

ITINERARIO RAGUSA-CATANIA

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

LOTTO 3 - Dallo svincolo n. 5 "Grammichele" (compreso) allo svincolo n. 8 "Francofonte" (escluso)

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **PA897**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri

Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini

Ordine dei Geologi della Regione Umbria n° 108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia n° A1373

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



Dott. Ing. N. Granieri
Dott. Ing. F. Durastanti
Dott. Ing. V. Truffini
Dott. Arch. A. Bracchini
Dott. Ing. L. Nani

Dott. Ing. M. Abram
Dott. Ing. F. Pambianco
Dott. Ing. M. Briganti Botta
Dott. Ing. L. Gagliardini
Dott. Geol. G. Cerquiglini

MANDANTI:



Dott. Ing. G. Guiducci
Dott. Ing. A. Signorelli
Dott. Ing. E. Moscatelli
Dott. Ing. A. Bela

Dott. Ing. G. Lucibello
Dott. Arch. G. Guastella
Dott. Geol. M. Leonardi
Dott. Ing. G. Parente



Dott. Arch. E. A. E. Crimi
Dott. Ing. M. Panfili
Dott. Arch. P. Ghirelli
Dott. Ing. D. Pelle

Dott. Ing. L. Ragnacci
Dott. Arch. A. Strati
Archeol. M. G. Liseno



Dott. Ing. D. Carlacchini
Dott. Ing. S. Sacconi
Dott. Ing. C. Consorti

Dott. Ing. F. Aloe
Dott. Ing. A. Salvemini



Dott. Ing. V. Rotisciani
Dott. Ing. G. Pulli
Dott. Ing. F. Macchioni

Dott. Ing. G. Verini Supplizi
Dott. Ing. V. Piunno
Geom. C. Sugaroni



Dott. Ing. P. Agnello



IL RESPONSABILE DI PROGETTO: INGENGERE

Vladimiro
ROTISCIANI

civile ed ambiente
industriale
dell'informazione
A 376
Provincia di TERNI

OPERE D'ARTE MINORI
TOMBINO SCATOLARE 2X2 AL KM 0+132
Relazione di calcolo opere provvisionali

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

L**O****4****0****8****Z** **E** **2****1****0****1**

NOME FILE

T04TM01STRRE02B

CODICE
ELAB.

T**0****4****T****M****0****1****S****T****R****R****E****0****2**

REVISIONE

SCALA:

B

Varie

B

Revisione a seguito istruttoria Anas

Settembre 2021

F. Macchioni

V. Rotisciani

N. Granieri

A

Emissione

Giugno 2021

F. Macchioni

V. Rotisciani

N. Granieri

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL SITO	5
3.1	STRATIGRAFIE DI CALCOLO.....	5
4	MATERIALI	6
4.1	CALCESTRUZZO	6
4.1.1	Scelta della classe di esposizione.....	7
4.1.2	Copriferrì.....	7
4.2	ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO	8
4.3	ACCIAIO DA CARPENTERIA	8
5	GEOMETRIA DELL'OPERA	10
6	ANALISI DEI CARICHI	11
6.1	SPINTA STATICA DELLE TERRE.....	11
6.2	SPINTA STATICA DELL'ACQUA.....	12
6.3	SPINTA DA SOVRACCARICO ACCIDENTALE	12
6.4	AZIONE SISMICA	12
7	COMBINAZIONI DI CARICO	13
8	ANALISI SVOLTE CON CODICI DI CALCOLO	15
8.1	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO.....	15
8.2	AFFIDABILITÀ DEI CODICI UTILIZZATI	15
9	RISULTATI DELL'ANALISI	16
9.1	RAPPRESENTAZIONE GRAFICA MODELLO.....	17
9.2	TABULATI DI CALCOLO E VERIFICA	20
10	VERIFICHE STRUTTURALI	32

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

10.1 VERIFICHE SLU	32
10.2 VERIFICHE SLE	33
11 VERIFICHE GEOTECNICHE	35
12 STABILITA' FRONTI DI SCAVO	36
12.1 STRATIGRAFIE DEGLI SCAVI	36
12.2 CRITERI DI CALCOLO PER LE VERIFICHE DI STABILITA'	37
12.3 GEOMETRIA DEGLI SCAVI	38
12.4 RISULTATI DELLE VERIFICHE DI STABILITA'	39
12.4.1 Verifiche di stabilità in condizioni drenate	39

1 PREMESSA

Nella presente relazione vengono presentati i calcoli di verifica strutturale delle opere provvisoriali del tombino scatolare di sezione 2.00x2.00 m denominato TM01, ubicato alla progressiva km 0+131.72, da realizzarsi nell'ambito della progettazione esecutiva relativa al LOTTO 4 del "Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 di "Chiamonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della "Ragusana".

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le normative rilevanti per la redazione del progetto sono le normative elencate nel seguito:

- D.M del 14.01.2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circ. 02/02/2009 n. 617 C.S.LL.PP. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti "Istruzioni per l'applicazione delle << Norme Tecniche per le Costruzioni >> di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

3 INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL SITO

La campagna di indagini effettuata ha permesso il riconoscimento dei litotipi, la successione stratigrafica e la caratterizzazione meccanica dei terreni lungo tutto lo sviluppo del tracciato di progetto. I risultati di dette indagini sono descritti nella relazione geotecnica alla quale si rimanda per ulteriori approfondimenti.

3.1 STRATIGRAFIE DI CALCOLO

Facendo riferimento a quanto riportato nella relazione geotecnica, nella tabella che segue sono riportati i valori dei parametri meccanici degli strati interessati dal calcolo delle strutture in esame:

Litotipo	Unità geotecnica	γ'	c'	ϕ'	c_u	E'
		[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[KPa]	[MPa]
Rilevato stradale esistente	R	18	0	35	-	-
Sabbie limose	Qcs	19-21	0	38-42	-	50
Materiale lapideo	Pvl	16-17	0	44	-	100-150

La stratigrafia assunta nei calcoli è specificata di seguito, assumendo come quota 0.00 la quota del piano campagna attuale, tenendo conto che il tracciato stradale è tutto realizzato in rilevato:

Da 0.00 a -2.20	Ril	Rilevato stradale esistente
Da -2.20 a -9.00	Qcs	Sabbie limose
Da -9.00 a -	Pvl	Materiale lapideo

Dal punto di vista sismico il sottosuolo è individuato nella **categoria "B"**, come riportato nella Relazione geologica allegata al progetto esecutivo.

Per quanto riguarda il livello piezometrico intercettato, la falda ha profondità variabile da 8.60 m a 11.60 m. Per l'andamento lungo il tracciato si faccia riferimento al "Profilo geotecnico".

Per quanto riguarda il materiale con cui si effettua il riempimento a tergo delle opere, si assumono le seguenti caratteristiche:

Cod.	Descrizione	γ (KN/m ³)	c' (KPa)	ϕ' (deg)
R	Riempimento	18	0	35

Per maggiori dettagli sulle caratteristiche dei terreni si faccia riferimento agli elaborati di carattere geotecnico (relazione geotecnica, profili geotecnici).

4 MATERIALI

4.1 CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo può essere preconfezionato in centrale di betonaggio o impastato in cantiere con inerti di caratteristiche meccaniche appropriate, granulometria e rapporto acqua-cemento controllati.

Gli impasti devono essere preparati e trasportati in modo da escludere pericoli di segregazione dei componenti e di prematuro inizio della presa al momento del getto.

I componenti dovranno soddisfare i seguenti requisiti normativi:

Leganti	-	L. 26/05/1965 n. 595
	-	Norme serie EN 197 armonizzata
Aggregati	-	UNI EN 12620 armonizzata
	-	UNI EN 13055-1 armonizzata
	-	UNI 8520-1 : 2005
	-	UNI 8520-2: 2005
Aggiunte	-	EN 450-1
	-	UNI EN 206-1 :2006
	-	UNI 11104:2004
Additivi	-	EN 934-2 armonizzata
Acqua di impasto	-	UNI EN 1008: 2003

Le miscele di calcestruzzo da utilizzare nel confezionamento degli elementi saranno progettate in funzione della resistenza caratteristica richiesta, della carpenteria, delle armature e del tipo di getto.

CALCESTRUZZO TIPO 2 (Micropali)

Classe di resistenza	C25/30 ($R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$)
Classe di esposizione (UNI EN 206-1)	XC2
Classe di consistenza	S4
Rapporto acqua – cemento (a/c)	0.60
Contenuto minimo di cemento	300 kg/m ³
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.80 \text{ N/mm}^2$
Fattore parz. di sicurezza resistenza	$\gamma_c = 1.5$
Coeff. Riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} = 0.85$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 14.17 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 1.20 \text{ N/mm}^2$

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Modulo di elasticità	$E_{cm} = 22000 \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{-0.3} = 31476 \text{ N/mm}^2$
Copriferro di calcolo (cordolo di coronamento)	4 cm

Calcestruzzo magro per fondazione:

Si prevede un calcestruzzo di classe C 12/15.

4.1.1 Scelta della classe di esposizione

Per quanto riguarda la classe di esposizione, si precisa che le strutture dell'opera provvisoria risultano completamente ed in contatto con acqua per lungo tempo e possono essere equiparate a fondazioni. Il calcestruzzo in questione, inoltre, non sarà soggetto ad attacco chimico visto che le opere sono a carattere provvisoria.

Pertanto si impiega sia per le strutture di fondazione che in elevazione **la Classe di Esposizione XC2 - Calcestruzzo a contatto con acqua per molto tempo.** Calcestruzzo di molte fondazioni.

4.1.2 Copriferrì

Con riferimento al §4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato in Tabella C4.1.IV, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.IV delle NTC. I valori sono espressi in mm e sono distinti in funzione dell'armatura, barre da c.a. o cavi aderenti da c.a.p. (fili, trecce e trefoli), e del tipo di elemento, a piastra (solette, pareti) o monodimensionale (travi, pilastri).

A tali valori di tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm o minore, secondo indicazioni di norme di comprovata validità.

Tabella C4.1.IV Copriferrì minimi in mm

C _{min}	C _o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} ≤ C < C _o
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Per le strutture in esame sono previsti i seguenti valori di copriferro:

CORDOLO DI CORONAMENTO

Ambiente ordinario – altri elementi - C_{min} < C < C_o

copriferro minimo: 25+10 mm = **35 mm**

Si impiega pertanto un **copriferro netto per le strutture del cordolo di coronamento pari a 40 mm.**

4.2 ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO

Si prevede l'impiego di acciaio del tipo B450C saldabile controllato in stabilimento.

L'accertamento delle proprietà meccaniche dovrà essere conforme alle seguenti normative sull'acciaio: EN 10002/1° (marzo 1990)-UNI 564 (febbraio 1960)-UNI 6407 (marzo 1969).

CORDOLO DI CORONAMENTO

Acciaio	B450C
Tensione di rottura nominale	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione di snervamento nominale	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
Allungamento a rottura caratteristico	$(A_{gt})_k \geq 7.5 \%$
Coefficiente parziale di sicurezza:	$\phi_s = 1.15$
Tensione di snervamento di calcolo:	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 391 \text{ N/mm}^2$

Le caratteristiche degli acciai impiegati saranno comprovate mediante prove su campioni da prelevare in cantiere in fase di esecuzione dell'opera con le modalità prescritte nel D.M. 14.01.08.

4.3 ACCIAIO DA CARPENTERIA

TUBOLARE MICROPALI

Tipo di acciaio	S355 J0 S 355
Fattori parziali sicurezza	
Resistenza sezioni Classe 1-2-3-4:	$\gamma_{M0} = 1.05$
Resistenza instabilità membrature:	$\gamma_{M1} = 1.05$
Resistenza frattura sezioni tese (forate):	$\gamma_{M2} = 1.25$
Tensione di rottura caratteristica ($t \leq 40 \text{ mm}$)	$f_{tk} = 510 \text{ N/mm}^2$
Tensione di snervamento caratteristica ($t \leq 40 \text{ mm}$)	$f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$
Tensione di rottura caratteristica ($t > 40 \text{ mm}$)	$f_{tk} = 470 \text{ N/mm}^2$
Tensione di snervamento caratteristica ($t > 40 \text{ mm}$)	$f_{yk} = 335 \text{ N/mm}^2$
bulloni	classe 8.8(UNI EN ISO 4016)
dadi	classe 8 (UNI EN ISO 4016)
saldature per spessori $\leq 30 \text{ mm}$	elettrodi E44 di classe 2,3,4;
saldature per spessori $> 30 \text{ mm}$	elettrodi E44 di classe 4B
saldature per strutture a temperature di eserc. $< a 0^\circ \text{ C}$	elettrodi di classe 4B

Le caratteristiche degli acciai impiegati saranno comprovate mediante prove su campioni da prelevare in cantiere in fase di esecuzione dell'opera con le modalità prescritte dalla normativa.

Per i valori nominali delle proprietà del materiale possono utilizzarsi i seguenti valori:

Modulo elastico:	$E = 210000 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente di Poisson:	$\nu = 0,3$
Modulo di elasticità trasversale:	$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} = 80769 \text{ N/mm}^2$

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Coefficiente d'espansione termica lineare

per C°-1 (per T fino a 100°):

$$\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$$

Densità materiale:

$$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$$

5 GEOMETRIA DELL'OPERA

Nei successivi paragrafi sono riportate le analisi e le verifiche statiche della paratia di micropali provvisori, da realizzare a protezione della sede stradale esistente per l'esecuzione degli scavi dei tombini idraulici.

La paratia è costituita da pali di diametro $D=300$ mm, di lunghezza pari a 12 m, armati con tubolare in acciaio $\Phi 193.7 \times 12.5$, ad interasse 0.40 m, con trave di coronamento 60x80 cm.

Per ulteriori dettagli si vedano gli elaborati grafici di progetto.

6 ANALISI DEI CARICHI

I valori dei carichi sono riepilogati di seguito.

Il peso proprio della struttura è calcolato in base alla geometria degli elementi strutturali e al peso specifico assunto per i materiali:

$$\gamma_{cls}=25.0 \quad \text{kN/m}^3$$

6.1 SPINTA STATICA DELLE TERRE

Nel modello di calcolo impiegato dal software di calcolo, la spinta del terreno viene determinata investigando l'interazione statica tra terreno e la struttura deformabile a partire da uno stato di spinta a riposo del terreno sulla paratia.

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

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

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

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

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

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

dove

$$K_0^{NC} = 1 - \text{sen } \phi'$$

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

I coefficienti di spinta attiva e passiva sono forniti dalla teoria di Rankine per una parete liscia dalle seguenti espressioni:

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

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

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

Formulazione di Coulomb per k_a

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

dove:

ϕ' è l'angolo di attrito del terreno

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

δ è l'angolo di attrito paratia-terreno

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

Il valore limite della tensione orizzontale sarà pari a

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

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

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

Formulazione di Lancellotta per k_p

$$K_p = \left[\frac{\cos \delta}{1 - \sin \Phi'} (\cos \delta + \sqrt{\sin^2 \Phi' - \sin^2 \delta}) \right] e^{2\theta \tan \Phi'}$$

dove:

$$2\theta = \sin^{-1} \left(\frac{\sin \delta}{\sin \Phi'} \right) + \delta$$

6.2 SPINTA STATICA DELL'ACQUA

La spinta dell'acqua è proporzionale alla profondità a partire dalla quota di falda. In accordo con i profili geotecnici dell'area in oggetto, il livello di falda risulta inferiore al limite investigato, pertanto si può considerare trascurabile ai fini della paratia in oggetto.

6.3 SPINTA DA SOVRACCARICO ACCIDENTALE

Si considera un sovraccarico accidentale pari a 20 kPa per tenere conto della circolazione dei veicoli sul piazzale adiacente alla paratia.

6.4 AZIONE SISMICA

Le strutture oggetto della presente relazione di calcolo sono opere provvisoriali, che restano in esercizio per una durata inferiore a 2 anni, quindi come previsto al §2.4.1 delle NTC2008 l'azione sismica è stata trascurata.

7 COMBINAZIONI DI CARICO

Le verifiche di resistenza allo stato limite ultimo sono state effettuate considerando le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione 1: A1 + M1 + R1
- Combinazione 2: A2 + M2 + R1

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I delle NTC2008 e riportate nelle tabelle seguenti.

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 5: Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (Tab.6.2.I NTC2008)

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

Tabella 6: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tab.6.2.II NTC2008)

Nelle verifiche per il dimensionamento geotecnico delle paratie (GEO) si considera lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e in particolare dal raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite nel terreno interagente con la paratia. L'analisi è stata condotta con la Combinazione 2 (A2+M2+R1), in cui i parametri di resistenza del terreno sono ridotti tramite i coefficienti parziali M2 e le azioni sono amplificate tramite i coefficienti parziali A2.

Nelle verifiche strutturali delle paratie (STR) si considerano gli stati limite ultimi per raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali. Le analisi sono condotte in accordo sia con la Combinazione 1 (A1+M1+R1), in cui i parametri di resistenza del terreno (M1) sono unitari e le azioni sono amplificate mediante i coefficienti parziali A, che con la Combinazione 2 (A2+M2+R1), in cui i parametri di resistenza del terreno sono ridotti tramite i coefficienti parziali M2 e le azioni sono amplificate tramite i coefficienti parziali A2.

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Per gli spostamenti si considera, inoltre, la combinazione SLE (rara, frequente e quasi permanente), in cui tutti i fattori parziali di sicurezza sono unitari (azioni e resistenze caratteristiche).

Le combinazioni di carico impiegate nelle analisi sono riepilogate di seguito.

Coefficienti A

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)	Pressioni Acqua Lato Monte (F_WaterDR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterRes)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_UPL_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_UPL_GStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_UPL_QDStab)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HYD_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HYD_GStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_HYD_QDStab)
Simbolo	γ_G	γ_G	γ_Q	γ_Q	γ_{QE}	γ_G	γ_G	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}	γ_{Gdst}	γ_{Gstb}	γ_{Qdst}
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
A1+M1+R1	1.3	1	1.5	1	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
A2+M2+R1	1	1	1.3	1	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

Coefficienti M

Nome	Parziale su $\tan(\phi)$ (F_Fr)	Parziale su c' (F_eff_cohe)	Parziale su S_u (F_Su)	Parziale su q_u (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	γ_ϕ	γ_c	γ_{cu}	γ_{qu}	γ_γ
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1	1
A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	1	1	1	1	1
A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1

Coefficienti R

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	γ_{Re}	γ_{ap}	γ_{at}	
SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	1	1	1	1
A1+M1+R1	1	1.2	1.1	1
A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1

8 ANALISI SVOLTE CON CODICI DI CALCOLO

8.1 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO

L'analisi stato tenso-deformativo e le verifiche strutturali della paratia sono state eseguite mediante il software di calcolo PARATIEPLUS, programma non lineare agli elementi finiti per l'analisi di strutture di sostegno flessibili.

Si è considerato un comportamento piano nelle deformazioni, analizzando una striscia di parete di larghezza unitaria.

Nelle modellazioni è implementata la seguente successione di step:

Stage 1: Condizione Geostatica, in cui viene definita la palificata ed i carichi superficiali.

Stage 2: Scavo per il raggiungimento del fondo scavo definitivo.

Si riporta di seguito il modello di calcolo adottato per la paratia analizzata.

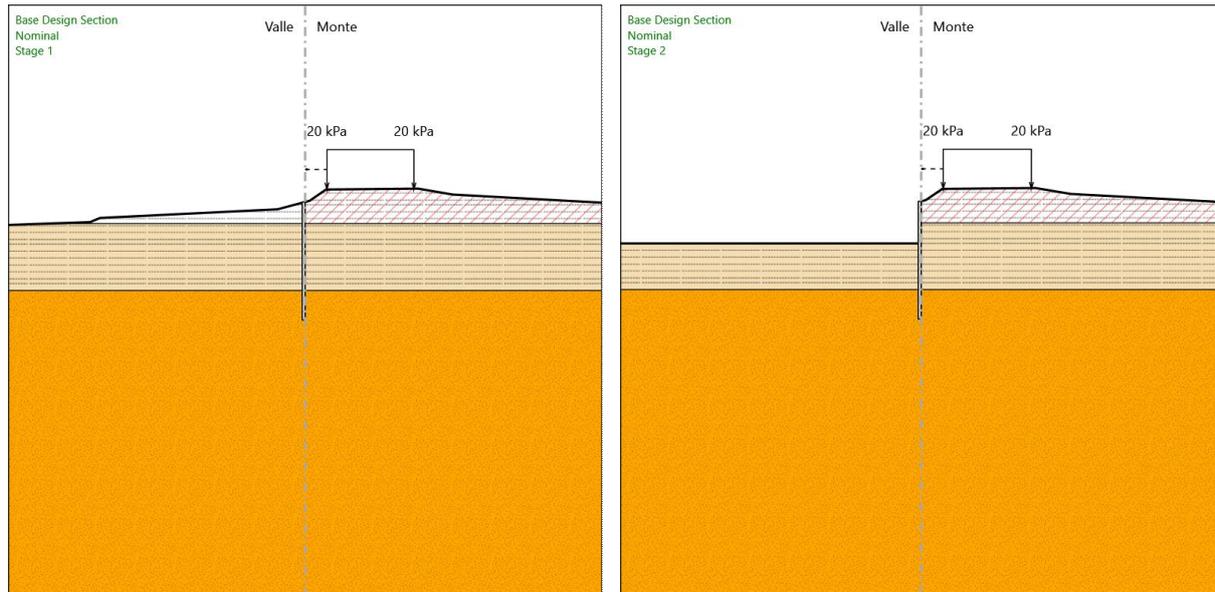
8.2 AFFIDABILITÀ DEI CODICI UTILIZZATI

L'analisi preliminare della documentazione a corredo del software impiegato ha consentito di accertarne l'affidabilità e l'idoneità al caso in oggetto.

Il produttore del software fornisce, infatti, un'esauriente documentazione, atta a testimoniare la validità, all'interno della quale sono descritte le basi teoriche e gli algoritmi impiegati, campi di impiego ed esempi risolti.

9 RISULTATI DELL'ANALISI

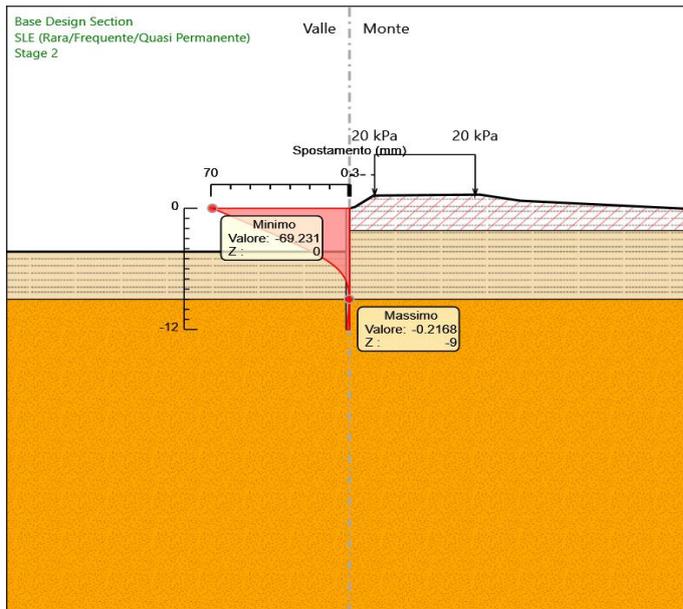
Nei paragrafi seguenti si riportano i risultati delle analisi condotte il modello implementato, con le indicazioni dei valori massimi delle sollecitazioni flettenti e taglianti e delle rispettive profondità. I valori riportati sono relativi all'analisi al metro lineare. Di seguito la rappresentazione grafica del modello di calcolo adottato nelle due fasi di verifica:



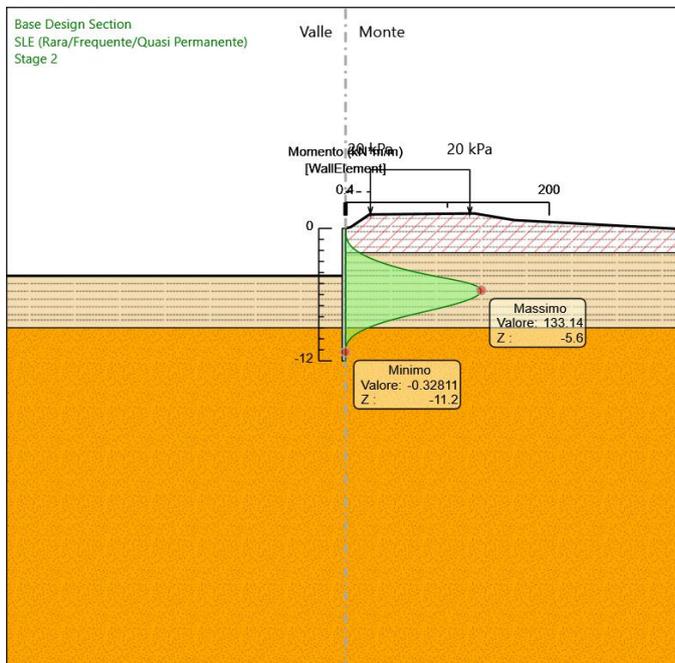
9.1 RAPPRESENTAZIONE GRAFICA MODELLO

Nei paragrafi seguenti si riportano i risultati delle analisi, con le indicazioni dei valori massimi delle sollecitazioni flettenti e taglianti e delle rispettive profondità. I valori riportati sono relativi all'analisi al metro lineare.

Comb: SLE Spostamenti

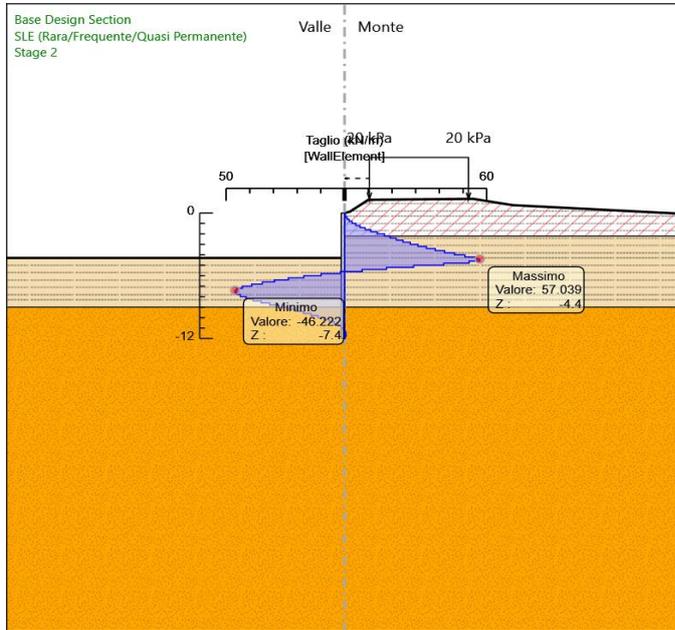


Comb: SLE Momento

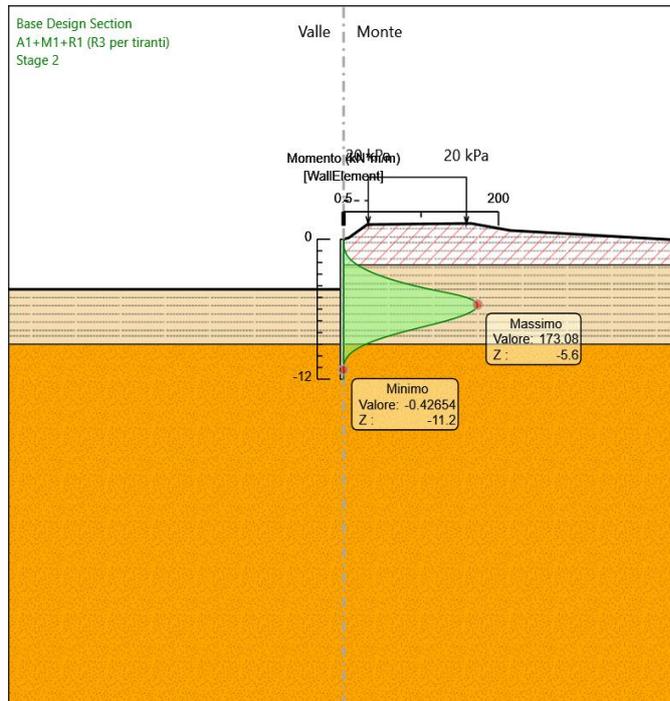


TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

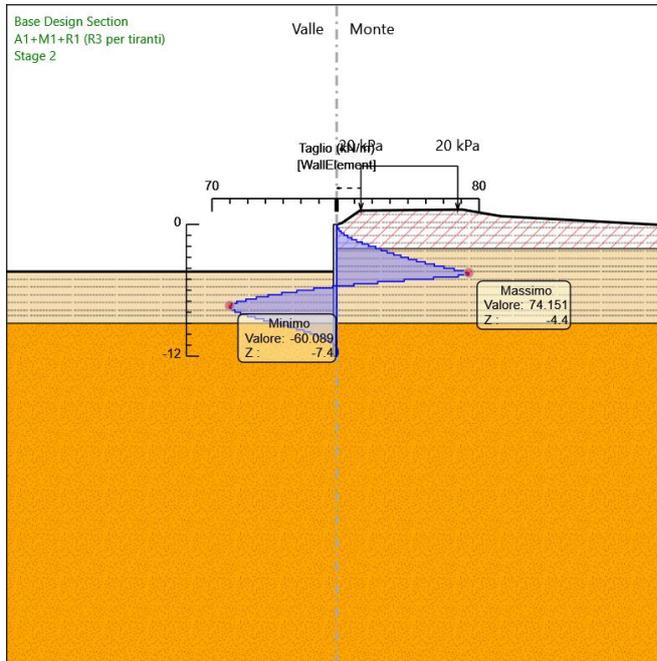
Comb: SLE Taglio



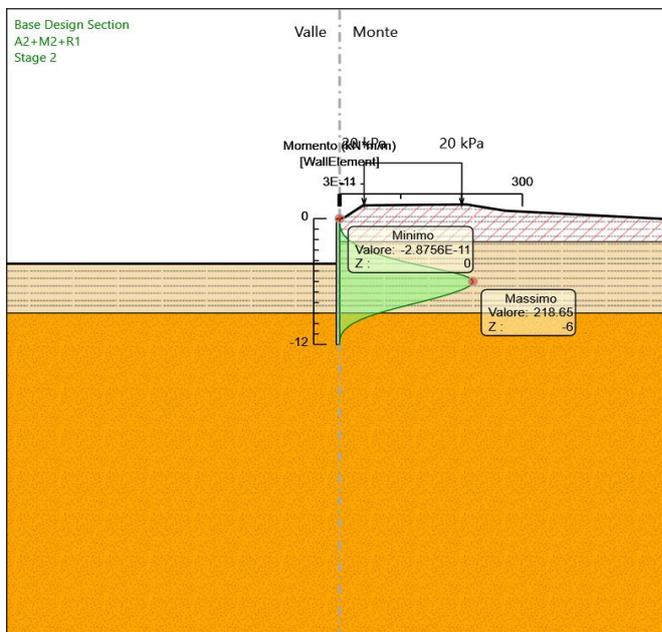
Comb: A1+M1+R1 Momento



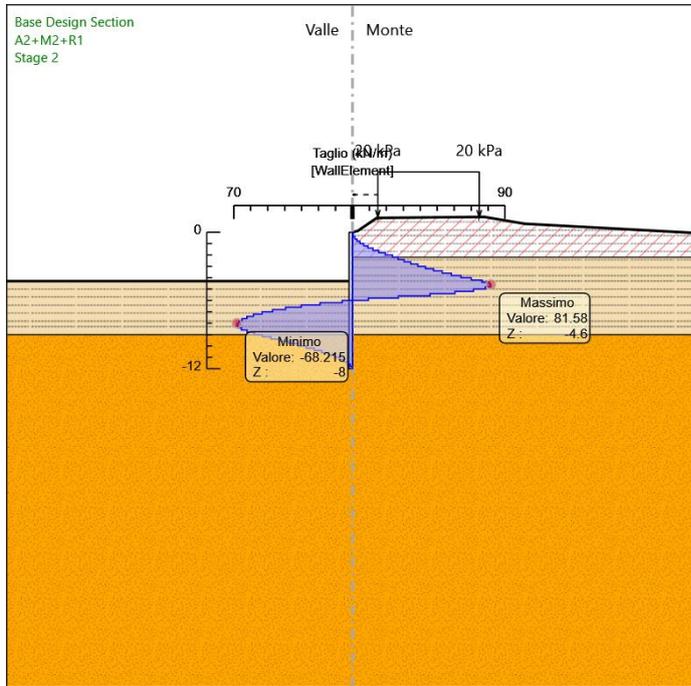
Comb: A1+M1+R1 Taglio



Comb: A2+M2+R1 Momento



Comb: A2+M2+R1 Taglio



9.2 TABULATI DI CALCOLO E VERIFICA

2. Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo : POLYLINE

Punti

(-30;-2.34)
(-21.76;-2.05)
(-20.75;-1.63)
(-2.79;-0.74)
(0;0)
(0.46;0.12)
(2.11;1.26)
(11.42;1.35)
(14.89;0.75)
(30;-0.077)
(30;-40)
(-30;-40)

OCR : 1

Tipo : POLYLINE

Punti

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

(-30;-2.2)
(30;-2.2)
(30;-40)
(-30;-40)

OCR : 1
Tipo : POLYLINE
Punti

(-30;-9)
(30;-9)
(30;-40)
(-30;-40)

OCR : 1

Strato di Terreno	Terreno	γ dry	γ sat	ϕ'	c'	Modulo Elastico	Evc	Eur
		kN/m ³	kN/m ³	°	kPa		kPa	kPa
1	Ril	18	18	35	0	Constant	30000	40000
2	Qcs	19	21	40	0	Constant	30000	40000
3	Pvl-GG	16	17	44	0	Constant	30000	40000

3. Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Muro di sinistra

Sezione : pali 300

Area equivalente : 0.0416097519044999 m

Inerzia equivalente : 0.0002 m⁴/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Tangent

Spaziatura : 0.4 m

Diametro : 0.3 m

Efficacia : 1

Materiale acciaio : S355

Sezione : CHS193.7*12.5

Tipo sezione : O

Spaziatura : 0.4 m

Spessore : 0.0125 m

Diametro : 0.1937 m

4. Fasi di Calcolo

4.1. Stage 1

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;-2.34)

(-21.76;-2.05)

(-20.75;-1.63)

(-2.79;0.75)

(0;0)

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(0.46;0.12)

(2.11;1.26)

(11.43;1.35)

(14.9;0.75)

(30;-0.077)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -50 m

Falda di destra : -50 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 2.2 m

X finale : 11 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : pali 300

4.2. Stage 2

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -4.3 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

-4.3 m

Linea di scavo di destra (Irregolare)

(0;0)

(0.46;0.12)

(2.11;1.26)

(11.42;1.35)

(14.9;0.75)

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

(30;-0.077)

Falda acquifera

Falda di sinistra : -50 m

Falda di destra : -50 m

Carichi

Carico lineare in superficie : SurfaceSurcharge

X iniziale : 2.2 m

X finale : 11 m

Pressione iniziale : 20 kPa

Pressione finale : 20 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -12 m

Sezione : pali 300

5.1. Risultati SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)

5.1.5. Tabella Spostamento SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) - LEFT Stage: Stage 2

Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Tipo Risultato: Spostamento	Muro: LEFT
Stage	Z (m)	Spostamento (mm)
Stage 2	0	-69.23
Stage 2	-0.2	-66.81
Stage 2	-0.4	-64.39
Stage 2	-0.6	-61.97
Stage 2	-0.8	-59.55
Stage 2	-1	-57.13
Stage 2	-1.2	-54.71
Stage 2	-1.4	-52.29
Stage 2	-1.6	-49.88
Stage 2	-1.8	-47.47
Stage 2	-2	-45.07
Stage 2	-2.2	-42.67
Stage 2	-2.4	-40.29
Stage 2	-2.6	-37.93
Stage 2	-2.8	-35.58
Stage 2	-3	-33.26
Stage 2	-3.2	-30.97
Stage 2	-3.4	-28.71
Stage 2	-3.6	-26.5
Stage 2	-3.8	-24.33
Stage 2	-4	-22.22
Stage 2	-4.2	-20.17
Stage 2	-4.4	-18.19
Stage 2	-4.6	-16.3
Stage 2	-4.8	-14.5
Stage 2	-5	-12.8
Stage 2	-5.2	-11.22
Stage 2	-5.4	-9.75
Stage 2	-5.6	-8.39
Stage 2	-5.8	-7.16
Stage 2	-6	-6.04
Stage 2	-6.2	-5.05

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Tipo Risultato: Spostamento	Muro: LEFT
Stage	Z (m)	Spostamento (mm)
Stage 2	-6.4	-4.16
Stage 2	-6.6	-3.39
Stage 2	-6.8	-2.73
Stage 2	-7	-2.16
Stage 2	-7.2	-1.68
Stage 2	-7.4	-1.29
Stage 2	-7.6	-0.97
Stage 2	-7.8	-0.72
Stage 2	-8	-0.53
Stage 2	-8.2	-0.4
Stage 2	-8.4	-0.3
Stage 2	-8.6	-0.24
Stage 2	-8.8	-0.22
Stage 2	-9	-0.22
Stage 2	-9.2	-0.24
Stage 2	-9.4	-0.27
Stage 2	-9.6	-0.32
Stage 2	-9.8	-0.37
Stage 2	-10	-0.43
Stage 2	-10.2	-0.5
Stage 2	-10.4	-0.57
Stage 2	-10.6	-0.64
Stage 2	-10.8	-0.71
Stage 2	-11	-0.78
Stage 2	-11.2	-0.85
Stage 2	-11.4	-0.92
Stage 2	-11.6	-0.99
Stage 2	-11.8	-1.06
Stage 2	-12	-1.13

5.1.7. Tabella Risultati Paratia SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente) - Left Wall - Stage: Stage 2

Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Risultati Paratia	Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 2	0	0	0.02
Stage 2	-0.2	0	0.02
Stage 2	-0.4	0.08	0.36
Stage 2	-0.6	0.28	1
Stage 2	-0.8	0.66	1.93
Stage 2	-1	1.29	3.16
Stage 2	-1.2	2.23	4.68
Stage 2	-1.4	3.53	6.51
Stage 2	-1.6	5.26	8.63
Stage 2	-1.8	7.47	11.04
Stage 2	-2	10.22	13.78
Stage 2	-2.2	13.59	16.82
Stage 2	-2.4	17.43	19.2
Stage 2	-2.6	21.79	21.82
Stage 2	-2.8	26.72	24.66
Stage 2	-3	32.27	27.73
Stage 2	-3.2	38.47	31.01
Stage 2	-3.4	45.38	34.53
Stage 2	-3.6	53.03	38.26
Stage 2	-3.8	61.47	42.22
Stage 2	-4	70.75	46.39
Stage 2	-4.2	80.91	50.78
Stage 2	-4.4	91.99	55.4
Stage 2	-4.6	103.4	57.04
Stage 2	-4.8	113.9	52.54

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Design Assumption: SLE (Rara/Frequente/Quasi Permanente)	Risultati Paratia	Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 2	-5	122.28	41.88
Stage 2	-5.2	128.11	29.15
Stage 2	-5.4	131.65	17.7
Stage 2	-5.6	133.14	7.44
Stage 2	-5.8	132.79	-1.72
Stage 2	-6	130.81	-9.9
Stage 2	-6.2	127.37	-17.2
Stage 2	-6.4	122.63	-23.72
Stage 2	-6.6	116.71	-29.58
Stage 2	-6.8	109.77	-34.73
Stage 2	-7	101.93	-39.2
Stage 2	-7.2	93.3	-43.13
Stage 2	-7.4	84.2	-45.5
Stage 2	-7.6	74.96	-46.22
Stage 2	-7.8	65.83	-45.62
Stage 2	-8	57.04	-43.97
Stage 2	-8.2	48.73	-41.55
Stage 2	-8.4	41.02	-38.55
Stage 2	-8.6	33.98	-35.18
Stage 2	-8.8	27.67	-31.58
Stage 2	-9	22.09	-27.9
Stage 2	-9.2	17.24	-24.22
Stage 2	-9.4	13.1	-20.69
Stage 2	-9.6	9.64	-17.33
Stage 2	-9.8	6.8	-14.19
Stage 2	-10	4.54	-11.3
Stage 2	-10.2	2.8	-8.71
Stage 2	-10.4	1.51	-6.42
Stage 2	-10.6	0.62	-4.45
Stage 2	-10.8	0.06	-2.8
Stage 2	-11	-0.23	-1.48
Stage 2	-11.2	-0.33	-0.48
Stage 2	-11.4	-0.29	0.2
Stage 2	-11.6	-0.18	0.55
Stage 2	-11.8	-0.06	0.59
Stage 2	-12	0	0.3

5.2. Risultati A1+M1+R1

5.2.3. Tabella Risultati Paratia A1+M1+R1 (R3 per tiranti) - Left Wall - Stage: Stage 2

Design Assumption: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Risultati Paratia	Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 2	0	0	0.03
Stage 2	-0.2	0.01	0.03
Stage 2	-0.4	0.1	0.47
Stage 2	-0.6	0.36	1.3
Stage 2	-0.8	0.86	2.51
Stage 2	-1	1.68	4.11
Stage 2	-1.2	2.9	6.09
Stage 2	-1.4	4.59	8.46
Stage 2	-1.6	6.84	11.22
Stage 2	-1.8	9.71	14.36
Stage 2	-2	13.29	17.91
Stage 2	-2.2	17.66	21.87
Stage 2	-2.4	22.66	24.96
Stage 2	-2.6	28.33	28.37
Stage 2	-2.8	34.74	32.06
Stage 2	-3	41.95	36.05

Design Assumption: A1+M1+R1 (R3 per tiranti)	Risultati Paratia	Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 2	-3.2	50.01	40.32
Stage 2	-3.4	58.99	44.89
Stage 2	-3.6	68.94	49.74
Stage 2	-3.8	79.92	54.88
Stage 2	-4	91.98	60.3
Stage 2	-4.2	105.18	66.02
Stage 2	-4.4	119.58	72.01
Stage 2	-4.6	134.41	74.15
Stage 2	-4.8	148.07	68.3
Stage 2	-5	158.96	54.45
Stage 2	-5.2	166.54	37.9
Stage 2	-5.4	171.15	23.01
Stage 2	-5.6	173.08	9.67
Stage 2	-5.8	172.63	-2.24
Stage 2	-6	170.06	-12.87
Stage 2	-6.2	165.58	-22.36
Stage 2	-6.4	159.42	-30.84
Stage 2	-6.6	151.73	-38.45
Stage 2	-6.8	142.7	-45.14
Stage 2	-7	132.51	-50.96
Stage 2	-7.2	121.29	-56.07
Stage 2	-7.4	109.46	-59.15
Stage 2	-7.6	97.44	-60.09
Stage 2	-7.8	85.58	-59.3
Stage 2	-8	74.15	-57.17
Stage 2	-8.2	63.35	-54.01
Stage 2	-8.4	53.32	-50.12
Stage 2	-8.6	44.18	-45.73
Stage 2	-8.8	35.97	-41.06
Stage 2	-9	28.71	-36.26
Stage 2	-9.2	22.41	-31.49
Stage 2	-9.4	17.04	-26.9
Stage 2	-9.6	12.53	-22.53
Stage 2	-9.8	8.84	-18.44
Stage 2	-10	5.9	-14.7
Stage 2	-10.2	3.64	-11.32
Stage 2	-10.4	1.97	-8.35
Stage 2	-10.6	0.81	-5.79
Stage 2	-10.8	0.08	-3.64
Stage 2	-11	-0.3	-1.92
Stage 2	-11.2	-0.43	-0.62
Stage 2	-11.4	-0.37	0.26
Stage 2	-11.6	-0.23	0.72
Stage 2	-11.8	-0.08	0.76
Stage 2	-12	0	0.39

5.3. Risultati A2+M2+R1

5.3.3. Tabella Risultati Paratia A2+M2+R1 - Left Wall - Stage: Stage 2

Design Assumption: A2+M2+R1	Risultati Paratia	Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 2	0	0	0.03
Stage 2	-0.2	0.01	0.03
Stage 2	-0.4	0.11	0.51
Stage 2	-0.6	0.39	1.4
Stage 2	-0.8	0.93	2.71
Stage 2	-1	1.82	4.43
Stage 2	-1.2	3.13	6.58
Stage 2	-1.4	4.96	9.14

Design Assumption: A2+M2+R1	Risultati Paratia	Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 2	-1.6	7.38	12.11
Stage 2	-1.8	10.48	15.5
Stage 2	-2	14.35	19.35
Stage 2	-2.2	19.07	23.62
Stage 2	-2.4	24.45	26.88
Stage 2	-2.6	30.54	30.46
Stage 2	-2.8	37.41	34.34
Stage 2	-3	45.12	38.53
Stage 2	-3.2	53.72	43.03
Stage 2	-3.4	63.29	47.83
Stage 2	-3.6	73.88	52.94
Stage 2	-3.8	85.55	58.35
Stage 2	-4	98.36	64.05
Stage 2	-4.2	112.37	70.06
Stage 2	-4.4	127.64	76.37
Stage 2	-4.6	143.82	80.9
Stage 2	-4.8	160.14	81.58
Stage 2	-5	175.82	78.41
Stage 2	-5.2	190.1	71.38
Stage 2	-5.4	202.19	60.49
Stage 2	-5.6	211.34	45.76
Stage 2	-5.8	216.78	27.16
Stage 2	-6	218.65	9.34
Stage 2	-6.2	217.44	-6.03
Stage 2	-6.4	213.61	-19.14
Stage 2	-6.6	207.57	-30.23
Stage 2	-6.8	199.67	-39.49
Stage 2	-7	190.24	-47.12
Stage 2	-7.2	179.58	-53.34
Stage 2	-7.4	167.91	-58.33
Stage 2	-7.6	155.46	-62.27
Stage 2	-7.8	142.42	-65.19
Stage 2	-8	129	-67.1
Stage 2	-8.2	115.36	-68.22
Stage 2	-8.4	101.82	-67.66
Stage 2	-8.6	88.72	-65.51
Stage 2	-8.8	76.29	-62.14
Stage 2	-9	64.71	-57.93
Stage 2	-9.2	54.07	-53.17
Stage 2	-9.4	44.46	-48.06
Stage 2	-9.6	35.9	-42.79
Stage 2	-9.8	28.41	-37.48
Stage 2	-10	21.95	-32.28
Stage 2	-10.2	16.5	-27.27
Stage 2	-10.4	11.99	-22.53
Stage 2	-10.6	8.37	-18.12
Stage 2	-10.8	5.54	-14.14
Stage 2	-11	3.42	-10.61
Stage 2	-11.2	1.91	-7.55
Stage 2	-11.4	0.91	-4.99
Stage 2	-11.6	0.33	-2.92
Stage 2	-11.8	0.06	-1.35
Stage 2	-12	0	-0.28

6.2 Risultati SteelWorld

6.2.1 Tabella Iniluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld : LEFT

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
0	0
-0.2	0
-0.4	0
-0.6	0.001
-0.8	0.003
-1	0.005
-1.2	0.009
-1.4	0.014
-1.6	0.021
-1.8	0.03
-2	0.041
-2.2	0.055
-2.4	0.07
-2.6	0.088
-2.8	0.108
-3	0.13
-3.2	0.155
-3.4	0.182
-3.6	0.213
-3.8	0.246
-4	0.283
-4.2	0.323
-4.4	0.367
-4.6	0.414
-4.8	0.461
-5	0.506
-5.2	0.547
-5.4	0.582
-5.6	0.608
-5.8	0.624
-6	0.629
-6.2	0.626
-6.4	0.615
-6.6	0.597
-6.8	0.575
-7	0.548
-7.2	0.517
-7.4	0.483
-7.6	0.447
-7.8	0.41
-8	0.371
-8.2	0.332
-8.4	0.293
-8.6	0.255
-8.8	0.22
-9	0.186
-9.2	0.156
-9.4	0.128
-9.6	0.103
-9.8	0.082
-10	0.063
-10.2	0.047
-10.4	0.035
-10.6	0.024
-10.8	0.016
-11	0.01
-11.2	0.005
-11.4	0.003

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - SteelWorld
-11.6	0.001
-11.8	0
-12	0

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

6.2.2 Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld : LEFT

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld
0	0
-0.2	0
-0.4	0.001
-0.6	0.001
-0.8	0.002
-1	0.003
-1.2	0.004
-1.4	0.005
-1.6	0.007
-1.8	0.009
-2	0.011
-2.2	0.012
-2.4	0.014
-2.6	0.016
-2.8	0.017
-3	0.019
-3.2	0.022
-3.4	0.024
-3.6	0.026
-3.8	0.029
-4	0.032
-4.2	0.035
-4.4	0.037
-4.6	0.037
-4.8	0.035
-5	0.032
-5.2	0.027
-5.4	0.021
-5.6	0.012
-5.8	0.006
-6	0.01
-6.2	0.014
-6.4	0.017
-6.6	0.02
-6.8	0.023
-7	0.025
-7.2	0.027
-7.4	0.028
-7.6	0.029
-7.8	0.03
-8	0.031
-8.2	0.031
-8.4	0.03
-8.6	0.028
-8.8	0.026
-9	0.024
-9.2	0.022
-9.4	0.019
-9.6	0.017
-9.8	0.015
-10	0.012
-10.2	0.01
-10.4	0.008
-10.6	0.006
-10.8	0.005

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Involuppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - SteelWorld
-11	0.003
-11.2	0.002
-11.4	0.001
-11.6	0.001
-11.8	0
-12	0

10 VERIFICHE STRUTTURALI

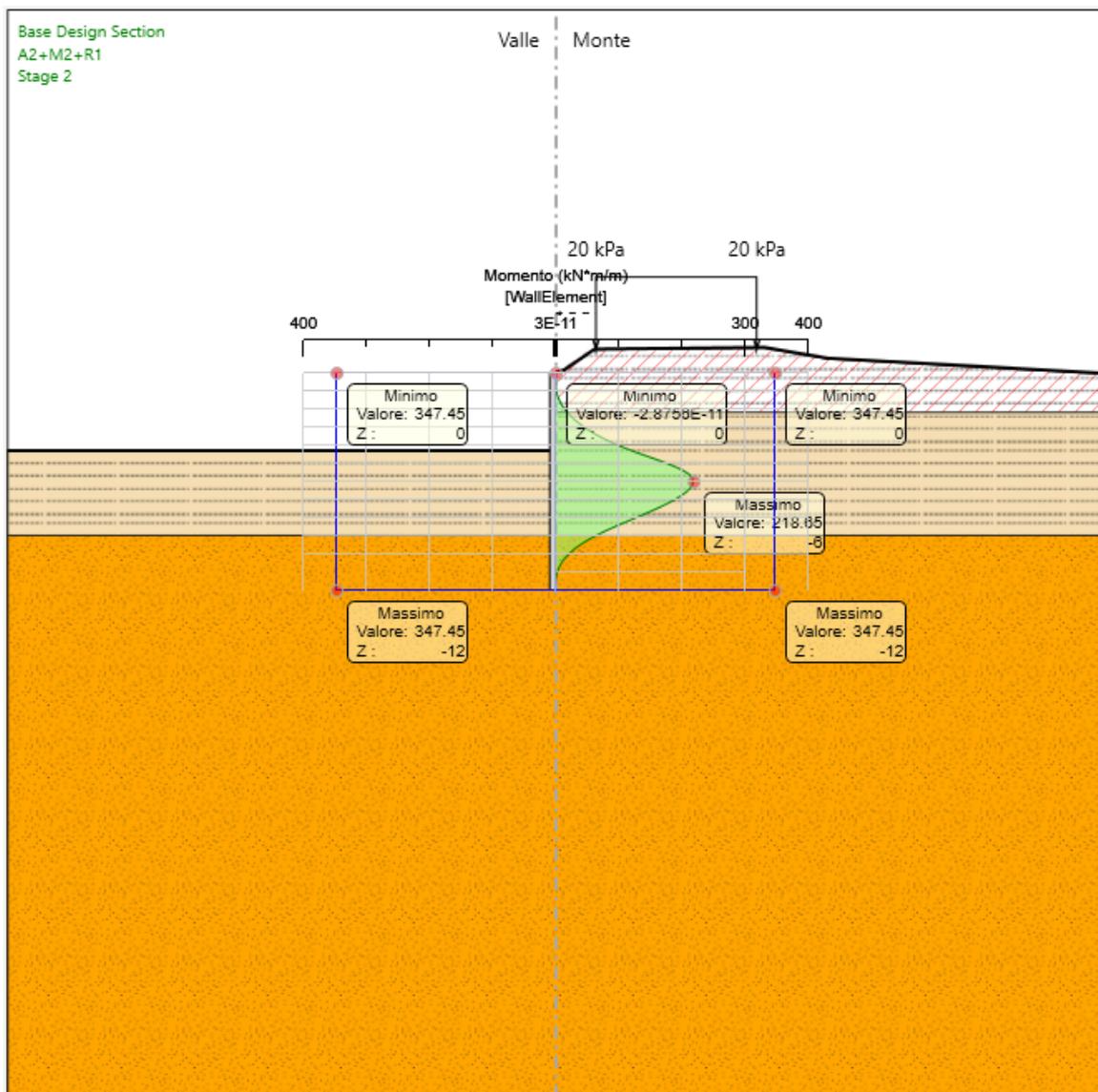
10.1 VERIFICHE SLU

I micropali, di diametro $D=300$, risultano armati con tubolare $\Phi 193.7$ spesso 12.5 mm.

Si riporta di seguito il confronto tra le sollecitazioni massime agenti, di momento flettente e taglio, e le capacità resistenti nell'involuppo allo SLU per entrambe le combinazioni considerate, per ciascuna paratia analizzata.

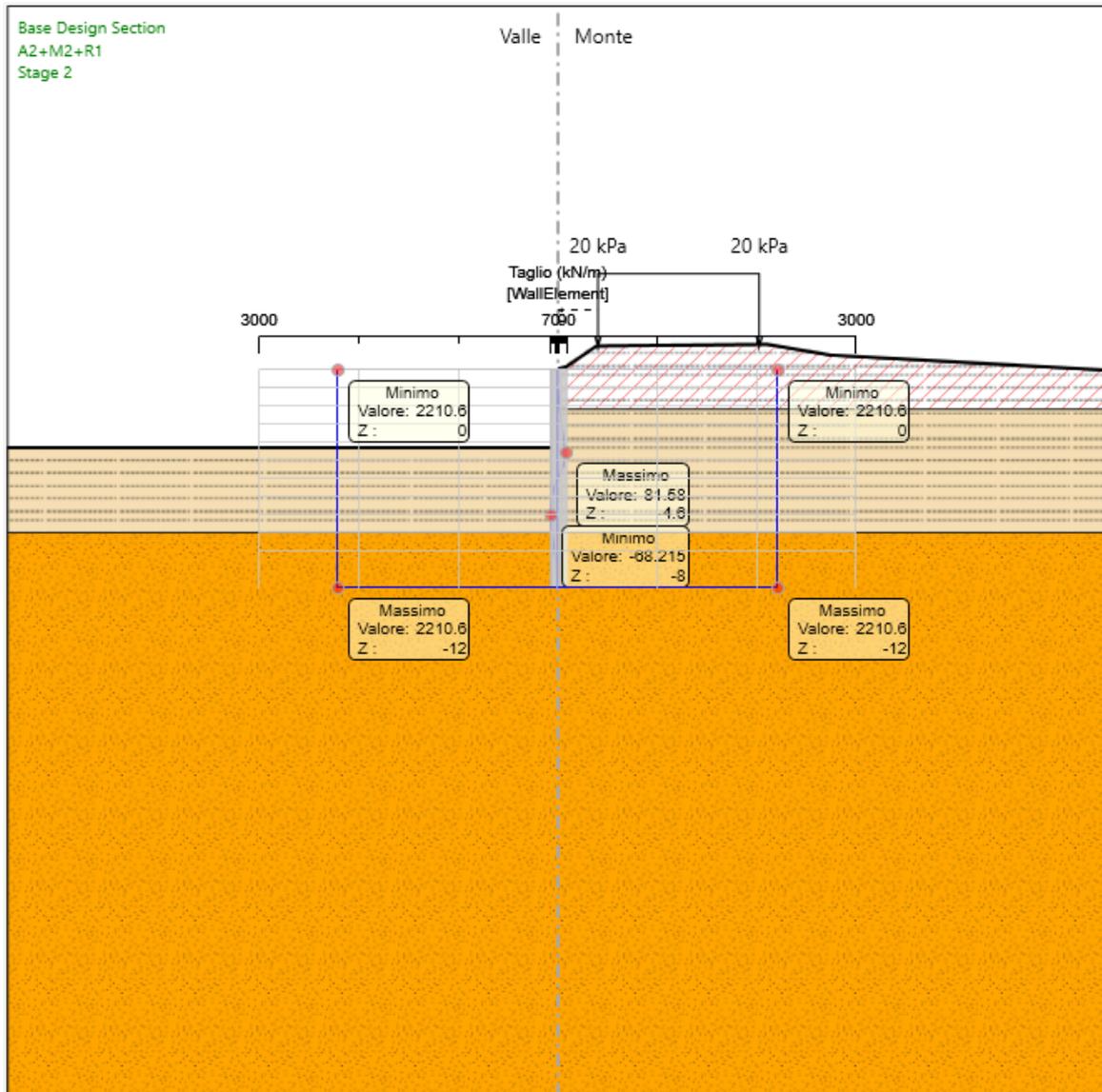
Il momento massimo sollecitante è pari a 218.65 kNm/m, mentre il momento resistente è pari a 347.4 kNm/m.

Essendo le sollecitazioni inferiori alle resistenze, le verifiche risultano soddisfatte.



TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

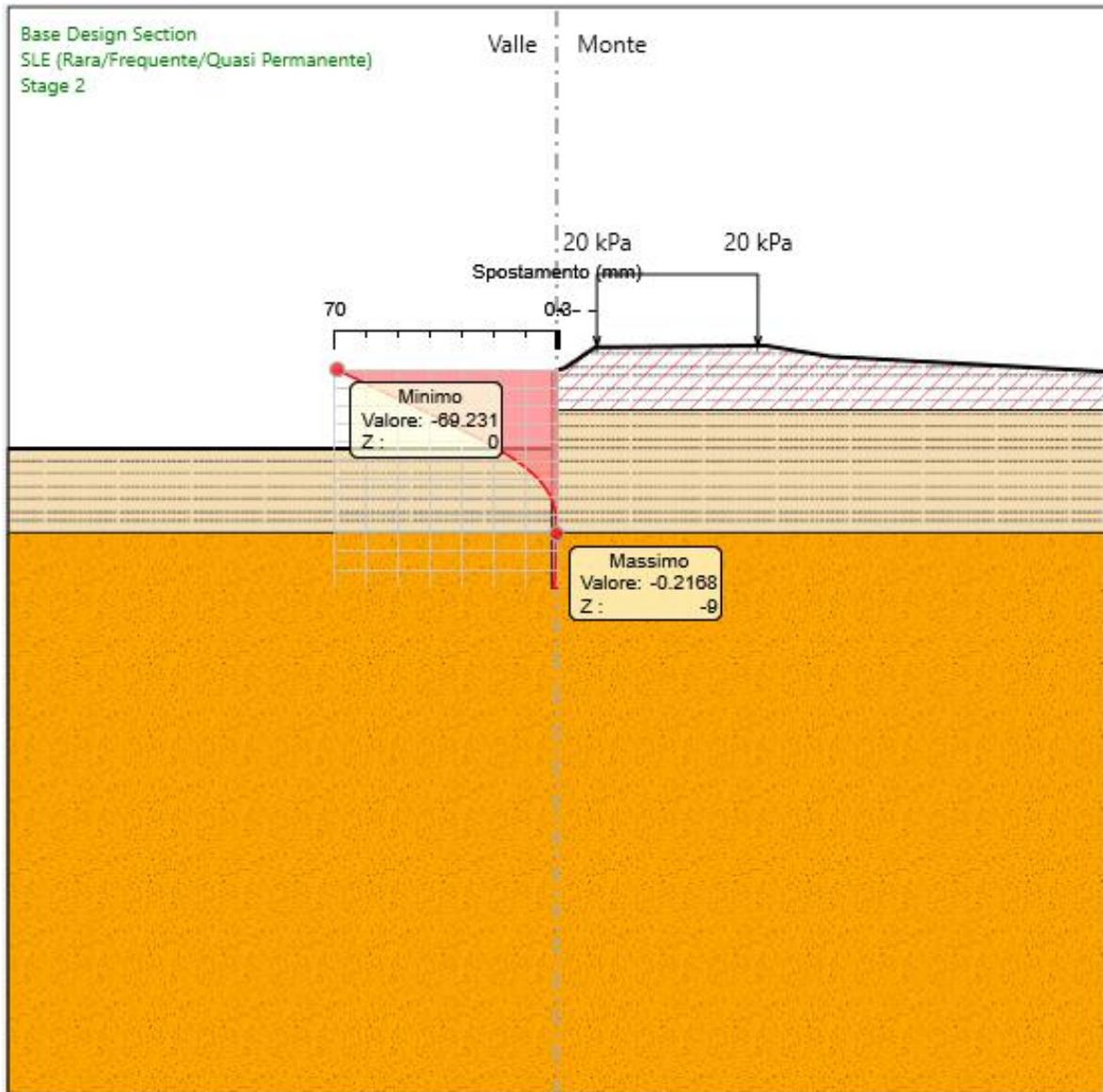
Il valore del taglio sollecitante è di 81.58 kN/m e il taglio resistente è di 2210.6 kN/m.



10.2 VERIFICHE SLE

Lo spostamento massimo che si registra, nella combinazione SLE, è pari a circa 69.2 mm, e risulta compatibile con la tipologia di opera.

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI



11 VERIFICHE GEOTECNICHE

Le verifiche geotecniche sono svolte valutando il coefficiente di sicurezza in termini di rapporto di mobilitazione della spinta passiva, cioè come rapporto tra spinta passiva mobilitata al piede della paratia e la spinta passiva mobilitabile. La verifica è soddisfatta se tale rapporto è inferiore all'unità.

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva)= **0.07** D.A. A2+M2+R1 (Stage 1)

Max. Rapporto Spinte (Efficace/Passiva)= **0.17** D.A. A2+M2+R1 (Stage 2)

12 STABILITA' FRONTI DI SCAVO

E' stata eseguita la verifica di stabilità globale dei fronti di scavo per la realizzazione del tombino idraulico TM01.

I fronti di scavo sono caratterizzati principalmente da scarpate con pendenze di circa 1/1 ed al fine della presente verifica, si analizzano le sezioni che presentano altezza maggiore e che quindi corrispondono alla situazione più gravosa.

12.1 STRATIGRAFIE DEGLI SCAVI

In considerazione della stratigrafia generale della zona presa in esame (cfr. capitolo 3), si considera che gli scavi interessino le seguenti unità geotecniche:

- **Unità geotecnica R:** terreni di riporto di origine antropica (rilevati stradali, di piazzali e aree di servizio);
- **Unità geotecnica Qcs:** si tratta di sabbie fossilifere da cementate a debolmente cementate e conglomerati poligenici.

Di seguito si riporta la stratigrafia riguardante i fronti di scavo assunta nei calcoli, in accordo con il profilo geologico allegato al progetto:

Da 0.00 m a -2.20	Unità R – terreni di riporto
Da -2.20 a -9.00	Unità Qcs - sabbie limose

I valori dei parametri meccanici degli strati interessati dalle verifiche in esame sono quelli riportati nel cap. 3.

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

12.2 CRITERI DI CALCOLO PER LE VERIFICHE DI STABILITA'

Le verifiche di stabilità sono condotte, in accordo con il D.M. 17 gennaio 2018, considerando la combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'approccio 1. I valori assunti per i coefficienti parziali di sicurezza, per l'approccio considerato, sono quelli riportati nelle tabelle di seguito.

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

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

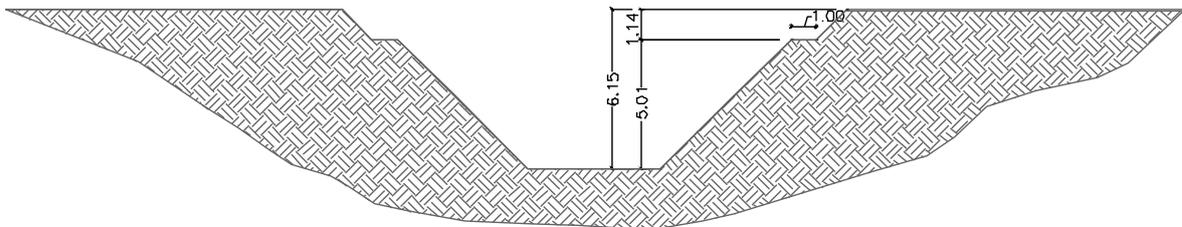
Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

Per tenere conto della circolazione di veicoli al tetto del fronte di scavo dove presente, si considera un carico pari a 20 kN/m². Quest'ultimo verrà moltiplicato per il relativo coefficiente parziale (A2), in quanto può essere considerato un carico variabile sfavorevole alla formazione di una superficie di scorrimento.

12.3 GEOMETRIA DEGLI SCAVI

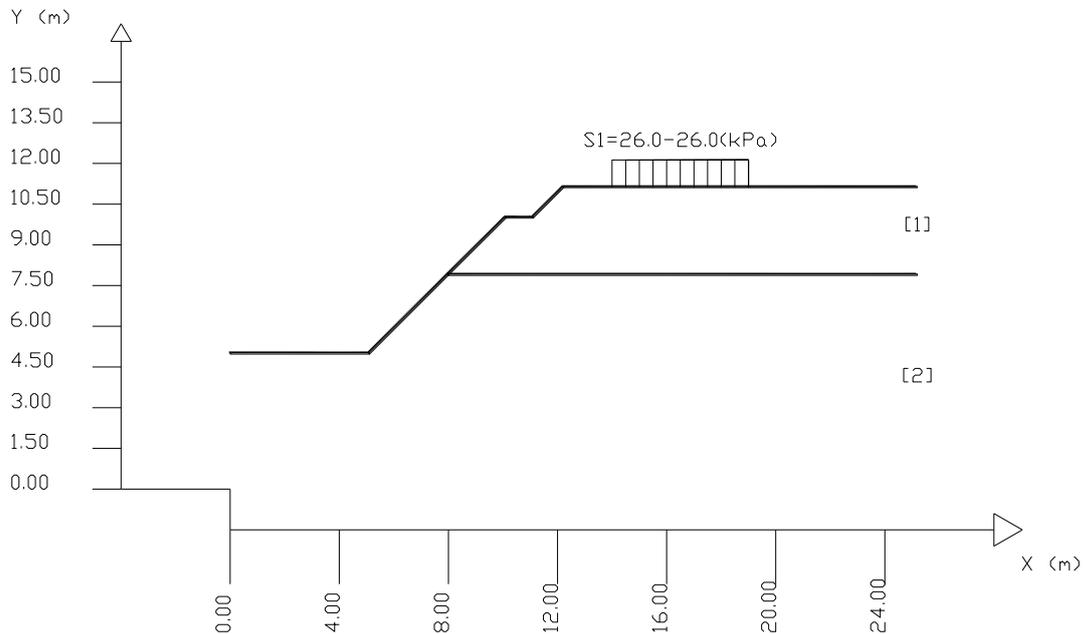
Si riporta di seguito la geometria dei fronti di scavo interessata dalla realizzazione delle opere idrauliche in esame e le relative sezioni assunte per il modello di calcolo, rappresentate queste come scarpate che terminano sul piano di posa dell'opera da realizzare.



Dall'analisi della geometria del fronte di scavo risulta che la sezione che presenta la profondità di scavo maggiore ha un'altezza pari a ≈ 6.15 m.

Come già accennato, si considera un sovraccarico applicato al tetto del fronte di scavo per tenere conto dell'eventuale presenza di traffico veicolare e di mezzi da lavoro a monte dello scavo stesso.

Sn --> Sovraccarico



12.4 RISULTATI DELLE VERIFICHE DI STABILITA'

12.4.1 Verifiche di stabilità in condizioni drenate

L'analisi del fronte di scavo è eseguita mediante il software SSAP. Le verifiche di stabilità risultano soddisfatte, in quanto il fattore di sicurezza minimo FS assume un valore pari a 1.17.

Nelle figure di seguito sono graficizzate le superfici di scorrimento con il minor valore di FS.

SSAP 5.0 (2020) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 2.0 (2020)

Data : 1/9/2021
Localita' :
Descrizione :
[n] = N. strato o lente

Modello di calcolo : Janbu Rigoroso (1973)

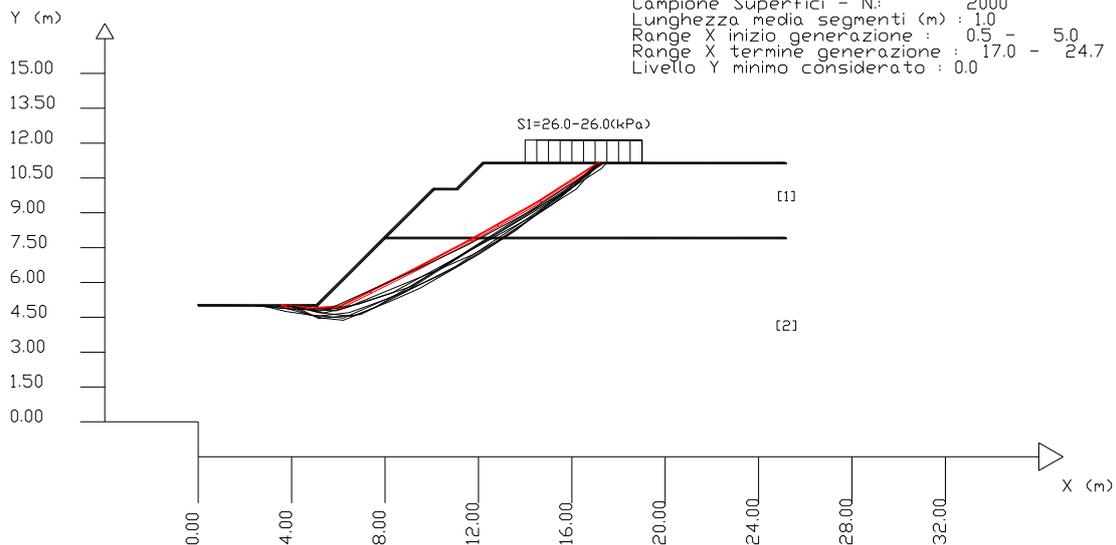
DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.1676
Range Fs : 1.1676 - 1.2234
Differenza % Range Fs : 4.56
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000
Coefficiente Sismico verticale - Kv: 0.0000

Sn --> Sovraccarico

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N: 2000
Lunghezza media segmenti (m) : 1.0
Range X inizio generazione : 0.5 - 5.0
Range X termine generazione : 17.0 - 24.7
Livello Y minimo considerato : 0.0



#	Parametri Geotecnici degli strati	#	-----						
N.	phi° deg	C' kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	
1	29.26	0	0	18.00	18.00	0	..	0	
2	33.90	0	0	20.00	20.00	0	..	0	

Di seguito si riportano i tabulati di calcolo della verifica di stabilità.

___ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) ___

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.00	5.00	7.99	7.90	-	-	-	-
5.10	5.00	25.19	7.90	-	-	-	-
7.99	7.90	-	-	-	-	-	-
10.10	10.01	-	-	-	-	-	-
11.10	10.01	-	-	-	-	-	-
12.22	11.13	-	-	-	-	-	-
25.19	11.13	-	-	-	-	-	-

ASSENZA DI FALDA

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

	fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi	D
STRATO 1	29.26	0.00	0.00	18.00	18.00	1.785	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 2	33.90	0.00	0.00	20.00	20.00	2.276	0.00	0.00	0.00	0.00

LEGENDA: fi` _____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)
C` _____ Coesione efficace (in Kpa)
Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)
Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)
Gamm_sat _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)
STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adimensionale)
---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-
sgci _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)
GSI _____ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)
mi _____ Indice litologico ammasso(adimensionale)
D _____ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)
Fattore di riduzione NTC2018: gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - DISATTIVATO (solo per ROCCE)
Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

---- SOVRACCARICHI PRESENTI ----

SOVRACCARICO N.1

Carico in X1 (Kpa): 26.00
Carico in X2 (Kpa): 26.00
Posizione carico da X1 m.: 14.0000
a X2 m.: 19.0000
Inclinazione carico (gradi): 90.00
Componenti distribuzione forza unitaria applicata:
#Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) (kN/m): da 0.00 a 0.00
#Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) (kN/m): da 26.00 a 26.00
##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare
in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI
METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)
FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO
COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 1.0 (+/-) 50%
INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 0.50 5.00
LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00
INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 17.00 24.69

*** TOTALE SUPERFICI GENERATE : 2000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : JANBU RIGOROSO (Janbu, 1973)
METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (lambda0,Fs0) ADOTTATO : B (piu' accurato)
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000
COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.
I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *

Fattore di sicurezza (FS) 1.1676 - Min. - X Y Lambda= 1.0000
3.59 5.00
4.94 4.85
6.12 4.94
7.39 5.57
9.43 6.60
11.71 7.81
12.84 8.44
14.68 9.49
16.79 10.86
17.21 11.13

Fattore di sicurezza (FS) 1.2008 - N.2 -- X Y Lambda= 1.0000
4.07 5.00
5.16 4.45
6.96 4.62
7.75 5.02
9.61 5.97
11.01 6.68
12.45 7.65
14.11 8.77
15.59 9.80
16.21 10.28
17.17 11.13

Fattore di sicurezza (FS) 1.2009 - N.3 -- X Y Lambda= 1.0000
3.80 5.00
5.17 4.77
6.87 5.07
7.82 5.39
9.11 5.82
10.48 6.69
12.46 7.96
13.26 8.47
14.70 9.41
16.05 10.28
17.13 10.98
17.36 11.13

Fattore di sicurezza (FS) 1.2074 - N.4 -- X Y Lambda= 1.0000
2.75 5.00
3.76 4.75
5.14 4.55
6.46 4.70
7.47 5.07
8.73 5.53
9.72 6.16
11.70 7.42
13.27 8.41
14.11 8.95
15.79 10.02
16.91 10.91
17.11 11.13

Fattore di sicurezza (FS) 1.2091 - N.5 -- X Y Lambda= 1.0000
2.43 5.00
4.29 4.83
5.64 4.88
7.55 5.75
9.09 6.44
11.49 7.59
13.76 8.82
15.94 10.00
17.10 11.13

Fattore di sicurezza (FS) 1.2118 - N.6 -- X Y Lambda= 1.0000
3.98 5.00
5.19 4.70
6.60 4.55
7.59 4.93
9.62 6.17
10.80 6.88
12.87 8.14
15.09 9.48
15.94 10.04
17.26 10.90
17.47 11.13

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

Fattore di sicurezza (FS)	1.2223 - N.7 --	X	Y	Lambda= 1.0000
	3.87			5.00
	4.78			4.60
	6.22			4.47
	7.46			5.02
	8.43			5.45
	9.44			5.89
	10.31			6.29
	11.03			6.65
	12.40			7.51
	13.13			7.96
	14.23			8.73
	15.52			9.71
	16.19			10.23
	16.76			10.70
	17.27			11.13

Fattore di sicurezza (FS)	1.2228 - N.8 --	X	Y	Lambda= 1.0000
	2.58			5.00
	4.02			4.86
	5.92			4.78
	6.92			5.11
	8.31			5.56
	9.60			6.27
	11.13			7.10
	12.12			7.64
	13.43			8.36
	14.57			8.98
	16.19			10.02
	17.17			11.13

Fattore di sicurezza (FS)	1.2231 - N.9 --	X	Y	Lambda= 1.0000
	3.88			5.00
	5.37			4.69
	6.40			4.94
	8.24			5.70
	10.14			6.49
	11.73			7.19
	12.69			7.72
	14.01			8.59
	15.17			9.36
	16.02			10.09
	17.08			11.13

Fattore di sicurezza (FS)	1.2234 - N.10 --	X	Y	Lambda= 1.0000
	3.36			5.00
	5.30			4.47
	6.21			4.37
	8.21			5.19
	9.48			5.74
	10.19			6.16
	11.23			6.76
	12.04			7.23
	13.62			8.25
	14.49			8.96
	15.51			9.80
	17.14			11.13

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----
DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICIE GENERATE CON MINOR FS *
Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.168	281.1	240.7	-7.8	Deficit
2	1.201	365.8	304.6	0.3	Surplus
3	1.201	326.9	272.2	0.3	Surplus
4	1.207	346.3	286.8	2.1	Surplus
5	1.209	289.6	239.5	2.2	Surplus
6	1.212	353.7	291.9	3.4	Surplus
7	1.222	372.2	304.5	6.8	Surplus
8	1.223	337.0	275.6	6.3	Surplus
9	1.223	339.3	277.4	6.4	Surplus
10	1.223	382.1	312.3	7.3	Surplus

Esito analisi: DEFICIT di RESISTENZA!

Valore massimo di DEFICIT di RESISTENZA(kN/m): -7.8

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento
FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

TOMBINO SCATOLARE TM01
RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIALI

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN
per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	alpha (°)	W (kN/m)	ru (-)	U (kPa)	phi' (°)	(c',Cu) (kPa)
3.586	0.185	-6.40	0.04	0.00	0.00	33.90	0.00
3.771	0.185	-6.40	0.12	0.00	0.00	33.90	0.00
3.956	0.185	-6.40	0.19	0.00	0.00	33.90	0.00
4.141	0.185	-6.40	0.27	0.00	0.00	33.90	0.00
4.326	0.185	-6.40	0.35	0.00	0.00	33.90	0.00
4.511	0.185	-6.40	0.42	0.00	0.00	33.90	0.00
4.696	0.185	-6.40	0.50	0.00	0.00	33.90	0.00
4.881	0.064	-6.40	0.19	0.00	0.00	33.90	0.00
4.944	0.156	4.40	0.46	0.00	0.00	33.90	0.00
5.100	0.185	4.40	0.84	0.00	0.00	33.90	0.00
5.285	0.185	4.40	1.47	0.00	0.00	33.90	0.00
5.470	0.185	4.40	2.10	0.00	0.00	33.90	0.00
5.655	0.185	4.40	2.74	0.00	0.00	33.90	0.00
5.839	0.185	4.40	3.37	0.00	0.00	33.90	0.00
6.024	0.094	4.40	1.95	0.00	0.00	33.90	0.00
6.118	0.185	26.66	4.18	0.00	0.00	33.90	0.00
6.303	0.185	26.66	4.52	0.00	0.00	33.90	0.00
6.488	0.185	26.66	4.86	0.00	0.00	33.90	0.00
6.673	0.185	26.66	5.21	0.00	0.00	33.90	0.00
6.857	0.185	26.66	5.55	0.00	0.00	33.90	0.00
7.042	0.185	26.66	5.89	0.00	0.00	33.90	0.00
7.227	0.159	26.66	5.33	0.00	0.00	33.90	0.00
7.386	0.185	26.67	6.53	0.00	0.00	33.90	0.00
7.571	0.185	26.67	6.87	0.00	0.00	33.90	0.00
7.756	0.185	26.67	7.21	0.00	0.00	33.90	0.00
7.941	0.049	26.67	1.99	0.00	0.00	33.90	0.00
7.990	0.185	26.67	7.61	0.00	0.00	33.90	0.00
8.175	0.185	26.67	7.88	0.00	0.00	33.90	0.00
8.360	0.185	26.67	8.16	0.00	0.00	33.90	0.00
8.545	0.185	26.67	8.43	0.00	0.00	33.90	0.00
8.729	0.185	26.67	8.70	0.00	0.00	33.90	0.00
8.914	0.185	26.67	8.97	0.00	0.00	33.90	0.00
9.099	0.185	26.67	9.24	0.00	0.00	33.90	0.00
9.284	0.147	26.67	7.53	0.00	0.00	33.90	0.00
9.431	0.185	27.90	9.72	0.00	0.00	33.90	0.00
9.616	0.185	27.90	9.98	0.00	0.00	33.90	0.00
9.801	0.185	27.90	10.23	0.00	0.00	33.90	0.00
9.986	0.114	27.90	6.46	0.00	0.00	33.90	0.00
10.100	0.185	27.90	10.33	0.00	0.00	33.90	0.00
10.285	0.185	27.90	9.97	0.00	0.00	33.90	0.00
10.470	0.185	27.90	9.61	0.00	0.00	33.90	0.00
10.655	0.185	27.90	9.25	0.00	0.00	33.90	0.00
10.839	0.185	27.90	8.88	0.00	0.00	33.90	0.00
11.024	0.076	27.90	3.53	0.00	0.00	33.90	0.00
11.100	0.185	27.90	8.68	0.00	0.00	33.90	0.00
11.285	0.185	27.90	8.93	0.00	0.00	33.90	0.00
11.470	0.185	27.90	9.19	0.00	0.00	33.90	0.00
11.655	0.057	27.90	2.87	0.00	0.00	33.90	0.00
11.711	0.162	29.41	8.30	0.00	0.00	33.90	0.00
11.873	0.185	29.41	9.73	0.00	0.00	29.26	0.00
12.058	0.162	29.41	8.76	0.00	0.00	29.26	0.00
12.220	0.185	29.41	9.92	0.00	0.00	29.26	0.00
12.405	0.185	29.41	9.58	0.00	0.00	29.26	0.00
12.590	0.185	29.41	9.23	0.00	0.00	29.26	0.00
12.775	0.061	29.41	2.95	0.00	0.00	29.26	0.00
12.835	0.185	29.61	8.77	0.00	0.00	29.26	0.00
13.020	0.185	29.61	8.42	0.00	0.00	29.26	0.00
13.205	0.185	29.61	8.07	0.00	0.00	29.26	0.00
13.390	0.185	29.61	7.72	0.00	0.00	29.26	0.00
13.575	0.185	29.61	7.37	0.00	0.00	29.26	0.00
13.760	0.185	29.61	7.02	0.00	0.00	29.26	0.00
13.944	0.056	29.61	2.04	0.00	0.00	29.26	0.00
14.000	0.185	29.61	11.37	0.00	0.00	29.26	0.00
14.185	0.185	29.61	11.02	0.00	0.00	29.26	0.00
14.370	0.185	29.61	10.67	0.00	0.00	29.26	0.00
14.555	0.122	29.61	6.88	0.00	0.00	29.26	0.00
14.677	0.185	32.97	10.07	0.00	0.00	29.26	0.00
14.862	0.185	32.97	9.67	0.00	0.00	29.26	0.00
15.047	0.185	32.97	9.27	0.00	0.00	29.26	0.00
15.232	0.185	32.97	8.87	0.00	0.00	29.26	0.00
15.417	0.185	32.97	8.47	0.00	0.00	29.26	0.00
15.601	0.185	32.97	8.07	0.00	0.00	29.26	0.00
15.786	0.185	32.97	7.67	0.00	0.00	29.26	0.00
15.971	0.185	32.97	7.27	0.00	0.00	29.26	0.00
16.156	0.185	32.97	6.87	0.00	0.00	29.26	0.00
16.341	0.185	32.97	6.48	0.00	0.00	29.26	0.00

16.526	0.185	32.97	6.08	0.00	0.00	29.26	0.00
16.711	0.081	32.97	2.54	0.00	0.00	29.26	0.00
16.792	0.185	32.98	5.50	0.00	0.00	29.26	0.00
16.977	0.185	32.98	5.10	0.00	0.00	29.26	0.00
17.161	0.045	32.98	1.18	0.00	0.00	29.26	0.00

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
W(kN/m) : Forza peso concio
ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale
U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio
c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	ht (m)	yt (m)	yt' (m)	E(x) (kN/m)	T(x) (kN/m)	E' (kN)	rho(x) (--)	FS_qFEM (--)	FS_srmFEM (--)
3.586	0.000	5.000	-0.084	0.000000000E+000	0.000000000E+000	2.5210351667E-001	0.089	2.008	0.973
3.771	0.005	4.984	-0.084	5.638350608E-002	2.8794636159E-003	3.5786950619E-001	0.089	2.008	0.973
3.956	0.010	4.969	-0.084	1.3232019595E-001	4.8222668402E-003	5.5437618781E-001	0.063	2.521	0.970
4.141	0.016	4.953	-0.089	2.6136091973E-001	6.9984606567E-003	1.1124460915E+000	0.074	1.980	0.932
4.326	0.019	4.936	-0.079	5.4364075349E-001	2.7439185207E-002	1.8082109041E+000	0.088	1.063	0.882
4.511	0.028	4.924	-0.046	9.2993652345E-001	1.5015293535E-001	2.0671953698E+000	0.281	0.738	0.858
4.696	0.044	4.919	-0.031	1.3079743770E+000	3.2335250330E-001	2.3028970302E+000	0.430	0.647	0.852
4.881	0.058	4.913	-0.042	1.7814194831E+000	6.0795642420E-001	2.8044818628E+000	0.593	0.599	0.857
4.944	0.061	4.909	0.013	1.9651689263E+000	7.4008837889E-001	3.0539273442E+000	0.654	0.590	0.862
5.100	0.056	4.916	0.220	2.5040793533E+000	1.1607713715E+000	4.3092067685E+000	0.805	0.590	0.881
5.285	0.110	4.984	0.328	3.4871583952E+000	1.9116567464E+000	5.8622959089E+000	0.953	0.632	0.923
5.470	0.149	5.037	0.326	4.6716296195E+000	2.7810941039E+000	6.8070215845E+000	1.034	0.687	0.976
5.655	0.202	5.104	0.399	6.0040155578E+000	3.7376400833E+000	7.3971245739E+000	1.082	0.750	1.037
5.839	0.268	5.184	0.444	7.4066739756E+000	4.7016596344E+000	7.0626429643E+000	1.103	0.817	1.100
6.024	0.338	5.268	0.447	8.6153872585E+000	5.4776851530E+000	5.5440808051E+000	1.105	0.872	1.153
6.118	0.371	5.309	0.504	9.0872332234E+000	5.7784239458E+000	4.8717734133E+000	1.105	0.888	1.173
6.303	0.378	5.409	0.585	9.9261800444E+000	6.3633047175E+000	4.0892031580E+000	1.114	0.918	1.209
6.488	0.402	5.525	0.657	1.0599192621E+001	6.8692304803E+000	3.2349605607E+000	1.126	0.942	1.233
6.673	0.435	5.652	0.708	1.1122288145E+001	7.2936317566E+000	2.5525970196E+000	1.139	0.961	1.244
6.857	0.478	5.787	0.749	1.1543000719E+001	7.6629371570E+000	2.1602203893E+000	1.154	0.977	1.245
7.042	0.527	5.929	0.775	1.1921017236E+001	7.9986131314E+000	2.0752344070E+000	1.166	0.995	1.237
7.227	0.579	6.074	0.763	1.2310306730E+001	8.2975329261E+000	2.0820569752E+000	1.171	1.016	1.220
7.386	0.616	6.191	0.725	1.2637683446E+001	8.5247988653E+000	2.0627368931E+000	1.172	1.032	1.206
7.571	0.655	6.323	0.700	1.3019242704E+001	8.7692031865E+000	2.0629959955E+000	1.170	1.050	1.190
7.756	0.690	6.450	0.674	1.3400464375E+001	8.9923828091E+000	2.0608572477E+000	1.166	1.068	1.178
7.941	0.719	6.572	0.650	1.3781232843E+001	9.1954833928E+000	1.9622419339E+000	1.159	1.087	1.170
7.990	0.724	6.602	0.659	1.3876876401E+001	9.2434252674E+000	1.9905900203E+000	1.157	1.092	1.169
8.175	0.756	6.726	0.685	1.4282499614E+001	9.4298812032E+000	2.2748630182E+000	1.164	1.114	1.167
8.360	0.792	6.855	0.734	1.4717993945E+001	9.6170079553E+000	2.5147270034E+000	1.168	1.141	1.170
8.545	0.841	6.998	0.787	1.5212305490E+001	9.8219259958E+000	2.7636356080E+000	1.169	1.172	1.176
8.729	0.897	7.146	0.822	1.5739832350E+001	1.0036079223E+001	2.9250775092E+000	1.168	1.204	1.186
8.914	0.959	7.302	0.791	1.6293836111E+001	1.0258762330E+001	2.8101047666E+000	1.166	1.235	1.196
9.099	1.004	7.439	0.759	1.6778852459E+001	1.0452455865E+001	2.6327786091E+000	1.166	1.258	1.205
9.284	1.054	7.582	0.753	1.7267290891E+001	1.0643381523E+001	2.4979313142E+000	1.165	1.277	1.214
9.431	1.087	7.689	0.714	1.7617237148E+001	1.0769061629E+001	2.3247361038E+000	1.164	1.286	1.219
9.616	1.120	7.819	0.680	1.8033339402E+001	1.0880705826E+001	2.1686038399E+000	1.159	1.294	1.224
9.801	1.143	7.940	0.619	1.8419065972E+001	1.0911465007E+001	2.0187854533E+000	1.148	1.299	1.227
9.986	1.153	8.048	0.551	1.8779773737E+001	1.0855659711E+001	1.8450860469E+000	1.129	1.300	1.228
10.100	1.149	8.105	0.491	1.8983444081E+001	1.0773628319E+001	1.8819303151E+000	1.114	1.299	1.228
10.285	1.142	8.195	0.445	1.9361965232E+001	1.0534804839E+001	1.9825908290E+000	1.073	1.293	1.226
10.470	1.118	8.270	0.387	1.9716495661E+001	1.0338509855E+001	1.8895131007E+000	1.039	1.284	1.224
10.655	1.089	8.339	0.386	2.0060601857E+001	1.0273014214E+001	1.8768029826E+000	1.019	1.274	1.220
10.839	1.065	8.412	0.359	2.0410432793E+001	1.0356113543E+001	1.8941354029E+000	1.015	1.264	1.217
11.024	1.026	8.471	0.318	2.0760947551E+001	1.0621991810E+001	1.6159522544E+000	1.030	1.252	1.215
11.100	1.010	8.495	0.602	2.0874510847E+001	1.0814148152E+001	1.4847693967E+000	1.045	1.247	1.215
11.285	1.045	8.628	0.672	2.1141498463E+001	1.1204725911E+001	1.2649866361E+000	1.078	1.231	1.216
11.470	1.063	8.744	0.622	2.1342232395E+001	1.1420212437E+001	8.3097107793E-001	1.097	1.213	1.218
11.655	1.079	8.858	0.623	2.1448745250E+001	1.1375591787E+001	1.6498624123E-001	1.096	1.192	1.223
11.711	1.085	8.894	0.630	2.1450955563E+001	1.1278021593E+001	-6.5117482187E-002	1.089	1.185	1.225
11.873	1.095	8.995	0.652	2.1392418492E+001	1.0837911555E+001	-8.6140177908E-001	1.056	1.161	1.078
12.058	1.116	9.120	0.630	2.1127595994E+001	9.7332711227E+000	-1.7870165234E+000	0.960	1.145	1.086
12.220	1.118	9.214	0.540	2.0787084315E+001	8.4925622367E+000	-2.3156766879E+000	0.851	1.140	1.093
12.405	1.108	9.307	0.477	2.0313188999E+001	7.0116425424E+000	-2.7434956850E+000	0.719	1.143	1.101
12.590	1.086	9.391	0.393	1.9772692532E+001	5.5867723567E+000	-2.8500571995E+000	0.589	1.153	1.109
12.775	1.044	9.453	0.321	1.9259396707E+001	4.5526671918E+000	-2.5553009261E+000	0.493	1.173	1.116
12.835	1.027	9.469	0.289	1.9109058105E+001	4.3107936559E+000	-2.5527763703E+000	0.470	1.178	1.118
13.020	0.976	9.524	0.319	1.8597653980E+001	3.7859921843E+000	-2.9551400263E+000	0.424	1.195	1.125
13.205	0.935	9.587	0.352	1.8016412041E+001	3.5373440855E+000	-3.1380075096E+000	0.409	1.212	1.133
13.390	0.896	9.654	0.368	1.7437393714E+001	3.4352815675E+000	-3.1446453688E+000	0.411	1.228	1.140
13.575	0.861	9.723	0.387	1.6853697465E+001	3.3797414873E+000	-3.2039943158E+000	0.418	1.242	1.146
13.760	0.829	9.797	0.382	1.6252735204E+001	3.2777972337E+000	-3.1299175153E+000	0.420	1.255	1.149
13.944	0.792	9.865	0.364	1.5696428427E+001	3.0758852718E+000	-3.0911169068E+000	0.408	1.261	1.149
14.000	0.780	9.884	0.361	1.5523191186E+001	2.9935319566E+000	-3.1761921002E+000	0.402	1.261	1.149

14.185	0.742	9.952	0.366	1.4898860191E+001	2.6858097165E+000	-3.6057345088E+000	0.376	1.260	1.146
14.370	0.705	10.020	0.369	1.4189991547E+001	2.3186781266E+000	-4.0926297025E+000	0.341	1.254	1.143
14.555	0.669	10.088	0.369	1.3385633848E+001	1.9218025801E+000	-4.5899478907E+000	0.299	1.243	1.140
14.677	0.644	10.133	0.379	1.2804370123E+001	1.6594292800E+000	-5.0863608978E+000	0.270	1.233	1.138
14.862	0.595	10.204	0.371	1.1769644963E+001	1.2674101207E+000	-5.6402399216E+000	0.224	1.221	1.136
15.047	0.541	10.270	0.356	1.0718923784E+001	9.6823352939E-001	-5.8169758876E+000	0.188	1.213	1.137
15.232	0.487	10.336	0.359	9.6188515144E+000	7.4619025211E-001	-6.0421942071E+000	0.162	1.208	1.140
15.417	0.434	10.403	0.366	8.4848571544E+000	5.9552468906E-001	-6.1604334042E+000	0.146	1.208	1.147
15.601	0.383	10.471	0.361	7.3410666205E+000	5.0510734384E-001	-5.8802388305E+000	0.143	1.214	1.160
15.786	0.328	10.536	0.375	6.3106725960E+000	4.7886804320E-001	-5.6715352301E+000	0.158	1.221	1.179
15.971	0.281	10.610	0.396	5.2440490204E+000	4.6720051403E-001	-5.5168359278E+000	0.186	1.230	1.211
16.156	0.234	10.683	0.387	4.2708541750E+000	4.5402673622E-001	-5.0025727256E+000	0.222	1.238	1.250
16.341	0.184	10.753	0.385	3.3943764670E+000	4.3499666298E-001	-4.6665903277E+000	0.267	1.247	1.295
16.526	0.136	10.825	0.392	2.5454091848E+000	4.0892582758E-001	-4.3149347971E+000	0.335	1.258	1.353
16.711	0.089	10.898	0.389	1.7989540909E+000	3.7756375477E-001	-3.6360638524E+000	0.437	1.267	1.418
16.792	0.067	10.928	0.456	1.5186335314E+000	3.6649448511E-001	-3.6112222150E+000	0.503	1.268	1.443
16.977	0.038	11.019	0.487	7.8725074473E-001	2.4360291429E-001	-3.7130443005E+000	0.645	1.239	1.474
17.161	0.007	11.108	0.487	1.4575671193E-001	4.6780804779E-002	-3.2954617790E+000	0.669	1.059	1.109

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
yt(m) : coordinata Y linea di trust
yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust
E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio
T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio
E' (kN) : derivata Forza normale interconcio
Rho(x) (-) : fattore mobilitazione resistenza al taglio verticale interconcio ZhU et al.(2003)
FS_qFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM
FS_srmFEM(x)(-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha (°)	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)
3.586	0.185	0.186	-6.400	-0.023	-0.004	0.150	0.028
3.771	0.185	0.186	-6.400	-0.069	-0.013	0.421	0.078
3.956	0.185	0.186	-6.400	-0.115	-0.021	0.697	0.130
4.141	0.185	0.186	-6.400	-0.161	-0.030	1.051	0.196
4.326	0.185	0.186	-6.400	-0.207	-0.038	1.765	0.328
4.511	0.185	0.186	-6.400	-0.253	-0.047	2.257	0.420
4.696	0.185	0.186	-6.400	-0.299	-0.056	3.010	0.560
4.881	0.064	0.064	-6.400	-0.329	-0.021	3.621	0.232
4.944	0.156	0.156	4.398	0.224	0.035	3.517	0.550
5.100	0.185	0.185	4.398	0.346	0.064	5.369	0.996
5.285	0.185	0.185	4.398	0.607	0.113	8.029	1.489
5.470	0.185	0.185	4.398	0.869	0.161	10.590	1.964
5.655	0.185	0.185	4.398	1.131	0.210	12.902	2.392
5.839	0.185	0.185	4.398	1.393	0.258	14.602	2.708
6.024	0.094	0.094	4.398	1.590	0.149	15.756	1.479
6.118	0.185	0.207	26.658	9.061	1.874	12.345	2.554
6.303	0.185	0.207	26.658	9.804	2.028	13.311	2.753
6.488	0.185	0.207	26.658	10.547	2.182	14.276	2.953
6.673	0.185	0.207	26.658	11.291	2.336	15.250	3.155
6.857	0.185	0.207	26.658	12.034	2.489	16.233	3.358
7.042	0.185	0.207	26.658	12.778	2.643	17.214	3.561
7.227	0.159	0.178	26.658	13.469	2.393	18.126	3.221
7.386	0.185	0.207	26.668	14.163	2.930	19.040	3.939
7.571	0.185	0.207	26.668	14.906	3.084	20.027	4.143
7.756	0.185	0.207	26.668	15.650	3.238	21.014	4.347
7.941	0.049	0.055	26.668	16.121	0.891	21.635	1.196
7.990	0.185	0.207	26.668	16.515	3.417	22.165	4.585
8.175	0.185	0.207	26.668	17.105	3.539	22.955	4.749
8.360	0.185	0.207	26.668	17.695	3.661	23.750	4.913
8.545	0.185	0.207	26.668	18.284	3.783	24.543	5.077
8.729	0.185	0.207	26.668	18.874	3.905	25.335	5.241
8.914	0.185	0.207	26.668	19.464	4.027	26.114	5.402
9.099	0.185	0.207	26.668	20.054	4.149	26.902	5.565
9.284	0.147	0.164	26.668	20.583	3.382	27.598	4.534
9.431	0.185	0.209	27.899	21.747	4.549	27.627	5.779
9.616	0.185	0.209	27.899	22.314	4.668	28.328	5.926
9.801	0.185	0.209	27.899	22.880	4.786	29.027	6.072
9.986	0.114	0.130	27.899	23.339	3.023	29.592	3.832
10.100	0.185	0.209	27.899	23.110	4.834	29.277	6.124
10.285	0.185	0.209	27.899	22.300	4.665	28.259	5.911
10.470	0.185	0.209	27.899	21.491	4.496	27.261	5.703
10.655	0.185	0.209	27.899	20.681	4.326	26.267	5.495
10.839	0.185	0.209	27.899	19.872	4.157	25.281	5.288
11.024	0.076	0.086	27.899	19.301	1.652	24.604	2.106
11.100	0.185	0.209	27.899	19.419	4.062	24.735	5.174
11.285	0.185	0.209	27.899	19.986	4.181	25.415	5.316
11.470	0.185	0.209	27.899	20.552	4.299	26.075	5.454
11.655	0.057	0.064	27.899	20.922	1.341	26.482	1.697

11.711	0.162	0.185	29.408	21.964	4.074	26.156	4.852
11.873	0.185	0.212	29.408	22.507	4.776	22.815	4.842
12.058	0.162	0.186	29.408	23.090	4.301	23.519	4.381
12.220	0.185	0.212	29.408	22.962	4.873	23.418	4.970
12.405	0.185	0.212	29.408	22.160	4.703	22.598	4.796
12.590	0.185	0.212	29.408	21.357	4.532	21.644	4.593
12.775	0.061	0.070	29.408	20.825	1.447	20.996	1.459
12.835	0.185	0.213	29.608	20.374	4.332	20.309	4.318
13.020	0.185	0.213	29.608	19.562	4.160	19.391	4.123
13.205	0.185	0.213	29.608	18.749	3.987	18.528	3.940
13.390	0.185	0.213	29.608	17.937	3.814	17.708	3.765
13.575	0.185	0.213	29.608	17.125	3.641	16.927	3.599
13.760	0.185	0.213	29.608	16.313	3.469	16.168	3.438
13.944	0.056	0.064	29.608	15.784	1.009	15.677	1.003
14.000	0.185	0.213	29.608	26.424	5.619	26.182	5.567
14.185	0.185	0.213	29.608	25.612	5.446	25.406	5.402
14.370	0.185	0.213	29.608	24.800	5.273	24.618	5.235
14.555	0.122	0.141	29.608	24.125	3.397	23.952	3.372
14.677	0.185	0.220	32.974	24.864	5.479	21.767	4.797
14.862	0.185	0.220	32.974	23.879	5.262	20.846	4.594
15.047	0.185	0.220	32.974	22.893	5.045	19.937	4.393
15.232	0.185	0.220	32.974	21.907	4.828	19.032	4.194
15.417	0.185	0.220	32.974	20.922	4.610	18.135	3.996
15.601	0.185	0.220	32.974	19.936	4.393	17.236	3.798
15.786	0.185	0.220	32.974	18.950	4.176	16.374	3.608
15.971	0.185	0.220	32.974	17.964	3.959	15.524	3.421
16.156	0.185	0.220	32.974	16.979	3.742	14.677	3.234
16.341	0.185	0.220	32.974	15.993	3.524	13.831	3.048
16.526	0.185	0.220	32.974	15.007	3.307	12.984	2.861
16.711	0.081	0.097	32.974	14.298	1.381	12.367	1.194
16.792	0.185	0.220	32.984	13.591	2.995	11.825	2.606
16.977	0.185	0.220	32.984	12.605	2.778	11.029	2.431
17.161	0.045	0.053	32.984	11.993	0.641	10.498	0.561

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
dl(m) : lunghezza base concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio
TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio
