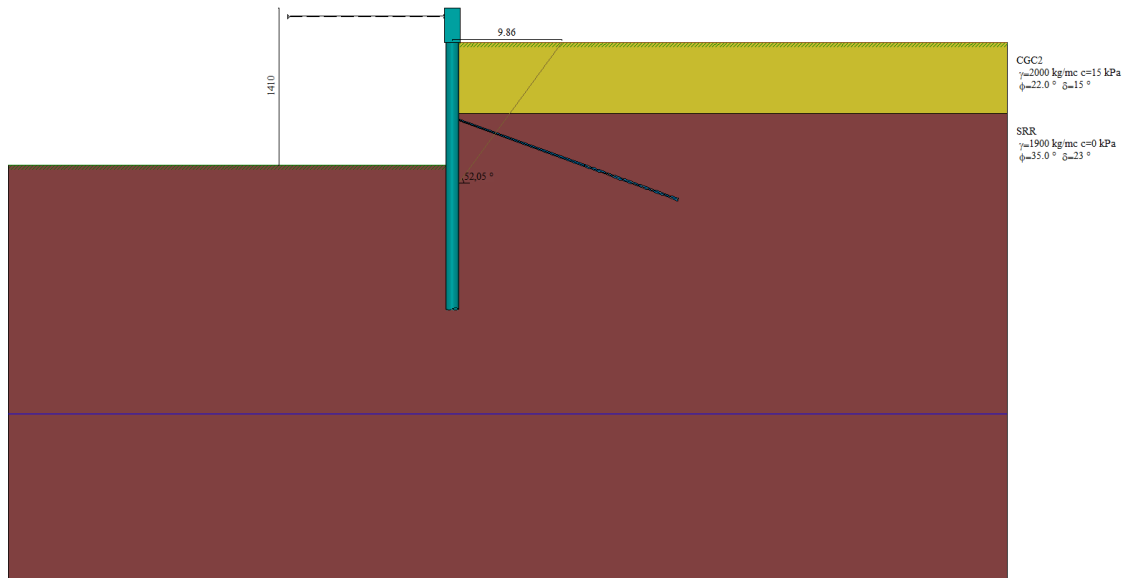


Figura 12.115 – Modello di calcolo

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	02	00	001	C	196

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

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	γ_{sat}	ϕ	δ	c	c_a	Cesp	τ_i	
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]		[kPa]	
1	CGC2	2000,0	2000,0	22.00	14.70	15,0	0,0	1.50	180,0	CAR
				22.00	14.70	15,0	0,0		180,0	MIN
				22.00	14.70	15,0	0,0		180,0	MED
2	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	α_M	α_V	Kw_M	Kw_V	Terreno M	Terreno V
	[m]	[°]	[°]	[kg/cm ² /cm]	[kg/cm ² /cm]		
1	9,50	0.00	0.00	1.54	1.54	CGC2	CGC2
2	42,00	0.00	0.00	13.43	13.43	SRR	SRR

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

Livello falda dal piano campagna 35 m

Tabella 17 – Parametri per analisi sismica

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1,203	0,465
Accelerazione al suolo $a_g(\% \text{ di } g)$	0,123	0,047
Fattore amplificatore F_0	2,570	2,419
T_c^*	0,354	0,301
S_s (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coefficiente riduzione β_s	0,380	0,470
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)		1,00
Coefficiente riduzione α		0,582
$U_s(m)$		0,136
Coefficiente riduzione β		0,347
Coefficiente intensità sismica orizzontale $K_h[\%]$	3,717	1,438
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale $K_h[\%]$	3,717	1,438
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	1,859	0,719

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

**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	02	00	001	C	198

12.4.1 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

n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 3.10 metri	0
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=3.10]	0
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=3.10]	0
4	Inserimento puntone 1 [Hscavo=3.10]	0
5	Scavo fino alla profondità di 10.55 metri	1
6	Inserimento tirante 1 (X=10.05) [Hscavo=10.55]	2
7	Tesatura tirante 1 N=40000 [Hscavo=10.55]	2
8	Scavo fino alla profondità di 14.10 metri	3
9	Inserimento sisma	4

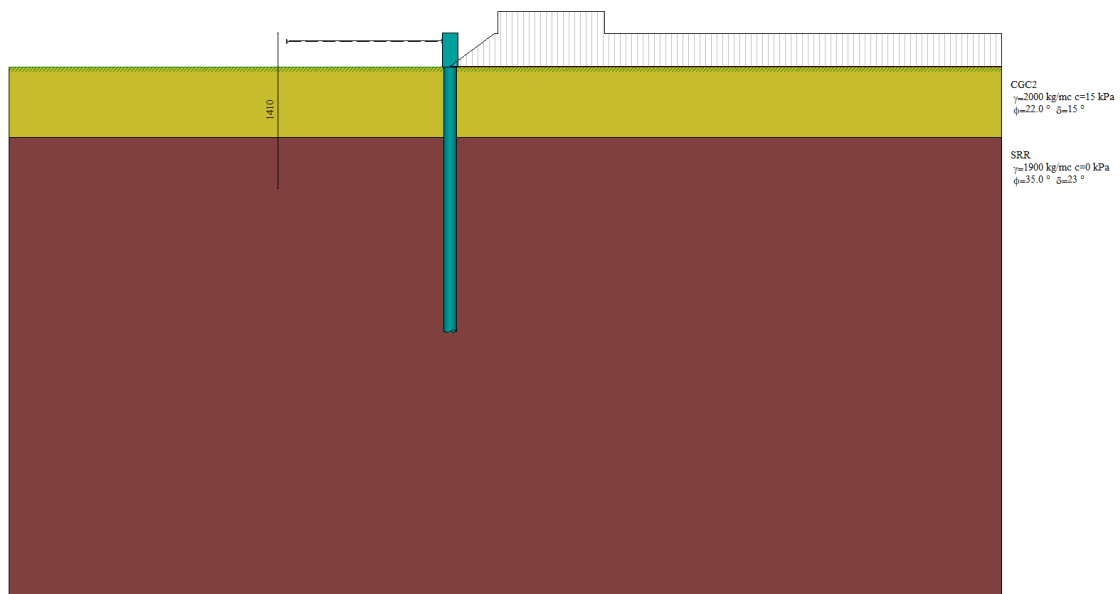


Figura 12.116 – Tempo 0 (Fasi n. 1, 2, 3, 4)

**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	02	00	001	C	199

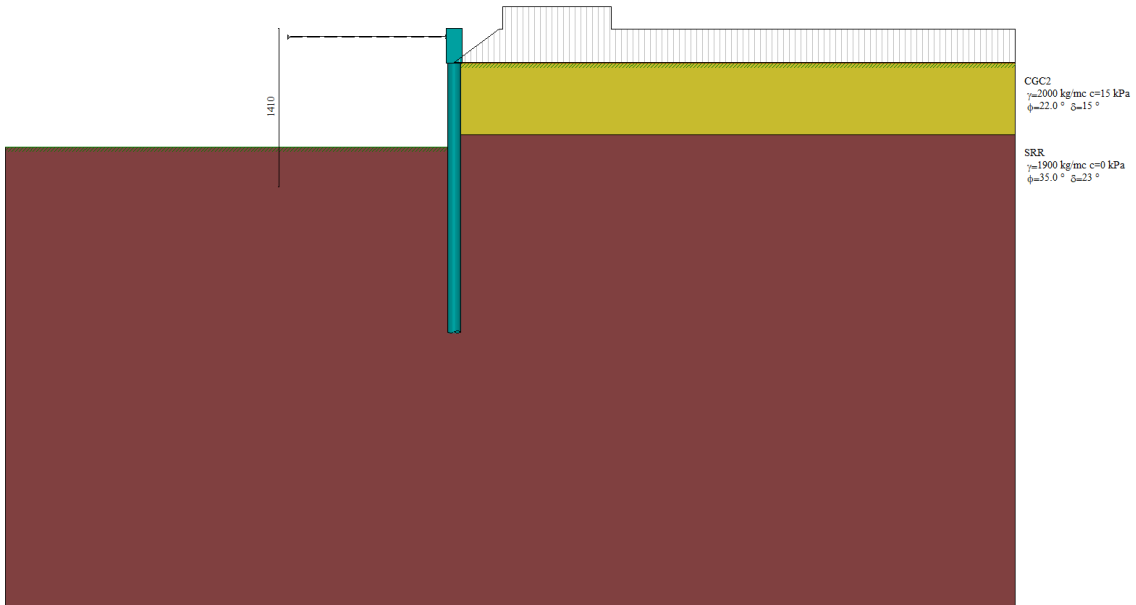


Figura 12.117 – Tempo 1 (Fase n. 5)

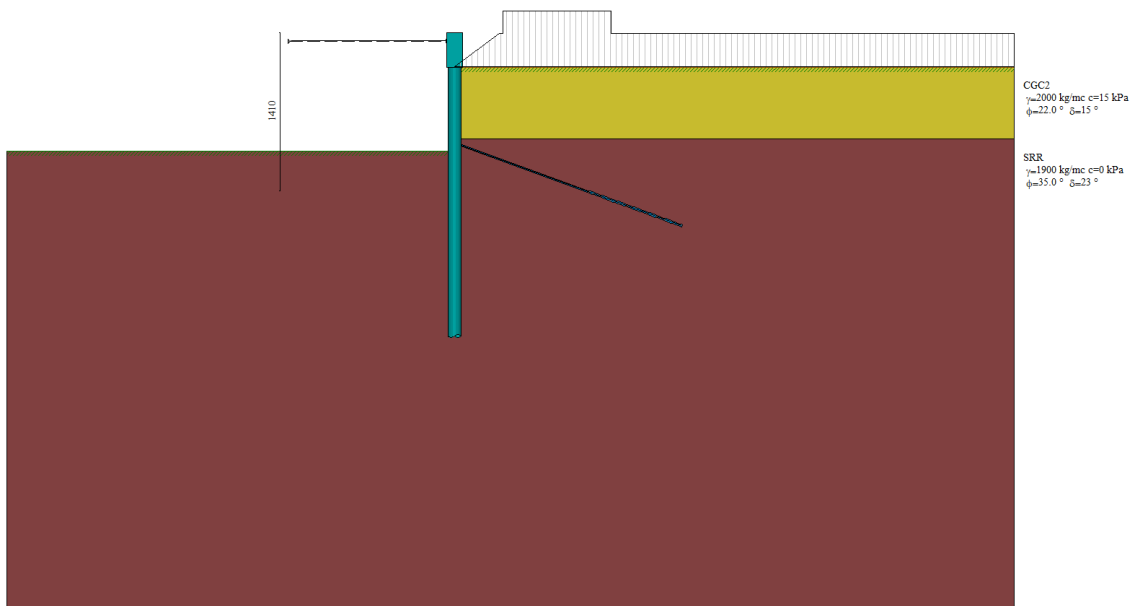


Figura 12.118 – Tempo 2 (Fasi n. 6, 7)

**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	02	00	001	C	200

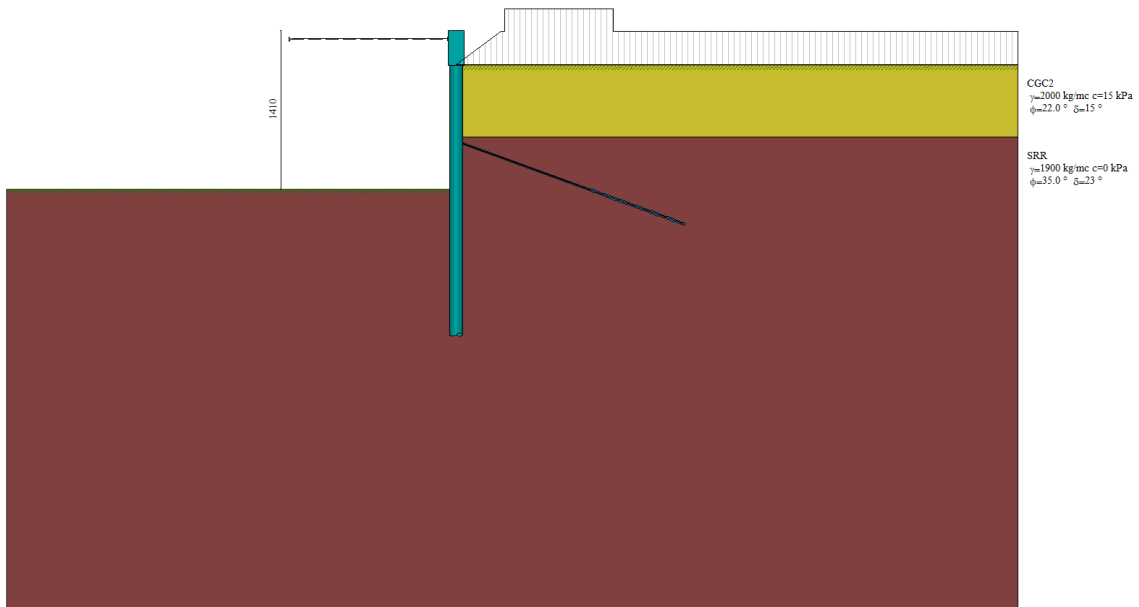


Figura 12.119 – Tempo 3 (Fase n. 8)

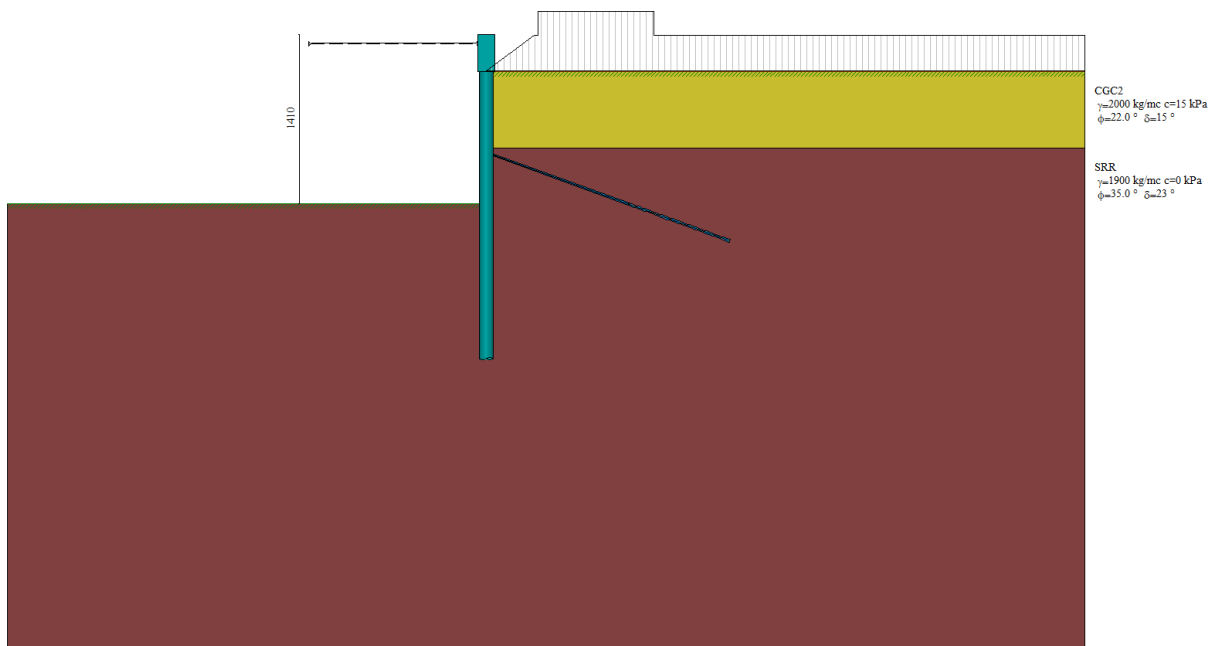


Figura 12.120 – Tempo 4 (Fase n. 9)

**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	02	00	001	C	201

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 senza e con sisma, combinazioni A2+M2 senza e con sisma e Inviluppo.

Momento Flettente [Kg m]

Taglio [Kg]

Sforzo Normale [Kg]

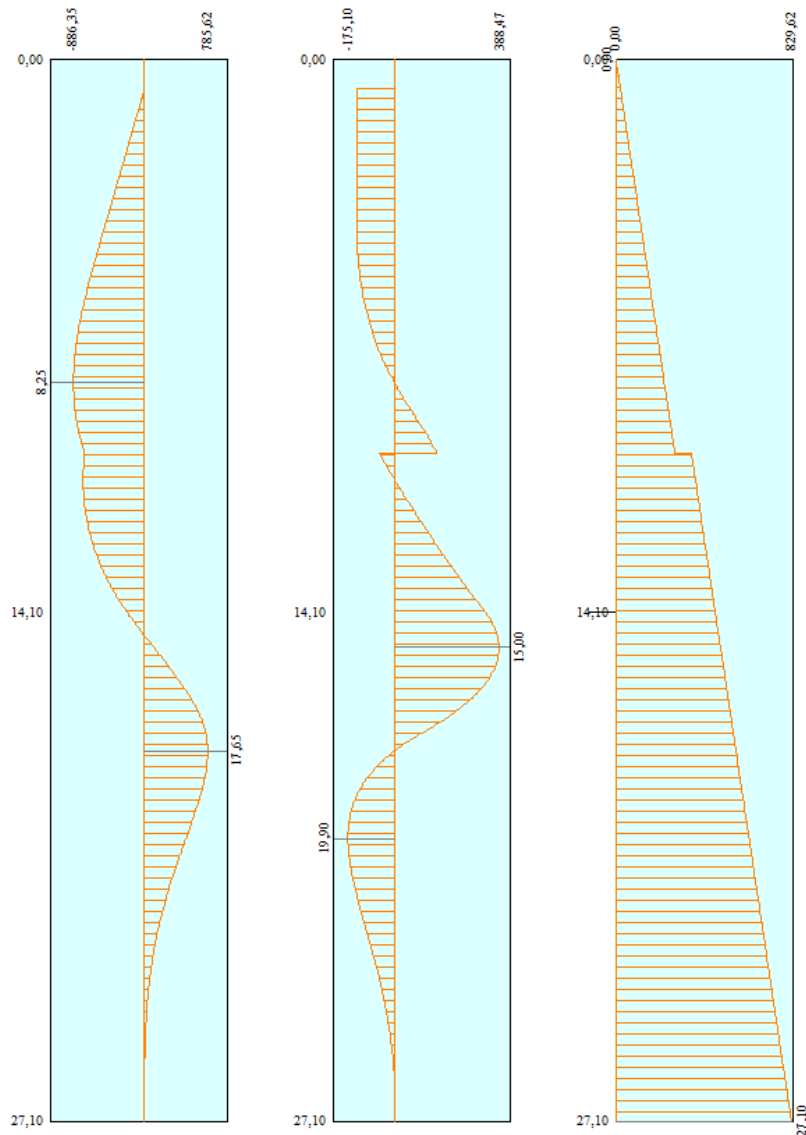


Figura 12.121 – Diagramma in combinazione SLU-STR (A1+M1), FASE 9

**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	02	00	001	C	202

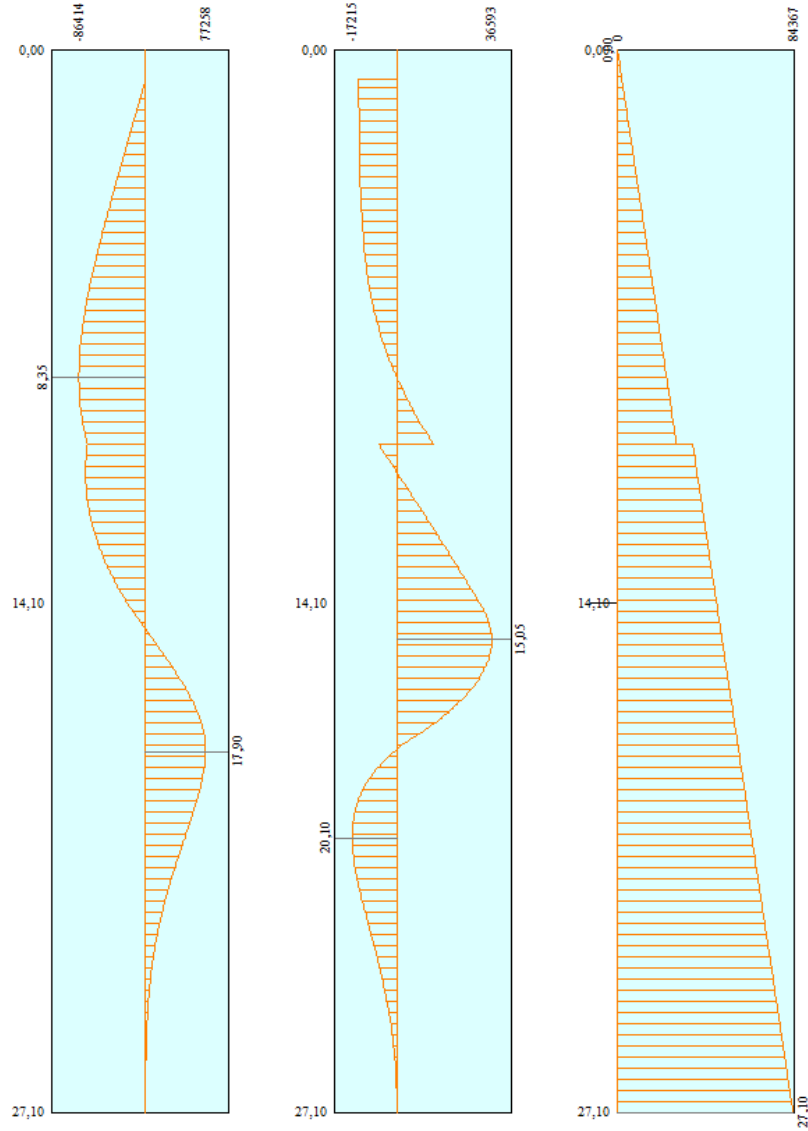


Figura 12.122 – Diagramma in combinazione SLV-STR (A1+M1+SISMA), FASE 10

**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	02	00	001	C	203

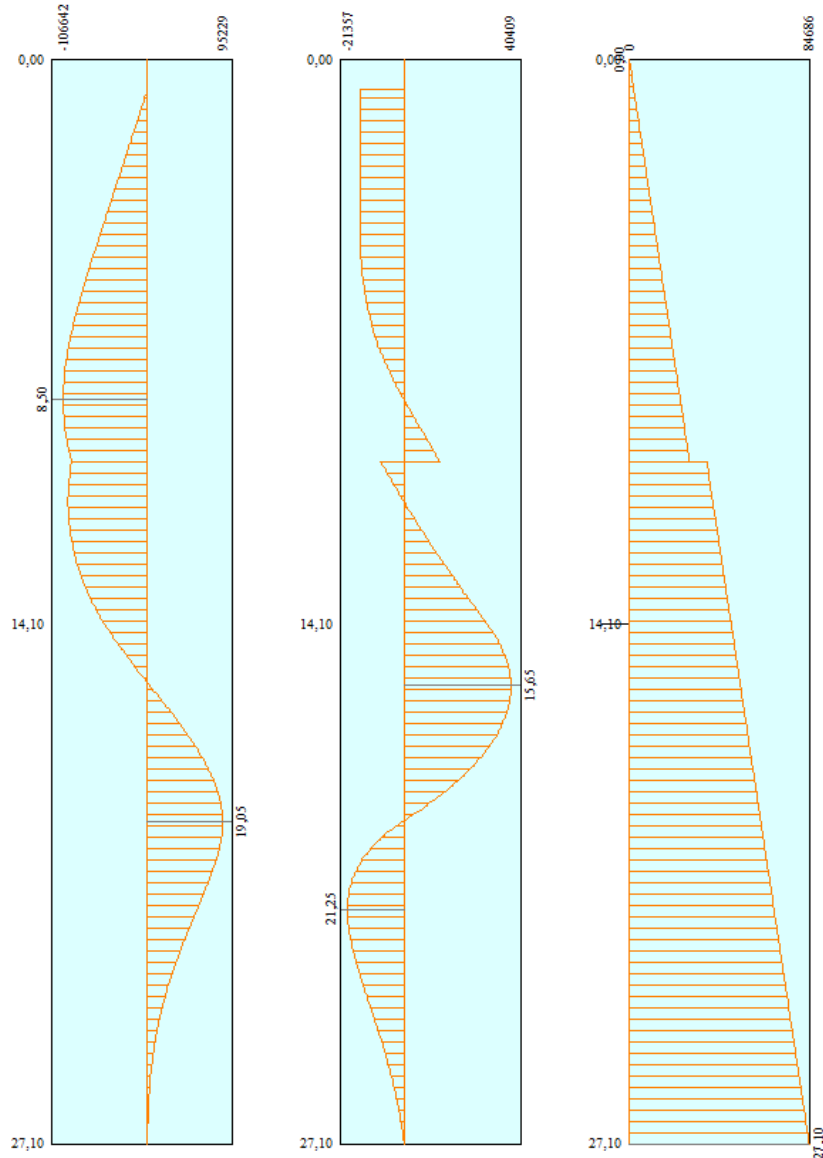


Figura 12.123 – Diagramma in combinazione SLU-GEO (A2+M2), FASE 14

**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	02	00	001	C	204

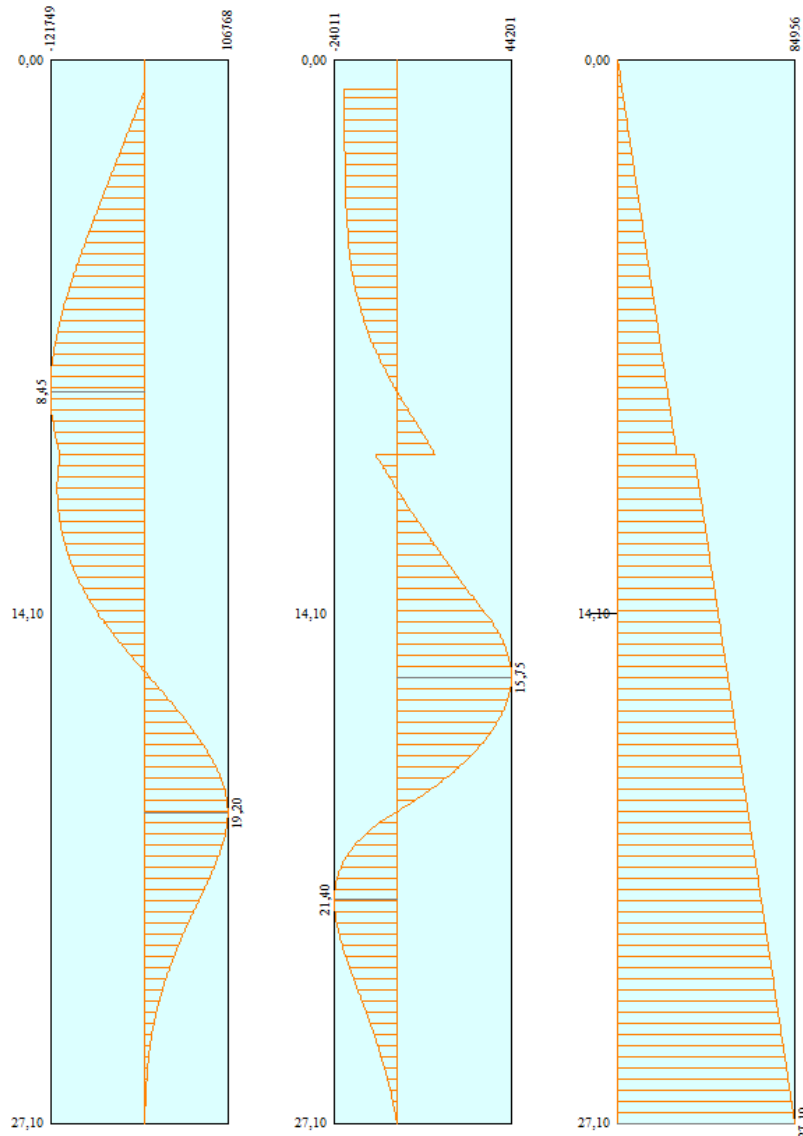


Figura 12.124 – Diagramma in combinazione SLV-GEO (A2+M2+SISMA), FASE 15

**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	02	00	001	C	205

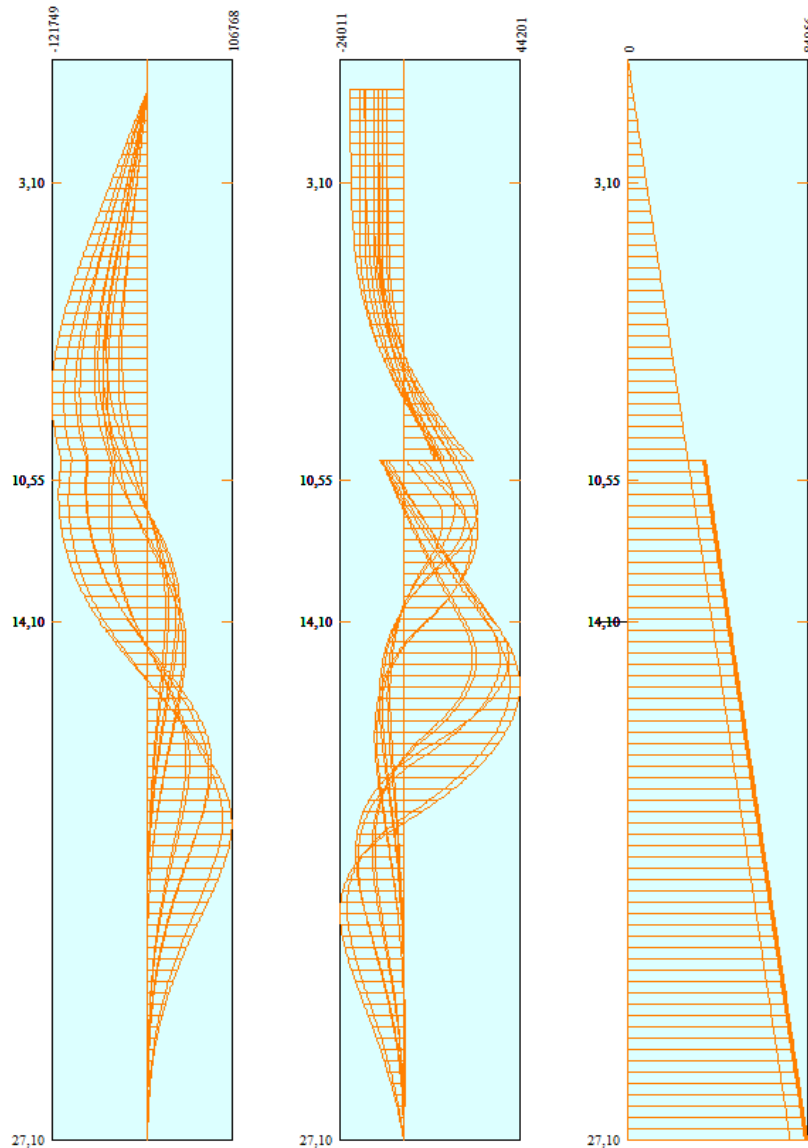


Figura 12.125 – Diagramma involucro sollecitazioni

Incremento dovuto al sisma Fase 5 ESE $\Delta S= 1915$ Kg

Incremento dovuto al sisma Fase 10 A1+M1+SISMA $\Delta S= 5346$ Kg

Incremento dovuto al sisma Fase 15 A2+M2+SISMA $\Delta S= 6685$ Kg

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	02	00	001	C	206

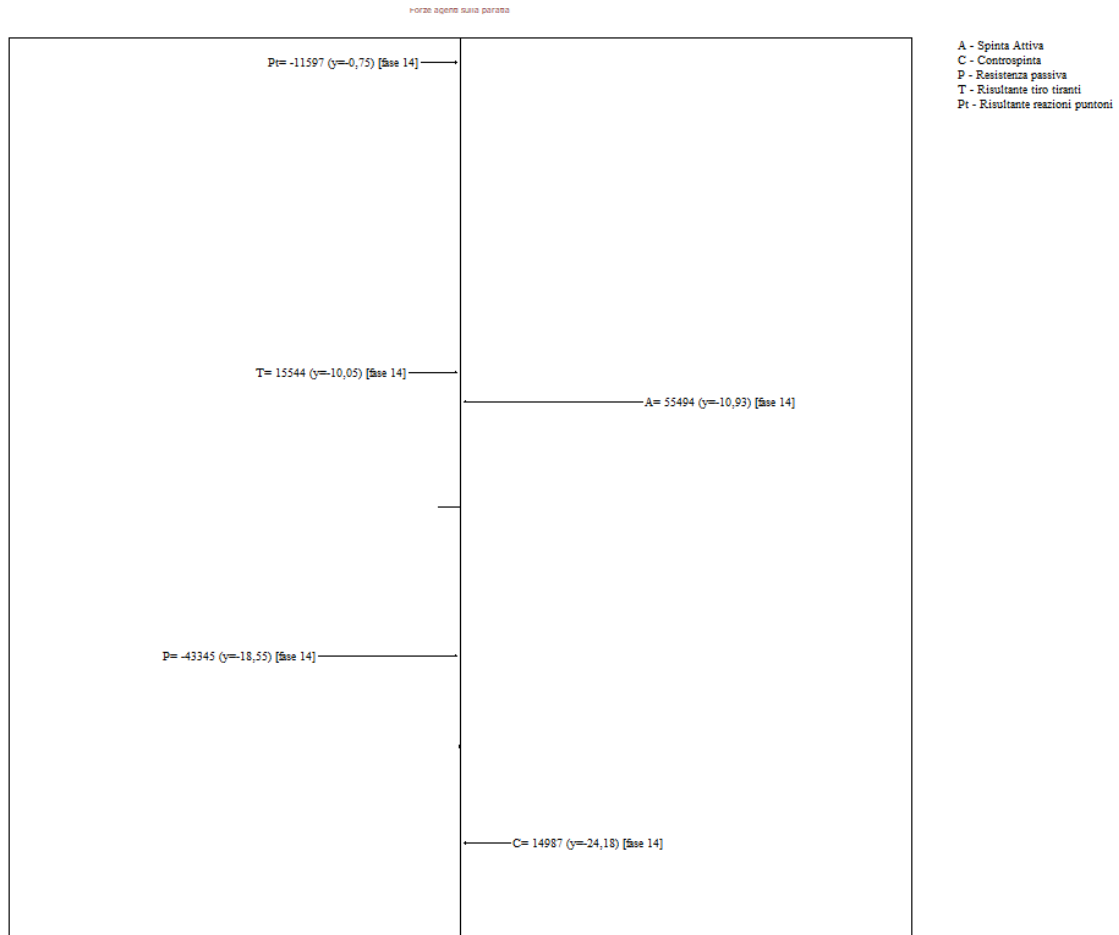


Figura 12.126 – Risultanti della spinta attiva e passiva in assenza di sisma (combinazione A2+M2)

**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	02	00	001	C	207

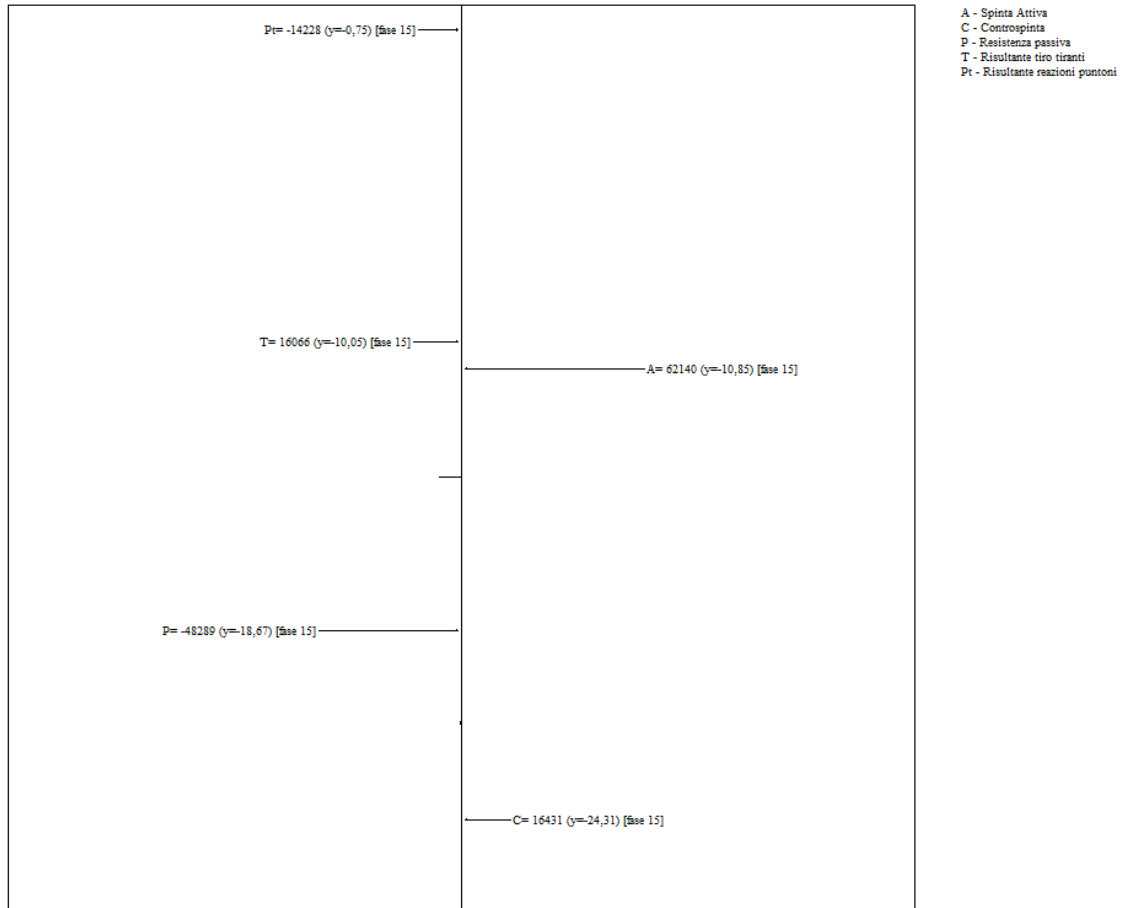
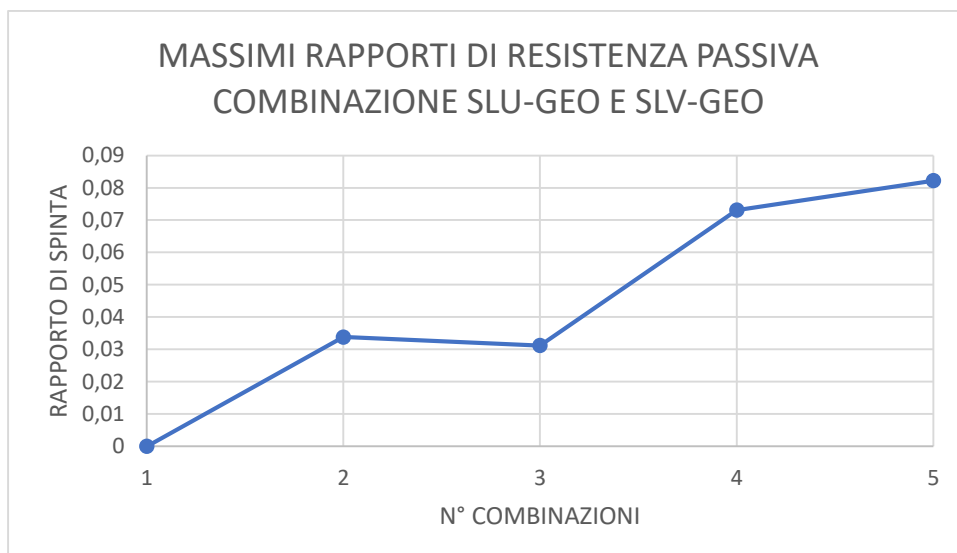
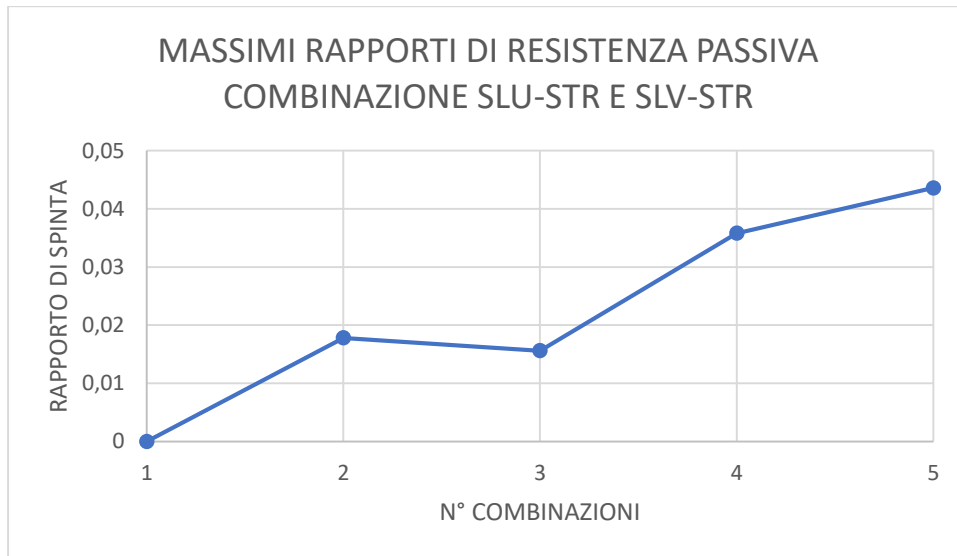
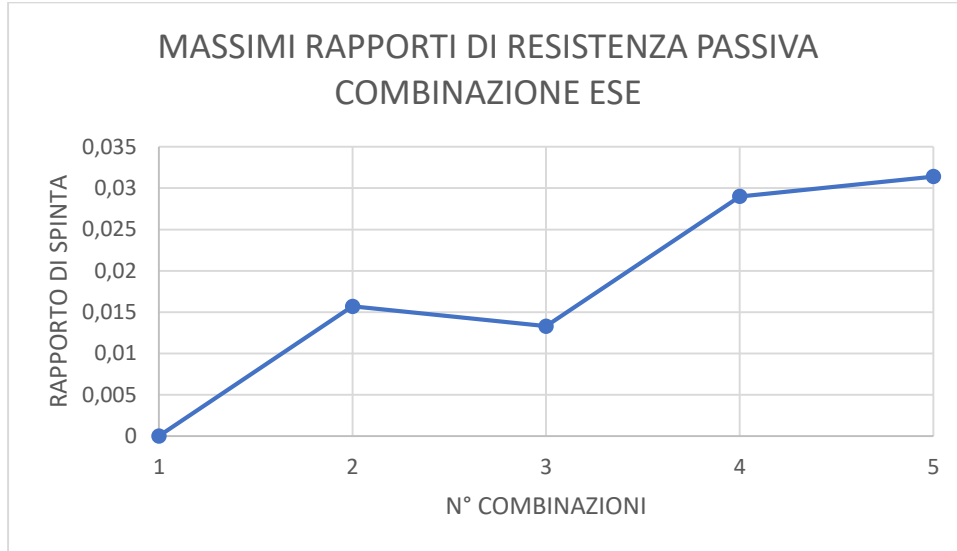


Figura 12.127 – Risultanti della spinta attiva e passiva in presenza di sisma (combinazione A2+M2+SISMA)

**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	02	00	001	C	208



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	02	00	001	C	209

n°	Tipo
1	ESE
2	ESE
3	ESE
4	ESE
5	ESE
6	SLU - STR
7	SLU - STR
8	SLU - STR
9	SLU - STR
10	SLU - STR
11	SLU - GEO
12	SLU - GEO
13	SLU - GEO
14	SLU - GEO
15	SLU - GEO

**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	02	00	001	C	210

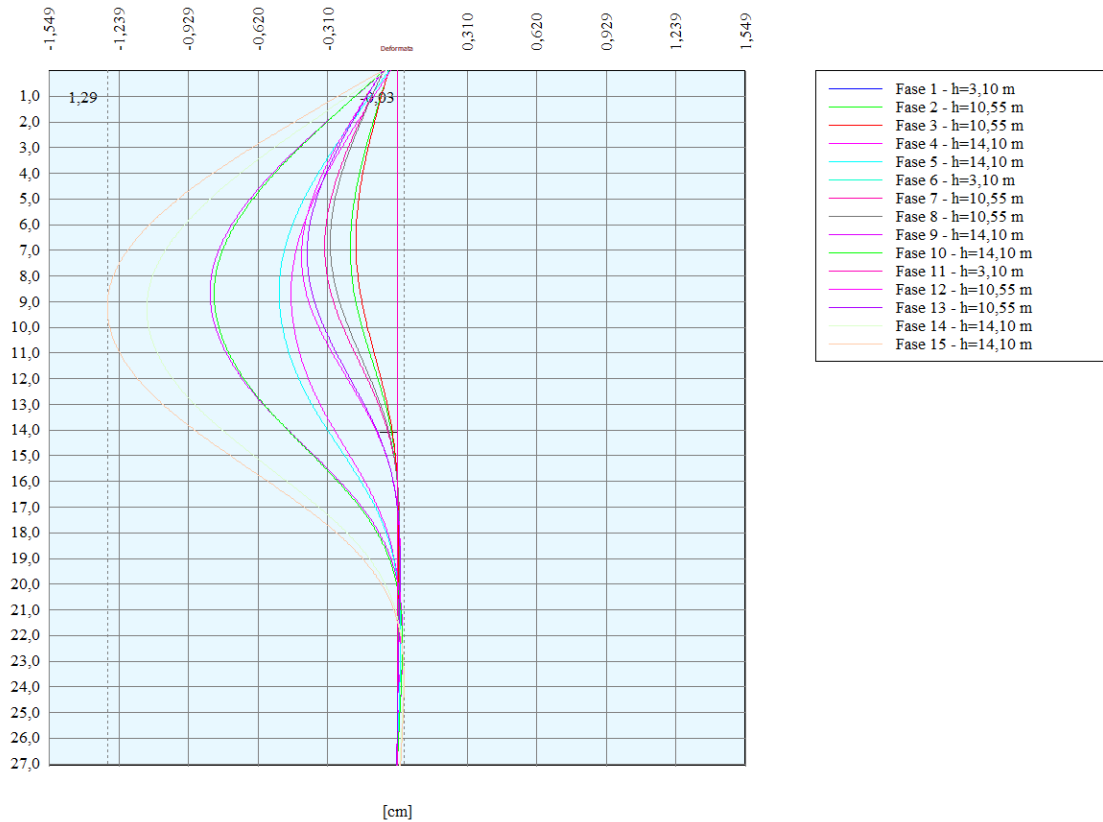


Figura 12.128 – Involuppo spostamenti

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 $\min(R1, R2, R3)/N$)

Fase n° 1 - ESE non sono presenti tiranti

Fase n° 2 - ESE non sono presenti 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	02	00	001	C	211

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

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	40000	5,56	17,10	5,10	705526	0,13157	174910	218533	826036	4.373

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

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	42998	5,56	17,10	5,10	758400	0,45952	174910	218533	826036	4.068

Fase n° 5 - ESE n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	43463	5,56	17,10	5,10	766603	0,51040	174910	218533	826036	4.024

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°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	40000	5,56	17,10	5,10	705526	0,21497	80977	218533	826036	2.024

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

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	45416	5,56	17,10	5,10	801058	0,80751	80977	218533	826036	1.783

Fase n° 5 - SLV - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	45280	5,56	17,10	5,10	798661	0,79264	80977	218533	826036	1.788

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

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

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

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	40000	5,56	17,10	5,10	705526	0,32360	97172	218533	826036	2.429

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

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	47145	5,56	17,10	5,10	831542	1,10521	97172	218533	826036	2.061

Fase n° 5 - SLV - GEO n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	48727	5,56	17,10	5,10	859462	1,27839	97172	218533	826036	1.994

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	02	00	001	C

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 non sono presenti tiranti

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

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	102914	80977	1.271

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

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	102914	80977	1.271

Fase n° 5 - SLV - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	102914	80977	1.271

Verifica gerarchia delle resistenze VALORI CARATTERISTICI

FASE 3

n°	Rg	R1	FS
	[kg]	[kg]	
1	118351,1	97172,4	1,218

FASE 4

n°	Rg	R1	FS
	[kg]	[kg]	
1	118351,1	97172,4	1,218

FASE 5

n°	Rg	R1	FS
	[kg]	[kg]	
1	118351,1	97172,4	1,218

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	02	00	001	C	213

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 cono di spinta attiva; quest'ultimo ha inclinazione sulla verticale

di $45^\circ - \varphi'/2$ (dove $\varphi' = 22^\circ$ e 35°).

CENTRO DI ROTAZIONE
7,35 m dal fondo scavo

L_s [m]	a_{max}/g	L_E [m]	$L_{progetto}$ [m]	$L_{progetto} > L_E$
4,78	0,123	5,66	12	VERIFICATO

VERIFICA 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	$P_{p,med}$ [kg]	$P_{L,med}$ [kg]	$P_{p,min}$ [kg]	$P_{L,min}$ [kg]	P_d [kg]	N [kg]	FS
1	SLU - STR	1491309	0	1491309	0	877240	76623	11.449
2	SLU - STR	1014148	0	1014148	0	596558	76623	7.786
3	SLU - STR	1014148	0	1014148	0	596558	83464	7.147
4	SLU - STR	796612	0	796612	0	468595	84597	5.539
5	SLV - STR	796612	0	796612	0	468595	84568	5.541
1	SLU - GEO	1491309	0	1491309	0	516024	76623	6.735
2	SLU - GEO	1014148	0	1014148	0	350916	76623	4.580
3	SLU - GEO	1014148	0	1014148	0	350916	83464	4.204
4	SLU - GEO	796612	0	796612	0	275644	84948	3.245
5	SLV - GEO	796612	0	796612	0	347107	85276	4.070

**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	02	00	001	C	214

Verifica Stabilità globale (METODO DI FELLENIUS)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
(Xc; Yc)	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(Xv; Yv)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(Xm; Ym)	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	Xc, Yc [m]	R [m]	Xv, Yv [m]	Xm, Ym [m]	FS	R
1	SLU - GEO	-2,71; 0,00	18,63	-21,09; -3,04	15,67; -3,10	14.295	1.100
2	SLU - GEO	-2,71; 0,00	18,63	-18,08; -10,54	15,67; -3,10	2.857	1.100
3	SLU - GEO	-2,71; 0,00	18,63	-18,08; -10,54	15,67; -3,10	2.984	1.100
4	SLU - GEO	-5,42; 0,00	19,21	-18,48; -14,09	13,55; -3,10	2.103	1.100
5	SLV - GEO	-5,42; 0,00	19,21	-18,48; -14,09	13,55; -3,10	2.014	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] ($L=b/\cos\alpha$)
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° 1 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

n°	W [kg]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	2034,15	-75,98	3,00	17,91	12,0	0,0	0; 0
2	5484,04	-68,33	1,97	17,91	12,0	0,0	0; 0
3	7846,69	-62,85	1,59	17,91	12,0	0,0	0; 0
4	9709,64	-58,27	1,38	23,58	6,0	0,0	0; 0
5	11222,58	-54,23	1,24	29,26	0,0	0,0	0; 0
6	12530,91	-50,56	1,14	29,26	0,0	0,0	0; 0
7	13683,46	-47,15	1,07	29,26	0,0	0,0	0; 0
8	14709,66	-43,95	1,01	29,26	0,0	0,0	0; 0
9	15629,71	-40,92	0,96	29,26	0,0	0,0	0; 0
10	16458,17	-38,02	0,92	29,26	0,0	0,0	0; 0
11	17205,94	-35,23	0,89	29,26	0,0	0,0	0; 0
12	17881,39	-32,54	0,86	29,26	0,0	0,0	0; 0
13	18491,12	-29,92	0,84	29,26	0,0	0,0	0; 0
14	19040,41	-27,37	0,82	29,26	0,0	0,0	0; 0
15	19533,53	-24,88	0,80	29,26	0,0	0,0	0; 0
16	19974,00	-22,43	0,79	29,26	0,0	0,0	0; 0
17	20364,69	-20,03	0,77	29,26	0,0	0,0	0; 0
18	20708,00	-17,67	0,76	29,26	0,0	0,0	0; 0
19	21005,88	-15,34	0,75	29,26	0,0	0,0	0; 0
20	21259,96	-13,03	0,75	29,26	0,0	0,0	0; 0
21	21471,56	-10,74	0,74	29,26	0,0	0,0	0; 0
22	21641,75	-8,47	0,74	29,26	0,0	0,0	0; 0
23	21771,35	-6,22	0,73	29,26	0,0	0,0	0; 0
24	21860,98	-3,97	0,73	29,26	0,0	0,0	0; 0
25	21911,06	-1,73	0,73	29,26	0,0	0,0	0; 0
26	21921,81	0,51	0,73	29,26	0,0	0,0	0; 0
27	21893,29	2,74	0,73	29,26	0,0	0,0	0; 0
28	21825,36	4,99	0,73	29,26	0,0	0,0	0; 0
29	21717,72	7,24	0,73	29,26	0,0	0,0	0; 0
30	21313,73	9,47	0,72	29,26	0,0	0,0	0; 0
31	21514,92	11,70	0,73	29,26	0,0	0,0	0; 0
32	21676,84	13,95	0,73	29,26	0,0	0,0	0; 0
33	21798,38	16,22	0,74	29,26	0,0	0,0	0; 0
34	21878,23	18,52	0,75	29,26	0,0	0,0	0; 0
35	21886,55	20,84	0,76	29,26	0,0	0,0	0; 0

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	02	00	001	C	215

n°	W [kg]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kg]
36	23353,15	23,21	0,78	29,26	0,0	0,0	0; 0
37	22982,87	25,61	0,79	29,26	0,0	0,0	0; 0
38	22494,70	28,07	0,81	29,26	0,0	0,0	0; 0
39	21952,73	30,58	0,83	29,26	0,0	0,0	0; 0
40	21352,81	33,16	0,85	29,26	0,0	0,0	0; 0
41	20689,81	35,82	0,88	29,26	0,0	0,0	0; 0
42	19957,34	38,58	0,91	29,26	0,0	0,0	0; 0
43	19147,29	41,44	0,95	29,26	0,0	0,0	0; 0
44	18249,10	44,43	1,00	29,26	0,0	0,0	0; 0
45	17248,70	47,59	1,06	29,26	0,0	0,0	0; 0
46	16126,58	50,96	1,13	29,26	0,0	0,0	0; 0
47	14854,29	54,59	1,23	29,26	0,0	0,0	0; 0
48	13383,02	58,58	1,37	23,58	6,0	0,0	0; 0
49	10929,69	63,10	1,57	17,91	12,0	0,0	0; 0
50	7430,06	68,51	1,94	17,91	12,0	0,0	0; 0
51	4139,02	75,78	2,90	17,91	12,0	0,0	0; 0

Resistenza a taglio paratia = 146467,57 [kg]

$\Sigma W_i = 905148,63$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 41429,63$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 428181,81$ [kg]

$\Sigma c b_i / \cos \alpha_i = 17570,23$ [kg]

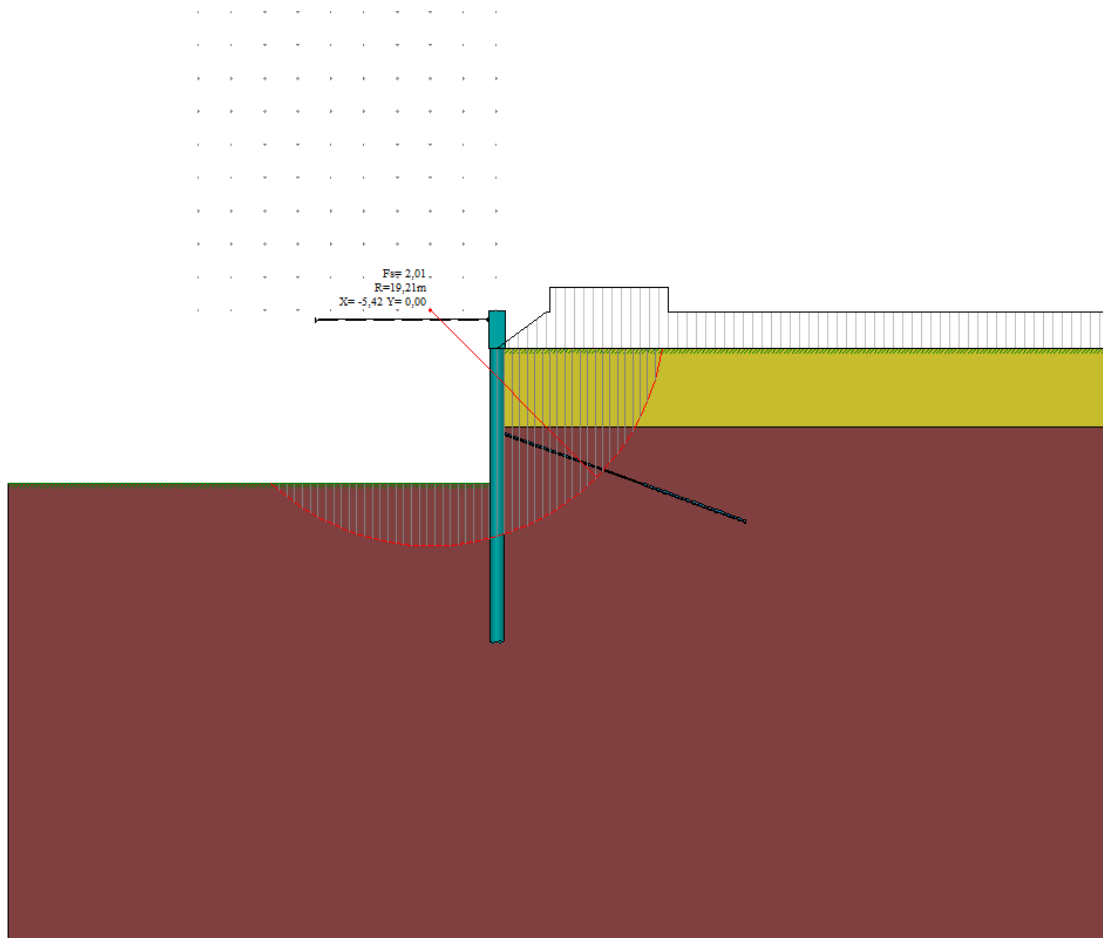


Figura 12.129 – Verifica di stabilità globale FS minimo

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	02	00	001	C	216

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 [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	149072,11 18,75	2053150,6 5 19,28	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1244429,47	16060453,10	12.906	13.773
2	ESE	149072,11 18,75	971841,19 21,65	0,00 0,00	0,00 0,00	4292,96 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1244429,47	5409859,47	4.347	6.548
3	ESE	149072,11 18,75	971841,19 21,65	0,00 0,00	13188,67 10,05	4208,01 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1244429,47	5632487,90	4.526	6.636
4	ESE	149072,11 18,75	601589,42 22,83	0,00 0,00	14177,08 10,05	5694,54 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1244429,47	2958627,78	2.377	4.169
5	ESE	150897,31 18,64	601589,42 22,83	0,00 0,00	14330,41 10,05	6597,45 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1277237,24	2985033,83	2.337	4.125
6	SLU - STR	198075,10 18,56	2660455,7 6 19,32	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1691218,27	20699089,68	12.239	13.432
7	SLU - STR	198075,10 18,56	1263393,5 4 21,65	0,00 0,00	0,00 0,00	6772,21 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1691218,27	7064209,78	4.177	6.413
8	SLU - STR	198075,10 18,56	1263393,5 4 21,65	0,00 0,00	13188,67 10,05	6687,37 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1691218,27	7286841,12	4.309	6.479
9	SLU - STR	198075,10 18,56	782066,25 22,83	0,00 0,00	14974,48 10,05	10187,79 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1691218,27	3860677,90	2.283	4.075
10	SLV - STR	154165,97 18,43	601589,42 22,83	0,00 0,00	14929,68 10,05	10347,36 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1335991,06	3094061,58	2.316	4.066
11	SLU - GEO	195169,65 18,51	1624961,5 7 19,24	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1675666,46	12768410,32	7.620	8.326
12	SLU - GEO	195169,65 18,51	766823,84 21,65	0,00 0,00	0,00 0,00	7945,90 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1675666,46	4388726,75	2.619	3.970
13	SLU - GEO	195169,65 18,51	766823,84 21,65	0,00 0,00	13188,67 10,05	7852,45 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1675666,46	4611131,07	2.752	4.037
14	SLU - GEO	195169,65 18,51	474679,52 22,83	0,00 0,00	15544,33 10,05	11597,08 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1675666,46	2595973,28	1.549	2.571
15	SLV - GEO	198905,70 18,29	474679,52 22,83	0,00 0,00	16066,26 10,05	14228,36 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1753152,98	2674206,35	1.525	2.539

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	02	00	001	C	217

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 22 ϕ 24. L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale ϕ 10/20.

Il cordolo in c.a. risulta armato con 18 ϕ 16+10 ϕ 16 e staffe ϕ 10/20 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: $0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{ck}$

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

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:

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \quad \text{per } 0 \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{sy}$$

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

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

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	218

Valori del dominio M-N del palo

N°	Nu [kg]	Mu [kgm]
1	-288814,80	0,00
2	0,00	136324,68
3	212080,98	209515,78
4	318121,48	235923,45
5	424161,97	257028,90
6	530202,46	271620,41
7	636242,95	280385,76
8	742283,45	282608,88
9	848323,94	278607,55
10	954364,43	268301,21
11	1060404,92	254993,25
12	1166445,41	237911,59
13	1272485,91	216416,99
14	1378526,40	190606,66
15	1484566,89	160211,88
16	1590607,38	0,00
17	1590607,38	0,00
18	1484566,89	-160211,88
19	1378526,40	-190606,66
20	1272485,91	-216416,99
21	1166445,41	-237911,59
22	1060404,92	-254993,25
23	954364,43	-268301,21
24	848323,94	-278607,55
25	742283,45	-282608,88
26	636242,95	-280385,76
27	530202,46	-271620,41
28	424161,97	-257028,90
29	318121,48	-235923,45
30	212080,98	-209515,78
31	0,00	-136324,68
32	-288814,80	0,00

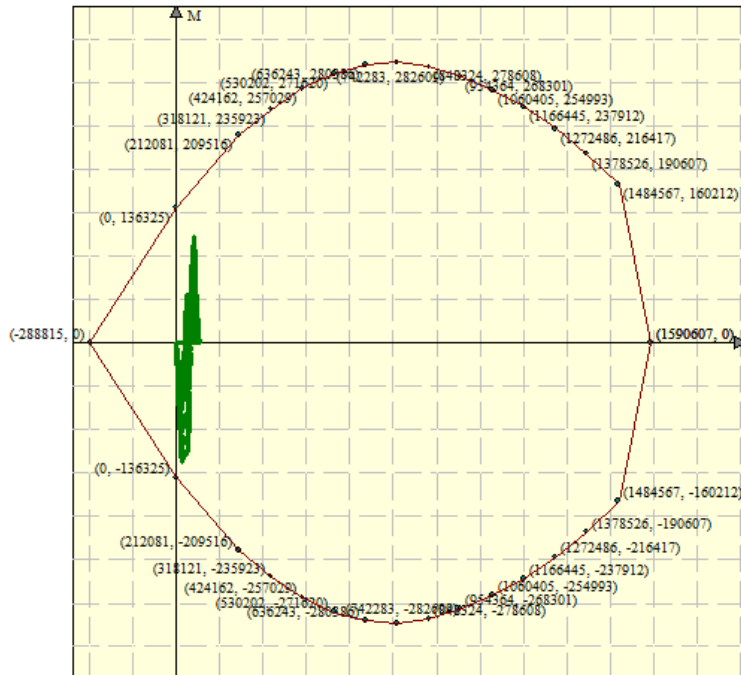


Figura 12.130 – Dominio M-N, sezione palo, armatura in c.a.

**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	02	00	001	C	219

Tabella 18 – Sollecitazioni massime del singolo palo

COMBINAZIONE		PROFONDITA'[m]	M _{palo} [kNm]	N _{palo} [kN]	PROFONDITA'[m]	T _{palo} [kN]
SLU-STR (A1+M1)	FASE 9	8,25	886,35	228,76	15,00	388,47
SLU-GEO (A2+M2)	FASE 14	8,45	1025,03	234,30	15,65	391,89
SLV-STR (A1+M1+SISMA)	FASE 10	8,30	833,74	230,14	15,05	355,53
SLV-GEO (A2+M2+SISMA)	FASE 15	8,40	1168,58	232,92	15,75	428,17

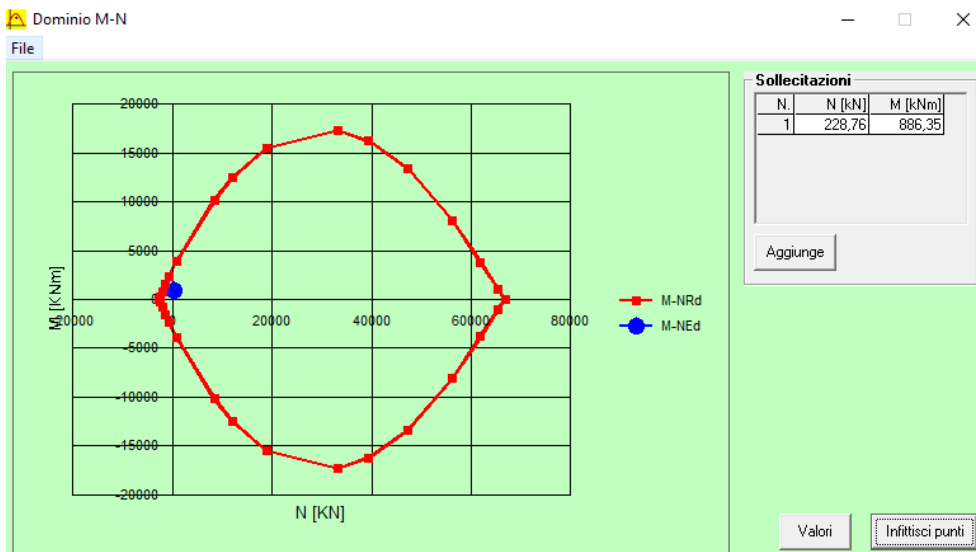


Figura 12.131 – SLU-STR (A1+M1)

M_{ru}=3344 KNm
M_{ed}=886,35 kNm
FS=3,77

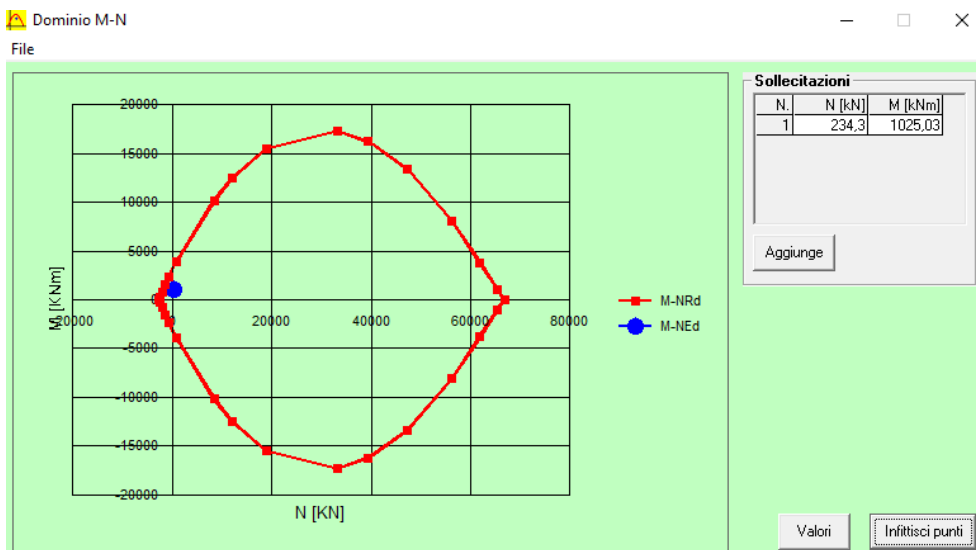


Figura 12.132 – SLU-GEO (A2+M2)

M_{ru}=3349 KNm
M_{ed}=1025,03 KNm
FS=3,27

**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	02	00	001	C	220

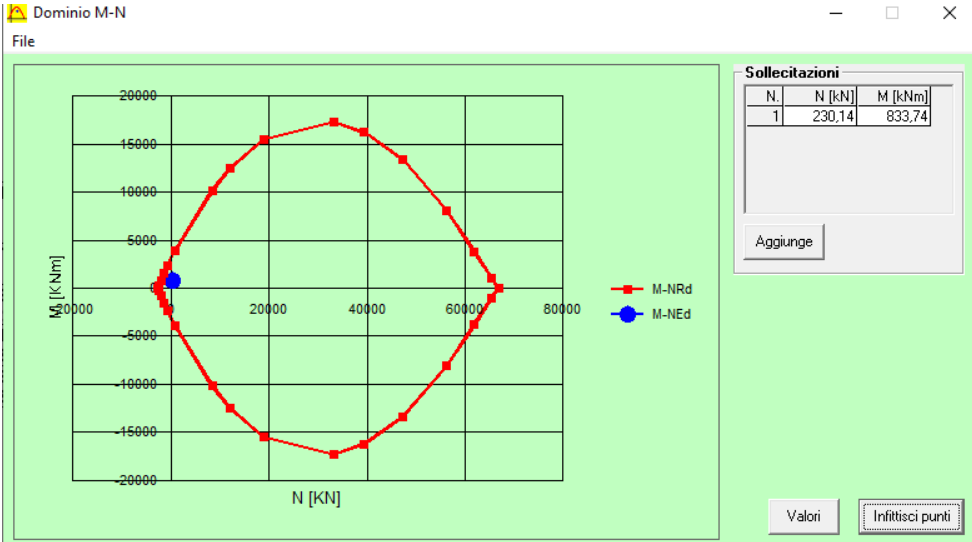


Figura 12.133 – SLV-STR (A1+M1+SISMA)

Mru=3345 KNm
Med= 833,74KNm
FS=4,01

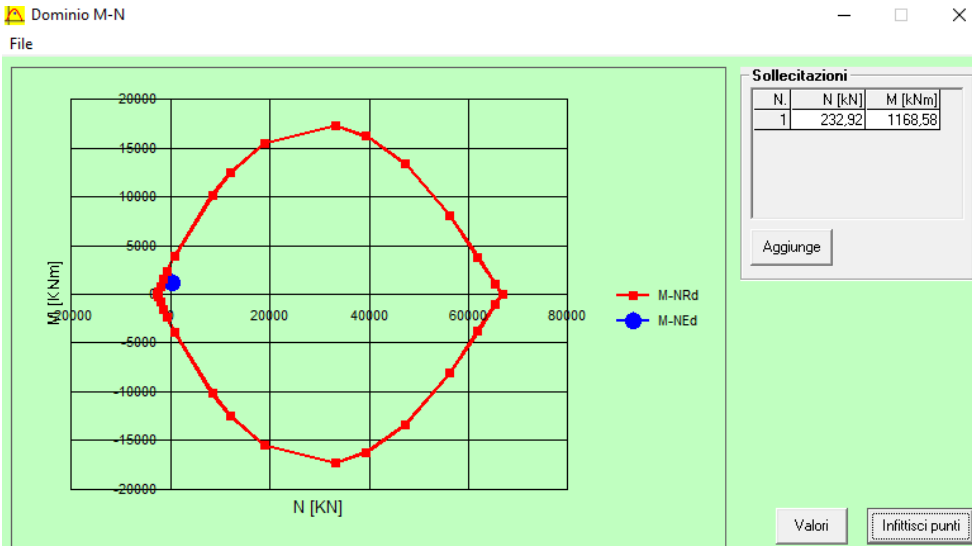


Figura 12.134 – SLV-GEO (A2+M2+SISMA)

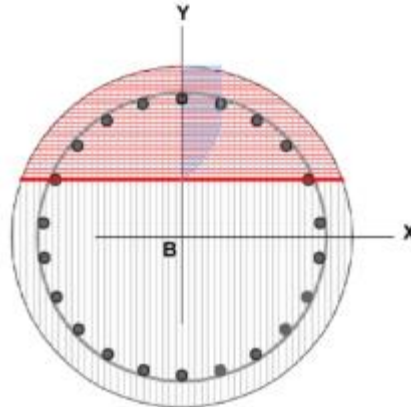
Mru=3348 KNm
Med= 1168,58KNm
FS=2,86

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	02	00	001	C	221

Verifica a Taglio del singolo palo sezione circolare

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

$T_{max} = 428,17 \text{ KN}$



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]	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	710,85	2454,17
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]				710,85
Taglio di Progetto V_d [kN]				428,17
FS				1,66

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	02	00	001	C	222

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_r tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

Af	σ_c	cmb	σ_r	cmb
[cmq]	[kPa]		[kPa]	
72,38	6026	5	197068	5

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_r 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 _r	S	ϵ_{sm}	W _{lim}	W _k
		[m]	[kgm]	[kgm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	5 - ESE	8,15	-57120	-63609	0,000	0.0000	0,200	0,000

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro		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	02	00	001	C	223

12.4.3.2 VERIFICHE STRUTTURALI 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.

$Q_0 = N_0 \times n^{\circ} \text{Tiranti} / \text{Lunghezza paratia}$, dove gli appoggi sono le posizioni 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
51578 Kg	20°	2	78.4 m	28	57
	N TOTALE	N SINGOLO CORDOLO			
VERTICALE	17693,67 Kg	8846,836 Kg	Q _v = 3159,584 Kg/m		
ORIZZONTALE	48639,74 Kg	24319,87 Kg	Q ₀ = 8685,668 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	02	00	001	C	224

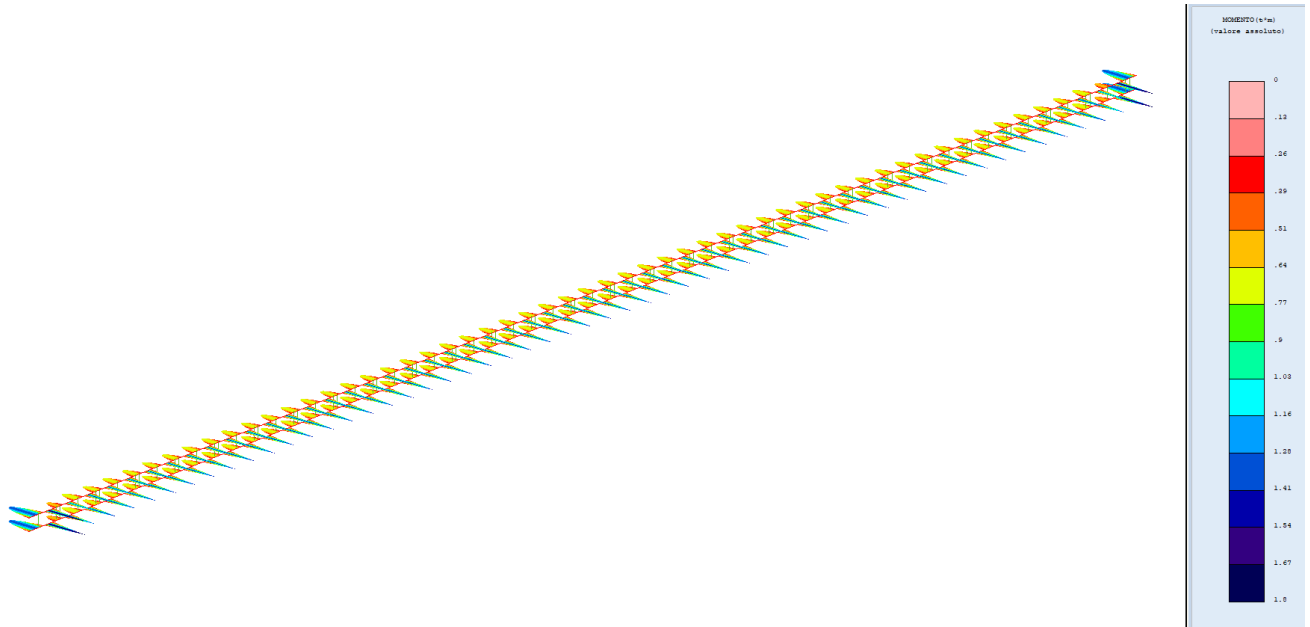


Figura 12.135 – Diagramma momento flettente sul piano orizzontale

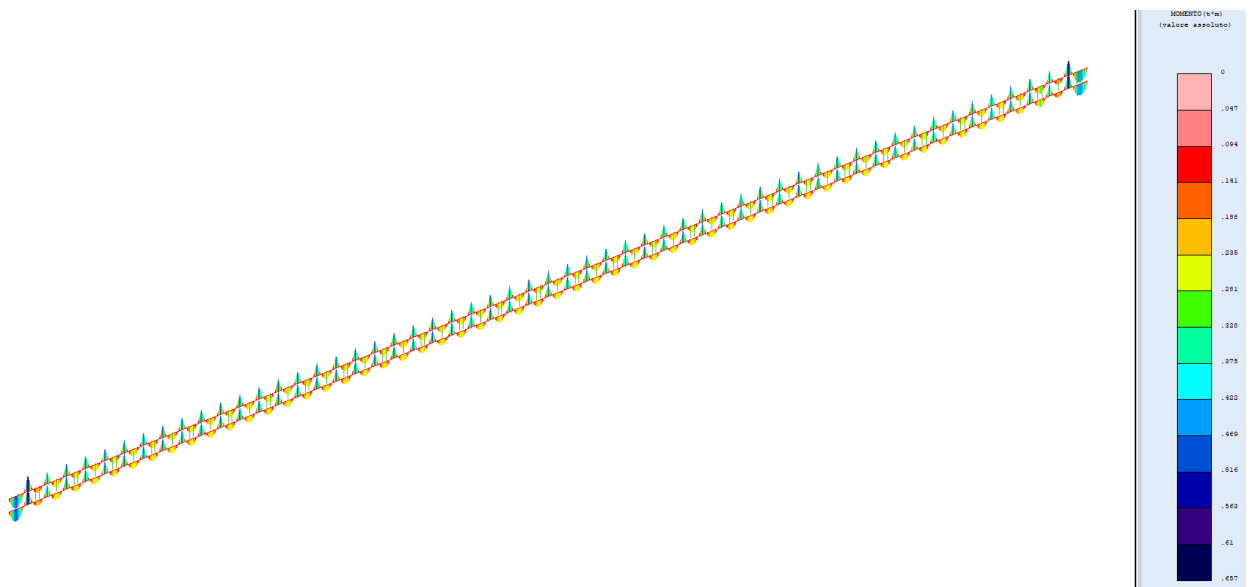


Figura 12.136 – Diagramma momento flettente sul piano verticale

**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	02	00	001	C	225

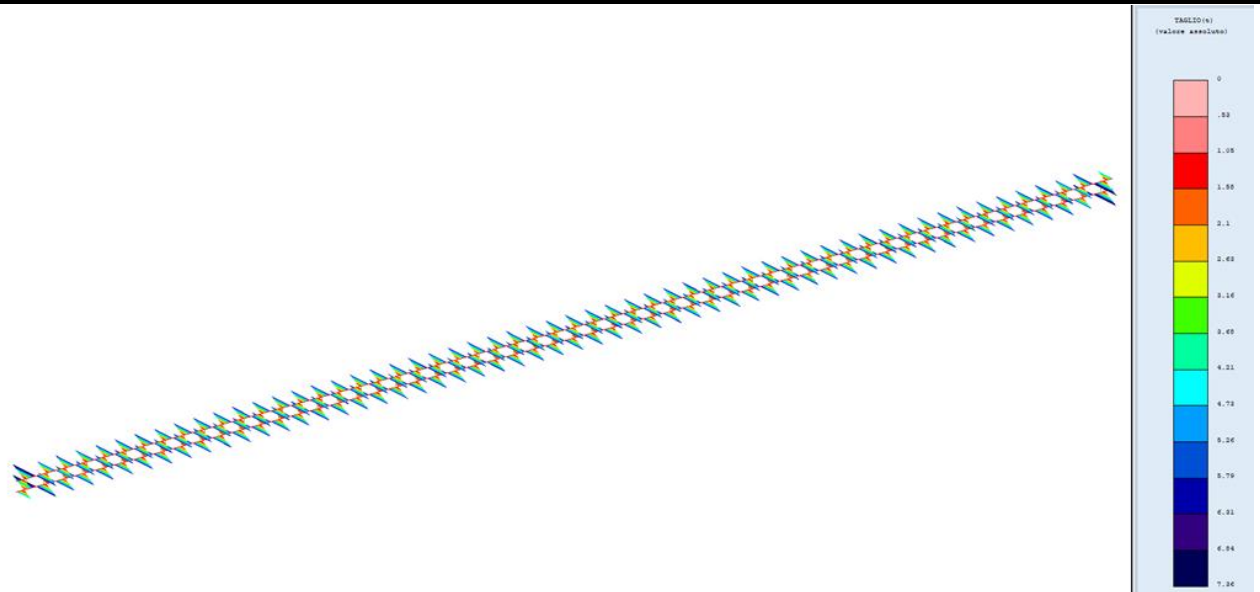


Figura 12.137 – Diagramma del taglio sul piano orizzontale

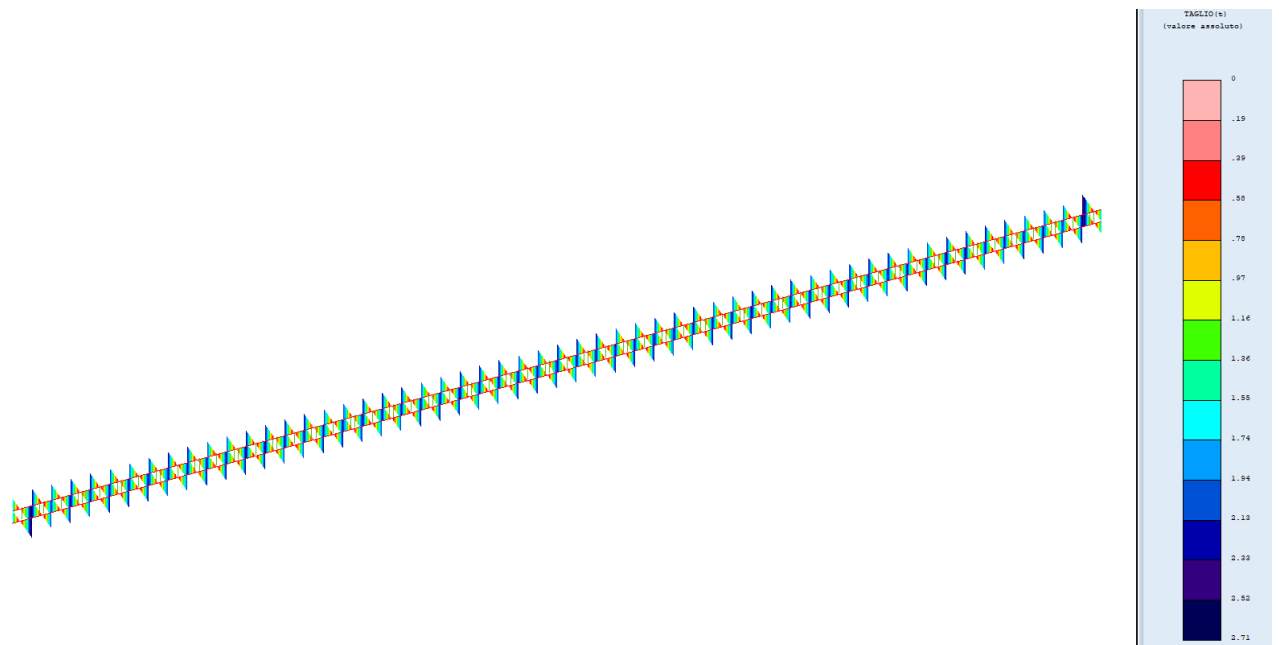


Figura 12.138 – Diagramma del taglio sul piano verticale

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	02	00	001	C	226

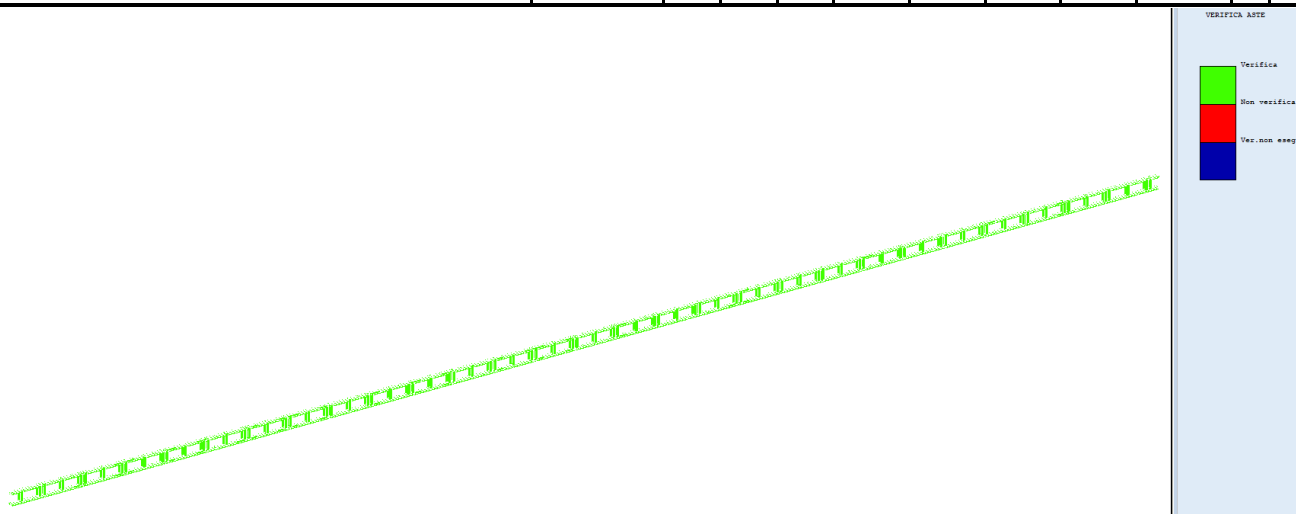


Figura 12.139 – Verifica generale

STAMPA PROGETTO S.L.U. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.																			
VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D																			
DAI DI	Fila	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/cmq	daN	dNcm	dN/cmq	%	
Sez.N.	1080	82	1,66	1	-906	1799	-669	-2766	-7364	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	49	
IPN	240	qn=	8685	1	-906	102	-30	-1887	-4976	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	2	
Asta:	317	144	1,66	1	-906	-938	368	-1008	-2588	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	27	
Instab.:	l=	55,0	λ*l=	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 12.140 – Verifica asta 1° fila

Si precisa che lo schema statico e il grado di vincolo oltre alla verifica di resistenza sono opportunamente descritti sui tabulati di calcolo in allegato.

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	02	00	001	C	227

12.4.3.3 VERIFICA DEL CORDOLO

Il cordolo della sezione 4 è un elemento in c.a. di forma rettangolare (140x310 cm) armato in direzione longitudinale con 47 ϕ 16 e in direzione trasversale con staffe ϕ 10/20 a due bracci verticalmente e otto bracci orizzontalmente.

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.

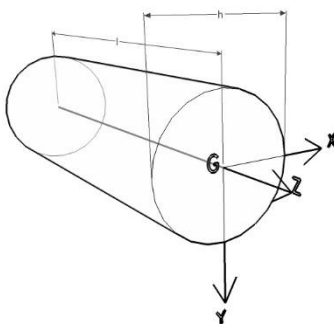


Figura 12.141 – Sistema di riferimento solido trave

Nel primo schema di carico (SCHEMA A), ragionando 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 (SCHEMA B), considerando il 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, e da forze concentrate (F_h) che costituiscono la massima reazione dei puntoni. 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 ($V_{h,Ed}$).

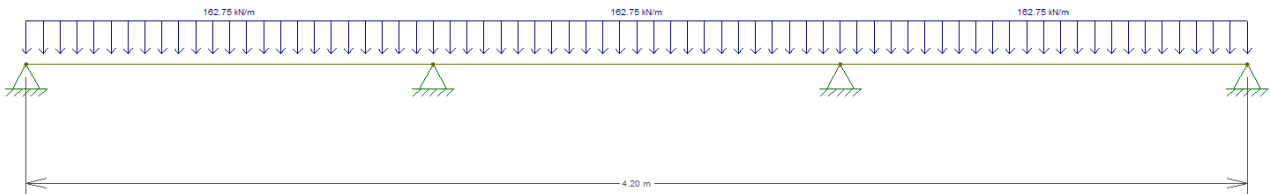
Si riportano a seguire i grafici e i dati relativi alle verifiche.

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

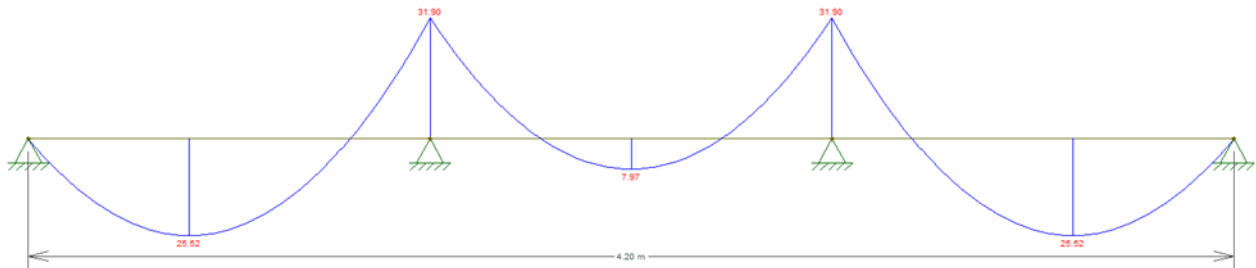
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	228

SCHEMA A

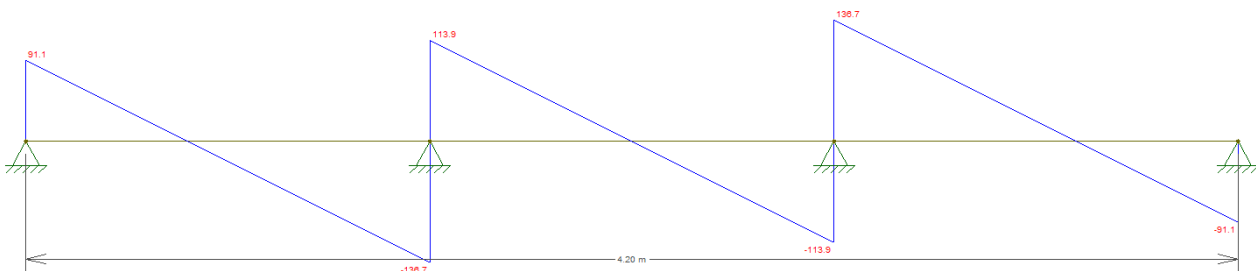
$q_v = 162.75 \text{ kN/m}$



Momento flettente



Taglio



Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di carico A (piano verticale)

$M_{x,Ed} = 31.9 \text{ kNm}$

$V_{v,Ed} = 136.7 \text{ kN}$

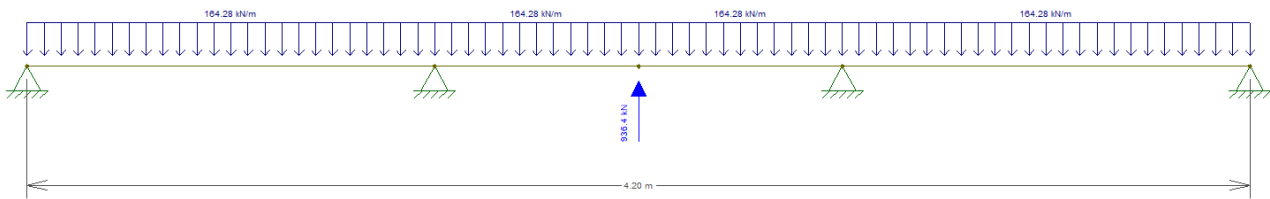
**Relazione geotecnica e di
calcolo delle opere di imbocco**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	229

SCHEMA B

$q_h = 164.28 \text{ kN/m}$

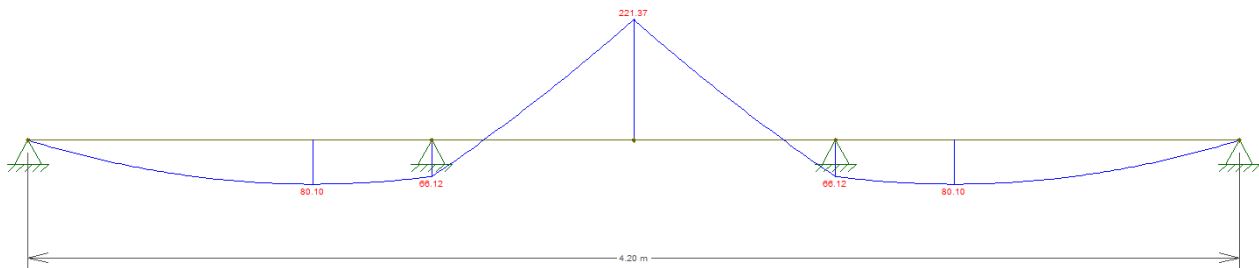
$F_h = 936.4 \text{ kN}$



Momento flettente



Taglio



Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di carico B (piano orizzontale)

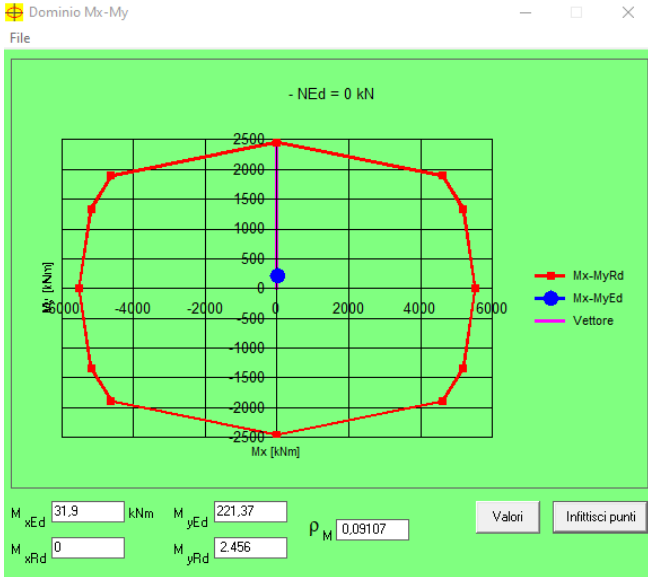
$M_{y,Ed} = 221.37 \text{ kNm}$

$V_{h,Ed} = 80.10 \text{ kN}$

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	02	00	001	C	230

Verifica a pressoflessione deviata



Verifica a taglio nel piano verticale

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	140.00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	310.00	diametro ferri lon.[mm]	16	
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]	157	numero braccia	2	
Verifica a Taglio				
cotθ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	cotgθ	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
5.5917	2.5000	1.00	2096.60	9331.24
Taglio Resistente di Progetto $V_{v,Rd}$ [kN]				2096.60
Taglio di Progetto $V_{v,Ed}$ [kN]				136.70
FS				15.34

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	MANDANTI HYpro	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 LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA GI 02 00			PROGR 001

Verifica a taglio nel piano orizzontale

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	310.00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	140.00	diametro ferri lon.[mm]	16	
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]	628	numero braccia	8	
Verifica a Taglio				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	$\cot\theta$	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
4.1064	2.5000	1.00	3684.27	9077.12
Taglio Resistente di Progetto $V_{h,Rd}$ [kN]				3684.27
Taglio di Progetto $V_{h,Ed}$ [kN]				468.20
FS				7.87

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	02	00	001	C	232

12.5 MODELLO SEZ 5 6+832

Il modello SEZ 5 6+832 rappresenta la sezione laterale del tratto della galleria artificiale che dovrà essere realizzata. La paratia ha pali di lunghezza 24 m con cordolo in c.a.a di altezza 1,60 m.

Di seguito si riporta la tabella dei tiranti.

Caratteristiche Geometriche Tiranti							Caratteristiche trefoli e pretensione tiranti				
Ordine	Quota di infissione (m)	l (m)	α°	L_p (m)	L_a (m)	L_{tot} (m)	D_p (m)	A_{tref} (mm ²)	f _p (1)k snervamento / limite elastico	n_{tref}	N_0 (KN)
1 (sx e dx paratia)	6,90 + 1,60	2.8	20	12	9	21	0.16	139	1670	4	400

L_p = Lunghezza passiva (tratto non iniettato)

L_a = Lunghezza attiva (bulbo iniettato)

l = interasse tiranti

α° = inclinazione tirante rispetto all'orizzontale

D_p = diametro perforazione

n_{tref} = n° trefoli per tirante

A_{tref} = area singolo trefolo

N_0 = Pretensione tirante alla messa in opera

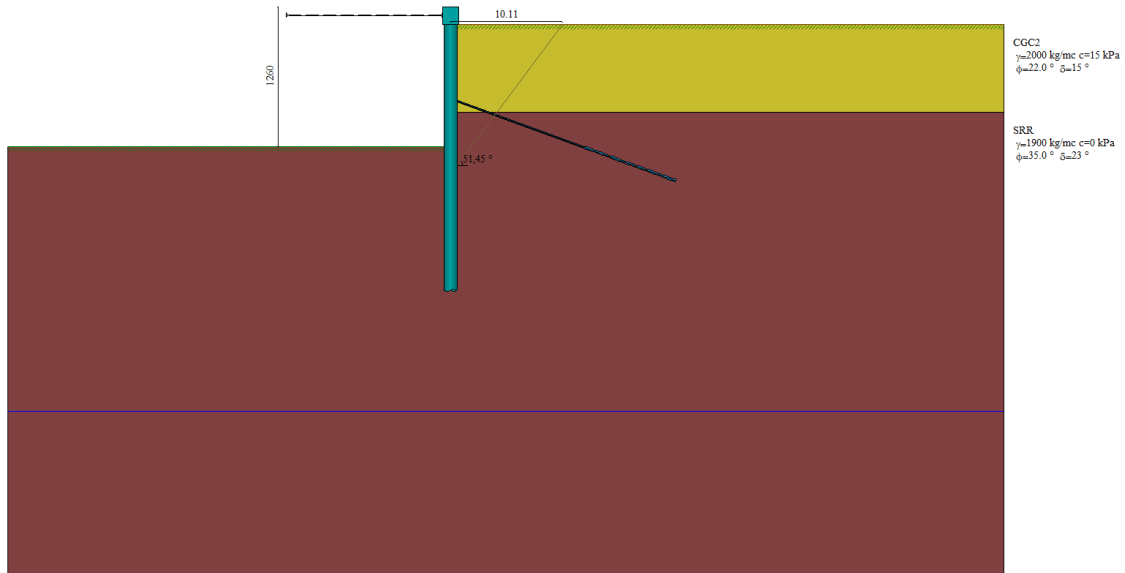


Figura 12.142 – Modello di calcolo

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	02	00	001	C	233

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

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	γ_{sat}	ϕ	δ	c	c_a	Cesp	τ_i	
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]		[kPa]	
1	CGC2	2000,0	2000,0	22.00	14.70	15,0	0,0	1.50	180,0	CAR
				22.00	14.70	15,0	0,0		180,0	MIN
				22.00	14.70	15,0	0,0		180,0	MED
2	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	α_M	α_V	Kw_M	Kw_V	Terreno M	Terreno V
	[m]	[°]	[°]	[kg/cm ² /cm]	[kg/cm ² /cm]		
1	9,50	0.00	0.00	1.54	1.54	CGC2	CGC2
2	42,00	0.00	0.00	13.43	13.43	SRR	SRR

 	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
	LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	234

Livello falda dal piano campagna 35 m

Tabella 19 – Parametri per analisi sismica

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo $a_g(m/s^2)$	1,203	0,465
Accelerazione al suolo $a_g(\% \text{ di } g)$	0,123	0,047
Fattore amplificatore F_0	2,570	2,419
T_c^*	0,354	0,301
S_s (Terreno tipo C)	1,500	1,500
Coefficiente riduzione β_s	0,380	0,470
Coeff. Amplifi. Topografica S (T1)		1,00
Coefficiente riduzione α		0,615
$U_s(m)$		0,128
Coefficiente riduzione β		0,356
Coefficiente intensità sismica orizzontale $K_h[\%]$	4,024	1,557
Coefficiente intensità sismica orizzontale stabilità globale $K_h[\%]$	4,024	1,557
Coefficiente intensità sismica verticale $K_v=50\% K_h$	2,012	0,779

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

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	02	00	001	C	235

12.5.1 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

n°	Fase	Tempo
1	Scavo fino alla profondità di 1.60 metri	0
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=1.60]	0
3	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=1.60]	0
4	Inserimento puntone 1 [Hscavo=1.60]	0
5	Scavo fino alla profondità di 9.00 metri	1
6	Inserimento tirante 1 (X=8.50) [Hscavo=9.00]	2
7	Tesatura tirante 1 N=40000 [Hscavo=9.00]	2
8	Scavo fino alla profondità di 12.60 metri	3
9	Inserimento sisma	4

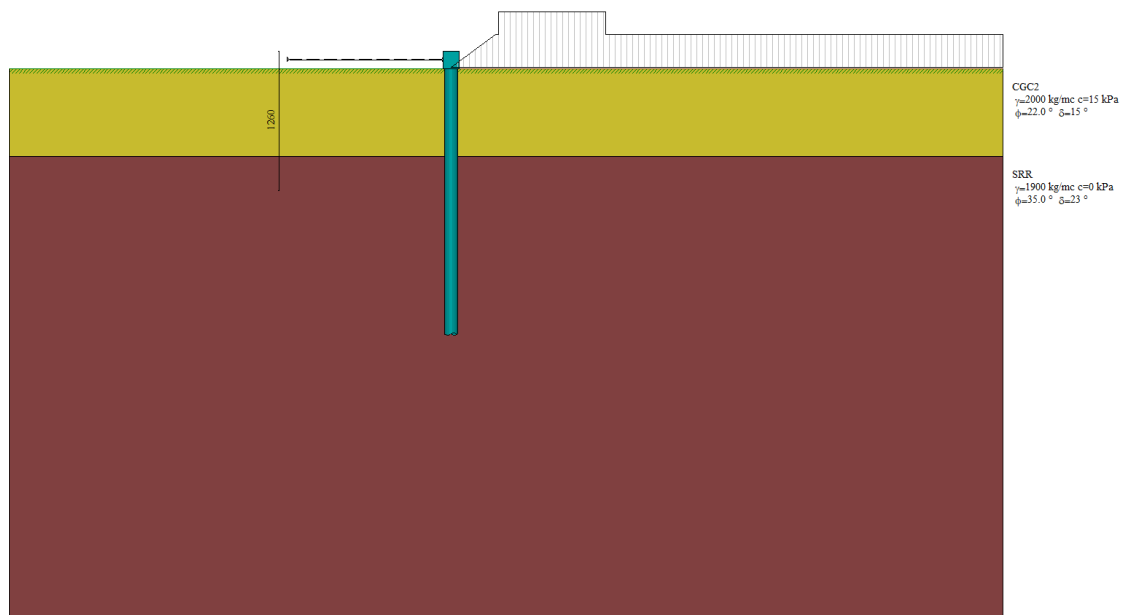


Figura 12.143 – Tempo 0 (Fasi n. 1, 2, 3, 4)

**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	02	00	001	C	236

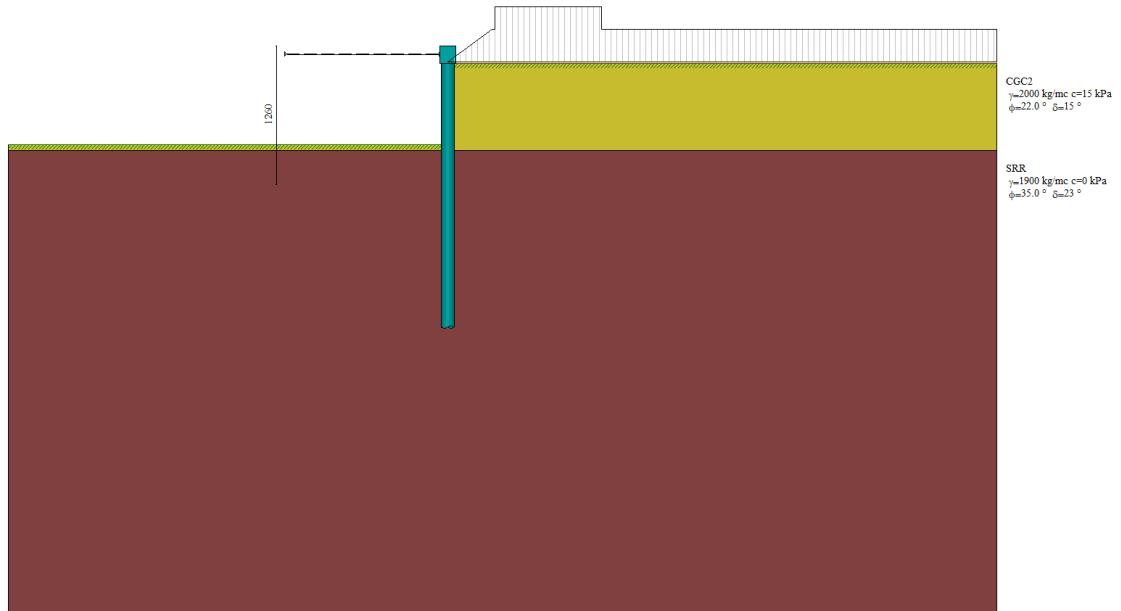


Figura 12.144 – Tempo 1 (Fase n. 5)

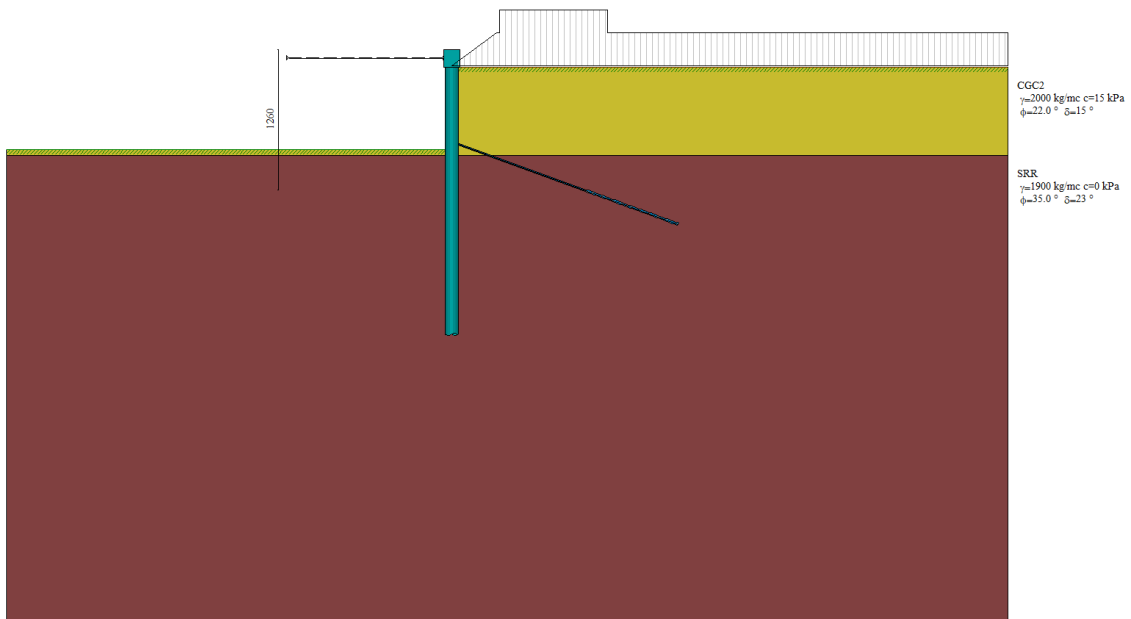


Figura 12.145 – Tempo 2 (Fasi n. 6, 7)

**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	02	00	001	C	237

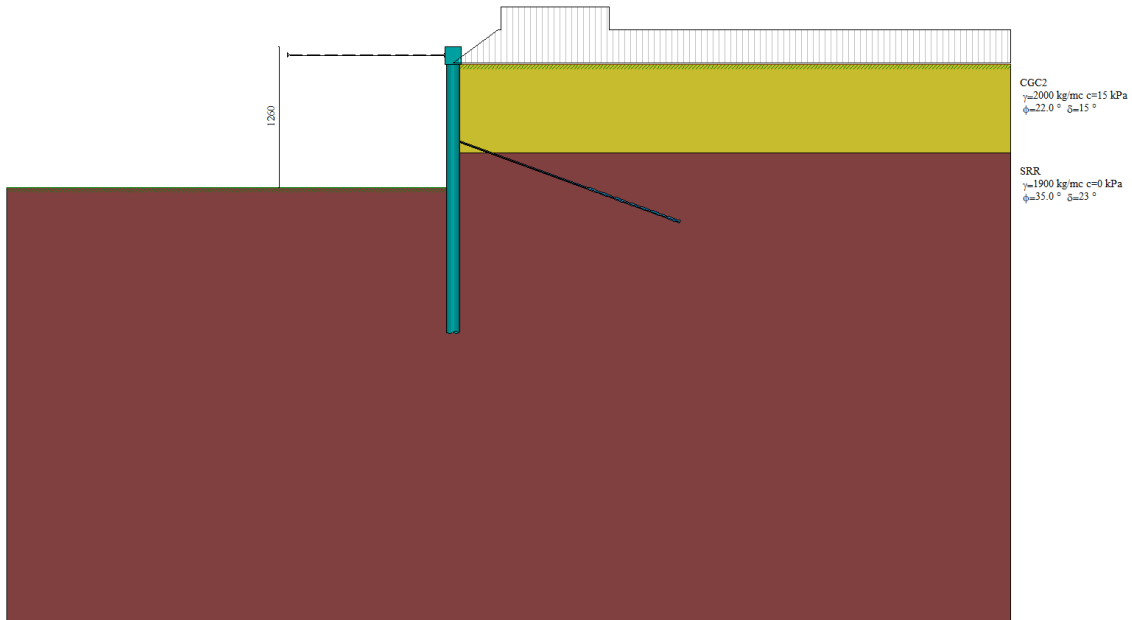


Figura 12.146 – Tempo 3 (Fase n. 8)

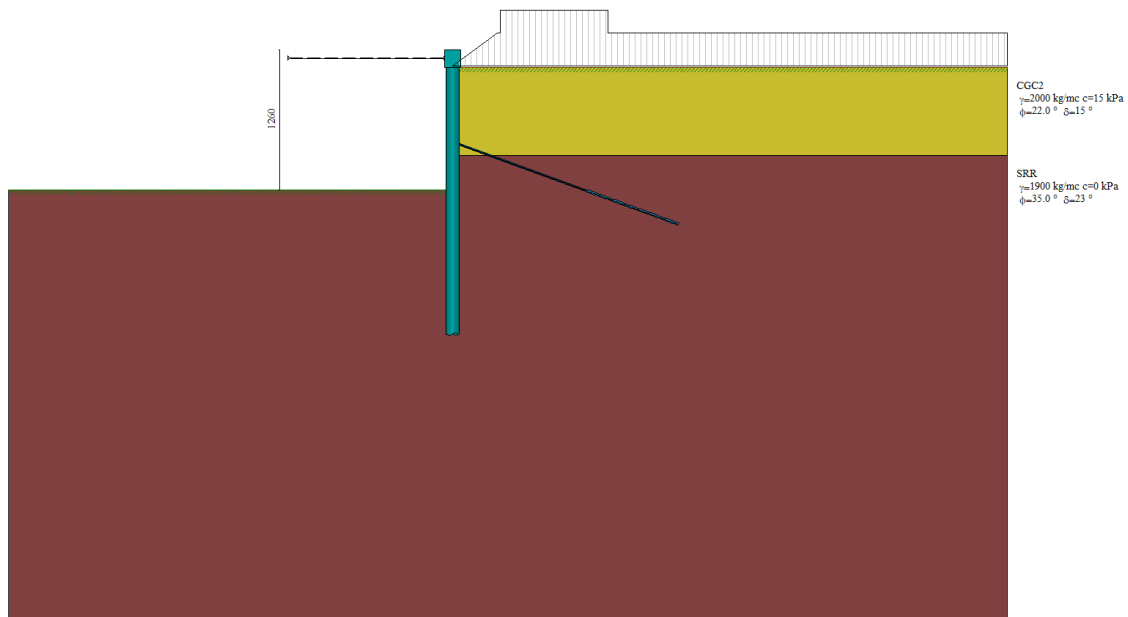


Figura 12.147 – Tempo 4 (Fase n. 9)

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	02	00	001	C	238

12.5.2 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 senza e con sisma, combinazioni A2+M2 senza e con sisma e Inviluppo.

Momento Flettente [Kg m]

Taglio [Kg]

Sforzo Normale [Kg]

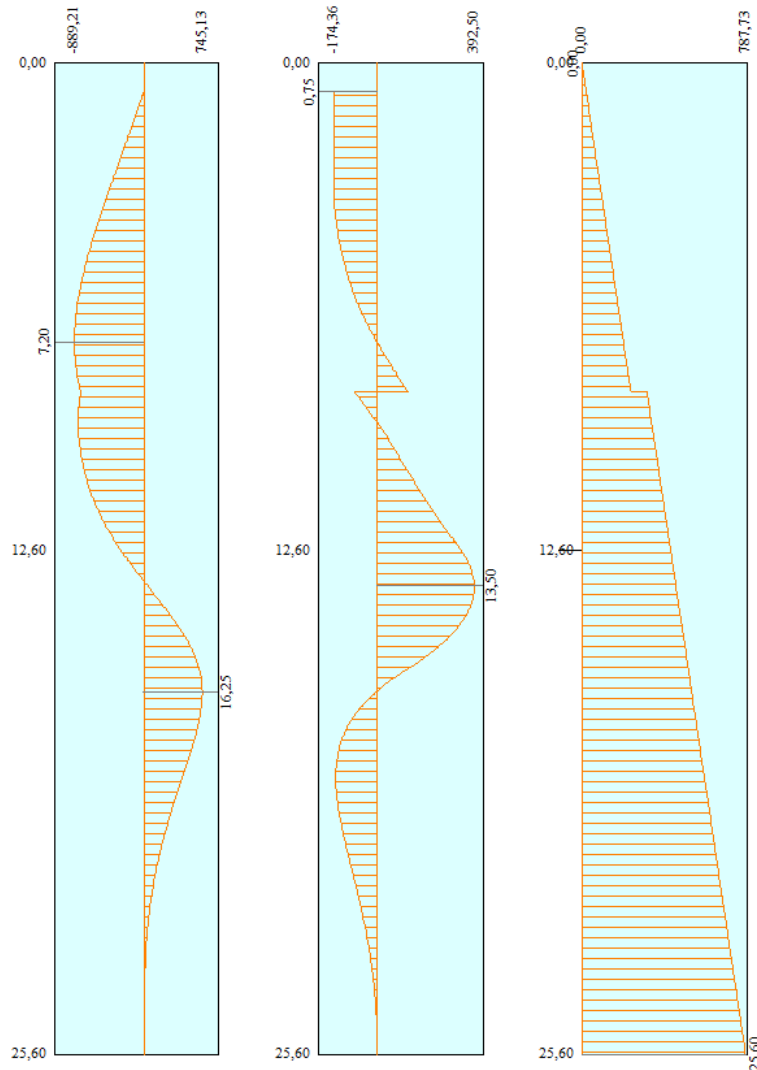


Figura 12.148 – Diagramma in combinazione SLU-STR (A1+M1), FASE 9

**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	02	00	001	C	239

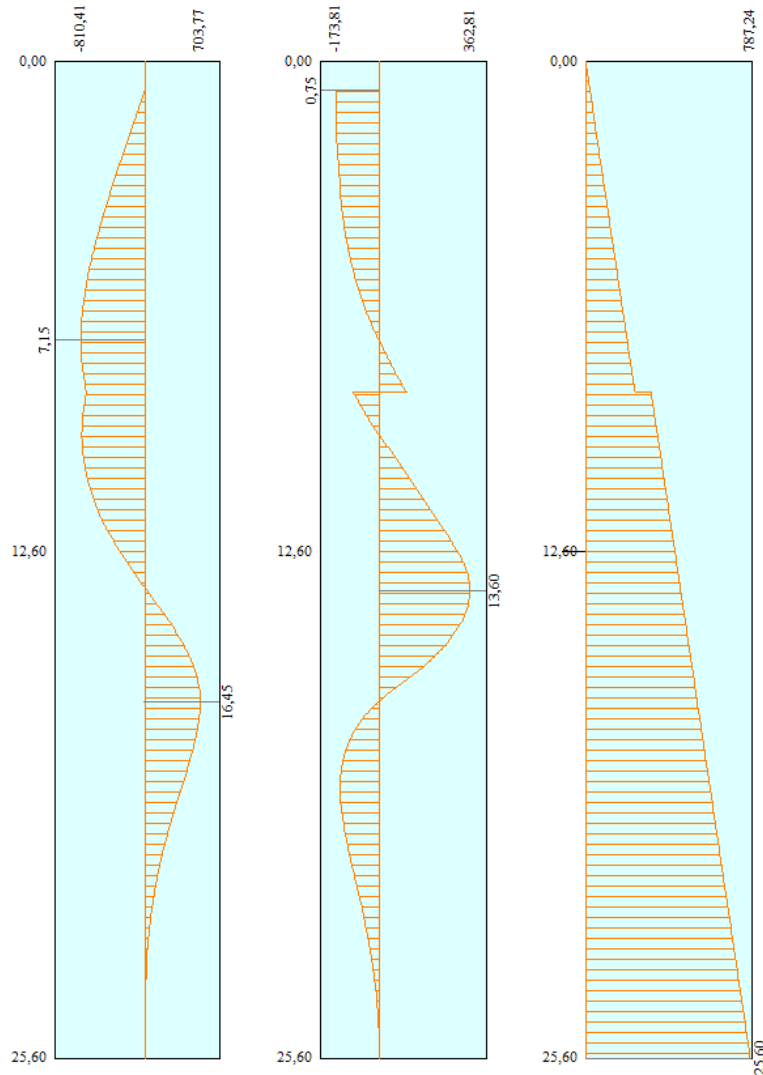


Figura 12.149 – Diagramma in combinazione SLV-STR (A1+M1+SISMA), FASE 10

**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	02	00	001	C	240

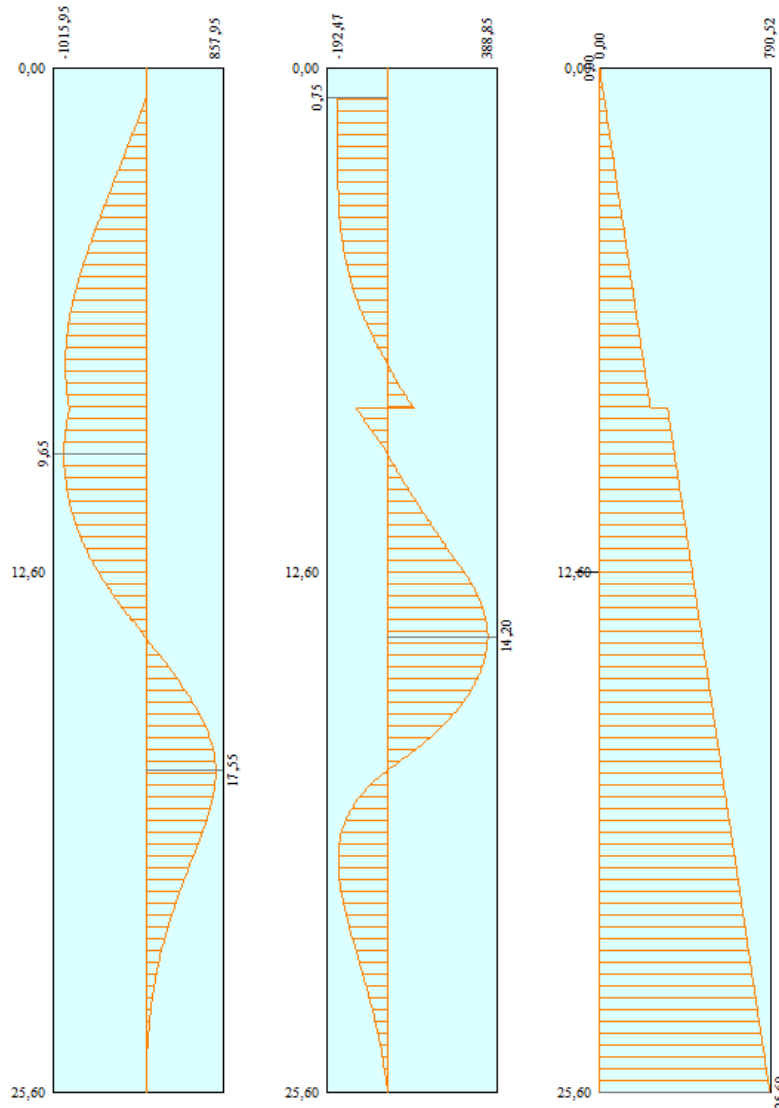


Figura 12.150 – Diagramma in combinazione SLU-GEO (A2+M2), FASE 14

**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	02	00	001	C	241

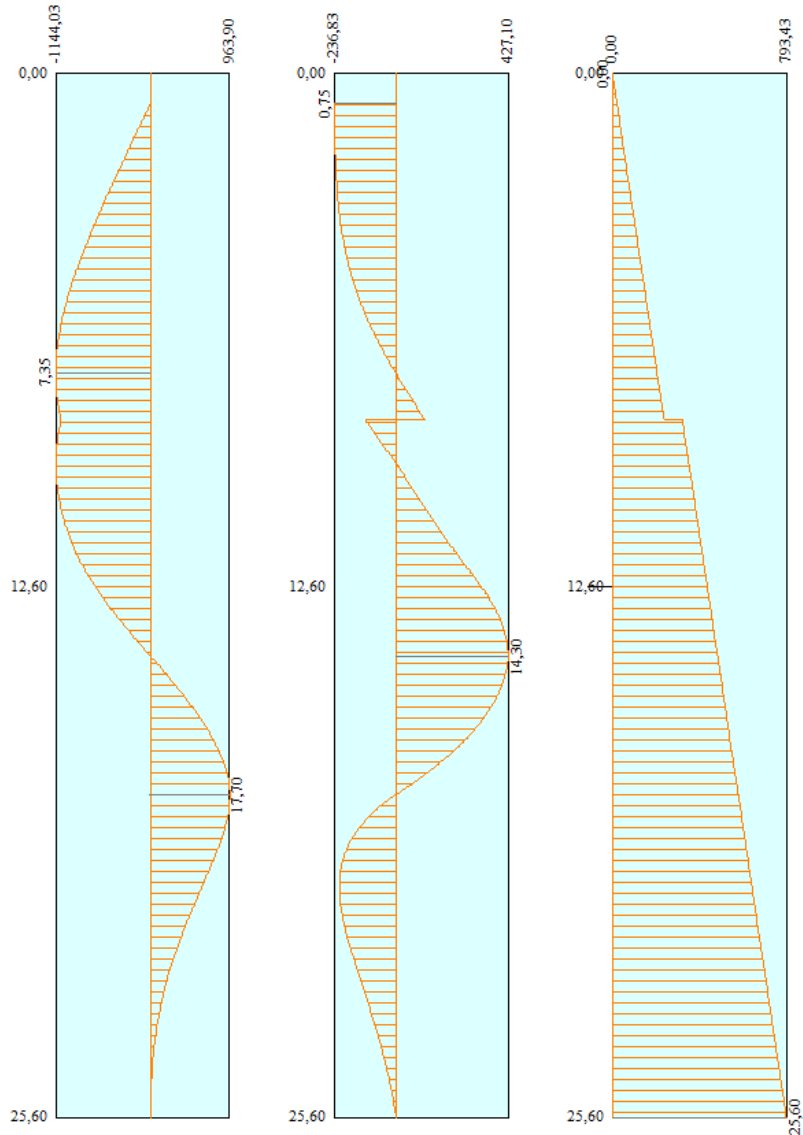


Figura 12.151 – Diagramma in combinazione SLV-GEO (A2+M2+SISMA), FASE 15

**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	02	00	001	C	242

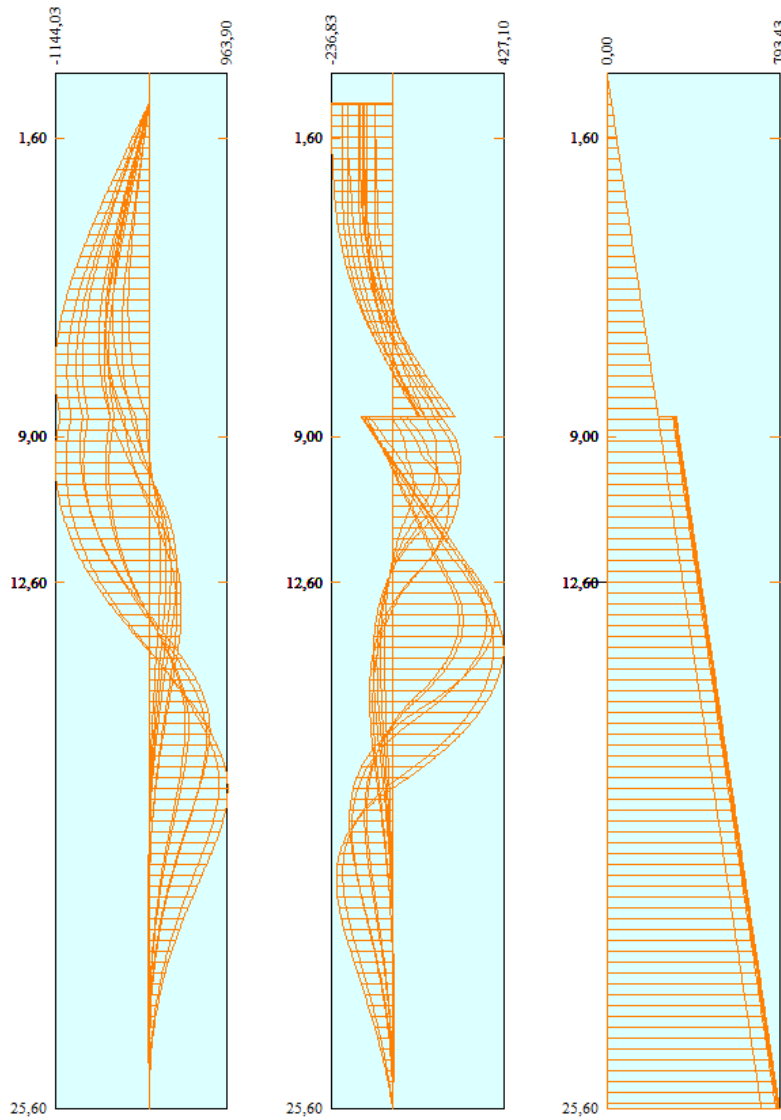


Figura 12.152 – Diagramma involuppo sollecitazioni

Incremento dovuto al sisma Fase 5 ESE $\Delta S = 2194$ Kg

Incremento dovuto al sisma Fase 10 A1+M1+SISMA $\Delta S = 6090$ Kg

Incremento dovuto al sisma Fase 15 A2+M2+SISMA $\Delta S = 7622$ Kg

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	02	00	001	C	243

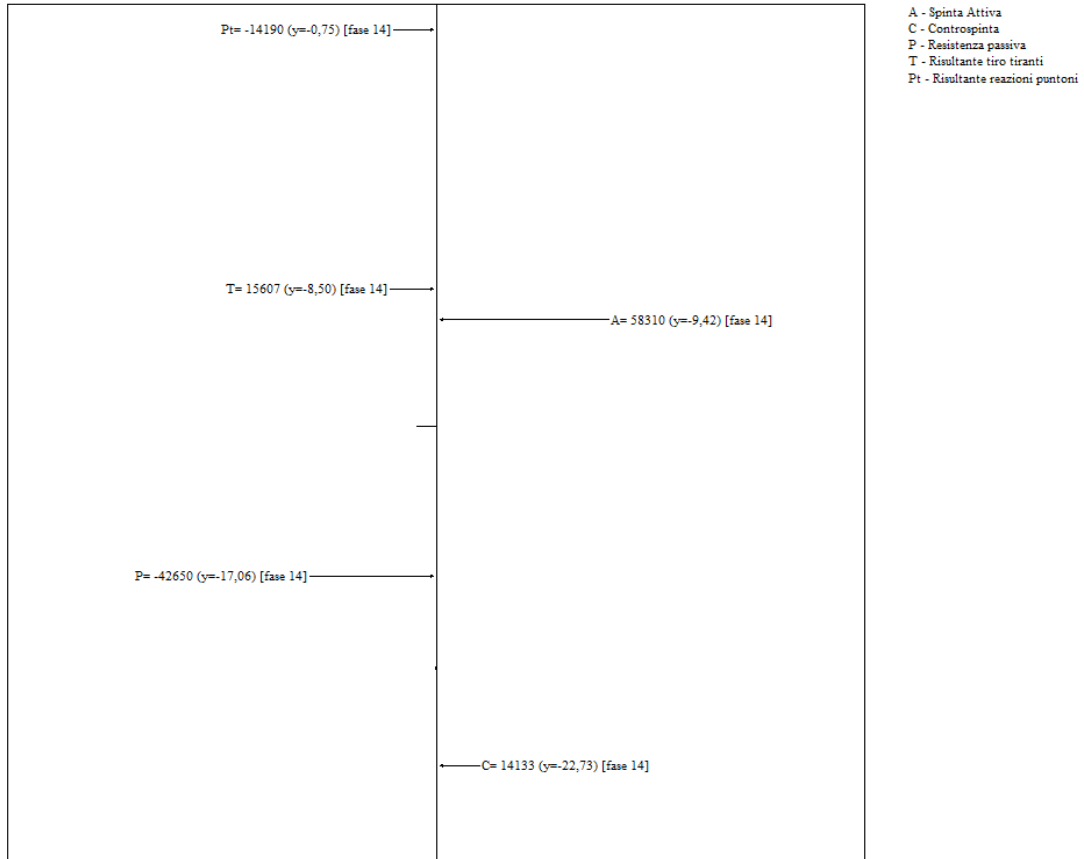


Figura 12.153 – Risultanti della spinta attiva e passiva in assenza di sisma (combinazione A2+M2)

**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	02	00	001	C	244

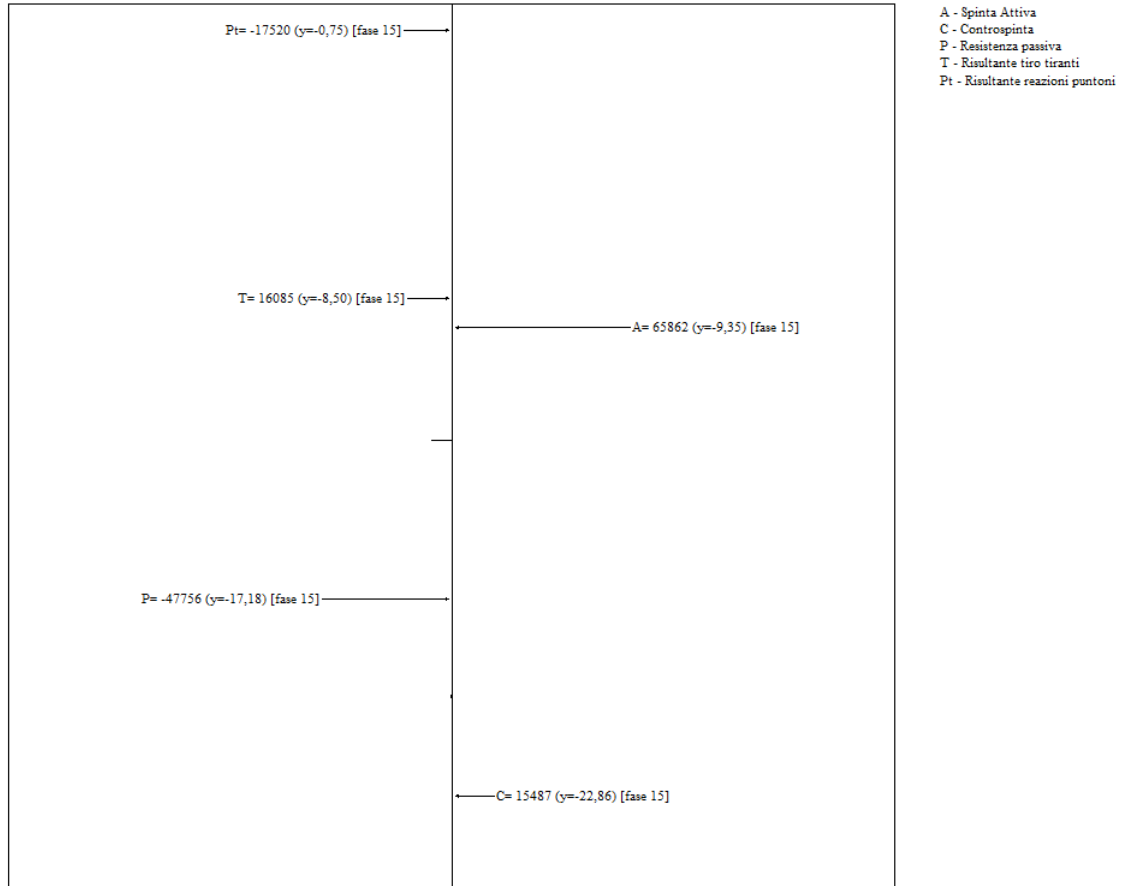
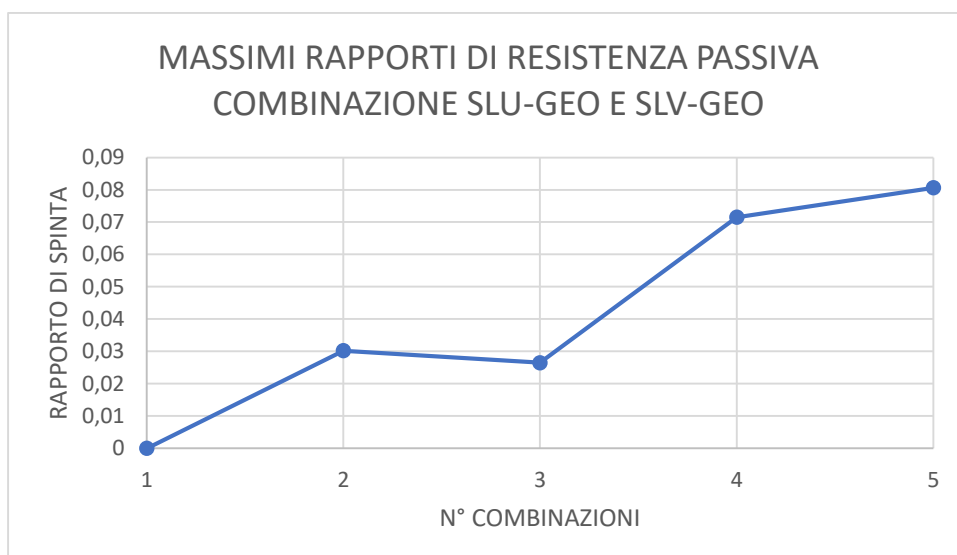
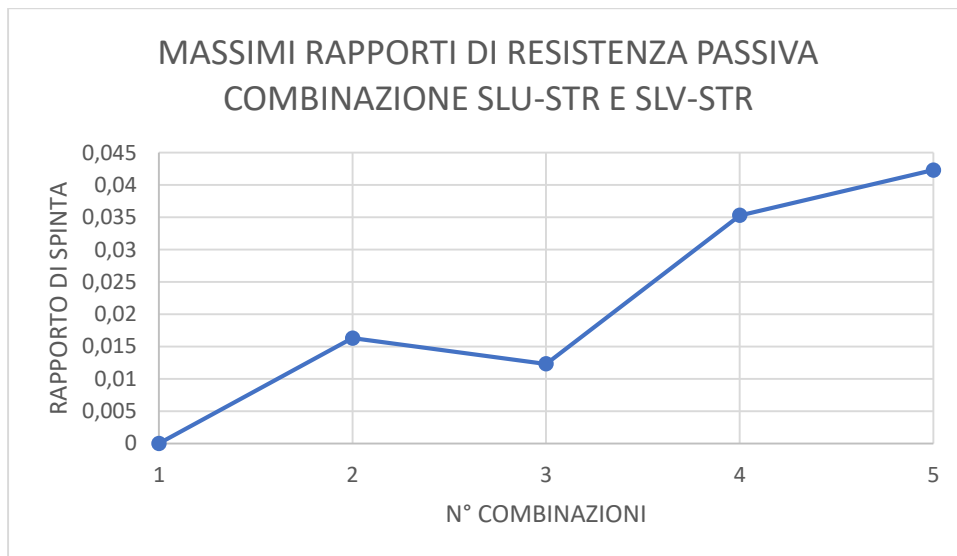
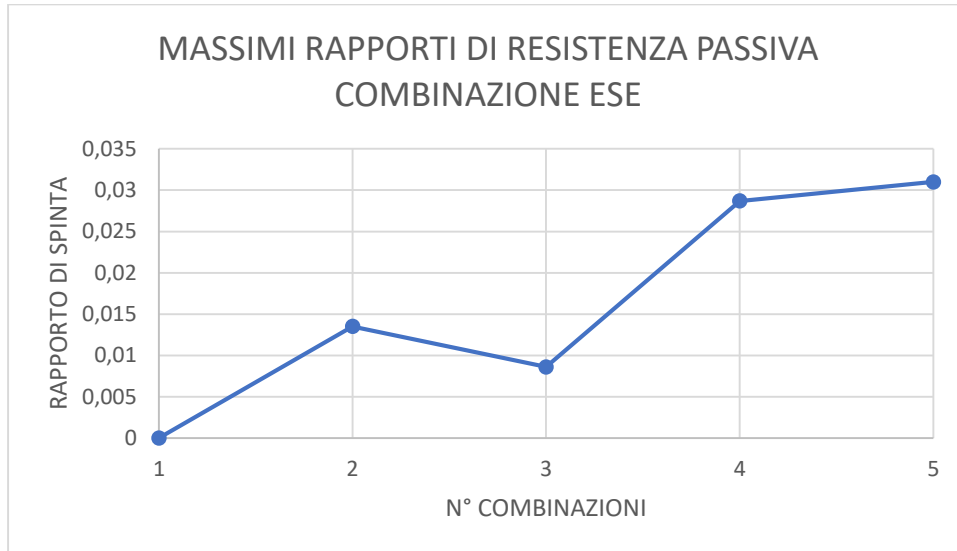


Figura 12.154 – Risultanti della spinta attiva e passiva in presenza di sisma (combinazione A2+M2+SISMA)

**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	02	00	001	C	245



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	02	00	001	C	246

n°	Tipo
1	ESE
2	ESE
3	ESE
4	ESE
5	ESE
6	SLU - STR
7	SLU - STR
8	SLU - STR
9	SLU - STR
10	SLU - STR
11	SLU - GEO
12	SLU - GEO
13	SLU - GEO
14	SLU - GEO
15	SLU - GEO

**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	02	00	001	C	247

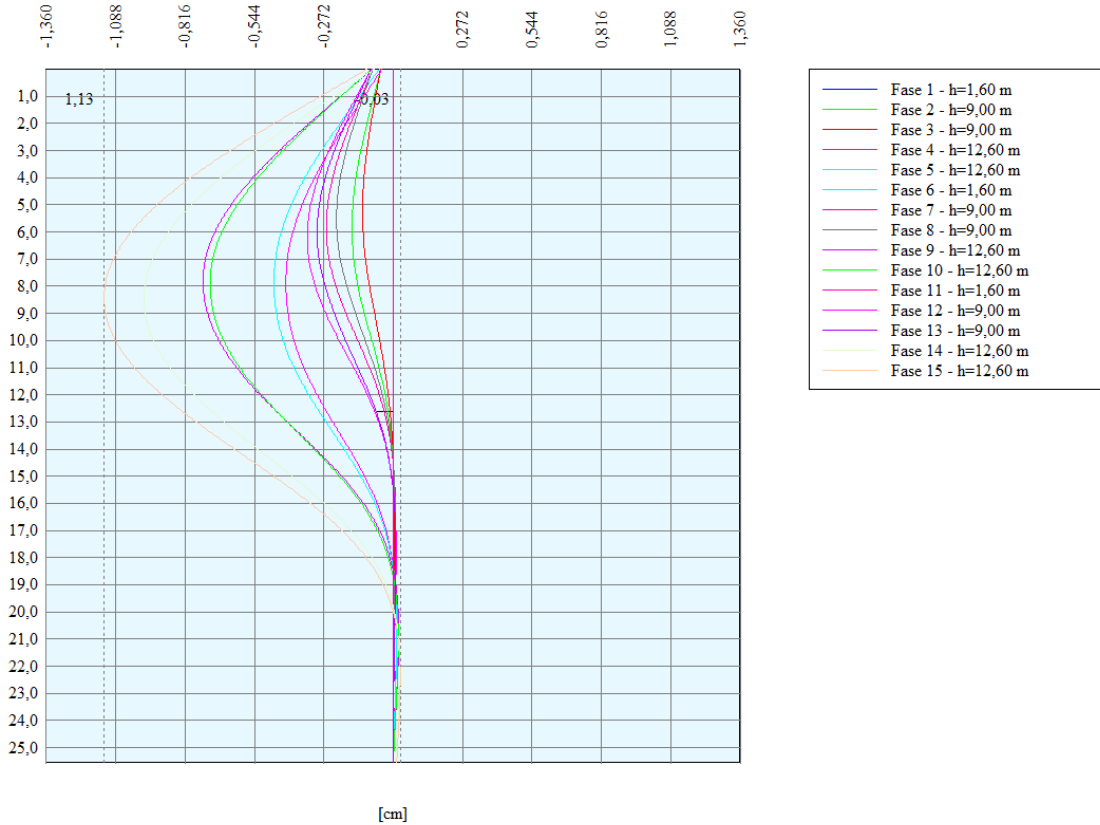


Figura 12.155 – Inviluppo spostamenti

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_r 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 $\min(R1, R2, R3)/N$)

Fase n° 1 - ESE non sono presenti tiranti

Fase n° 2 - ESE non sono presenti tiranti

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

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ_r [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	40000	5,56	17,00	5,00	705526	0,08327	174910	218533	826036	4.373

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	02	00	001	C	248

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

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	43062	5,56	17,00	5,00	759542	0,41830	174910	218533	826036	4.062

Fase n° 5 - ESE n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	43488	5,56	17,00	5,00	767053	0,46489	174910	218533	826036	4.022

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°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	40000	5,56	17,00	5,00	705526	0,16525	80977	218533	826036	2.024

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

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	45251	5,56	17,00	5,00	798142	0,73970	80977	218533	826036	1.790

Fase n° 5 - SLV - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	45018	5,56	17,00	5,00	794041	0,71426	80977	218533	826036	1.799

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

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

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

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	40000	5,56	17,00	5,00	705526	0,24995	97172	218533	826036	2.429

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

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	46644	5,56	17,00	5,00	822709	0,97678	97172	218533	826036	2.083

Fase n° 5 - SLV - GEO n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	N [kg]	A [cmq]	L [m]	Lf [m]	σ [kPa]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS
1	48070	5,56	17,00	5,00	847870	1,13284	97172	218533	826036	2.021

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	02	00	001	C	249

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 non sono presenti tiranti

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

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	102914	80977	1.271

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

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	102914	80977	1.271

Fase n° 5 - SLV - STR n° 1 file di tiranti presenti nella fase

n°	Rg [kg]	R1 [kg]	FS
1	102914	80977	1.271

Verifica gerarchia delle resistenze VALORI CARATTERISTICI

FASE 3

n°	Rg	R1	FS
	[kg]	[kg]	
1	118351,1	97172,4	1,218

FASE 4

n°	Rg	R1	FS
	[kg]	[kg]	
1	118351,1	97172,4	1,218

FASE 5

n°	Rg	R1	FS
	[kg]	[kg]	
1	118351,1	97172,4	1,218

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	02	00	001	C	250

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 cono di spinta attiva; quest'ultimo ha inclinazione sulla verticale

di $45^\circ - \varphi'/2$ (dove $\varphi' = 22^\circ$ e 35°).

CENTRO DI ROTAZIONE
7,40 m dal fondo scavo

L_s [m]	a_{max}/g	L_E [m]	$L_{progetto}$ [m]	$L_{progetto} > L_E$
4,82	0,123	5,71	12	VERIFICATO

VERIFICA 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	14672,42	0,00	14672,42	0,00	8630,83	709,84	12.159
2	SLU - STR	9991,41	0,00	9991,41	0,00	5877,30	709,84	8.280
3	SLU - STR	9991,41	0,00	9991,41	0,00	5877,30	776,92	7.565
4	SLU - STR	7812,22	0,00	7812,22	0,00	4595,42	787,73	5.834
5	SLV - STR	7812,22	0,00	7812,22	0,00	4595,42	787,24	5.837
1	SLU - GEO	14672,42	0,00	14672,42	0,00	5076,96	709,84	7.152
2	SLU - GEO	9991,41	0,00	9991,41	0,00	3457,24	709,84	4.870
3	SLU - GEO	9991,41	0,00	9991,41	0,00	3457,24	776,92	4.450
4	SLU - GEO	7812,22	0,00	7812,22	0,00	2703,19	790,52	3.420
5	SLV - GEO	7812,22	0,00	7812,22	0,00	3404,02	793,43	4.290

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	02	00	001	C	251

Verifica Stabilità globale (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	-2,56; 0,00	17,13	-19,62; -1,49	14,50; -1,60	13.899	1.100
2	SLU - GEO	-2,56; 0,00	17,13	-17,14; -8,98	14,50; -1,60	2.871	1.100
3	SLU - GEO	-2,56; 0,00	17,13	-17,14; -8,98	14,50; -1,60	2.997	1.100
4	SLU - GEO	-5,12; 2,56	20,15	-18,41; -12,59	14,61; -1,60	2.105	1.100
5	SLV - GEO	-5,12; 2,56	20,15	-18,41; -12,59	14,61; -1,60	1.999	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° 1 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

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	02	00	001	C	252

Caratteristiche delle strisce

n°	W [kg]	α [°]	L [m]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	2216,25	-79,04	3,56	17,91	12,0	0,0	0; 0
2	5824,45	-69,80	1,96	17,91	12,0	0,0	0; 0
3	8004,59	-63,94	1,54	17,91	12,0	0,0	0; 0
4	9707,28	-59,16	1,32	17,91	12,0	0,0	0; 0
5	11104,25	-54,98	1,18	29,26	0,0	0,0	0; 0
6	12266,46	-51,20	1,08	29,26	0,0	0,0	0; 0
7	13285,33	-47,71	1,01	29,26	0,0	0,0	0; 0
8	14189,86	-44,44	0,95	29,26	0,0	0,0	0; 0
9	14999,01	-41,35	0,90	29,26	0,0	0,0	0; 0
10	15726,32	-38,40	0,86	29,26	0,0	0,0	0; 0
11	16381,82	-35,56	0,83	29,26	0,0	0,0	0; 0
12	16973,19	-32,82	0,81	29,26	0,0	0,0	0; 0
13	17506,43	-30,17	0,78	29,26	0,0	0,0	0; 0
14	17986,33	-27,58	0,76	29,26	0,0	0,0	0; 0
15	18416,76	-25,05	0,75	29,26	0,0	0,0	0; 0
16	18800,86	-22,58	0,73	29,26	0,0	0,0	0; 0
17	19141,22	-20,15	0,72	29,26	0,0	0,0	0; 0
18	19439,99	-17,75	0,71	29,26	0,0	0,0	0; 0
19	19698,91	-15,39	0,70	29,26	0,0	0,0	0; 0
20	19919,45	-13,05	0,69	29,26	0,0	0,0	0; 0
21	20102,77	-10,74	0,69	29,26	0,0	0,0	0; 0
22	20249,81	-8,44	0,68	29,26	0,0	0,0	0; 0
23	20361,32	-6,16	0,68	29,26	0,0	0,0	0; 0
24	20437,82	-3,89	0,68	29,26	0,0	0,0	0; 0
25	20479,70	-1,62	0,68	29,26	0,0	0,0	0; 0
26	20487,13	0,64	0,68	29,26	0,0	0,0	0; 0
27	20460,17	2,91	0,68	29,26	0,0	0,0	0; 0
28	20398,68	5,18	0,68	29,26	0,0	0,0	0; 0
29	20302,37	7,46	0,68	29,26	0,0	0,0	0; 0
30	19810,96	9,72	0,67	29,26	0,0	0,0	0; 0
31	19979,48	11,96	0,67	29,26	0,0	0,0	0; 0
32	20114,05	14,23	0,68	29,26	0,0	0,0	0; 0
33	20213,71	16,51	0,69	29,26	0,0	0,0	0; 0
34	20277,26	18,83	0,70	29,26	0,0	0,0	0; 0
35	20303,29	21,18	0,71	29,26	0,0	0,0	0; 0
36	20964,47	23,56	0,72	29,26	0,0	0,0	0; 0
37	21481,68	25,99	0,73	29,26	0,0	0,0	0; 0
38	21056,62	28,47	0,75	29,26	0,0	0,0	0; 0
39	20584,66	31,01	0,77	29,26	0,0	0,0	0; 0
40	20062,07	33,62	0,79	29,26	0,0	0,0	0; 0
41	19484,24	36,32	0,82	29,26	0,0	0,0	0; 0
42	18845,37	39,11	0,85	29,26	0,0	0,0	0; 0
43	18138,11	42,01	0,89	29,26	0,0	0,0	0; 0
44	17352,78	45,06	0,93	29,26	0,0	0,0	0; 0
45	16476,41	48,28	0,99	29,26	0,0	0,0	0; 0
46	15490,77	51,71	1,06	29,26	0,0	0,0	0; 0
47	14366,41	55,44	1,16	23,58	6,0	0,0	0; 0
48	13012,99	59,56	1,30	17,91	12,0	0,0	0; 0
49	11372,19	64,27	1,52	17,91	12,0	0,0	0; 0
50	9273,92	70,05	1,93	17,91	12,0	0,0	0; 0
51	4582,23	78,79	3,39	17,91	12,0	0,0	0; 0

Resistenza a taglio paratia = 148640,68 [kg]

$\Sigma W_i = 858112,19$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 40907,38$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 399000,86$ [kg]

$\Sigma c_b / \cos \alpha_i = 20926,40$ [kg]

**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	02	00	001	C	253

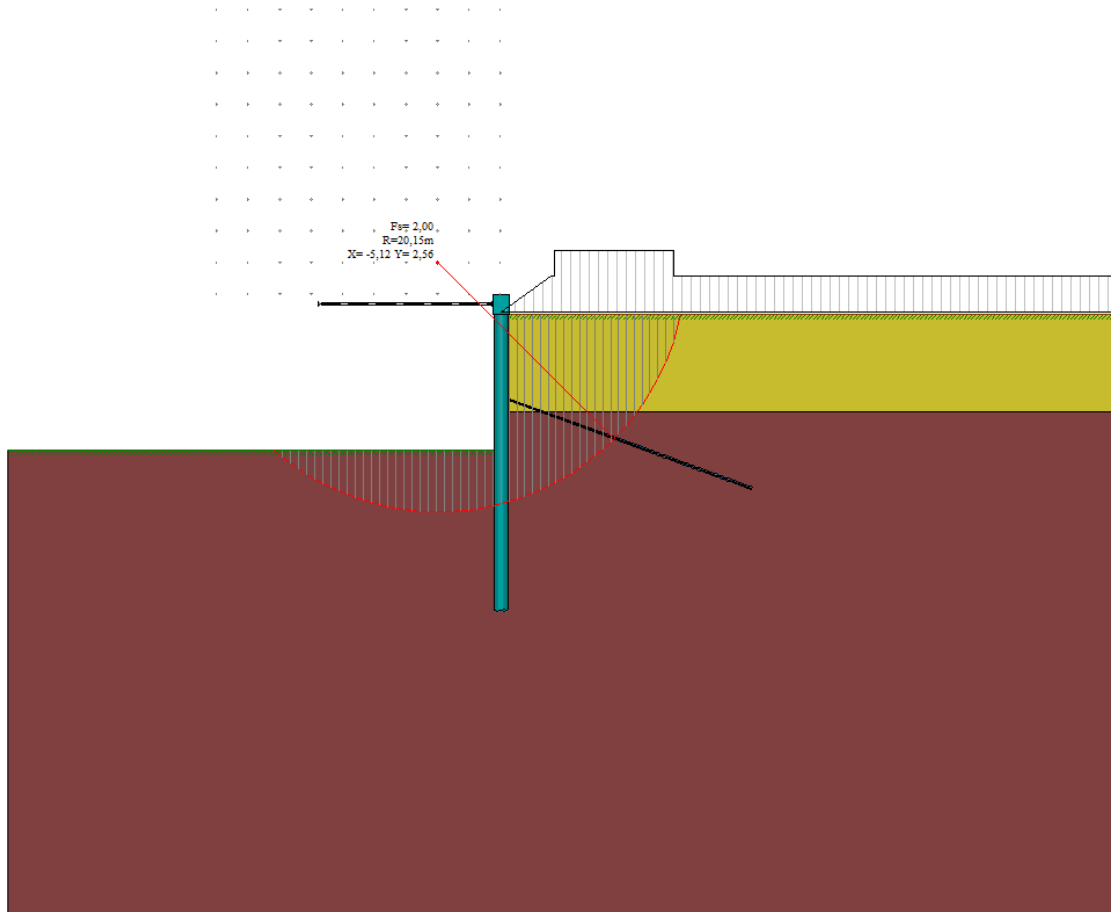


Figura 12.156 – Verifica stabilità globale FS minimo

Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGGIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	254

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 [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	151481,75 17,14	2037328,4 9 17,89	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1281472,02	15715222,38	12.263	13.449
2	ESE	151481,75 17,14	982605,66 20,10	0,00 0,00	0,00 0,00	5068,25 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1281472,02	5526326,59	4.312	6.520
3	ESE	151481,75 17,14	982605,66 20,10	0,00 0,00	13384,35 8,50	4699,00 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1281472,02	5746023,02	4.484	6.606
4	ESE	151481,75 17,14	601589,42 21,33	0,00 0,00	14409,07 8,50	7100,96 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1281472,02	2989711,32	2.333	4.113
5	ESE	153585,05 17,01	601589,42 21,33	0,00 0,00	14551,57 8,50	8241,41 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1319263,89	3020488,40	2.290	4.065
6	SLU - STR	202056,46 16,92	2637846,0 7 17,94	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1754307,17	20215900,81	11.524	13.055
7	SLU - STR	202056,46 16,92	1276708,4 2 20,11	0,00 0,00	0,00 0,00	8284,43 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1754307,17	7215262,63	4.113	6.360
8	SLU - STR	202056,46 16,92	1276708,4 2 20,11	0,00 0,00	13384,35 8,50	7919,33 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1754307,17	7435062,12	4.238	6.424
9	SLU - STR	202056,46 16,92	782066,25 21,33	0,00 0,00	15141,35 8,50	12815,38 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1754307,17	3914294,00	2.231	4.009
10	SLV - STR	157320,87 16,79	601589,42 21,33	0,00 0,00	15063,54 8,50	12835,05 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1386389,11	3143394,96	2.267	4.001
11	SLU - GEO	198356,04 16,90	1615457,3 3 17,83	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	1724755,58	12546137,56	7.274	8.144
12	SLU - GEO	198356,04 16,90	775247,99 20,10	0,00 0,00	0,00 0,00	9490,30 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1724755,58	4495823,69	2.607	3.956
13	SLU - GEO	198356,04 16,90	775247,99 20,10	0,00 0,00	13384,35 8,50	9124,68 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1724755,58	4715610,55	2.734	4.022
14	SLU - GEO	198356,04 16,90	474679,52 21,33	0,00 0,00	15607,41 8,50	14190,00 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1724755,58	2644867,37	1.533	2.543
15	SLV - GEO	202958,11 16,65	474679,52 21,33	0,00 0,00	16084,73 8,50	17519,95 0,75	0,00 0,00	0,00 0,00	1816951,62	2735778,93	1.506	2.504

 		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	02	00	001	C	255

12.5.3 VERIFICHE STRUTTURALI

12.5.3.1 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 22 ϕ 24. L'armatura trasversale è invece costituita da una spirale ϕ 10/20.

Il cordolo in c.a. risulta armato con 18 ϕ 16+10 ϕ 16 e staffe ϕ 10/20 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: $0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{ck}$

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

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:

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \quad \text{per } 0 \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{sy}$$

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

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

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	256

Valori del dominio M-N del palo

N°	N _u [kg]	M _u [kgm]
1	-288814,80	0,00
2	0,00	136324,68
3	212080,98	209515,78
4	318121,48	235923,45
5	424161,97	257028,90
6	530202,46	271620,41
7	636242,95	280385,76
8	742283,45	282608,88
9	848323,94	278607,55
10	954364,43	268301,21
11	1060404,92	254993,25
12	1166445,41	237911,59
13	1272485,91	216416,99
14	1378526,40	190606,66
15	1484566,89	160211,88
16	1590607,38	0,00
17	1590607,38	0,00
18	1484566,89	-160211,88
19	1378526,40	-190606,66
20	1272485,91	-216416,99
21	1166445,41	-237911,59
22	1060404,92	-254993,25
23	954364,43	-268301,21
24	848323,94	-278607,55
25	742283,45	-282608,88
26	636242,95	-280385,76
27	530202,46	-271620,41
28	424161,97	-257028,90
29	318121,48	-235923,45
30	212080,98	-209515,78
31	0,00	-136324,68
32	-288814,80	0,00

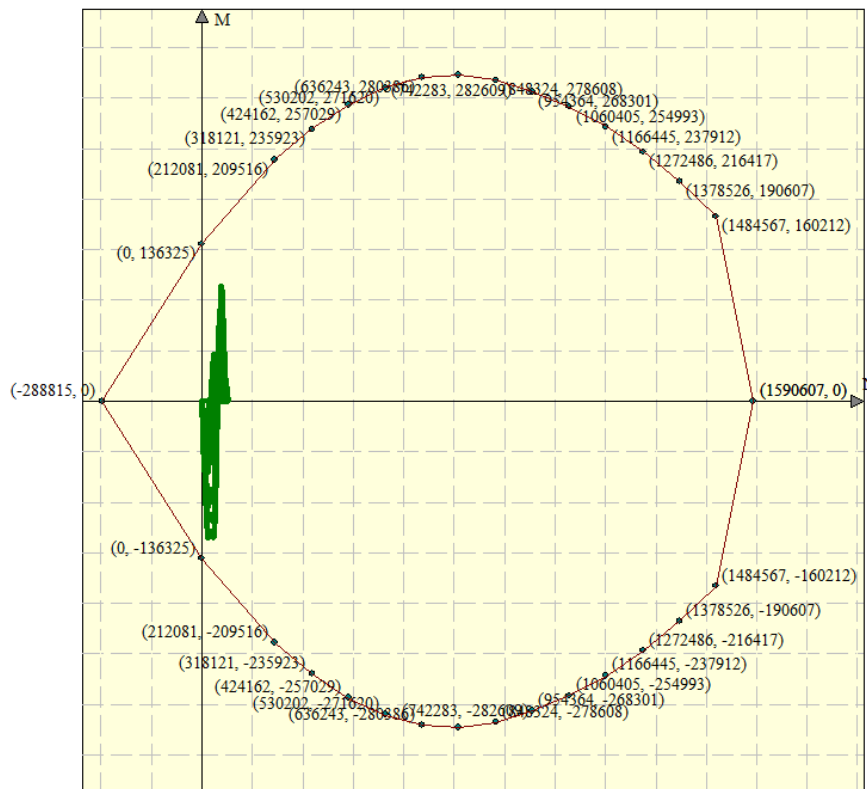


Figura 12.157 – Dominio M-N, sezione palo, armatura in c.a.

**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	02	00	001	C	257

Tabella 20 – Sollecitazioni massime del singolo palo

COMBINAZIONE		PROFONDITA'[m]	M _{palo} [Kgm]	N _{palo} [Kg]	PROFONDITA'[m]	T _{palo} [Kg]
SLU-STR (A1+M1)	FASE 9	7,20	889,21	199,64	13,50	392,50
SLU-GEO (A2+M2)	FASE 14	9,65	1015,95	348,26	14,20	388,85
SLV-STR (A1+M1+SISMA)	FASE 10	7,15	810,41	198,26	13,60	362,81
SLV-GEO (A2+M2+SISMA)	FASE 15	7,35	1144,03	203,80	14,30	427,10

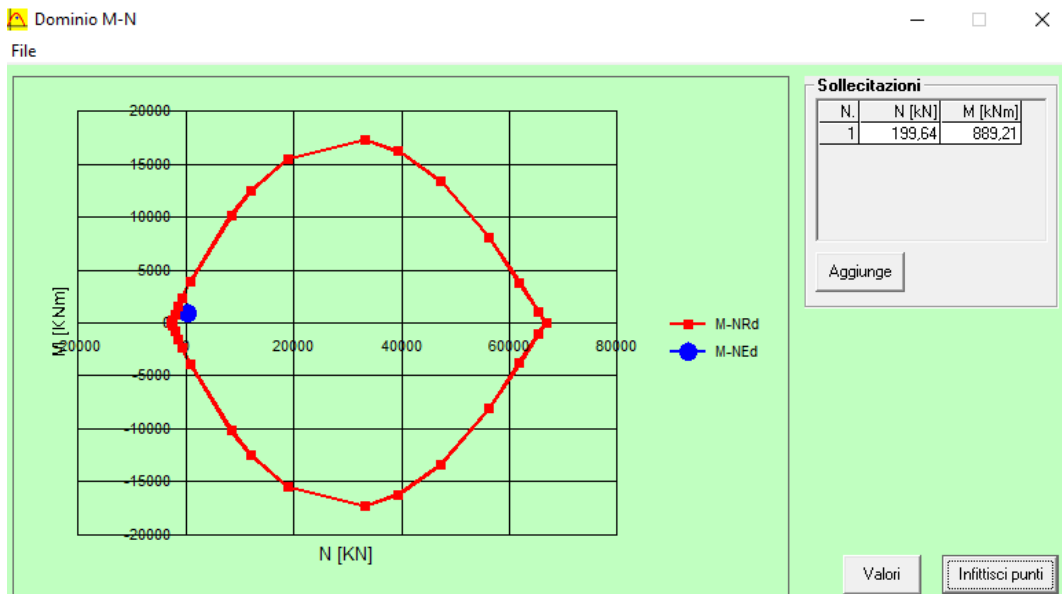


Figura 12.158 – SLU-STR (A1+M1), FASE 9

MRU=3314 KN m
Med= 889,21KN m
FS= 3,73

**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	02	00	001	C	258

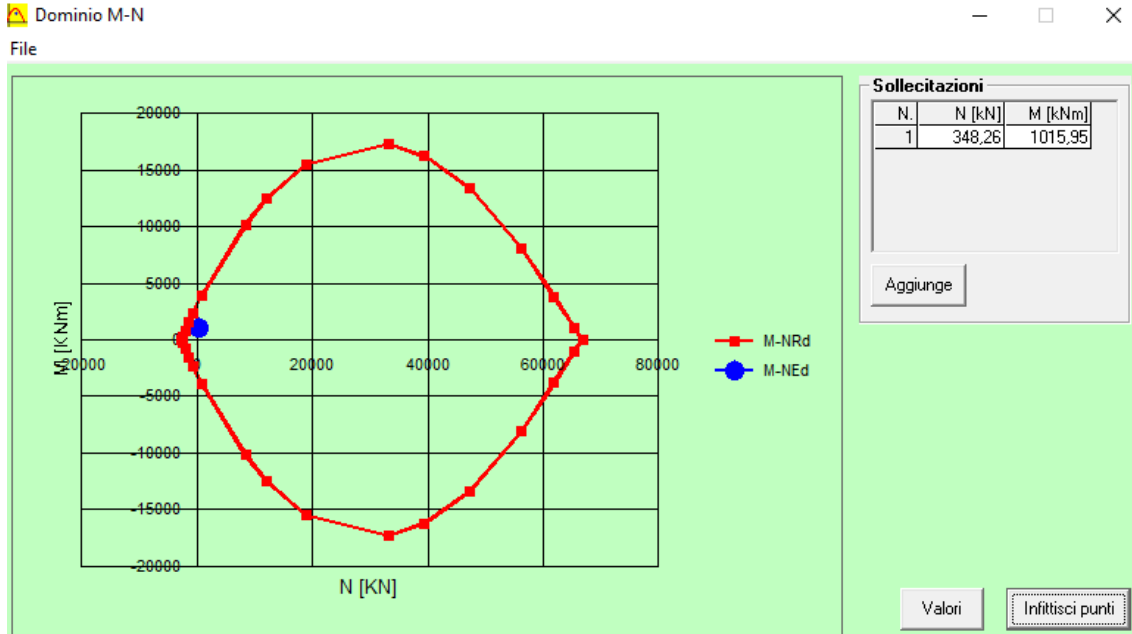


Figura 12.159 – SLU-GEO (A2+M2), FASE 14

Mru= 3466 KN m
Med= 1015,95 KN m
FS=3,41

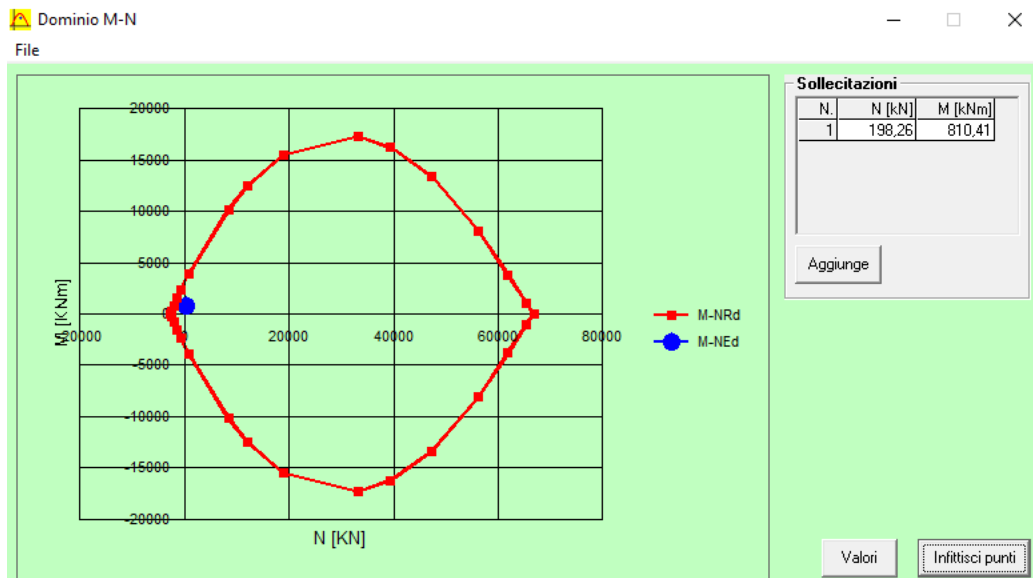


Figura 12.160 – SLV-STR (A1+M1+SISMA), FASE 10

Mru=3312 KN m
Med= 810,41
FS=4,09

**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	02	00	001	C	259

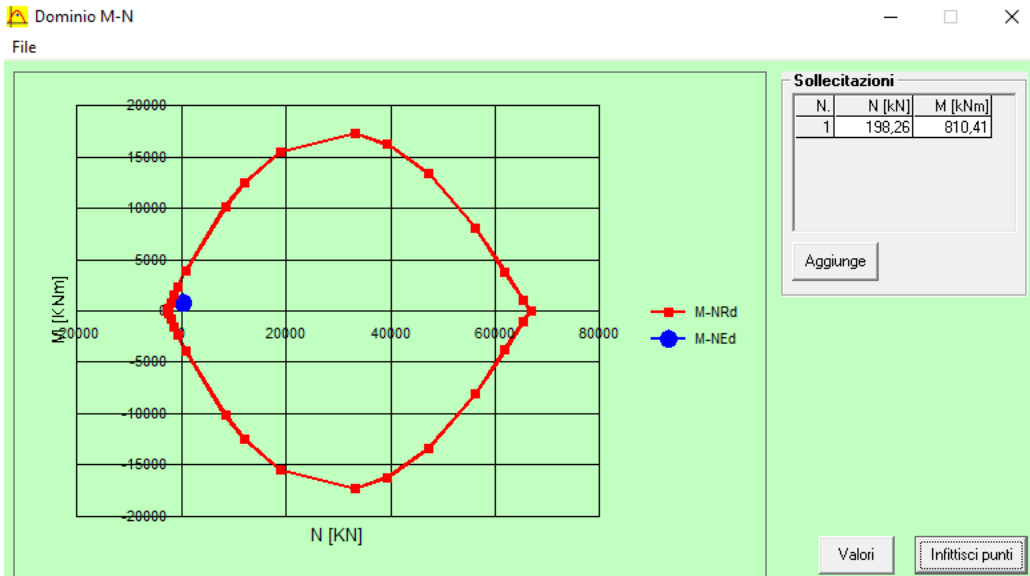


Figura 12.161 – SLV-GEO (A2+M2+SISMA), FASE 15

Mr_u = 3318 KN m
Med = 1144,03 KN m
FS = 2,90

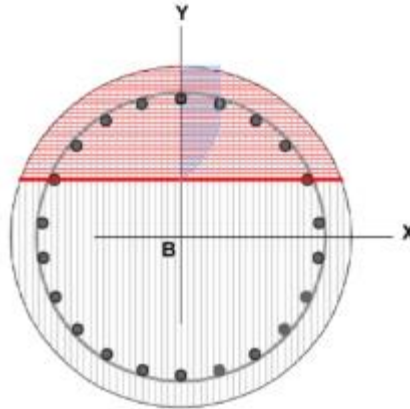
Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	260

Verifica a Taglio del singolo palo sezione circolare

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

$T_{max} = 427,10 \text{ KN}$



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]	20,00	
Area staffe [mm ²]	157	numero braccia elicoidali	2	
Verifica a Taglio				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	$\cot\theta$	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
4,9021	2,5000	1,00	710,85	2454,17
Taglio Resistente di Progetto V_{Rd} [kN]				710,85
Taglio di Progetto V_d [kN]				427,10
FS				1,66

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	02	00	001	C	261

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]	
72,38	5963	5	199003	5

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	5 - ESE	7,00	-56385	-63104	0,000	0,0000	0,200	0,000

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI HYpro		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	02	00	001	C	262

12.5.3.2 VERIFICHE STRUTTURALI 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.

$Q_0 = N_0 \times n^\circ \text{Tiranti} / \text{Lunghezza paratia}$, 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
51578 Kg	20°	2	78.4 m	28	57
	N TOTALE	N SINGOLO CORDOLO			
VERTICALE	17693,67 Kg	8846,836 Kg	Q _v = 3159,584 Kg/m		
ORIZZONTALE	48639,74 Kg	24319,87 Kg	Q ₀ = 8685,668 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	02	00	001	C	263

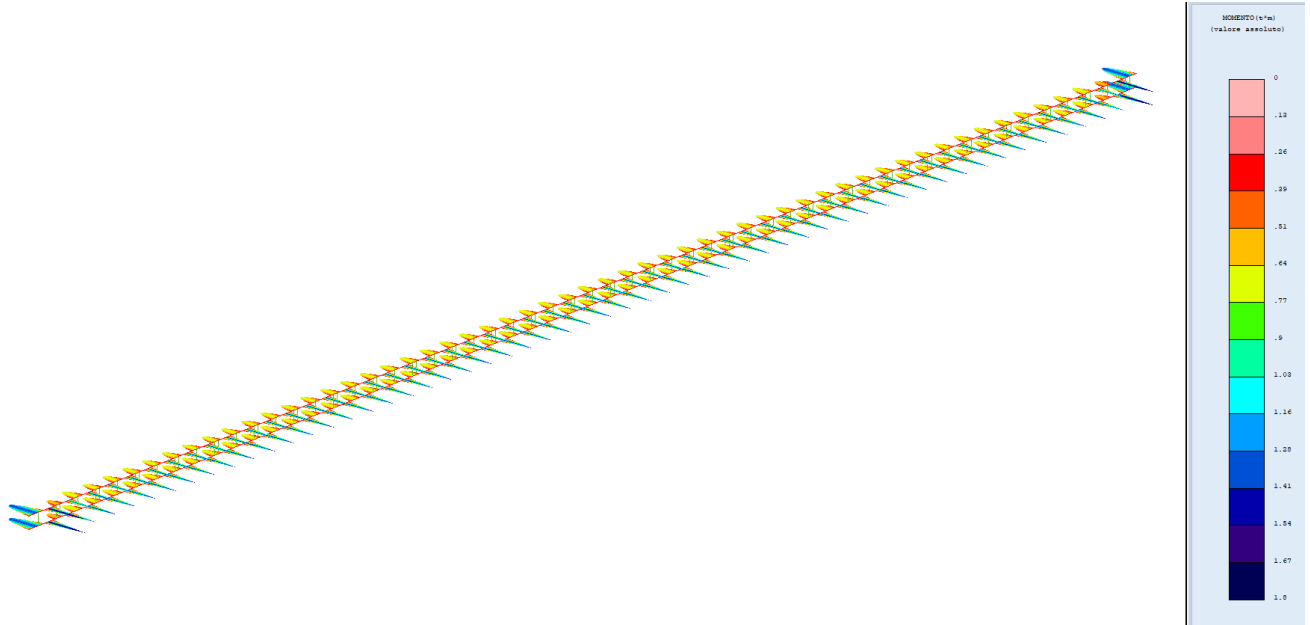


Figura 12.162 – Diagramma momento flettente sul piano orizzontale

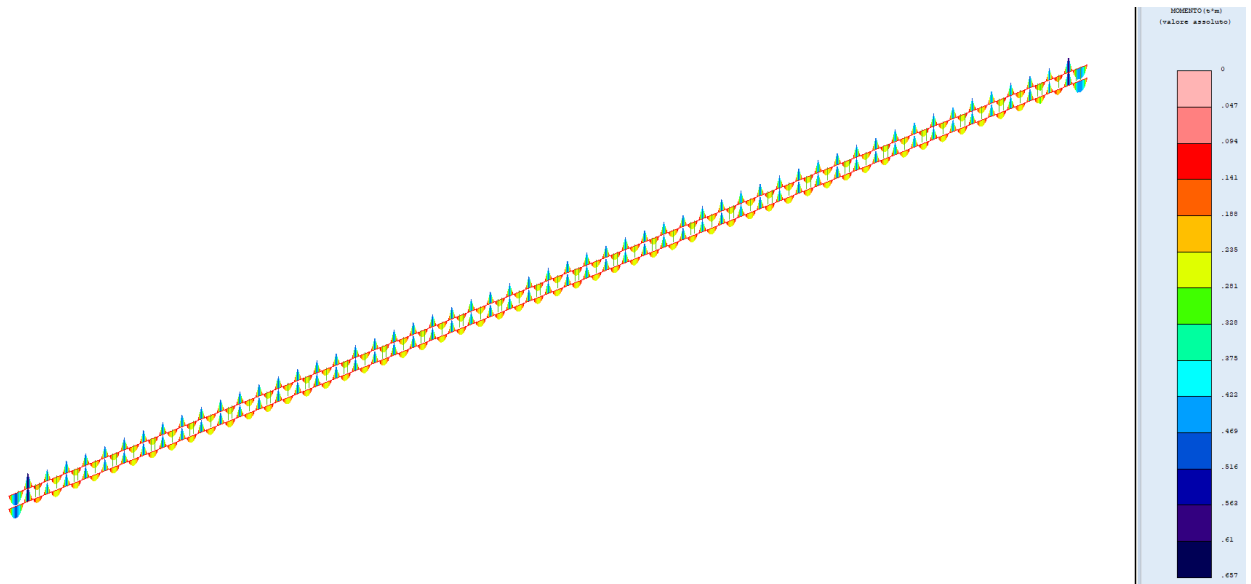


Figura 12.163 – Diagramma momento flettente sul piano verticale

**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	02	00	001	C	264

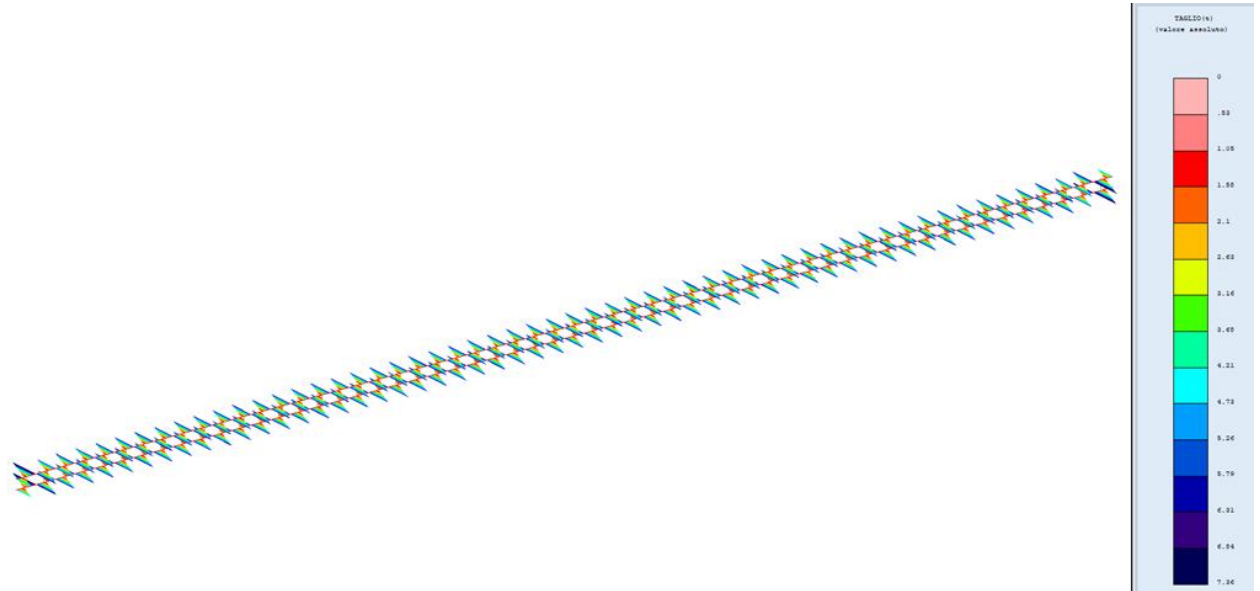


Figura 12.164 – Diagramma del taglio sul piano orizzontale

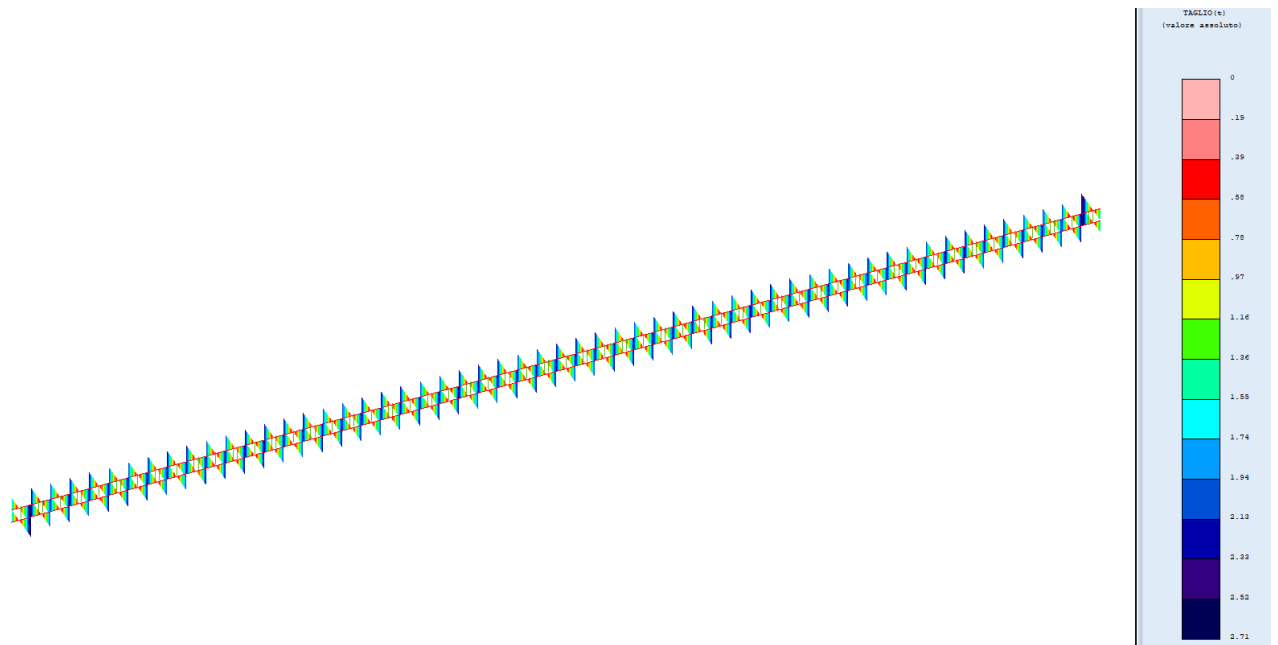


Figura 12.165 – Diagramma del taglio sul piano verticale

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	02	00	001	C	265

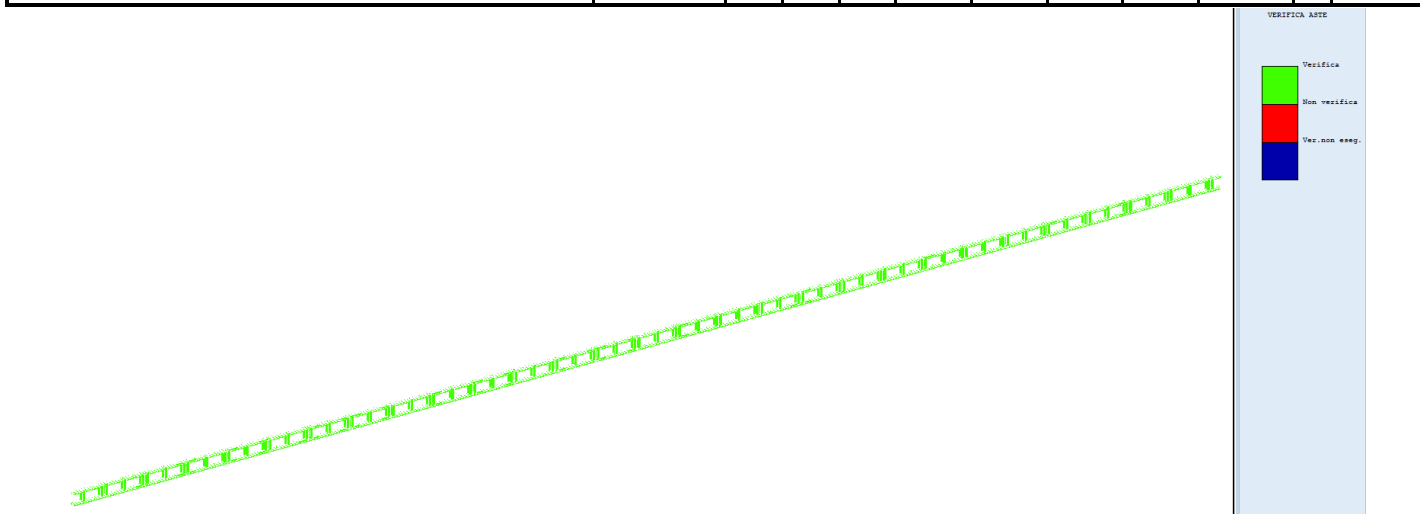


Figura 12.166 – Verifica generale

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	daN	dNcm	dN/cm	%	
Sez.N.	1080	82	1,66	1	-906	1789	-669	-2766	-7364	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	49	
IPN	240	qn=	8685	1	-906	102	-30	-1887	-4976	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	2	
Asta:	317	144	1,66	1	-906	-938	368	-1008	-2588	0	123153	11034	2044	42977	34279	397	2619	27	
Instab.:	l=	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 12.167 – Verifica asta 1° fila

Si precisa che lo schema statico e il grado di vincolo oltre alla 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	02	00	001	C	266



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

12.5.3.3 VERIFICA DEL CORDOLO

Il cordolo della sezione 5 è un elemento in c.a. di forma rettangolare (140x160 cm) armato in direzione longitudinale con 28 ϕ 16 e in direzione trasversale con staffe ϕ 10/20 a due bracci verticalmente e quattro bracci orizzontalmente.

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.

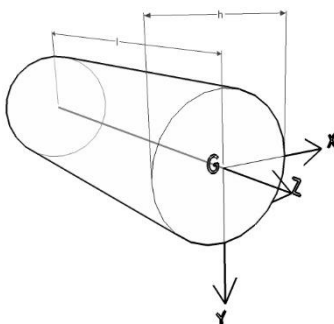


Figura 12.168 – Sistema di riferimento del solido trave

Nel primo schema di carico (SCHEMA A), ragionando 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 ($V_{v,Ed}$).

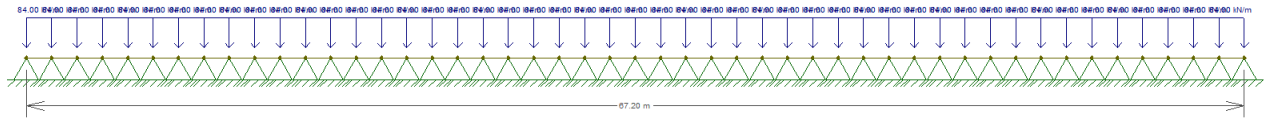
Nel secondo schema di carico (SCHEMA B), considerando il piano orizzontale, si assume analogamente il cordolo come trave continua su più appoggi costituiti dai pali, ma caricato, questa volta, da un carico distribuito (q_h) rappresentato dalla sollecitazione tagliante di involuppo, all'intradosso del cordolo, derivante dall'analisi geotecnica della paratia, e da forze concentrate (F_h) che costituiscono la massima reazione dei puntoni. 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 riportano a seguire i grafici e i dati relativi alle verifiche.

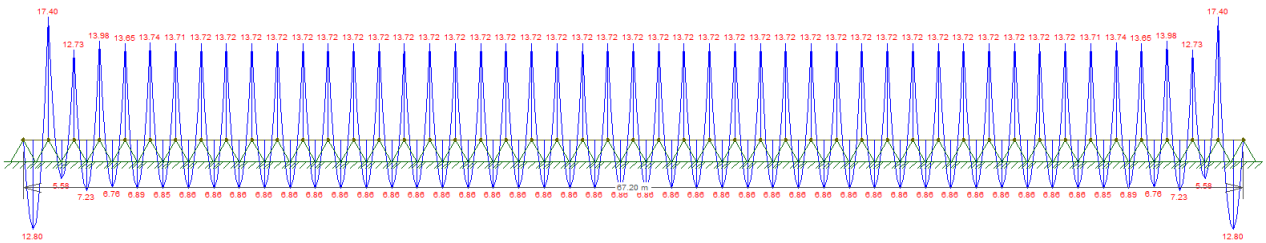
Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	267

SCHEMA A

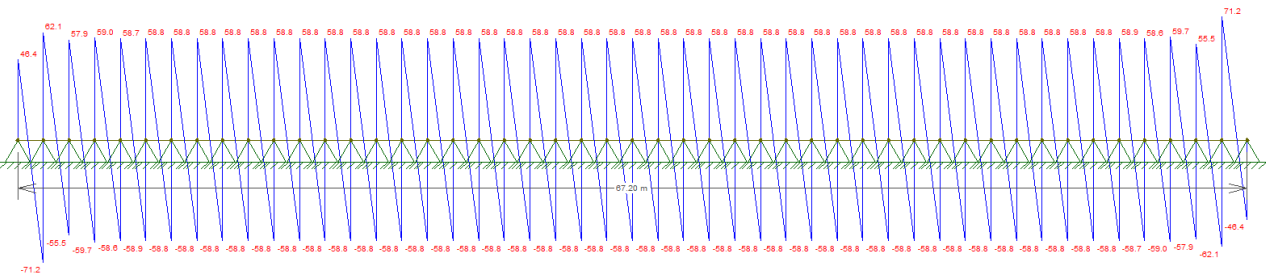
$q_v = 84 \text{ kN/m}$



Momento flettente



Taglio



Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di carico A (piano verticale)

$M_{x,Ed} = 17.4 \text{ kNm}$

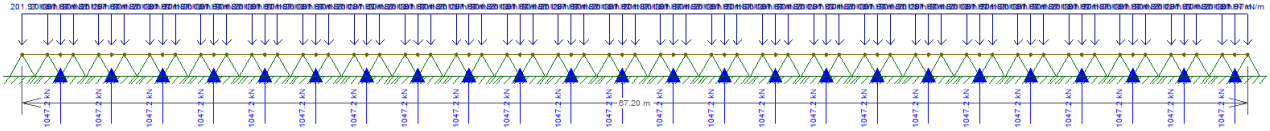
$V_{v,Ed} = 71.2 \text{ kN}$

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	02	00	001	C	268

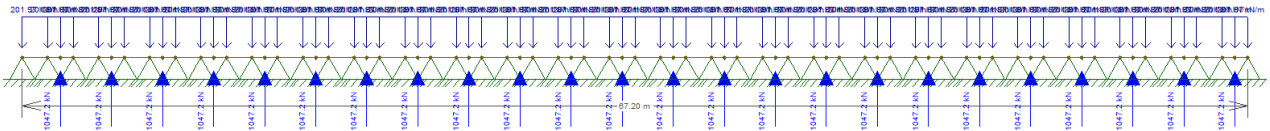
SCHEMA B

$q_h = 201 \text{ kN/m}$

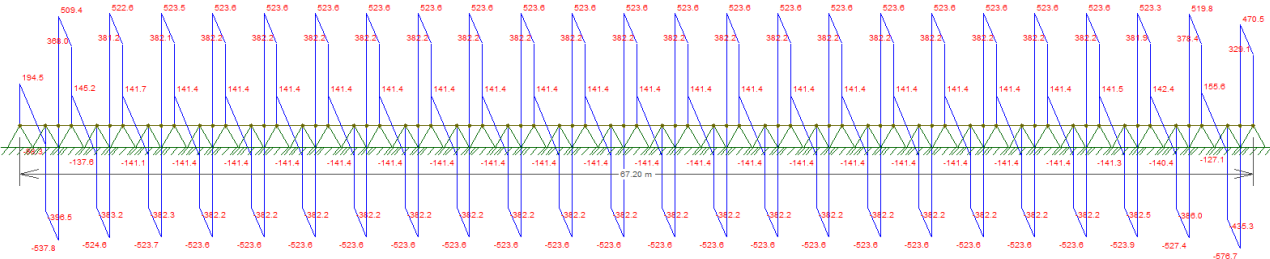
$F_h = 1047.2 \text{ kN}$



Momento flettente



Taglio



Sollecitazioni massime derivanti dallo schema di carico B (piano orizzontale)

$M_{y,Ed} = 279.86 \text{ kNm}$

$V_{h,Ed} = 576.7 \text{ kN}$

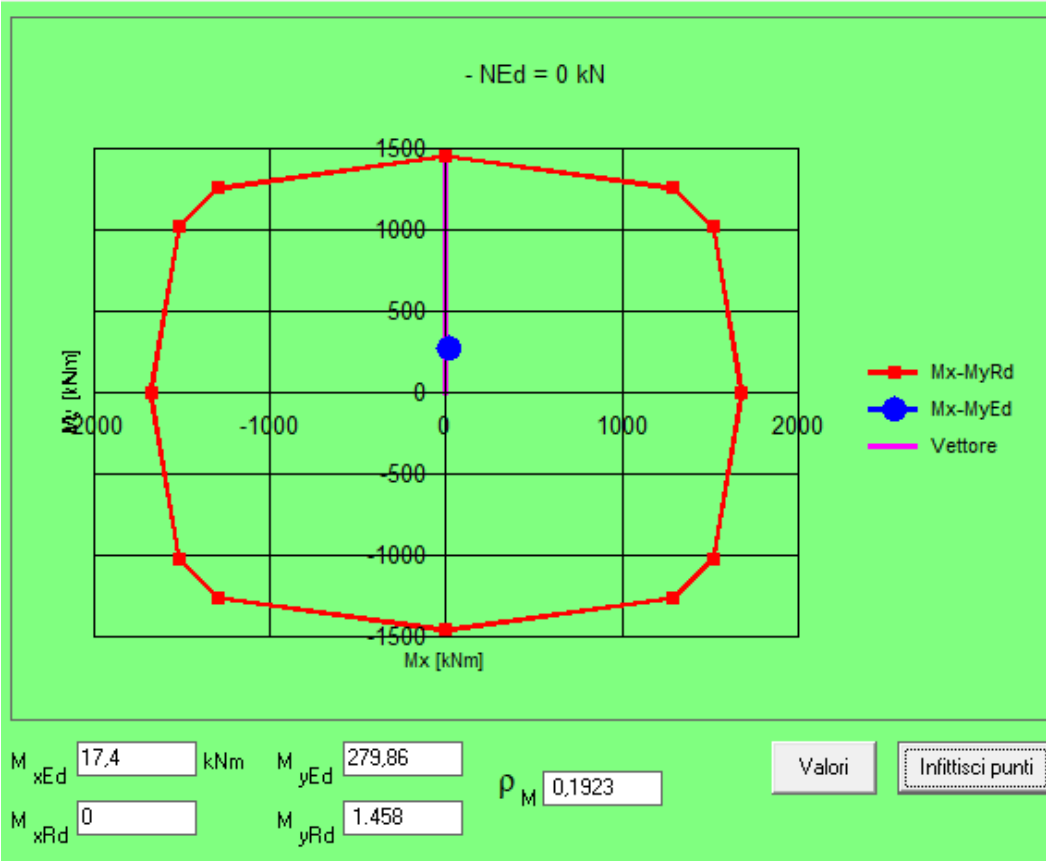
Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	GI	02	00	001	C	269

Verifica a pressoflessione deviata

☒ Dominio Mx-My

File



Verifica a taglio nel piano verticale

Dati sezione e materiale			
Base [cm]	160.00	Carico assiale [kN]	0
Altezza [cm]	140.00	diametro ferri lon.[mm]	16
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			
cotθ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	cotgθ	α_c	V_{Rsd} [kN]
4.1759	2.5000	1.00	1842.13
Taglio Resistente di Progetto $V_{v,Rd}$ [kN]			1842.13
Taglio di Progetto $V_{v,Ed}$ [kN]			576.70
FS			3.19

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	02	00	001	C	270

Verifica a taglio nel piano orizzontale

Dati sezione e materiale				
Base [cm]	140.00	Carico assiale [kN]	0	
Altezza [cm]	160.00	diametro ferri lon.[mm]	16	
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]	157	numero braccia	2	
Verifica a Taglio				
$\cot\theta$ per $V_{Rsd} = V_{Rsd}$	$\cot\theta$	α_c	V_{Rsd} [kN]	V_{Rcd} [kN]
5.5917	2.5000	1.00	1059.36	4714.86
Taglio Resistente di Progetto $V_{h,Rd}$ [kN]				1059.36
Taglio di Progetto $V_{h,Ed}$ [kN]				71.20
FS				14.88

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTELE 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	02	00	001	C	271

13 VERIFICA DEL PUNTONE IN ACCIAIO

Nel prospetto che segue, sono riportate le principali caratteristiche geometriche e strutturali dei puntone e gli sforzi di calcolo massimi, nonché i risultati delle verifiche di instabilità a compressione semplice e verifica saldature.

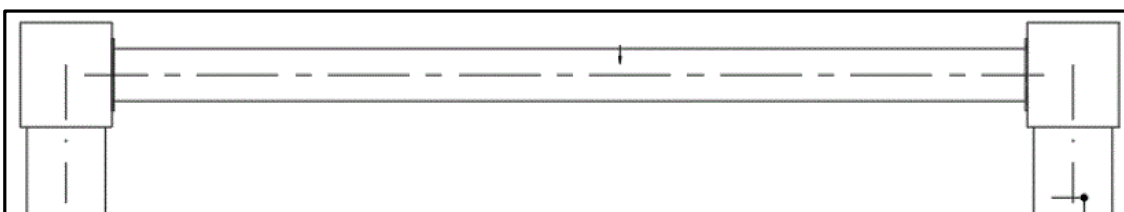


Figura 13.1 – Vista frontale del puntone in acciaio

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Diametro esterno nominale	D	800.00	[mm]
Spessore nominale	T	11.00	[mm]
Diametro interno nominale	d	780.00	[mm]

n°= numero puntone analizzato

N= massimo sforzo nel puntone (tra il modello SEZ 2 e SEZ 3)

n°	N
	[kg]
15	-125505

Dati INPUT		Dati OUTPUT											
Caratteristiche acciaio		Dati geometrici											
Qualità acciai	UNI EN 10219 S 275 H	Diametro esterno	Spessore	Classe della sezione	Area sezione trasversale	Momento inerzia	Raggio girato inerzia	Modulo resistente elastico	Modulo resistente plastico	massa per unità di lunghezza	Superf. per unità di lunghezza	Lunghezza per tonnellata	
f _{yk} =	275 [Mpa]	D	T	3	A	I	i	Wel	Wpl	M	As	L/1t	
f _{tk} =	430 [Mpa]	[mm]	[mm]		[cm ²]	[cm ⁴]	[cm]	[cm ³]	[cm ³]	[kg/m]	[m ² /m]	[m]	
		800,0	11,0		272,66	21221,05	27,90	5305,28	6848,17	214,04	2,51	4,67	
Geometria sezione		Verifica a trazione (4.2.4.1.2.1)					N _{pl,Rd} = 7141,06	N _{Ed} / N _{pl,R} =					
D =	800,0 [m]												
t =	11,0 [m]												

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

Lunghezza e vincoli asta L = 14,00 [m] $\beta = 1,00$ [-]	Verifica a compressione (4.2.4.1.2.2)	$N_{c,Rd} = 7141,06$	$N_{Ed} / N_{c,Rd} = 0,18$	verifica soddisfatta
Sollecitazioni agenti	Verifica a flessione retta (4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6)	$M_{c,Rd} = 1389,48$	$M_{y,Ed} / M_{c,Rd} = 0,00$	verifica soddisfatta
$N_{Ed} = 1255,05$ [kN] $V_{Ed} = 0,00$ [kN] $M_{y,Ed} = 0,00$ [kNm] $\psi = 0,00$	Verifica a taglio (4.2.4.1.2.4)	$V_{c,Rd} = 2624,72$	$V_{Ed} / V_{c,Rd} = 0,00$	verifica soddisfatta
	Verifica a presso/tenso-flessione retta (4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.9)	Sez. Classe 1-2 $M_{N,Rd} =$	$M_{Ed} / M_{N,Rd} =$	
		Sez. Classe 3 $ \sigma_{x,Ed} = 46,03$	$f_{yd} = 261,90$	verifica soddisfatta
	Verifica stabilità membrature compresse (4.2.4.1.3.1)	$N_{b,Rd} = 5700,86$	$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,22$	verifica soddisfatta
	Verifica stabilità membrature presso-inflesse (4.2.4.1.3.3)		$= 0,22$	verifica soddisfatta

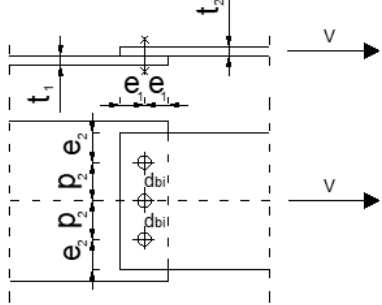
Il calcolo degli ancoranti e la verifica a schiacciamento della piastra in acciaio lo si effettua con il software FIXPERIENCE.

Come sforzo del puntone si considera la massima ricavata dal tabulato di PAC 2D(N=1513,77 KN), mentre per la forza tagliante si tiene in considerazione il peso proprio del puntone applicato alle due estremità amplificato per il coefficiente 1,30 (V=19,53 KN)

L' ancorante chimico tenuto in considerazione è del tipo FISHER FIS V 410 C

Il tutto descritto nel tabulato denominato ALLEGATO.

La verifica della piastra puntone ancorata al cordolo in c.a. si applica come da 4.2.8.1 NTC, si fa presente che per ragioni di verifica schiacciamento della piastra si è ritenuto opportuno di applicare una classe di acciaio S355.

	INPUT
	Definizione dell'azione $V = 19530$ [N]
	Definizione della geometria dell'unione $db_1 = 475$ [mm]
OUTPUT - Forza agenti sui singoli bulloni	
$F_{b_1} = 6510$ [N]	Forza agente su ogni singolo bullone dell'unione

**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	02	00	001	C	273

Classe acciaio	EN10210 - S355 H/NH/NLH		Classe bulloni	8,8		Scelta ϕ dei bulloni	16		
Spessori collegati			Distanze [mm]						
$t_1 =$	30 [mm]		$e_1 =$	75		$p_2 =$	475		
$t_2 =$	30 [mm]		$e_2 =$	75					
Unione normale				Unione resistente allo scorrimento allo SLU					
$F_{v,Ed} < F_{v,Rd}$	6510,00 < 60288,00		Verificato		$F_{v,Ed} < F_{s,Rd}$	6510,00 < 28773,82		Verificato	
$F_{v,Ed} < F_{b,Rd}$	6510,00 < 489600,00		Verificato		$F_{v,Ed} < F_{b,Rd}$	6510,00 < 489600,00		Verificato	
$V_{Ed} < V_{eff,1,Rd}$	19530,00 < 11990685,51		Verificato		$V < N_{net,Rd}$	19530,00 < 8963040,00		Verificato	
Unione resistente allo scorrimento allo SLE				La verifica di un modello di resistenza si considera soddisfatta se tutte le verifiche indicate per tale modello sono soddisfatte					
$F_{v,Ed} < F_{s,Rd}$	6510,00 < 32697,52		Verificato						
$F_{v,Ed} < F_{v,Rd}$	6510,00 < 60288,00		Verificato						
$F_{v,Ed} < F_{b,Rd}$	6510,00 < 489600,00		Verificato						

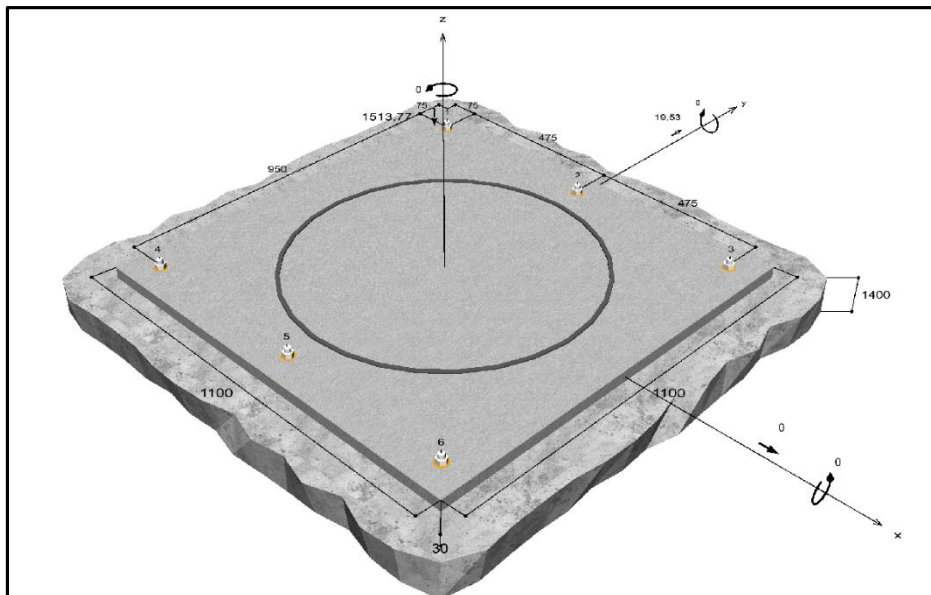


Figura 13.2 – Piastra puntone ancorata al cordolo in c.a.

La verifica delle saldature di collegamento del puntone alla piastra è stata condotta assumendo per il puntone una sezione quadrata equivalente a quella circolare reale. In questo modo si è ottenuta una lunghezza equivalente di circa 709 mm per lato di sezione, con tali lunghezze si simula la saldatura reale che sarà distribuita su tutto il perimetro circolare del puntone.

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	02	00	001	C	274

Pianta

INPUT		OUTPUT	
Definizione dell'azione			
V =	19530 [N]	Cordoni paralleli all'azione	$\tau_{//} =$ 1,72 [N/mm ²]
e =	10 [mm]	Cordoni ortogonali all'azione	$n_{\perp \max} =$ 0,05 [N/mm ²]
Definizione della geometria dell'unione			
Cordoni paralleli all'azione			
h =	709 [mm]		
a _{1w} =	8 [mm]		
A _{1w} =	5672 [mm ²]		
Cordoni ortogonali all'azione			
l =	709 [mm]		
a _{2w} =	8 [mm]		
A _{2w} =	5672 [mm ²]		

Metodo direzionale		EN10025 - S275 / S275 N/NL/M/ML	
$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{//}^2 + \tau_{\perp}^2)} \leq \frac{f_{tk}}{\beta \gamma_{M2}}$	Cordoni paralleli	2,98 < 404,71	Verificato
	Cordoni ortogonali	0,07 < 404,71	Verificato
$\sigma_{\perp} \leq 0,9 f_{tk} / \gamma_{M2}$	Cordoni ortogonali	0,03 < 309,60	Verificato

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	02	00	001	C	275

14 INCIDENZE

Le incidenze di armatura dei pali dei cordoli sono riportate nella Tabella seguente.

Tabella 21 – Incidenza dei pali e cordoli in c.a.

Modello (-)	Incidenza palo (kg/m ³)	Incidenza cordolo (kg/m ³)
SEZ 1 pk 6+809	140	130
SEZ 2 pk 6+812	150	80
SEZ 3 pk 6+821	140	80
SEZ 4 pk 6+826	100	80
SEZ 5 pk 6+832	100	80

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).

15 ALLEGATO 1

Tabulato di calcolo Paratia SEZ 1 pk 6+809.

16 ALLEGATO 2

Tabulato di calcolo Paratia SEZ 2 pk 6+812.

17 ALLEGATO 3

Tabulato di calcolo Paratia SEZ 3 pk 6+821.

18 ALLEGATO 4

Tabulato di calcolo Paratia SEZ 4 pk 6+826.

19 ALLEGATO 5

Tabulato di calcolo Paratia SEZ 5 pk 6+832.

20 ALLEGATO 6

Tabulato di calcolo travi di ripartizione in acciaio SEZ 1 pk 6+809, SEZ 2 pk 6+812, SEZ 3 pk 6+821, SEZ 4 pk 6+826, SEZ 5 pk 6+832.

MANDATARIA  <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>		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	02	00	001	C	276

21 ALLEGATO 7

Tabulato di calcolo piastra in acciaio del puntone