

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

**RADDOPPIO DELLA LINEA FERROVIARIA ROMA – VITERBO  
TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE**

**Paratia di pali lato BD dal km 36+070 al km 36+180**

Relazione di calcolo

SCALA:

-

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

**NR1J 01 D 29 CL RI0005 010 B**

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	F. Serrau	10-2018	M. Monda	10-2018	T. Paoletti	10-2018	F. Arduini 05-2020
B	Revisione	F. Serrau	05-2020	M. Monda	05-2020	T. Paoletti	05-2020	ITALFERR S.p.A. Dipartimento Tecnico Infrastrutture Centro Direz. Edificio Anelli Ufficio degli Impianti e Progettazione di Roma 11/05/2020

File: NR1J01D29CLRI0005010B

n. Elab.: 233

## INDICE

1.	PREMESSA .....	5
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	8
2.1.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	8
2.2.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	8
2.3.	SOFTWARE .....	9
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	10
3.1.	CALCESTRUZZO .....	10
3.2.	ACCIAIO DI ARMATURA - BARRE .....	12
3.3.	DURABILITÀ .....	13
4.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	14
5.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO .....	15
5.1.	VITA NOMINALE .....	15
5.2.	CLASSE D'USO .....	15
5.3.	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA .....	16
5.4.	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO .....	16
5.5.	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE .....	17
5.6.	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA .....	17
5.7.	AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO .....	18
6.	ANALISI DEI CARICHI STATICI DI PROGETTO .....	26
6.1.	AZIONI PERMANENTI .....	26
6.1.1.	<i>Peso proprio</i> .....	26
6.1.2.	<i>Spinta delle terre</i> .....	26
6.1.2.1.	<i>Profondità massima di scavo</i> .....	29

6.2.	AZIONI VARIABILI .....	29
6.2.1.	<i>Sovraccarichi</i> .....	29
6.3.	AZIONE SISMICA.....	30
6.3.1.	<i>Accelerazione equivalente di progetto</i> .....	30
6.3.2.	<i>Spinta sismica del terreno</i> .....	33
6.3.3.	<i>Forza d'inerzia</i> .....	34
7.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE .....	35
8.	METODO DI ANALISI.....	39
8.1.	METODO DI CALCOLO .....	39
8.2.	MODELLAZIONE NUMERICA .....	39
8.3.	MODELLO DI CALCOLO .....	43
8.4.	SEZIONE 36+150 - FASI DI COSTRUZIONE.....	45
8.5.	SEZIONE 36+120 - FASI DI COSTRUZIONE.....	52
9.	CRITERI DI VERIFICA GEOTECNICA.....	59
9.1.	VERIFICA DELLA MASSIMA SPINTA PASSIVA MOBILITATA .....	59
9.2.	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE .....	59
9.3.	VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI .....	60
9.4.	ALTRE VERIFICHE .....	60
10.	CRITERI DI VERIFICA STRUTTURALE.....	61
10.1.	CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.....	61
10.2.	VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE-PRESSOFLESSIONE .....	61
10.3.	VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO .....	61
10.4.	VERIFICA AGLI STATI LIMITE D'ESERCIZIO .....	63
11.	SEZIONE 36+150 - RISULTATI .....	65
12.	SEZIONE 36+120 - RISULTATI .....	72
13.	SEZIONE 36+150 - VERIFICHE .....	79

13.1.	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	79
13.2.	VERIFICHE STRUTTURALI PALI .....	79
13.3.	VERIFICHE STRUTTURALI MURO.....	90
14.	SEZIONE 36+120 - VERIFICHE .....	95
14.1.	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	95
14.2.	VERIFICHE STRUTTURALI PALI .....	95
14.3.	VERIFICHE STRUTTURALI MURO.....	106
15.	INCIDENZE.....	107

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione sono illustrati i calcoli e la verifica della paratia di pali nei pressi della nuova variante Crocicchie nell'ambito dell'intervento della realizzazione del raddoppio della ferrovia Roma - Viterbo nella tratta extraurbana tra la stazione di Cesano di Roma e la stazione di Vigna di Valle, da progr. Km 27+811 a progr. Km 39+280, con relativa eliminazione dei passaggi a livello.

Nella presente relazione sono illustrati i calcoli e le verifiche della paratia di pali prevista tra le pk 36+065 e pk 36+215, con lunghezza in pianta di 150m. Sono state individuate due sezioni di calcolo: pk 36+150 per la paratia tipo A e 36+120 per la paratia tipo B.

La Figura 1 illustra la geometria della paratia tipo A, costituita da pali con interasse 1.3m,  $\phi$ 1200 e lunghi 18m; al di sopra della paratia di pali viene realizzato un muro in c.a. di spessore 1.8 m e altezza variabile fino ad un massimo di 5.15 m in corrispondenza della sezione di calcolo, per sostenere il terreno a monte nella configurazione di progetto, che si trova ad una quota superiore rispetto alla testa dei pali.



SEZIONE TIPOLOGICA PARATIA TIPO B – PK: 36+120,000  
Scala 1:50

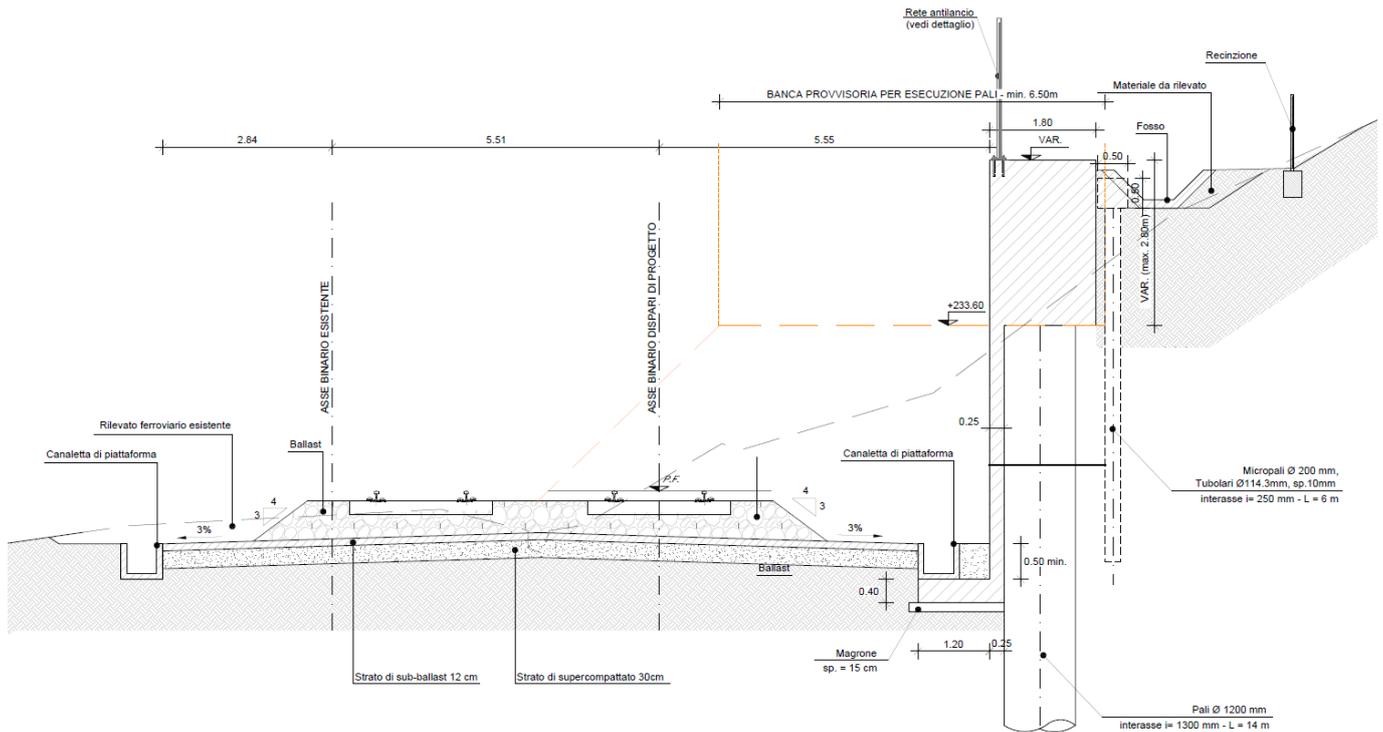


Figura 2 – Paratia di pali tipo B

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>												
<p><b>Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180</b> <b>Relazione di calcolo</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NR1J</td> <td>01</td> <td>D 29 CL</td> <td>RI00 05 010</td> <td>B</td> <td>8 di 193</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	8 di 193
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	8 di 193								

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

### 2.1. Normative di riferimento

Le principali Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento e prese a riferimento sono le seguenti:

- [1] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, Supplemento Ordinario alla G.U. n.42 del 20.2.2018;
- [2] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 001 - Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario;
- [3] Istruzione RFI DTC INC CS SP IFS 001 - Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;
- [4] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 002 - Specifica per la progettazione e l’esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria;
- [5] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 003 - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari;
- [6] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 004 - Specifica per la progettazione e l’esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo;
- [7] Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 005 - Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia;
- [8] Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea.
- [9] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B “Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 3 Corpo Stradale”.

### 2.2. Documenti di riferimento

- [10] Relazione geotecnica generale, NR1J00D29GEGE0005001B
- [11] Profilo geotecnico di linea – Tav1-8, NR1J01D29F6GE0005001B-8B

- [12] Opera di sostegno BD - km 36+070 - 36+406 - Planimetria di tracciamento, profilo e sezioni 1-3, NR1J01D29PZRI0005023B-26B
- [13] Infrastruttura ferroviaria - Sezioni trasversali 1-36 - NR1J00D29W9IF0001001A-36A

### 2.3. Software

- [14] ParatiePlus 18.1.0 – Ceas Srl ([www.ceas.it](http://www.ceas.it))
- [15] Slide 7.026 – Rocscience Inc. ([www.rocscience.com](http://www.rocscience.com))
- [16] RC-SEC 2016.10.0.510 – GeoStru ([www.geostru.eu](http://www.geostru.eu))

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>												
<p><b>Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180</b> <b>Relazione di calcolo</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NR1J</td> <td>01</td> <td>D 29 CL</td> <td>RI00 05 010</td> <td>B</td> <td>10 di 193</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	10 di 193
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	10 di 193								

### 3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali di seguito esposte sono definite in base alla vigente normativa tecnica; per quanto non specificatamente indicato si rimanda al Capitolato Tecnico RFI 2018.

#### 3.1. Calcestruzzo

Il calcestruzzo, secondo quanto previsto dalle Norme tecniche vigenti, deve essere prodotto da impianti dotati di un sistema di controllo permanente della produzione, certificato da un organismo terzo indipendente riconosciuto. È compito della Direzione Lavori accertarsi che i documenti di trasporto indichino gli estremi della certificazione. Nel caso in cui il calcestruzzo sia prodotto in cantiere occorre che, sotto la sorveglianza della Direzione Lavori, vengano prequalificate le miscele da parte di un laboratorio ufficiale (di cui all'art. 59 del DPR 380/2001).

Relativamente alla resistenza caratteristica convenzionale a compressione il calcestruzzo verrà individuato mediante la simbologia C (X/Y) dove X è la resistenza caratteristica a compressione misurata su provini cilindrici (fck) con rapporto altezza/diametro pari a 2 ed Y è la resistenza caratteristica a compressione valutata su provini cubici di lato 150 mm (Rck). In merito alle caratteristiche meccaniche e di resistenza si farà riferimento ai seguenti valori minimi:

#### Elemento strutturale: Pali

Peso specifico, $\gamma_c$	25,00 kN/m <sup>3</sup>
Classe di resistenza	C25/30
Resistenza cubica caratteristica, Rck	30 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza cilindrica caratteristica, fck	25 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza cilindrica media, fcm	33 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione media, fctm	2.55 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico, Ecm	31447 N/mm <sup>2</sup>

**Elemento strutturale: Elevazioni (rivestimento interno, muro)**

Peso specifico, $\gamma_c$	25,00 kN/m <sup>3</sup>
Classe di resistenza	C30/37
Resistenza cubica caratteristica, $R_{ck}$	37 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza cilindrica caratteristica, $f_{ck}$	30 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza cilindrica media, $f_{cm}$	38 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione media, $f_{ctm}$	2.90 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico, $E_{cm}$	32837 N/mm <sup>2</sup>

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018; La deformazione massima  $\epsilon_c \max$  è assunta pari a 0.0035.

Il copriferro, in accordo alle Norme Tecniche, quindi, individua lo spessore di calcestruzzo che ricopre l'armatura più esterna. In accordo con l'Eurocodice 2, il copriferro da utilizzare nei calcoli strutturali e da riportare negli elaborati grafici si definisce come copriferro nominale ( $c_{NOM}$ ) dato da:

$$c_{NOM} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

dove:

$c_{min}$  = valore del copriferro minimo

$\Delta c_{dev}$  = tolleranza di esecuzione relativa al copriferro pari a 5÷10 mm

Lo spessore minimo del copriferro  $c_{min}$  sarà il valore massimo tra quelli minimi imposti dalla suddetta normativa per soddisfare le esigenze di durabilità e di aderenza. Nel primo caso i valori di copriferro dipendono dalla classe di esposizione e dalla vita utile di progetto, nel secondo dai diametri delle barre di armatura utilizzate. Si ricorda che il valore del copriferro è misurato dal filo esterno delle staffe, per cui se verranno utilizzati distanziatori fissati alle barre longitudinali occorrerà sommare al valore fornito anche il diametro delle staffe e il raggio della barra. Le tolleranze di esecuzione dei copriferri sono quelle previste dalla norma EN 13670:2008.

Per i pali di fondazione e i cordoli (XC2) si è assunto copriferro pari a 6 cm (§3.10.2.9, RFI DTC SI CS MA IFS 001 B).

Per le fodere interne (XC3) si è assunto copriferro pari a 4 cm.

### 3.2. Acciaio di Armatura - Barre

Per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio armato è previsto l'utilizzo di acciaio in barre ad aderenza migliorata del tipo B450C rispondente alle caratteristiche meccaniche e tecnologiche previste D.M. 17/01/2018. Le modalità di accettazione ed i controlli saranno effettuati secondo quanto indicato nella citata normativa.

I parametri caratteristici per l'acciaio B450C, in accordo a quanto specificato nelle sopracitate Norme Tecniche, sono:

Peso specifico, $\gamma_a$	78,50 kN/m <sup>3</sup>
Tensione nominale di snervamento, $f_y$ nom	450 N/mm <sup>2</sup>
Tensione nominale di rottura, $f_t$ nom	540 N/mm <sup>2</sup>
Minima tensione caratteristica di snervamento, $f_{yk}$ min	450 N/mm <sup>2</sup>
Minima tensione caratteristica di rottura, $f_{tk}$ min	540 N/mm <sup>2</sup>
Minimo rapporto tra i valori caratteristici, $(f_t/f_y)_k$ min	1,15
Massimo rapporto tra i valori caratteristici, $(f_t/f_y)_k$ max	1,35
Massimo rapporto tra i valori nominali, $(f_y/f_y \text{ nom})_k$	1,25
Allungamento caratteristico sotto carico massimo, $(A_{gt})_k$	7,5 %
Modulo di elasticità dell'acciaio, E	206000 N/mm <sup>2</sup>

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.3 del D.M. 17 gennaio 2018.

	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
<b>Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180</b> <b>Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR1J</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>D 29 CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI00 05 010</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>13 di 193</b>

### 3.3. Durabilità

Particolare cura è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere garantite solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera; si dovranno, inoltre, utilizzare tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi. Per garantire la durabilità della struttura sono stati presi in considerazione opportuni stati limite di esercizio (SLE) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali sia, nel caso delle opere in calcestruzzo, l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel seguito e negli allegati di calcolo. Le caratteristiche di durabilità dei calcestruzzi da impiegare nelle opere di progetto sono valutate secondo la Norma Nazionale UNI 9858 e la Normativa Europea ENV 206, la più recente UNI 11104 e secondo quanto stabilito dal D.M. 2018. Per quanto riguarda le prescrizioni minime di spessore di copriferro, si fa riferimento anche alle indicazioni correlate contenute nell'Eurocodice 2.

Secondo le indicazioni contenute nella UNI 11104, le opere in oggetto sono classificabili in ambiente XC2 per quanto riguarda pali e cordoli e XC3 per le fodere interne.

Per il magrone verrà impiegato il calcestruzzo di classe X0.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180</b> <b>Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>NR1J</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>D 29 CL</b>	DOCUMENTO <b>RI00 05 010</b>	REV. <b>B</b>

#### 4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Il modello geotecnico è stato definito sulla base di quanto riportato nella Relazione Geotecnica generale (NR1J00D29GEGE0005001B). In base ai dati a disposizione, sono stati scelti dei valori cautelativi per i parametri di calcolo.

Per l'opera in esame si è fatto riferimento al modello geotecnico n.7 individuato per la macro-area che va da pk 36+050 a pk 37+250 e descritto in dettaglio nella Relazione Geotecnica.

Inoltre, per tenere conto del variare del piano campagna (P.C.) lungo il tracciato ferroviario, si è fatto riferimento al Profilo Geotecnico di linea (Doc. rif. [11]).

Nella Tabella 4.1 si riportano la stratigrafia ed i parametri geotecnici di progetto. Le profondità sono riferite alla quota del piano campagna a monte della paratia nella configurazione iniziale (+235.6 m l.m.m.), che corrisponde alla quota 0 nell'analisi con Paratie.

Le due sezioni di studio si trovano alle pk 36+150 (paratia tipo A) e 36+120 (paratia tipo B).

*Tabella 4.1 - Modello geotecnico di riferimento*

Unità litologiche	Profondità da p.c.		$\gamma$	$\phi'$	$c'$	$E_{op,2}$
	(m)	(m)	kN/m <sup>3</sup>	°	KPa	MPa
U1a - Limo sabbioso debolmente argilloso	0	7	17	27	10	40
U3a – PVI – Depositi vulcanici – Sabbia deb Limosa mediamente addensata con ghiaia	7	25	18	32	0	100

Per il modulo in compressione vergine ( $E_{vc}$ ) si fa riferimento al modulo elastico  $E_{op,2}$  pari a  $1/5 E_0$ . Il modulo in scarico-ricarico è  $E_{ur} = 2 \times E_{vc}$ .

Come rilevato dal profilo geotecnico la falda è stata assunta alla quota +210 m l.m.m., a circa 25 m di profondità dal piano campagna iniziale.

	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
<b>Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180</b> <b>Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR1J</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>D 29 CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI00 05 010</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>15 di 193</b>

## 5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

### 5.1. Vita Nominale

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Nel presente caso l'opera viene inserita nella seguente tipologia di costruzione (tipo 2):

- 1 *Costruzioni temporanee e provvisorie*
- 2 *Costruzioni con livelli di prestazioni ordinarie*
- 3 *Costruzioni con livelli di prestazione elevati*

La cui vita nominale è pari a 75 anni.

### 5.2. Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un' interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l'opera appartiene alla seguente classe d'uso (Tabella §2.5.1.1.2.1 di RFI DTC SI PS MA IFS 001 B):

- I *Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.*
- II *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.*
- III *Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.*
- IV *Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di*

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180</b> <b>Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>NR1J</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>D 29 CL</b>	DOCUMENTO <b>RI00 05 010</b>	REV. <b>B</b>

*collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.*

Il coefficiente d'uso è pari a 1.00, coerentemente a quanto indicato nella Tab. 2.4.II delle NTC.

Tabella 2 – Valori del coefficiente di uso  $C_u$

<u>Classe d'uso</u>	<u>I</u>	<u>II</u>	<u>III</u>	<u>IV</u>
<u>Coefficiente d'uso</u>	<u>0.7</u>	<u>1.0</u>	<u>1.5</u>	<u>2.0</u>

### 5.3. Periodo di riferimento per l'azione sismica

Il periodo di riferimento  $V_R = V_N * C_U = 75 * 1.0 = 75.0$  anni.

### 5.4. 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 NTC2018. I terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di **Categoria E**.

- A *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.*
- B *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da*

*valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*

- C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*
- D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.*
- E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.*

## 5.5. Condizioni topografiche

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la classificazione proposta nelle NTC, secondo la quale le categorie individuate 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**.

*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  $i > 30^\circ$ .*

## 5.6. Amplificazione Stratigrafica e Topografica

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC2018, 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.

Tabella 3 - Tabella delle espressioni per SS e CC

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

Tabella 4 - Valori massimi del coeff. di amplificazione topografica S<sub>T</sub>

Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera dell'intervento	S <sub>T</sub>
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

Il valore del coefficiente di amplificazione topografica è posto pari a **S<sub>T</sub> = 1**.

I valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica sono pari a **S<sub>s</sub> = 1,600** e **C<sub>c</sub> = 1,750**.

### 5.7. Azione sismica di riferimento

Fissata la vita di riferimento V<sub>R</sub>, i due parametri T<sub>R</sub> e P<sub>VR</sub> sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180</b> <b>Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>NR1J</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>D 29 CL</b>	DOCUMENTO <b>RI00 05 010</b>	REV. <b>B</b>

Tabella 5 - Probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato

	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%

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

Di seguito si riportano i valori dei parametri spettrali dipendenti dal sito dell'opera in oggetto. La latitudine e la longitudine di riferimento sono riferite al WGS84 e sono pari a (vedi Figura 3):



Figura 3 – ubicazione della paratia di pali

Latitudine: 42,058119

Longitudine: 12,236551

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180</b> <b>Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>NR1J</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>D 29 CL</b>	DOCUMENTO <b>RI00 05 010</b>	REV. <b>B</b>

Tabella 6 - Parametri sismici Stato Limite di salvaguardia della Vita

$a_g$ (g) (SLV)	0.071
Risposta Sismica Locale	
Categoria di sottosuolo	E
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$	1.600
Categoria Topografica	T1
Coefficiente di amplificazione topografica $S_t$	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo	
$a_{max}$ (g) ( $a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$ )	0.1136

Tabella 7 - Parametri sismici Stato Limite di Danno

$a_g$ (g) (SLD)	0.042
Risposta Sismica Locale	
Categoria di sottosuolo	E
Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$	1.600
Categoria Topografica	T1
Coefficiente di amplificazione topografica $S_t$	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo	
$a_{max}$ (g) ( $a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$ )	0.0672

Per la definizione delle azioni, è stato considerato un fattore di struttura  $q=1,00$  per gli spettri orizzontali e  $q=1,00$  per quelli verticali SLV e  $q=1,00$  per quelli SLD.

Si riporta il dettaglio dei parametri valutati secondo NTC2018.

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

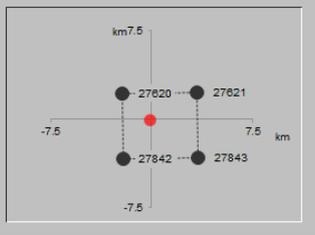
Elaborazioni grafiche

- 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:

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".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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 -  $P_{VR} = 81\%$
- SLD -  $P_{VR} = 63\%$

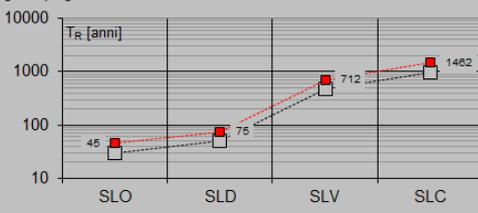
Stati limite ultimi - SLU

- SLV -  $P_{VR} = 10\%$
- SLC -  $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **E** info

$S_S =$

**1.600**

$C_C =$

**1.750** info

Categoria topografica **T1** info

$h/H =$

**1.000**

$S_T =$

**1.000** info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento  $\xi$  (%) **5**

$\eta =$

**1.000** info

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore  $q_s =$

**1**

Regol. in altezza **si** info

Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore  $q_v =$

**1**

$\eta =$

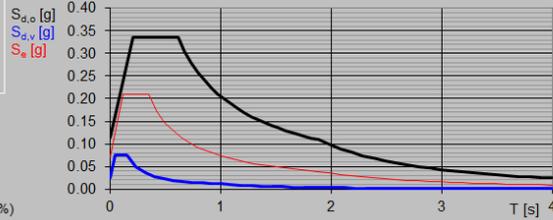
**1.000** info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO

FASE 1

FASE 2

**FASE 3**

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

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.071 g
$F_0$	2.940
$T_C$	0.350 s
$S_S$	1.600
$C_C$	1.750
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.600
$\eta$	1.000
$T_B$	0.204 s
$T_C$	0.613 s
$T_D$	1.885 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)**

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

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

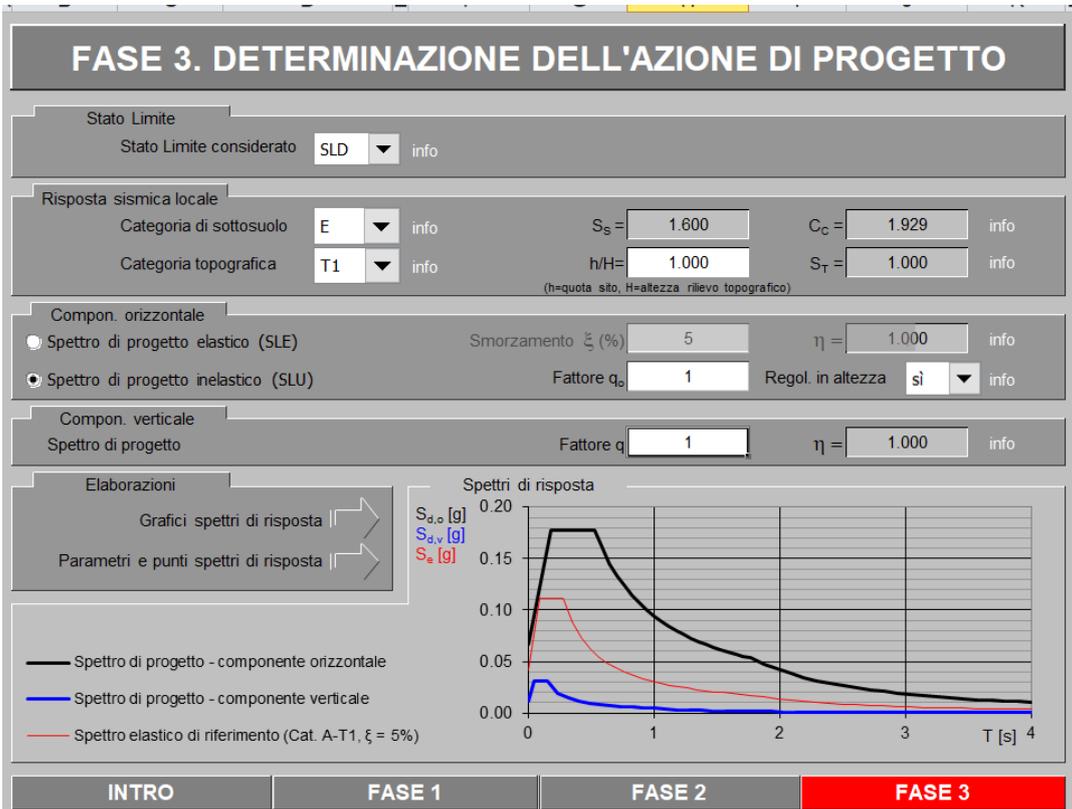
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

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

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  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	0.114
$T_B$ ←	0.204	0.335
$T_C$ ←	0.613	0.335
	0.673	0.305
	0.734	0.280
	0.794	0.258
	0.855	0.240
	0.915	0.224
	0.976	0.210
	1.037	0.198
	1.097	0.187
	1.158	0.177
	1.218	0.168
	1.279	0.160
	1.339	0.153
	1.400	0.146
	1.461	0.140
	1.521	0.135
	1.582	0.130
	1.642	0.125
	1.703	0.120
	1.764	0.116
	1.824	0.112
$T_D$ ←	1.885	0.109
	1.985	0.098
	2.086	0.089
	2.187	0.081
	2.288	0.074
	2.388	0.068
	2.489	0.062
	2.590	0.058
	2.691	0.053
	2.791	0.050
	2.892	0.046
	2.993	0.043
	3.093	0.040
	3.194	0.038
	3.295	0.036
	3.396	0.034
	3.496	0.032
	3.597	0.030
	3.698	0.028
	3.799	0.027
	3.899	0.025
	4.000	0.024



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

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.042 g
$F_0$	2.672
$T_C$	0.274 s
$S_S$	1.600
$C_C$	1.929
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.600
$\eta$	1.000
$T_B$	0.176 s
$T_C$	0.529 s
$T_D$	1.767 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  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	0.067
$T_B$ ←	0.176	0.178
$T_C$ ←	0.529	0.178
	0.588	0.160
	0.647	0.146
	0.706	0.133
	0.765	0.123
	0.824	0.114
	0.883	0.107
	0.942	0.100
	1.001	0.094
	1.060	0.089
	1.118	0.084
	1.177	0.080
	1.236	0.076
	1.295	0.073
	1.354	0.070
	1.413	0.067
	1.472	0.064
	1.531	0.062
	1.590	0.059
	1.649	0.057
	1.708	0.055
$T_D$ ←	1.767	0.053
	1.873	0.047
	1.979	0.042
	2.086	0.038
	2.192	0.035
	2.298	0.031
	2.405	0.029
	2.511	0.026
	2.617	0.024
	2.724	0.022
	2.830	0.021
	2.936	0.019
	3.043	0.018
	3.149	0.017
	3.256	0.016
	3.362	0.015
	3.468	0.014
	3.575	0.013
	3.681	0.012
	3.787	0.012
	3.894	0.011
	4.000	0.010

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180</b> <b>Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>NR1J</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>D 29 CL</b>	DOCUMENTO <b>RI00 05 010</b>	REV. <b>B</b>

## 6. ANALISI DEI CARICHI STATICI DI PROGETTO

### 6.1. Azioni permanenti

#### 6.1.1. Peso proprio

Per la tipologia di modello di calcolo adottato l'effetto del peso proprio della paratia non entra in gioco nelle valutazioni dello stato di sforzo agente.

#### 6.1.2. Spinta delle terre

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  $\sigma'_h$  a quella verticale  $\sigma'_v$  attraverso la relazione:

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

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

$$K_0 = K_{0NC}(\text{OCR})^m$$

dove

$$K_{0NC} = 1 - \sin\phi'$$

è il coefficiente di spinta a riposo per un terreno normalconsolidato ( $\text{OCR}=1$ ).  $\text{OCR}$  è il grado di sovraconsolidazione e  $m$  è un parametro empirico, di solito compreso tra 0.4 e 0.7. Ladd et al. (1977), Jamiolkowski et al. (1979) forniscono valori di  $m$  per argille italiane.

Il coefficiente di spinta attiva e passiva sono dati secondo Rankine per una parete liscia, da:

$$K_A = \tan^2(45^\circ - \phi'/2)$$

$$K_P = \tan^2(45^\circ + \phi'/2)$$

Attraverso valori opportuni di  $K_A$  e  $K_P$  si tiene conto dell'angolo di attrito  $\delta$  tra paratia e terreno e della pendenza del terreno a monte ed entro la luce di scavo.

In particolare i coefficienti di spinta attiva ( $k_a$ ) sono calcolati secondo la formulazione di Coulomb; i coefficienti di spinta passiva ( $k_p$ ) sono calcolati secondo la formulazione di Lancellotta (2007), considerando un angolo di attrito terreno/calcestruzzo ( $\delta$ ) pari a  $2/3\phi'$ . In condizione sismica è stato assunto  $\delta = 0$  per la spinta passiva.

Il valore limite della tensione orizzontale sarà dato da:

$$\sigma'_h = K_A \sigma'_v - 2c'K_A^{0.5}$$

$$\sigma'_h = K_P \sigma'_v + 2c'K_P^{0.5}$$

a seconda che il collasso avvenga in spinta attiva o passiva rispettivamente.  $c'$  è la coesione drenata del terreno.

I parametri di deformabilità del terreno compaiono nella definizione della rigidezza delle molle. Per un letto di molle distribuite la rigidezza di ciascuna di esse,  $k$ , è data da

$$k = E / L$$

ove  $E$  è un modulo di rigidezza del terreno mentre  $L$  è una grandezza geometrica caratteristica. Poiché nel programma PARATIE le molle sono posizionate a distanze finite  $\Delta$ , la rigidezza di ogni molla è:

$$K = E \Delta / L$$

Il valore di  $\Delta$  è fornito dalla schematizzazione ad elementi finiti. Il valore di  $L$  è fissato automaticamente dal programma. Esso rappresenta una grandezza caratteristica che è diversa a valle e a monte della paratia perché diversa è la zona di terreno coinvolta dal movimento in zona attiva e passiva. Si è scelto, in zona attiva (uphill):

$$L_A = 2/3 l_A \tan(45^\circ - \phi'/2)$$

e in zona passiva (downhill):

$$L_P = 2/3 l_P \tan(45^\circ - \phi'/2)$$

dove e sono rispettivamente:

$$l_A = \min[l; 2H]$$

$$l_P = \min[l-H; H]$$

e dove  $l$  = altezza totale della paratia e  $H$  = altezza corrente dello scavo. La logica di questa scelta è illustrata nella pubblicazione di Becci e Nova (1987).

Si assume in ogni caso un valore di  $H$  non minore di 1/10 dell'altezza totale della parete.

Il parametro  $E$  dipende dalla storia tensionale del sito nonché dall'incremento locale dello stato tensionale come illustrato in Becci e Nova (1987).

Il modulo  $E$  può essere considerato dipendente dalla pressione media  $p = (\sigma'_v + \sigma'_h)/2$  secondo la legge

$$E = R(p/p_a)^n$$

in cui  $p_a$  è la pressione atmosferica mentre  $R$  e  $n$  sono quantità determinabili sperimentalmente. È ovvio che ponendo  $n=0$  si può considerare il caso di modulo costante, mentre se  $n$  è posto pari a 1, si ha il caso, tipico delle argille normalconsolidate, in cui il modulo varia linearmente con la profondità. Nelle nostre analisi si è posto  $n=0$ .

Il valore  $R$  è in genere diverso in condizioni di carico vergine o di scarico-ricarico. Valori indicativi di  $R$  e  $n$  sono dati da Janbu (1963). La variabilità di questi parametri è grandissima. Per una sabbia  $n$  può variare tra 0.2 e 1.0 e  $R$  tra 8 e 200 MPa. Per un'argilla normalmente consolidata  $n \sim 1$ . I valori di  $R$  per argille italiane possono essere dedotti da Jamiolkowski et al. (1979).

Si noti inoltre che, poiché lo stato tensionale iniziale vergine non è isotropo, la rigidità del terreno in condizioni di carico vergine è minore di quella che si può misurare in prove triassiali drenate isotropicamente consolidate.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>												
<p><b>Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180</b> <b>Relazione di calcolo</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NR1J</td> <td>01</td> <td>D 29 CL</td> <td>RI00 05 010</td> <td>B</td> <td>29 di 193</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	29 di 193
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	29 di 193								

Nel caso in cui  $n=0$ , il valore del modulo R in condizioni di carico vergine può essere considerato identico al valore del modulo elastico inteso tradizionalmente. Per una correlazione con i risultati delle più comuni prove in sito si veda ad esempio Bowles (1988).

Il modulo di scarico-ricarico è da 3 a 10 volte maggiore nel caso di argille, mentre e in genere da 1.5 a 3 volte più grande nel caso di sabbie.

#### 6.1.2.1. Profondità massima di scavo

Nel caso in cui la funzione di sostegno è affidata alla resistenza del volume di terreno a valle dell'opera, il modello geometrico di riferimento deve tenere conto delle possibili variazioni del profilo del terreno a monte e a valle del paramento rispetto ai valori nominali. In particolare, secondo le indicazioni delle NTC, la quota di valle deve essere diminuita di una quantità pari al minore dei seguenti valori:

- 10% dell'altezza di terreno da sostenere nel caso di opere a sbalzo;
- 10 % della differenza di quota fra livello inferiore di vincolo e fondo scavo nel caso di opere vincolate;
- 0,5 m.

## 6.2. Azioni variabili

### 6.2.1. Sovraccarichi

In fase transitoria (prima del riempimento a tergo della paratia fino alla quota di progetto) si adotta un sovraccarico pari a 10 kPa dovuto ai mezzi di cantiere.

	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
<b>Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180</b> <b>Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR1J</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>D 29 CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI00 05 010</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>30 di 193</b>

### 6.3. Azione sismica

#### 6.3.1. Accelerazione equivalente di progetto

Come definito nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018), a meno di specifiche analisi dinamiche, è possibile svolgere le verifiche di sicurezza per l'opera di sostegno mediante analisi pseudostatiche o analisi agli spostamenti.

Nello specifico, la valutazione dell'impatto dell'azione sismica sull'opera di sostegno è stata condotta mediante analisi pseudostatica come definito nei Paragrafi 7.11.6.2.1 e 7.11.6.3 della Normativa e tenendo in considerazione anche il manuale RFI (RFI DTC SI CS MA IFS 001 B par. 3.10.3.1).

Seguono le componenti dell'accelerazione equivalente  $k_h$  (orizzontale) e  $k_v$  (verticale):

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

$$k_v = 0.5 k_h$$

essendo:

$\alpha$  coefficiente di deformabilità (si veda la Figura 4 in funzione dell'altezza della parete H). Per il sottosuolo di categoria E si utilizzano le curve dei sottosuoli C o D in dipendenza dei valori assunti dalla velocità equivalente  $V_s$ : nel caso in oggetto si è preso in considerazione la categoria di suolo C.

Per la definizione del coefficiente  $\beta$ , funzione del massimo spostamento  $u_s$  che l'opera può tollerare, è stata svolta un'analisi iterativa in condizioni SLD ipotizzando inizialmente uno spostamento nullo con  $\beta = 1$ . I successivi valori di  $\beta$  si ottengono entrando nel grafico di Figura 5 con il valore dello spostamento ottenuto nell'analisi precedente.

Tale procedura iterativa conduce ai seguenti risultati.

Paratia 36+150

$H = 23.15 \text{ m}$

$\alpha = 0.67$

$u_s = 0.1003 \text{ m}$

$$\beta = 0.52$$

$$\alpha \cdot \beta = 0.35$$

### Paratia 36+120

$$H = 16.8 \text{ m}$$

$$\alpha = 0.81$$

$$u_s = 0.0515 \text{ m}$$

$$\beta = 0.609$$

$$\alpha \cdot \beta = 0.49$$

Per la verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno, le NTC impongono invece di considerare le seguenti condizioni:

$$k_h = \beta \cdot a_{max}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h;$$

$$\beta = 0.38.$$

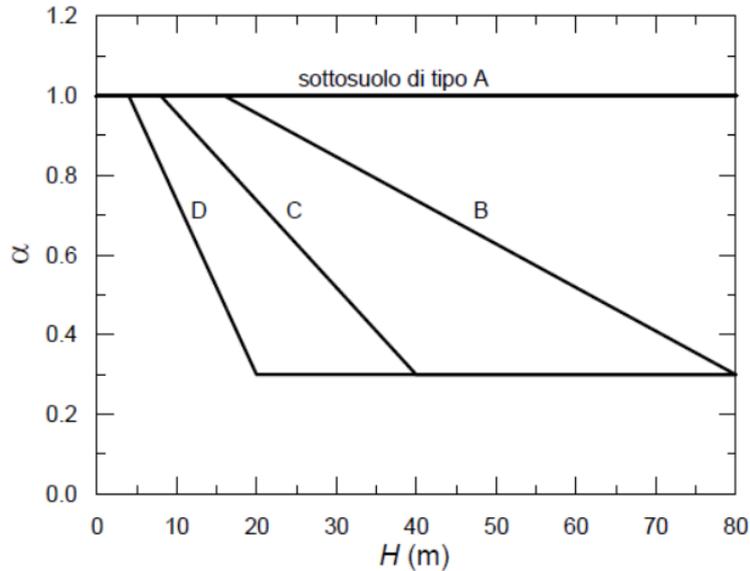


Figura 4 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità  $\alpha$

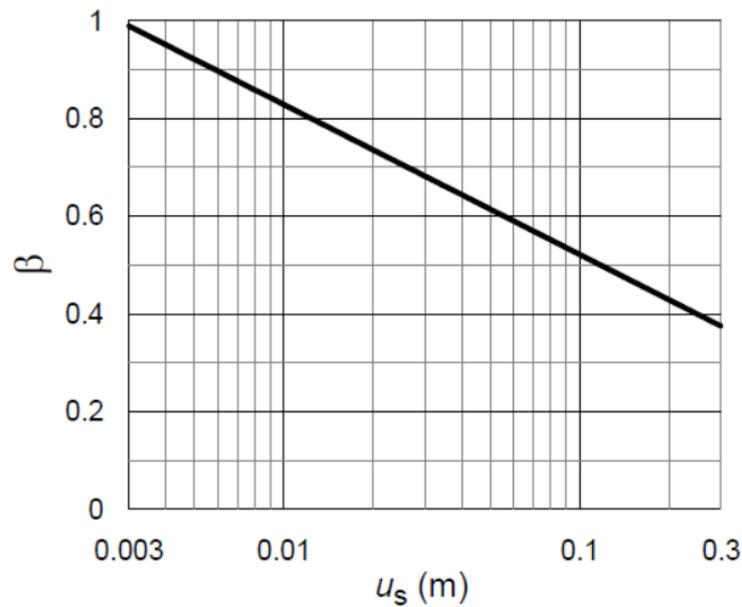


Figura 5 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento  $\beta$

Nelle verifiche sismiche le azioni generate dal sisma ed agenti sulla struttura sono considerate come segue:

1. spinta sismica del terreno a tergo dell'opera;
2. forze d'inerzia orizzontali di muro e paratia.

### 6.3.2. Spinta sismica del terreno

Si applica una pressione pseudostatica sul paramento di paratia fuori scavo o sul muro, diretta da monte verso valle, secondo la teoria di Mononobe ed Okabe riportata di seguito:

per  $\beta \leq \phi - \theta$ :

$$k_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

per  $\beta > \phi - \theta$ :

$$k_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta)}$$

in cui:

- $\phi$       angolo di resistenza al taglio del terreno
- $\beta$       inclinazione del terreno a monte del muro rispetto all'orizzontale (positivo per terreno che sale allontanandosi dal muro)
- $\psi$       inclinazione del muro rispetto all'orizzontale ( $>90^\circ$  per parete inclinata verso valle)
- $\delta$       angolo di attrito muro-terreno
- $\theta$       angolo dipendente dalla accelerazione sismica e definito dalle seguenti espressioni:
- $\theta = \text{tg}^{-1} (k_h / (1 \pm k_v))$

essendo  $k_h$  e  $k_v$  rispettivamente i coefficienti di accelerazione sismica orizzontale e verticale (si veda il successivo par. § 6.4.1).

La spinta attiva risultante  $P_a$  è inclinata dell'angolo  $\delta$  sull'orizzontale. Pertanto il valore della spinta orizzontale  $P_{AH}$  è pari a:

$$P_{AH} = P_A \cdot \cos \delta$$

mentre la componente verticale  $P_{AV}$  risulta:

$$P_{AV} = P_A \cdot \sin \delta$$

### 6.3.3. Forza d'inerzia

La forza di inerzia della paratia è valutata come:

$$F_p = k_h \cdot W$$

con  $W$  pari al peso della struttura considerata e parametri definiti come descritto nel capitolo 6.3.1. Tale azione è applicata nel baricentro della struttura.

## 7. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC-2018 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  $\gamma_F$ ,  $\gamma_M$  e  $\gamma_R$  (relativi alle resistenze dei pali soggetti a carichi assiali), nonché i coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni sono dati dalle tabelle NTC2018 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 (SLE);
- sicurezza nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU).

Le verifiche di sicurezza agli SLU sono da effettuarsi 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+R1 (GEO)

Considerando i coefficienti parziali riportati nelle seguenti tabelle ed R1 pari ad 1.

In particolare sono stati verificati i seguenti stati limiti ultimi:

- collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera;
- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia;
- instabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.

Per quest'ultimo meccanismo, la verifica deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 dell'Approccio 1 definita come segue, assumendo R2 pari a 1.1 in condizioni statiche ed a 1.2 in condizioni sismiche:

- Combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO).

Nelle condizioni di esercizio gli spostamenti dell'opera sono stati valutati per verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza delle opere adiacenti.

*Tabella 8 – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU*

Coefficiente			EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(5)</sup>	1,00 <sup>(6)</sup>	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	$\gamma_{Ce}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	1,20	1,20	1,00

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

*Tabella 9 – Coefficienti di combinazione delle azioni*

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$g_{f1}$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di	$g_{f2}$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
carico	$g_{f3}$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$g_{f4}$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione SLU e SLE	0,80	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

<sup>(1)</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tabella 10 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>					
<p><b>Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180</b> Relazione di calcolo</p>	<p>COMMESSA <b>NR1J</b></p>	<p>LOTTO <b>01</b></p>	<p>CODIFICA <b>D 29 CL</b></p>	<p>DOCUMENTO <b>RI00 05 010</b></p>	<p>REV. <b>B</b></p>	<p>FOGLIO <b>39 di 193</b></p>

## 8. METODO DI ANALISI

### 8.1. Metodo di calcolo

Le calcolazioni sono state condotte adottando il metodo semiprobabilistico agli stati limite; sono stati soddisfatti i requisiti per la sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica) e allo stato limite di esercizio. Per quanto riguarda le azioni sismiche sono state esaminate anche le deformazioni relative. La sicurezza e le prestazioni sono garantite verificando gli stati limite in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme. Per quanto riguarda le fasi costruttive intermedie le strutture non risulta sollecitata in maniera più gravosa della fase finale. L'analisi strutturale condotta è stata del tipo: metodo pseudostatico.

La ricerca dei parametri di sollecitazione è stata fatta secondo le disposizioni di carico più gravose avvalendosi di un codice di calcolo automatico per l'analisi strutturale e geotecnica. Tale codice risulta essere di sicura ed accertata validità ed è stato impiegato conformemente alle sue caratteristiche.

### 8.2. Modellazione numerica

Il calcolo agli elementi finiti delle paratie è stato effettuato utilizzando il codice PARATIE (versione 18.2) prodotto dalla "CeAs" – Milano – ITA. Gli effetti nelle opere di sostegno flessibile delle spinte del terreno e delle azioni concentrate offerte dalla eventuale tirantatura sono stati esaminati con l'ausilio del programma di calcolo per l'analisi di strutture di sostegno flessibili PARATIE.

PARATIE 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.

La simulazione numerica utilizzata segue due differenti percorsi:

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>												
<p><b>Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180</b> <b>Relazione di calcolo</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NR1J</td> <td>01</td> <td>D 29 CL</td> <td>RI00 05 010</td> <td>B</td> <td>40 di 193</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	40 di 193
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	40 di 193								

Analisi classica = viene eseguita una analisi all'equilibrio limite della singola o doppia paratia. Il calcolo delle sollecitazioni avviene per mezzo delle teorie classiche. Il calcolo degli spostamenti avviene tramite un'analisi elastica semplificata considerando lo schema di carico e di vincoli imposti dall'Utente.

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 adotta un valore dell'angolo di attrito terreno paratia, ( $\delta$ ), pari a  $0.5 \phi'$ . 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 PARATIE 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.

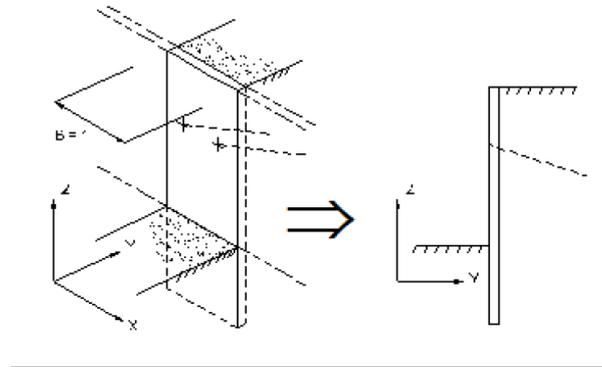


Figura 6 – Schema di modellazione piana effettuata per mezzo del software PARATIE

La modellazione numerica dell'interazione terreno-struttura è del tipo "trave su suolo elastico". Le pareti di sostegno vengono rappresentate con elementi finiti trave il cui comportamento è definito dalla rigidità flessionale  $EJ$ , mentre il terreno viene simulato attraverso elementi elastoplastici monodimensionali (molle) connessi ai nodi delle paratie; ad ogni nodo convergono uno o al massimo due elementi terreno:

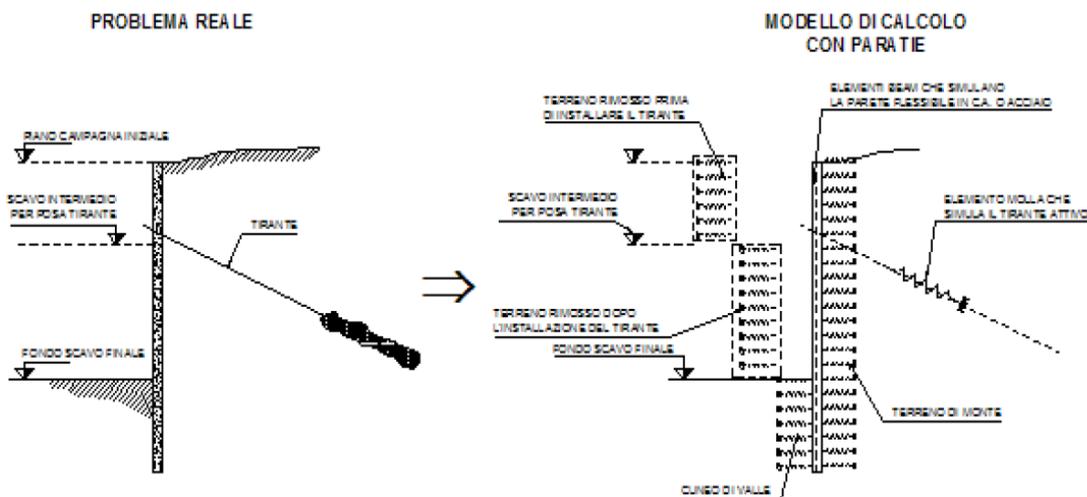


Figura 7 – Trave su suolo elastico: modellazione numerica della paratia e dei vincoli

Il limite di questo schema sta nell'ammettere che ogni porzione di terreno, schematizzata da una "molla", abbia comportamento del tutto indipendente dalle porzioni adiacenti; l'interazione fra le varie regioni di terreno è affidata alla rigidità flessionale della parete.

PARATIE calcola internamente e aggiorna costantemente tale parametro, sulla base del modulo elastico (Young) e la geometria del muro. In altre parole, ad ogni passo, la rigidezza K della “molla” viene calcolata dalla seguente equazione:

$$k = a \cdot \frac{E_s \cdot t}{L}$$

dove

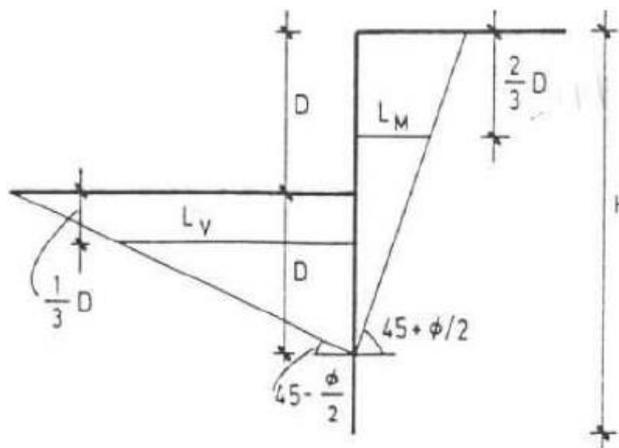
a è un fattore di scala posto pari a 1;

$E_s$  è il modulo di Young del terreno;

t è l'interasse della molla;

L è un parametro geometrico che tiene conto della geometria del muro (v. capitolo 6.1.2).

Nella figura seguente viene riportato in via grafica il criterio per la definizione di L a monte ed a valle ( $L_M$  e  $L_V$ ).



La realizzazione dello scavo sostenuto da una o due paratie, eventualmente tirantate, viene seguita in tutte le varie fasi attraverso un'analisi statica incrementale: ogni passo di carico coincide con una ben precisa configurazione caratterizzata da una certa quota di scavo, da un certo insieme di tiranti applicati, da una ben precisa disposizione di carichi applicati.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>					
<p><b>Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180</b> <b>Relazione di calcolo</b></p>	<p>COMMESSA <b>NR1J</b></p>	<p>LOTTO <b>01</b></p>	<p>CODIFICA <b>D 29 CL</b></p>	<p>DOCUMENTO <b>RI00 05 010</b></p>	<p>REV. <b>B</b></p>	<p>FOGLIO <b>43 di 193</b></p>

Poiché il comportamento degli elementi finiti è di tipo elastoplastico, ogni configurazione dipende in generale dalle configurazioni precedenti e lo sviluppo di deformazioni plastiche ad un certo passo condiziona la risposta della struttura nei passi successivi. La soluzione ad ogni nuova configurazione (step) viene raggiunta attraverso un calcolo iterativo alla Newton-Raphson (Bathe, 1996).

L'analisi ha lo scopo di indagare la risposta strutturale in termini di deformazioni laterali subite dalla parete durante le varie fasi di scavo e di conseguenza la variazione delle pressioni orizzontali nel terreno. Per far questo, in corrispondenza di ogni nodo è necessario definire due soli gradi di libertà, cioè lo spostamento orizzontale e la rotazione attorno all'asse X ortogonale al piano della struttura (positiva se antioraria).

Ne consegue che con questo strumento non possono essere valutati:

- cedimenti o innalzamenti verticali del terreno in vicinanza dello scavo;
- condizioni di stabilità generale del complesso parete+terreno+tiranti.

In questa impostazione particolare, inoltre, gli sforzi verticali nel terreno non sono per ipotesi influenzati dal comportamento deformativo orizzontale, ma sono una variabile del tutto indipendente, legata ad un calcolo basato sulle classiche ipotesi di distribuzione geostatica.

### 8.3. Modello di calcolo

Il modello di calcolo della sezione pk 36+150 è rappresentato in Figura 8 ed è costituito da una paratia di pali con interasse 1.3m,  $\phi$ 1200 e lunghi 18m; al di sopra della paratia di pali viene realizzato un muro in c.a. di spessore 1.8 m e altezza variabile fino a un massimo di 5.15 m in corrispondenza della sezione di calcolo, per sostenere il terreno a monte nella configurazione di progetto, che si trova ad una quota superiore rispetto alla testa dei pali.

Lo scavo massimo è di 9.3 m, che incrementato del 10% secondo quanto indicato dalle NTC 2018 porta a 10.25 m. Nel modello di calcolo Paratie il terreno a tergo della paratia nella configurazione di progetto si trova alla quota +3.

Il modello di calcolo della sezione pk 36+120 è rappresentato in Figura 9 ed è costituito da una paratia di pali con interasse 1.3m,  $\phi$ 1200 e lunghi 14m; al di sopra della paratia di pali viene realizzato un muro in c.a. di spessore 1.8 m e altezza variabile fino a un massimo di 2.8 m in corrispondenza della

sezione di calcolo, per sostenere il terreno a monte nella configurazione di progetto, che si trova ad una quota superiore rispetto alla testa dei pali.

Lo scavo massimo è di 7.35 m, che incrementato del 10% secondo quanto indicato dalle NTC 2018 porta a 8.1 m. Nel modello di calcolo Paratie il terreno a tergo della paratia nella configurazione di progetto si trova alla quota +0.55.

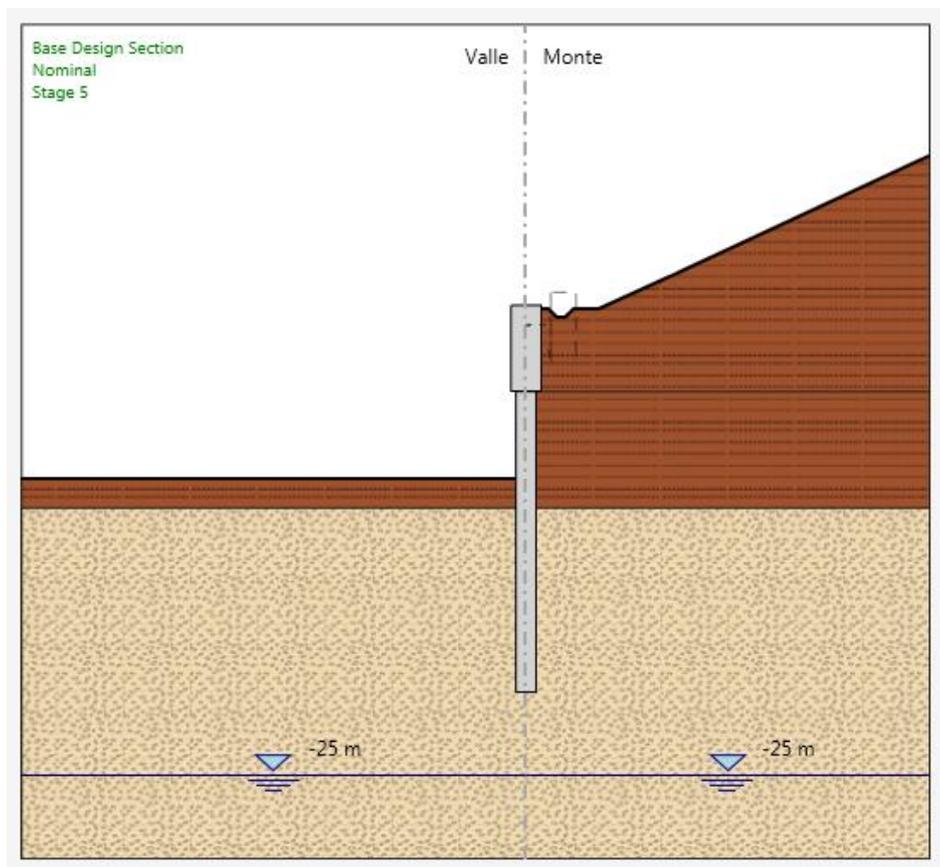


Figura 8 – Sezione 36+150. Modello di calcolo: massima profondità di scavo

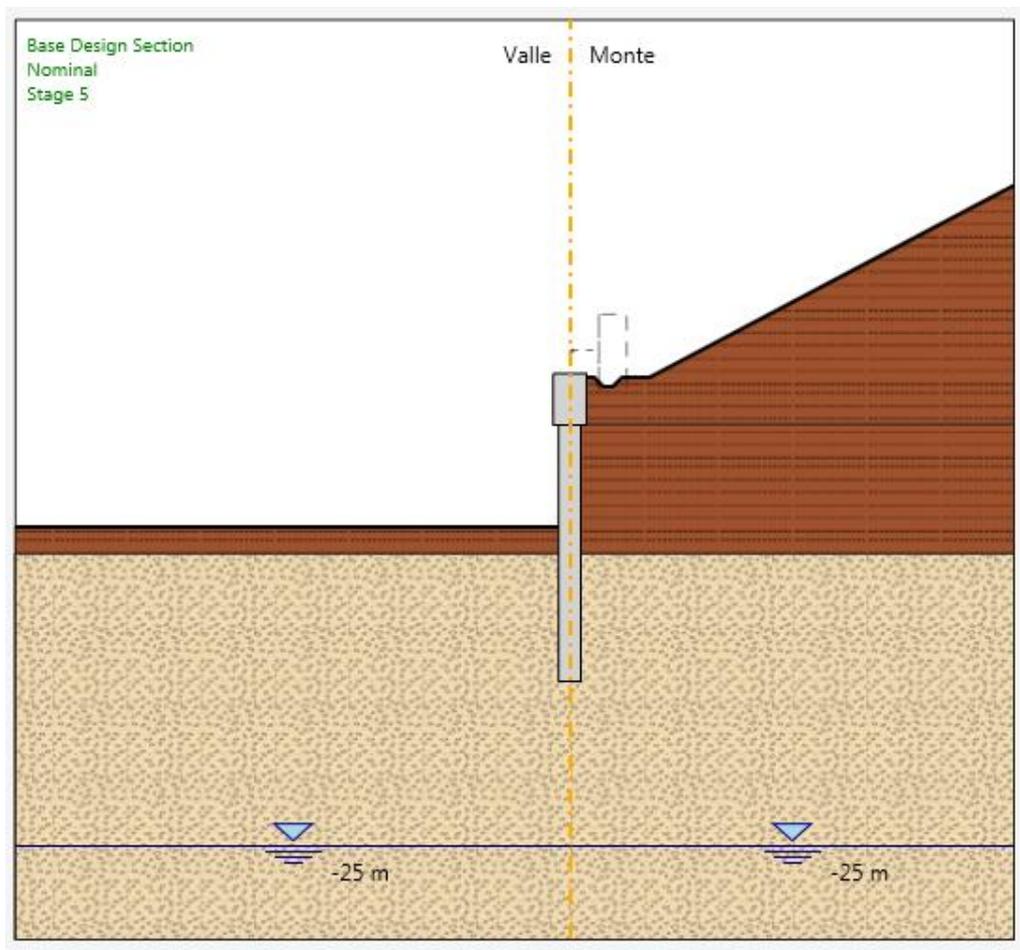


Figura 9 – Sezione 36+120. Modello di calcolo: massima profondità di scavo

#### 8.4. Sezione 36+150 - Fasi di costruzione

Il calcolo numerico è effettuato per fasi, al fine di consentire la valutazione delle azioni sulla paratia nelle differenti stadi di costruzione e di consentire la convergenza della soluzione. Nel seguito si riassumono le fasi di calcolo considerate nell'analisi.

### FASE 1 – INIZIALIZZAZIONE

Lo stage iniziale è caratterizzato dalla presenza di una banca di larghezza 6 m, costruita per consentire la realizzazione in opera dei pali della paratia definitiva. Lo scavo per raggiungere la quota della testa dei pali è reso possibile mediante l'utilizzo di una paratia provvisoria, oggetto di specifica relazione.

Nel modello di calcolo Paratie il terreno a tergo della paratia nella configurazione iniziale si trova alla quota 0.

Paratia: Pali  $\phi 1200$ ,  $i = 1.3$  m,  $L = 18$  m; Muro sp. = 1.8 m,  $H = 5.15$  m

Quota terreno lato monte:  $0 \div 14$  m p.c.

Quota terreno lato valle:  $-2 \div -5$  m p.c.

Quota falda: -25

Sovraccarico = 10 kPa

Azione sismica: no

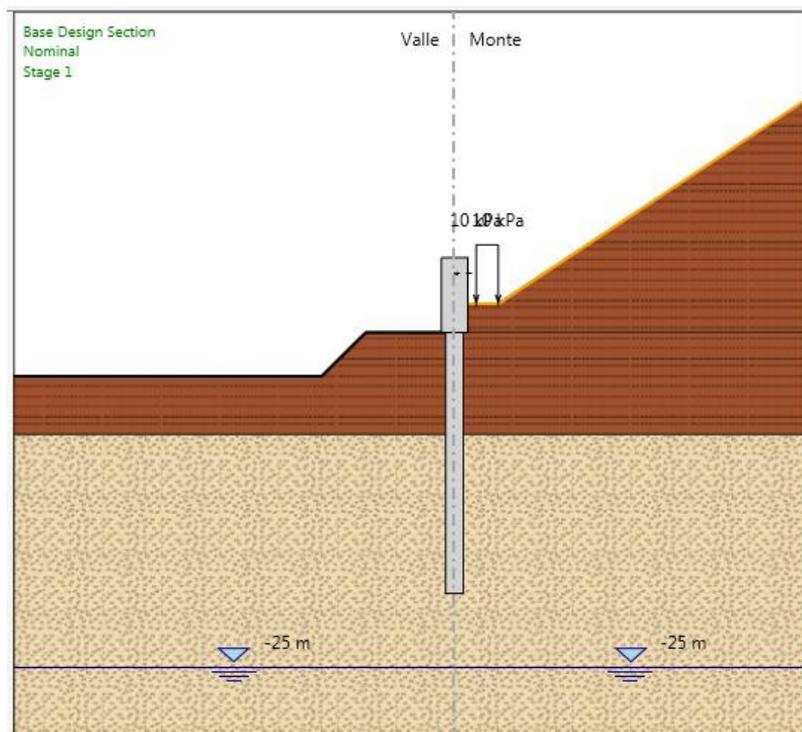


Figura 10 – Stage 1: fase iniziale

FASE 2 – SCAVO -5m

Paratia: Pali  $\phi 1200$ ,  $i = 1.3$  m,  $L = 18$  m; Muro sp. = 1.8 m,  $H = 5.15$  m

Quota terreno lato monte: 0 ÷ 14 m p.c.

Quota terreno lato valle: -5 m p.c.

Quota falda: -25

Sovraccarico = 10 kPa

Azione sismica: no

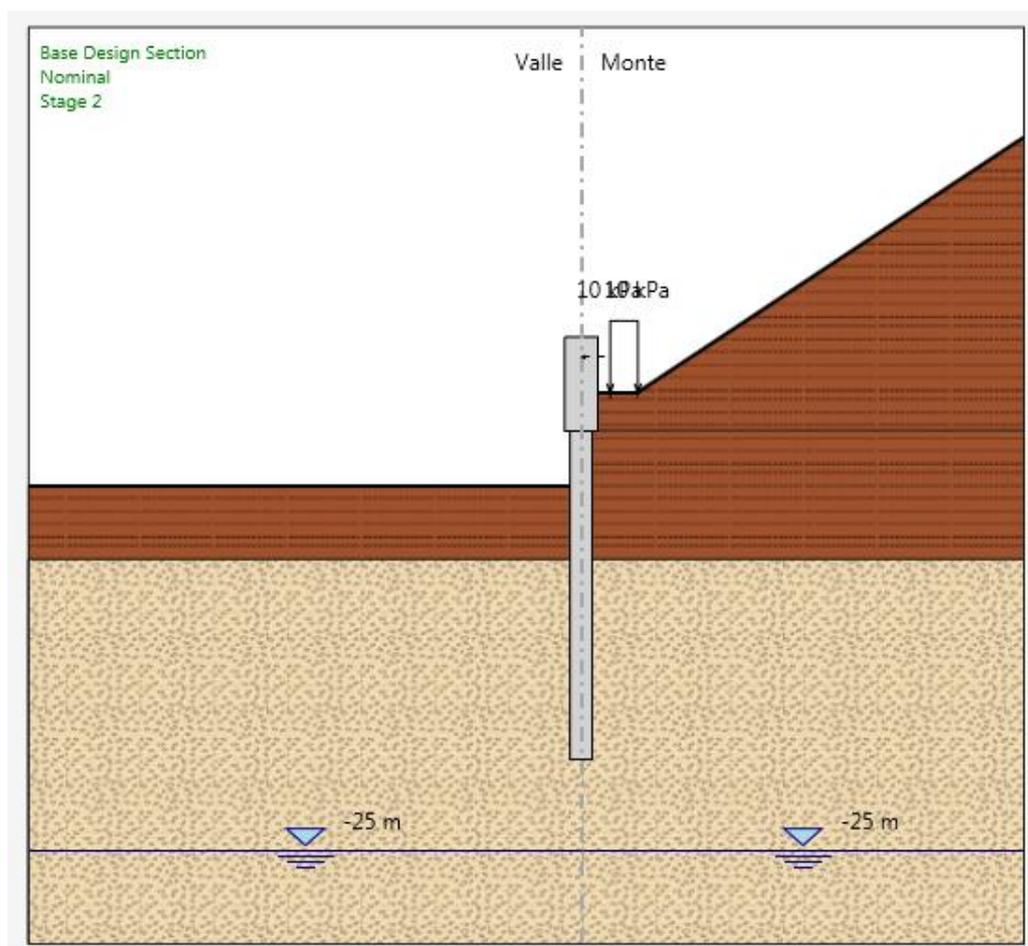


Figura 11 – Step 2:scavo fino a -5 m pc

**FASE 3 – FONDO SCAVO -6.35 m**

Paratia: Pali  $\phi 1200$ ,  $i = 1.3$  m,  $L = 18$  m; Muro sp. = 1.8 m,  $H = 5.15$  m

Quota terreno lato monte: 0 ÷ 14 m p.c.

Quota terreno lato valle: -6.35 m p.c.

Quota falda: -25

Sovraccarico = 10 kPa

Azione sismica: no

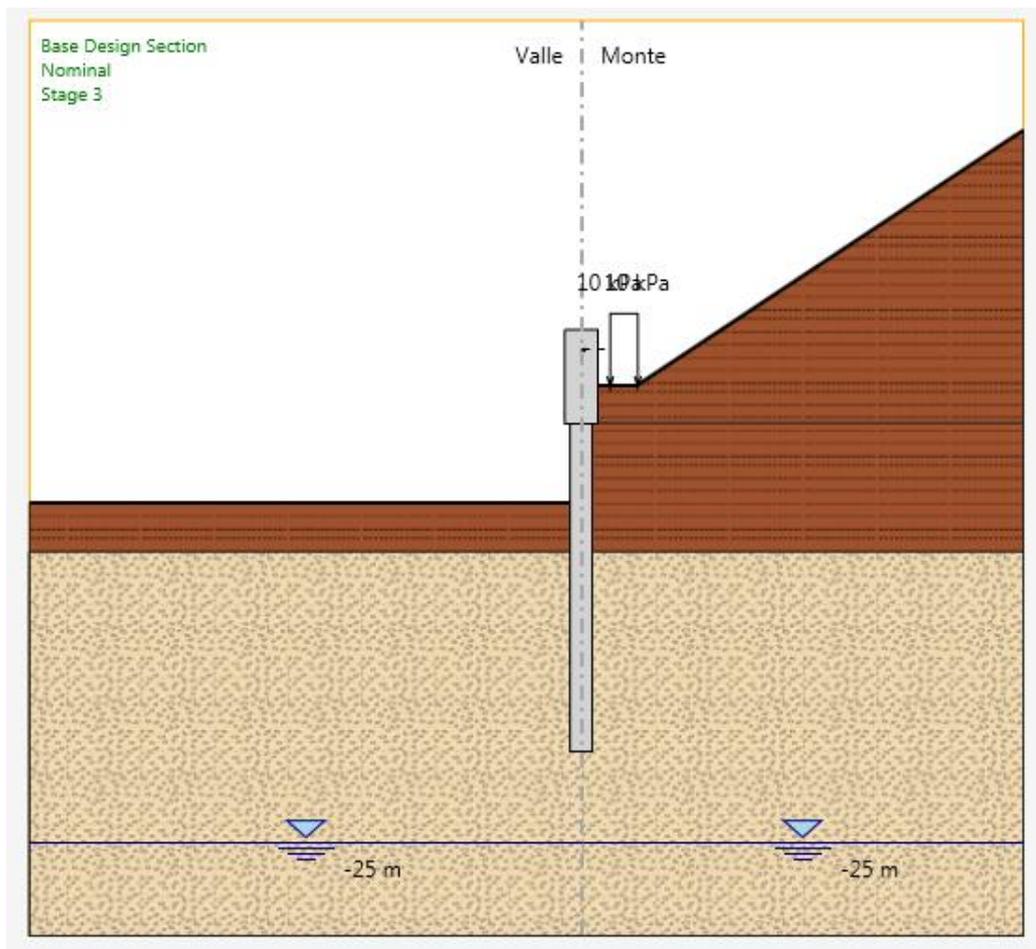


Figura 12 – Stage 3: fondo scavo -6.35 da p.c.

#### FASE 4 – SOVRASCAVO

Paratia: Pali  $\phi 1200$ ,  $i = 1.3$  m,  $L = 18$  m; Muro sp. = 1.8 m,  $H = 5.15$  m

Quota terreno lato monte: 0 ÷ 14 m p.c.

Quota terreno lato valle: -7.25 m p.c. (10.25 m rispetto al terreno a monte nella configurazione di progetto)

Quota falda: -25

Sovraccarico = 10 kPa

Azione sismica: no

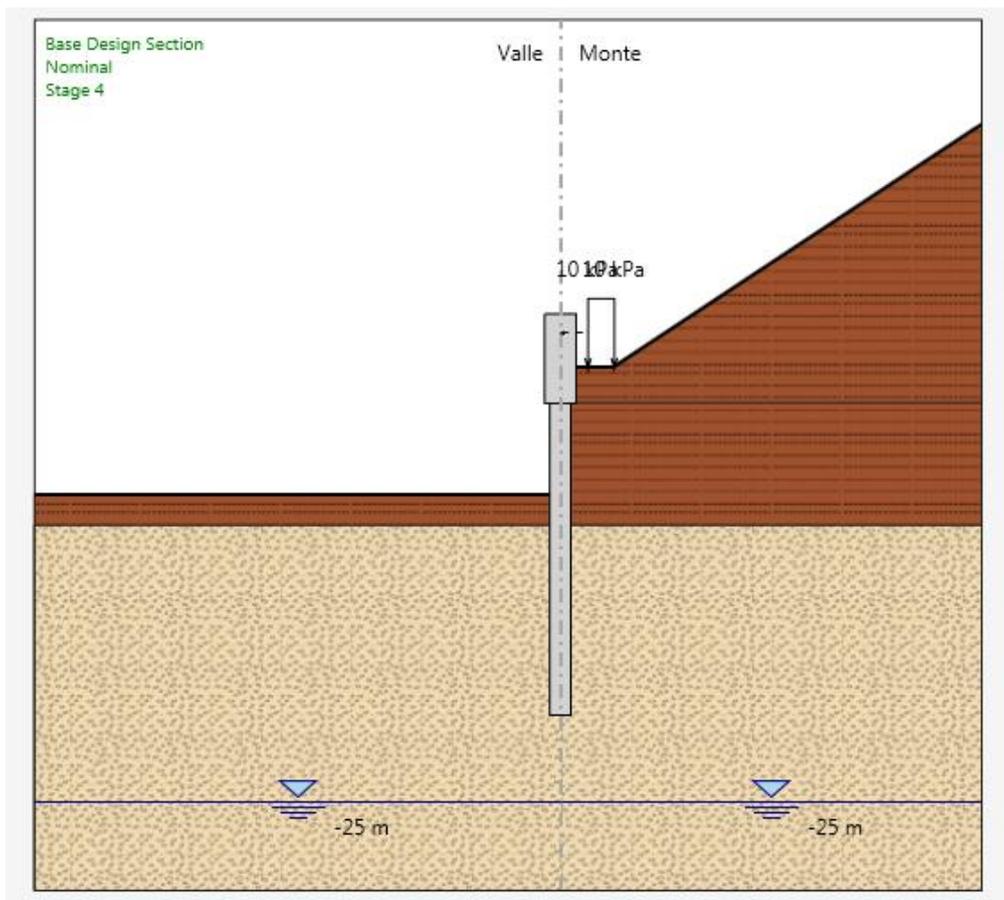


Figura 13 – Step 4: sovrascavo

**FASE 5 – RIEMPIMENTO FINO ALLA QUOTA DI PROGETTO**

Paratia: Pali  $\phi 1200$ ,  $i = 1.3$  m,  $L = 18$  m; Muro sp. = 1.8 m,  $H = 5.15$  m

Quota terreno lato monte: 3 ÷ 14 m p.c.

Quota terreno lato valle: -7.25 m p.c. (10.25 m rispetto al terreno a monte nella configurazione di progetto)

Quota falda: -25

Sovraccarico = no

Azione sismica: no

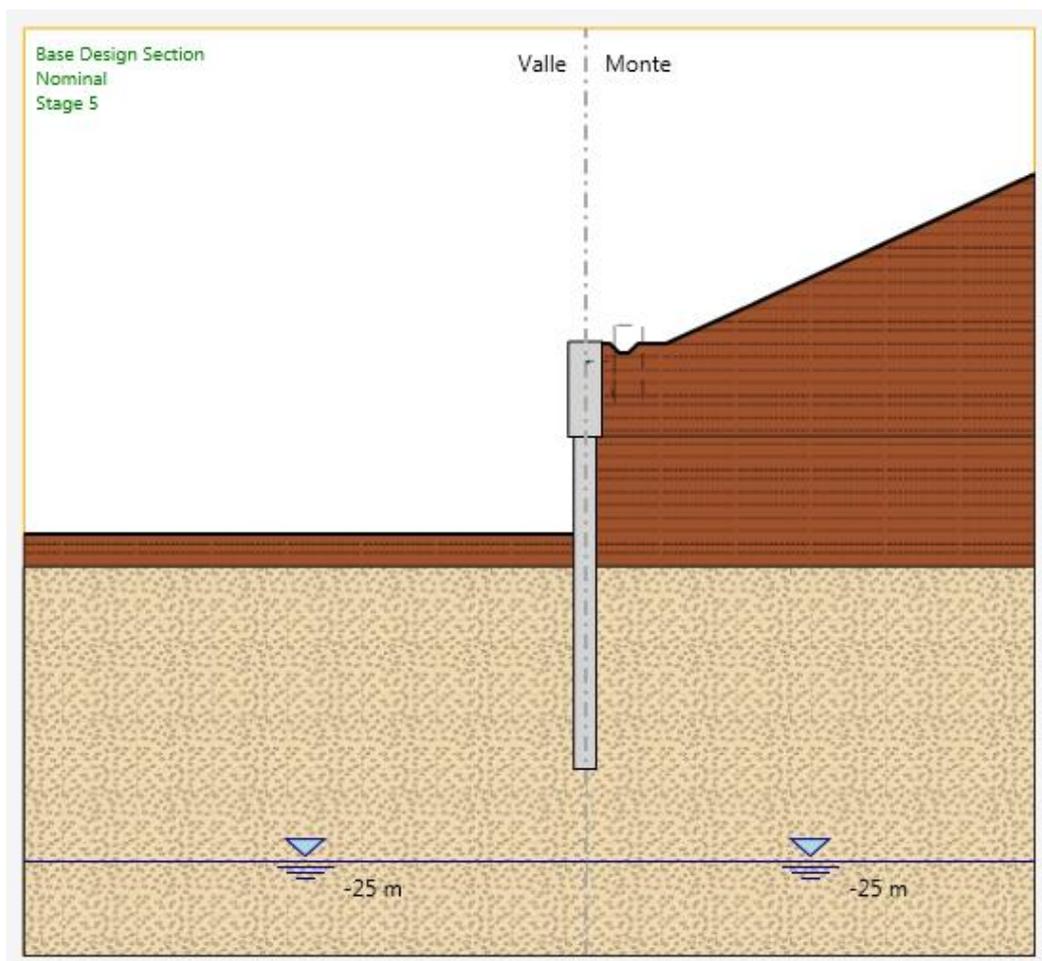


Figura 14 – Step 5: riempimento fino alla quota di progetto

FASE 6 – SISMA

Paratia: Pali  $\phi 1200$ ,  $i = 1.3$  m,  $L = 18$  m; Muro sp. = 1.8 m,  $H = 5.15$  m

Quota terreno lato monte: 3 ÷ 14 m p.c.

Quota terreno lato valle: -7.25 m p.c. (10.25 m rispetto al terreno a monte nella configurazione di progetto)

Quota falda: -25

Sovraccarico = no

Azione sismica: si

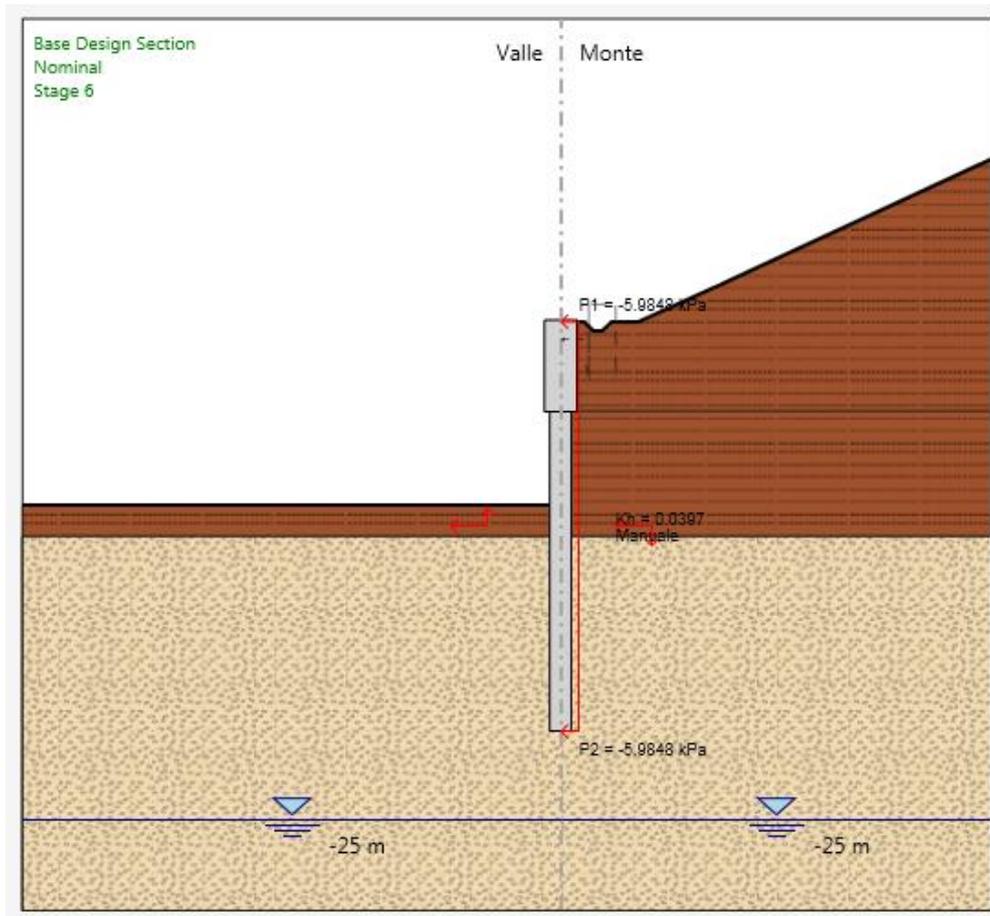


Figura 15 –Step 6: azione sismica

### 8.5. Sezione 36+120 - Fasi di costruzione

Il calcolo numerico è effettuato per fasi, al fine di consentire la valutazione delle azioni sulla paratia nelle differenti stadi di costruzione e di consentire la convergenza della soluzione. Nel seguito si riassumono le fasi di calcolo considerate nell'analisi.

### FASE 1 – INIZIALIZZAZIONE

Lo stage iniziale è caratterizzato dalla presenza di una banca di larghezza 6 m, costruita per consentire la realizzazione in opera dei pali della paratia definitiva. Lo scavo per raggiungere la quota della testa dei pali è reso possibile mediante l'utilizzo di una paratia provvisoria, oggetto di specifica relazione.

Nel modello di calcolo Paratie il terreno a tergo della paratia nella configurazione iniziale si trova alla quota 0.

Paratia: Pali  $\phi 1200$ ,  $i = 1.3$  m,  $L = 14$  m; Muro sp. = 1.8 m,  $H = 2.8$  m

Quota terreno lato monte:  $0 \div 11$  m p.c.

Quota terreno lato valle:  $-2 \div -5$  m p.c.

Quota falda: -25

Sovraccarico = 10 kPa

Azione sismica: no

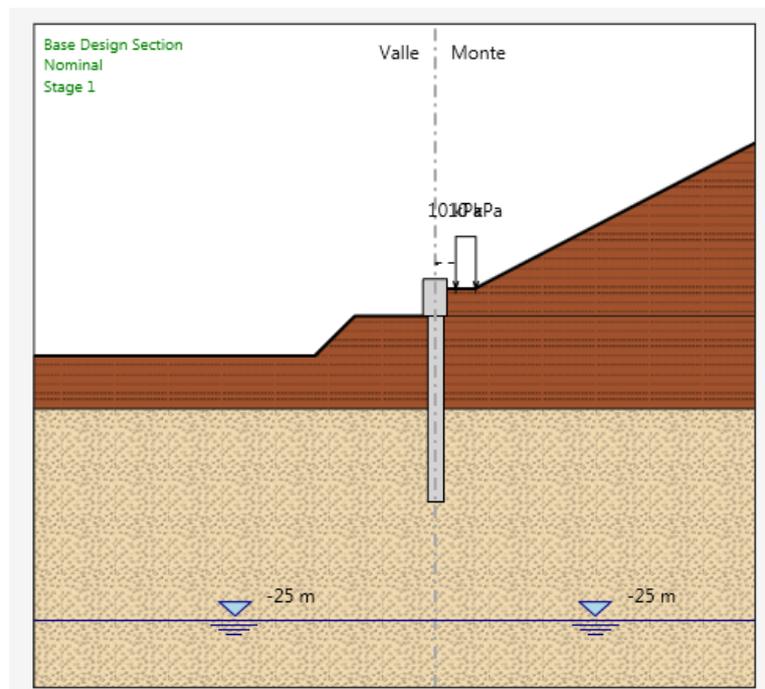


Figura 16 – Stage 1: fase iniziale

FASE 2 – SCAVO -5m

Paratia: Pali  $\phi 1200$ ,  $i = 1.3$  m,  $L = 14$  m; Muro sp. = 1.8 m,  $H = 2.8$  m

Quota terreno lato monte: 0 ÷ 11 m p.c.

Quota terreno lato valle: -5 m p.c.

Quota falda: -25

Sovraccarico = 10 kPa

Azione sismica: no

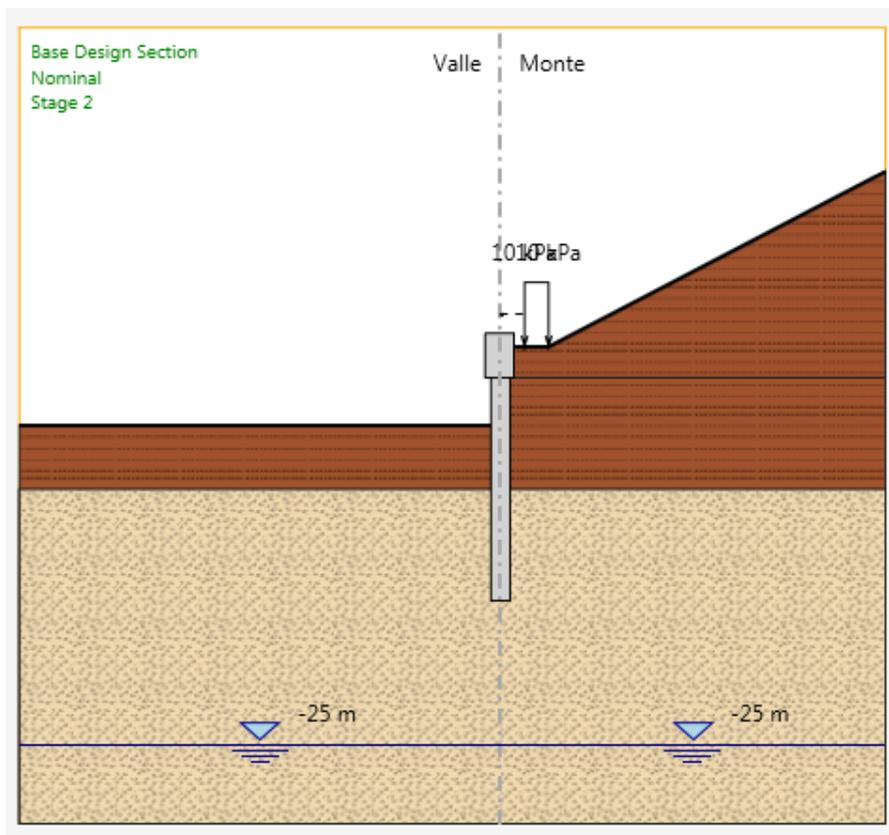


Figura 17 – Step 2: scavo fino a -5 m pc

FASE 3 – FONDO SCAVO -6.8 m

Paratia: Pali  $\phi 1200$ ,  $i = 1.3$  m,  $L = 14$  m; Muro sp. = 1.8 m,  $H = 2.8$  m

Quota terreno lato monte: 0 ÷ 11 m p.c.

Quota terreno lato valle: -6.8 m p.c.

Quota falda: -25

Sovraccarico = 10 kPa

Azione sismica: no

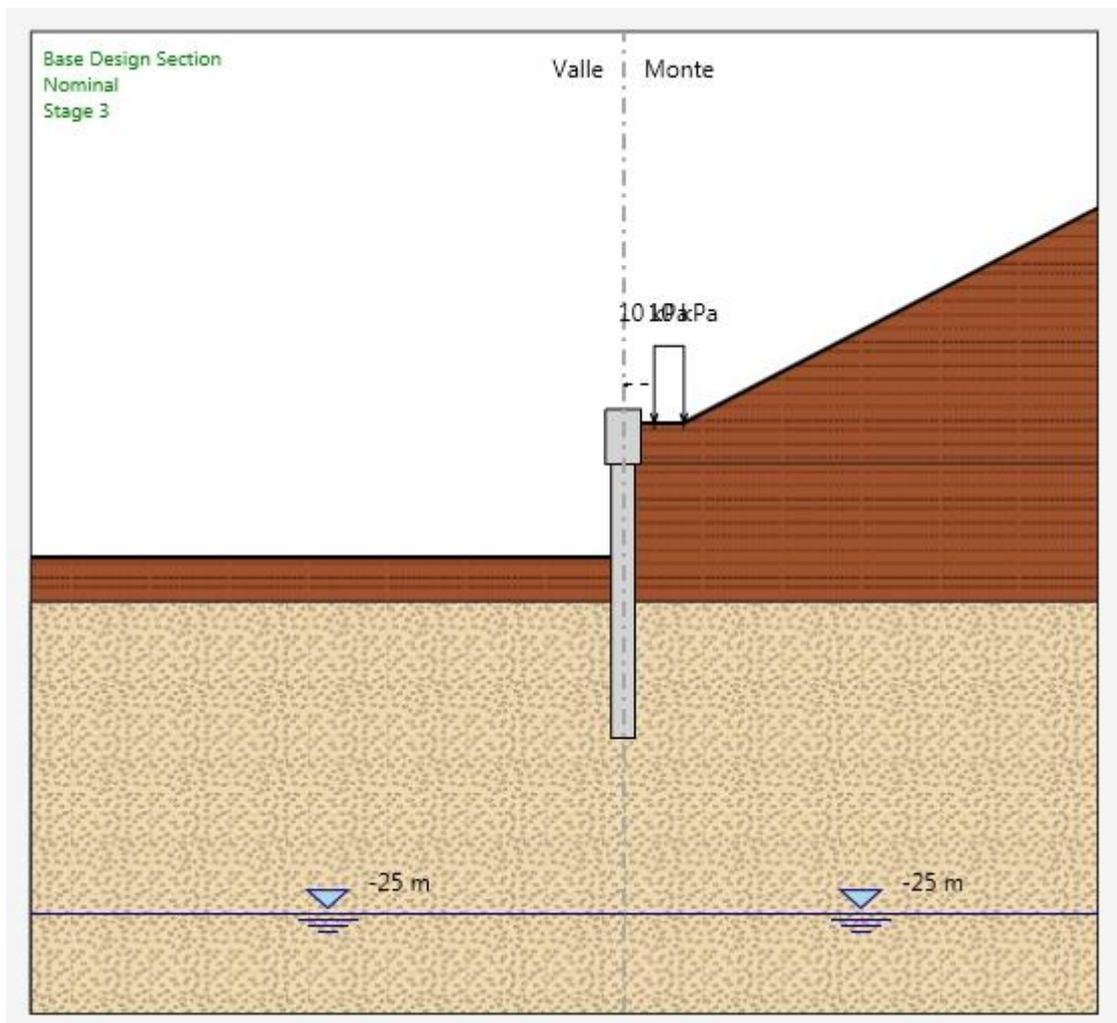


Figura 18 – Stage 3: fondo scavo -6.8 da p.c.

#### FASE 4 – SOVRASCAVO

Paratia: Pali  $\phi 1200$ ,  $i = 1.3$  m,  $L = 14$  m; Muro sp. = 1.8 m,  $H = 2.8$  m

Quota terreno lato monte: 0 ÷ 11 m p.c.

Quota terreno lato valle: -7.55 m p.c. (8.1 m rispetto al terreno a monte nella configurazione di progetto)

Quota falda: -25

Sovraccarico = 10 kPa

Azione sismica: no

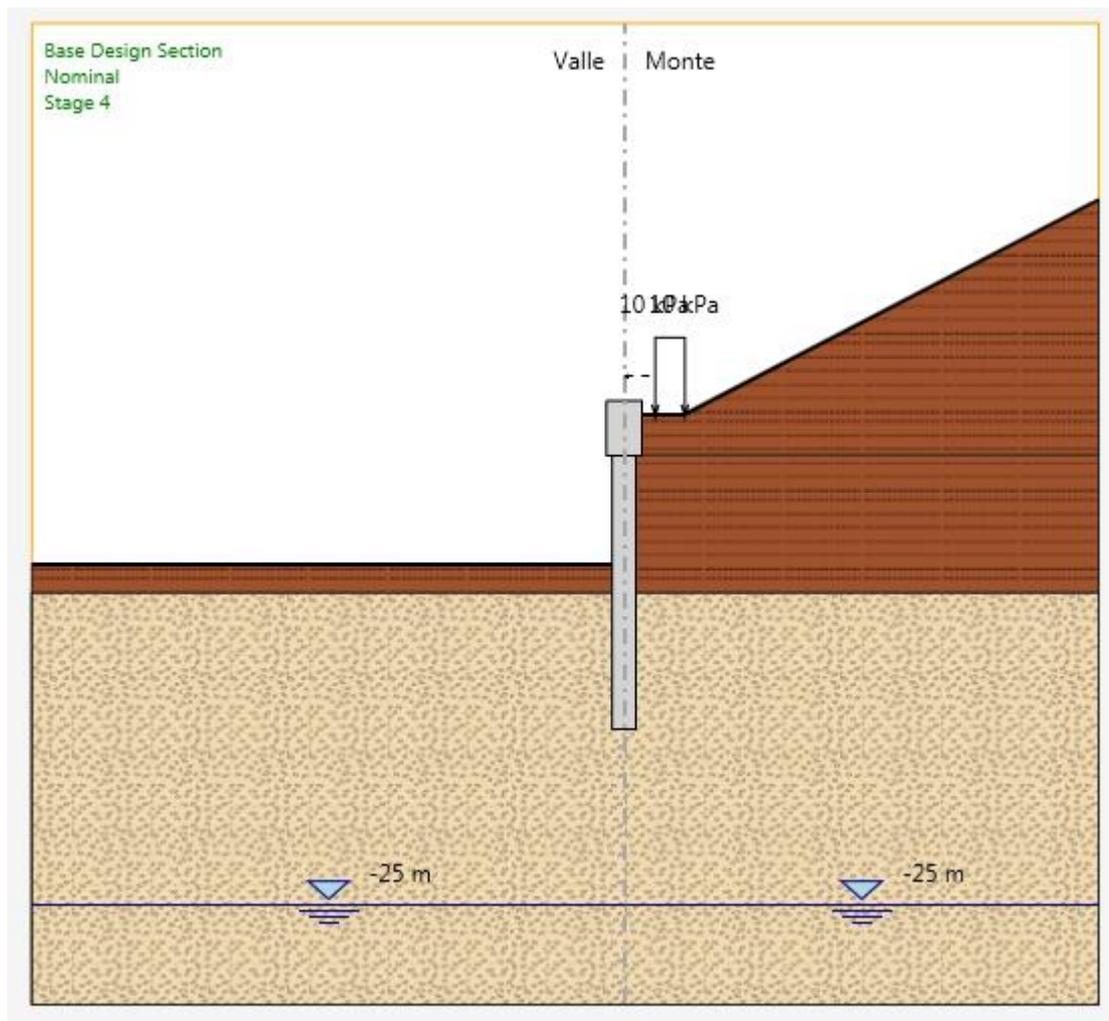


Figura 19 – Step 4: sovrascavo

**FASE 5 – RIEMPIMENTO FINO ALLA QUOTA DI PROGETTO**

Paratia: Pali  $\phi 1200$ ,  $i = 1.3$  m,  $L = 14$  m; Muro sp. = 1.8 m,  $H = 2.8$  m

Quota terreno lato monte:  $0.55 \div 11$  m p.c.

Quota terreno lato valle: -7.55 m p.c. (8.1 m rispetto al terreno a monte nella configurazione di progetto)

Quota falda: -25

Sovraccarico = no

Azione sismica: no

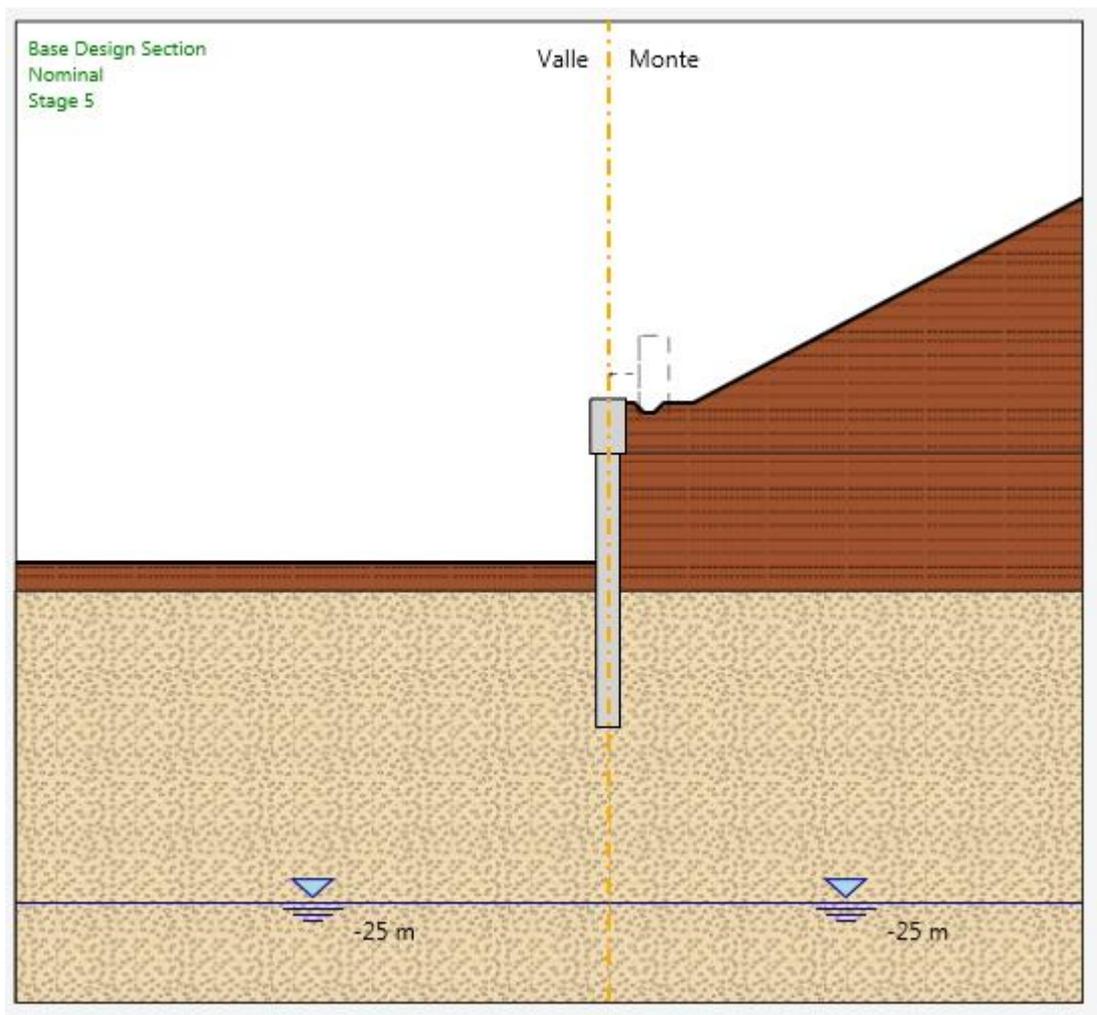


Figura 20 – Step 5: riempimento fino alla quota di progetto

FASE 6 – SISMA

Paratia: Pali  $\phi 1200$ ,  $i = 1.3$  m,  $L = 14$  m; Muro sp. = 1.8 m,  $H = 2.8$  m

Quota terreno lato monte:  $0.55 \div 11$  m p.c.

Quota terreno lato valle: -7.55 m p.c. (8.1 m rispetto al terreno a monte nella configurazione di progetto)

Quota falda: -25

Sovraccarico = no

Azione sismica: si

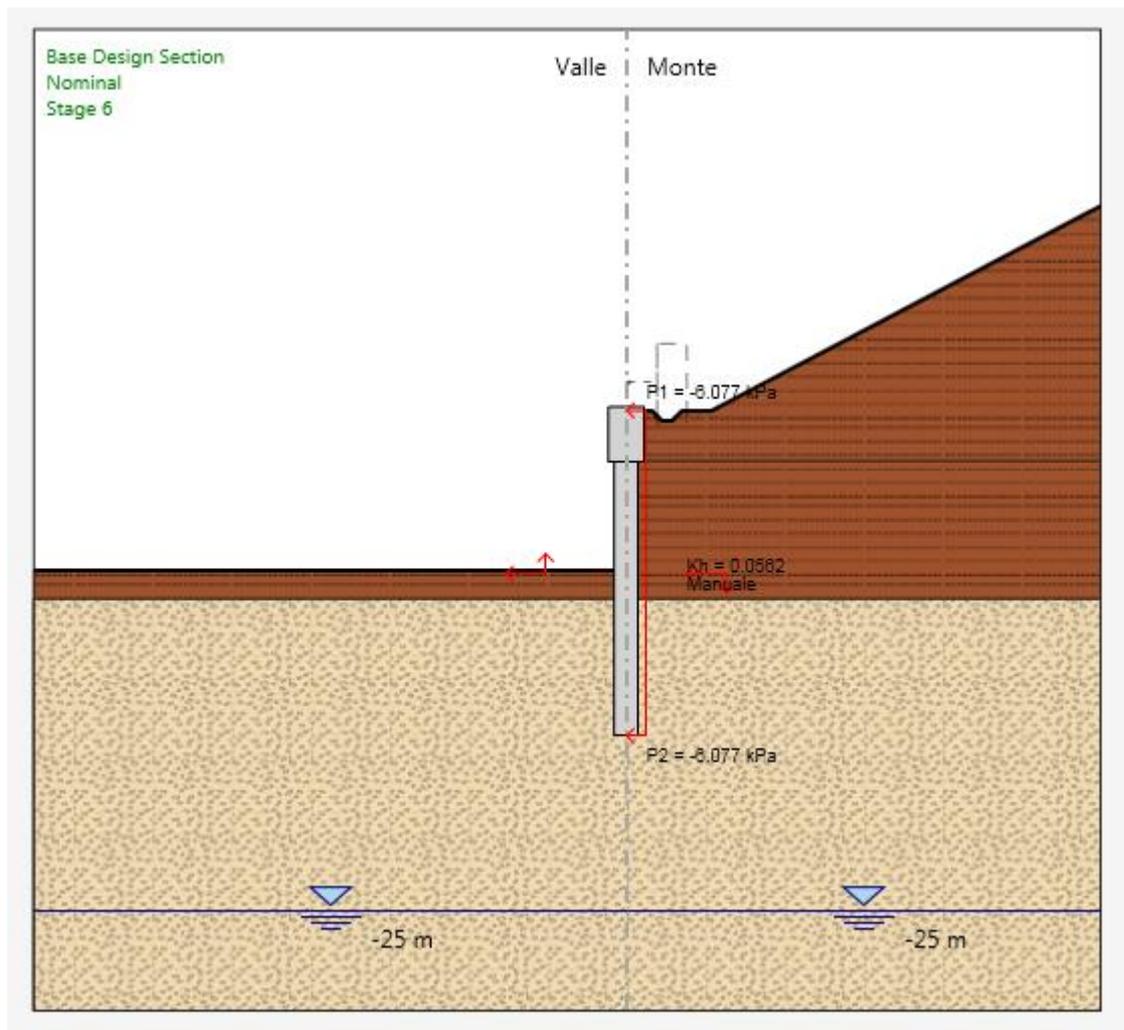


Figura 21 – Step 6: azione sismica

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>					
<p><b>Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180</b> <b>Relazione di calcolo</b></p>	<p>COMMESSA <b>NR1J</b></p>	<p>LOTTO <b>01</b></p>	<p>CODIFICA <b>D 29 CL</b></p>	<p>DOCUMENTO <b>RI00 05 010</b></p>	<p>REV. <b>B</b></p>	<p>FOGLIO <b>59 di 193</b></p>

## 9. CRITERI DI VERIFICA GEOTECNICA

Coerentemente con quanto descritto nel capitolo 7, le verifiche agli Stati Limite Ultimo della paratia sono condotte con riferimento a tutti i meccanismi di rottura e instabilità che possono verificarsi e previsti da normativa tecnica. Le verifiche di esercizio sono, invece, finalizzate alla valutazione degli spostamenti e della loro compatibilità con la funzionalità delle strutture adiacenti, compresa la sede ferroviaria.

### 9.1. Verifica della massima spinta passiva mobilitata

La lunghezza di ammorsamento della paratia di micropali deve essere tale da garantire la stabilità dell'opera in tutte le fasi di realizzazione. La stabilità è verificata per mezzo del programma di calcolo Paratie, verificando la convergenza della soluzione calcolata e, dunque, l'equilibrio nella direzione orizzontale ed alla rotazione. Nell'ambito delle analisi si verificherà quindi che la spinta passiva mobilitata sia sempre inferiore alla spinta passiva ultima di progetto, nella Combinazione 2 dell'Approccio 1, garantendo un adeguato margine di sicurezza.

### 9.2. Verifica di stabilità globale

Per il progetto delle opere in oggetto, la verifica di stabilità globale del complesso opera-terreno è effettuata secondo la teoria dell'equilibrio limite nell'ambito della quale i terreni sono caratterizzati mediante un legame costitutivo rigido-plastico con criterio di rottura di Mohr-Coulomb (analisi in termini di sforzi efficaci). Tale approccio consente di svincolarsi da tutte le complesse problematiche legate all'analisi dello stato deformativo dell'ammasso e di definire un semplice fattore di sicurezza, convenzionalmente valutato come rapporto tra le forze di taglio potenzialmente mobilitabili lungo la superficie di rottura analizzata e le forze di taglio effettivamente mobilitate sotto l'azione delle forze agenti sull'ammasso (pesi propri, carichi esterni, ecc.).

L'analisi delle condizioni di equilibrio viene svolta con ricorso al codice di calcolo Slide (Rocscience). Il calcolo viene condotto utilizzando i metodi dell'equilibrio limite con particolare riferimento a quelli di Bishop semplificato e Morgenstern-Price, considerando forme di superfici di scivolamento compatibili con i cinematismi di rottura attesi. Vengono quindi analizzate tutte le possibili superfici di scivolamento passanti esternamente rispetto all'opera di sostegno (stabilità globale).

	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
<b>Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180</b> <b>Relazione di calcolo</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR1J</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>D 29 CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>RI00 05 010</b>	<b>REV.</b> <b>B</b>	<b>FOGLIO</b> <b>60 di 193</b>

La metodologia di calcolo adottata dal programma consiste nell'analizzare molteplici superfici di scivolamento ben definite, fornendone il fattore di sicurezza. La resistenza al taglio agente lungo la superficie di scivolamento necessaria all'equilibrio è calcolata attraverso l'equazione della statica. Il coefficiente di sicurezza è inteso come il fattore per il quale possono essere divisi i parametri di resistenza meccanica del materiale per portare il pendio alle condizioni di equilibrio limite, implicitamente assunto costante lungo tutta la superficie di scivolamento.

Nello specifico, nel metodo di Bishop si divide la massa di terreno interessata dal cinematismo in più conci assumendo che le azioni agenti all'interfaccia dei conci stessi abbiano risultante orizzontale, trascurando gli sforzi di taglio all'interfaccia tra i vari volumetti.

Le forze di inerzia, orizzontali e verticali, applicate alle masse in condizioni sismiche sono valutate mediante i coefficienti  $k_h$  e  $k_v$ , secondo quanto descritto nel capitolo 5.7.

### 9.3. Verifica degli spostamenti

Il calcolo degli spostamenti della berlinese è effettuato con PARATIE e secondo quanto previsto dalle NTC. Orientativamente, il valore limite degli spostamenti sarà pari ed accettabile 1/200 dell'altezza di scavo, per quanto riguarda il limite di spostamento agli SLE. Per quanto riguarda lo SLD, stato limite di danno al sisma, vale quanto riportato al punto 7.11.6.3.1 (metodo pseudostatico) della normativa vigente, dove si tollera uno spostamento di 1/200 sull'altezza totale della paratia ( $H_{tot}$ ). Nei casi in cui le situazioni al contorno ed i requisiti prestazionali della paratia lo consentano, è possibile ammettere spostamenti di entità lievemente superiore.

### 9.4. Altre verifiche

In considerazione della stratigrafia e delle condizioni di falda, per l'opera in oggetto si ritiene che non possano innescarsi meccanismi di instabilità relativi al sollevamento, al sifonamento o ad altri stati limite di tipo idraulico.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b></p>					
<p><b>Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180</b> <b>Relazione di calcolo</b></p>	<p>COMMESSA <b>NR1J</b></p>	<p>LOTTO <b>01</b></p>	<p>CODIFICA <b>D 29 CL</b></p>	<p>DOCUMENTO <b>RI00 05 010</b></p>	<p>REV. <b>B</b></p>	<p>FOGLIO <b>61 di 193</b></p>

## 10. CRITERI DI VERIFICA STRUTTURALE

Le verifiche vengono condotte secondo quanto dichiarato nell'istruttoria RFI DTC INC PO SP IFS 001 A § 1.8.3.

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 e geotecniche condotte nel progetto. Ulteriori dettagli di carattere specifico, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

### 10.1. Criteri di verifica delle sezioni in c.a.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

### 10.2. 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. Il calcolo viene effettuato mediante il software RC-SEC (GeoStru).

### 10.3. Verifica agli stati limite ultimi a taglio

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dalle NTC2018, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[ \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\},$$

resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \alpha + \cot \vartheta) \cdot \sin \alpha,$$

valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\cot \alpha + \cot \vartheta) / (1 + \cot^2 \vartheta),$$

valore di progetto del massimo sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ con } d \text{ in mm};$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

dove:

$A_{sl}$  area dell'armatura tesa;

$b_w$  larghezza minima della sezione in zona tesa;

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

dove:

$N_{Ed}$  forza assiale nella sezione dovuta ai carichi;

$A_c$  area della sezione di calcestruzzo;

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

dove:

$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.5$  inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave

$A_{sw}$  area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;

$s$  passo delle staffe;

$f_{ywd}$  tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio;

$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$  resistenza ridotta a compressione del calcestruzzo d'anima;

$\alpha_{cw} = 1$  coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

#### 10.4. Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

- stato limite delle tensioni in esercizio;
- stato limite di fessurazione.

Nel primo caso, si esegue il controllo delle tensioni nei materiali supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare. In particolare si controlla la tensione massima di compressione del calcestruzzo e di trazione dell'acciaio, verificando che:

$$\sigma_c < 0.55 f_{ck} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.40 f_{ck} \text{ per combinazione di carico quasi permanente;}$$

$$\sigma_s < 0.75 f_{yk} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara).}$$

Nel secondo caso, si assume che le condizioni ambientali del sito in cui sorge l'opera siano aggressive e si verifica che il valore limite di apertura della fessura, calcolato per armature poco sensibili, sia al più pari ai seguenti valori nominali:

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$  per condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, in particolare per le zone a permanente contatto con il terreno (comb. Frequente e quasi permanente).

## 11. SEZIONE 36+150 - RISULTATI

Nel presente capitolo si riassumono i risultati del calcolo effettuato assumendo una paratia di pali accostati avente le seguenti caratteristiche:

diametro pali= $\phi$ 1200;

interasse<sub>pali</sub>=1.3 m

lunghezza pali=18m;

dimensione muro: 5.15 x 1.8 m.

### INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE

Nella figura che segue si illustra il momento flettente massimo calcolato per le combinazioni agli Stati Limite Ultimo e Stati Limite di salvaguardia della Vita.



Figura 22 – Pali: Momento flettente massimo SLU/SLV



Figura 23 – Pali: Momento flettente massimo SLE

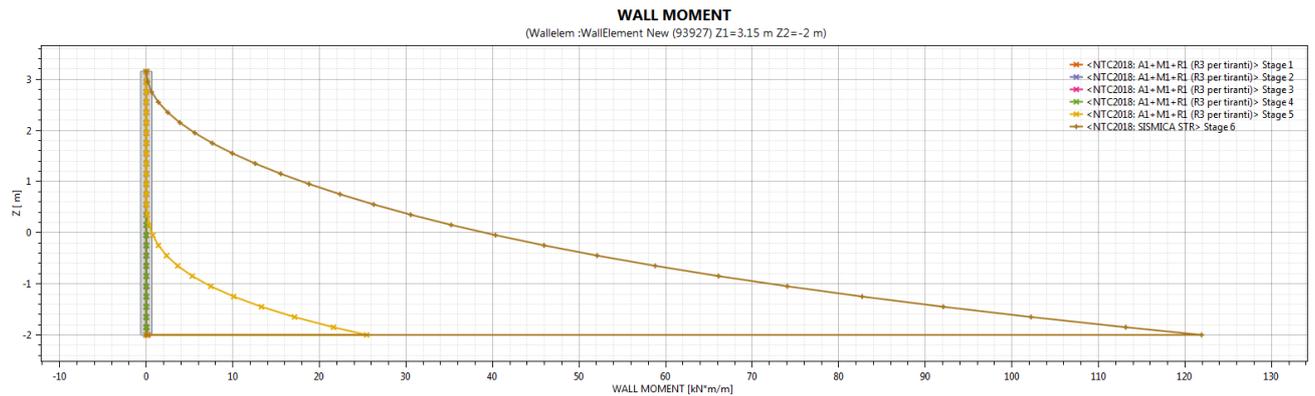


Figura 24 – Muro: Momento flettente massimo SLU/SLV

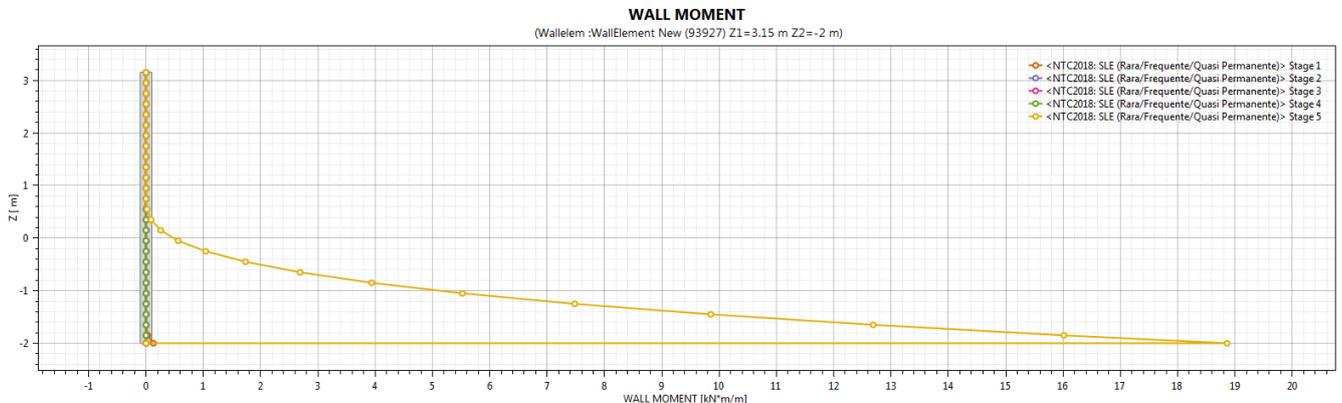
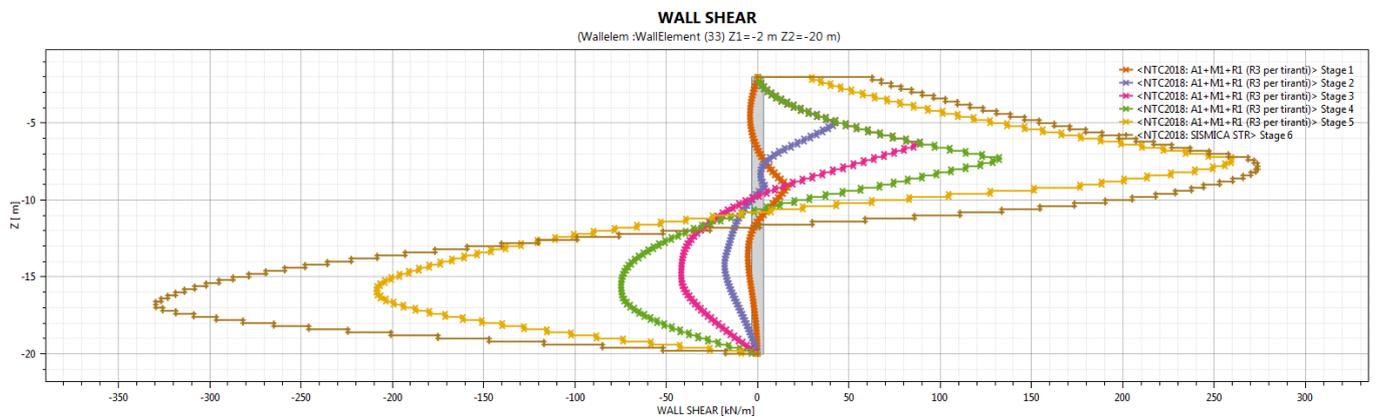


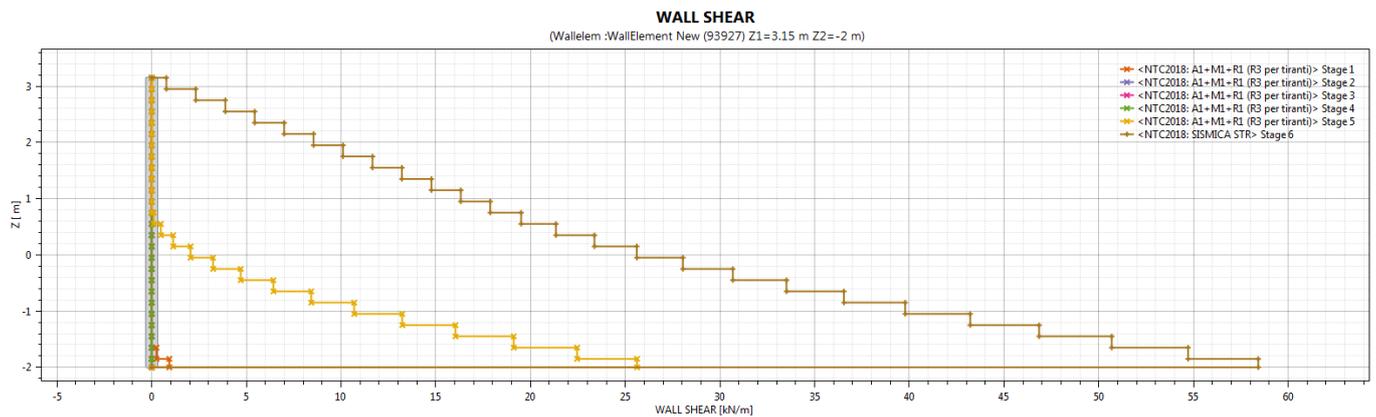
Figura 25 – Muro: Momento flettente massimo SLE

### INVILUPPO AZIONE DI TAGLIO

Nella figura che segue si illustra l'azione di taglio massima calcolata per le combinazioni agli Stati Limite Ultimo e Stati Limite di salvaguardia della Vita.



*Figura 26 – Pali: Azione di taglio massimo SLU/SLV*



*Figura 27 – Muro:: Azione di taglio massimo SLU/SLV*

### SPOSTAMENTO MASSIMO PARATIA

Nelle figure che seguono si illustrano gli spostamenti massimi calcolati negli Stati Limite di Esercizio e Stati Limite di Danno.



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE</b>					
	<b>Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180</b> <b>Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>NR1J</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>D 29 CL</b>	DOCUMENTO <b>RI00 05 010</b>	REV. <b>B</b>

## SPINTA PASSIVA MOBILITATA

*Tabella 11 – Inviluppo spinta reale efficace / Spinta passiva (Approccio 1 Combinazione 2)*

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
NTC 2018: SISMICA GEO	Stage 6	Left Wall	LEFT	37
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 5	Left Wall	LEFT	36
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 1	Left Wall	LEFT	23

## STABILIA' GLOBALE

I fattori di sicurezza calcolati nelle condizioni statiche e sismiche sono illustrati in Figura 30 e Figura 31, dove si riportano i minimi valori dei coefficienti di sicurezza.

Le analisi e per tutte le sezioni è stato verificato che il valore di progetto delle azioni fosse inferiore al valore di progetto delle resistenze disponibili, ovvero  $R/E_d > \gamma_R = 1.1$  (paragrafo 6.8.2 delle NTC2018).

Per quanto riguarda le condizioni statiche. Mentre  $R/E_d > \gamma_R = 1.2$  (paragrafo 7.11.4 delle NTC2018) per quanto riguarda le condizioni sismiche.

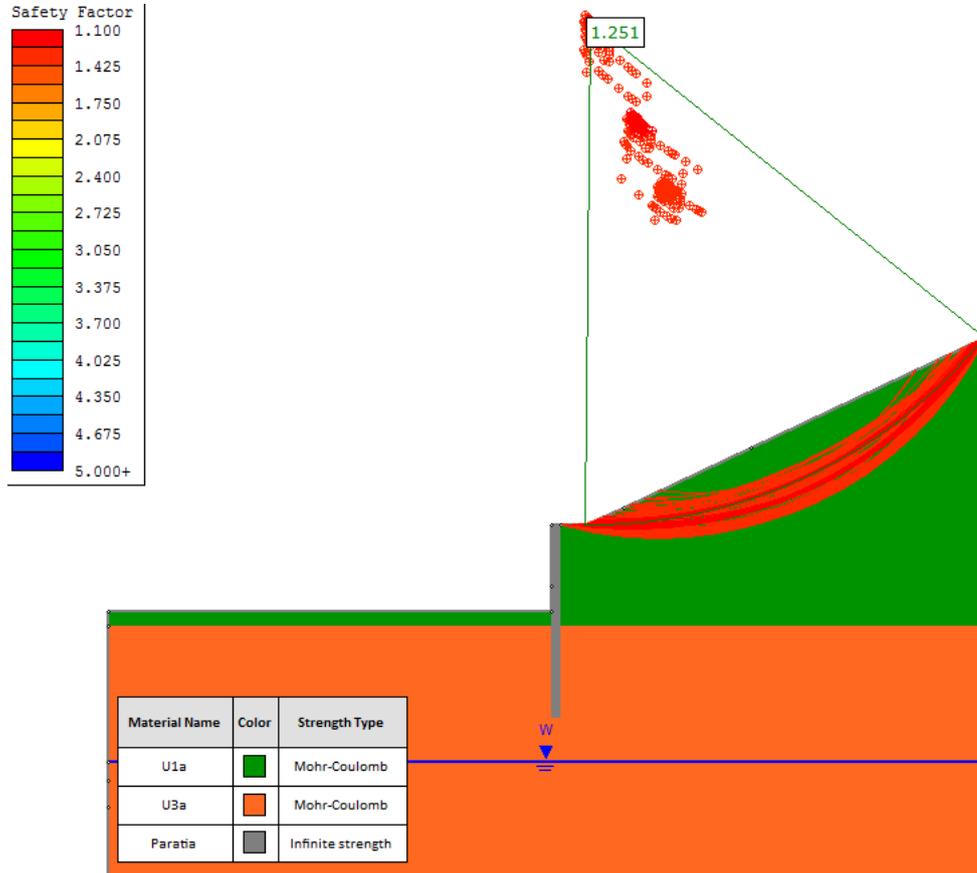


Figura 30 - Stabilità globale: fattore di sicurezza SLU: 1.251 (Metodo Bishop simplified)

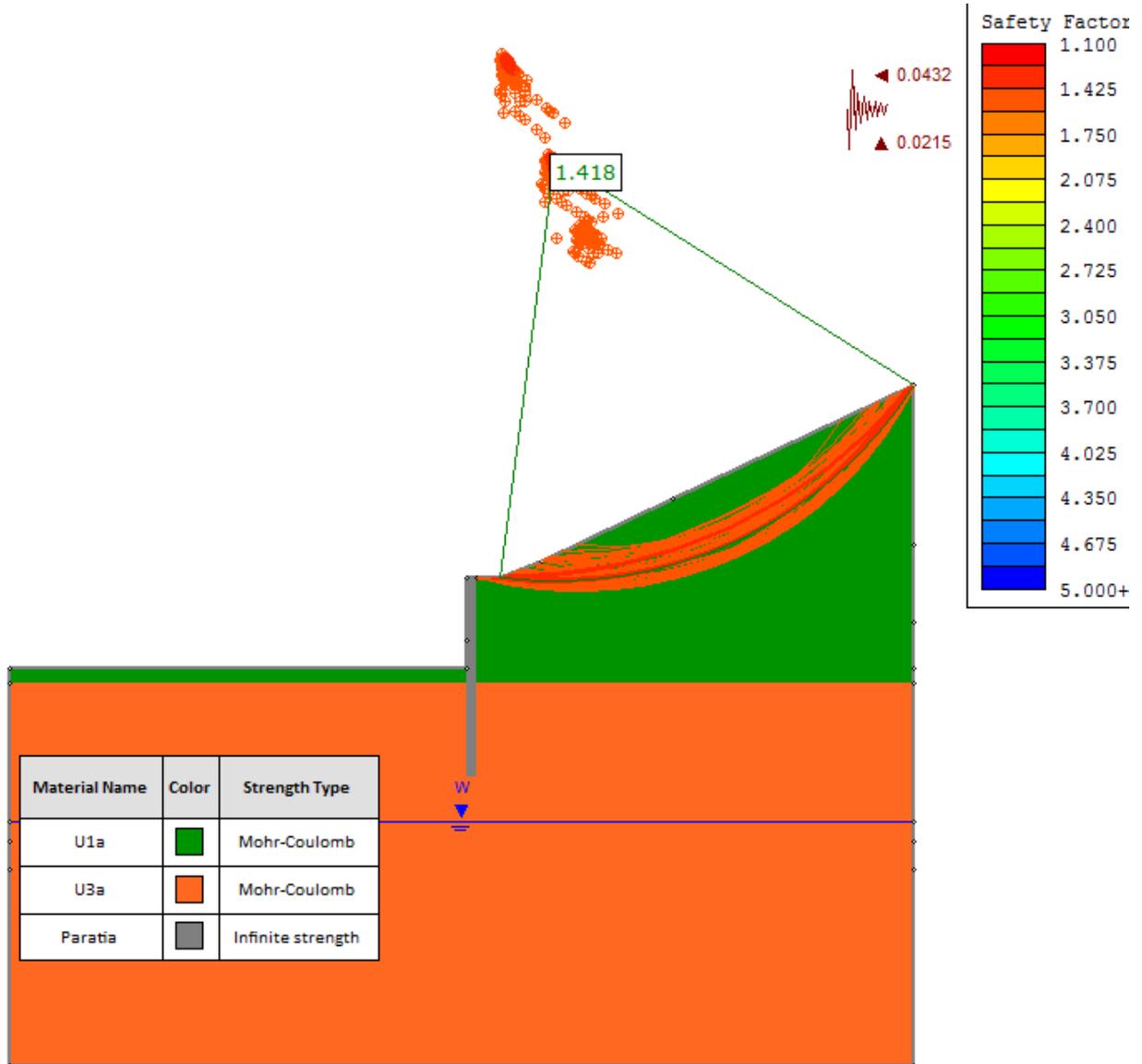


Figura 31 –Stabilità globale: fattore di sicurezza SLV: 1.418 (Metodo Bishop simplified)

## 12. SEZIONE 36+120 - RISULTATI

Nel presente capitolo si riassumono i risultati del calcolo effettuato assumendo una paratia di pali accostati avente le seguenti caratteristiche:

diametro pali= $\phi$ 1200;

interasse<sub>pali</sub>=1.3 m

lunghezza pali=14m;

dimensione muro: 2.8 x 1.8 m.

### INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE

Nella figura che segue si illustra il momento flettente massimo calcolato per le combinazioni agli Stati Limite Ultimo e Stati Limite di salvaguardia della Vita.

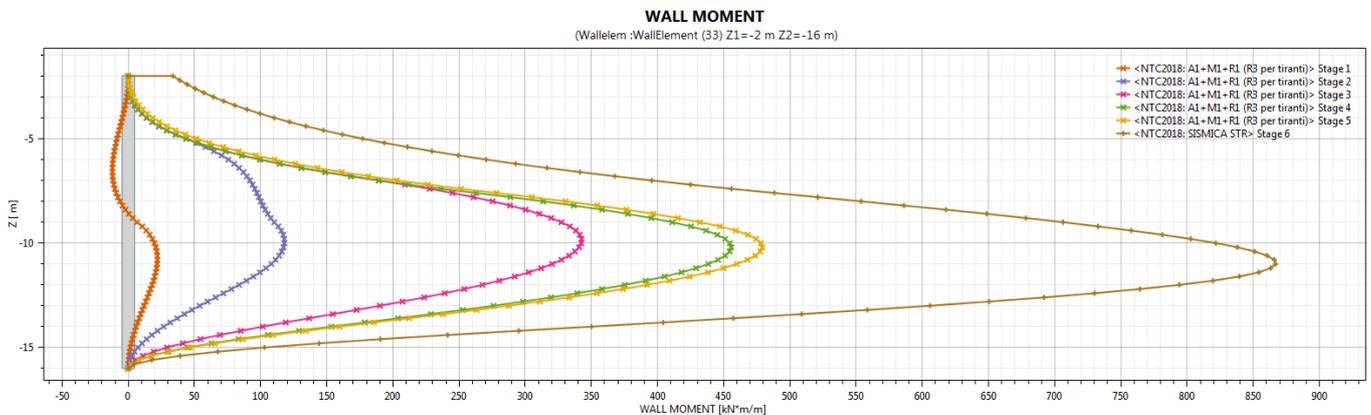
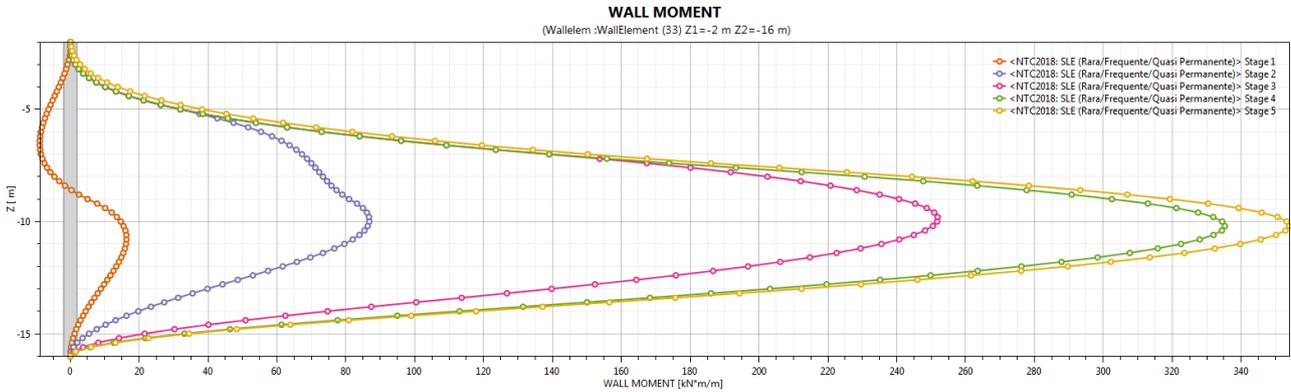
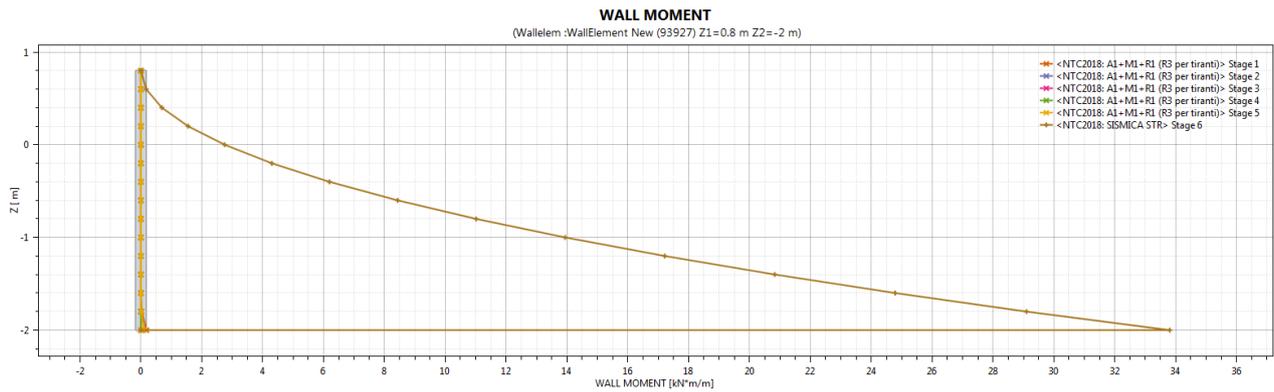


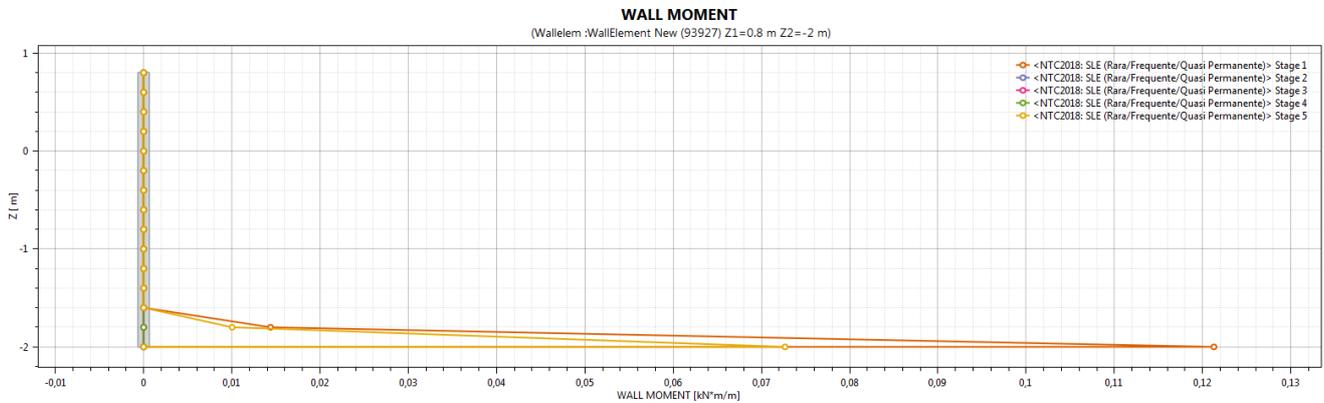
Figura 32 – Pali: Momento flettente massimo SLU/SLV



*Figura 33 – Pali: Momento flettente massimo SLE*



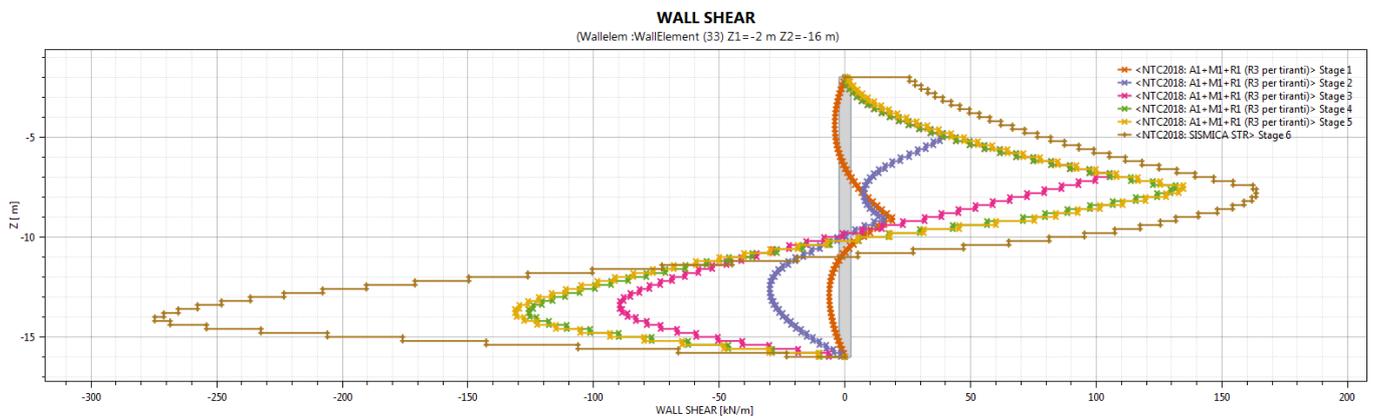
*Figura 34 – Muro: Momento flettente massimo SLU/SLV*



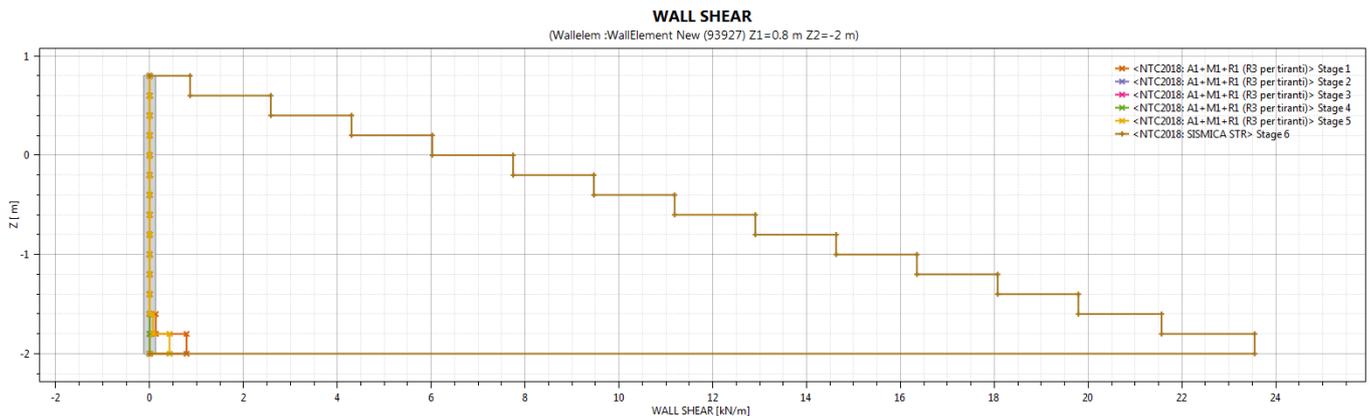
*Figura 35 – Muro: Momento flettente massimo SLE*

### INVILUPPO AZIONE DI TAGLIO

Nella figura che segue si illustra l'azione di taglio massima calcolata per le combinazioni agli Stati Limite Ultimo e Stati Limite di salvaguardia della Vita.



*Figura 36 – Pali: Azione di taglio massimo SLU/SLV*



*Figura 37 – Muro:: Azione di taglio massimo SLU/SLV*

### SPOSTAMENTO MASSIMO PARATIA

Nelle figure che seguono si illustrano gli spostamenti massimi calcolati negli Stati Limite di Esercizio e Stati Limite di Danno.

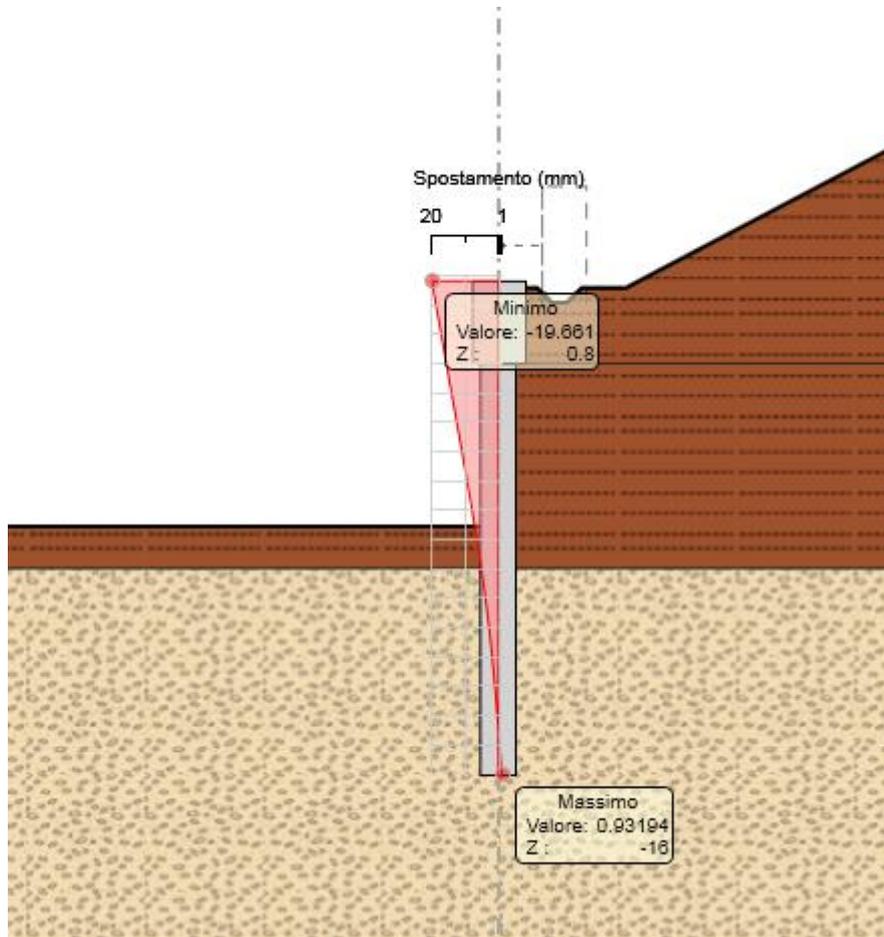


Figura 38 – Spostamento massimo SLE: 20 mm

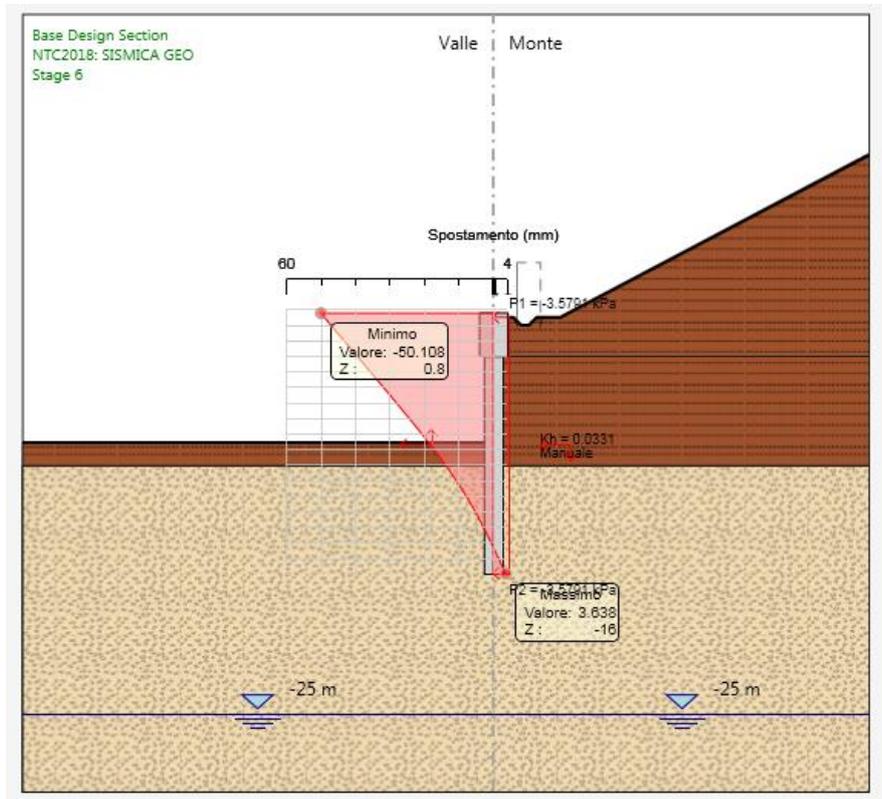


Figura 39 – Spostamento massimo SLD: 50 mm

## SPINTA PASSIVA MOBILITATA

Tabella 12 – Inviluppo spinta reale efficace / Spinta passiva (Approccio 1 Combinazione 2)

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
NTC 2018: SISMICA GEO	Stage 6	Left Wall	LEFT	48
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 5	Left Wall	LEFT	40
NTC2018: A2+M2+R1	Stage 1	Left Wall	LEFT	20

## STABILITA' GLOBALE

I fattori di sicurezza calcolati nelle condizioni statiche e sismiche sono illustrati nelle figure seguenti dove si riportano i minimi valori dei coefficienti di sicurezza.

Le analisi e per tutte le sezioni è stato verificato che il valore di progetto delle azioni fosse inferiore al valore di progetto delle resistenze disponibili, ovvero  $R/E_d > \gamma_R = 1.1$  (paragrafo 6.8.2 delle NTC2018).

Per quanto riguarda le condizioni statiche. Mentre  $R/E_d > \gamma_R = 1.2$  (paragrafo 7.11.4 delle NTC2018) per quanto riguarda le condizioni sismiche.

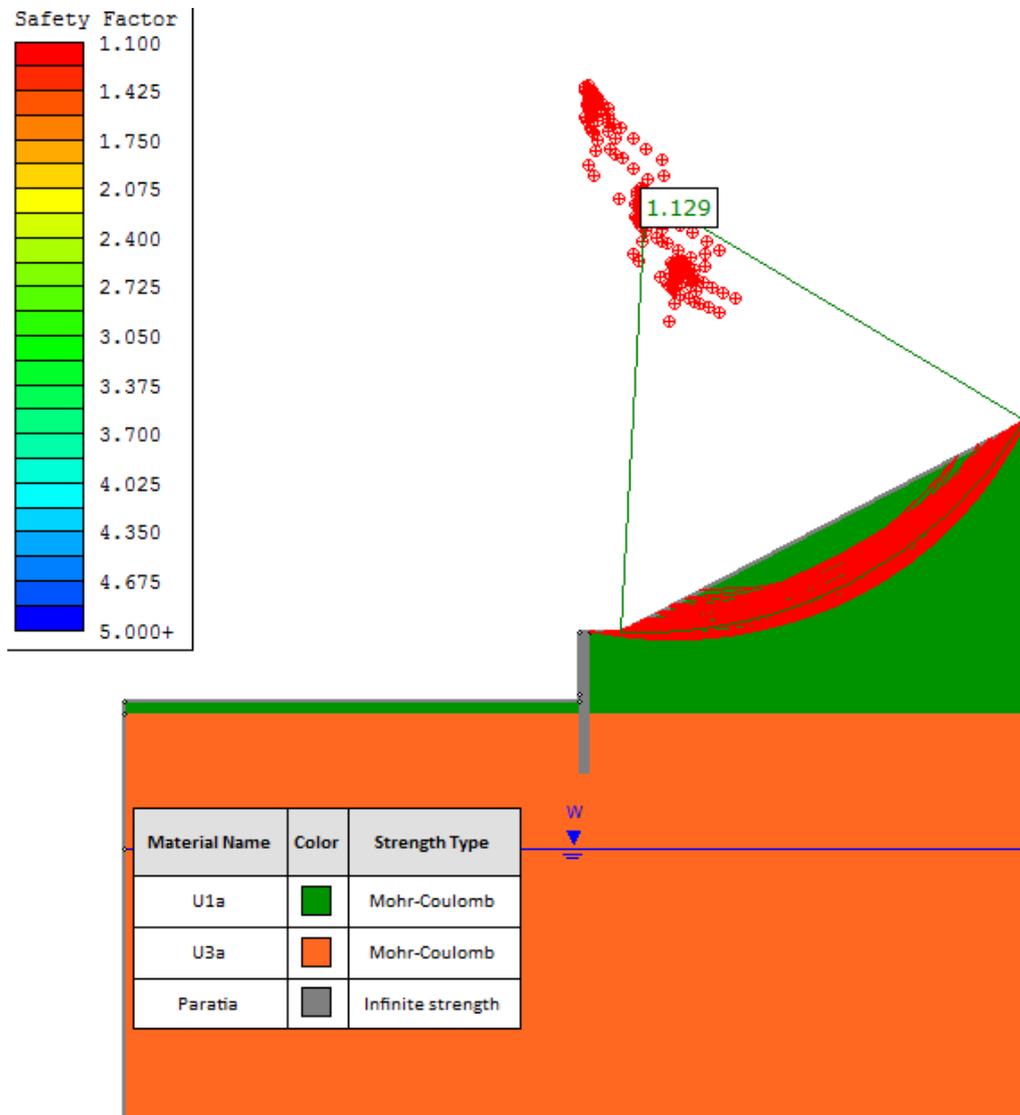


Figura 40 - Stabilità globale: fattore di sicurezza SLU: 1.129 (Metodo Bishop simplified)

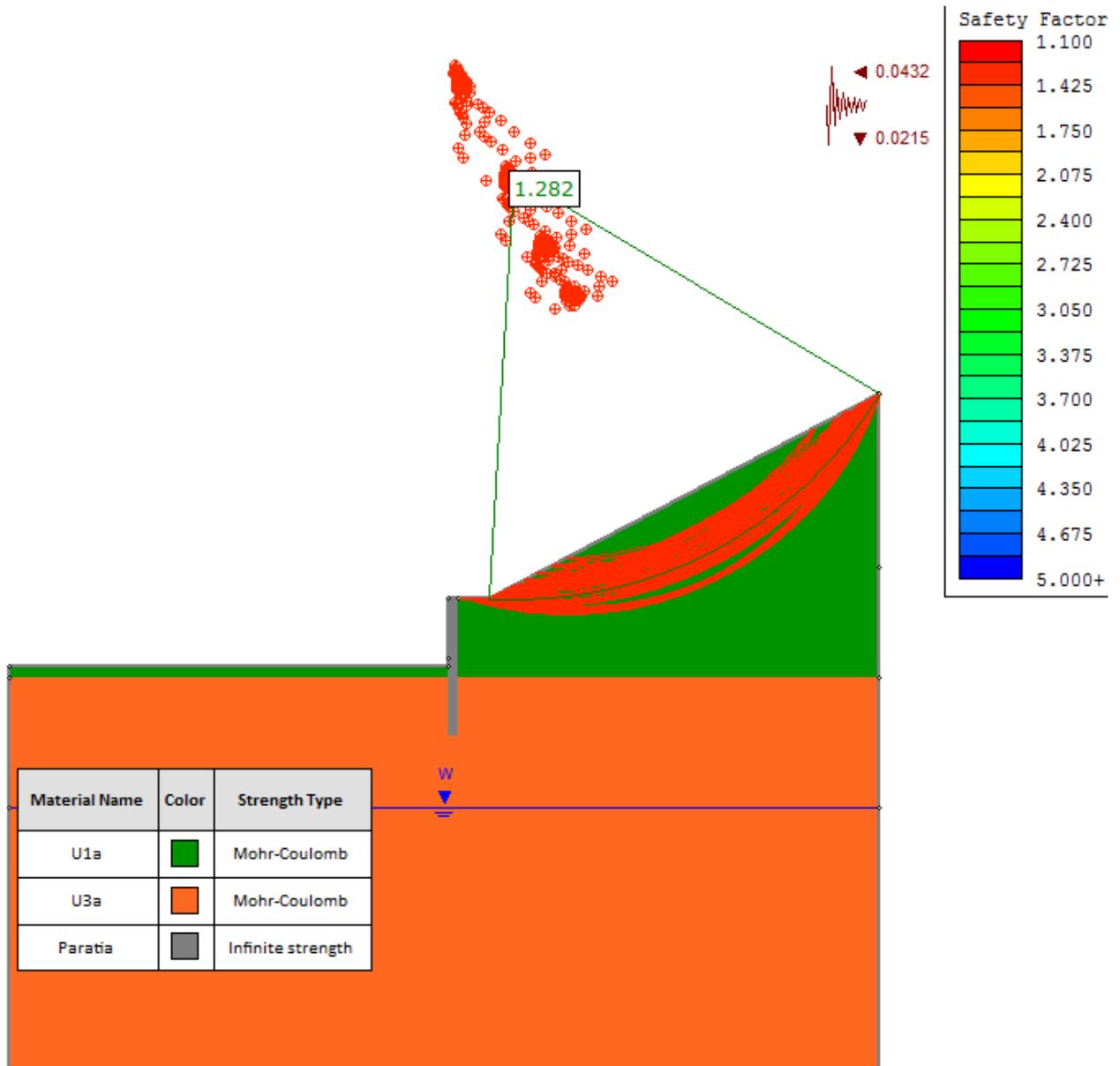


Figura 41 –Stabilità globale: fattore di sicurezza SLV: 1.282 (Metodo Bishop simplified)

### 13. SEZIONE 36+150 - VERIFICHE

#### 13.1. Verifiche geotecniche

Sulla base dei risultati presentati nel precedente capitolo, la percentuale di spinta passiva massima mobilitata nella Combinazione 2 è tale da garantire la stabilità dell'opera alla rototraslazione.

I fattori di sicurezza rappresentati in Figura 30 e Figura 31 sono tali da garantire la stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.

Infine, gli spostamenti massimi negli Stati Limite SLE ed SLD (v. Figura 28 e Figura 29) sono compatibili con i requisiti prestazionali dell'opera di sostegno (v. capitolo 9.3).

#### 13.2. Verifiche strutturali pali

Le azioni massime agenti lungo i pali sono riassunte nelle seguenti tabelle. I valori sul singolo palo sono ottenuti moltiplicando le sollecitazioni al metro lineare per l'interasse dei pali (1.3 m).

Si prevedono due tipi diversi di gabbia per il tratto centrale ed i tratti terminali del palo. Le profondità riportate in seguito sono riferite alla testa del palo.

##### Tratto centrale (4-14 m)

Stato Limite	Valori al metro lineare		Valori singolo palo	
	Momento	Taglio	Momento	Taglio
	[kN*m/m]	[kN/m]	[kN*m]	[kN]
SLU/SLV	1791	274	2328	356
SLE	917	-	1192	-

##### Tratti terminali (0-4 m e 14-18 m)

Stato Limite	Valori al metro lineare		Valori singolo palo	
	Momento	Taglio	Momento	Taglio
	[kN*m/m]	[kN/m]	[kN*m]	[kN]
SLU/SLV	937	330	1218	429
SLE	392	-	510	-

Si sceglie, pertanto, di armare i pali come segue.

Tratto centrale (4-14 m)

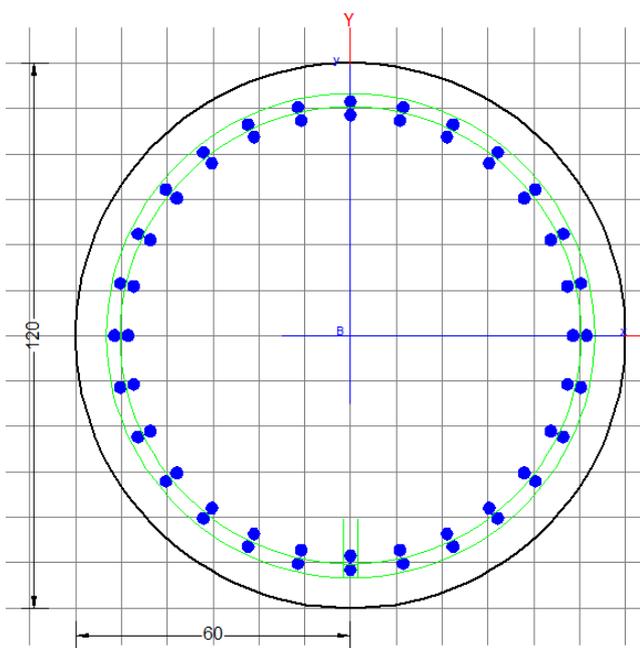
Copriferro netto: 60mm  
 Armatura longitudinale: due ordini di barre n.28 x  $\phi$ 26  
 Spira:  $\phi$ 12/15  
 Ferri circolari:  $\phi$ 14/200

Tratti terminali (0-4 m e 14-18 m)

Copriferro netto: 60mm  
 Armatura longitudinale: n.24 x  $\phi$ 26  
 Spira:  $\phi$ 12/15  
 Ferri circolari:  $\phi$ 14/200

Si riportano in seguito le verifiche condotte con il software RC-SEC.

Tratto centrale (4-14 m)



**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**

**NOME SEZIONE: Palo\_sez1\_Mmax**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

<b>CALCESTRUZZO -</b>	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
<b>ACCIAIO -</b>	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30

Raggio circ.:	60.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm
Y centro circ.:	0.0 cm

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	82 di 193

Raggio  
N°Barre  
Ø

Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  
Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza  
Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	51.5	28	26
2	0.0	0.0	48.5	28	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 12 mm  
Passo staffe: 15.0 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	2328.00	429.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1192.00	0.00

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1192.00 (672.36)	0.00 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1192.00 (672.36)	0.00 (0.00)

## RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.0 cm

## VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	0.00	2328.00	0.00	4567.65	1.96	180.5(16.5)

## METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.350	0.0	60.0	0.00274	0.0	51.5	-0.00650	0.0	-51.5

## POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000089671	-0.001880275	0.350	0.878

## VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm  
Passo staffe: 15.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata  
Ved Taglio di progetto [kN] = Vy ortogonale all'asse neutro  
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]  
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.  
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.

bw I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.  
Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro  
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.  
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	429.00	3239.29	977.64	94.8	107.2	1.000	1.000	12.8	29.3(0.0)

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.22	0.0	0.0	-141.6	0.0	-51.5	1707	74.3

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.22	0.0	0.0	-141.6	0.0	-51.5	1707	74.3

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm  
Esito della verifica  
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k2 = 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2\*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
Cf Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max\*(e\_sm - e\_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00080	0	0.500	26.0	72	0.00048 (0.00042)	346	0.167 (0.20)	672.36	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

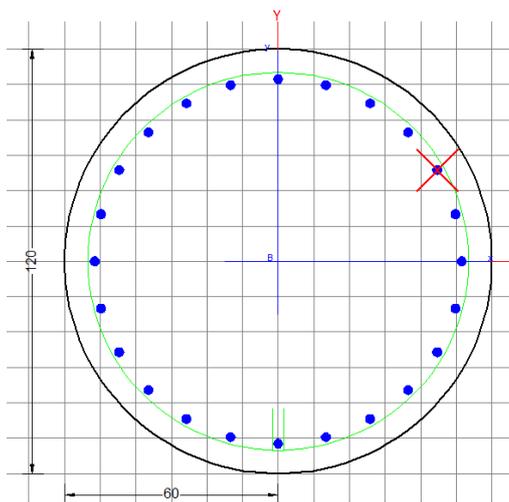
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	85 di 193

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	6.22	0.0	0.0	-141.6	0.0	-51.5	1707	74.3

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00080	0	0.500	26.0	72	0.00056 (0.00042)	346	0.193 (0.20)	672.36	0.00

**Tratti terminali (0-4 m e 14-18 m)**



**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**

**NOME SEZIONE: Palo\_sez1\_Mmedio**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	86 di 193

Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Circolare  
Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 60.0 cm  
X centro circ.: 0.0 cm  
Y centro circ.: 0.0 cm

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre  
Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate  
Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate  
Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate  
N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza  
Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	51.5	24	26

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 12 mm  
Passo staffe: 15.0 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb. N Mx Vy

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	87 di 193

1                    0.00                    1218.00                    429.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N                    Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx                    Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	510.00	0.00

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N                    Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx                    Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	510.00 (542.44)	0.00 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N                    Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx                    Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	510.00 (542.44)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:                    7.2    cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali:                    10.8    cm  
Copriferro netto minimo staffe:                    6.0    cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver                    S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N                    Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx                    Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res                    Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res                    Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic.                    Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa                    Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	0.00	1218.00	0.00	2227.16	1.83	90.3(16.7)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max                    Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
x/d                    Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	88 di 193

Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.256	0.0	60.0	0.00246	0.0	51.5	-0.01019	0.0	-51.5

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000122788	-0.003867302	0.256	0.760

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:	12 mm
Passo staffe:	15.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = Vy ortogonale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm <sup>2</sup> /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm <sup>2</sup> /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	429.00	3088.06	516.74	97.3	99.6	1.000	1.000	12.5	15.1(0.0)

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	89 di 193

1	S	4.14	0.0	0.0	-126.6	0.0	-51.5	1985	37.2
---	---	------	-----	-----	--------	-----	-------	------	------

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

1	S	4.14	0.0	0.0	-126.6	0.0	-51.5	1985	37.2
---	---	------	-----	-----	--------	-----	-------	------	------

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
Esito della verifica

e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata

k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]

kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]

k2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]

k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali

Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]

Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa

e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]

sr max Massima distanza tra le fessure [mm]

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi

Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]

My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00070	0	0.500	26.0	72	0.00038 (0.00038)	481	0.183 (0.20)	542.44	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

1	S	4.14	0.0	0.0	-126.6	0.0	-51.5	1985	37.2
---	---	------	-----	-----	--------	-----	-------	------	------

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00070	0	0.500	26.0	72	0.00038 (0.00038)	481	0.183 (0.20)	542.44	0.00

### 13.3. Verifiche strutturali muro

Le azioni massime agenti sul muro sono riassunte nella seguente tabella.

Stato Limite	Valori al metro lineare	
	Momento	Taglio
	[kN*m/m]	[kN/m]
SLU/SLV	122	58
SLE	19	-

Come previsto dall' Eurocodice (UNI EN 1992-1-1) per le piastre a portanza unidirezionale si raccomanda di prevedere un'armatura secondaria in quantità non minore del 20% dell'armatura principale. Viene inoltre prevista una armatura longitudinale di confinamento.

Per un tratto di muro di 1 m:

Armatura longitudinale lato monte: n.10 x  $\phi$ 26  
 Armatura longitudinale lato valle: n.10 x  $\phi$ 26  
 Armatura longitudinale di confinamento: n.8+8 x  $\phi$ 20

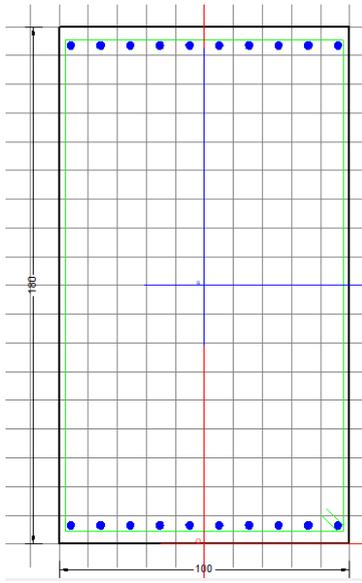
Armatura orizzontale lato monte: n.15 x  $\phi$ 22  
 Armatura orizzontale lato valle: n.15 x  $\phi$ 22

Armatura trasversale:  $\phi$ 12/15 a 2 braccia

Si riportano in seguito le verifiche condotte con il software RC-SEC.

**DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.**

NOME SEZIONE: Muro 180 cm



Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	Sezione predefinita di Trave
Tipologia sezione:	Rettangolare
Forma della sezione:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Molto aggressive
Condizioni Ambientali:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Zona non sismica
Riferimento alla sismicità:	

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	17.00 MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd:	8.500 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.000 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	18.000 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	13.500 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	92 di 193

Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	180.0	cm
Barre inferiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø26	(53.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.5	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.5	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	122.00	58.00	0.00

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	19.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	19.00 (1923.84)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	19.00 (1923.84)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	93 di 193

**Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.7 cm  
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.6 cm  
 Copriferro netto minimo staffe: 1.5 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
 N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)  
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
 N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)  
 Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)  
 Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
 Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	
1	S	0.00	122.00	0.00	3504.06	28.722	171.4	0.05	0.70	53.1 (29.1)

**DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)  
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	180.0	0.00085	173.5	-0.06736	6.5

**ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE**

Diametro staffe: 12 mm  
 Passo staffe: 15.0 cm [Passo massimo di normativa = 15.1 cm]  
 N.Bracci staffe: 2  
 Area staffe/m : 15.1 cm<sup>2</sup>/m [Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm<sup>2</sup>/m]

**VERIFICHE A TAGLIO**

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata  
 Ved Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)  
 Vrd Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]  
 Vwd Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]  
 bw|d Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Altezza utile sezione  
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm<sup>2</sup>/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw d	Ctg	Acw	Ast	
1	S	58.00	583.96	6636.39	921.39	100.0	173.5	1.000	1.000	0.9

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	94 di 193

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci.

(D barre = 0 indica spaziatura superiore a  $5(c+\varnothing/2)$  e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.05	180.0	0.00	139.0	-2.2	173.5	16.3	1625	53.1	9.7

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00001	0.00000	0.50	0.60	0.000007 (0.000007)	312	0.002 (990.00)	1923.84

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.05	180.0	0.00	139.0	-2.2	173.5	16.3	1625	53.1	9.7

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00001	0.00000	0.50	0.60	0.000007 (0.000007)	312	0.002 (0.20)	1923.84

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.05	180.0	0.00	139.0	-2.2	173.5	16.3	1625	53.1	9.7

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00001	0.00000	0.50	0.40	0.000007 (0.000007)	312	0.002 (0.20)	1923.84

## 14. SEZIONE 36+120 - VERIFICHE

### 14.1. Verifiche geotecniche

Sulla base dei risultati presentati nel precedente capitolo, la percentuale di spinta passiva massima mobilitata nella Combinazione 2 è tale da garantire la stabilità dell'opera alla rototraslazione.

I fattori di sicurezza rappresentati in Figura 40 e Figura 41 sono tali da garantire la stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.

Infine, gli spostamenti massimi negli Stati Limite SLE ed SLD (v. *Figura 38* e *Figura 39*) sono compatibili con i requisiti prestazionali dell'opera di sostegno (v. capitolo 9.3).

### 14.2. Verifiche strutturali pali

Le azioni massime agenti lungo i pali sono riassunte nelle seguenti tabelle. I valori sul singolo palo sono ottenuti moltiplicando le sollecitazioni al metro lineare per l'interasse dei pali (1.3 m).

Si prevedono due tipi diversi di gabbia per il tratto centrale ed i tratti terminali del palo. Le profondità riportate in seguito sono riferite alla testa del palo.

#### Tratto centrale (5-11 m)

Stato Limite	Valori al metro lineare		Valori singolo palo	
	Momento	Taglio	Momento	Taglio
	[kN*m/m]	[kN/m]	[kN*m]	[kN]
SLU/SLV	867	223	1127	290
SLE	354	-	460	-

#### Tratti terminali (0-5 m e 11-14 m)

Stato Limite	Valori al metro lineare		Valori singolo palo	
	Momento	Taglio	Momento	Taglio
	[kN*m/m]	[kN/m]	[kN*m]	[kN]
SLU/SLV	606	275	788	358
SLE	212	-	276	-

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	96 di 193

Si sceglie, pertanto, di armare i pali come segue.

Tratto centrale (5-11 m)

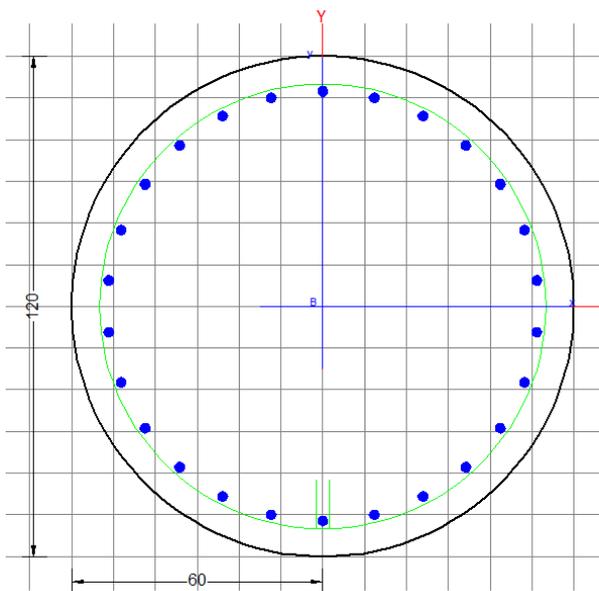
Copriferro netto: 60mm  
 Armatura longitudinale: n.26 x  $\phi 24$   
 Spira:  $\phi 12/15$   
 Ferri circolari:  $\phi 14/200$

Tratti terminali (0-5 m e 11-14 m)

Copriferro netto: 60mm  
 Armatura longitudinale: n.18 x  $\phi 24$   
 Spira:  $\phi 12/15$   
 Ferri circolari:  $\phi 14/200$

Si riportano in seguito le verifiche condotte con il software RC-SEC.

Tratto centrale (5-11 m)



**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**

**NOME SEZIONE:** Palo\_sez1\_Mmax

Descrizione Sezione:  
 Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi  
 Tipologia sezione: Sezione generica di Trave  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Molto aggressive  
 Tipo di sollecitazione: Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

**CALCESTRUZZO -**

Classe:	C25/30
Resis. compr. di progetto fcd:	14.160 MPa
Resis. compr. ridotta fcd':	7.080 MPa
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
Def.unit. ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00 daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

**ACCIAIO -**

Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Circolare  
 Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 60.0 cm  
 X centro circ.: 0.0 cm  
 Y centro circ.: 0.0 cm

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonfer. lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>NR1J</b>	<b>01</b>	<b>D 29 CL</b>	<b>RI00 05 010</b>	<b>B</b>	<b>98 di 193</b>

N°Barre  
Ø Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza  
Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	51.5	26	24

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 12 mm  
Passo staffe: 15.0 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	1127.00	358.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	460.00	0.00

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	460.00 (534.12)	0.00 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	460.00 (534.12)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	99 di 193

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.3	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	10.0	cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.1	cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	0.00	1127.00	0.00	2075.11	1.84	76.9(16.7)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.248	0.0	60.0	0.00242	0.0	51.5	-0.01064	0.0	-51.5

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000126775	-0.004106502	0.248	0.750

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:	12	mm
Passo staffe:	15.0	cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = $V_y$ ortogonale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	100 di 193

Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato  
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione  
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm<sup>2</sup>/m]  
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm<sup>2</sup>/m]  
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d\_max con L=lungh.legat.proietta-  
 ta sulla direz. del taglio e d\_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	358.00	3088.06	516.74	97.3	99.6	1.000	1.000	10.4	15.1(0.0)

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
 As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.90	0.0	0.0	-122.8	0.0	-51.5	1948	31.7

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.90	0.0	0.0	-122.8	0.0	-51.5	1948	31.7

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
 Ver. Esito della verifica  
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
 k2 = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2) / (2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
 Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00068	0	0.500	24.0	73	0.00037 (0.00037)	499	0.184 (0.20)	534.12	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

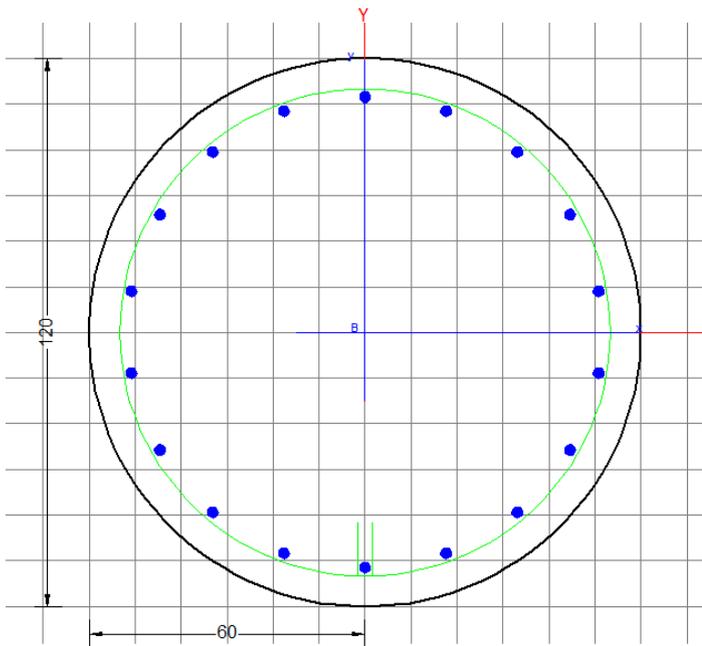
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	101 di 193

1 S 3.90 0.0 0.0 -122.8 0.0 -51.5 1948 31.7

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00068	0	0.500	24.0	73	0.00037 (0.00037)	499	0.184 (0.20)	534.12	0.00

**Tratti terminali (0-5 m e 11-14 m)**



**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**

**NOME SEZIONE: Palo\_sez1\_Mmedio**

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Tipo di sollecitazione:	Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	102 di 193

Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00 daN/cm <sup>2</sup>
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30

Raggio circ.:	60.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm
Y centro circ.:	0.0 cm

**DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE**

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
N°Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	51.5	18	24

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe:	12 mm
Passo staffe:	15.0 cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	R100 05 010	B	103 di 193

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	788.00	429.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	276.00	0.00

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	276.00 (503.41)	0.00 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	276.00 (503.41)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.3 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 15.5 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 6.1 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	0.00	788.00	0.00	1496.15	1.90	58.8(16.7)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	104 di 193

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.211	0.0	60.0	0.00224	0.0	51.5	-0.01305	0.0	-51.5

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000148470	-0.005408194	0.211	0.704

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe:	12 mm
Passo staffe:	15.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = $V_y$ ortogonale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallele. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm <sup>2</sup> /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm <sup>2</sup> /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore $L/d_{max}$ con $L$ =lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	429.00	2972.62	524.83	98.8	94.4	1.000	1.000	12.3	15.1(0.0)

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	105 di 193

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.85	0.0	0.0	-103.1	0.0	-51.5	1999	22.6

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.85	0.0	0.0	-103.1	0.0	-51.5	1999	22.6

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
sr max	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
wk	Massima distanza tra le fessure [mm]
Mx fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00057	0	0.500	24.0	73	0.00031 (0.00031)	609	0.188 (0.20)	503.41	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.85	0.0	0.0	-103.1	0.0	-51.5	1999	22.6

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00057	0	0.500	24.0	73	0.00031 (0.00031)	609	0.188 (0.20)	503.41	0.00

### 14.3. Verifiche strutturali muro

Le azioni massime agenti sul muro sono riassunte nella seguente tabella.

Stato Limite	Valori al metro lineare	
	Momento	Taglio
	[kN*m/m]	[kN/m]
SLU/SLV	34*	24
SLE	1	-

\*La sollecitazione flettente SLU/SLV è relativa alle condizioni sismiche.

Come previsto dall' Eurocodice (UNI EN 1992-1-1) per le piastre a portanza unidirezionale si raccomanda di prevedere un'armatura secondaria in quantità non minore del 20% dell'armatura principale. Viene inoltre prevista una armatura longitudinale di confinamento.

Per un tratto di muro di 1 m:

Armatura longitudinale lato monte: n.10 x  $\phi$ 26  
 Armatura longitudinale lato valle: n.10 x  $\phi$ 26  
 Armatura longitudinale di confinamento: n.8+8 x  $\phi$ 20

Armatura orizzontale lato monte: n.8 x  $\phi$ 22  
 Armatura orizzontale lato valle: n.8 x  $\phi$ 22

Armatura trasversale:  $\phi$ 12/15 a 2 braccia

Per le verifiche strutturali della sezione in c.a. si rimanda alla sezione 36+150, caratterizzata dalla stessa armatura e da sollecitazioni maggiori.

## 15. INCIDENZE

### Sezione 36+150

Pali 200 kg/m<sup>3</sup>

Muro 110 kg/m<sup>3</sup>

### Sezione 36+120

Pali 100 kg/m<sup>3</sup>

Muro 110 kg/m<sup>3</sup>



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	108 di 193

**ALLEGATI**



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	109 di 193

**ALLEGATO 1 – SEZIONE 36+150 - TABULATI DI CALCOLO PARATIE**



## ***Descrizione Pareti***

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -20 m

Muro di sinistra

Sezione : pali 1200

Area equivalente : 0.86997950407102 m

Inerzia equivalente : 0.0783 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 1.3 m

Diametro : 1.2 m

Efficacia : 1

X : 0 m

Quota in alto : 3.15 m

Quota di fondo : -2 m

Muro di sinistra

Sezione : Muro

Area equivalente : 1.8 m

Inerzia equivalente : 0.486 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Solid

Spessore : 1.8 m

Efficacia : 1

## ***Fasi di Calcolo***

### Stage 1

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2 m

##### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;-5)

(-9;-5)

(-6;-2)

(0;-2)

##### Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(3;0)

(24;14)

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -25 m

Falda di destra : -25 m

#### Carichi

##### Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 1.5 m

X finale : 3 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

##### Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : pali 1200

##### Paratia : WallElement\_New

X : 0 m

Quota in alto : 3.15 m



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	113 di 193

Quota di fondo : -2 m

Sezione : Muro

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	114 di 193

Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-5 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(3;0)

(24;14)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -25 m

Falda di destra : -25 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 1.5 m

X finale : 3 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : pali 1200

Paratia : WallElement\_New

X : 0 m

Quota in alto : 3.15 m

Quota di fondo : -2 m

Sezione : Muro

### Stage 3

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6.35 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-6.35 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(3;0)

(24;14)

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -25 m

Falda di destra : -25 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 1.5 m

X finale : 3 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : pali 1200

Paratia : WallElement\_New

X : 0 m

Quota in alto : 3.15 m

Quota di fondo : -2 m

Sezione : Muro

#### Stage 4

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7.25 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-7.25 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(3;0)

(24;14)

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -25 m

Falda di destra : -25 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 1.5 m

X finale : 3 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : pali 1200

Paratia : WallElement\_New

X : 0 m

Quota in alto : 3.15 m

Quota di fondo : -2 m

Sezione : Muro

Stage 5

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 3 m

Lato valle : -7.25 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-7.25 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;3)

(1.3;3)

(1.8;2.5)

(2.3;2.5)

(2.8;3)

(4.3;3)

(9;5.15)

(24;12.15)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -25 m

Falda di destra : -25 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : pali 1200

Paratia : WallElement\_New

X : 0 m

Quota in alto : 3.15 m

Quota di fondo : -2 m

Sezione : Muro

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	118 di 193

Stage 6

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 3 m

Lato valle : -7.25 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-7.25 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;3)

(1.3;3)

(1.8;2.5)

(2.3;2.5)

(2.8;3)

(4.3;3)

(9;5.15)

(24;12.15)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -25 m

Falda di destra : -25 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -20 m

Sezione : pali 1200

Paratia : WallElement\_New

X : 0 m

Quota in alto : 3.15 m

Quota di fondo : -2 m

Sezione : Muro

## Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_load_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_seism_load)	Pressio ni Acqua Lato Monte (F_WaterDR)	Pressio ni Acqua Lato Valle (F_WaterRes)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_UPL_GDStab)	Carichi Perman enti Stabilizz anti (F_UPL_GStab)	Carichi Variabili Destabiliz zanti (F_UPL_QDStab)	Carichi Permane nti Destabiliz zanti (F_HYD_GDStab)	Carichi Permane nti Stabilizz anti (F_HYD_GStab)	Carichi Variabili Destabiliz zanti (F_HYD_QDStab)
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Freque nte/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.35	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su $c'$ (F_eff_coh)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	120 di 193

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5	Stage 6
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)						
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	
NTC2018: A2+M2+R1						
NTC2018: SISMICA STR						V
NTC2018: SISMICA GEO						

## Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

### Tabella Inviluppi Momento WallElement

Selected Design Assumptions Z (m)	Inviluppi: Momento		Muro: WallElement
	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-2	0	0	121.915
-2.2	0	0	134.453
-2.4	0	0	147.998
-2.6	0.058	0	162.596
-2.8	0.39	0	178.293
-3	0.826	0	195.136
-3.2	1.355	0	213.169
-3.4	1.964	0	232.44
-3.6	2.642	0	252.994
-3.8	3.376	0	274.878
-4	4.155	0	298.138
-4.2	4.966	0	322.82
-4.4	5.797	0	348.969
-4.6	6.634	0	376.632
-4.8	7.465	0	405.856
-5	8.278	0	436.685
-5.2	9.057	0	469.167
-5.4	9.791	0	503.347
-5.6	10.464	0	539.272
-5.8	11.063	0	576.988
-6	11.572	0	616.54
-6.2	11.976	0	657.975
-6.4	12.26	0	701.339
-6.6	12.407	0	746.678
-6.8	12.402	0	794.038
-7	12.225	0	843.465
-7.2	11.862	0	895.006
-7.4	11.292	0	948.706
-7.6	10.498	0	1003.064
-7.8	9.461	0	1057.781
-8	8.162	0	1112.557
-8.2	6.581	0	1167.092
-8.4	4.698	0	1221.088
-8.6	2.493	0	1274.243
-8.8	0	0	1326.26
-9	0	0	1376.837
-9.2	0	0	1425.677
-9.4	0	0	1473.17
-9.6	0	0	1518.91
-9.8	0	0	1562.495
-10	0	0	1603.518
-10.2	0	0	1641.578
-10.4	0	0	1676.265
-10.6	0	0	1707.179
-10.8	0	0	1733.915
-11	0	0	1756.068
-11.2	0	0	1773.234
-11.4	0	0	1785.007
-11.6	0	0	1790.983
-11.8	0	0	1791.199
-12	0	0	1785.972

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	122 di 193

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)

-12.2	0	1775.608
-12.4	0	1760.404
-12.6	0	1740.645
-12.8	0	1716.607
-13	0	1688.555
-13.2	0	1656.744
-13.4	0	1621.42
-13.6	0	1582.817
-13.8	0	1541.161
-14	0	1496.671
-14.2	0	1449.552
-14.4	0	1400.005
-14.6	0	1348.219
-14.8	0	1294.377
-15	0	1238.654
-15.2	0	1181.218
-15.4	0	1122.227
-15.6	0	1061.835
-15.8	0	1000.19
-16	0	937.431
-16.2	0	873.693
-16.4	0	809.107
-16.6	0	743.796
-16.8	0	677.881
-17	0	611.997
-17.2	0	546.862
-17.4	0	483.155
-17.6	0	421.428
-17.8	0	362.154
-18	0	305.804
-18.2	0	252.834
-18.4	0	203.694
-18.6	0	158.829
-18.8	0	118.681
-19	0	83.687
-19.2	0	54.281
-19.4	0	30.896
-19.6	0	13.905
-19.8	0	3.532
-20	0	0

## Tabella Involuppi Momento WallElement\_New

Selected Design Assumptions	Involuppi: Momento	Muro: WallElement_New
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
3.15	0	0
2.95	0	0.155
2.75	0	0.622
2.55	0	1.399
2.35	0	2.487
2.15	0	3.886
1.95	0	5.595
1.75	0	7.616
1.55	0	9.947
1.35	0	12.589
1.15	0	15.542
0.95	0	18.806
0.75	0	22.38
0.55	0	26.282
0.35	0	30.55
0.15	0	35.226
-0.05	0	40.348
-0.25	0	45.957
-0.45	0	52.092
-0.65	0	58.795
-0.85	0	66.104
-1.05	0	74.06
-1.25	0	82.703
-1.45	0	92.073
-1.65	0	102.209
-1.85	0	113.152
-2	0	121.915

## Tabella Involuppi Taglio WallElement

Selected Design Assumptions	Involuppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-2	0	62.691
-2.2	0.434	67.726
-2.4	1.076	72.99
-2.6	1.658	78.486
-2.8	2.181	84.211
-3	2.644	90.168
-3.2	3.047	96.355
-3.4	3.39	102.772
-3.6	3.672	109.42
-3.8	3.894	116.298
-4	4.054	123.407
-4.2	4.152	130.747
-4.4	4.187	138.317
-4.6	4.187	146.117
-4.8	4.157	154.148
-5	4.062	162.41
-5.2	3.899	170.902
-5.4	3.668	179.624
-5.6	3.367	188.577
-5.8	2.993	197.761
-6	2.545	207.175
-6.2	2.022	216.82
-6.4	1.419	226.695
-6.6	0.736	236.801
-6.8	0	247.137
-7	0	257.704
-7.2	0	268.501
-7.4	0	271.791
-7.6	0	273.584
-7.8	0	273.879
-8	0	273.879
-8.2	0	272.677
-8.4	0	269.977
-8.6	0	265.779
-8.8	0	260.083
-9	0	252.89
-9.2	0	244.199
-9.4	0	237.462
-9.6	1.05	228.703
-9.8	3.061	217.922
-10	6.738	205.118
-10.2	10.182	190.293
-10.4	13.406	173.444
-10.6	16.424	154.573
-10.8	19.249	133.68
-11	24.667	110.764
-11.2	39.302	85.826
-11.4	53.098	58.866
-11.6	66.097	29.883
-11.8	78.338	1.08
-12	89.86	0
-12.2	100.703	0
-12.4	110.904	0
-12.6	120.501	0

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	125 di 193

Selected Design Assumptions	Involuppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)

-12.8	140.26	0
-13	159.054	0
-13.2	176.623	0
-13.4	193.014	0
-13.6	208.276	0
-13.8	222.454	0
-14	235.593	0
-14.2	247.738	0
-14.4	258.929	0
-14.6	269.208	0
-14.8	278.614	0
-15	287.184	0
-15.2	294.954	0
-15.4	301.958	0
-15.6	308.228	0
-15.8	313.795	0
-16	318.688	0
-16.2	322.932	0
-16.4	326.554	0
-16.6	329.577	0
-16.8	329.577	0
-17	329.417	0
-17.2	325.679	0
-17.4	318.532	0
-17.6	308.633	0
-17.8	296.356	0
-18	281.749	0
-18.2	264.853	0
-18.4	245.702	0
-18.6	224.323	0
-18.8	200.741	0
-19	174.972	0
-19.2	147.029	0
-19.4	116.923	0
-19.6	84.954	0
-19.8	51.866	0
-20	17.661	0

## Tabella Involuppi Taglio WallElement\_New

Selected Design Assumptions	Involuppi: Taglio	Muro: WallElement_New
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
3.15	0	0.777
2.95	0	2.331
2.75	0	3.886
2.55	0	5.44
2.35	0	6.994
2.15	0	8.548
1.95	0	10.102
1.75	0	11.656
1.55	0	13.211
1.35	0	14.765
1.15	0	16.319
0.95	0	17.873
0.75	0	19.508
0.55	0	21.342
0.35	0	23.376
0.15	0	25.611
-0.05	0	28.045
-0.25	0	30.679
-0.45	0	33.513
-0.65	0	36.546
-0.85	0	39.78
-1.05	0	43.214
-1.25	0	46.848
-1.45	0	50.681
-1.65	0	54.715
-1.85	0	58.419
-2	0	58.419

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
NTC2018: SISMICA STR	Stage 6	Left Wall	LEFT	37.24
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 1	Left Wall	RIGHT	8.1

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	128 di 193

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva
				%
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 1	Left Wall	LEFT	224.76
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 3	Left Wall	RIGHT	103.26

**ALLEGATO 2 – SEZIONE 36+150 - TABULATI DI CALCOLO SLIDE**

## *Slide Analysis Information*

### *SLIDE - An Interactive Slope Stability Program*

#### *Project Summary*

---

File Name: Paratia 36+150.slmd - Group 1 - SLU  
 Slide Modeler Version: 7.038  
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
 Date Created: 03/09/2018, 15:40:26

#### *General Settings*

---

Units of Measurement: Metric Units  
 Time Units: days  
 Permeability Units: meters/second  
 Failure Direction: Right to Left  
 Data Output: Standard  
 Maximum Material Properties: 20  
 Maximum Support Properties: 20

#### *Design Standard*

---

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
 Name: NTC2018\_SLU

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1

Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

## Analysis Options

Slices Type: Vertical

### Analysis Methods Used

	Bishop simplified
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $m_{\alpha} < 0.2$ :	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

## Groundwater Analysis

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	132 di 193

Maximum negative pore pressure [kPa]: 0

Advanced Groundwater Method: None

## Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

## Surface Options

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 10  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 1  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

## Seismic

Advanced seismic analysis: No

Staged pseudostatic analysis: No

## Material Properties

Property	U1a	U3a	Paratia
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	17	18	25
Cohesion [kPa]	10	0	
Friction Angle [deg]	27	32	
Water Surface	None	None	None
Ru Value	0	0	0

## Global Minimums

---

### Method: bishop simplified

FS	1.250640
Center:	40.039, 116.037
Radius:	59.711
Left Slip Surface Endpoint:	39.303, 56.330
Right Slip Surface Endpoint:	86.526, 78.562
Resisting Moment:	105838 kN-m
Driving Moment:	84627.3 kN-m
Total Slice Area:	206.762 m2
Surface Horizontal Width:	47.2227 m
Surface Average Height:	4.37843 m

## Valid / Invalid Surfaces

---

### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1907  
Number of Invalid Surfaces: 0

## Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.25064

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.944455	3.25984	-0.252948	U1a	8	22.1768	7.53252	9.42047	3.48478	0	3.48478	3.45153	3.45153
2	0.944455	9.65958	0.653344	U1a	8	22.1768	9.69423	12.1247	10.1172	0	10.1172	10.2278	10.2278
3	0.944455	15.8194	1.5598	U1a	8	22.1768	11.7518	14.6972	16.4301	0	16.4301	16.7501	16.7501
4	0.944455	21.7391	2.46664	U1a	8	22.1768	13.7066	17.1427	22.4276	0	22.4276	23.018	23.018
5	0.944455	27.4184	3.37411	U1a	8	22.1768	15.568	19.4644	28.1144	0	28.1144	29.0318	29.0318
6	0.944455	33.276	4.28242	U1a	8	22.1768	17.4546	21.8294	33.9272	0	33.9272	35.2342	35.2342
7	0.944455	39.2687	5.19182	U1a	8	22.1768	19.375	24.2311	39.8192	0	39.8192	41.5797	41.5797
8	0.944455	45.0185	6.10252	U1a	8	22.1768	21.1946	26.5068	45.4022	0	45.4022	47.6682	47.6682
9	0.944455	50.5244	7.01478	U1a	8	22.1768	22.9144	28.6577	50.6787	0	50.6787	53.4982	53.4982
10	0.944455	55.7848	7.92883	U1a	8	22.1768	24.5352	30.6847	55.6514	0	55.6514	59.0686	59.0686
11	0.944455	60.7984	8.84491	U1a	8	22.1768	26.0577	32.5888	60.3228	0	60.3228	64.3776	64.3776
12	0.944455	65.5633	9.76328	U1a	8	22.1768	27.4825	34.3707	64.6944	0	64.6944	69.4233	69.4233
13	0.944455	70.0775	10.6842	U1a	8	22.1768	28.8103	36.0313	68.7681	0	68.7681	74.2036	74.2036
14	0.944455	74.339	11.6079	U1a	8	22.1768	30.0414	37.5715	72.5455	0	72.5455	78.7164	78.7164
15	0.944455	78.3452	12.5347	U1a	8	22.1768	31.1764	38.9904	76.0275	0	76.0275	82.9589	82.9589
16	0.944455	82.0935	13.4648	U1a	8	22.1768	32.2153	40.2897	79.2151	0	79.2151	86.9284	86.9284
17	0.944455	85.58	14.398	U1a	8	22.1768	33.15	41.469	82.10	0	82.108	90.62	90.621

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	135 di 193

	55	1	6		8	85	3	89		9	17	7	
18	0.9444	88.80	15.336	U1a	8	22.176	34.00	42.529	84.70	0	84.709	94.03	94.035
	55	45	3			8	6	3	94		4	55	5
19	0.9444	91.76	16.278	U1a	8	22.176	34.75	43.469	87.01	0	87.016	97.16	97.166
	55	06	2			8	8	7	65		5	61	1
20	0.9444	94.44	17.224	U1a	8	22.176	35.41	44.290	89.03	0	89.030	100.0	100.01
	55	54	6			8	43	5	03		3	1	
21	0.9444	96.85	18.176	U1a	8	22.176	35.97	44.991	90.74	0	90.749	102.5	102.56
	55	43				8	47	4	97		7	61	1
22	0.9444	98.95	19.132	U1a	8	22.176	36.42	45.559	92.14	0	92.142	104.7	104.78
	55		5			8	88	3	27		7	81	1
23	0.9444	100.7	20.094	U1a	8	22.176	36.78	45.999	93.22	0	93.222	106.6	106.67
	55	41	6			8	06	3	22		2	78	8
24	0.9444	102.2	21.062	U1a	8	22.176	37.03	46.318	94.00	0	94.005	108.2	108.26
	55	43	7			8	59	6	57		7	69	9
25	0.9444	103.4	22.037	U1a	8	22.176	37.19	46.516	94.49	0	94.491	109.5	109.54
	55	5	1			8	44	8	17		7	47	7
26	0.9444	104.3	23.018	U1a	8	22.176	37.25	46.592	94.67	0	94.678	110.5	110.50
	55	55	3			8	52	9	86		6	07	7
27	0.9444	104.9	24.006	U1a	8	22.176	37.21	46.546	94.56	0	94.564	111.1	111.14
	55	53	7			8	8	3	44		4	4	
28	0.9444	105.2	25.002	U1a	8	22.176	37.08	46.376	94.14	0	94.146	111.4	111.44
	55	36	7			8	19	1	65		5	4	
29	0.9444	105.1	26.006	U1a	8	22.176	36.84	46.081	93.42	0	93.422	111.3	111.39
	55	97	9			8	59		27		7	99	9
30	0.9444	104.8	27.019	U1a	8	22.176	36.50	45.659	92.38	0	92.389	111.0	111.00
	55	27	7			8	92	9	98		8	08	8
31	0.9444	104.1	28.041	U1a	8	22.176	36.07	45.111	91.04	0	91.044	110.2	110.25
	55	17	7			8	08	6	45		5	57	7
32	0.9444	103.0	29.073	U1a	8	22.176	35.52	44.434	89.38	0	89.383	109.1	109.13
	55	59	6			8	94	5	33		3	37	7
33	0.9444	101.6	30.115	U1a	8	22.176	34.88	43.626	87.40	0	87.402	107.6	107.63
	55	41	9			8	37	9	23		3	37	7
34	0.9444	99.85	31.169	U1a	8	22.176	34.13	42.687	85.09	0	85.096	105.7	105.74
	55	26	3			8	23	2	69		9	43	3
35	0.9444	97.68	32.234	U1a	8	22.176	33.27	41.613	82.46	0	82.462	103.4	103.44
	55	1	6			8	37	4	25		5	44	4
36	0.9444	95.11	33.312	U1a	8	22.176	32.30	40.403	79.49	0	79.493	100.7	100.72
	55	28	5			8	61	3	39		9	25	5
37	0.9444	92.13	34.404	U1a	8	22.176	31.22	39.054	76.18	0	76.185	97.57	97.570
	55	34				8	78	7	54		4	07	7
38	0.9444	88.72	35.509	U1a	8	22.176	30.03	37.565	72.53	0	72.531	93.96	93.963
	55	67	8			8	67	1	1			37	7

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	136 di 193

39	0.9444 55	84.87 49	36.631 1	U1a	8	22.176 8	28.73 06	35.931 7	68.52 38	0	68.523 8	89.88 53	89.885 3
40	0.9444 55	80.55 87	37.769	U1a	8	22.176 8	27.30 74	34.151 7	64.15 7	0	64.157	85.31 51	85.315 1
41	0.9444 55	75.75 65	38.924 7	U1a	8	22.176 8	25.76 43	32.221 9	59.42 25	0	59.422 5	80.23 01	80.230 1
42	0.9444 55	70.44 43	40.099 5	U1a	8	22.176 8	24.09 87	30.138 8	54.31 24	0	54.312 4	74.60 5	74.605
43	0.9444 55	64.59 57	41.295	U1a	8	22.176 8	22.30 78	27.899	48.81 75	0	48.817 5	68.41 19	68.411 9
44	0.9444 55	58.18 09	42.512 9	U1a	8	22.176 8	20.38 83	25.498 4	42.92 82	0	42.928 2	61.61 9	61.619
45	0.9444 55	51.16 64	43.755	U1a	8	22.176 8	18.33 69	22.932 8	36.63 42	0	36.634 2	54.19 09	54.190 9
46	0.9444 55	43.51 45	45.023 4	U1a	8	22.176 8	16.15 01	20.197 9	29.92 46	0	29.924 6	46.08 78	46.087 8
47	0.9444 55	35.18 22	46.320 6	U1a	8	22.176 8	13.82 39	17.288 7	22.78 77	0	22.787 7	37.26 4	37.264
48	0.9444 55	26.12 03	47.649 4	U1a	8	22.176 8	11.35 45	14.200 4	15.21 12	0	15.211 2	27.66 75	27.667 5
49	0.9444 55	16.27 23	49.012 9	U1a	8	22.176 8	8.737 58	10.927 6	7.182 07	0	7.1820 7	17.23 81	17.238 1
50	0.9444 55	5.572 04	50.414 9	U1a	8	22.176 8	5.968 84	7.4648 7	- 1.312 82	0	- 1.3128 2	5.906 08	5.9060 8

## Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.25064

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	39.3033	56.3304	0	0	0
2	40.2478	56.3262	7.12241	0	0
3	41.1922	56.337	16.1612	0	0
4	42.1367	56.3627	26.8279	0	0
5	43.0811	56.4034	38.8493	0	0
6	44.0256	56.4591	51.9666	0	0
7	44.97	56.5298	66.0378	0	0
8	45.9145	56.6156	80.9034	0	0

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	137 di 193

9	46.8589	56.7166	96.3187	0	0
10	47.8034	56.8328	112.052	0	0
11	48.7479	56.9644	127.884	0	0
12	49.6923	57.1113	143.607	0	0
13	50.6368	57.2738	159.026	0	0
14	51.5812	57.452	173.959	0	0
15	52.5257	57.646	188.233	0	0
16	53.4701	57.856	201.687	0	0
17	54.4146	58.0821	214.173	0	0
18	55.359	58.3246	225.554	0	0
19	56.3035	58.5836	235.701	0	0
20	57.248	58.8594	244.502	0	0
21	58.1924	59.1522	251.851	0	0
22	59.1369	59.4623	257.658	0	0
23	60.0813	59.7899	261.843	0	0
24	61.0258	60.1355	264.34	0	0
25	61.9702	60.4992	265.095	0	0
26	62.9147	60.8815	264.069	0	0
27	63.8591	61.2827	261.234	0	0
28	64.8036	61.7034	256.577	0	0
29	65.748	62.1438	250.101	0	0
30	66.6925	62.6046	241.822	0	0
31	67.637	63.0863	231.775	0	0
32	68.5814	63.5893	220.012	0	0
33	69.5259	64.1144	206.602	0	0
34	70.4703	64.6622	191.638	0	0
35	71.4148	65.2335	175.231	0	0
36	72.3592	65.8291	157.518	0	0
37	73.3037	66.4498	138.662	0	0
38	74.2481	67.0966	118.855	0	0
39	75.1926	67.7705	98.3181	0	0
40	76.1371	68.4727	77.3109	0	0
41	77.0815	69.2045	56.1303	0	0
42	78.026	69.9672	35.1175	0	0
43	78.9704	70.7625	14.6634	0	0
44	79.9149	71.5921	-4.78432	0	0
45	80.8593	72.4579	-22.7137	0	0
46	81.8038	73.3622	-38.5379	0	0
47	82.7482	74.3074	-51.5838	0	0

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	138 di 193

48	83.6927	75.2964	-61.0769	0	0
49	84.6371	76.3325	-66.1228	0	0
50	85.5816	77.4195	-65.6845	0	0
51	86.5261	78.5618	0	0	0

## List Of Coordinates

---

### Water Table

X	Y
-16.847	28.2011
86.547	28.2011

### External Boundary

X	Y
35.371	56.3287
35.371	49.1
35.371	46
-16.847	46
-16.847	44.2061
-16.847	25.98
-16.847	22.7435
-16.847	0
86.547	0
86.547	22.7435
86.547	25.98
86.547	44.2061
86.547	45.97
86.547	51.1995
86.547	60.16
86.547	78.5717
59	65.5
44	58.329
39.3	56.329

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	139 di 193

36.571	56.3287
--------	---------

### Material Boundary

X	Y
-16.847	44.2061
35.371	44.2061
36.571	44.2061
86.547	44.2061

### Material Boundary

X	Y
35.371	33.329
35.371	44.2061
35.371	45.97
35.371	46

### Material Boundary

X	Y
35.371	33.329
36.571	33.329

### Material Boundary

X	Y
36.571	33.329
36.571	44.2061
36.571	45.97

### Material Boundary

X	Y
---	---

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	140 di 193

36.571	45.97
36.571	51.1995
36.571	56.3287

### Material Boundary

X	Y
36.571	51.1995
86.547	51.1995

## *Slide Analysis Information*

### *SLIDE - An Interactive Slope Stability Program*

#### *Project Summary*

---

File Name: Paratia 36+150\_sisma.slmd - Group 1 - SLU  
Slide Modeler Version: 7.038  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 03/09/2018, 15:40:26

#### *General Settings*

---

Units of Measurement: Metric Units  
Time Units: days  
Permeability Units: meters/second  
Failure Direction: Right to Left  
Data Output: Standard  
Maximum Material Properties: 20  
Maximum Support Properties: 20

#### *Design Standard*

---

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
Name: NTC2018\_SLU

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1

Variable Actions: Unfavourable	1
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1
Coefficient of shearing resistance	1
Undrained strength	1
Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

## Analysis Options

Slices Type: Vertical

### Analysis Methods Used

	Bishop simplified
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $\alpha < 0.2$ :	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

## Groundwater Analysis

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	143 di 193

Maximum negative pore pressure [kPa]: 0

Advanced Groundwater Method: None

## Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

## Surface Options

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 10  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 1  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

## Seismic

Advanced seismic analysis: No

Staged pseudostatic analysis: No

## Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0432

Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.0215

## Material Properties

Property	U1a	U3a	Paratia
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	17	18	25
Cohesion [kPa]	10	0	
Friction Angle [deg]	27	32	
Water Surface	None	None	None
Ru Value	0	0	0

## Global Minimums

### Method: bishop simplified

FS	1.417760
Center:	45.396, 104.659
Radius:	48.711
Left Slip Surface Endpoint:	39.303, 56.330
Right Slip Surface Endpoint:	86.526, 78.562
Resisting Moment:	128907 kN-m
Driving Moment:	90922.9 kN-m
Total Slice Area:	263.764 m2
Surface Horizontal Width:	47.2227 m
Surface Average Height:	5.58553 m

## Valid / Invalid Surfaces

## Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1949

Number of Invalid Surfaces: 0

## Slice Data

### • Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.41776

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.944455	4.1071	-6.62589	U1a	10	27	8.95554	12.6968	5.2928	0	5.2928	4.2525	4.2525
2	0.944455	12.1718	-5.50865	U1a	10	27	12.0003	17.0136	13.765	0	13.765	12.6076	12.6076
3	0.944455	19.9383	-4.39351	U1a	10	27	14.8873	21.1066	21.7979	0	21.7979	20.6541	20.6541
4	0.944455	27.4081	-3.28004	U1a	10	27	17.6205	24.9817	29.4033	0	29.4033	28.3935	28.3935
5	0.944455	34.5826	-2.16781	U1a	10	27	20.2041	28.6446	36.5921	0	36.5921	35.8273	35.8273
6	0.944455	41.8817	-1.05639	U1a	10	27	22.7984	32.3227	43.8108	0	43.8108	43.3904	43.3904
7	0.944455	49.2637	0.0546296	U1a	10	27	25.3877	35.9936	51.0153	0	51.0153	51.0395	51.0395
8	0.944455	56.3516	1.16567	U1a	10	27	27.8324	39.4597	57.818	0	57.818	58.3843	58.3843
9	0.944455	63.1451	2.27715	U1a	10	27	30.1354	42.7248	64.2261	0	64.2261	65.4244	65.4244
10	0.944455	69.644	3.38949	U1a	10	27	32.299	45.7923	70.2464	0	70.2464	72.1593	72.1593
11	0.944455	75.8471	4.5031	U1a	10	27	34.3254	48.6652	75.8848	0	75.8848	78.5881	78.5881
12	0.944455	81.7535	5.61843	U1a	10	27	36.2165	51.3463	81.1467	0	81.1467	84.7096	84.7096
13	0.944455	87.3615	6.7359	U1a	10	27	37.9741	53.8381	86.037	0	86.037	90.5221	90.5221

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>NR1J</b>	<b>01</b>	<b>D 29 CL</b>	<b>RI00 05 010</b>	<b>B</b>	<b>146 di 193</b>

14	0.9444 55	92.66 92	7.85594	U1a	10	27	39.59 94	56.142 5	90.55 97	0	90.559 7	96.02 36	96.023 6
15	0.9444 55	97.67 44	8.97902	U1a	10	27	41.09 41	58.261 6	94.71 86	0	94.718 6	101.2 12	101.21 2
16	0.9444 55	102.3 74	10.1056	U1a	10	27	42.45 91	60.196 8	98.51 67	0	98.516 7	106.0 84	106.08 4
17	0.9444 55	106.7 66	11.2361	U1a	10	27	43.69 53	61.949 4	101.9 57	0	101.95 7	110.6 37	110.63 7
18	0.9444 55	110.8 46	12.3711	U1a	10	27	44.80 35	63.520 6	105.0 4	0	105.04	114.8 67	114.86 7
19	0.9444 55	114.6 11	13.5111	U1a	10	27	45.78 43	64.911 2	107.7 69	0	107.76 9	118.7 7	118.77
20	0.9444 55	118.0 56	14.6565	U1a	10	27	46.63 81	66.121 6	110.1 45	0	110.14 5	122.3 43	122.34 3
21	0.9444 55	121.1 75	15.8079	U1a	10	27	47.36 49	67.152	112.1 67	0	112.16 7	125.5 77	125.57 7
22	0.9444 55	123.9 3	16.9659	U1a	10	27	47.95 36	67.986 7	113.8 06	0	113.80 6	128.4 35	128.43 5
23	0.9444 55	126.3 3	18.1312	U1a	10	27	48.40 91	68.632 5	115.0 72	0	115.07 2	130.9 24	130.92 4
24	0.9444 55	128.3 87	19.3042	U1a	10	27	48.73 77	69.098 4	115.9 87	0	115.98 7	133.0 58	133.05 8
25	0.9444 55	130.0 95	20.4857	U1a	10	27	48.93 9	69.383 7	116.5 47	0	116.54 7	134.8 3	134.83
26	0.9444 55	131.4 44	21.6764	U1a	10	27	49.01 22	69.487 5	116.7 51	0	116.75 1	136.2 32	136.23 2
27	0.9444 55	132.4 27	22.877	U1a	10	27	48.95 66	69.408 7	116.5 96	0	116.59 6	137.2 53	137.25 3
28	0.9444 55	133.0 33	24.0884	U1a	10	27	48.77 12	69.145 8	116.0 8	0	116.08	137.8 84	137.88 4
29	0.9444 55	133.2 54	25.3113	U1a	10	27	48.45 46	68.697	115.1 99	0	115.19 9	138.1 16	138.11 6
30	0.9444 55	133.0 75	26.5467	U1a	10	27	48.00 57	68.060 5	113.9 5	0	113.95	137.9 33	137.93 3
31	0.9444 55	132.4 86	27.7955	U1a	10	27	47.42 26	67.233 8	112.3 28	0	112.32 8	137.3 26	137.32 6
32	0.9444 55	131.4 72	29.0589	U1a	10	27	46.70 35	66.214 3	110.3 27	0	110.32 7	136.2 78	136.27 8
33	0.9444 55	130.0 18	30.3379	U1a	10	27	45.84 63	64.999 1	107.9 42	0	107.94 2	134.7 73	134.77 3
34	0.9444 55	128.1 06	31.6339	U1a	10	27	44.84 88	63.584 8	105.1 66	0	105.16 6	132.7 94	132.79 4
35	0.9444	125.7	32.9483	U1a	10	27	43.70	61.967	101.9	0	101.99	130.3	130.32

	55	16					81	6	92		2	2	
36	0.9444	122.8	34.2824	U1a	10	27	42.42	60.143	98.41	0	98.411	127.3	127.33
	55	29					14	4	19		9	31	1
37	0.9444	119.4	35.6382	U1a	10	27	40.98	58.107	94.41	0	94.416	123.8	123.8
	55	21					54	5	6				
38	0.9444	115.4	37.0173	U1a	10	27	39.39	55.854	89.99	0	89.995	119.7	119.70
	55	63					65	8	5			01	1
39	0.9444	110.9	38.422	U1a	10	27	37.65	53.379	85.13	0	85.137	115.0	115.00
	55	28					07	7	73		3	02	2
40	0.9444	105.7	39.8546	U1a	10	27	35.74	50.675	79.83	0	79.831	109.6	109.66
	55	8					36	9	1			69	9
41	0.9444	99.98	41.3177	U1a	10	27	33.67	47.736	74.06	0	74.062	103.6	103.66
	55	14					04	6	23		3	61	1
42	0.9444	93.48	42.8145	U1a	10	27	31.42	44.554	67.81	0	67.816	96.93	96.931
	55	74					57	1	63		3	16	6
43	0.9444	86.24	44.3485	U1a	10	27	29.00	41.120	61.07	0	61.076	89.42	89.428
	55	7					36	2	68		8	82	2
44	0.9444	78.20	45.9238	U1a	10	27	26.39	37.425	53.82	0	53.826	81.08	81.089
	55	07					78	7	6			91	1
45	0.9444	69.27	47.5453	U1a	10	27	23.60	33.460	46.04	0	46.044	71.84	71.841
	55	84					12	8	44		4	15	5
46	0.9444	59.39	49.2186	U1a	10	27	20.60	29.214	37.71	0	37.710	61.59	61.599
	55	71					62	7	09		9	91	1
47	0.9444	48.45	50.9508	U1a	10	27	17.40	24.675	28.80	0	28.802	50.25	50.258
	55	67					47	7	27		7	8	
48	0.9444	36.33	52.7502	U1a	10	27	13.98	19.831	19.29	0	19.296	37.69	37.691
	55	49					82	9	61		1	16	6
49	0.9444	22.88	54.6275	U1a	10	27	10.34	14.670	9.166	0	9.1665	23.74	23.741
	55						77	6	52		2	19	9
50	0.9444	7.899	56.596	U1a	10	27	6.474	9.1799	-	0	-	8.208	8.2088
	55	08					96	4	1.609		5	85	5
									45				

## Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.41776

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	39.3033	56.3304	0	0	0
2	40.2478	56.2207	8.83979	0	0

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	148 di 193

3	41.1922	56.1296	20.8726	0	0
4	42.1367	56.057	35.6175	0	0
5	43.0811	56.0029	52.6244	0	0
6	44.0256	55.9672	71.4719	0	0
7	44.97	55.9498	91.9028	0	0
8	45.9145	55.9507	113.645	0	0
9	46.8589	55.9699	136.319	0	0
10	47.8034	56.0074	159.568	0	0
11	48.7479	56.0634	183.057	0	0
12	49.6923	56.1377	206.473	0	0
13	50.6368	56.2307	229.519	0	0
14	51.5812	56.3422	251.921	0	0
15	52.5257	56.4725	273.421	0	0
16	53.4701	56.6218	293.779	0	0
17	54.4146	56.7901	312.772	0	0
18	55.359	56.9777	330.193	0	0
19	56.3035	57.1849	345.852	0	0
20	57.248	57.4118	359.575	0	0
21	58.1924	57.6588	371.204	0	0
22	59.1369	57.9262	380.596	0	0
23	60.0813	58.2143	387.626	0	0
24	61.0258	58.5236	392.184	0	0
25	61.9702	58.8544	394.18	0	0
26	62.9147	59.2073	393.539	0	0
27	63.8591	59.5827	390.205	0	0
28	64.8036	59.9812	384.139	0	0
29	65.748	60.4034	375.322	0	0
30	66.6925	60.8501	363.756	0	0
31	67.637	61.3219	349.464	0	0
32	68.5814	61.8198	332.491	0	0
33	69.5259	62.3446	312.91	0	0
34	70.4703	62.8973	290.82	0	0
35	71.4148	63.4791	266.349	0	0
36	72.3592	64.0912	239.662	0	0
37	73.3037	64.7351	210.957	0	0
38	74.2481	65.4122	180.478	0	0
39	75.1926	66.1243	148.513	0	0
40	76.1371	66.8735	115.409	0	0
41	77.0815	67.6619	81.5712	0	0

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	149 di 193

42	78.026	68.4922	47.4816	0	0
43	78.9704	69.3672	13.7069	0	0
44	79.9149	70.2904	-19.0834	0	0
45	80.8593	71.2658	-50.0963	0	0
46	81.8038	72.2981	-78.3887	0	0
47	82.7482	73.393	-102.832	0	0
48	83.6927	74.5573	-122.063	0	0
49	84.6371	75.7993	-134.421	0	0
50	85.5816	77.1296	-137.856	0	0
51	86.5261	78.5618	0	0	0

## List Of Coordinates

### Water Table

X	Y
-16.847	28.2011
86.547	28.2011

### External Boundary

X	Y
35.371	56.3287
35.371	49.1
35.371	46
-16.847	46
-16.847	44.2061
-16.847	25.98
-16.847	22.7435
-16.847	0
86.547	0
86.547	22.7435
86.547	25.98
86.547	44.2061
86.547	45.97

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	150 di 193

86.547	51.1995
86.547	60.16
86.547	78.5717
59	65.5
44	58.329
39.3	56.329
36.571	56.3287

### Material Boundary

X	Y
-16.847	44.2061
35.371	44.2061
36.571	44.2061
86.547	44.2061

### Material Boundary

X	Y
35.371	33.329
35.371	44.2061
35.371	45.97
35.371	46

### Material Boundary

X	Y
35.371	33.329
36.571	33.329

### Material Boundary

X	Y
36.571	33.329
36.571	44.2061

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	151 di 193

36.571	45.97
--------	-------

### Material Boundary

X	Y
36.571	45.97
36.571	51.1995
36.571	56.3287

### Material Boundary

X	Y
36.571	51.1995
86.547	51.1995



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA  
REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA  
LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	152 di 193

**ALLEGATO 3 – SEZIONE 36+120 - TABULATI DI CALCOLO PARATIE**



## **Descrizione Pareti**

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -16 m

Muro di sinistra

Sezione : pali 1200

Area equivalente : 0.86997950407102 m

Inerzia equivalente : 0.0783 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 1.3 m

Diametro : 1.2 m

Efficacia : 1

X : 0 m

Quota in alto : 0.8 m

Quota di fondo : -2 m

Muro di sinistra

Sezione : Muro

Area equivalente : 1.8 m

Inerzia equivalente : 0.486 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Solid

Spessore : 1.8 m

Efficacia : 1

## ***Fasi di Calcolo***

### Stage 1

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -2 m

##### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;-5)

(-9;-5)

(-6;-2)

(0;-2)

##### Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(3;0)

(24;11)

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -25 m

Falda di destra : -25 m

#### Carichi

##### Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 1.5 m

X finale : 3 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

##### Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : pali 1200

##### Paratia : WallElement\_New

X : 0 m

Quota in alto : 0.8 m



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	156 di 193

Quota di fondo : -2 m

Sezione : Muro

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	157 di 193

Stage 2

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -5 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-5 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(3;0)

(24;11)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -25 m

Falda di destra : -25 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 1.5 m

X finale : 3 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : pali 1200

Paratia : WallElement\_New

X : 0 m

Quota in alto : 0.8 m

Quota di fondo : -2 m

Sezione : Muro

Stage 3

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -6.8 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-6.8 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(3;0)

(24;11)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -25 m

Falda di destra : -25 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 1.5 m

X finale : 3 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : pali 1200

Paratia : WallElement\_New

X : 0 m

Quota in alto : 0.8 m

Quota di fondo : -2 m

Sezione : Muro

#### Stage 4

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7.55 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-7.55 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(3;0)

(24;11)

#### Falda acquifera

Falda di sinistra : -25 m

Falda di destra : -25 m

#### Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 1.5 m

X finale : 3 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : pali 1200

Paratia : WallElement\_New

X : 0 m

Quota in alto : 0.8 m

Quota di fondo : -2 m

Sezione : Muro

Stage 5

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0.55 m

Lato valle : -7.55 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-7.55 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0.55)

(1.3;0.55)

(1.8;0.05)

(2.3;0.05)

(2.8;0.55)

(4.3;0.55)

(24;11)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -25 m

Falda di destra : -25 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : pali 1200

Paratia : WallElement\_New

X : 0 m

Quota in alto : 0.8 m

Quota di fondo : -2 m

Sezione : Muro

Stage 6

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0.55 m

Lato valle : -7.55 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-7.55 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0.55)

(1.3;0.55)

(1.8;0.05)

(2.3;0.05)

(2.8;0.55)

(4.3;0.55)

(24;11)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -25 m

Falda di destra : -25 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -2 m

Quota di fondo : -16 m

Sezione : pali 1200

Paratia : WallElement\_New

X : 0 m

Quota in alto : 0.8 m

Quota di fondo : -2 m

Sezione : Muro

## Descrizione Coefficienti Design Assumption

Nome	Carichi Permanenti Sfavorevoli (F_dead_load_unfavour)	Carichi Permanenti Favorevoli (F_dead_loa_d_favour)	Carichi Variabili Sfavorevoli (F_live_load_unfavour)	Carichi Variabili Favorevoli (F_live_load_favour)	Carico Sismico (F_seism_load)	Pressio ni Acqua Lato Monte (F_Wat_erDR)	Pressio ni Acqua Lato Valle (F_Wat_erRes)	Carichi Permane nti Destabili zzanti (F_UPL_G_DStab)	Carichi Perman enti Stabilizz anti (F_UPL_GStab)	Carichi Variabili Destabiliz zanti (F_UPL_QDStab)	Carichi Permane nti Destabiliz zanti (F_HYD_GDStab)	Carichi Permane nti Stabilizz anti (F_HYD_GStab)	Carichi Variabili Destabiliz zanti (F_HYD_QDStab)
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Freque nte/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1.35	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su $c'$ (F_eff_coh)	Parziale su Su (F_Su)	Parziale su qu (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1	1	1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1	1	1	1

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
Nominal	1	1	1	1
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1.2	1.1	1
NTC2018: A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
NTC2018: SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1



**INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE**

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	163 di 193

## Riepilogo Stage / Design Assumption per Inviluppo

Design Assumption	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5	Stage 6
NTC2018: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)						
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	V	V	V	V	V	
NTC2018: A2+M2+R1						
NTC2018: SISMICA STR						V
NTC2018: SISMICA GEO						

## Descrizione sintetica dei risultati delle Design Assumption (Inviluppi)

### Tabella Inviluppi Momento WallElement

Selected Design Assumptions Z (m)	Inviluppi: Momento		Muro: WallElement
	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-2	0	0	33.808
-2.2	0	0	38.942
-2.4	0	0	44.516
-2.6	0.192	0	50.576
-2.8	0.558	0	57.165
-3	1.025	0	64.328
-3.2	1.58	0	72.107
-3.4	2.211	0	80.547
-3.6	2.905	0	89.692
-3.8	3.651	0	99.586
-4	4.434	0	110.272
-4.2	5.244	0	121.795
-4.4	6.066	0	134.199
-4.6	6.888	0	147.528
-4.8	7.696	0	161.824
-5	8.477	0	177.133
-5.2	9.215	0	193.499
-5.4	9.898	0	210.964
-5.6	10.51	0	229.574
-5.8	11.036	0	249.372
-6	11.459	0	270.402
-6.2	11.765	0	292.708
-6.4	11.936	0	316.333
-6.6	11.955	0	341.323
-6.8	11.803	0	367.72
-7	11.463	0	395.569
-7.2	10.914	0	424.913
-7.4	10.136	0	455.797
-7.6	9.11	0	488.264
-7.8	7.816	0	520.994
-8	6.231	0	553.692
-8.2	4.336	0	586.063
-8.4	2.108	0	617.813
-8.6	0	0	648.647
-8.8	0	0	678.271
-9	0	0	706.39
-9.2	0	0	732.709
-9.4	0	0	757.808
-9.6	0	0	781.288
-9.8	0	0	802.753
-10	0	0	821.804
-10.2	0	0	838.045
-10.4	0	0	851.076
-10.6	0	0	860.501
-10.8	0	0	865.922
-11	0	0	866.94
-11.2	0	0	863.16
-11.4	0	0	854.182
-11.6	0	0	839.609
-11.8	0	0	819.491
-12	0	0	794.255

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	165 di 193

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-12.2	0	764.32
-12.4	0	730.1
-12.6	0	692.003
-12.8	0	650.433
-13	0	605.787
-13.2	0	558.458
-13.4	0	508.836
-13.6	0	457.306
-13.8	0	404.248
-14	0	350.04
-14.2	0	295.112
-14.4	0	241.407
-14.6	0	190.599
-14.8	0	144.118
-15	0	102.929
-15.2	0	67.725
-15.4	0	39.169
-15.6	0	17.922
-15.8	0	4.646
-16	0	0

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	166 di 193

## Tabella Involuppi Momento WallElement\_New

Selected Design Assumptions	Involuppi: Momento	Muro: WallElement_New
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0.8	0	0
0.6	0	0.172
0.4	0	0.688
0.2	0	1.549
0	0	2.754
-0.2	0	4.303
-0.4	0	6.196
-0.6	0	8.434
-0.8	0	11.016
-1	0	13.942
-1.2	0	17.212
-1.4	0	20.827
-1.6	0	24.785
-1.8	0	29.098
-2	0	33.808

## Tabella Involuppi Taglio WallElement

Selected Design Assumptions	Involuppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-2	0	25.667
-2.2	0.645	27.874
-2.4	1.269	30.3
-2.6	1.832	32.945
-2.8	2.334	35.811
-3	2.775	38.896
-3.2	3.154	42.201
-3.4	3.472	45.725
-3.6	3.727	49.469
-3.8	3.919	53.433
-4	4.047	57.616
-4.2	4.111	62.019
-4.4	4.111	66.642
-4.6	4.109	71.484
-4.8	4.04	76.546
-5	3.902	81.827
-5.2	3.694	87.328
-5.4	3.414	93.049
-5.6	3.059	98.989
-5.8	2.628	105.149
-6	2.119	111.529
-6.2	1.528	118.128
-6.4	0.854	124.947
-6.6	0.095	131.986
-6.8	0	139.244
-7	0	146.722
-7.2	0	154.42
-7.4	0	162.337
-7.6	0	163.649
-7.8	0	163.649
-8	0	163.489
-8.2	0	161.856
-8.4	0	158.75
-8.6	0	154.17
-8.8	0	148.118
-9	0	140.594
-9.2	0	131.596
-9.4	0	125.494
-9.6	0	117.404
-9.8	0.98	107.325
-10	8.358	95.257
-10.2	15.45	81.201
-10.4	22.271	65.157
-10.6	29.81	47.125
-10.8	40.22	27.104
-11	50.07	5.094
-11.2	59.379	0
-11.4	72.865	0
-11.6	100.587	0
-11.8	126.18	0
-12	149.675	0
-12.2	171.1	0
-12.4	190.484	0
-12.6	207.852	0

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	168 di 193

Selected Design Assumptions	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-12.8	223.23	0
-13	236.642	0
-13.2	248.11	0
-13.4	257.653	0
-13.6	265.291	0
-13.8	271.039	0
-14	274.639	0
-14.2	274.639	0
-14.4	268.525	0
-14.6	254.041	0
-14.8	232.402	0
-15	205.948	0
-15.2	176.019	0
-15.4	142.78	0
-15.6	106.233	0
-15.8	66.382	0
-16	23.229	0

## Tabella Involuppi Taglio WallElement\_New

Selected Design Assumptions	Involuppi: Taglio	Muro: WallElement_New
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0.8	0	0.861
0.6	0	2.582
0.4	0	4.303
0.2	0	6.024
0	0	7.745
-0.2	0	9.467
-0.4	0	11.188
-0.6	0	12.909
-0.8	0	14.63
-1	0	16.351
-1.2	0	18.073
-1.4	0	19.794
-1.6	0	21.565
-1.8	0	23.549
-2	0	23.549



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	170 di 193

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Passiva
				%
NTC2018: SISMICA STR	Stage 6	Left Wall	LEFT	47.93
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 1	Left Wall	RIGHT	8.06

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	171 di 193

## Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva

Design Assumption	Stage	Muro	Lato	Inviluppo Spinta Reale Efficace / Spinta Attiva
				%
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 1	Left Wall	LEFT	232.47
NTC2018: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Stage 3	Left Wall	RIGHT	112.34



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	172 di 193

**ALLEGATO 4 – SEZIONE 36+120 - TABULATI DI CALCOLO SLIDE**

## *Slide Analysis Information*

### *SLIDE - An Interactive Slope Stability Program*

#### *Project Summary*

---

File Name: Paratia 36+120.slmd - Group 1 - SLU  
 Slide Modeler Version: 7.038  
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
 Date Created: 03/09/2018, 15:40:26

#### *General Settings*

---

Units of Measurement: Metric Units  
 Time Units: days  
 Permeability Units: meters/second  
 Failure Direction: Right to Left  
 Data Output: Standard  
 Maximum Material Properties: 20  
 Maximum Support Properties: 20

#### *Design Standard*

---

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
 Name: NTC2018\_SLU

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1

Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

## Analysis Options

Slices Type: Vertical

### Analysis Methods Used

	Bishop simplified
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $m_{\alpha} < 0.2$ :	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

## Groundwater Analysis

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	175 di 193

Maximum negative pore pressure [kPa]: 0

Advanced Groundwater Method: None

## Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

## Surface Options

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 10  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 1  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

## Seismic

Advanced seismic analysis: No

Staged pseudostatic analysis: No

## Material Properties

Property	U1a	U3a	Paratia
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	17	18	25
Cohesion [kPa]	10	0	
Friction Angle [deg]	27	32	
Water Surface	None	None	None
Ru Value	0	0	0

## Global Minimums

---

### Method: bishop simplified

FS	1.128910
Center:	43.044, 107.031
Radius:	50.788
Left Slip Surface Endpoint:	40.092, 56.329
Right Slip Surface Endpoint:	86.527, 80.789
Resisting Moment:	107688 kN-m
Driving Moment:	95390.9 kN-m
Total Slice Area:	259.378 m2
Surface Horizontal Width:	46.4347 m
Surface Average Height:	5.58587 m

## Valid / Invalid Surfaces

---

### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1989  
Number of Invalid Surfaces: 0

## Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.12891

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.928694	4.22131	-2.80797	U1a	8	22.1768	8.88502	10.0304	4.98108	0	4.98108	4.54529	4.54529
2	0.928694	12.5294	-1.75862	U1a	8	22.1768	12.0919	13.6507	13.8626	0	13.8626	13.4914	13.4914
3	0.928694	20.5689	-0.710624	U1a	8	22.1768	15.1515	17.1047	22.3361	0	22.3361	22.1482	22.1482
4	0.928694	28.3402	0.337137	U1a	8	22.1768	18.0667	20.3957	30.4099	0	30.4099	30.5162	30.5162
5	0.928694	35.8433	1.38501	U1a	8	22.1768	20.8405	23.52717	38.0917	0	38.0917	38.5956	38.5956
6	0.928694	43.078	2.43335	U1a	8	22.1768	23.475	26.5012	45.3883	0	45.3883	46.3859	46.3859
7	0.928694	50.0438	3.4825	U1a	8	22.1768	25.9728	29.32162	52.3062	0	52.3062	53.8868	53.8868
8	0.928694	56.742	4.53282	U1a	8	22.1768	28.336	31.9888	58.8509	0	58.8509	61.0973	61.0973
9	0.928694	63.1654	5.58468	U1a	8	22.1768	30.5662	34.5065	65.0276	0	65.0276	68.0164	68.0164
10	0.928694	69.3189	6.63842	U1a	8	22.1768	32.6652	36.8761	70.8407	0	70.8407	74.6424	74.6424
11	0.928694	75.1987	7.69443	U1a	8	22.1768	34.6346	39.0993	76.2946	0	76.2946	80.974	80.974
12	0.928694	80.803	8.75307	U1a	8	22.1768	36.4754	41.1774	81.3928	0	81.3928	87.0089	87.0089
13	0.928694	86.1295	9.81474	U1a	8	22.1768	38.1888	43.1117	86.1382	0	86.1382	92.7447	92.7447
14	0.928694	91.1757	10.8798	U1a	8	22.1768	39.7758	44.9033	90.5336	0	90.5336	98.1787	98.1787
15	0.928694	95.9387	11.9487	U1a	8	22.1768	41.2373	46.5532	94.581	0	94.581	103.308	103.308
16	0.928694	100.415	13.0219	U1a	8	22.1768	42.5737	48.0619	98.2824	0	98.2824	108.128	108.128

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	178 di 193

17	0.9286 94	104.6 02	14.099 7	U1a	8	22.176 8	43.78 57	49.430 1	101.6 39	0	101.63 9	112.6 37	112.63 7
18	0.9286 94	108.4 95	15.182 6	U1a	8	22.176 8	44.87 35	50.658 1	104.6 51	0	104.65 1	116.8 29	116.82 9
19	0.9286 94	112.0 89	16.271 1	U1a	8	22.176 8	45.83 73	51.746 2	107.3 21	0	107.32 1	120.7	120.7
20	0.9286 94	115.3 8	17.365 7	U1a	8	22.176 8	46.67 71	52.694 3	109.6 46	0	109.64 6	124.2 43	124.24 3
21	0.9286 94	118.3 63	18.466 9	U1a	8	22.176 8	47.39 28	53.502 2	111.6 29	0	111.62 9	127.4 56	127.45 6
22	0.9286 94	121.0 31	19.575 2	U1a	8	22.176 8	47.98 42	54.169 8	113.2 67	0	113.26 7	130.3 3	130.33
23	0.9286 94	123.3 79	20.691 1	U1a	8	22.176 8	48.45 06	54.696 4	114.5 58	0	114.55 8	132.8 58	132.85 8
24	0.9286 94	125.3 99	21.815 4	U1a	8	22.176 8	48.79 17	55.081 4	115.5 03	0	115.50 3	135.0 33	135.03 3
25	0.9286 94	127.0 84	22.948 5	U1a	8	22.176 8	49.00 66	55.324 98	116.0 98	0	116.09 8	136.8 48	136.84 8
26	0.9286 94	128.4 26	24.091 2	U1a	8	22.176 8	49.09 43	55.423 41	116.3 41	0	116.34 1	138.2 93	138.29 3
27	0.9286 94	129.4 14	25.244 2	U1a	8	22.176 8	49.05 38	55.377 3	116.2 29	0	116.22 9	139.3 58	139.35 8
28	0.9286 94	130.0 41	26.408 3	U1a	8	22.176 8	48.88 38	55.185 4	115.7 58	0	115.75 8	140.0 33	140.03 3
29	0.9286 94	130.2 94	27.584 2	U1a	8	22.176 8	48.58 28	54.845 6	114.9 24	0	114.92 4	140.3 06	140.30 6
30	0.9286 94	130.1 62	28.772 9	U1a	8	22.176 8	48.14 9	54.355 9	113.7 24	0	113.72 4	140.1 64	140.16 4
31	0.9286 94	129.6 31	29.975 3	U1a	8	22.176 8	47.58 08	53.714 4	112.1 49	0	112.14 9	139.5 93	139.59 3
32	0.9286 94	128.6 88	31.192 5	U1a	8	22.176 8	46.87 57	52.918 5	110.1 97	0	110.19 7	138.5 77	138.57 7
33	0.9286 94	127.3 16	32.425 5	U1a	8	22.176 8	46.03 16	51.965 5	107.8 59	0	107.85 9	137.1	137.1
34	0.9286 94	125.4 98	33.675 6	U1a	8	22.176 8	45.04 58	50.852 6	105.1 29	0	105.12 9	135.1 43	135.14 3
35	0.9286 94	123.2 14	34.944 1	U1a	8	22.176 8	43.91 53	49.576 4	101.9 98	0	101.99 8	132.6 84	132.68 4
36	0.9286 94	120.4 43	36.232 7	U1a	8	22.176 8	42.63 69	48.133 2	98.45 7	0	98.457	129.7	129.7
37	0.9286 94	117.1 6	37.542 8	U1a	8	22.176 8	41.20 71	46.519 1	94.49 79	0	94.497 9	126.1 66	126.16 6
38	0.9286	113.3	38.876	U1a	8	22.176	39.62	44.729	90.10	0	90.108	122.0	122.05

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	179 di 193

	94	39	4			8	2	7	8			52	2
39	0.9286	108.9	40.235	U1a	8	22.176	37.87	42.760	85.27	0	85.275	117.3	117.32
	94	49	5			8	73	1	53		3	24	4
40	0.9286	103.9	41.622	U1a	8	22.176	35.96	40.604	79.98	0	79.988	111.9	111.94
	94	56	5			8	82	9	84		4	48	8
41	0.9286	98.31	43.040	U1a	8	22.176	33.88	38.258	74.23	0	74.231	105.8	105.87
	94	97	1			8	97	4	17		7	79	9
42	0.9286	91.99	44.491	U1a	8	22.176	31.63	35.714	67.98	0	67.989	99.06	99.068
	94	54	2			8	58		97		7	86	6
43	0.9286	84.93	45.979	U1a	8	22.176	29.20	32.964	61.24	0	61.245	91.46	91.461
	94	09	4			8	06	8	51		1	15	5
44	0.9286	77.06	47.508	U1a	8	22.176	26.57	30.003	53.97	0	53.979	82.99	82.991
	94	55	8			8	7		91		1	17	7
45	0.9286	68.32	49.084	U1a	8	22.176	23.75	26.820	46.17	0	46.171	73.58	73.582
	94	76	2			8	77	3	11		1	25	5
46	0.9286	58.63	50.711	U1a	8	22.176	20.73	23.407	37.79	0	37.799	63.14	63.142
	94	23	4			8	47	6	9			21	1
47	0.9286	47.87	52.397	U1a	8	22.176	17.49	19.755	28.83	0	28.838	51.56	51.56
	94	69	2			8	94	3	88		8		
48	0.9286	35.93	54.150	U1a	8	22.176	14.04	15.853	19.26	0	19.265	38.70	38.700
	94	57	2			8	28	1	57		7	09	9
49	0.9286	22.65	55.981	U1a	8	22.176	10.35	11.690	9.054	0	9.0541	24.39	24.396
	94	21	1			8	57	6	11		1	61	1
50	0.9286	7.826	57.903	U1a	8	22.176	6.429	7.2581	-	0	-	8.430	8.4305
	94	44	4			8	32	2	1.820		1.8200	56	6
									02		2		

## Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.12891

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	40.092	56.329	0	0	0
2	41.0207	56.2834	8.47578	0	0
3	41.9494	56.2549	20.0973	0	0
4	42.8781	56.2434	34.4212	0	0
5	43.8068	56.2489	51.0283	0	0
6	44.7355	56.2713	69.5213	0	0
7	45.6642	56.3108	89.5244	0	0

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	180 di 193

8	46.5929	56.3673	110.682	0	0
9	47.5215	56.4409	132.656	0	0
10	48.4502	56.5318	155.129	0	0
11	49.3789	56.6398	177.799	0	0
12	50.3076	56.7653	200.381	0	0
13	51.2363	56.9083	222.606	0	0
14	52.165	57.069	244.222	0	0
15	53.0937	57.2475	264.99	0	0
16	54.0224	57.444	284.686	0	0
17	54.9511	57.6588	303.103	0	0
18	55.8798	57.892	320.045	0	0
19	56.8085	58.1441	335.332	0	0
20	57.7372	58.4151	348.797	0	0
21	58.6659	58.7055	360.288	0	0
22	59.5946	59.0157	369.667	0	0
23	60.5233	59.3459	376.811	0	0
24	61.452	59.6967	381.61	0	0
25	62.3806	60.0684	383.971	0	0
26	63.3093	60.4616	383.817	0	0
27	64.238	60.8769	381.085	0	0
28	65.1667	61.3148	375.731	0	0
29	66.0954	61.776	367.731	0	0
30	67.0241	62.2611	357.075	0	0
31	67.9528	62.7711	343.78	0	0
32	68.8815	63.3068	327.882	0	0
33	69.8102	63.869	309.441	0	0
34	70.7389	64.459	288.546	0	0
35	71.6676	65.0778	265.314	0	0
36	72.5963	65.7267	239.896	0	0
37	73.525	66.4072	212.479	0	0
38	74.4537	67.1209	183.291	0	0
39	75.3824	67.8697	152.61	0	0
40	76.3111	68.6555	120.766	0	0
41	77.2397	69.4806	88.1541	0	0
42	78.1684	70.3479	55.241	0	0
43	79.0971	71.2602	22.5818	0	0
44	80.0258	72.2212	-9.16485	0	0
45	80.9545	73.235	-39.2149	0	0
46	81.8832	74.3065	-66.6313	0	0

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	181 di 193

47	82.8119	75.4416	-90.2867	0	0
48	83.7406	76.6475	-108.814	0	0
49	84.6693	77.9328	-120.539	0	0
50	85.598	79.3086	-123.382	0	0
51	86.5267	80.7893	0	0	0

## List Of Coordinates

---

### Water Table

X	Y
-16.847	31.2015
86.547	31.2015

### External Boundary

X	Y
35.371	56.3287
35.371	49.1
35.371	48.2
-16.847	48.2
-16.847	46.8
-16.847	0
86.547	0
86.547	46.8
86.547	60.16
86.547	80.8
40.092	56.329
36.571	56.3287

### Material Boundary

X	Y
-16.847	46.8

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	182 di 193

35.371	46.8
36.571	46.8
86.547	46.8

### Material Boundary

X	Y
35.371	39.8
35.371	46.8
35.371	48.2

### Material Boundary

X	Y
35.371	39.8
36.571	39.8

### Material Boundary

X	Y
36.571	39.8
36.571	46.8

### Material Boundary

X	Y
36.571	46.8
36.571	56.3287

## *Slide Analysis Information*

### *SLIDE - An Interactive Slope Stability Program*

#### *Project Summary*

---

File Name: Paratia 36+120\_sisma.slmd - Group 1 - SLU  
 Slide Modeler Version: 7.038  
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
 Date Created: 03/09/2018, 15:40:26

#### *General Settings*

---

Units of Measurement: Metric Units  
 Time Units: days  
 Permeability Units: meters/second  
 Failure Direction: Right to Left  
 Data Output: Standard  
 Maximum Material Properties: 20  
 Maximum Support Properties: 20

#### *Design Standard*

---

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)  
 Name: NTC2018\_SLU

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1

Variable Actions: Unfavourable	1
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1
Coefficient of shearing resistance	1
Undrained strength	1
Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

## Analysis Options

Slices Type: Vertical

### Analysis Methods Used

	Bishop simplified
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $m\alpha < 0.2$ :	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

## Groundwater Analysis

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE  
RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180  
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	185 di 193

Maximum negative pore pressure [kPa]: 0

Advanced Groundwater Method: None

## Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

## Surface Options

Surface Type: Circular  
Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 10  
Circles per division: 10  
Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Composite Surfaces: Disabled  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth [m]: 1  
Minimum Area: Not Defined  
Minimum Weight: Not Defined

## Seismic

Advanced seismic analysis: No

Staged pseudostatic analysis: No

## Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.0432

Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.0215

## Material Properties

Property	U1a	U3a	Paratia
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	17	18	25
Cohesion [kPa]	10	0	
Friction Angle [deg]	27	32	
Water Surface	None	None	None
Ru Value	0	0	0

## Global Minimums

### Method: bishop simplified

FS	1.282000
Center:	43.044, 107.030
Radius:	50.786
Left Slip Surface Endpoint:	40.092, 56.329
Right Slip Surface Endpoint:	86.525, 80.789
Resisting Moment:	134939 kN-m
Driving Moment:	105257 kN-m
Total Slice Area:	259.363 m2
Surface Horizontal Width:	46.4333 m
Surface Average Height:	5.5857 m

## Valid / Invalid Surfaces

### Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 2007

Number of Invalid Surfaces: 0

### Slice Data

#### • Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.282

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.928667	4.22106	2.80797	U1a	10	27	9.83711	12.6112	5.12471	0	5.12471	4.64223	4.64223
2	0.928667	12.5287	1.75862	U1a	10	27	13.4413	17.2318	14.1931	0	14.1931	13.7804	13.7804
3	0.928667	20.5677	0.710624	U1a	10	27	16.8751	21.6339	22.8327	0	22.8327	22.6234	22.6234
4	0.928667	28.3386	0.337137	U1a	10	27	20.1422	25.8223	31.0531	0	31.0531	31.1716	31.1716
5	0.928667	35.8412	1.38501	U1a	10	27	23.2463	29.8017	38.8633	0	38.8633	39.4255	39.4255
6	0.928667	43.0755	2.43335	U1a	10	27	26.1902	33.5759	46.2703	0	46.2703	47.3833	47.3833
7	0.928667	50.0409	3.4825	U1a	10	27	28.9773	37.1489	53.2827	0	53.2827	55.0461	55.0461
8	0.928667	56.7367	4.53282	U1a	10	27	31.6099	40.5239	59.9065	0	59.9065	62.4125	62.4125
9	0.928667	63.1618	5.58468	U1a	10	27	34.0905	43.704	66.1478	0	66.1478	69.4812	69.4812
10	0.928667	69.3148	6.63842	U1a	10	27	36.4211	46.6919	72.012	0	72.012	76.2508	76.2508
11	0.928667	75.1943	7.69443	U1a	10	27	38.604	49.4903	77.5044	0	77.5044	82.7196	82.7196
12	0.928667	80.79	8.7530	U1a	10	27	40.64	52.101	82.62	0	82.628	88.88	88.885

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	188 di 193

	67	82	7				05	1	8			54	4
13	0.9286	86.12	9.8147	U1a	10	27	42.53	54.526	87.38	0	87.388	94.74	94.745
	67	44	4				23	4	8			58	8
14	0.9286	91.17	10.879	U1a	10	27	44.28	56.767	91.78	0	91.787	100.2	100.29
	67	03	8				07	9	72		2	98	8
15	0.9286	95.93	11.948	U1a	10	27	45.88	58.827	95.82	0	95.828	105.5	105.53
	67	31	7				69		83		3	39	9
16	0.9286	100.4	13.021	U1a	10	27	47.35	60.704	99.51	0	99.513	110.4	110.46
	67	09	9				16	8	38		8	65	5
17	0.9286	104.5	14.099	U1a	10	27	48.67	62.402	102.8	0	102.84	115.0	115.07
	67	96	7				59	5	46		6	72	2
18	0.9286	108.4	15.182	U1a	10	27	49.86	63.920	105.8	0	105.82	119.3	119.35
	67	88	6				01	6	26		6	56	6
19	0.9286	112.0	16.271	U1a	10	27	50.90	65.259	108.4	0	108.45	123.3	123.31
	67	83	1				47	8	53		3	11	1
20	0.9286	115.3	17.365	U1a	10	27	51.80	66.420	110.7	0	110.73	126.9	126.93
	67	73	7				99	3	31		1	33	3
21	0.9286	118.3	18.466	U1a	10	27	52.57	67.402	112.6	0	112.65	130.2	130.21
	67	56	9				59	3	59		9	16	6
22	0.9286	121.0	19.575	U1a	10	27	53.20	68.205	114.2	0	114.23	133.1	133.15
	67	24	2				25	6	35		5	54	4
23	0.9286	123.3	20.691	U1a	10	27	53.68	68.829	115.4	0	115.46	135.7	135.73
	67	72	1				94	8	6			38	8
24	0.9286	125.3	21.815	U1a	10	27	54.03	69.274	116.3	0	116.33	137.9	137.96
	67	92	4				61	3	33		3	63	3
25	0.9286	127.0	22.948	U1a	10	27	54.24	69.538	116.8	0	116.85	139.8	139.81
	67	77	5				21	4	51		1	18	8
26	0.9286	128.4	24.091	U1a	10	27	54.30	69.621	117.0	0	117.01	141.2	141.29
	67	18	2				66		13		3	95	5
27	0.9286	129.4	25.244	U1a	10	27	54.22	69.520	116.8	0	116.81	142.3	142.38
	67	07	2				83	7	16		6	85	5
28	0.9286	130.0	26.408	U1a	10	27	54.00	69.236	116.2	0	116.25	143.0	143.07
	67	33	3				63	1	57		7	76	6
29	0.9286	130.2	27.584	U1a	10	27	53.63	68.765	115.3	0	115.33	143.3	143.35
	67	86	2				91	3	33		3	56	6
30	0.9286	130.1	28.772	U1a	10	27	53.12	68.106	114.0	0	114.03	143.2	143.21
	67	54	9				5	2	39		9	12	2
31	0.9286	129.6	29.975	U1a	10	27	52.46	67.256	112.3	0	112.37	142.6	142.63
	67	23	3				21	4	72		2	31	1
32	0.9286	128.6	31.192	U1a	10	27	51.64	66.213	110.3	0	110.32	141.5	141.59
	67	8	5				84	3	25		5	95	5
33	0.9286	127.3	32.425	U1a	10	27	50.68	64.973	107.8	0	107.89	140.0	140.08
	67	08	5				17	9	92		2	87	7

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	189 di 193

34	0.9286 67	125.4 9	33.675 6	U1a	10	27	49.55 9	63.534 7	105.0 68	0	105.06 8	138.0 89	138.08 9
35	0.9286 67	123.2 07	34.944 1	U1a	10	27	48.27 78	61.892 1	101.8 44	0	101.84 4	135.5 78	135.57 8
36	0.9286 67	120.4 36	36.232 7	U1a	10	27	46.83 46	60.041 9	98.21 23	0	98.212 3	132.5 31	132.53 1
37	0.9286 67	117.1 53	37.542 8	U1a	10	27	45.22 58	57.979 5	94.16 51	0	94.165 1	128.9 22	128.92 2
38	0.9286 67	113.3 33	38.876 4	U1a	10	27	43.44 77	55.7 14	89.69 14	0	89.691 4	124.7 2	124.72
39	0.9286 67	108.9 43	40.235 5	U1a	10	27	41.49 59	53.197 8	84.78 05	0	84.780 5	119.8 91	119.89 1
40	0.9286 67	103.9 5	41.622 5	U1a	10	27	39.36 57	50.466 8	79.42 06	0	79.420 6	114.3 99	114.39 9
41	0.9286 67	98.31 4	43.040 1	U1a	10	27	37.05 19	47.500 5	73.59 88	0	73.598 8	108.1 99	108.19 9
42	0.9286 67	91.99 2	44.491 2	U1a	10	27	34.54 88	44.291 5	67.30 1	0	67.301 42	101.2 2	101.24
43	0.9286 67	84.92 59	45.979 4	U1a	10	27	31.85 03	40.832 1	60.51 14	0	60.511 4	93.46 97	93.469 7
44	0.9286 67	77.06 1	47.508 8	U1a	10	27	28.94 98	37.113 6	53.21 34	0	53.213 4	84.81 63	84.816 3
45	0.9286 67	68.32 36	49.084 2	U1a	10	27	25.83 99	33.126 7	45.38 88	0	45.388 8	75.20 26	75.202 6
46	0.9286 67	58.62 89	50.711 4	U1a	10	27	22.51 3	28.861 7	37.01 82	0	37.018 2	64.53 49	64.534 9
47	0.9286 67	47.87 41	52.397 2	U1a	10	27	18.96 11	24.308 1	28.08 12	0	28.081 2	52.70 02	52.700 2
48	0.9286 67	35.93 36	54.150 2	U1a	10	27	15.17 57	19.455 3	18.55 7	0	18.557 02	39.56 02	39.560 2
49	0.9286 67	22.65 08	55.981 1	U1a	10	27	11.14 88	14.292 8	8.425 13	0	8.4251 3	24.94 22	24.942 2
50	0.9286 67	7.825 99	57.903 4	U1a	10	27	6.873 38	8.8116 7	- 2.332 23	0	- 2.3322 3	8.626 33	8.6263 3

## Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.282

Slice Number	X coordinate	Y coordinate - Bottom	Interslice Normal Force	Interslice Shear Force	Interslice Force Angle
--------------	--------------	-----------------------	-------------------------	------------------------	------------------------

	[m]	[m]	[kN]	[kN]	[degrees]
1	40.092	56.329	0	0	0
2	41.0207	56.2835	9.17144	0	0
3	41.9493	56.2549	21.4969	0	0
4	42.878	56.2434	36.5169	0	0
5	43.8067	56.2489	53.7976	0	0
6	44.7353	56.2713	72.9292	0	0
7	45.664	56.3108	93.5244	0	0
8	46.5927	56.3673	115.217	0	0
9	47.5213	56.4409	137.663	0	0
10	48.45	56.5317	160.534	0	0
11	49.3787	56.6398	183.524	0	0
12	50.3073	56.7653	206.342	0	0
13	51.236	56.9083	228.717	0	0
14	52.1647	57.0689	250.39	0	0
15	53.0933	57.2474	271.123	0	0
16	54.022	57.444	290.689	0	0
17	54.9507	57.6587	308.88	0	0
18	55.8793	57.892	325.501	0	0
19	56.808	58.144	340.373	0	0
20	57.7367	58.4151	353.33	0	0
21	58.6653	58.7055	364.223	0	0
22	59.594	59.0156	372.916	0	0
23	60.5227	59.3458	379.29	0	0
24	61.4513	59.6966	383.24	0	0
25	62.38	60.0683	384.678	0	0
26	63.3087	60.4615	383.532	0	0
27	64.2373	60.8768	379.745	0	0
28	65.166	61.3146	373.281	0	0
29	66.0947	61.7758	364.122	0	0
30	67.0233	62.261	352.268	0	0
31	67.952	62.7709	337.743	0	0
32	68.8807	63.3066	320.593	0	0
33	69.8093	63.8688	300.889	0	0
34	70.738	64.4587	278.729	0	0
35	71.6667	65.0775	254.243	0	0
36	72.5953	65.7264	227.593	0	0
37	73.524	66.4069	198.979	0	0
38	74.4527	67.1206	168.644	0	0

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	191 di 193

39	75.3813	67.8693	136.877	0	0
40	76.31	68.6551	104.026	0	0
41	77.2387	69.4803	70.4975	0	0
42	78.1673	70.3475	36.7768	0	0
43	79.096	71.2598	3.4345	0	0
44	80.0247	72.2208	-28.8544	0	0
45	80.9533	73.2345	-59.2893	0	0
46	81.882	74.306	-86.9172	0	0
47	82.8107	75.4411	-110.595	0	0
48	83.7393	76.6469	-128.944	0	0
49	84.668	77.9321	-140.277	0	0
50	85.5967	79.308	-142.51	0	0
51	86.5253	80.7886	0	0	0

## List Of Coordinates

### Water Table

X	Y
-16.847	31.2015
86.547	31.2015

### External Boundary

X	Y
35.371	56.3287
35.371	49.1
35.371	48.2
-16.847	48.2
-16.847	46.8
-16.847	0
86.547	0
86.547	46.8
86.547	60.16
86.547	80.8

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	192 di 193

40.092	56.329
36.571	56.3287

### Material Boundary

X	Y
-16.847	46.8
35.371	46.8
36.571	46.8
86.547	46.8

### Material Boundary

X	Y
35.371	39.8
35.371	46.8
35.371	48.2

### Material Boundary

X	Y
35.371	39.8
36.571	39.8

### Material Boundary

X	Y
36.571	39.8
36.571	46.8

### Material Boundary

X	Y
36.571	46.8



INTERVENTI DI POTENZIAMENTO DELLA RETE FERROVIARIA  
REGIONALE – AMMODERNAMENTO E POTENZIAMENTO DELLA  
LINEA CESANO-VIGNA DI VALLE

RADDOPPIO DELLA TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

**Paratia di pali lato BD pk 36+070 - 36+180**  
**Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 29 CL	RI00 05 010	B	193 di 193

36.571 56.3287