

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 1C BUONABITACOLO – PRAIA**

### GEOTECNICA

Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisionali dei viadotti ferroviari

SCALA:

-

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

R C 2 A C 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. Rotunno 	Luglio 2023	I. Di Amore 	Luglio 2023	L. Berardi Luglio 2023 

File: RC2AC1R11CLVI0003001A.docx

n. Elab.

INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
1.1	APPROCCIO PROGETTUALE	4
<b>2</b>	<b>NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO</b>	<b>7</b>
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
2.2	DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO	7
<b>3</b>	<b>MATERIALI</b>	<b>8</b>
3.1	CALCESTRUZZO PALI DI FONDAZIONE	8
3.2	ACCIAIO D'ARMATURA	8
3.3	ACCIAIO PER PALANCOLE, PUNTONI E TRAVI	9
3.4	ACCIAIO PER TIRANTI	9
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOTECNICO</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>SOFTWARE UTILIZZATI</b>	<b>12</b>
5.1	PARAMETRI DI SPINTA DEL TERRENO	12
5.2	PARAMETRI DI DEFORMABILITÀ DEL TERRENO	13
<b>6</b>	<b>COMBINAZIONI E COEFFICIENTI PARZIALI</b>	<b>14</b>
6.1.1	Verifiche di resistenza degli elementi strutturali (STR) .....	14
6.1.2	Verifiche stabilità geotecnica (GEO).....	15
<b>7</b>	<b>ANALISI DI PREDIMENSIONAMENTO DELLE OPERE</b>	<b>16</b>
7.1	TIPOLOGIA 1: PALANCOLA PUNTONATA	16
7.1.1	Descrizione dell'opera.....	16
7.1.2	Modello geotecnico.....	17

7.1.3 Fasi di calcolo.....	17
7.1.3.1 Sollecitazioni SLU.....	20
7.1.3.2 Spostamenti SLE.....	22
7.2 TIPOLOGIA 2: PARATIA DI PALI D500 E TAMPONE DI FONDO.....	23
7.2.1 Descrizione dell'opera.....	23
7.2.2 Modello geotecnico.....	24
7.2.3 Fasi di calcolo.....	25
7.2.4 Sollecitazioni SLU.....	26
7.2.5 Spostamenti SLE.....	28
7.2.6 Verifiche idrauliche.....	29
7.3 TIPOLOGIA 3: PARATIA DI PALI $\Phi$ 500 TIRANTATI.....	31
7.3.1 Descrizione dell'opera.....	31
7.3.2 Modello geotecnico.....	32
7.3.3 Fasi di calcolo.....	32
7.3.4 Sollecitazioni SLU.....	36
7.3.5 Spostamenti SLE.....	38

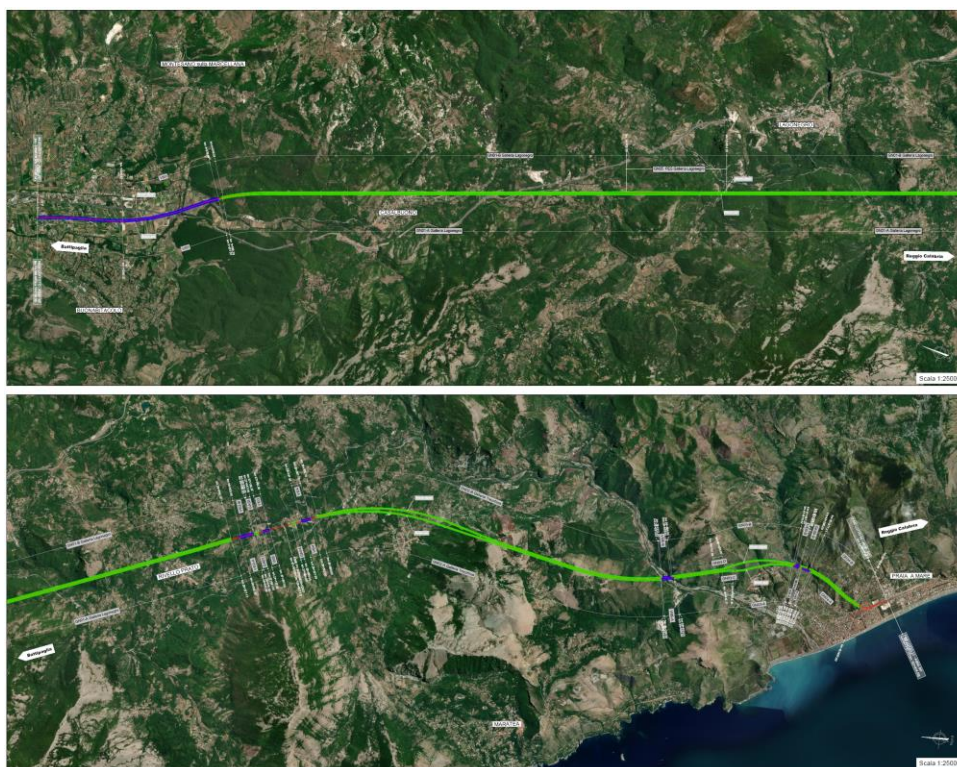
	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA</b>					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisionali dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO A1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

## 1 PREMESSA

La presente progettazione di fattibilità tecnica ed economica ha ad oggetto il Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica della “Linea Salerno-Reggio Calabria – Nuova Linea AV Salerno-Reggio Calabria”, Lotto 1C della tratta Battipaglia-Praia, denominato " Buonabitacolo-Praia". Il lotto 1C è individuato come prioritario e inserito all'interno del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) tra le opere da finanziare nell'ambito della missione “Infrastrutture per una Mobilità Sostenibile.

Il tracciato si sviluppa in doppio binario a partire dalla fine del lotto 1B in corrispondenza della stazione di Buonabitacolo e lo sviluppo complessivo è di circa 45 Km e comprende tratti in rilevato, trincea,viadotti e gallerie.

Dal punto di vista morfologico, il settore iniziale del tracciato incontra un lungo tratto pianeggiante sul fondo del Vallo di Diano; alla terminazione sud del Vallo di Diano inizia un tratto collinare con versanti generalmente poco acclivi, mentre a partire da Casalbuono il profilo topografico si fa pronunciato e accidentato per la presenza di rilievi montuosi tipicamente appenninici, fino a sud di Trecchina. Le uniche eccezioni a questo schema sono rappresentate dall'incisione della valle del Noce e la depressione strutturale di Brefaro. A sud di Trecchina il tracciato esce dalla zona montagnosa, seppur in evidente abbassamento verso la costa tirrenica, per un brevissimo tratto di 170 m a cavallo del corso del Fiume Noce e infine in corrispondenza della Fiumarella Tortora.



*Figura 1-1: Corografia di inquadramento con tracciato*

	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA</b>					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO A1	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 acclività del piano di 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, gli scavi sono resi impermeabili mediante la 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.

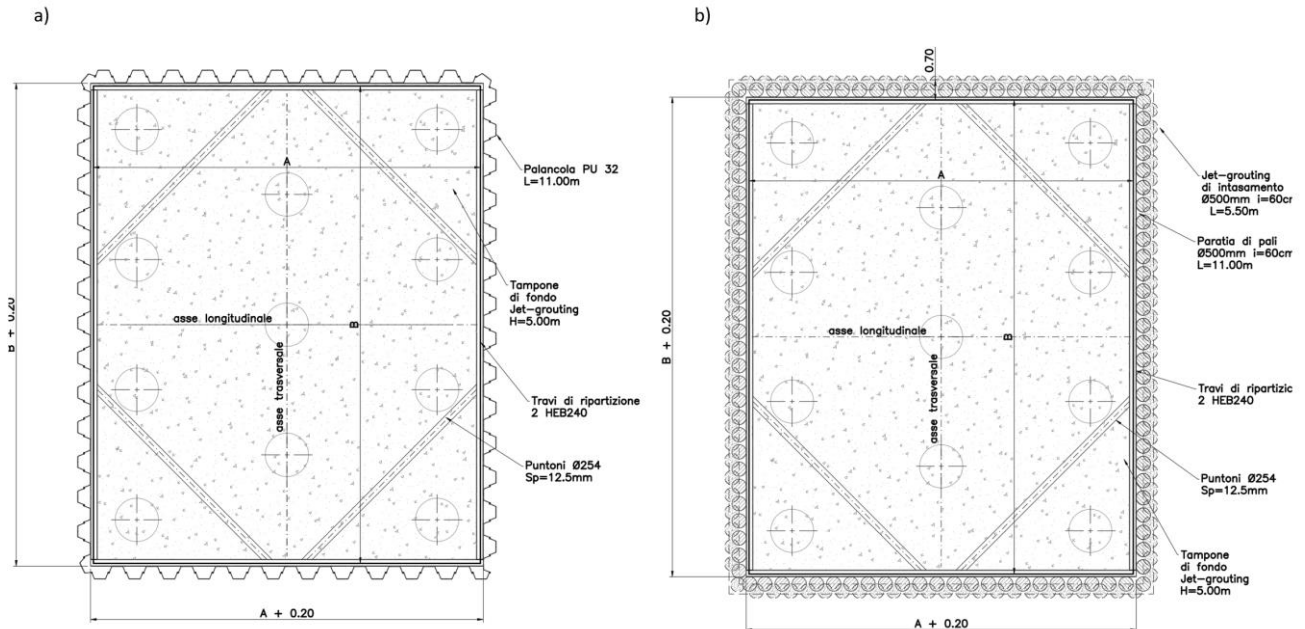


Figura 1-2: Planimetria opere di sostegno provvisorie alle fondazioni viadotti a) con paratia di palancole metalliche puntonata e b) con paratia di pali D500 puntonata

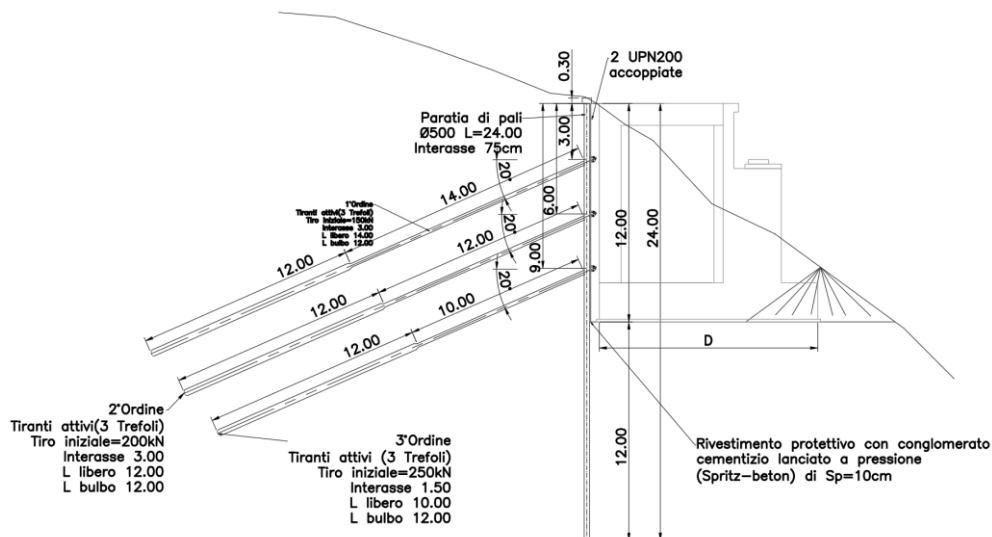
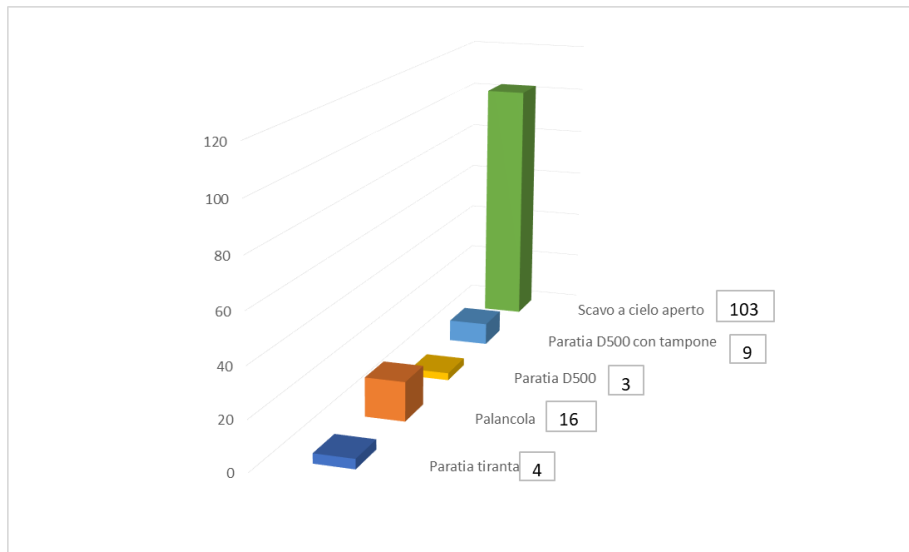


Figura 1-3: Sezione opera di sostegno provvisoria alle fondazioni dei viadotti con paratia di pali D500 tirantata

Nell'elenco che segue si riportano gli elaborati progettuali che complessivamente descrivono le opere provvisionali:

- ❖ Carpenteria tipologici opere provvisionali viadotti ferroviari sono rappresentati nell'elaborato RC2C1R11PAVI0003003.
- ❖ Carpenteria tipologici fondazioni viadotti ferroviari tav 1/2 sono rappresentati nell'elaborato RC2C1R11PAVI0003001.
- ❖ Carpenteria tipologici fondazioni viadotti ferroviari tav 2/2 sono rappresentati nell'elaborato RC2C1R11PAVI0003002.
- ❖ L'assegnazione dei tipologici per le singole pile/spalle è esplicitata nella "tabella opere provvisionali e scavi" riportata all'interno di ogni tavola di "pianta fondazioni, sezioni longitudinali e sezioni tipo".

Nella figura che segue è riportata la distribuzione delle diverse tipologie di opere provvisionali adottate per la realizzazione delle fondazioni dei viadotti ferroviari



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

	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA</b>					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO A1	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.

### 2.2 **Documentazione di progetto**

Inoltre si fa riferimento ai seguenti documenti:

- [C.1]. Relazione geotecnica opere all'aperto: RC2A.C1.R.11.GE.GE0006.001
- [C.2]. Planoprofilo geotecnico Tav. da 1 a 4: RC2A.C1.R11.L5.GE0006.001-4
- [C.3]. Carpenteria tipologici opere provvisorie viadotti ferroviari sono rappresentati nell'elaborato RC2C1R11PAVI0003003.
- [C.4]. Carpenteria tipologici fondazioni viadotti ferroviari tav 1/2 sono rappresentati nell'elaborato RC2C1R11PAVI0003001.
- [C.5]. Carpenteria tipologici fondazioni viadotti ferroviari tav 2/2 sono rappresentati nell'elaborato RC2C1R11PAVI0003002.





### 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

### 3.4 Acciaio per tiranti

Il trefolo ha una sezione nominale di  $182 \text{ mm}^2$  ed un diametro nominale di  $15.2 \text{ mm}$  (0.6").

- $f_{p(1)k} = 1670 \text{ N/mm}^2$  tensione di snervamento
- $f_{ptk} = 1860 \text{ N/mm}^2$  tensione di rottura

	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA</b>					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO A1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A









#### 4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

A partire dal modello geologico e sulla base dell'interpretazione dei risultati delle indagini disponibili, sono state identificate le unità geotecniche di riferimento, cioè unità aventi comportamento omogeneo dal punto di vista meccanico. Per l'individuazione delle unità geotecniche sono stati analizzati e correlati i dati stratigrafici corrispondenti alle verticali di sondaggio delle diverse campagne di indagine e i risultati delle prove in sito e di laboratorio disponibili, il tutto con riferimento e come descritto nella relazione geotecnica delle opere all'aperto di progetto.

Le unità geotecniche individuate coincidono con le unità geologiche identificate nella campagna di riconoscimento eseguita; di seguito sono elencate in ordine di età geologica crescente, mostrando il colore corrispondente alla legenda geologica/geotecnica utilizzata per identificarle. I rapporti stratigrafici sono illustrati nei profili geotecnici.







La falda di progetto, sulla base di quanto riportato nel profilo geotecnico, 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 1m da piano campagna. L'indicazione della profondità della falda è inclusa nella descrizione di ciascuna sezione analizzata.



*Tabella 4-1: schema riassuntivo delle unità geotecniche*

UNITÀ GEOLOGICHE	UNITÀ GEOTECNICHE		
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 sabbie e ghiaie (g1), breccia ad elementi dolomitici grossolanamente gradati (g2) e ghiaie e sabbie (g3).
Depositi collegati ai terrazzi marini (g1, g2 e g3) e Detrito di falda			
Depositi di spiaggia antichi (S1)	S1		Sabbia e ghiaia, sabbie limose, ghiaia fine e sabbia grossolana.
Sistema della Certosa di Padula (PAD)	PADe2		Alternanze di argille grigie e nerastre, limo-sabbiosi passanti a sabbie limose marroni, con lenti ghiaiose e livelli torbosi.
	PADb		Depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi fluviali e di conoide alluvionale costituiti da ghiaie a clasti eterometrici, con matrice limoso-sabbioso-argillosa talora prevalente.
Formazione di Albidona (ABD)	ABD		Clasti di calcareniti fittamente attraversate da vene calcitiche, immersi in una matrice fine costituita da siltiti-argilliti e clasti di ghiaie in abbondante matrice argilloso-limosa. In questa relazione, l'unità ABD sarà trattata come unità terrigena coesiva.
Complesso indifferenziato di Nemoli (UAS)	UAS1		Argilla sabbiosa-limosa, con presenza di ghiaia; Argilla limosa da consistente a molto consistente, con inclusi millimetrici.
	UAS2		Marne, arenarie e calcari marnosi; è diffuso un intervallo caotico, costituito da matrice argillosa contenente pezzame di calcareniti, rare brecciole e arenarie. Argilliti poco consistenti.
Dolomia Principale (DPR)	DPR		Dolomie

Di seguito si riportano i parametri di resistenza dei terreni desunti dalla caratterizzazione geotecnica della linea. Nelle valutazioni geotecniche sono stati utilizzati i parametri minimi dei range

*Tabella 4-2 - Parametri geotecnici di progetto*

Parametri	DEP	S1	PADe2 <sup>(1)</sup>	PADb <sup>(1)</sup>	ABD	UAS1
						
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	19 <sup>(2)</sup>	19 <sup>(2)</sup>	18,5	19	19	19 <sup>(2)</sup>
$\phi$ [°]	30-40	35-40	18-25	30-36	20-25 <sup>(4)</sup>	22 <sup>(2)</sup>
$c'$ [kPa]	0	0	5-15	0-5	5-15 <sup>(4)</sup>	10-20 <sup>(2)</sup>
$c_u$ [kPa]	NA	NA	50-150	NA	50-150	200-300
$E'$ [MPa]	25-35	25-75 <sup>(3)</sup>	13-22	25-40	20-30 <sup>(2)</sup>	20-35 <sup>(5)</sup>
$K$ [m/s]	1E-04 a 1E-05	5E-05 a 1E-05	5E-08 a 5E-07	1E-06 a 2E-05	1E-07 a 1E-06	1E-07 a 1E-06

Parametri	UAS2	DPR
		
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	24,5	24,5
UCS [MPa]	8	35
$E_i$ [GPa]	3	30
$m_i$ [-]	4	9
GSI	35	30
Scavi (D=0,7)	$\phi$ [°]	-
	$c$ [kPa]	45 (5 m prof.)
	$E_{rm}$ [MPa]	50 (5 m prof.)
Fondazioni (D=0,5)	$\phi$ [°]	1100
	$\phi$ [°]	25 (15 m prof.)
	$\phi$ [°]	42 (15 m prof.)
	$\phi$ [°]	22 (25 m prof.)
	$\phi$ [°]	38 (25 m prof.)
	$\phi$ [°]	18 (45 m prof.)
$c$ [kPa]	60 (15 m prof.)	
$c$ [kPa]	110 (15 m prof.)	
$c$ [kPa]	80 (25 m prof.)	
$c$ [kPa]	150 (25 m prof.)	
$c$ [kPa]	110 (45 m prof.)	
$c$ [kPa]	220 (45 m prof.)	
$E_{rm}$ [MPa]	150	
$E_{rm}$ [MPa]	1300	
Permeabilità [m/s]	1E-08 a 5E-06	1E-07 a 1E-05 <sup>(6)</sup>

Dove:

$\gamma$  = peso di volume naturale

$c_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenate

$c'$  = coesione drenata

$\phi'$  = angolo di resistenza al taglio

$E'$  = modulo di deformazione operativo

$k$  = coefficiente di permeabilità

GSI = Geological Strength Index

UCS = Uniaxial Compressive Strength

$E_i$  = Modulo roccia intatta

	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA</b>					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisionali dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO A1	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  $\varphi'$  e  $\delta_a$

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

$\delta_a =$  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 A1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

con:  $K_p$  = coefficiente di spinta passiva, funzione di  $\varphi'$  e  $\delta_p$

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

$\delta_p$  = 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  $\varphi'$ :

## 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  $\Delta$  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:

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

	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA</b>					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisionali dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO A1	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 provvisionali 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 ( $\gamma_F$ )				Proprietà del terreno ( $\gamma_M$ )		
	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.

	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA</b>					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO A1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

### 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.

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  $\gamma_R$  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 (STRU)** per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali.
- **SLU (GEO)** per le verifiche di stabilità geotecnica.



## 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
- **Paragrafo 7.3:** Paratia tirantata

### 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.

- Modello di calcolo 1 - interferenza con linea ferroviaria esistente pk 03+761 (VI01)

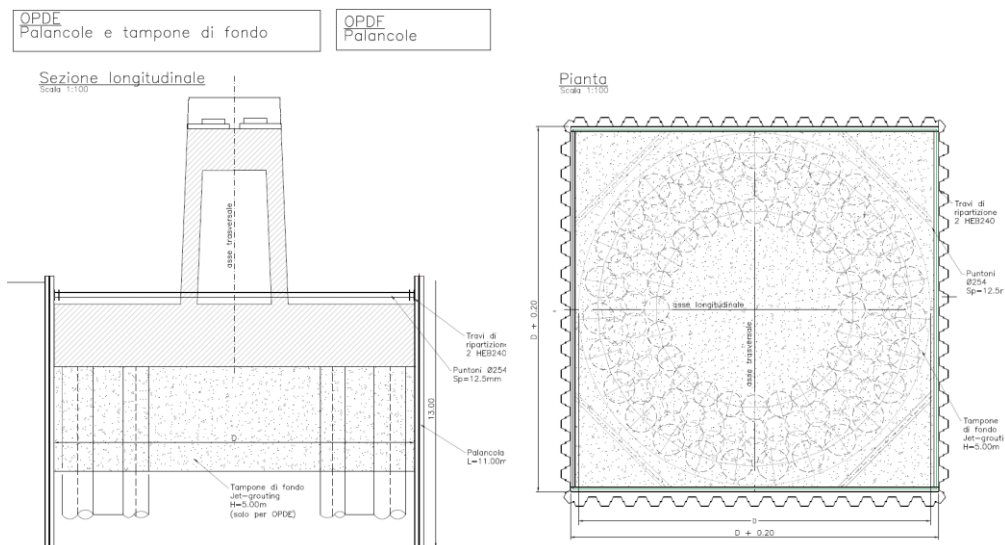


Figura 7.1: Sezione tipo – palanca

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA</b>					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisionali dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO A1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

### 7.1.2 Modello geotecnico

Il modello geotecnico di calcolo viene definito sulla base di quanto riportato nella Relazione Geotecnica e nel Profilo Geotecnico (doc. Rif. [C.1], [C.2]) ai quali si rimanda per le trattazioni di dettaglio. Si riporta a seguire una tabella che riassume i parametri geotecnici caratteristici assunti nella modellazione.

**Tabella 7-1:** Stratigrafia di riferimento e parametri di progetto pk 03+761 (VI01)

Unità Geotecnica	da	a	$\gamma$	$\varphi'$	$c'$	E
	(m)	(m)	(kN/m <sup>3</sup> )	(°)	(kPa)	(MPa)
<b>PADe2</b>	0	-50	18.5	20	5	15

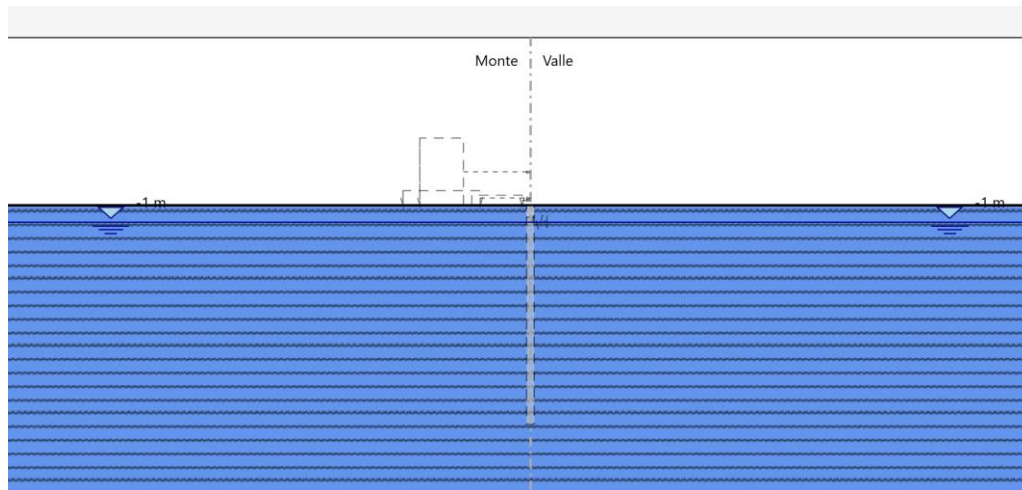
Il livello di falda si trova a -1 m da p.c

### 7.1.3 Fasi di calcolo

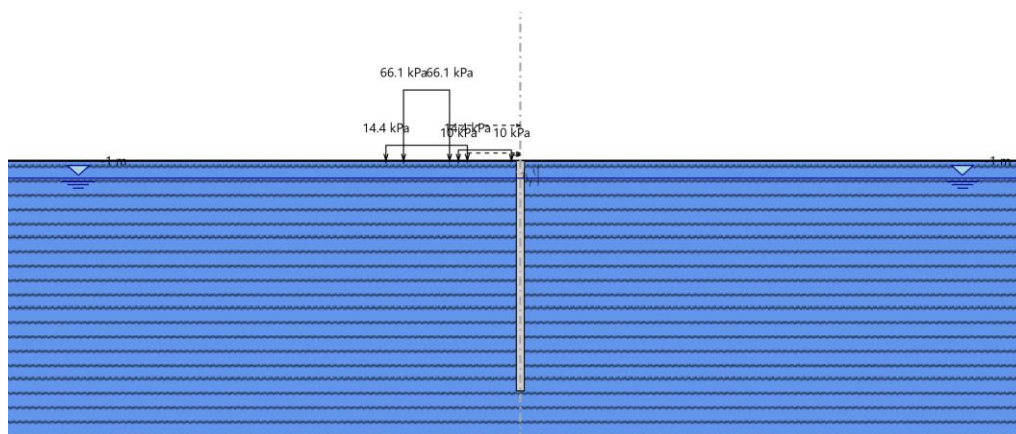
Di seguito si riportano le fasi di calcolo per la sezione analizzata ed anche le figure delle varie fasi di input; la quota di zero coincide con testa paratia.

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

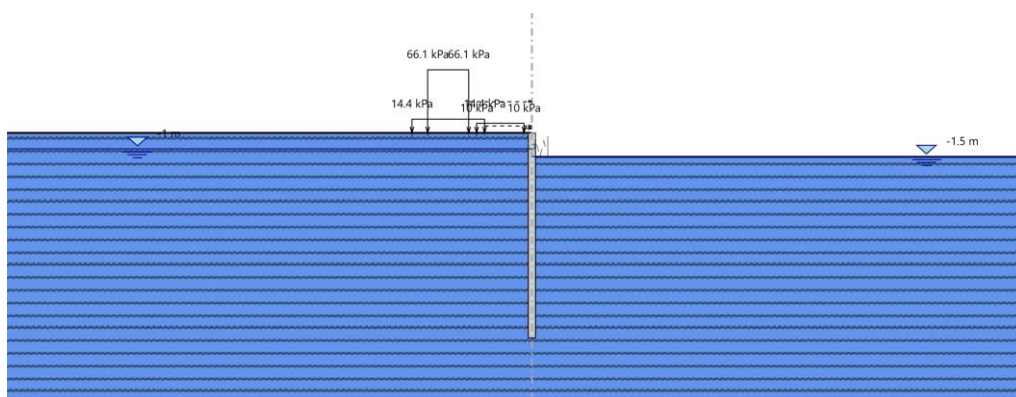
- Inizializzazione geostatica
- Esecuzione palancola (PU32, S275), inserimento carico di cantiere e carico da accidentale da traffico ferroviario e permanente da traffico (rispettivamente  $q=10$  kN/m<sup>2</sup>, 71,61 kN/m<sup>2</sup> e 14,4 kN/m<sup>2</sup>).
- Scavo fino a quota -1.5m da P.C.
- 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)



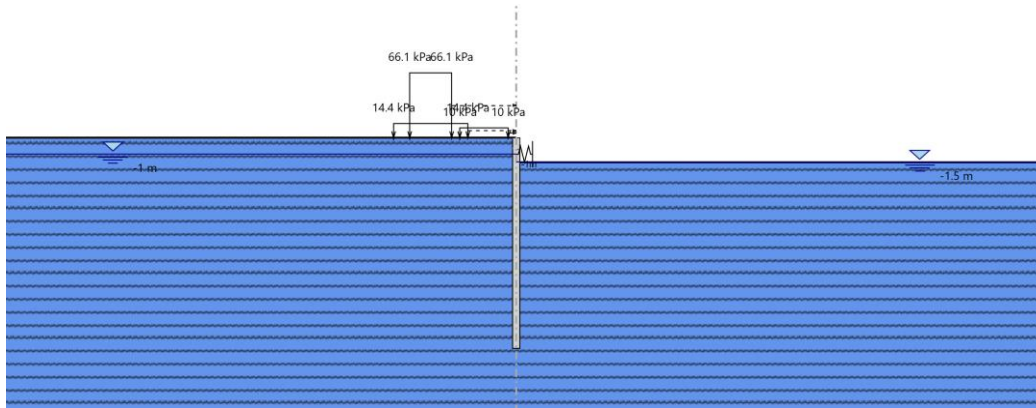
**Figura 7.2:** Fase 1: Inizializzazione geostatica



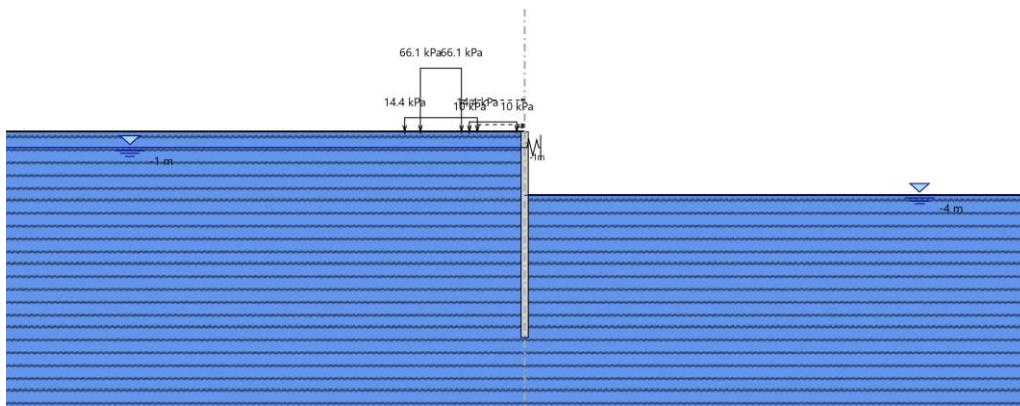
**Figura 7.3:** Fase 2: Esecuzione palancola + carico ferroviario + carico mezzi di cantiere



**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



### 7.1.3.1 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.

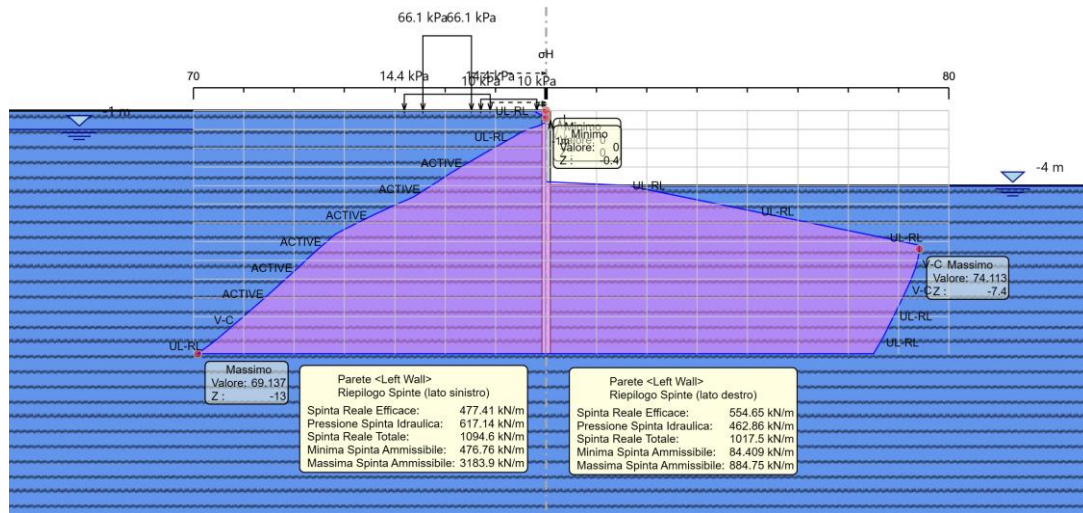


Figura 7.7: Tensioni orizzontali e riepilogo spinte. SLU, Fase 5.

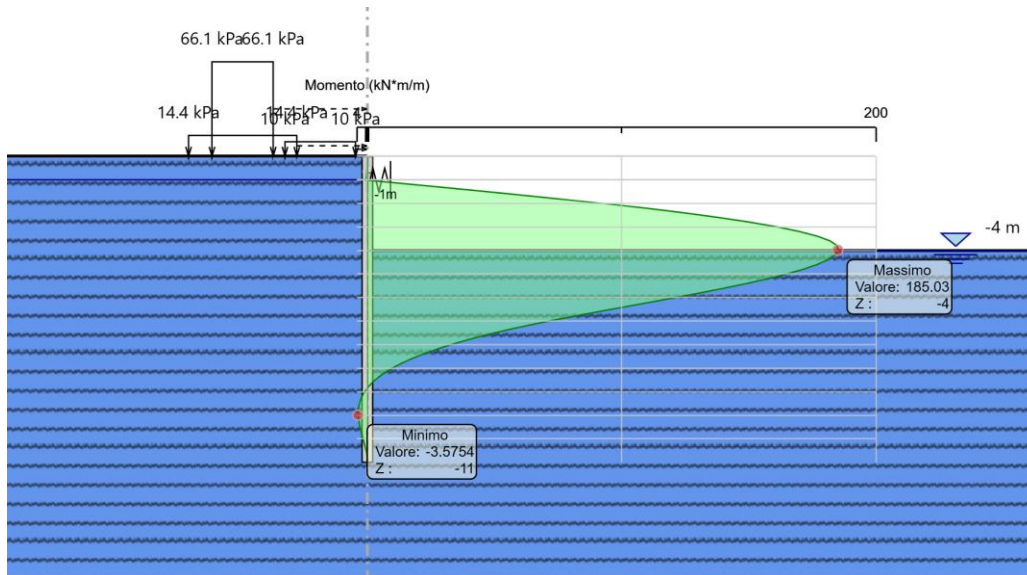


Figura 7.8: Momento SLU, Fase 5.

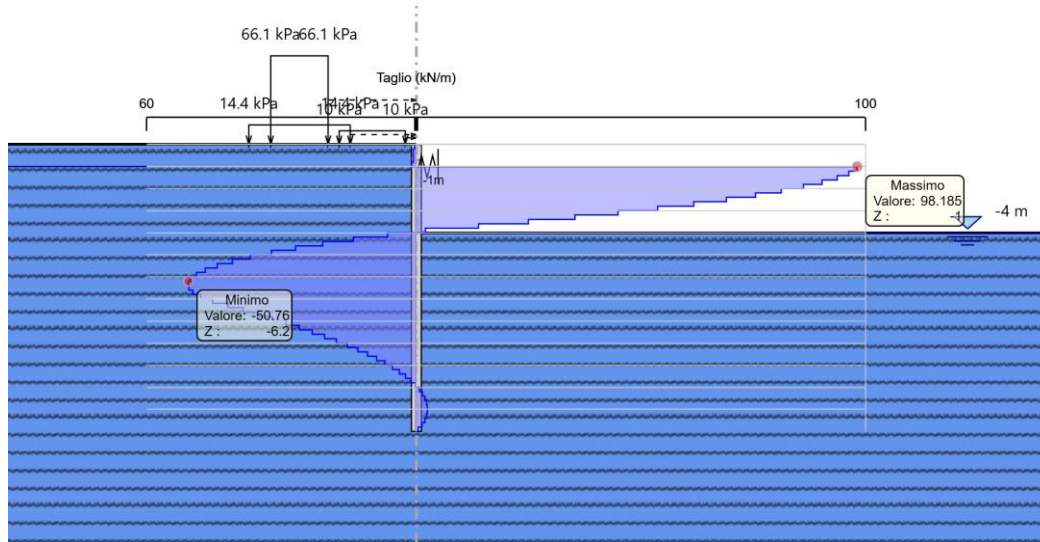


Figura 7.9: Taglio SLU, Fase 5.

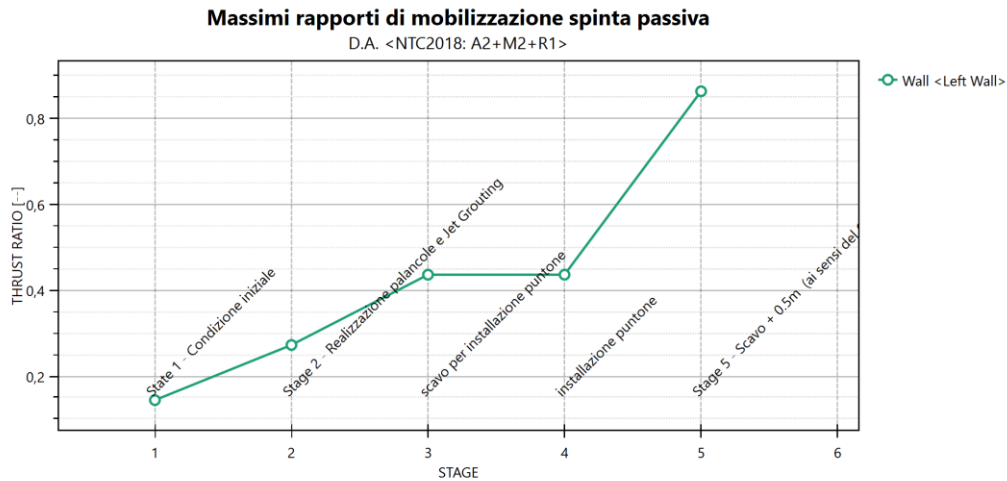
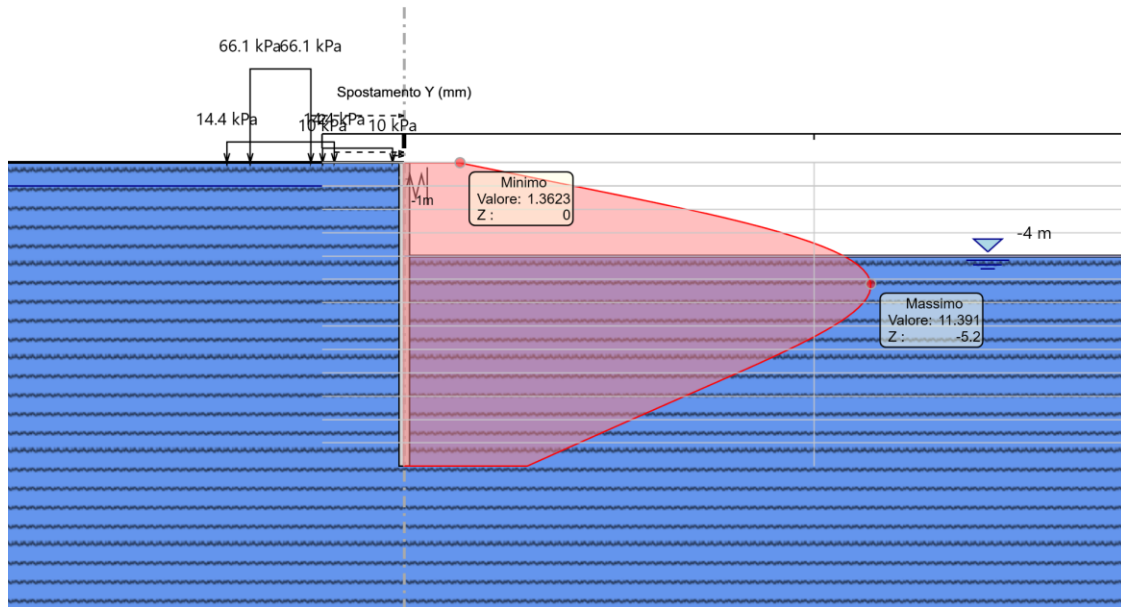


Figura 7.10: Mobilizzazione spinta passiva S.L.U-GEO. Fase 5.

### 7.1.3.2 Spostamenti SLE

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



**Figura 7.11:** Spostamenti SLE, Fase 5.

Lo spostamento in testa risulta essere di 1.36mm, mentre lo spostamento massimo risulta essere pari a 1.2cm a 5.2m di profondità.

	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA</b>					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO A1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

## 7.2 Tipologia 2: Paratia di pali D500 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 38+363 (viadotto VI05) dove vi è l'interferenza con una viabilità SS N583 e in prossimità di un alveo.

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

**Tabella 7-2:** Dati geometrici dell'opera provvisoria

<b>H pali</b>	<b>H scavo</b>	<b>Infissione</b>	<b>Diam. Pali</b>	<b>Interasse</b>
[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.



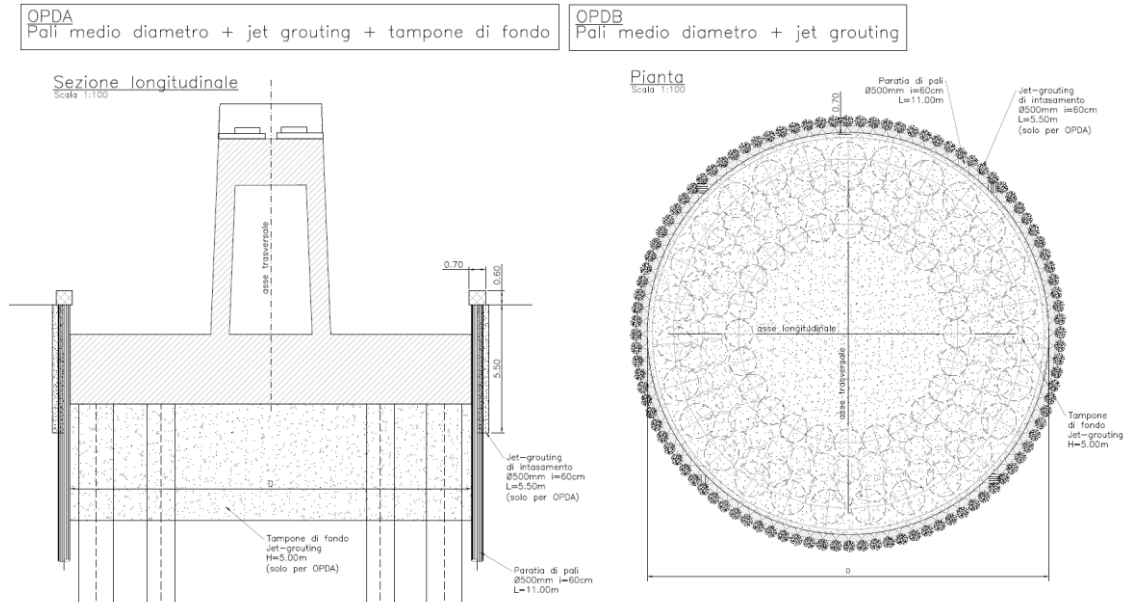


Figura 7.12: Sezione tipo – pali diametro 500mm (con tappo di fondo in jet grouting)

## 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 7-3: Stratigrafia di riferimento e parametri di progetto.– Pali e tappo di fondo

Unità Geotecnica	da	a	$\gamma$	$\varphi'$	c'	E
	(m)	(m)	(kN/m <sup>3</sup> )	(°)	(kPa)	(MPa)
DEP	0	-50	19	30	0	25
Jet Grouting DEP	-3.5	-8.5	19	28	200	1000

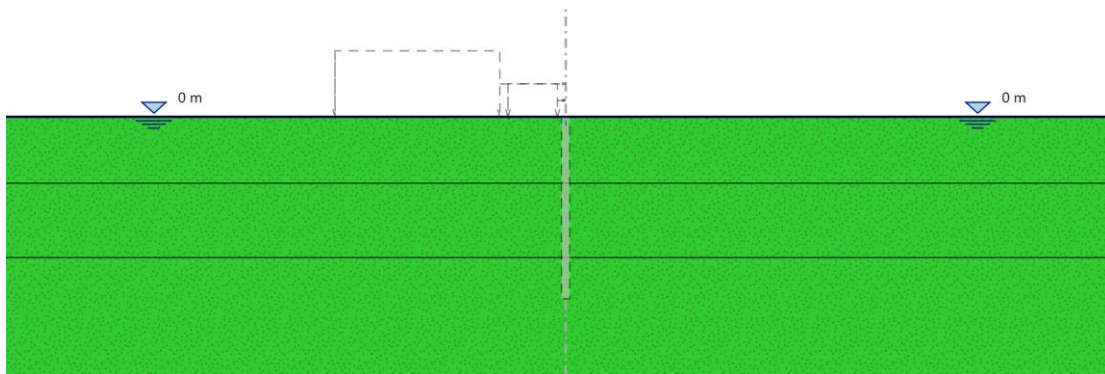
Il livello di falda si trova a p.c.

### 7.2.3 Fasi di calcolo

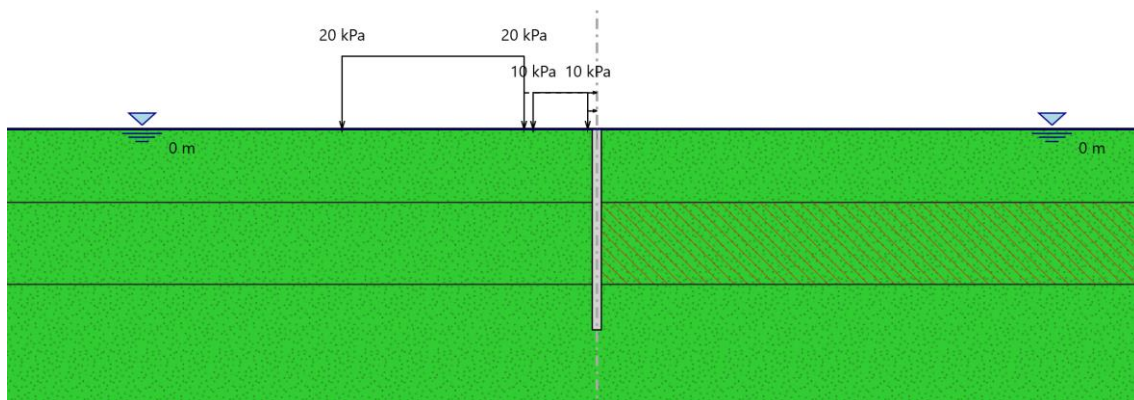
Di seguito si riportano le fasi di calcolo per la sezione analizzata ed anche le figure delle varie fasi di input; la quota di zero coincide con testa paratia.

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 ( $q=10 \text{ kN/m}^2$ ) + carico stradale ( $q=20 \text{ kN/m}^2$ ).
- Scavo fino a quota -4m (3.5 +0.5 ai sensi del 6.5.2.2 da NTC18)



**Figura 7.13:** Fase 1: Inizializzazione geostatica



**Figura 7.14:** Fase 2: Esecuzione pali d=500 + carico mezzi di cantiere + carico stradale

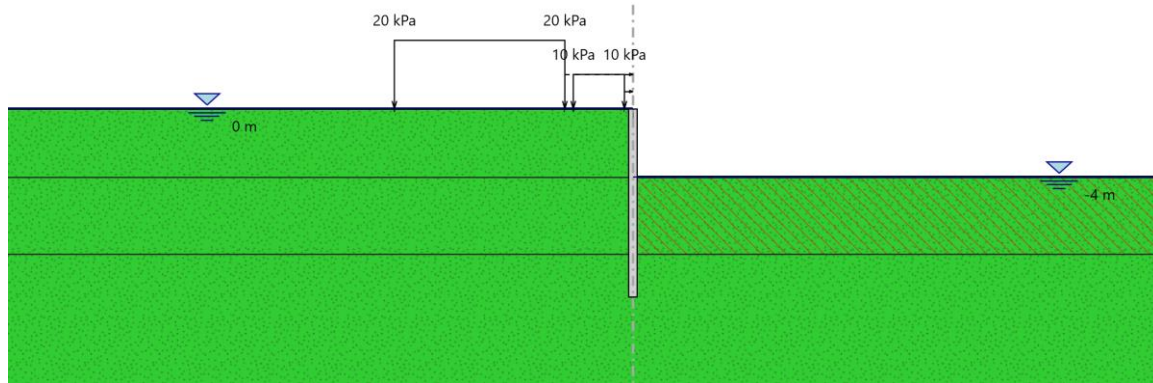


Figura 7.15: Fase 3: Scavo fino a -4m

#### 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.

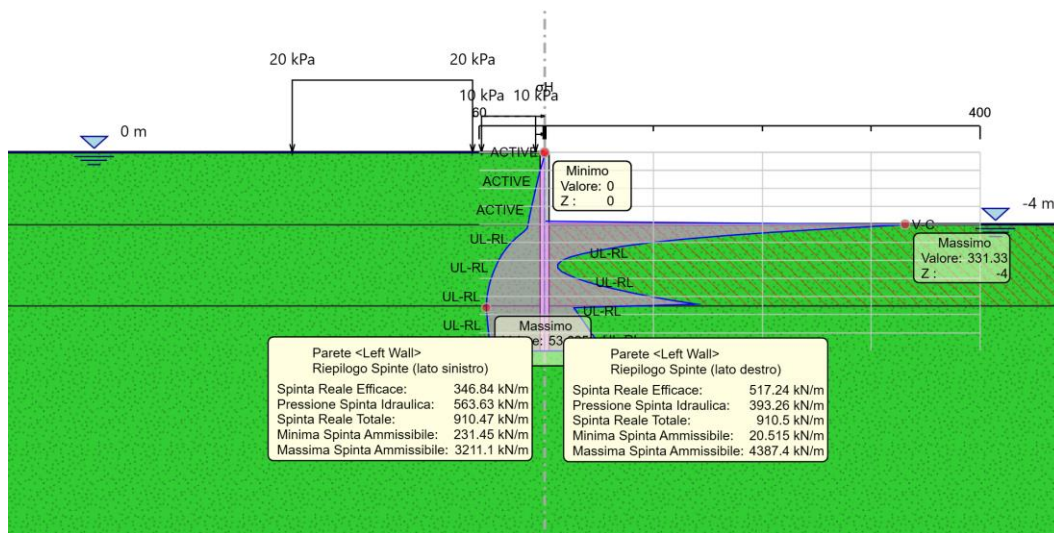


Figura 7.16: Tensioni orizzontali e riepilogo spinte. SLU, Fase 3.

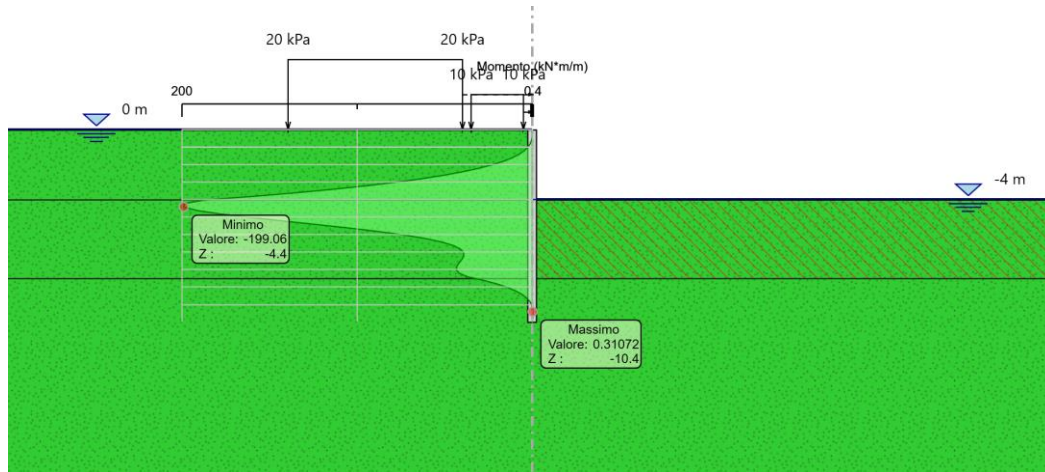


Figura 7.17: Momento SLU, Fase 3

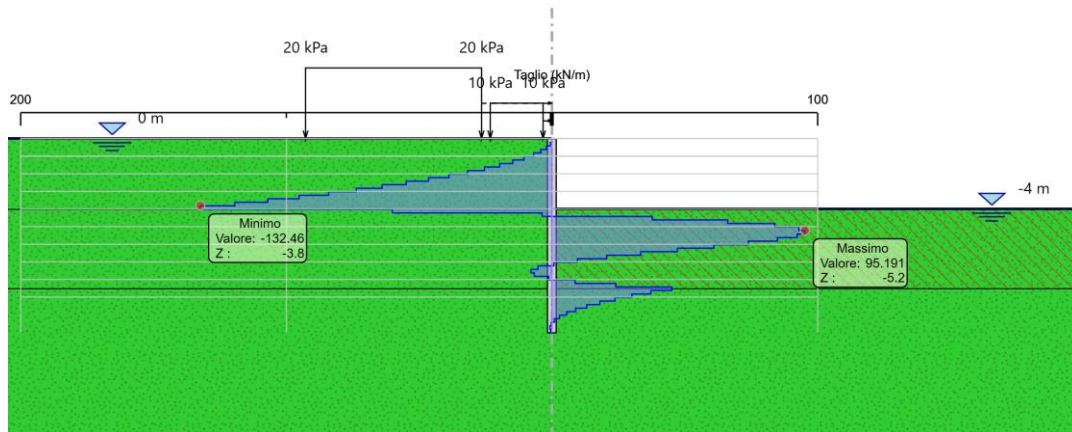


Figura 7.18: Taglio SLU, Fase 3



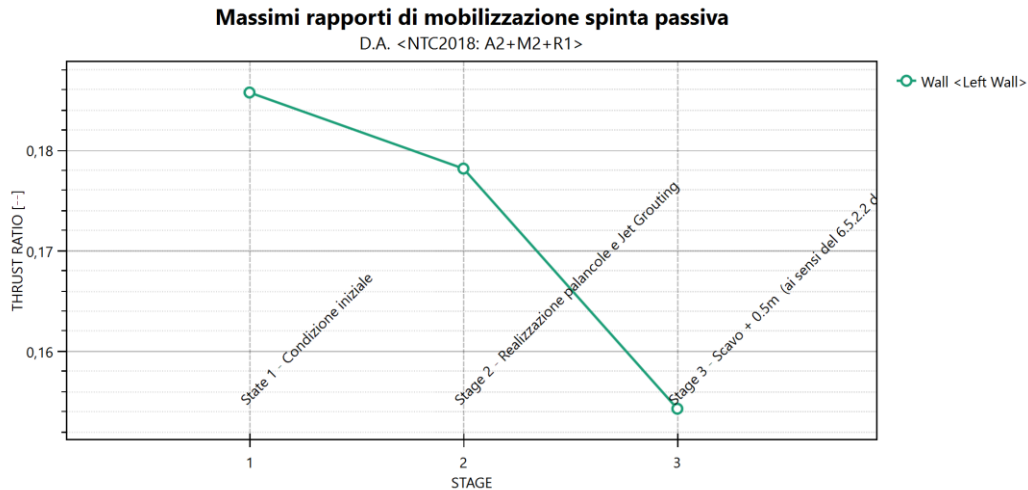


Figura 7.19: Mobilitazione spinta passiva S.L.U-GEO. Fase 3

### 7.2.5 Spostamenti SLE

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

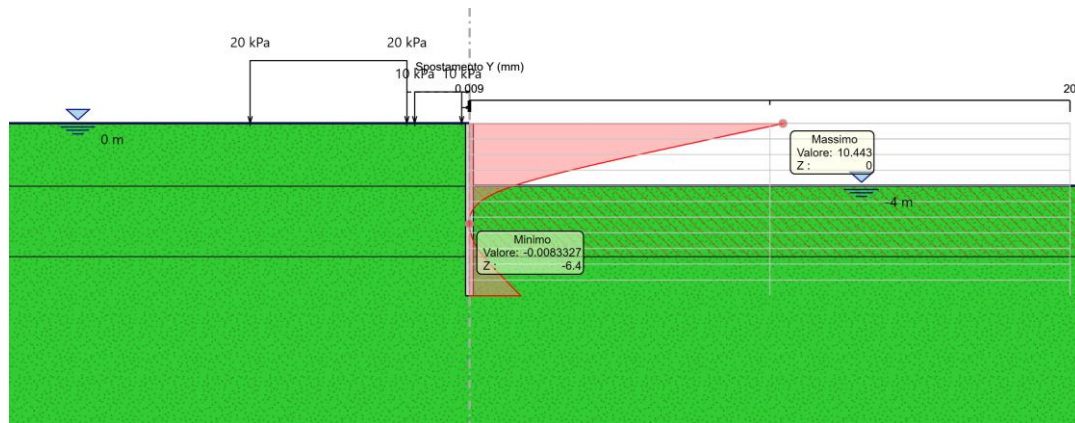


Figura 7.20: Spostamenti SLE, Fase 3

Lo spostamento massimo in testa risulta essere di 1 cm, mentre lo spostamento alla base risulta essere pari a 1.5mm

## 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 <sup>3</sup>	Peso specifico terreno sopra il tampone
$\gamma_{tamp}$	17,1	kN/m <sup>3</sup>	Peso specifico tampone
$\gamma_{terr,2}$	19,0	kN/m <sup>3</sup>	Peso specifico terreno sotto tampone, compreso tra le paratie
Tensioni totali			Metodo di analisi adesione jet grouting (tensioni totali; tensioni efficaci)

Coefficienti UPL	
$\gamma_{G1F}$	0,9
$\gamma_{G1SF}$	1,1
$\gamma_{G2F}$	0
$\gamma_{G2SF}$	1,5
$\gamma_{Q1F}$	0
$\gamma_{Q1SF}$	1,5

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

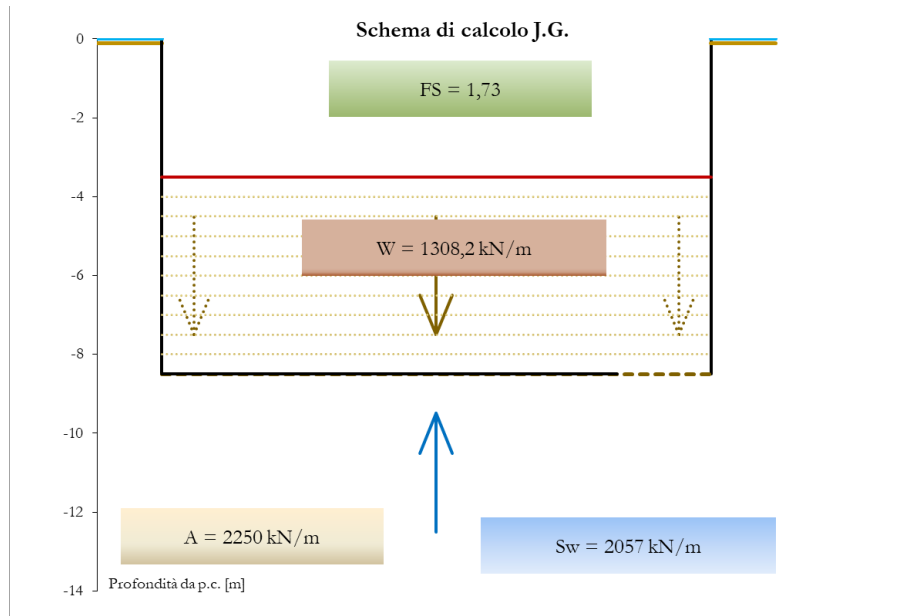
<b>FS</b>	<b>0,636</b>	<b>NO</b>	Verifica Preliminare FS UPL
-----------	--------------	-----------	-----------------------------

PARAMETRI TERRENO TRATTATO E TERRENO NATURALE			
	2/3		Coeff. multipl. Attrito
$\phi_{terr,1}$	30	°	Angolo attrito terreno naturale sopra il tampone
$\tan\delta_{terr,1}$	0,364		$\tan(\delta)$ interfaccia terreno naturale
$\tan\delta_{terr,1}$	0,291		$\tan(\delta)$ fattorizzata (M2=1.25)
$\phi_{terr,2}$	30	°	Angolo d'attrito terreno sotto il tampone, compreso tra le paratie
$\tan\delta_{terr,2}$	0,364		$\tan(\delta)$ interfaccia terreno naturale
$\tan\delta_{terr,2}$	0,291		$\tan(\delta)$ fattorizzata (M2=1.25)
$\sigma_{compr}$	5000	kPa	Resistenza compressione Jet (2 MPa terreni coesivi; 5MPa terreni granulari)
$\sigma_{traz}$	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			
<b>FS</b>	<b>1,730</b>	<b>OK</b>	Fattore di sicurezza UPL



**Figura 7.21:** Schema di calcolo tamponamento circolare di jet grouting.

### 7.3 Tipologia 3: Paratia di pali $\phi 500$ tirantati

#### 7.3.1 Descrizione dell'opera

Per l'esecuzione delle fondazioni delle pile dei viadotti, in corrispondenza delle fondazioni su morfologie molto acclivi, per garantire gli scavi sono necessari delle paratie tirantate mediante uno pali di 0,5 m di diametro con un interasse di 0,6 m.

Il calcolo è stato eseguito prendendo come sezione rappresentativa quella corrispondente alla progressiva 38+318 (viadotto VI05)

Tabella 7-4: Dati geometrici dell'opera provvisoria

H pali	H scavo	Infissione	Diam. Pali	Interasse	Ordini di tiranti
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	-
11	3.5	7.5	0,5	0,6	3

Il modello di calcolo è considerato in condizione assisimmetrica.

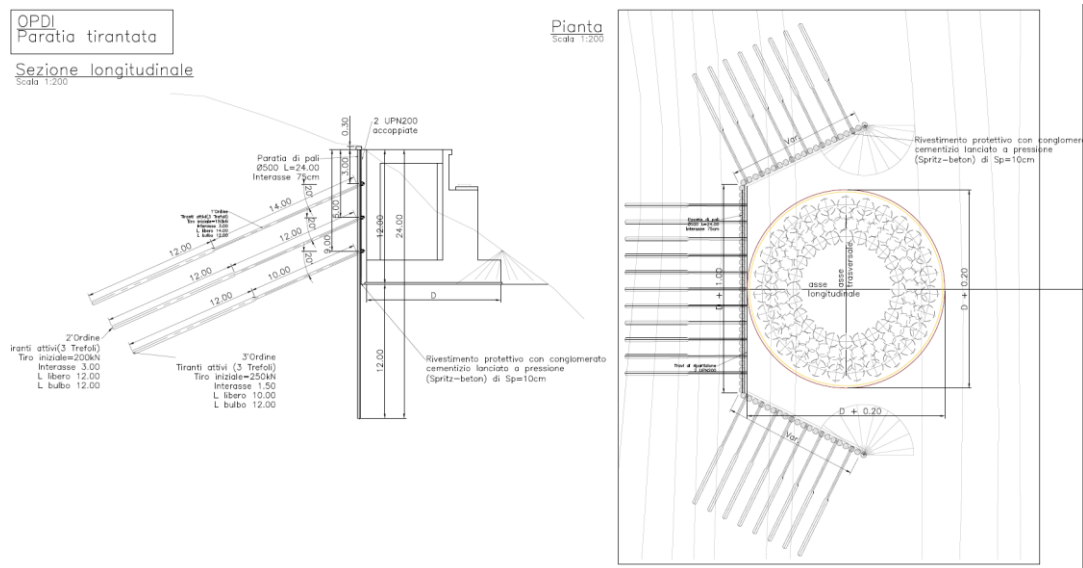


Figura 7.22: Sezione tipo – pali diametro 500mm tirantati



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA</b> <b>LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA</b> <b>LOTTO 1B ROMAGNANO – BUONABITACOLO</b>  <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA</b>					
	Relazione di dimensionamento preliminare delle opere provvisorie dei viadotti ferroviari	COMMESSA RC2A	LOTTO A1	CODIFICA R 11 CL	DOCUMENTO VI0003 001	REV. A

### 7.3.2 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 7-5:** Stratigrafia di riferimento e parametri di progetto.– Pali e tappo di fondo

Unità Geotecnica	da	a	$\gamma$	UCS	Ei	mi	GSI
	(m)	(m)	(kN/m <sup>3</sup> )	(MPa)	(GPa)	(-)	(-)
<b>DPR</b>	0	-50	24	35	30	9	30

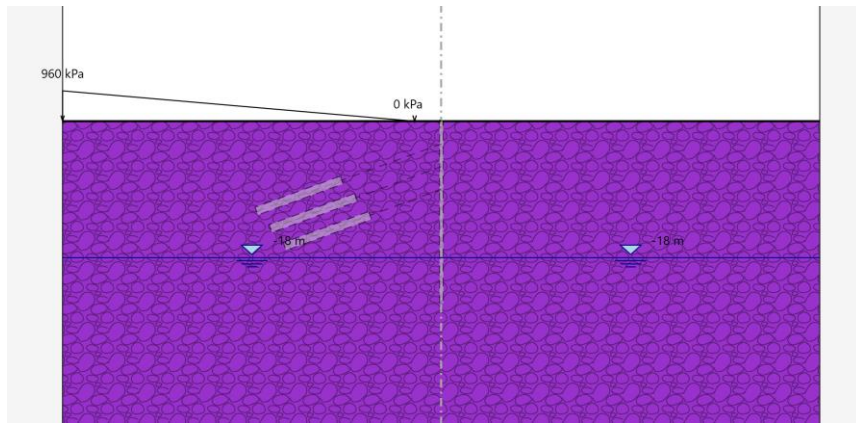
La falda risulta essere a profondità elevate (>18m da p.c.) rispetto all'area interessata dagli scavi

### 7.3.3 Fasi di calcolo

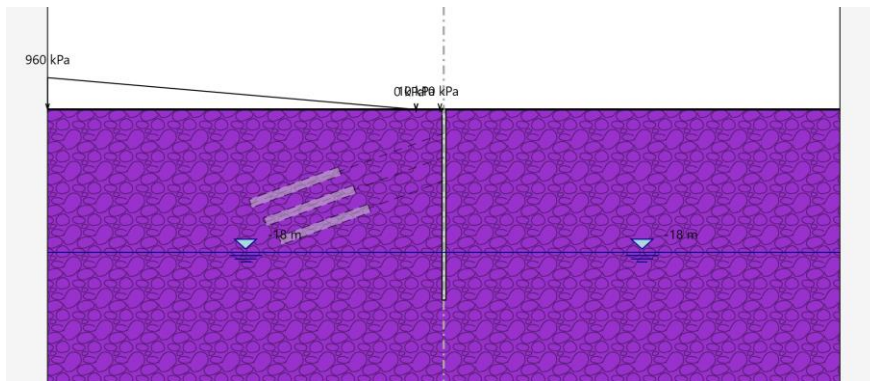
Di seguito si riportano le fasi di calcolo per la sezione analizzata ed anche le figure delle varie fasi di input; la quota di zero coincide con testa paratia.

L'analisi si compone complessivamente di 9 fasi di calcolo:

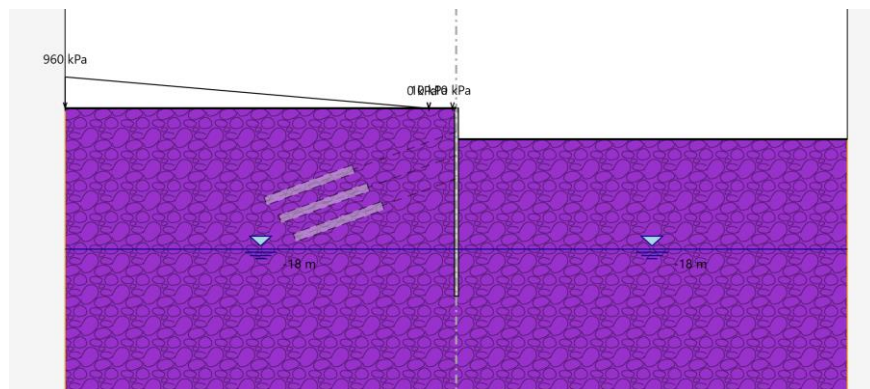
- Inizializzazione geostatica.
- Esecuzione paratia (pali diametro 500mm, interasse 0.6m), inserimento carico di cantiere ( $q=10 \text{ kN/m}^2$ )
- Scavo fino a quota -4m da P.C
- Installazione primo ordine di tiranti -3m da P.C
- Scavo fino a quota -7m da P.C
- Installazione secondo ordine di tiranti -6m da P.C
- Scavo fino a quota -10m da P.C
- Installazione terzo ordine di tiranti a -9m da P.C



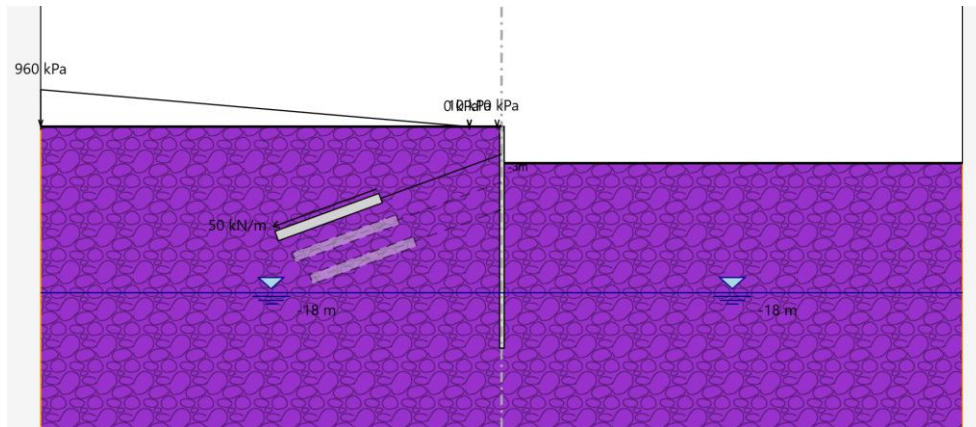
**Figura 7.23:** Fase 1: Inizializzazione geostatica



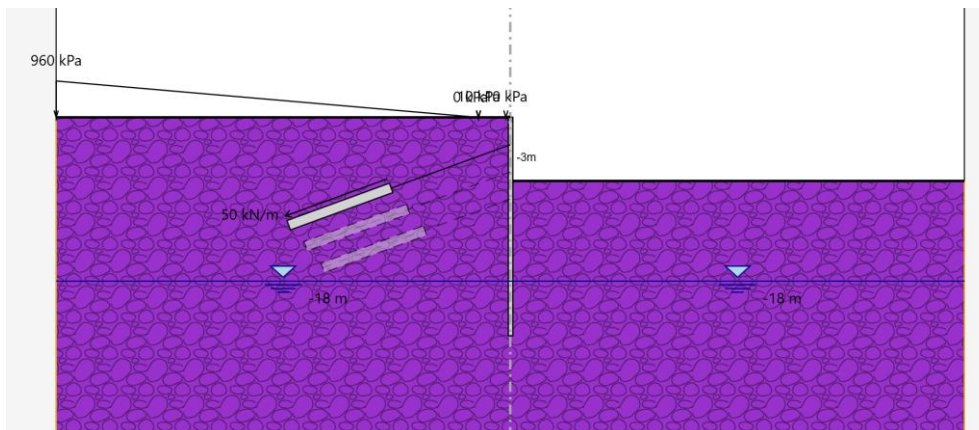
**Figura 7.24:** Fase 2: Esecuzione pali d=500 + carico mezzi di cantiere



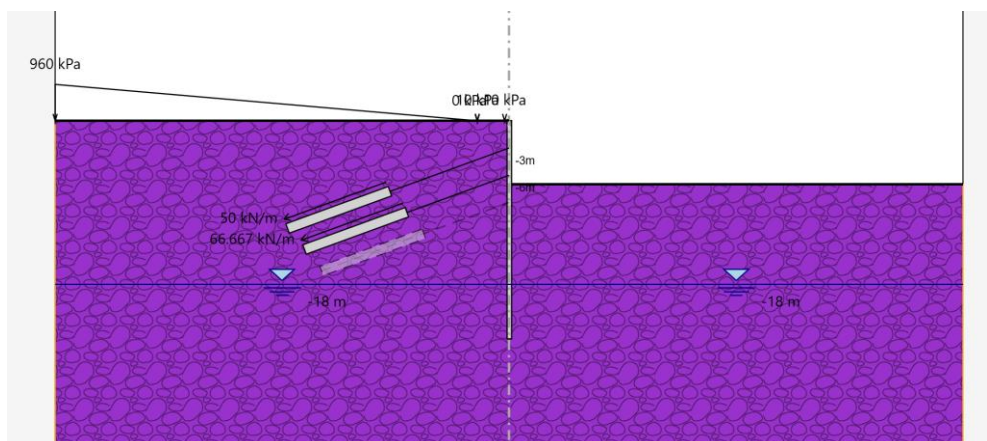
**Figura 7.25:** Fase 3: Scavo fino a -4m da P.C



**Figura 7.26:** Fase 4: Installazione primo ordine di tiranti



**Figura 7.27:** Fase 5: Scavo fino a -7m da P.C



**Figura 7.28:** Fase 6: Installazione secondo ordine di tiranti



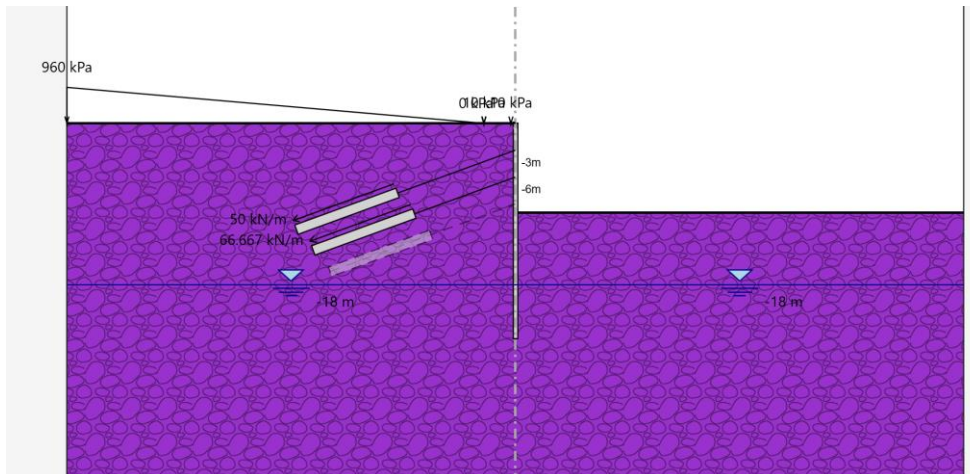


Figura 7.29: Fase 7: Scavo fino a -10m da P.C

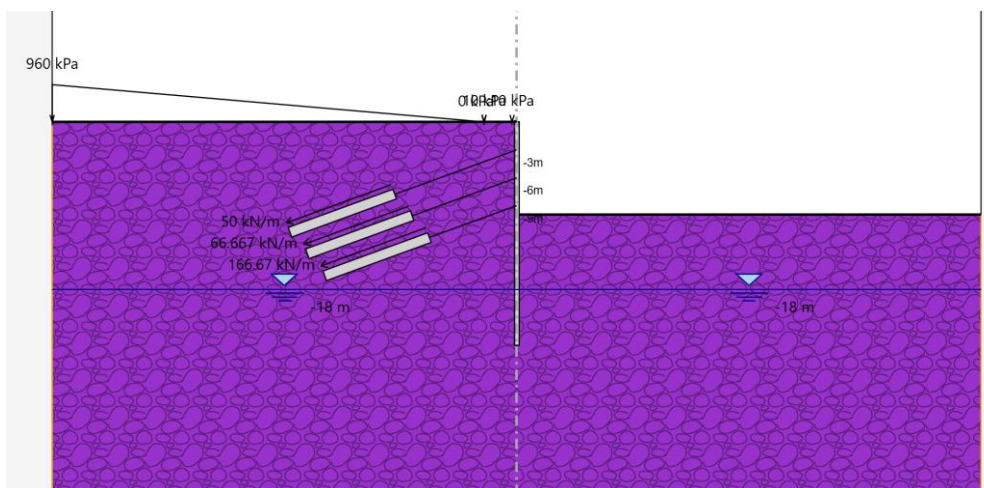


Figura 7.30: Fase 8: Installazione terzo ordine di tiranti

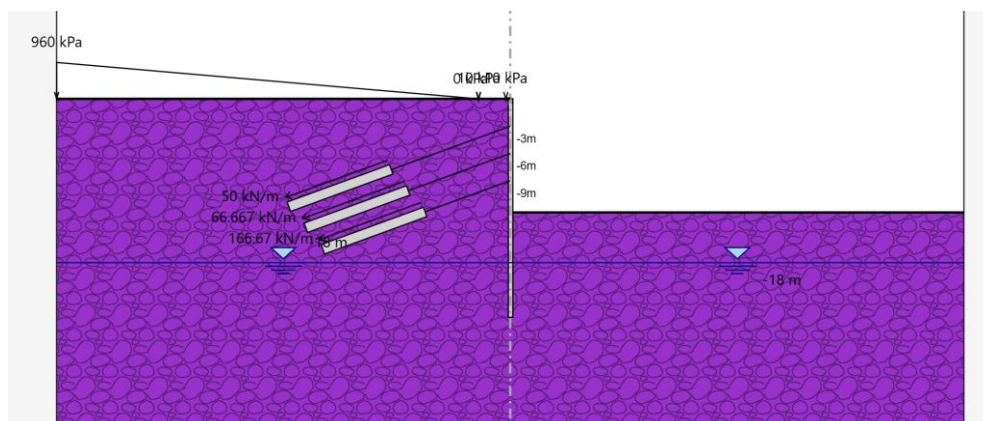


Figura 7.31: Fase 9: Scavo finale 12.5m (12 + 0.5 ai sensi del 6.5.2.2 da NTC18)

### 7.3.4 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.

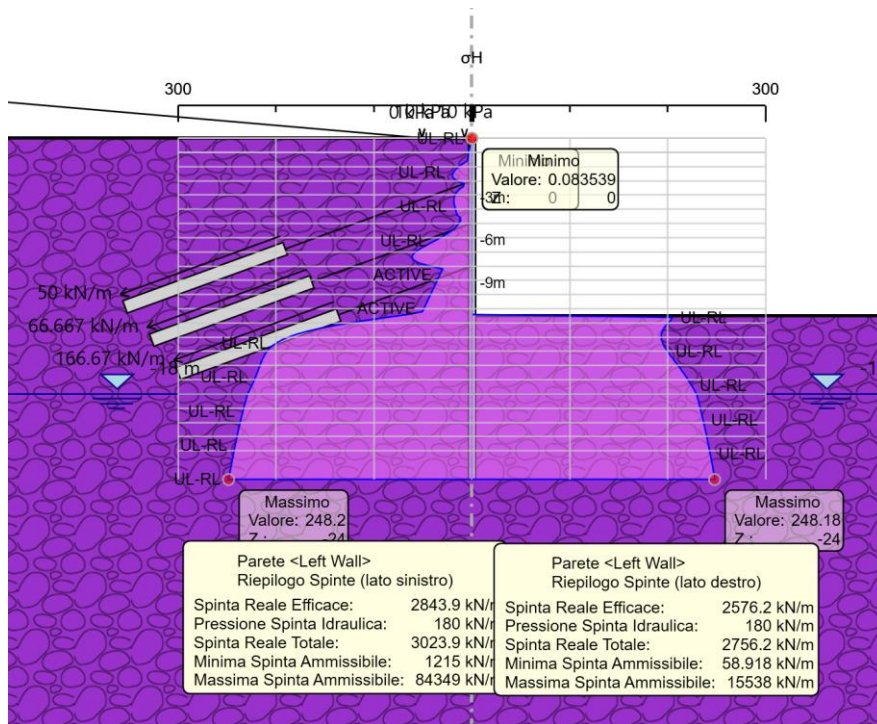


Figura 7.32: Tensioni orizzontali e riepilogo spinte. SLU, Fase 9.

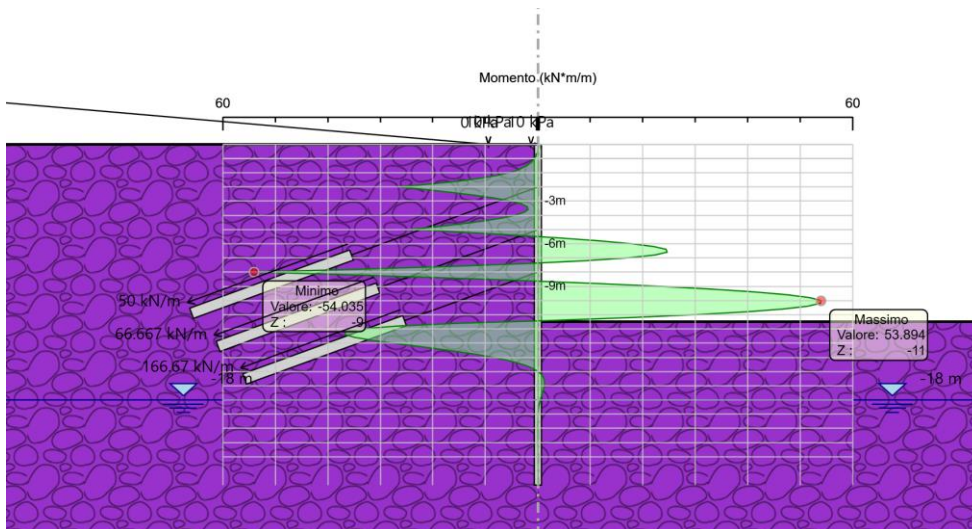


Figura 7.33: Momento SLU, Fase 9



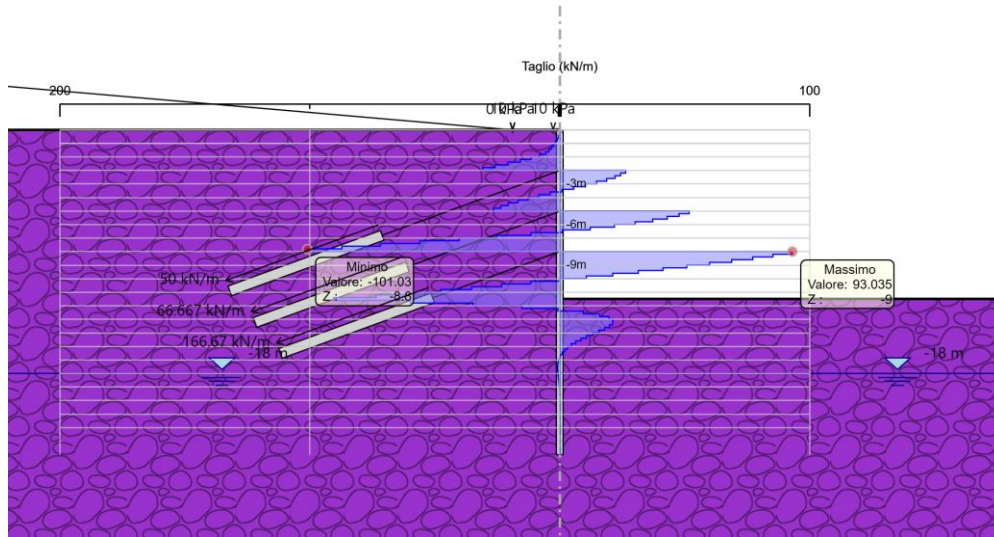


Figura 7.34: Taglio SLU, Fase 9

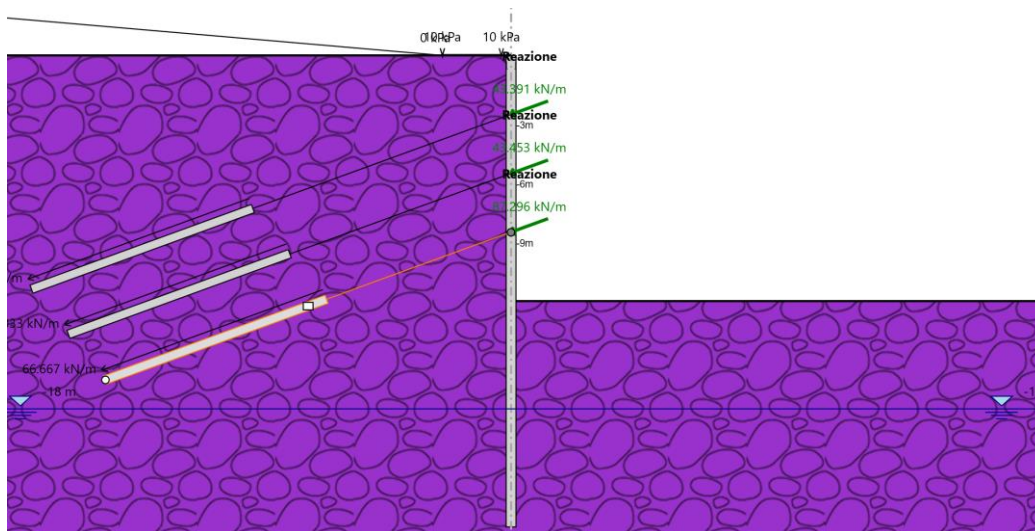


Figura 7.35: Reazione tiranti S.L.U. Fase 9

### Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva

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

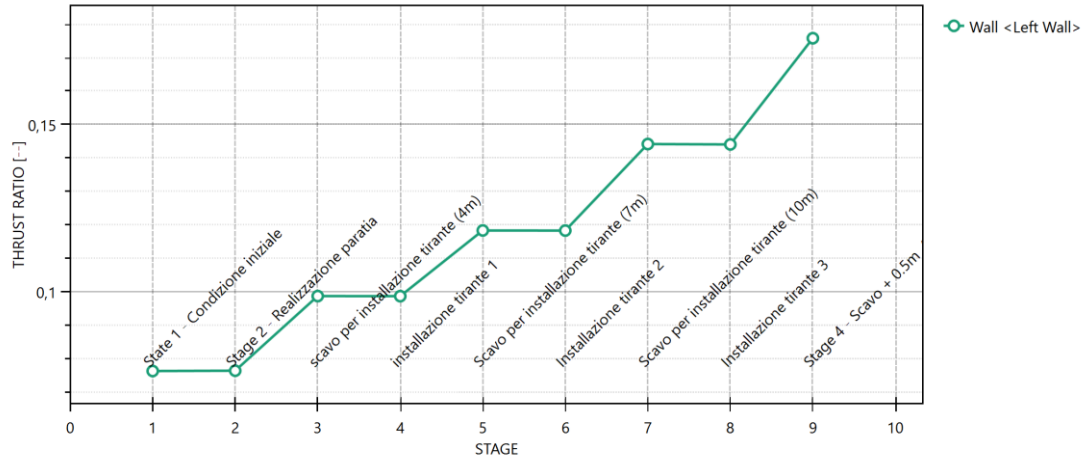


Figura 7.36: Mobilitazione spinta passiva S.L.U-GEO. Fase 3

### 7.3.5 Spostamenti SLE

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

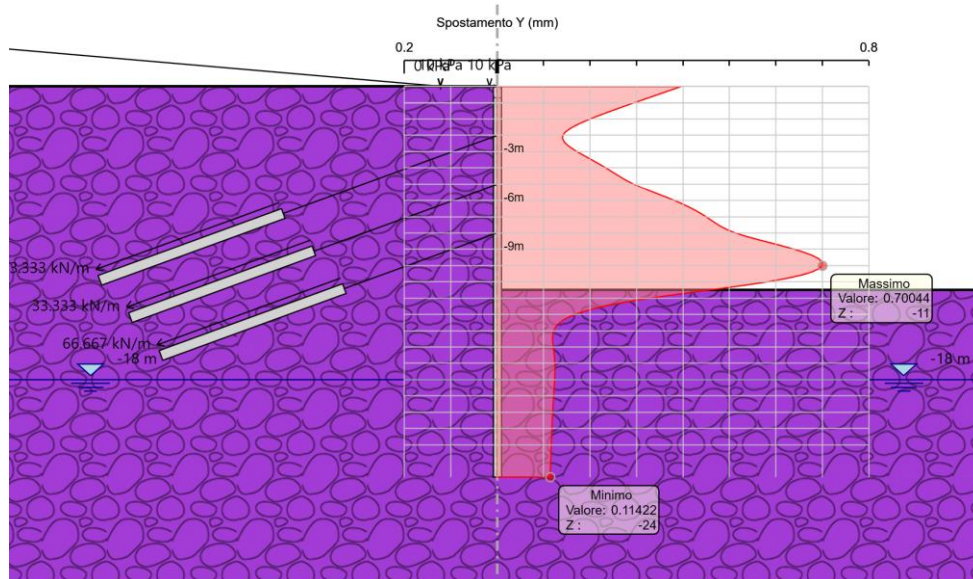


Figura 7.37: Spostamenti SLE, Fase 9

Lo spostamento in testa risulta essere di 3 mm, mentre lo spostamento massimo risulta essere pari a 7mm a quota -11