

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



S.O. OPERE GEOTECNICHE

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

**LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA
NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO**

GEOTECNICA

Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

R C 2 A B 1 R 1 1 C L V I 0 0 0 3 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	S.ROTA	Luglio 2023	A.F. Romano	Luglio 2023	I. Di Amore	Luglio 2023	L.Berardi Luglio 2023

File: RC2AB1R11CLVI0003001A.docx

n. Elab.

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	APPROCCIO PROGETTUALE	4
2	NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	7
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
2.2	DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO	8
3	MATERIALI	9
3.1	CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE	9
3.2	ACCIAIO D'ARMATURA	9
3.3	ACCIAIO PER PALANCOLE, PUNTONI E TRAVI	10
4	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	11
5	SOFTWARE UTILIZZATI	14
5.1	PARAMETRI DI SPINTA DEL TERRENO	14
5.2	PARAMETRI DI DEFORMABILITÀ DEL TERRENO	15
6	COMBINAZIONI E COEFFICIENTI PARZIALI	16
6.1.1	Verifiche di resistenza degli elementi strutturali (STR)	16
6.1.2	Verifiche stabilità geotecnica (GEO)	16
7	ANALISI DI PREDIMENSIONAMENTO DELLE OPERE	18
7.1	TIPOLOGIA 1: PALANCOLA PUNTONATA	18
7.1.1	Descrizione dell'opera	18
7.1.2	Modello geotecnico	20
7.1.3	Analisi e principali risultati – Modello di calcolo 1	21
7.1.3.1	Fasi di calcolo	21

7.1.3.2 Sollecitazioni SLU.....	23
7.1.4 Spostamenti SLE	25
7.1.5 Analisi e principali risultati – Modello di calcolo 2	26
7.1.5.1 Fasi di calcolo.....	26
7.1.5.2 Sollecitazioni SLU.....	28
7.1.5.3 Spostamenti SLE	30
7.2 TIPOLOGIA 2: PARATIA DI PALI Φ 500 E TAMPONE DI FONDO	31
7.2.1 Descrizione dell'opera	31
7.2.2 Modello geotecnico.....	32
7.2.3 Fasi di calcolo.....	33
7.2.4 Sollecitazioni SLU.....	34
7.2.5 Spostamenti SLE	36
7.2.6 Verifiche idrauliche	36

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO B1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

1 PREMESSA

La presente progettazione di fattibilità tecnica ed economica ha ad oggetto il lotto 1b Romagnano – Buonabitacolo, che integra quanto previsto nell'ambito del lotto precedente (1a Battipaglia-Romagnano) realizzando di fatto il doppio binario fino alla stazione di Buonabitacolo e completando l'interconnessione di Romagnano con il ramo relativo al binario pari. Il tracciato del presente lotto si sviluppa in doppio binario per circa 50 km con una velocità di tracciato di 300 km/h, tranne che per il ramo dell'Interconnessione di Romagnano con innesto sulla LS Battipaglia – Potenza C.le, progettato a 100 km/h.

Dato l'assetto finale previsto nel precedente lotto, l'inizio dell'intervento è ubicato in punti diversi, iniziando il binario pari laddove nel lotto 1a era previsto il passaggio doppio/singolo binario, mentre invece il binario dispari inizia a partire dal punto in cui nell'altro lotto era presente la deviazione verso la LS Battipaglia – Potenza C.le (ramo dispari della Interconnessione di Romagnano).

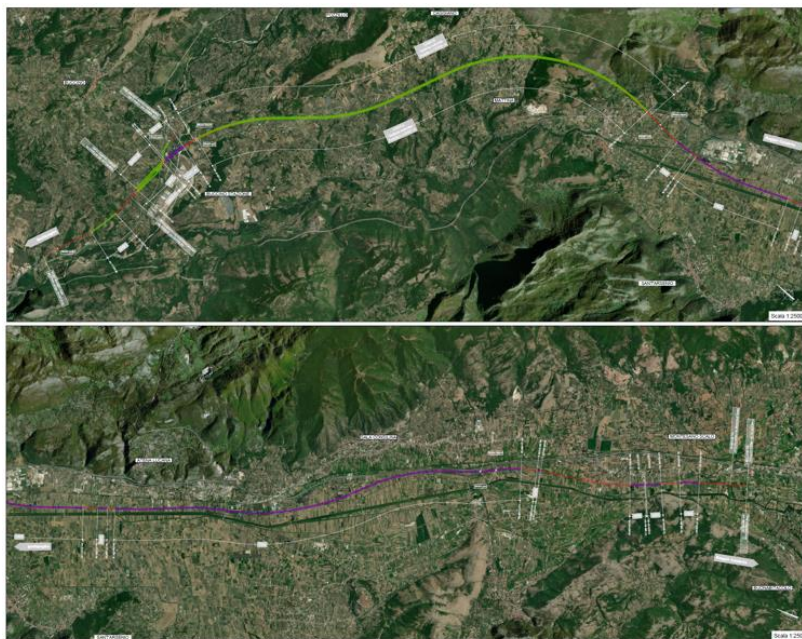


Figura 1-1: Lotto 1b Romagnano-Buonabitacolo. Corografia dell'intervento

Nella presente relazione vengono descritti i criteri e i risultati del dimensionamento preliminare delle opere provvisorie per il sostegno degli scavi delle fondazioni dei viadotti ferroviari.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO B1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

1.1 Approccio progettuale

Per il raggiungimento della quota intradosso plinto di fondazione delle spalle e pile dei viadotti di progetto sono stati adottati, quando possibile, scavi a cielo aperto con scarpate con pendenza 3H:2V. In particolare, tale soluzione progettuale è stata adottata in assenza di interferenze limitrofe (linee storiche, viabilità esistenti, vicinanza ad alvei fluviali, pendenze eccessive del p.c., ecc) e compatibilmente con le proprietà permeabili dei terreni interessati dagli scavi al fine di contenere le portate d'acqua nello scavo.

Nelle situazioni di stretto affiancamento a linee storiche, viabilità esistenti o alvei fluviali (o in condizioni di forte pendenza del piano campagna), invece, lo scavo è realizzato per mezzo di opere di sostegno provvisorie. In caso di falda prossima al p.c. e terreni con medio-alta permeabilità l'impermeabilità dello scavo è garantita dalla realizzazione di un tappo di fondo in jet-grouting.

In particolare, le soluzioni tipologiche di opere di sostegno provvisorie adottate, riassunte nell'elaborato grafico specifico ([C.3]), sono:

- **Paratie di palancole metalliche puntonate**

Per contenere lo scavo si infiggono delle palancole metalliche con sezione PU 32 a formare una sezione chiusa planimetricamente intorno alla fondazione di progetto e puntonata come in Figura 1-2 a);

- **Paratie di pali D500 puntonate**

In presenza di terreni a forte componente ghiaiosa o fortemente addensati e compatti, nei quali l'infissione delle palancole risulterebbe difficoltosa, sono previste paratie di pali D500 a formare una sezione chiusa planimetricamente intorno alla fondazione di progetto e puntonata come in Figura 1-2 b);

- **Paratie tirantate**

In condizione di forte pendenza del piano campagna il raggiungimento della quota intradosso delle fondazioni dei viadotti è garantita dalla realizzazione di paratie di pali D500 tirantati (tre file di tiranti attivi) come in Figura 1-3.

Nel seguente grafico si riporta la distribuzione delle diverse tipologie di opere provvisorie adottate per la realizzazione delle fondazioni dei viadotti ferroviari

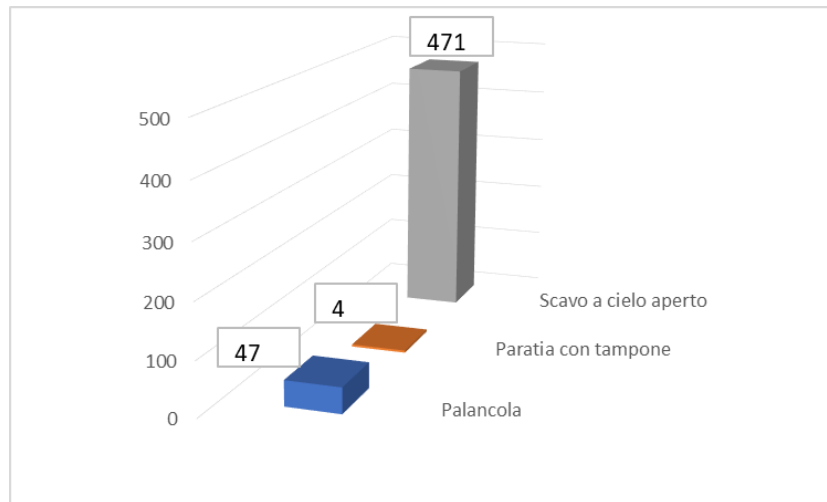


Figura 1-4: Istogramma delle frequenze di tipologici di opere provvisorie adottati

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisionali dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO B1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

2 **NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

2.1 **Normativa di riferimento**

La presente relazione è stata redatta in conformità alla seguente normativa:

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018).
- [N.2]. Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.
- [N.3]. Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione Europea.
- [N.4]. Eurocodici UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- [N.5]. Eurocodici UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- [N.6]. RFI, DTC SI PS MA IFS 001 E - Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture, 2020.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisionali dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO B1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

2.2 Documentazione di progetto

Inoltre si fa riferimento ai seguenti documenti:

[C.1]. Relazione geotecnica opere all'aperto: RC2A.B1.R.11.GE.GE0006.001

[C.2]. Planoprofilo geotecnico Tav. da 1 a 9: RC2A.B1.R.11.L5.GE0006.001-9

[C.3]. Carpenterie tipologici opere provvisionali viadotti ferroviari : RC2AB1R11PAVI0003002A

[C.4]. Carpenterie tipologici fondazioni viadotti ferroviari: RC2AB1R11PAVI0003001A

3.3 Acciaio per palancole, puntoni e travi

- $f_{yk} = 275 \text{ MPa}$ resistenza caratteristica di snervamento
- $f_{tk} = 540 \text{ MPa}$ resistenza caratteristica a rottura
- $E_s = 210000 \text{ MPa}$ modulo elastico

Resistenza di progetto allo SLU

- $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 261.9 \text{ MPa}$; $\gamma_s = 1.05$ resistenza di progetto a compressione

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisionali dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO B1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO


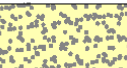


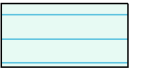
La caratterizzazione geotecnica di riferimento adottata nelle seguenti analisi fa riferimento alla Relazione geotecnica opere all'aperto [C.1]. Per l'assetto stratigrafico e la falda si fa riferimento ai profili geotecnici [C.2] **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

I parametri geotecnici e il modello stratigrafico di riferimento sono riportati in dettaglio nel capitolo 7, per ciascuna sezione analizzata.

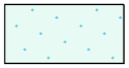

La falda di progetto, sulla base di quanto riportato nel profilo geotecnico [C.2], si trova a profondità variabili, in alcune sezioni è così profonda da non essere interferente con le opere, mentre in altre (Vallo di Diano), si trova a circa 1 m da piano campagna. L'indicazione della profondità della falda è inclusa nella descrizione di ciascuna sezione analizzata.

Le unità geotecniche individuate sono riepilogate nello schema seguente.

Tabella 4.1: Schema riassuntivo delle unità geotecniche e relativa corrispondenza con quelle geologiche

Depositi alluvionali attuali (b)	DEP		Questa unità geotecnica comprende i depositi non distinti in base al bacino di pertinenza assimilabili tra loro dal punto di vista della granulometria generalmente grossolano. Depositi ghiaioso-sabbiosi e subordinatamente sabbioso-limosi (b) e ghiaie e sabbie a granulometria da grossolana a media (bn).
Depositi completamente formati (bn)			
Sintema di Palomonte e Bottiglieri (BTL-PLMa)	BTL-PLMa		La facies più grossolana è visibile in affioramento ed è costituita da depositi conglomeratico-ghiaiosi alternati a sabbie.
Sintema di Palomonte e Bottiglieri (BTL-PLMb)	BTL-PLMb		La facies più fine è osservata esclusivamente nei sondaggi ed è costituita da depositi limoso-sabbiosi e limoso-argillosi.
Sintema di Palomonte e Bottiglieri (BTL-PLMc)			
Sintema di Auletta (AUL)	AUL		Argille omogenee grigio-azzurre con intercalazioni di orizzonti conglomeratico-ghiaiosi di potenza metrica. I conglomerati sono poligenici a matrice arenacea prevalente e presentano livelli di sabbie e argille.
Sintema della Certosa di Padula (PAD)	PADe2		Alternanze di argille grigie e nerastre, limi-sabbiosi passanti a sabbie limose marroni, con lenti ghiaiose e livelli torbosi.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO B1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

	PADb 	Depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi fluviali e di conoide alluvionale costituiti da ghiaie a clasti eterometrici, con matrice limoso-sabbioso-argillosa talora prevalente.
Argille Varicolori Inferiori (AVF)	AVF 	Argilliti, argilliti siltoso-marnose, argilliti quarzolitiche e argilliti scagliose solitamente molto tettonizzate con minori interstrati calcareo-marnosi. In sondaggio si presentano localmente caoticizzate.

Di seguito si riportano i parametri di resistenza dei terreni desunti dalla caratterizzazione geotecnica:

Tabella 4.2: Parametri geotecnici generali di progetto da Lotto 1A


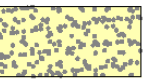
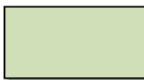

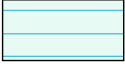

Parametri	DEP	BTL-PLMa	AVF
			
γ [kN/m ³]	20	21	20
ϕ [°]	28-35	33-40	20-27
c' [kPa]	0	0-20	15-50
c_u [kPa]	NA	NA	150-450
E' [MPa]	20-30 <10m 30-50 10-30m	45-100	20-50 < 20m 50-80 20-50m
E_0 [MPa]	150-300 <10m 300-400 10-30m 800 >30m	900-2000	200-700 < 20m 700-2000 20-50m
K [m/s]	$k_v = k_h =$ 5E-7 a 1E-5	$k_v = k_h =$ 1E-7 a 1E-6	$k_v = k_h =$ 5E-9 a 5E-8

Tabella 4.3: Parametri geotecnici generali di progetto

Parametri	AUL	PADe2	PADb
			
γ [kN/m ³]	19	18	19
ϕ [°]	20	18-25	30-36
c' [kPa]	45	10-30	0-5
c_u [kPa]	100-200	75 <10 m 100 10-20 m 125 20-30 m 150 >50	NA
E' [MPa]	10-20 fino a 30 m; 20-40 oltre i 30 m	12 – 24	22 - 45
E_0 [MPa]	-	100-200 <20 m 200-500 >20 m	200-400 <20 m 400-600 >20 m
K [m/s]	$k_v = k_h =$ 1E-9 a 1E-8	$k_v =$ 1E-10 a 1E-08 $k_h =$ 5E-08 a 5E-07	$k_v =$ 1E-09 a 1E-08 $k_h =$ 1E-06 a 2E-05

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisionali dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO B1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

5 SOFTWARE UTILIZZATI

Al fine di rappresentare il comportamento delle opere provvisionali di protezione delle pile durante le varie fasi di lavoro è opportuno l'impiego di un metodo di calcolo iterativo atto a simulare l'interazione in fase elasto-plastica terreno-paratia.

Allo scopo si impiega il programma di calcolo "PARATIEPLUS" della HarpaCeas s.r.l. di Milano.

Lo studio del comportamento di un elemento di paratia inserito nel terreno viene effettuato tenendo conto della deformabilità dell'elemento stesso, considerato in regime elastico, e soggetto alle azioni derivanti dalla spinta dei terreni, dalle eventuali differenze di pressione idrostatiche, dalle spinte dovute ai sovraccarichi esterni e dalla presenza degli elementi di contrasto.

La paratia viene discretizzata con elementi finiti monodimensionali a due gradi di libertà per nodo (spostamento orizzontale e rotazione).

Il terreno viene schematizzato con delle molle secondo un modello elasto-plastico; esso reagisce elasticamente sino a valori limite dello spostamento, raggiunti i quali la reazione corrisponde, a seconda del segno dello stesso spostamento, ai valori limite della pressione attiva o passiva.

Gli spostamenti vengono computati a partire dalla situazione di spinta "a riposo".

Con tale metodo, si può quindi seguire analiticamente la successione delle fasi di costruzione, di carico e di contrasto, consentendo di fornire informazioni attendibili sull'entità delle deformazioni e sugli effetti che esse inducono sul diagramma delle pressioni esercitate dal terreno sulla paratia.

I parametri che caratterizzano il modello dunque possono essere distinti in due classi: parametri di spinta e parametri di deformabilità del terreno che compaiono nella definizione della rigidità delle molle.

5.1 Parametri di spinta del terreno

I parametri di spinta sono:

pressione a riposo: $P'o = K_o \cdot \sigma'v$

con: K_o = coefficiente di spinta a riposo

$\sigma'v$ = tensione verticale efficace

pressione attiva: $P'a = K_a \cdot \sigma'v - c' \cdot K_{ac}$

con: K_a = coefficiente di spinta attiva, funzione di φ' e δ_a

$K_{ac} = 2 \cdot (K_a)^{0.5}$

δ_a = angolo di attrito terreno-paratia

pressione passiva: $P'p = K_p \cdot \sigma'v + c' \cdot K_{pc}$

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO B1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

con: K_p = coefficiente di spinta passiva, funzione di \square' e \square_p

$$K_{pc} = 2 \cdot (K_p)^{0.5}$$

δ_p = attrito terreno-paratia;

Il coefficiente di spinta a riposo è stato calcolato con la relazione di Mayne & Kulhavy:

Mentre i coefficienti di spinta attiva e passiva sono stati calcolati con la relazione di Lancellotta (2002) considerando un valore dell'angolo di attrito parete-terreno pari a $2/3$ di φ' :

5.2 Parametri di deformabilità del terreno

Per la definizione del modulo di Young si utilizza il modello elasto-plastico inserendo il valore di E manualmente. Il programma provvede automaticamente a calcolare le costanti di sottofondo per ogni fase di scavo come:

$$K_{monte} = \frac{E_m \cdot \Delta}{B_m} \quad e \quad K_{valle} = \frac{E_v \cdot \Delta}{B_v}$$

Dove Δ è il valore fornito dalla schematizzazione agli elementi finiti e B_m e B_v sono rispettivamente le estensioni laterali del cuneo di spinta attiva e passiva del terreno alla quota del baricentro del cuneo stesso, per ogni fase di scavo:

$$B_m = \frac{2}{3} \cdot A \cdot \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right)$$

$$B_v = \frac{2}{3} \cdot (A - H) \cdot \tan\left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2}\right)$$

con

$$A = \min(2H_{scavo}; H_{paratia})$$

Il valore del modulo in fase incrudente si assume pari a due volte il modulo di primo carico:

$$E_{ur} = 2 \cdot E_{vc}$$

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisionali dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO B1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

6 COMBINAZIONI E COEFFICIENTI PARZIALI

Le analisi sono state effettuate in conformità alla al DM 14 gennaio 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

In particolare la norma prevede due approcci progettuali distinti e alternativi. La prima combinazione, indicata con la sigla STRU, è quella di riferimento per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali. La seconda, indicata con la sigla GEO, è di riferimento per le verifiche di stabilità geotecnica.

Per le verifiche di resistenza allo stato limite ultimo si adotta l'approccio 1 previsto dalla normativa. Nella tabella seguente si riportano i coefficienti parziali indicati dalla normativa (moltiplicativi per le azioni e riduttivi per i parametri di resistenza del terreno).

Essendo opere provvisonali non risultano essere necessarie le verifiche allo S.L.E. Inoltre, facendo riferimento al paragrafo 2.4.1 dell'NTC18, le verifiche sismiche di opere di tipo 1 o in fase di costruzione possono omettersi quando il progetto prevede che tale condizione permanga per meno di 2 anni

Tabella 6-1 Combinazioni per analisi statiche SLU

	Azioni (γ_F)				Proprietà del terreno (γ_M)		
	Permanenti		Variabili		$\tan \varphi'$	c'	cu
	sfavorevoli	favorevoli	sfavorevoli	favorevoli			
STRU (A1 + M1)	1.30	1.00	1.50	0.00	1.00	1.00	1.00
GEO (A2 + M2)	1.00	1.00	1.30	0.00	1.25	1.25	1.40

6.1.1 Verifiche di resistenza degli elementi strutturali (STR)

Si considerano gli stati limite ultimi per raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali. L'analisi può essere svolta utilizzando la Combinazione 1 (A1+M1+R1), nella quale i coefficienti sui parametri di resistenza del terreno (M1) e sulla resistenza globale del sistema (R1) sono unitari, mentre le azioni permanenti e variabili sono amplificate mediante i coefficienti parziali del gruppo A1. Per le verifiche sui tiranti si utilizza il coefficiente R3.

6.1.2 Verifiche stabilità geotecnica (GEO)

Nelle verifiche agli stati limite ultimi per il dimensionamento geotecnico delle paratie (GEO), si considera lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e, specificamente, dal raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite nel terreno interagente con la paratia.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO B1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

L'analisi può essere condotta con la Combinazione 2 (A2+M2+R1), nella quale i parametri di resistenza del terreno sono ridotti tramite i coefficienti parziali del gruppo M2, i coefficienti γ_R sulla resistenza globale (R1) sono unitari e le sole azioni variabili sono amplificate con i coefficienti del gruppo A2.

I parametri di resistenza di progetto sono perciò inferiori a quelli caratteristici e di conseguenza il valore di progetto della spinta attiva è maggiore, e quello della resistenza passiva è minore, dei corrispondenti valori caratteristici. Le azioni di progetto E_d sono le risultanti o i momenti risultanti delle forze sulla paratia che producono il cinematismo di collasso ipotizzato, mentre le resistenze di progetto R_d sono le risultanti o i momenti risultanti delle forze che vi si oppongono.

In definitiva le analisi contemplano le seguenti combinazioni di carico.

- **SLU (STR)** per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali.
- **SLU (GEO)** per le verifiche di stabilità geotecnica.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO B1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

7 ANALISI DI PREDIMENSIONAMENTO DELLE OPERE

In questo capitolo si analizzeranno le diverse tipologie di opere presenti, che possono essere così riassunte:

- **Paragrafo 7.1:** Palanca puntonata
- **Paragrafo 7.2:** Paratia di pali □ 500 con tampone di fondo in Jet Grouting

7.1 Tipologia 1: Palanca puntonata

7.1.1 Descrizione dell'opera

Per l'esecuzione delle fondazioni delle pile dei viadotti, per limitare l'impronta dello scavo in situazioni di interferenza con altre opere, quando la profondità di scavo non supera i 5m, è prevista la realizzazione di una paratia rettangolare di palancole di tipo PU32 puntellate. Per le dimensioni specifiche si rimanda agli specifici elaborati grafici.

La lunghezza delle palancole è di 13 m (3.5 di scavo + 9.5 m di infissione). I puntelli sono profili tubolari con un diametro di 254 mm e uno spessore di 12,5 mm.

Tale intervento, è previsto in zone con diverse conformazioni geotecniche, di conseguenza sono state analizzate due differenti modellazioni di calcolo

- Modello di calcolo 1 – Palanca con interferenza linea ferroviaria esistente pk 3+761 (VIO1)
- Modello di calcolo 2 – Palanca con interferenza linea ferroviaria esistente pk 26+636 (VIO2)

Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	B1	R 11 CL	VI0003 001	A	19 di 37

OPDE
Palancole e tampone di fondo

OPDF
Palancole

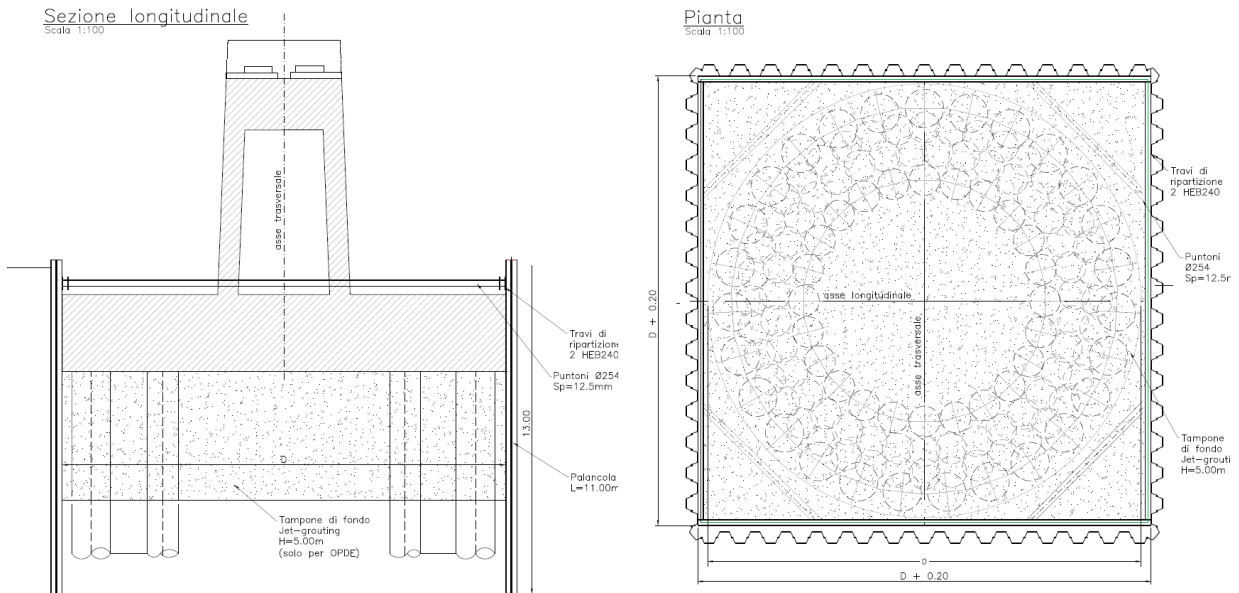


Figura 7.1: Sezione tipo – palancole puntonata

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO B1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

7.1.2 Modello geotecnico

I modelli geotecnici di calcolo spono stati definiti sulla base di quanto riportato nella Relazione Geotecnica e nel Profilo Geotecnico (doc. Rif. [C.1], da [C.2] a **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) ai quali si rimanda per le trattazioni di dettaglio. Si riporta a seguire una tabella che riassume i parametri geotecnici caratteristici assunti nelle due modellazioni.

Tabella 7-1: Stratigrafia di riferimento e parametri di progetto pk 3+761 (VI01) – Modello di calcolo 1

Unità Geotecnica	da	a	γ	φ'	c'	E
	(m)	(m)	(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(MPa)
BTL-PLMa	0	-50	21	35	0	20

Il livello di falda si trova a -1 m da p.c.

Tabella 7-2: Stratigrafia di riferimento e parametri di progetto pk 26+636 (VI02).– Modello di calcolo 2

Unità Geotecnica	da	a	γ	φ'	c'	E
	(m)	(m)	(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(MPa)
PADe2	0	-50	18.5	20	5	15

Il livello di falda si trova a -1 m da p.c.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO B1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

7.1.3 Analisi e principali risultati – Modello di calcolo 1

7.1.3.1 Fasi di calcolo

Di seguito si riportano le fasi di calcolo per la sezione analizzata ed anche le figure delle varie fasi di input; la quota di zero coincide con testa paratia.

L'analisi si compone complessivamente di 5 fasi di calcolo:

- Inizializzazione geostatica
- Esecuzione palancola (PU32, S275), inserimento carico di cantiere e carico accidentale da traffico ferroviario e permanente da ballast (rispettivamente $q=10 \text{ kN/m}^2$, $71,61 \text{ kN/m}^2$ e $14,4 \text{ kN/m}^2$).
- Scavo fino a quota -1.5m da P.C
- Installazione puntone temporaneo (-1m da P.C) (tipo S275 diametro 254mm, spessore 12.5 mm)
- Scavo fino a quota -4m da P.C. (3.5 +0.5 ai sensi del 6.5.2.2 da NTC18)

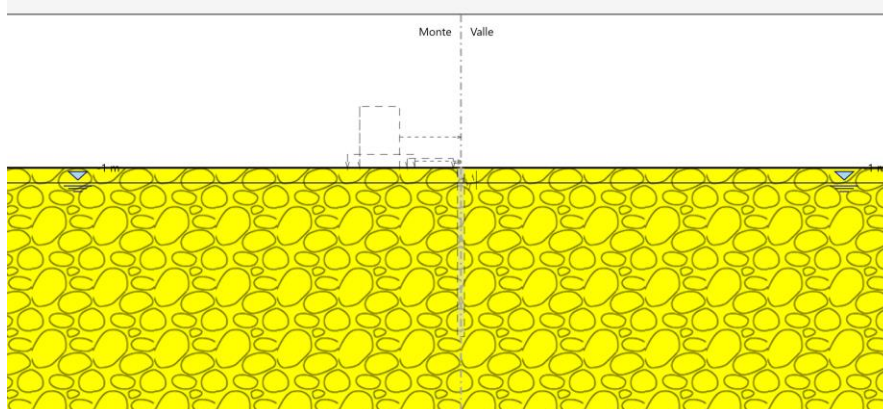


Figura 7.2: Fase 1: Inizializzazione geostatica

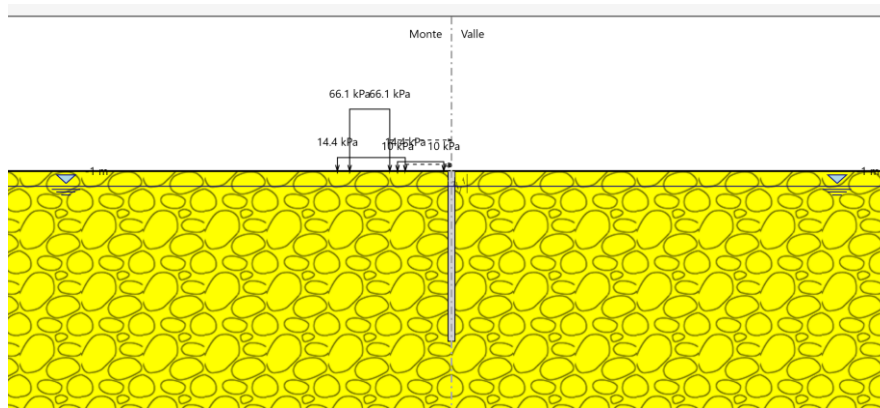


Figura 7.3: Fase 2: Esecuzione palancola + carico ferroviario + carico mezzi di cantiere

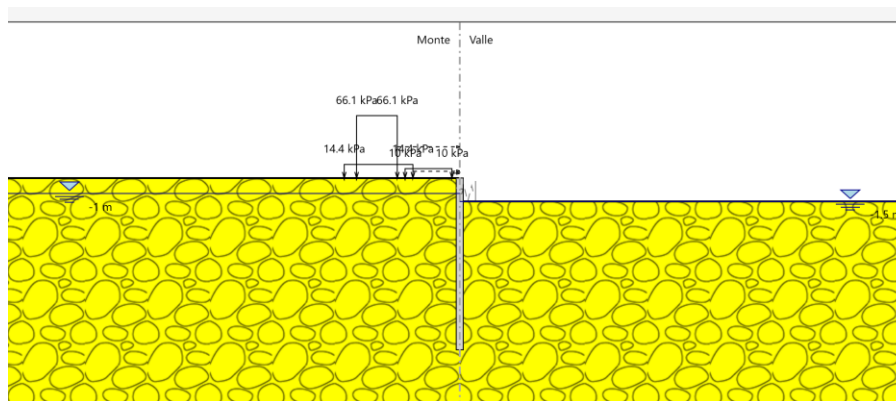


Figura 7.4: Fase 3: Scavo fino a -1.5m

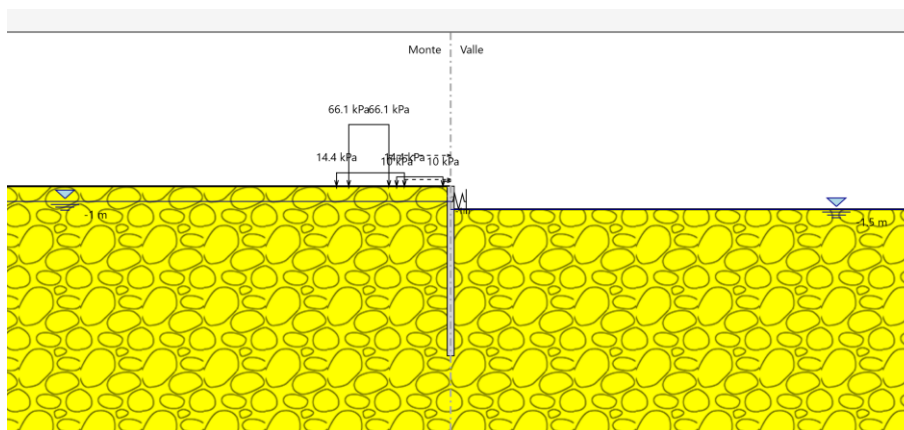


Figura 7.5: Fase 4: Installazione puntone

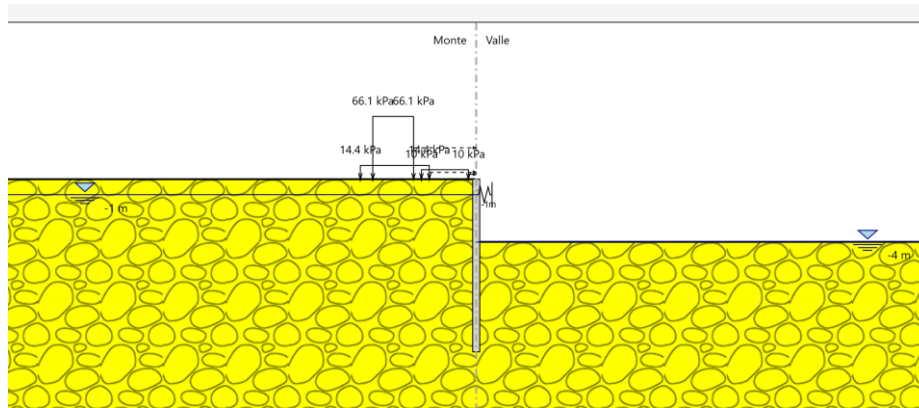


Figura 7.6: Fase 5: Scavo fino a -4m

7.1.3.2 Sollecitazioni SLU

Le figure seguenti mostrano il riepilogo delle spinte e delle sollecitazioni orizzontali sulla palanca, la distribuzione dei momenti e delle sollecitazioni di taglio per la combinazione SLU (A1+M1+R1) nella fase finale di scavo.

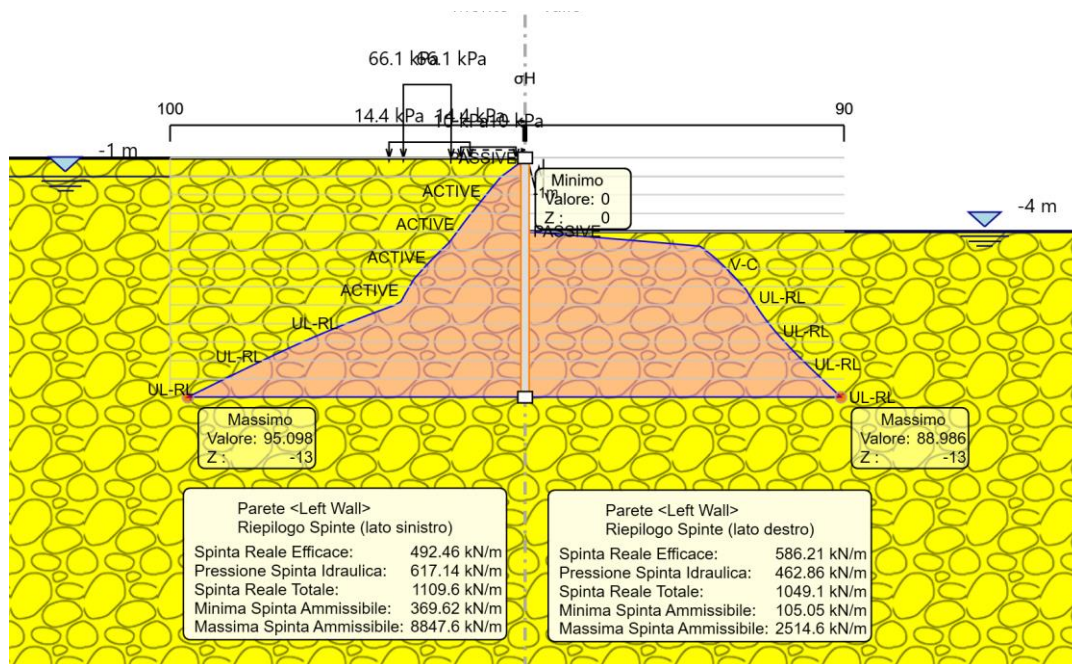


Figura 7.7: Tensioni orizzontali e riepilogo spinte. SLU, Fase 5.

Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	B1	R 11 CL	VI0003 001	A	24 di 37

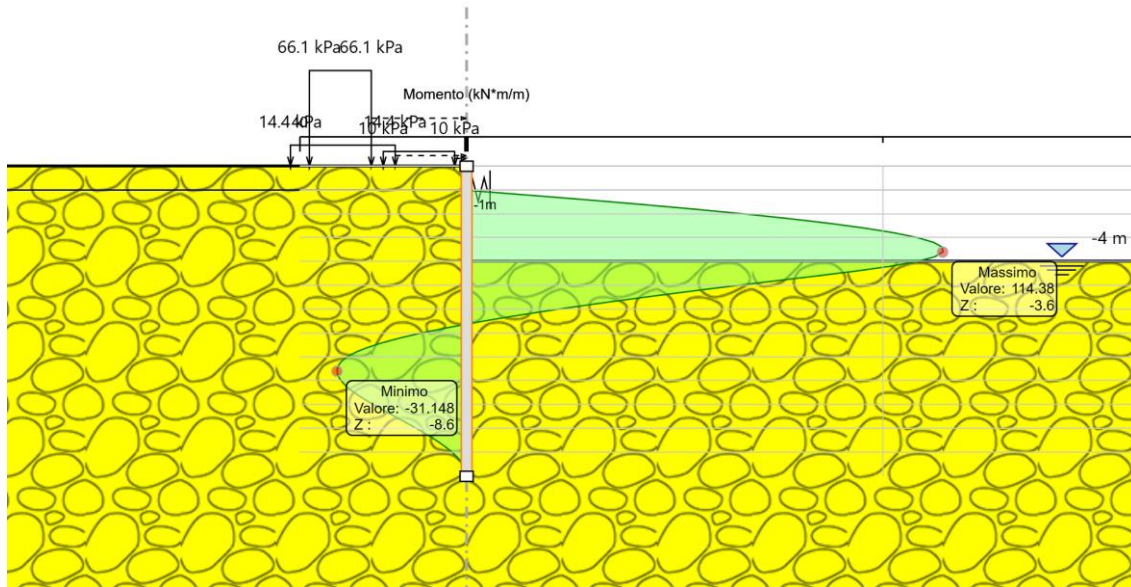


Figura 7.8: Momento SLU, Fase 5.

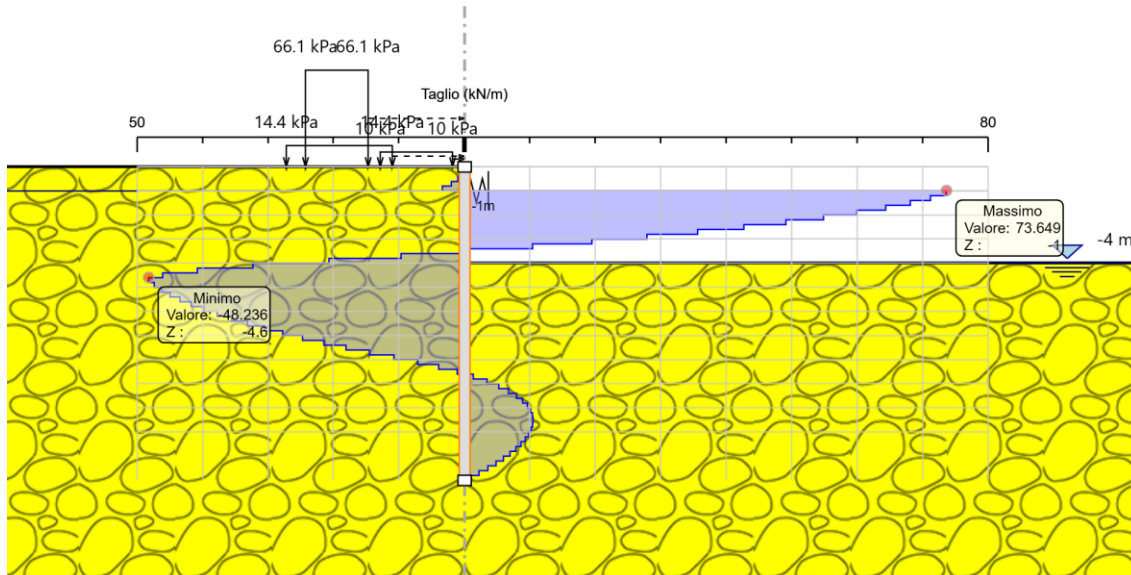


Figura 7.9: Taglio SLU, Fase 5.

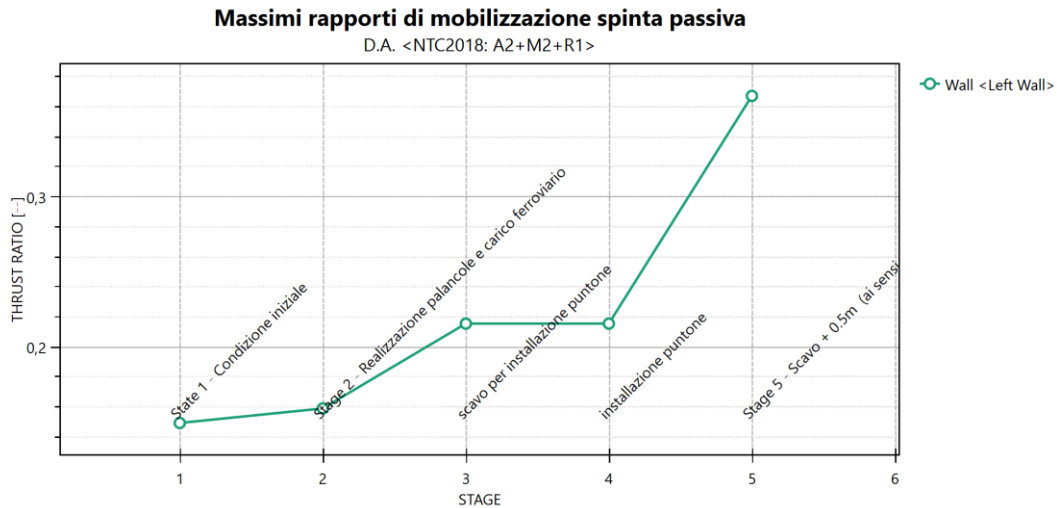


Figura 7.10: Mobilitazione spinta passiva S.L.U-GEO. Fase 5.

7.1.4 Spostamenti SLE

La figura seguente mostra gli spostamenti della palancole in combinazione SLE per la fase finale di scavo.

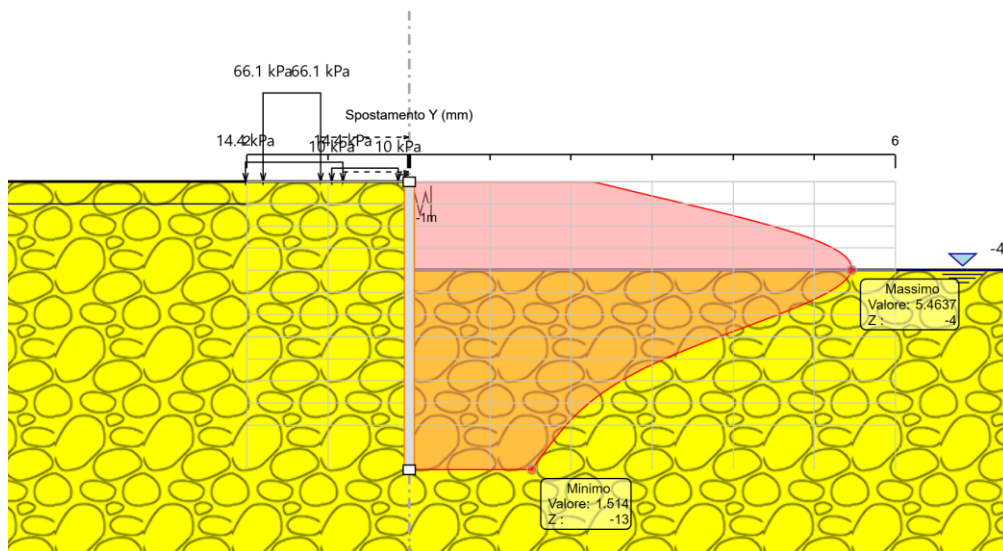


Figura 7.11: Spostamenti SLE, Fase 5.

Lo spostamento in testa risulta essere di 2.3mm, mentre lo spostamento massimo risulta essere circa 5.5mm a 4m di profondità.

7.1.5 Analisi e principali risultati – Modello di calcolo 2

7.1.5.1 Fasi di calcolo

Di seguito si riportano le fasi di calcolo per la sezione analizzata ed anche le figure delle varie fasi di input; la quota di zero coincide con testa paratia.

L'analisi si compone complessivamente di 5 fasi di calcolo:

- Inizializzazione geostatica
- Esecuzione palancola (PU32, S275), inserimento carico di cantiere e carico accidentale da traffico ferroviario e permanente da ballast (rispettivamente $q=10 \text{ kN/m}^2$, $71,61 \text{ kN/m}^2$ e $14,4 \text{ kN/m}^2$).
- Scavo fino a quota -1.5m da P.C.
- Installazione puntone temporaneo (-1m da P.C) (tipo S275 diametro 254mm, spessore 12.5 mm)
- Scavo fino a quota -4m da P.C, (3.5 +0.5 ai sensi del 6.5.2.2 da NTC18)

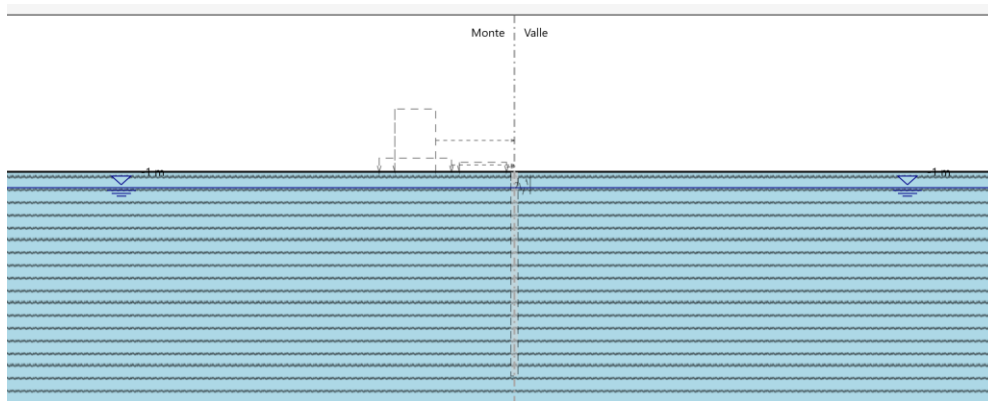


Figura 7.12: Fase 1: Inizializzazione geostatica

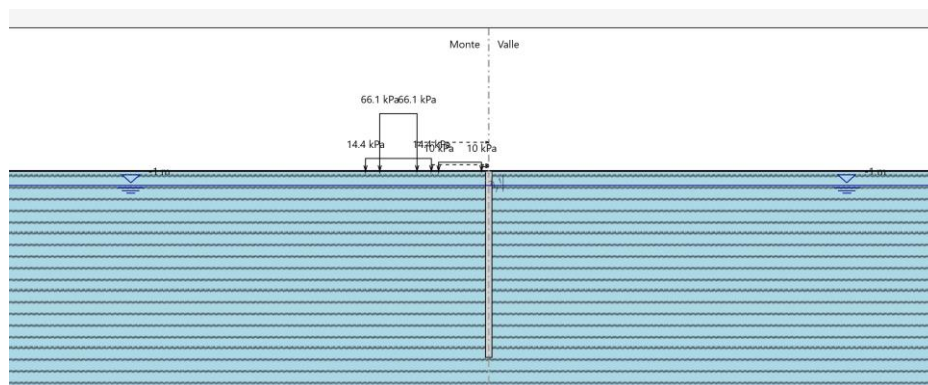


Figura 7.13: Fase 2: Esecuzione palancola + carico ferroviario + carico mezzi di cantiere

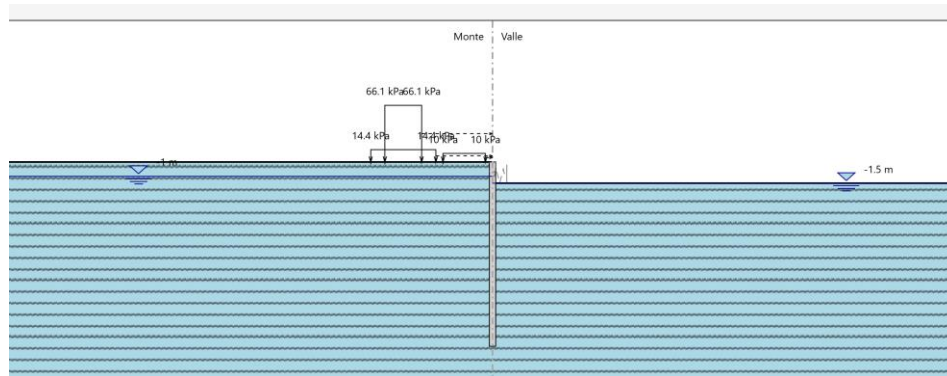


Figura 7.14: Fase 3: Scavo fino a -1.5m

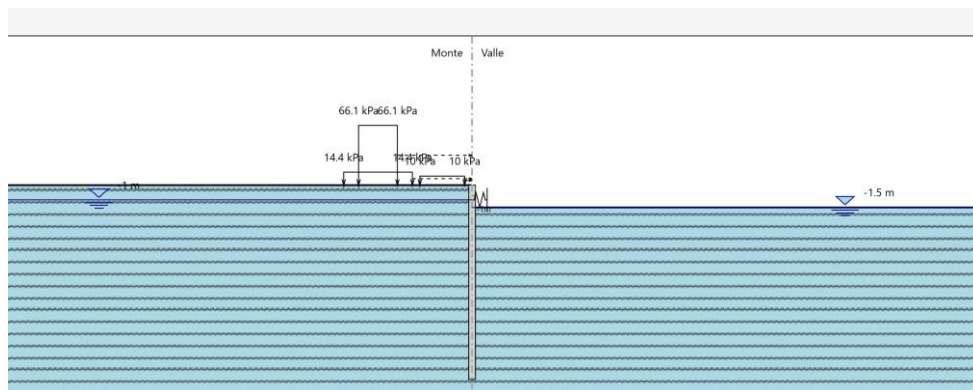


Figura 7.15: Fase 4: Installazione puntone

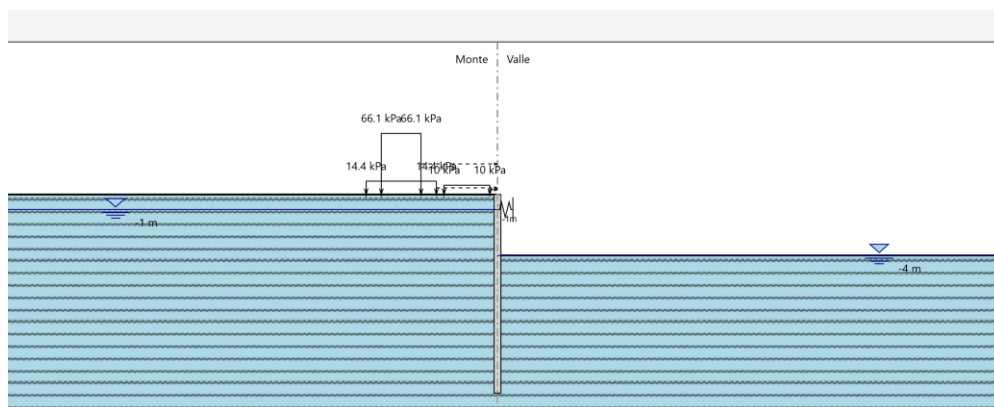


Figura 7.16: Fase 5: Scavo fino a -4m

7.1.5.2 Sollecitazioni SLU

Le figure seguenti mostrano il riepilogo delle spinte e delle sollecitazioni orizzontali sulla palancola, la distribuzione dei momenti e delle sollecitazioni di taglio per la combinazione SLU (A1+M1+R1) nella fase finale di scavo.

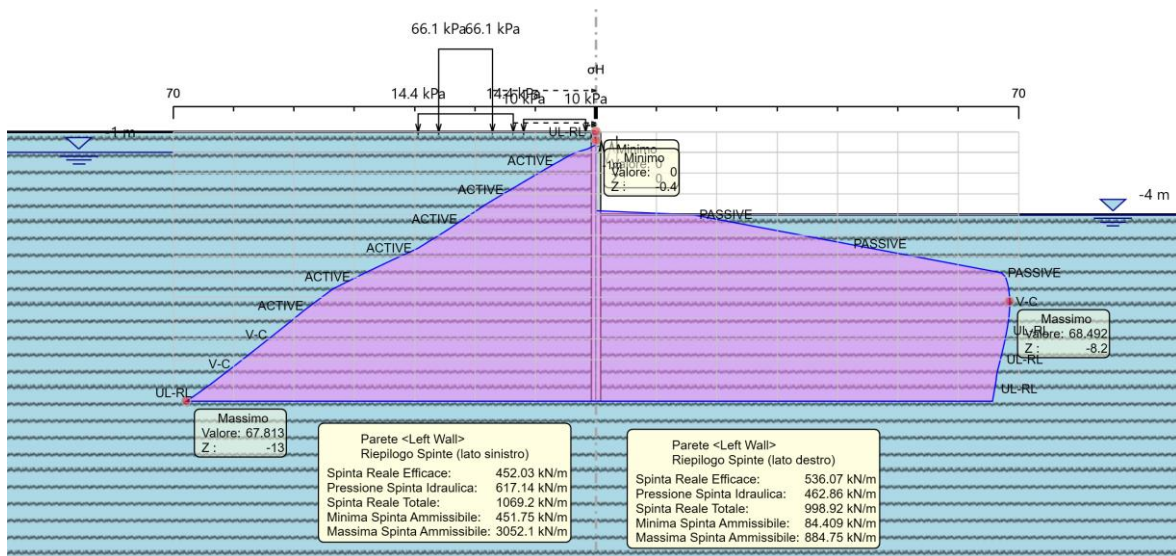


Figura 7.17: Tensioni orizzontali e riepilogo spinte. SLU, Fase 5.

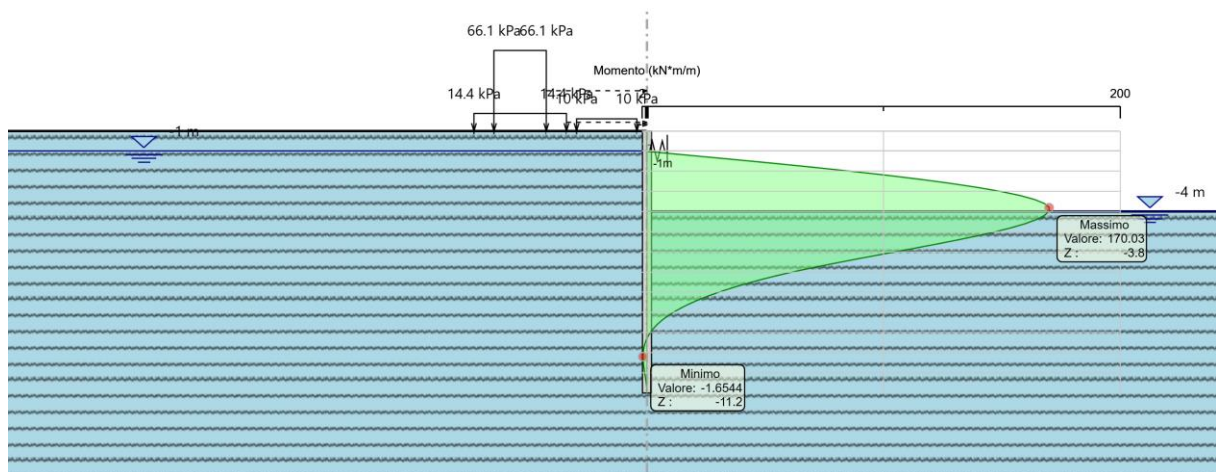


Figura 7.18: Momento SLU, Fase 5.

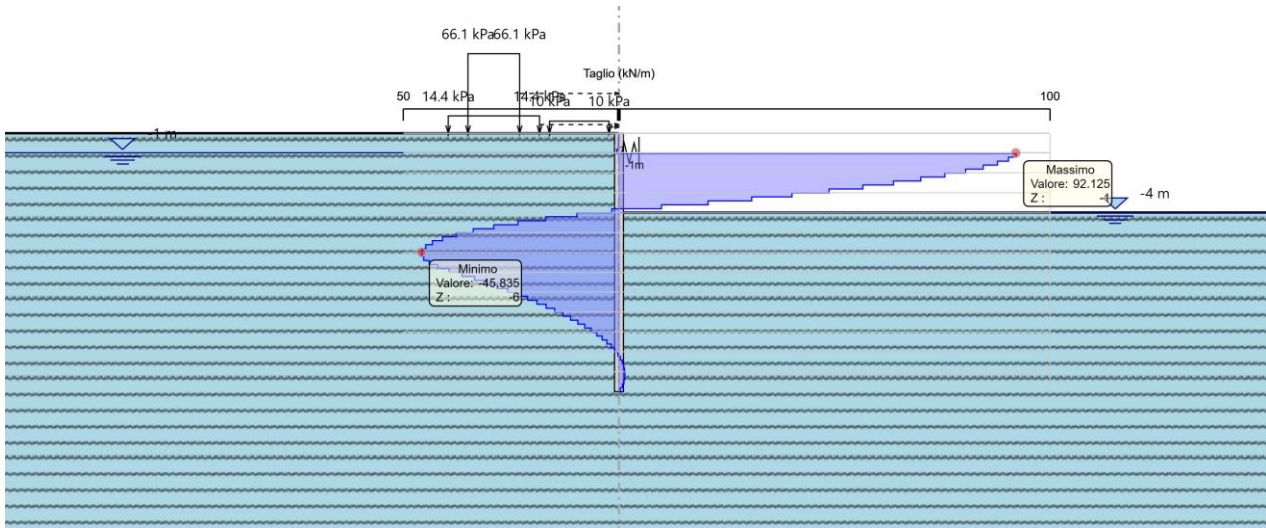


Figura 7.19: Taglio SLU, Fase 5.

Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

D.A. <NTC2018: A2+M2+R1>

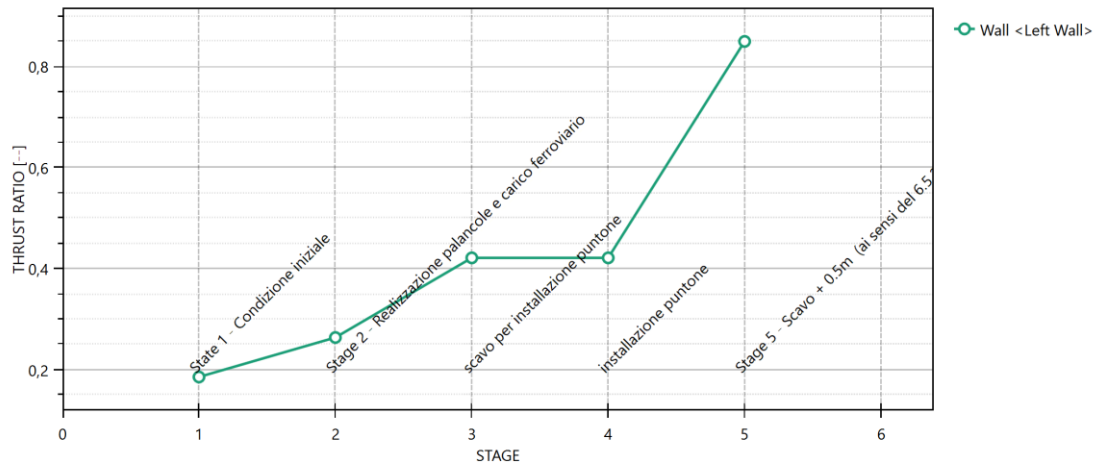


Figura 7.20: Mobilitazione spinta passiva S.L.U-GEO. Fase 5.

7.1.5.3 Spostamenti SLE

La figura seguente mostra gli spostamenti della palancola in combinazione SLE per la fase finale di scavo.

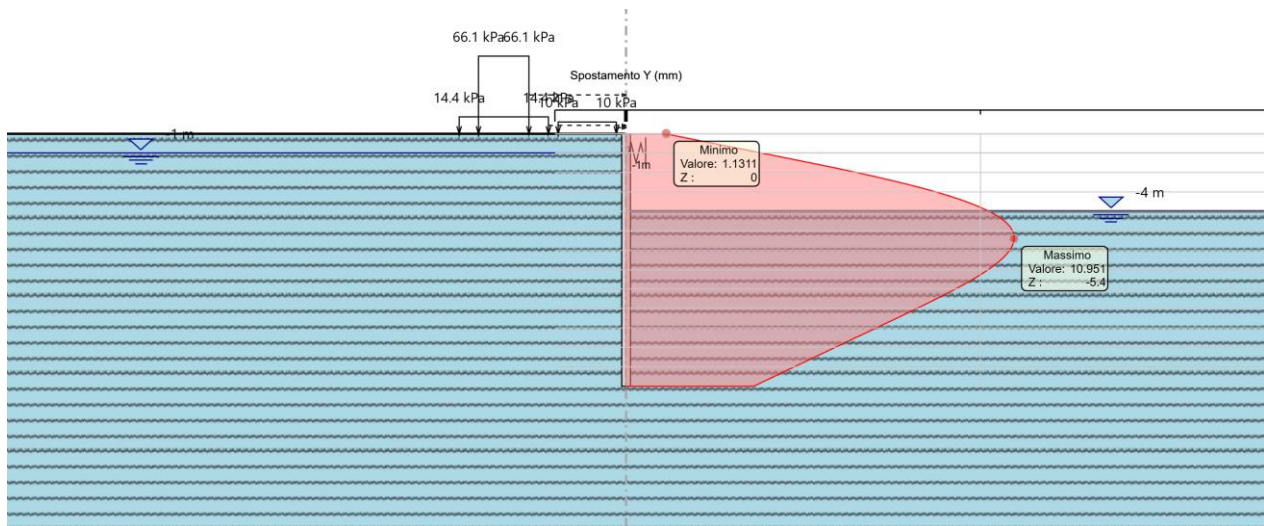


Figura 7.21: Spostamenti SLE, Fase 5.

Lo spostamento in testa risulta essere di 1mm, mentre lo spostamento massimo risulta essere pari a 1cm a 5.5m di profondità.

	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisionali dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO B1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

7.2 Tipologia 2: Paratia di pali ϕ 500 e tampone di fondo

7.2.1 Descrizione dell'opera

Per l'esecuzione delle fondazioni delle pile dei viadotti, in corrispondenza delle fondazioni dove è ritenuta problematica l'infissione delle palancole nei terreni di fondazione come ad esempio i terreni granulari di grosse pezzature, è prevista la realizzazione di una paratia circolare mediante uno pali di 0,5 m di diametro con un interasse di 0,6 m.

Tale tipologia è stata inoltre utilizzata per la sua maggiore versatilità rispetto all'utilizzo di palancole, per la realizzazione dei plinti circolari dei pozzi di fondazione.

Il calcolo è stato eseguito prendendo come sezione rappresentativa quella corrispondente alla progressiva 5+533 (viadotto VI01) dove vi è l'interferenza con un fiume

La lunghezza dei pali che compongono la paratia di pali è di 11m (3.5m di scavo + 7.5 m di infissione)

Tabella 7-3: Dati geometrici dell'opera provvisoria

H pali	H scavo	Infissione	Diam. Pali	Interasse
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
11	3.5	7.5	0,5	0,6

Data la presenza della falda a circa -0m dal p.c. viene realizzato un tappo di fondo in jet grouting.

Il modello di calcolo è considerato in condizione assisimmetrica.

OPDA
Pali medio diametro + jet grouting + tampone di fondo

OPDB
Pali medio diametro + jet grouting

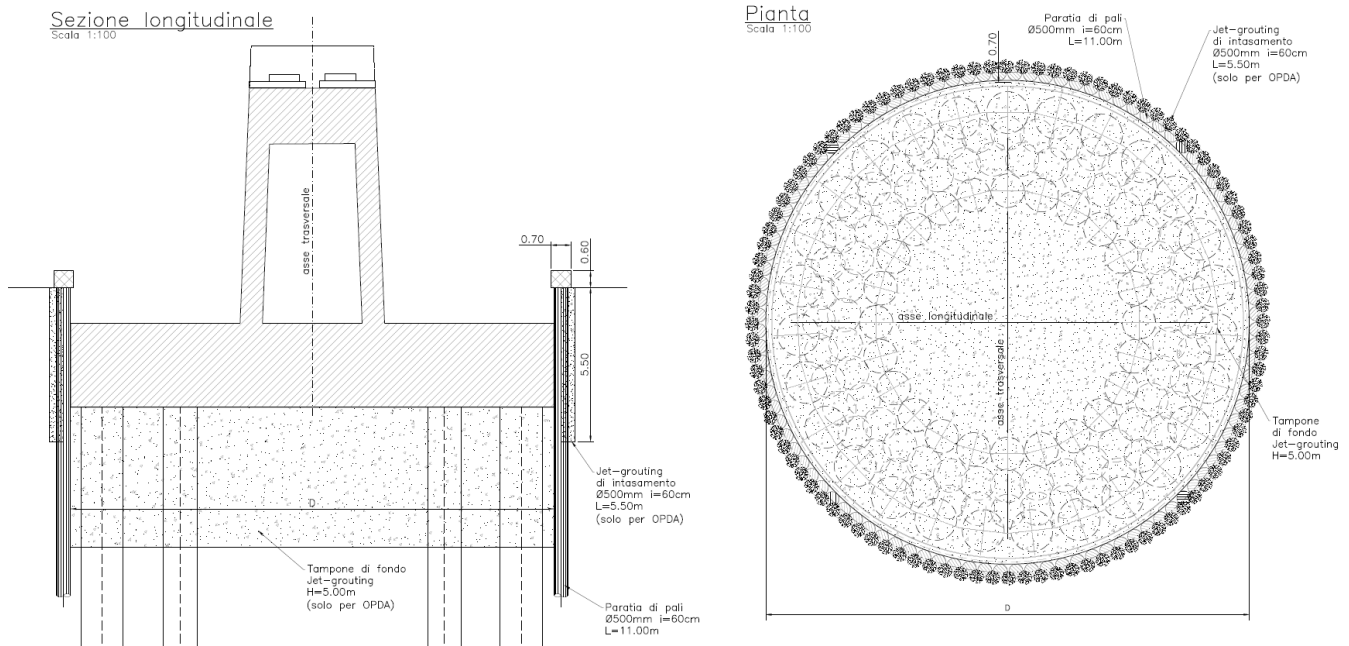


Figura 7.22: Sezione tipo – pali diametro 500mm (con tappo di fondo in jet grouting)

7.2.2 Modello geotecnico

Il modello geotecnico di calcolo è stato definito sulla base di quanto riportato nella Relazione Geotecnica e nel Profilo Geotecnico, allegati al presente progetto e ai quali si rimanda per le trattazioni di dettaglio. Si riporta a seguire una tabella che riassume i parametri geotecnici caratteristici assunti nel calcolo e uno stralcio del profilo geotecnico.

Tabella 7-4: Stratigrafia di riferimento e parametri di progetto.– Pali e tappo di fondo

Unità Geotecnica	da	a	γ	φ'	c'	E
	(m)	(m)	(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(MPa)
DEP	0	-50	19	28	0	20
Jet Grouting DEP	-3.5	-8.5	19	28	200	1000

Il livello di falda si trova a -0m da p.c.

7.2.3 Fasi di calcolo

Di seguito si riportano le fasi di calcolo per la sezione analizzata ed anche le figure delle varie fasi di input; la quota di zero coincide con testa paratia.

L'analisi si compone complessivamente di 3 fasi di calcolo:

- Inizializzazione geostatica.
- Esecuzione paratia (pali diametro 500mm, interasse 0.6m) e tampone di fondo in Jet Grouting (5m spessore), inserimento carico di cantiere ($q=10 \text{ kN/m}^2$).
- Scavo fino a quota -4m (3.5 +0.5 ai sensi del 6.5.2.2 da NTC18)

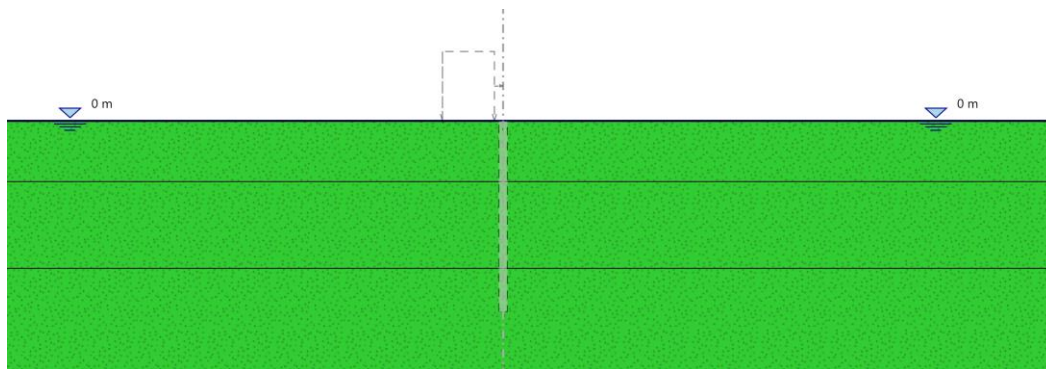


Figura 7.23: Fase 1: Inizializzazione geostatica

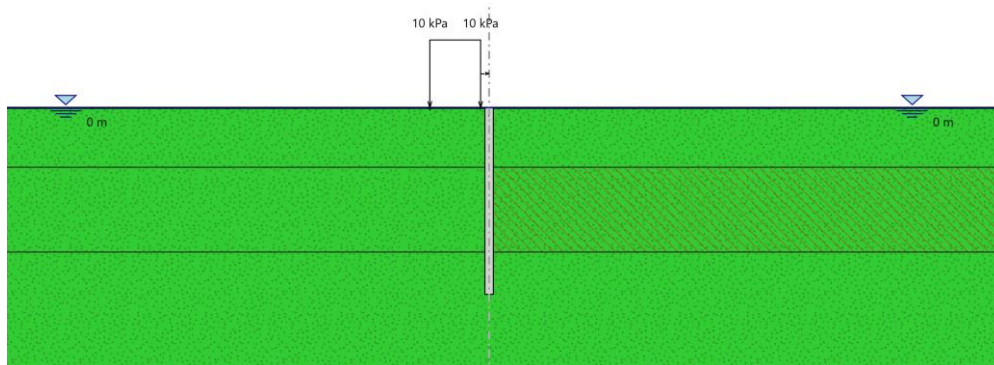


Figura 7.24: Fase 2: Esecuzione pali d=500 + carico mezzi di cantiere

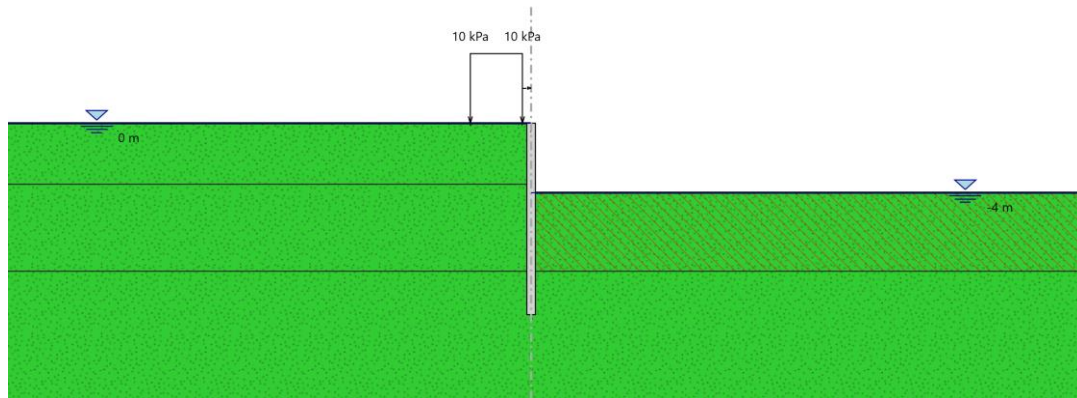


Figura 7.25: Fase 3: Scavo fino a -4m

7.2.4 Sollecitazioni SLU

Le figure seguenti mostrano il riepilogo delle spinte e delle sollecitazioni orizzontali sulla palanca, la distribuzione dei momenti e delle sollecitazioni di taglio per la combinazione SLU (A1+M1+R1) nella fase finale di scavo.

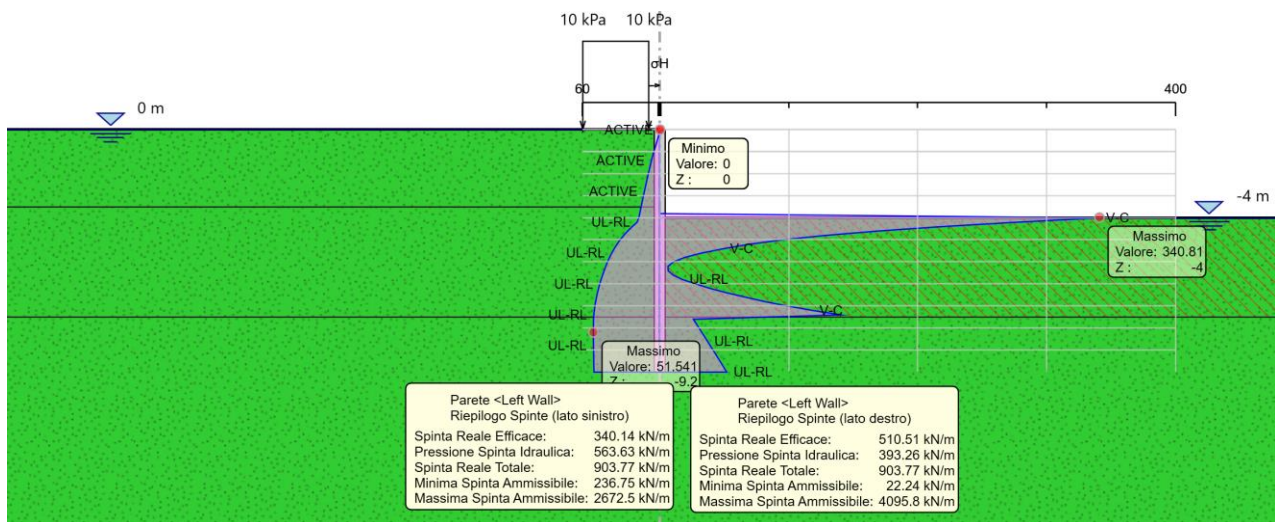


Figura 7.26: Tensioni orizzontali e riepilogo spinte. SLU, Fase 3.

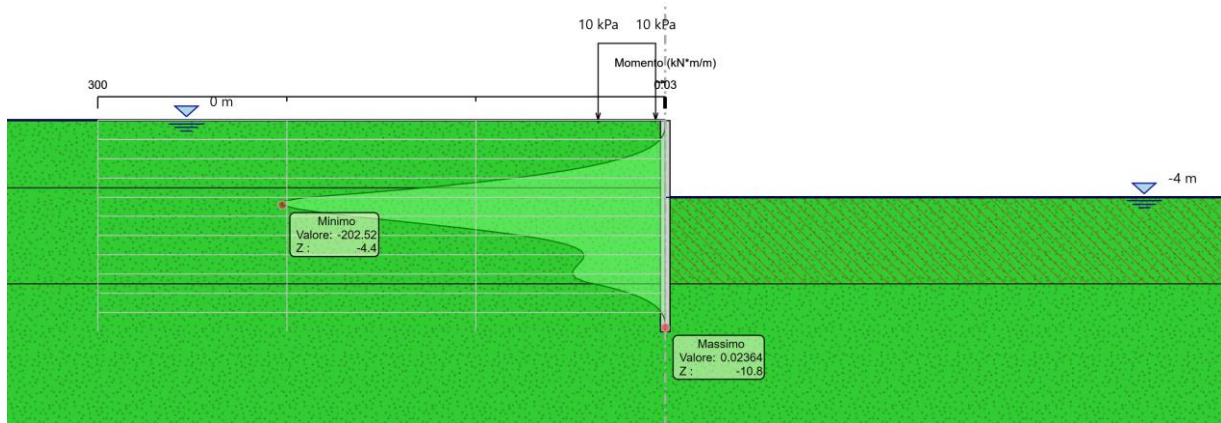


Figura 7.27: Momento SLU, Fase 3

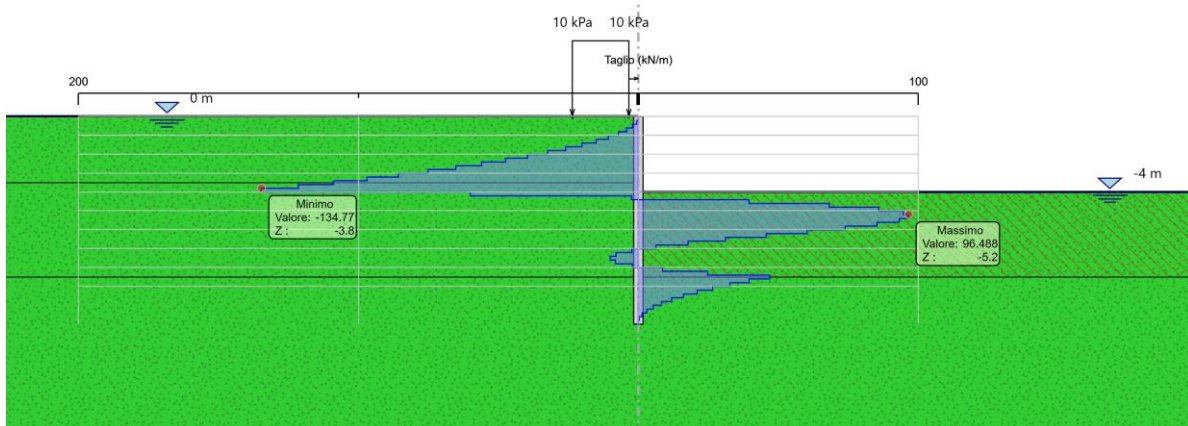


Figura 7.28: Taglio SLU, Fase 3

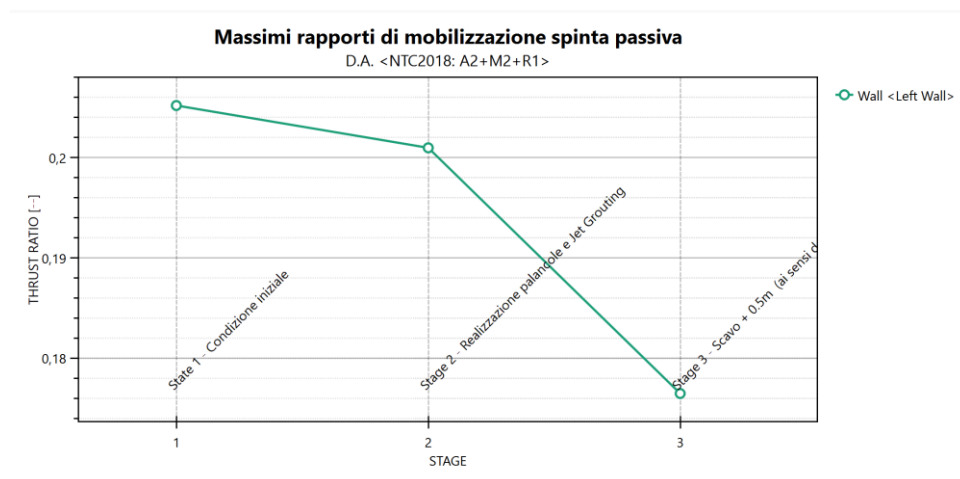


Figura 7.29: Mobilizzazione spinta passiva S.L.U-GEO. Fase 3

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO B1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

7.2.5 Spostamenti SLE

La figura seguente mostra gli spostamenti della palancola in combinazione SLE per la fase finale di scavo.

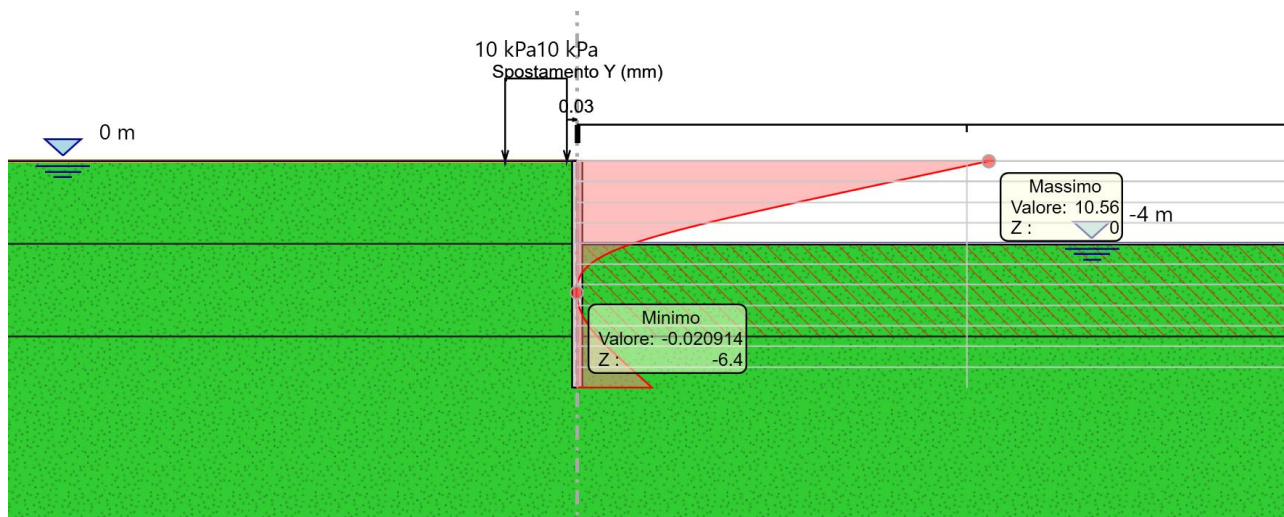


Figura 7.30: Spostamenti SLE, Fase 3

Lo spostamento massimo in testa risulta essere di 1 cm, mentre lo spostamento alla base risulta essere pari a 1mm

7.2.6 Verifiche idrauliche

Considerando cautelativamente la quota di falda coincidente al p.c. si effettua la verifica a sollevamento del tappo di fondo. Nella verifica, ai fini del calcolo del peso proprio del tampone, è stato considerato il volume cilindrico. La spinta dell'acqua è considerata agente sull'intera superficie inferiore del tampone ed è stato inoltre portato in conto l'attrito paratia-tampone.

Tabella 7-1: Verifica sollevamento tampone jet grouting cilindrico.

DATI DI INPUT			
z_w	0	m	Quota falda da p.c.
z_{fs}	-3,5	m	Quota fondo scavo da p.c.
L	17	m	Larghezza sezione
$H_{terr,1}$	0	m	Altezza terreno sopra tampone
H_{tamp}	5	m	Altezza tampone
$H_{terr,2}$	0	m	Altezza terreno sotto tampone, compreso tra le paratie
H_w	11	m	Battente idraulico a base tampone
$\gamma_{terr,1}$	19,0	kN/m ³	Peso specifico terreno sopra il tampone
γ_{tamp}	17,1	kN/m ³	Peso specifico tampone
$\gamma_{terr,2}$	19,0	kN/m ³	Peso specifico terreno sotto tampone, compreso tra le paratie
Tensioni totali			Metodo di analisi adesione jet grouting (tensioni totali; tensioni efficaci)

Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2A	B1	R 11 CL	VI0003 001	A	37 di 37

FORZE STABILIZZANTI			
$P_{terr,1}$	0	kN/m	Peso terreno sopra tampone fattorizzato
P_{tamp}	1308,2	kN/m	Peso tampone fattorizzato
$P_{terr,2}$	0,0	kN/m	Peso terreno sotto tampone fattorizzato
FORZE INSTABILIZZANTI			
S_w	2057,0	kN/m	Sottospinta fattorizzata
FS	0,636	NO	Verifica Preliminare FS UPL
PARAMETRI TERRENO TRATTATO E TERRENO NATURALE			
	2/3		Coeff. multipl. Attrito
$\phi_{terr,1}$	28	°	Angolo attrito terreno naturale sopra il tampone
$\tan \delta_{terr,1}$	0,338		$\tan(\delta)$ interfaccia terreno naturale
$\tan \delta_{terr,1}$	0,270		$\tan(\delta)$ fattorizzata (M2=1.25)
$\phi_{terr,2}$	28	°	Angolo d'attrito terreno sotto il tampone, compreso tra le paratie
$\tan \delta_{terr,2}$	0,338		$\tan(\delta)$ interfaccia terreno naturale
$\tan \delta_{terr,2}$	0,270		$\tan(\delta)$ fattorizzata (M2=1.25)
σ_{compr}	5000	kPa	Resistenza compressione Jet (2 MPa terreni coesivi; 5MPa terreni granulari)
σ_{traz}	0	kPa	Resistenza trazione Jet
$u_{fondoscavo}$	0,0	kPa	Pressione fondo scavo
$u_{piedetamp}$	110,0	kPa	Pressione fondo tampone
$S_{wh\ ret}$	0,0	kN/m	Spinta acqua - aliquota rettangolare
$S_{wh\ tri}$	275,0	kN/m	Spinta acqua - aliquota triangolare
S_{wh}	275,0	kN/m	Spinta orizzontale acqua su diaframma
FATTORE DI SICUREZZA			
FS	1,730	OK	Fattore di sicurezza UPL

Figura 7.31: Schema di calcolo tampone circolare di jet grouting.