



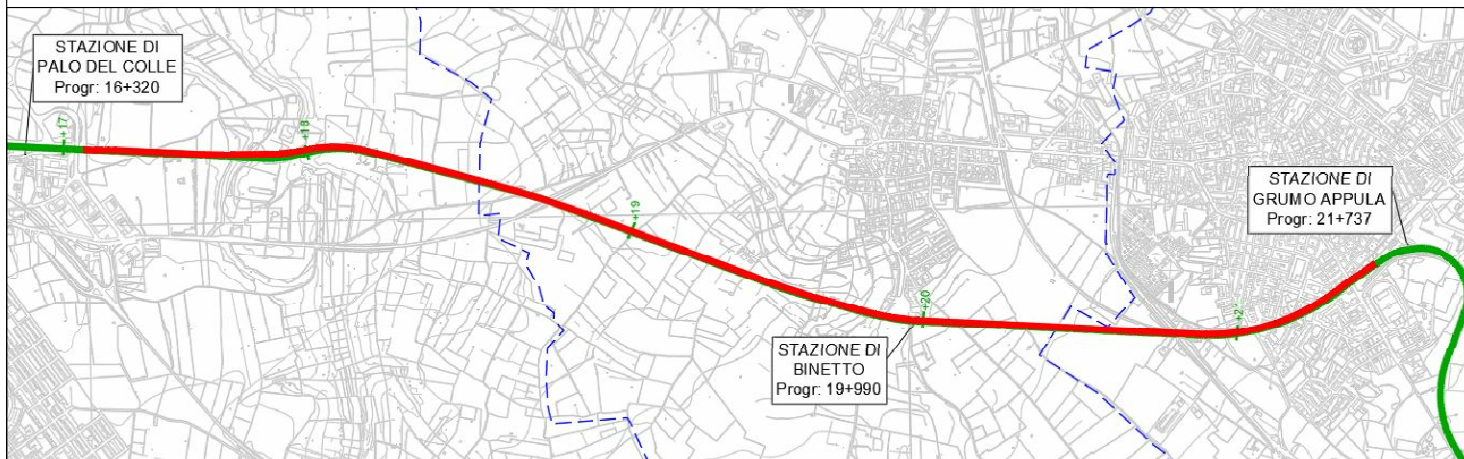
FERROVIE APPULO LUCANE S.R.L.

Ferrovie Appulo Lucane

PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE, VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE, DEL RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA

C.U.P.: G21E16000380001

C.I.G.: 72395498D2



RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Dott. Ing. MASSIMILIANO NATILE

FIRME:



Integrazione delle prestazioni specialistiche:

Ing. MARCO RASIMELLI

Resp. Studio SIA

Ing. DINO BONADIES

Geologia :

Dott. Geol. STEFANO PIAZZOLI

Ing. SIMONE PELLEGRINI

Ing. VALERIO MASTROIANNI

Geom. CARLO ROSI



Ing. PRIMO STASI

Geologia :

Dott. Geol. MARIO STANI

Studio SIA:

Arch. LUCIA LEPORE

Ing. ANTONIO DI LEO

Coordinamento Sicurezza in fase di Progetto

Ing. NICOLA LABARILE



PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato ST0001		Pratica 18021_DAR	RELAZIONE GEOTECNICA			
Scala -		Codifica elaborato DAR_3RH001a				
A	GIUGNO 2020	PRIMA EMISSIONE	PELLEGRINI	PELLEGRINI	PELLEGRINI	M. RASIMELLI
Rev.	Data	Motivazione	Redatto	Verificato	Approvato	Autorizzato

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica</p>	<p>DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 2 di 77</p>
---	---	---

SOMMARIO

1. PREMESSA	5
2. PARATIE PONTE LAMASINATA	6
2.1 Sezione di verifica	9
2.2 Codice di calcolo	12
2.3 Approccio normativo	18
2.4 Carichi	20
2.5 Risultati delle analisi	20
2.5.1 Verifica SLE degli spostamenti	34
2.5.2 Verifica SLU a flessione	35
2.5.3 Verifica SLU a taglio	35
3. PONTE PROGR. 19+648.37	36
3.1 Terreno di fondazione	36
3.2 Terreno a tergo dello scatolare e dei muri di sostegno	37
3.3 Falda freatica	37
3.4 Parametri sismici	37
3.5 Verifica delle pressioni sul terreno (intradosso ponticello $h=2.0m$)	38
3.6 Verifica delle pressioni sul terreno (intradosso muri ad U)	39
5. PONTE PROGR. 19+810.43	40
5.1 Terreno di fondazione	40
5.2 Terreno a tergo delle opere	41
5.3 Falda freatica	41
5.4 Micropali – Carico limite a compressione e trazione	42
5.5 Micropali – Carico limite orizzontale	42
5.6 Parametri sismici	43
5.7 Verifica dei micropali (intradosso ponte scatolare)	43
5.8 Verifica dei micropali (intradosso muri ad U)	45
5.9 Verifica dei micropali (intradosso muri - sezione 1)	46
5.9.1 Verifica a compressione dei micropali	46
5.9.2 Verifica a trazione dei micropali	47
5.9.3 Verifica a carico limite orizzontale dei micropali	48
5.10 Verifica dei micropali (intradosso muri - sezione 2)	48
5.10.1 Verifica a compressione dei micropali	48
5.10.2 Verifica a trazione dei micropali	49
5.10.3 Verifica a carico limite orizzontale dei micropali	50

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione Geotecnica</p>	<p>DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 3 di 77</p>
---	--	---

5.11	Verifica dei micropali (intradosso muri - sezione 3)	50
5.11.1	Verifica a compressione dei micropali	50
5.11.2	Verifica a trazione dei micropali	51
5.11.3	Verifica a carico limite orizzontale dei micropali	52
5.12	Verifica dei micropali (intradosso muri - sezione 4)	52
5.12.1	Verifica a compressione dei micropali	52
5.12.2	Verifica a trazione dei micropali	53
5.12.3	Verifica a carico limite orizzontale dei micropali	54
6.	SOTTOVIA PROGR. 19+896.06	55
6.1	Terreno di fondazione	55
6.2	Terreno a tergo dello scatolare e dei muri di sostegno	56
6.3	Falda freatica	56
6.4	Parametri sismici	56
6.5	Verifica delle pressioni sul terreno (intradosso scatolare)	57
6.6	Verifiche geotecniche (muro $5.50m < H \leq 6.50m$)	58
6.7	Verifiche geotecniche (muro $4.50m < H \leq 5.50m$)	59
6.8	Verifiche geotecniche (muro $3.50m < H \leq 4.50m$)	60
6.9	Verifiche geotecniche (muro $H \leq 3.50m$)	61
7.	SOTTOVIA PROGR. 21+146.92	62
7.1	Terreno di fondazione	62
7.2	Terreno a tergo del sottovia e dei muri di sostegno	63
7.3	Falda freatica	63
7.4	Parametri sismici	63
7.5	Verifica delle pressioni sul terreno (intradosso sottovia)	64
7.6	Verifiche geotecniche (muro in affiancamento al sottopasso)	65
7.7	Verifiche geotecniche (muro di innesto rampa)	66
7.8	Verifica delle pressioni sul terreno (tombino idraulico)	66
7.9	Verifiche geotecniche (muro di spessore 50cm)	67
8.	CAVALCAFERROVIA PROGR. 19+328.23	69
8.1	Terreno di fondazione	69
8.2	Terreno a tergo delle spalle e dei muri di sostegno	70
8.3	Falda freatica	70
8.4	Parametri sismici	70
8.5	Verifiche geotecniche (spalle)	71
8.6	Verifiche geotecniche (muro $6.50m < H \leq 7.50m$)	72

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione Geotecnica</p>	<p>DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 4 di 77</p>
---	--	---

8.7	Verifiche geotecniche (muro $5.50m < H \leq 6.50m$)	73
8.8	Verifiche geotecniche (muro $4.50m < H \leq 5.50m$)	73
8.9	Verifiche geotecniche (muro $3.50m < H \leq 4.50m$)	75
8.10	Verifiche geotecniche (muro $2.50m < H \leq 3.50m$)	76
8.11	Verifiche geotecniche (muro $H \leq 2.50m$)	77

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 5 di 77
---	---	--

1. PREMESSA

La presente relazione si propone di descrivere i calcoli di dimensionamento strutturale e geotecnico delle opere di difesa necessarie alla realizzazione del Progetto del “Raddoppio della tratta Palo del Colle – Grumo Appula della linea Bari Matera”.

I calcoli geotecnici delle strutture di fondazione in oggetto sono stati eseguiti secondo le seguenti norme e leggi:

- DM 17.01.2018 – Norme tecniche per le costruzioni.
- CIRCOLARE n.617 del 02.02.2009 – Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM.14.01.2008.

Per riferimenti di calcolo o in mancanza di specifiche indicazioni si farà riferimento alle seguenti norme:

- Eurocodici strutturali e geotecnici pubblicati dal CEN, con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali.

I capitoli che seguono sono distinti per le opere maggiori presenti per le quali sono state dimensionate le opere di carattere geotecnico.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 6 di 77
---	---	--

2. PARATIE PONTE LAMASINATA

L'intervento è costituito da due paratie necessarie per eseguire lo scavo di posa delle spalle del "Ponte ferroviario Lamasinata". La realizzazione di tale opera di sostegno serve a preservare le fondazioni esistenti del ponte ferroviario che corre in adiacenza a quello di progetto (vedi Figura 2.1 e Figura 2.2).

Le opere di sostegno in oggetto sono costituite da una paratia di pali ad elica continua in c.a. (tecnologia tipo "C.F.A").

La presente relazione affronta la parte relativa all'inquadramento e al dimensionamento geotecnico e strutturale paratia di pali 600 mm tipo C.F.A. ad elica continua e calcolo della portanza e dei cedimenti della platea di fondazione degli edifici. Le opere di sostegno in questione sono a carattere provvisoria.

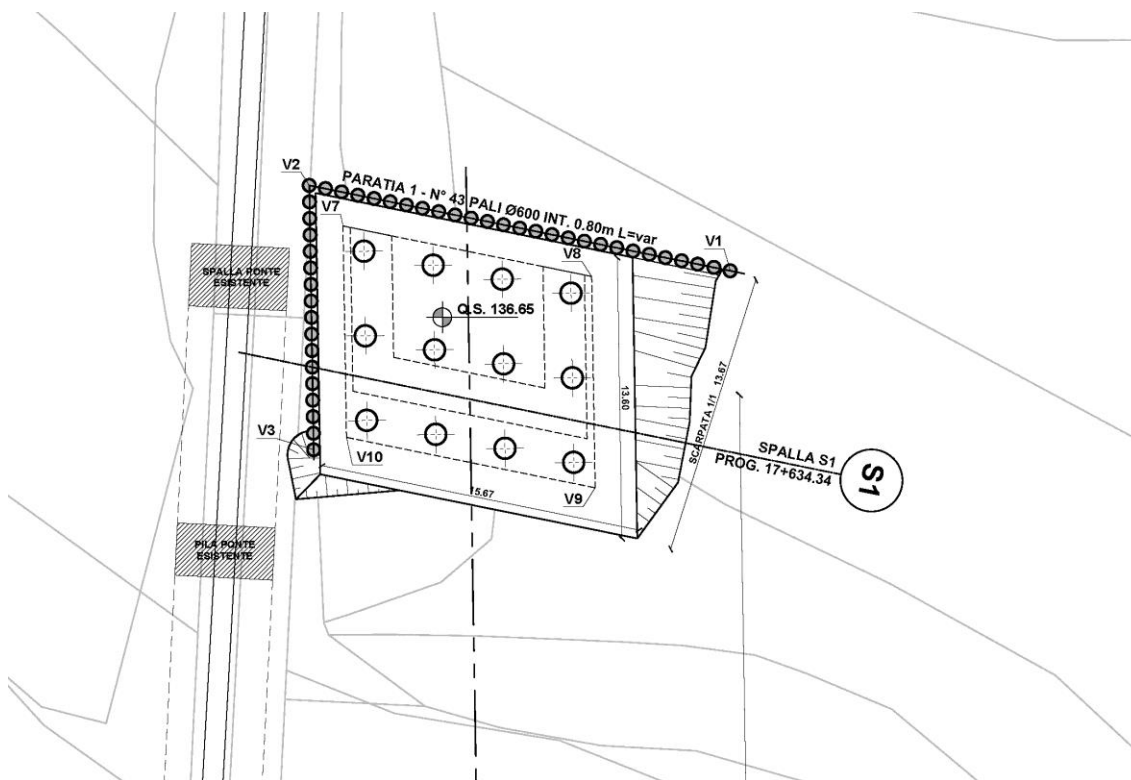


Figura 2.1 – Pianta ubicazione paratie: pali C.F.A. 600mm, spalla S1.



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione Geotecnica

DAR_3RH001a
Data: Giugno 2020
Pag. 7 di 77

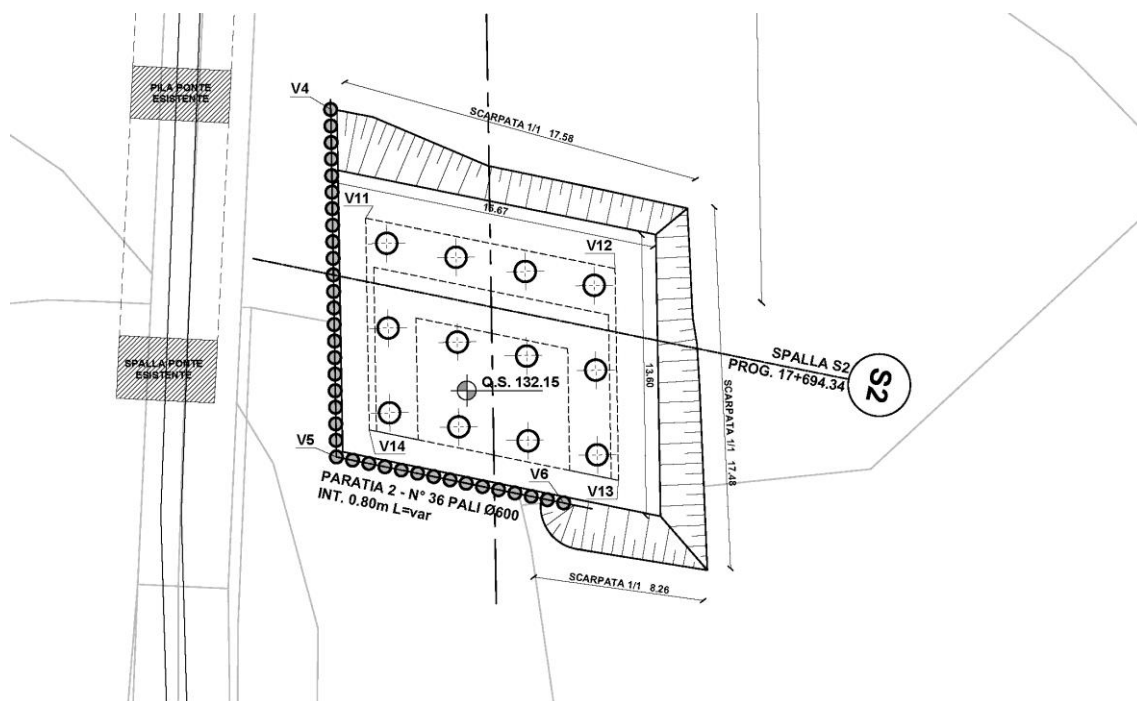


Figura 2.2 – Pianta ubicazione paratie: pali C.F.A. 600mm, spalla S2.

Sulla base dei dati sintetizzati in precedenza, ed in riferimento ai terreni tipo caratterizzati e alle ricostruzioni stratigrafiche eseguite nelle sezioni geologico-geotecniche, sono state individuate delle “stratigrafie di progetto” che tengano conto delle principali variabili geotecniche significative dal punto di vista ingegneristico. Di seguito vengono mostrate le due sezioni su cui sono stati strutturati i due modelli di calcolo.



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione Geotecnica

DAR_3RH001a
Data: Giugno 2020
Pag. 8 di 77

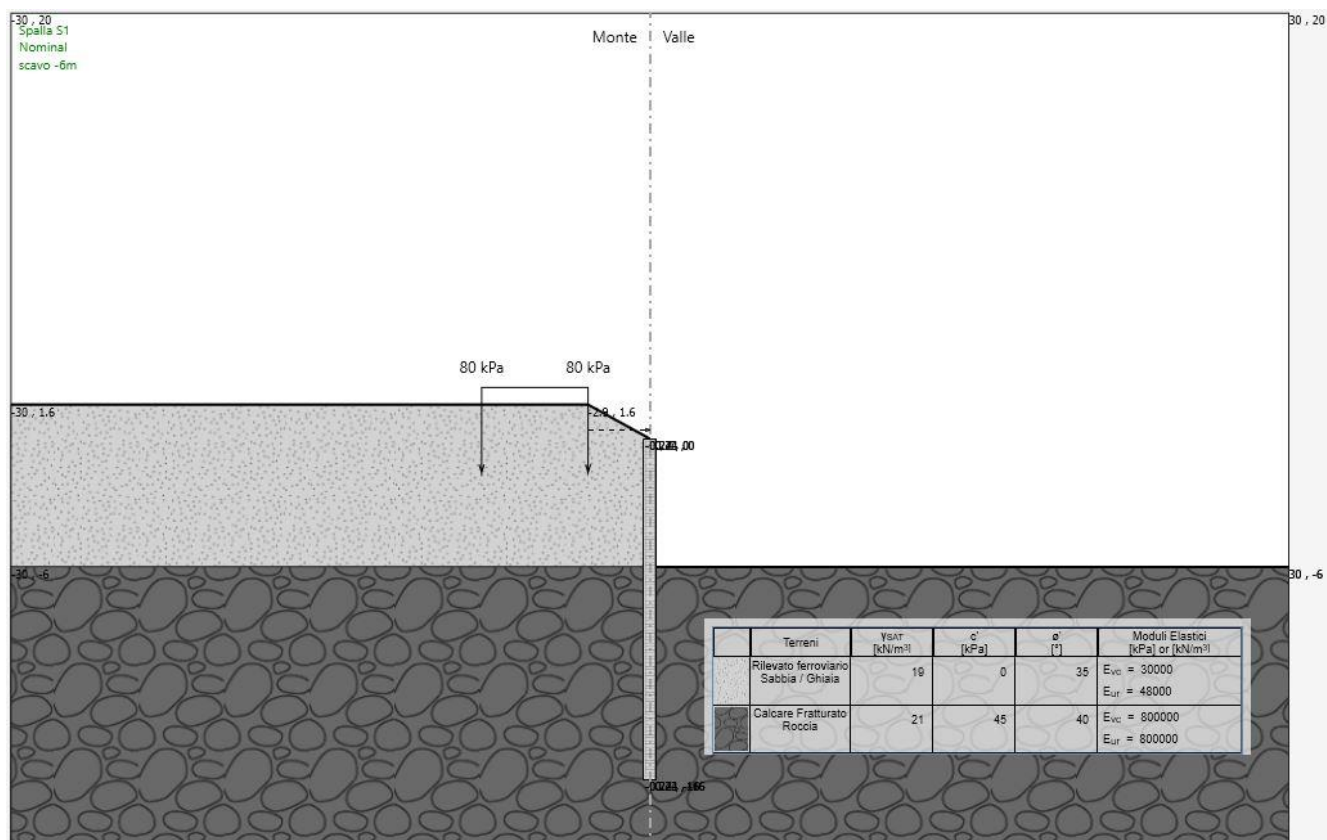


Figura 2.3 – Sezione di calcolo: pali C.F.A. 600mm, spalla S1.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 9 di 77
---	--	--

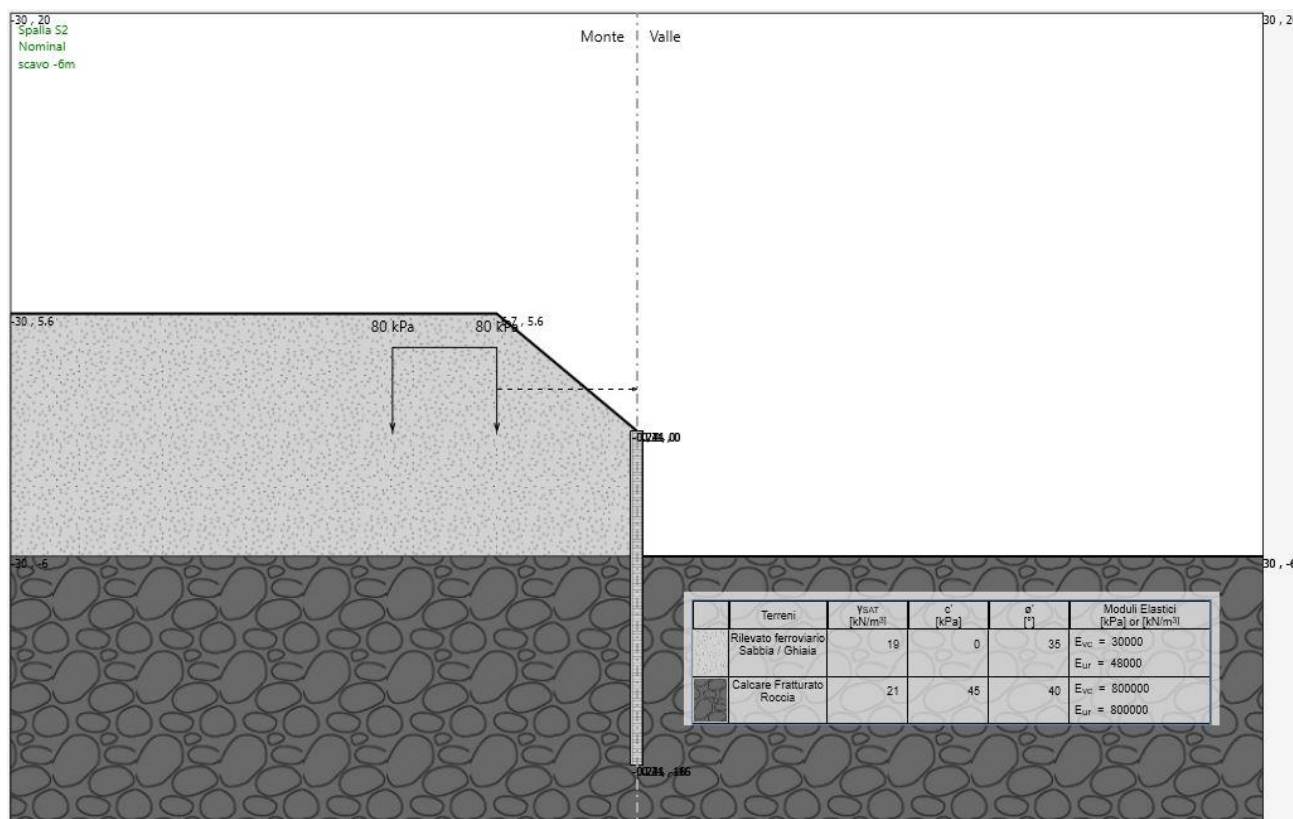


Figura 2.4 – Sezione di calcolo: pali C.F.A. 600mm, spalla S2.

2.1 Sezione di verifica

In Tabella 2.1 sono riportate le principali caratteristiche geometriche della palificata.

SPALLA	ALTEZZA TOTALE PARATIA	LUNGHEZZA PALI	CARICO FONDAZIONE ESISTENTE	Ø PALI	ALTEZZA FUORITERRA PARATIA	ARMATURA A FLESSIONE	ARMATURA A TAGLIO
[-]	[m]	[m]	[kPa]	[mm]	[m]	[cm ²]	[-]
S1 e S2	16.0	15.0	80	600	6.0	75.41 = 24 Ø20	Ø12/20cm

Tabella 2.1 – Caratteristiche della paratia di pali.

Le condizioni prese a riferimento nei calcoli sono quelle complessivamente più critiche ai fini della sicurezza e della funzionalità tanto dell'opera in sé che nei confronti delle



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione Geotecnica

DAR_3RH001a
Data: Giugno 2020
Pag. 10 di 77

pre-esistenze che si affacciano sul perimetro di scavo, dunque dimensionanti anche nei confronti delle sezioni non direttamente soggette a verifica, caratterizzate da altezze inferiori, maggiori distanze reciproche opera di sostegno-opere esistenti, ecc. (tali fattori possono occorrere disgiuntamente o contemporaneamente).

In particolare si faccia riferimento alla sviluppata delle paratie provvisionali delle due spalle (vedi). L'altezza massima di scavo, circa 10m, corrisponde al punto angoloso dove si uniscono i due tratti di paratia a formare quasi un'angolo di 90°. Tale punto non è la condizione più sfavorevole per la paratia perché ogni tratto di paratia funge da elemento di incastro l'una per l'altra. Inoltre l'altezza di scavo dal punto di incastro dei due tratti di paratia diminuisce repentinamente. Si è scelto quindi di verificare un tratto di paratia ad una certa distanza "dall'incastro" ed un valore medio accettabile tra la massima e la minima altezza di scavo (circa 6m).

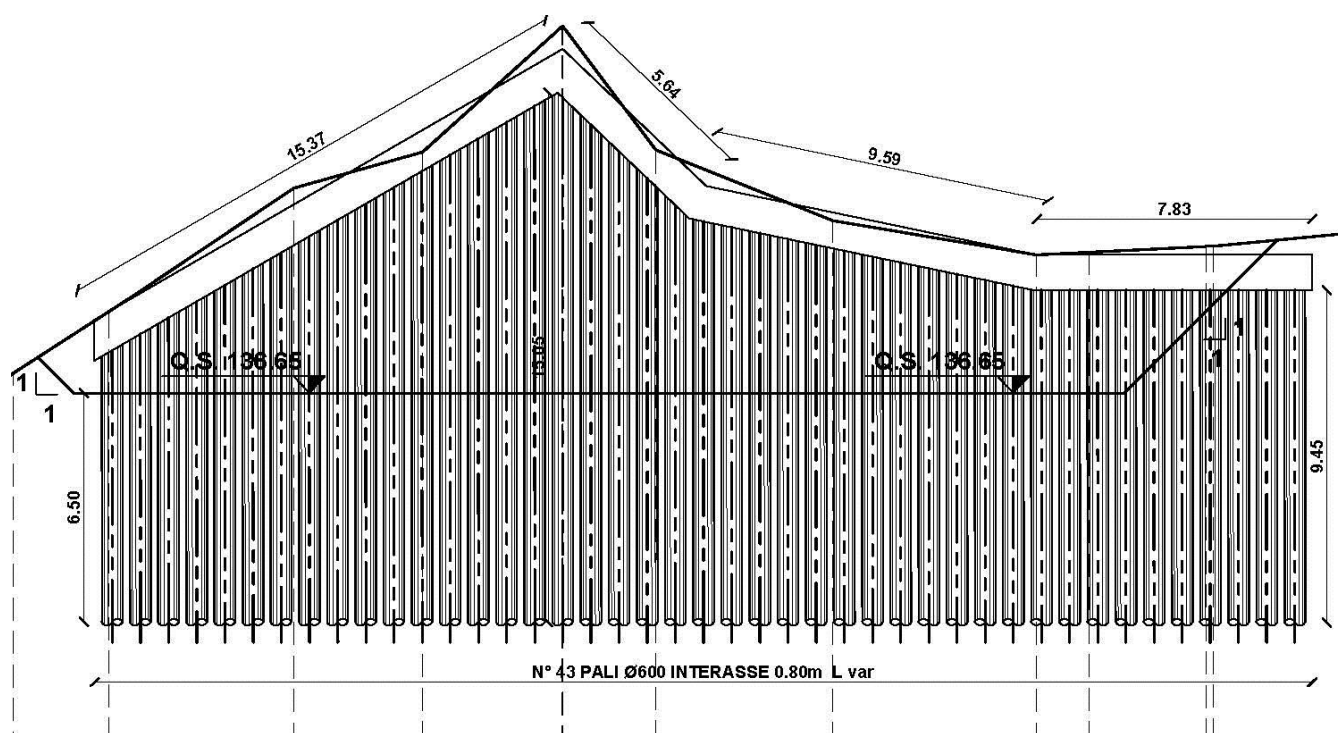


Figura 2.5 – Sviluppata: pali C.F.A. 600mm, spalla S1.



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

DAR_3RH001a
Data: Giugno 2020
Pag. 11 di 77

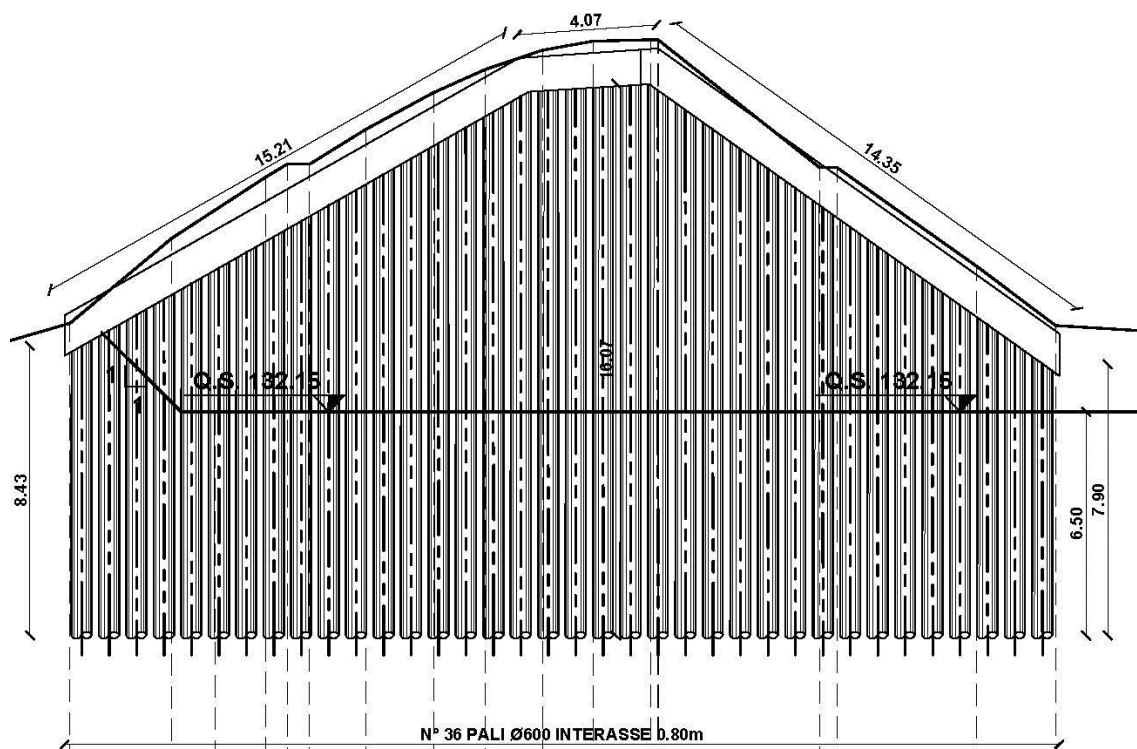


Figura 2.6 – Sviluppata: pali C.F.A. 600mm, spalla S2.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 12 di 77
---	---	---

2.2 Codice di calcolo

Il dimensionamento delle paratie è avvenuto mediante il codice di calcolo agli elementi finiti **PARATIE – PLUS 2020**.

La struttura viene schematizzata mediante elementi finiti di tipo trave, definiti nel piano da un nodo iniziale ed uno finale, e dalle caratteristiche inerziali della sezione trasversale. Ogni nodo dell'elemento possiede due gradi di libertà: la traslazione in direzione orizzontale e la rotazione intorno ad un asse ortogonale al piano di riferimento.

I pali della paratia vengono rappresentati come elementi monodimensionali tipo trave di larghezza unitaria e spessore assegnato. Agli elementi trave è assegnato un comportamento elastico lineare. La loro risposta è caratterizzata dalla rigidezza flessionale EJ.

Per i terreni è stato assunto un comportamento elasto-plastico ideale con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb.

Nel modello di calcolo, il terreno viene rappresentato mediante elementi monodimensionali tipo molla, connessi alla paratia in ogni suo nodo. Il comportamento meccanico della molla è di tipo elasto-plastico: essa reagisce elasticamente fino ai valori limiti della resistenza, raggiunta la quale, a seconda del verso dello spostamento, assume un valore pari alla spinta attiva o alla spinta passiva del terreno. Il criterio di resistenza adottato è quello di Mohr-Coulomb.

La deformabilità della molla è funzione dello stato tensionale a cui risulta sottoposta: in campo elastico essa è definita dall'espressione della rigidezza della molla:

$$K = E \cdot D / L$$

dove E è il modulo di elasticità del terreno, L la lunghezza della molla e D l'interasse tra le singole molle.

La lunghezza della molla L è variabile in funzione delle dimensioni della zona di terreno coinvolta nel movimento, sia in condizioni di spinta attiva sia di spinta passiva.

Lo stato tensionale iniziale della molla, nelle condizioni che precedono le operazioni di scavo e/o all'applicazione di qualsiasi azione esterna sulla paratia, è funzione della tensione verticale litostatica secondo la relazione:

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 13 di 77
---	---	---

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

in cui K_0 è il coefficiente di spinta a riposo.

A seguito delle operazioni di scavo, o dell'applicazione di azioni esterne sulla struttura, la reazione offerta dalla molla aumenta o diminuisce (a seconda del verso della deformazione) raggiungendo al limite le tensioni corrispondenti alle condizioni di spinta attiva o passiva, rispettivamente per decrementi o incrementi di tensione.

Per la valutazione del K_0 si utilizza l'espressione:

$$K_0 = 1 - \sin \varphi'.$$

Per i coefficienti di spinta attiva e passiva K_A e K_P in condizioni statiche sono state utilizzate rispettivamente le espressioni fornite da Coulomb e Lancellotta (2007), ipotizzando un angolo di attrito tra terreno e struttura $\delta = \varphi'/2$ per lo stato limite attivo e passivo.

L'equazione che fornisce il valore di K_A in accordo con la teoria di Coulomb è di seguito riportata:

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi' - \beta)}{\cos^2(\beta) \cos(\delta + \beta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi') \sin(\varphi' - \beta)}{\cos(\delta + \beta) \cos(\beta)}} \right]^2}$$

dove:

- β è l'inclinazione del paramento della paratia rispetto alla verticale;
- i è l'inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale.

L'equazione che fornisce il valore di K_P è valutata in accordo con la teoria di Lancellotta (2007, cfr. "Geotecnica" edizione 2012), di seguito riportata per il caso generale sismico:

$$K_{pe} = \left[\frac{\cos \delta}{\cos(\varepsilon - \theta) - \sqrt{\sin^2 \phi - \sin^2(\varepsilon - \theta)}} \left(\cos \delta + \sqrt{\sin^2 \phi - \sin^2 \delta} \right) \right] e^{a \tan \phi},$$

dove:

- $a = \sin^{-1} \left(\frac{\sin \delta}{\sin \phi} \right) + \sin^{-1} \left[\frac{\sin(\varepsilon - \theta)}{\sin \phi} \right] + \delta + (\varepsilon - \theta) + 2\theta$
- ε è l'inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale;
- δ è la scabrezza parete-terreno;

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 14 di 77
---	---	---

- θ rappresenta l'inclinazione della forza di massa per unità di volume in presenza delle azioni sismiche (dunque è pari a zero nel caso di interesse, di tipo statico).

La scelta della formulazione di Lancellotta è dovuta al fatto che essa è una soluzione di estremo inferiore, ottenuta con il teorema statico dell'analisi limite, dunque intrinsecamente conservativa.

Le analisi sono state effettuate con riferimento a diverse fasi di calcolo che simulano le reali fasi di costruzione, di seguito commentate e schematizzate.

- Fase 0: simula la condizione geostatica, coincidente con la configurazione a riposo nella quale viene riprodotto lo stato tensionale supposto esistente nel terreno prima di ogni intervento. In tale fase vengono eseguiti gli elementi verticali. Si suppone in pratica che l'inserimento della parete, prima dello scavo, perturbi di poco lo stato tensionale nel terreno.
- Fase 1: configura la geometria di scavo fino a -3.0m.
- Fase 2: configura la geometria di scavo finale fino a -6.0m.

Le fasi successive, durante la realizzazione della struttura interna, non vengono simulate, in quanto certamente meno gravose rispetto alle configurazioni in fase di scavo.

Nel seguito vengono graficate le varie fasi di calcolo della spalla S2 a titolo d'esempio per comprendere meglio la fasizzazione.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

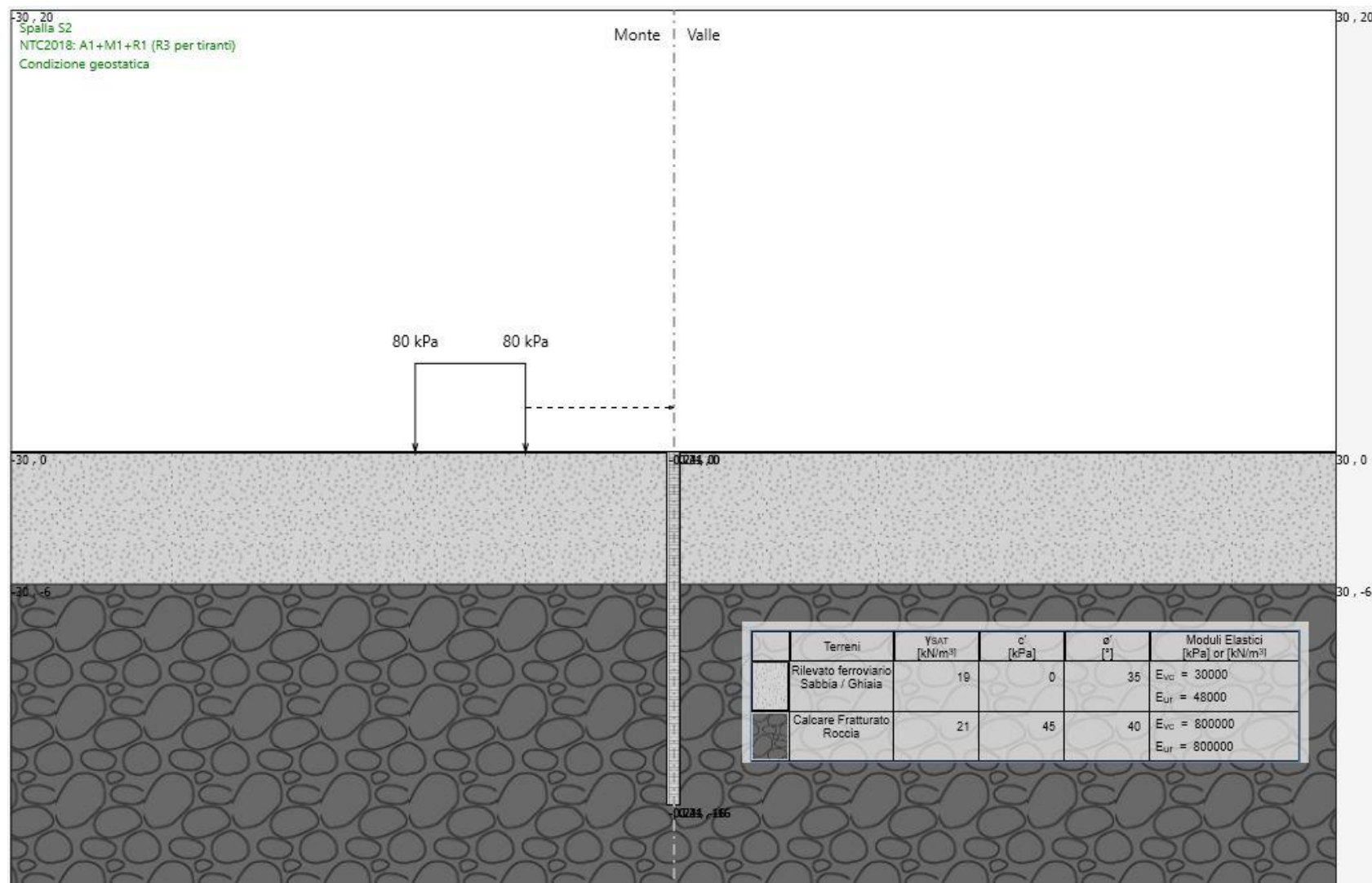


Figura 2.7 – Paratia Spalla S2, Fase 0: condizione geostatica.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

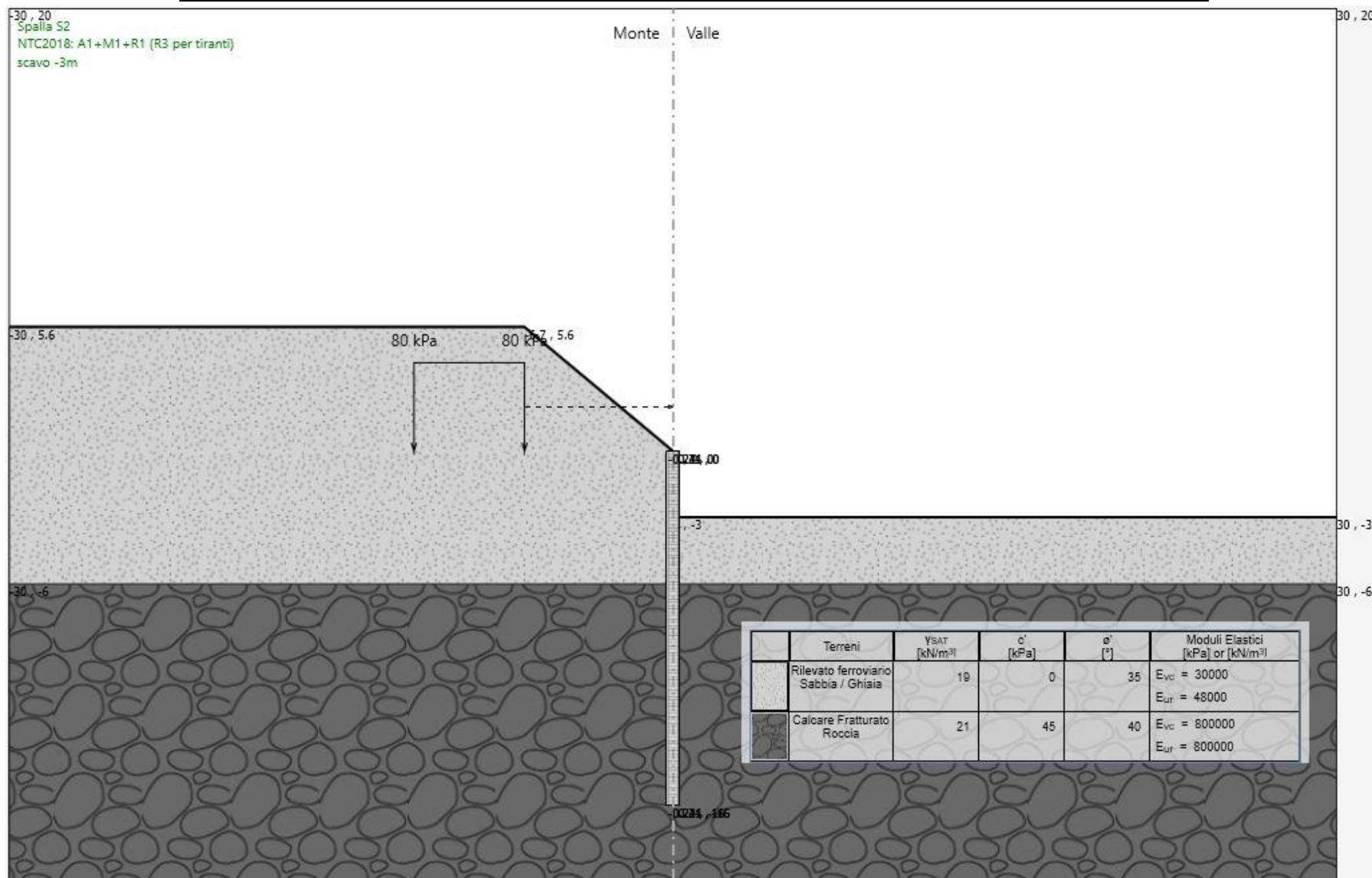


Figura 2.8 – Paratia Spalla S2, Fase 1: scavo fino a H=-3.0m.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

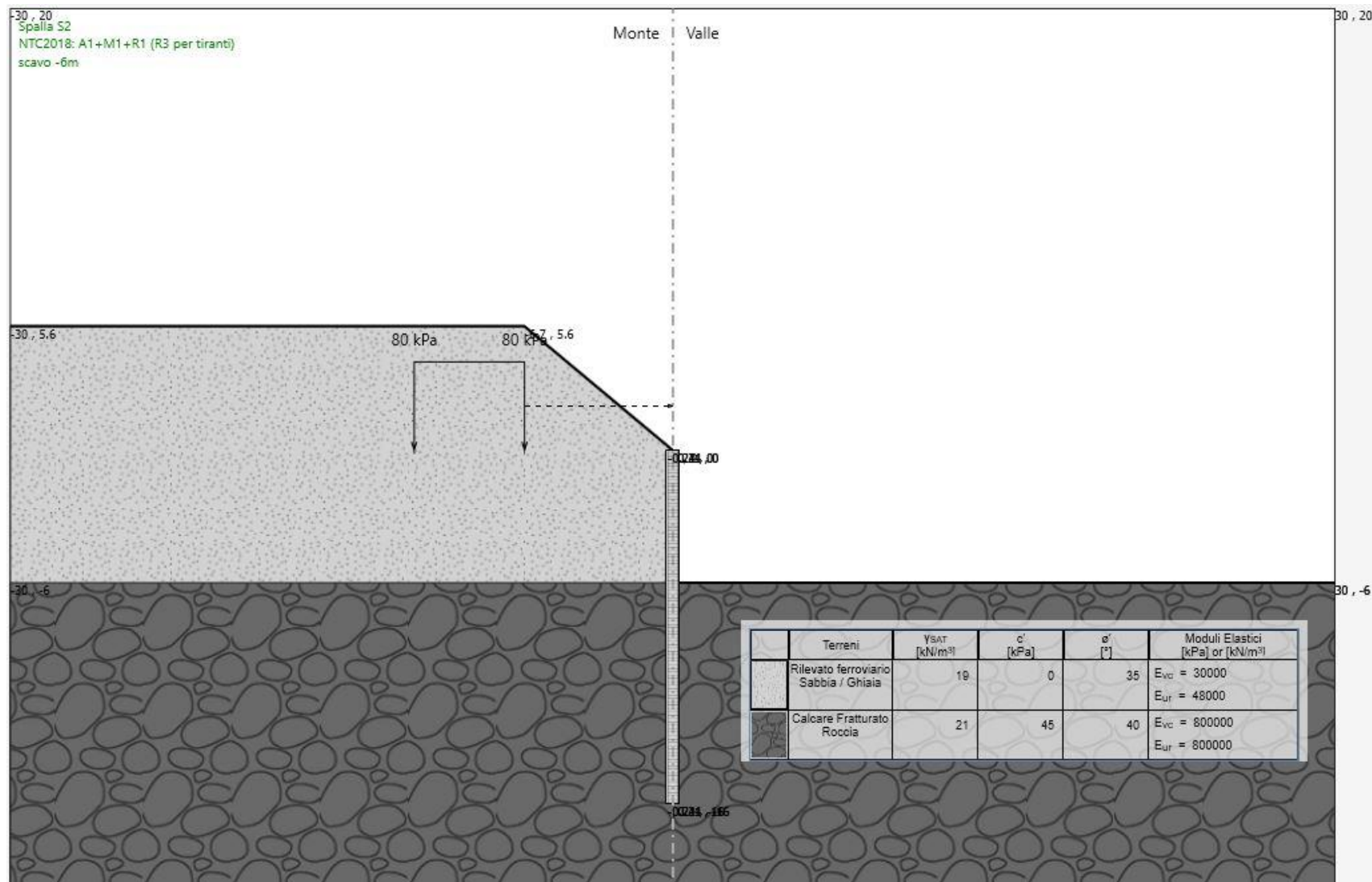


Figura 2.9 – Paratia Spalla S2, Fase 2: scavo finale fino a H=-6.0m.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 18 di 77
---	---	---

2.3 Approccio normativo

Le analisi di dimensionamento sono state eseguite conformemente dal D.M. 17 Gennaio 2018 “Norme tecniche per le costruzioni” (NTC 2018), con il metodo degli stati limite ultimi SLU (sicurezza nei confronti della rottura) e degli stati limite di esercizio SLE (deformazioni compatibili con la destinazione d’uso).

Le paratie non sono state verificate nei confronti delle “azioni sismiche”, in considerazione del carattere provvisorio dell’opera: come esplicitato dalla normativa al § 2.4.1, infatti, le verifiche sismiche di opere provvisorie possono omettersi quando la relativa vita nominale sia inferiore a 2 anni.

Per la paratia, quindi, sono sufficienti le sole analisi statiche.

In particolare, si fa riferimento a quanto riportato al §6.5.3.1.2 di NTC2018 e a quanto precisato nell’ambito della Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" al §6.5.3.1.2 per gli stati limite ultimi SLU e §6.5.3.2 di NTC2018 e §6.5.3.2 della Circolare esplicativa per gli stati limite di esercizio SLE.

Le verifiche allo SLU sono soddisfatte se avviene il rispetto della condizione $E_d \leq R_d$, con E_d valore di progetto dell’azione o del suo effetto e R_d valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

La verifica di tale condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali definiti rispettivamente per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1 e R2).

Di seguito, limitatamente al caso delle opere flessibili, si riassumono i valori numerici dei coefficienti parziali in accordo con NTC 2018.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 19 di 77
---	---	---

ANALISI			AZIONI - γ_F				PROPRIETÀ TERRENO - γ_M		
			PERMANENTI		VARIABILI		TAN		
			SFAVOREVOLI	FAVOREVOLI	SFAVOREVOLI	FAVOREVOLI	ϕ'	c'	γ
1	SLE	Base model	1.0	1.0	1.0	0	1.0	1.0	1.0
2A	SLU A1+M1+R1	0: DM08_ITA: Comb. 1: A1+M1+R1	1.3	1.0	1.5	0	1.0	1.0	1.0
2B	SLU A2+M2+R1	0: DM08_ITA: Comb. 2: A2+M2+R1	1.0	1.0	1.3	0	1.25	1.25	1.0
3	SLOPE SLU A2+M2+R2	0: DM08_ITA SLOPE: Comb. 2: A2+M2+R2	1.0	1.0	1.3	0	1.25	1.25	1.0

Tabella 2.2 – Approcci di calcolo e coefficienti parziali di sicurezza per opere di sostegno flessibili.

Per le verifiche di sicurezza globali (Analisi 3) la normativa impone l'utilizzo dell'Approccio Progettuale 1, Combinazione 2 (A2+M2+R2 per il caso statico SLU).

I coefficienti di sicurezza parziali γ_R che operano direttamente sulla resistenza del sistema, coerentemente con il set R1 e R2, vanno assunti rispettivamente pari a 1.0 e 1.1.

Ciò sta a significare che, una volta amplificate le azioni e parzializzate le caratteristiche geotecniche dei terreni nei modi sopra precisati, **si adotta un coefficiente di sicurezza minimo pari a $FS_{adm}=\gamma_R=1.0$ nelle Analisi 2A e 2B, $FS_{adm}=\gamma_R=1.1$ nelle Analisi 3.**

L'Analisi 1 consente di verificare i seguenti aspetti:

- LATO STRUTTURA:
 - verifica della deformabilità della paratia.
 - verifica delle tensioni di esercizio nella paratia;
 - verifica della fessurazione nella paratia.

Le Analisi 2A e 2B consentono di verificare i seguenti aspetti:

- LATO GEOTECNICO (ANALISI 2B):

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 20 di 77
---	---	---

- verifica lunghezza di infissione della paratia garantendo che il rapporto tra la lunghezza di progetto e la lunghezza limite di incipiente collasso ottenuta con i parametri abbattuti (analisi2B) sia ≥ 1 ($FS \geq 1$);
 - LATO STRUTTURA (ANALISI 2A):
 - verifica di resistenza della paratia (Flessione e Taglio).
- L'Analisi 3 consente di verificare le condizioni di stabilità globale.

2.4 Carichi

In Tabella 2.3 vengono riassunti il valore caratteristico Δq_k e di progetto Δq_d dei sovraccarichi considerati nelle analisi.

Carico	Δq_k (kPa)	Tipo
Carico Fondazioni esistenti, carichi permanenti	80	permanente

Tabella 2.3 - Sovraccarichi: valori caratteristici Δq_k .

In ragione della presenza delle fondazioni del ponte esistente, si è considerato un valore caratteristico del sovraccarico agente pari a $\Delta q_k = 80 \text{ kPa}$, uniformemente distribuito a tergo dell'opera.

2.5 Risultati delle analisi

Si riporta nelle figure seguenti un quadro di sintesi dei risultati ottenuti.

In particolare, da sinistra verso destra sono riportati l'approccio di calcolo esaminato, lo spostamento massimo registrato in seno alla paratia, i valori massimi delle sollecitazioni nelle paratie (momento flettente e taglio), i tassi di sfruttamento massimi (rapporto azioni di progetto-resistenze di progetto, **la verifica risulta soddisfatta per un valore minore di uno**), il fattore di sicurezza nei confronti dell'infissione critica, il fattore di sicurezza nei confronti della stabilità globale.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 21 di 77
---	--	---

Per illustrare in dettaglio la situazione, sono riportate nel seguito le seguenti rappresentazioni grafiche:

- diagrammi involuppo dei massimi valori delle deformazioni in seno alla paratia – valori in cm nelle combinazioni SLE;
- diagramma involuppo dei massimi valori del momento flettente sulla paratia - valori in kN*m a metro lineare - per la combinazione SLU A1+M1+R1 in cui è massimo il valore del momento flettente sollecitante M_{Ed} ; viene graficato anche il tasso di sfruttamento TSF M lungo la paratia ($TSF M = M_{Ed} / M_{Rd}$) ed il momento resistente di progetto M_{Rd} (linee verticali rosse).
- diagramma involuppo dei massimi valori della forza di taglio sulla paratia - valori in kN a metro lineare - per la combinazione SLU A1+M1+R1 in cui è massimo il valore del taglio sollecitante (V_{Ed}); viene graficato anche il tasso di sfruttamento TSF V lungo la paratia ($TSF V = V_{Ed} / V_{Rd}$) ed il taglio resistente di progetto V_{Rd} (linee verticali rosse).

Quanto dedotto numericamente risulta compatibile con le condizioni di lavoro delle opere in oggetto.

Si tenga presente che essendo l'opera di sostegno a carattere provvisoria si omettono le verifiche delle tensioni in esercizio del palo.

Per ulteriori dettagli, si rimanda ai seguenti paragrafi e alla consultazione dei tabulati di calcolo allegati alla presente relazione.

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione Geotecnica

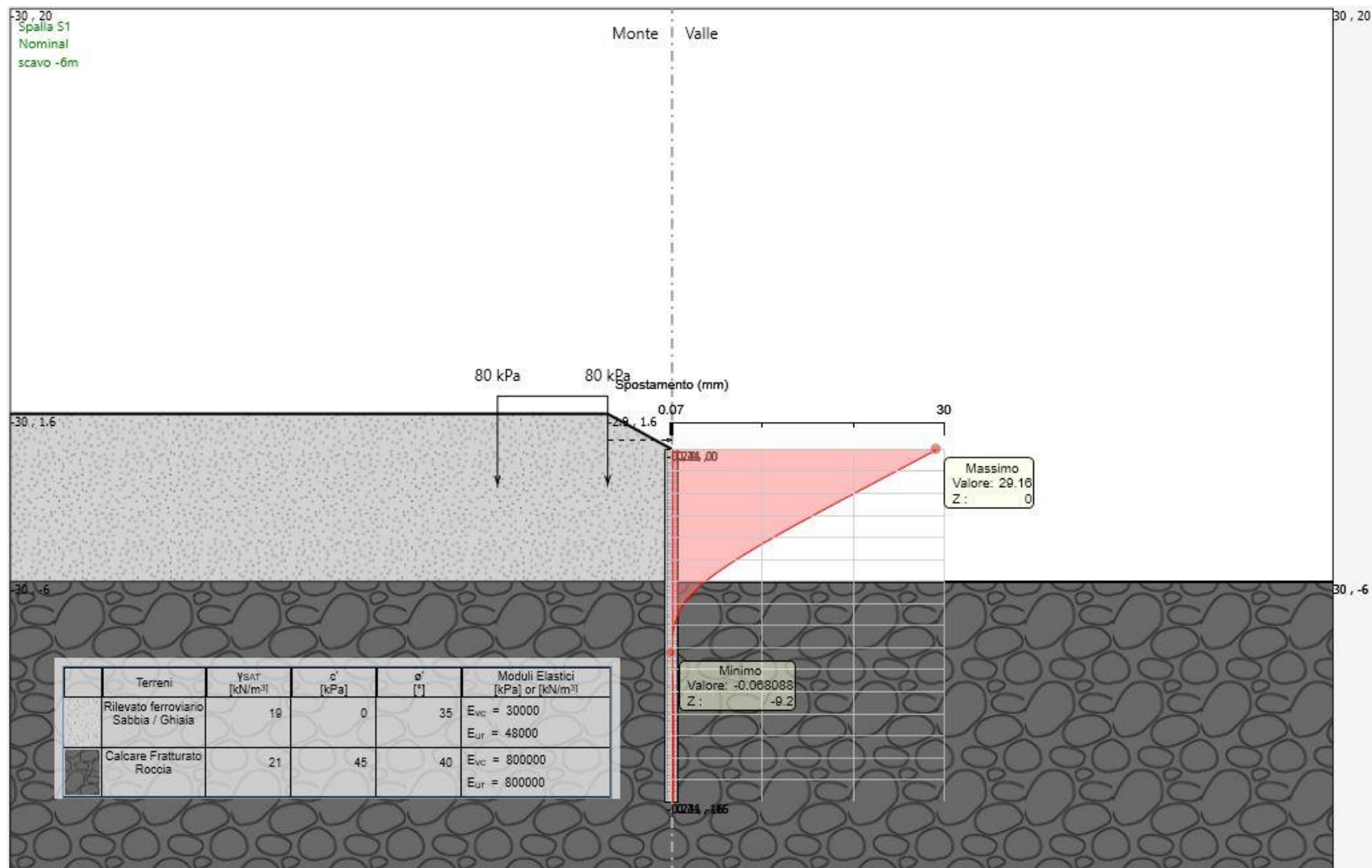


Figura 2.10 – Spalla S1: SLE, diagramma involucro spostamenti.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

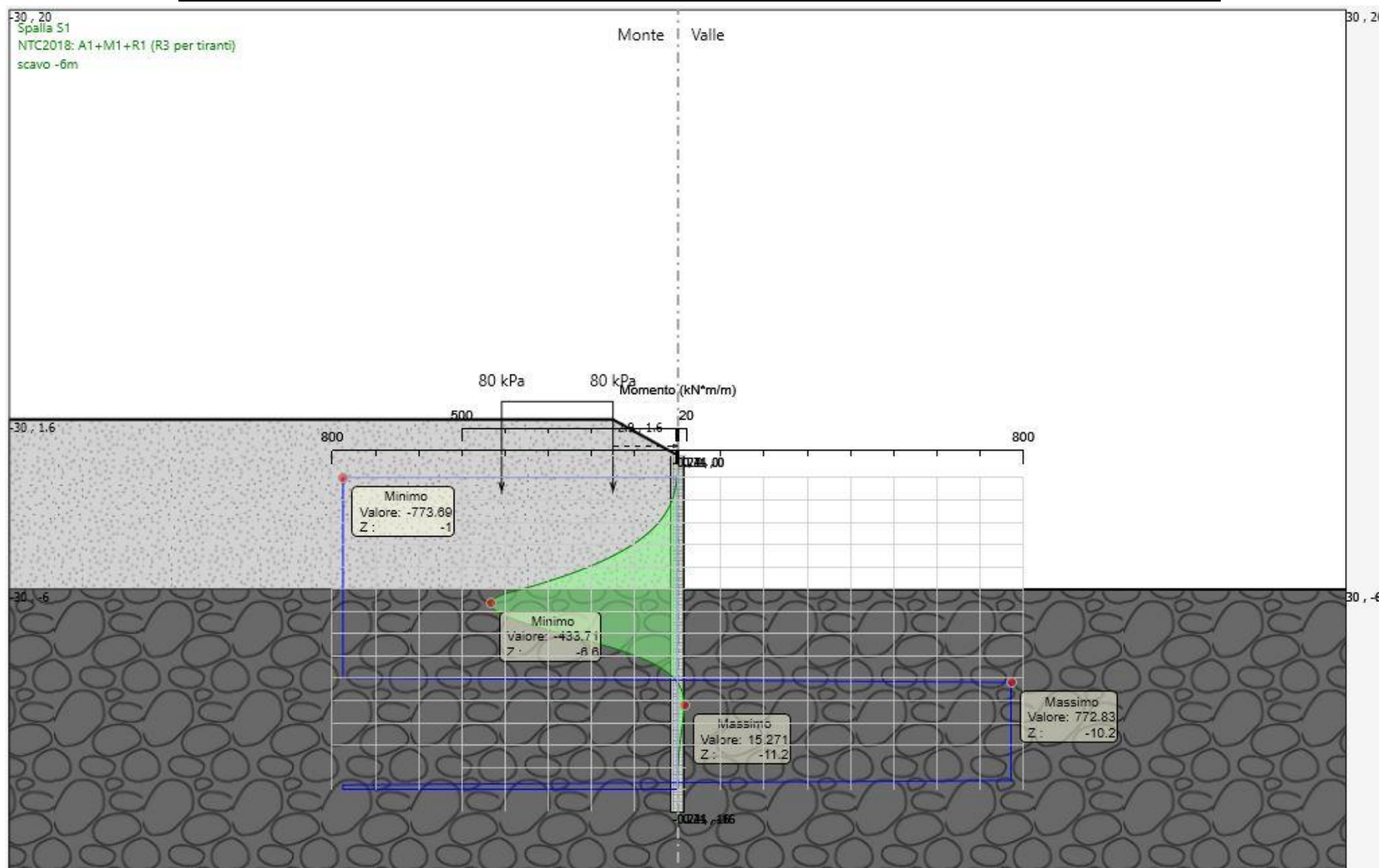


Figura 2.11 – Spalla S1: SLU A1+M1+R3, diagramma involuppo momento flettente.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

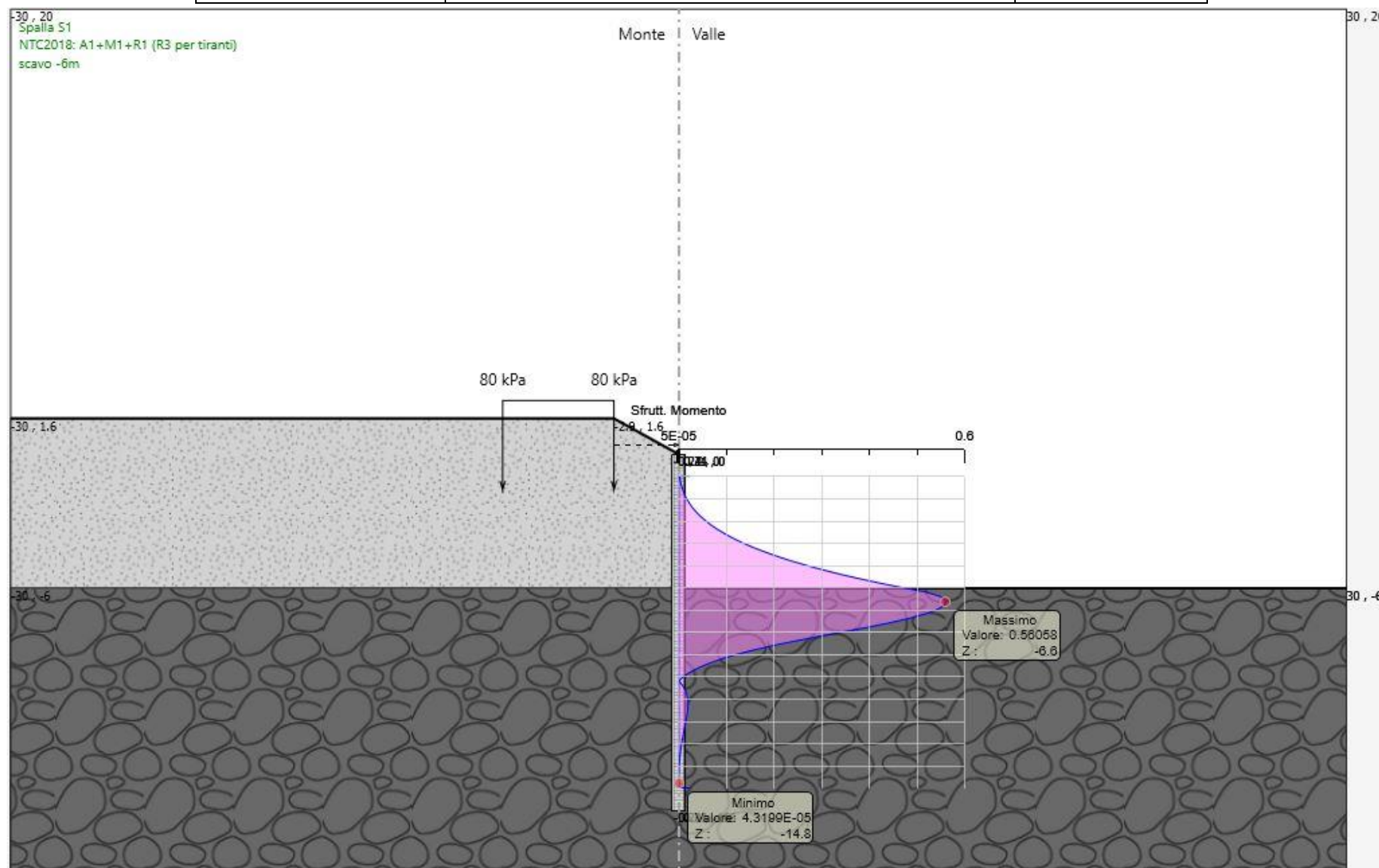


Figura 2.12 – Spalla S1: TSF, diagramma involucro momento flettente.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

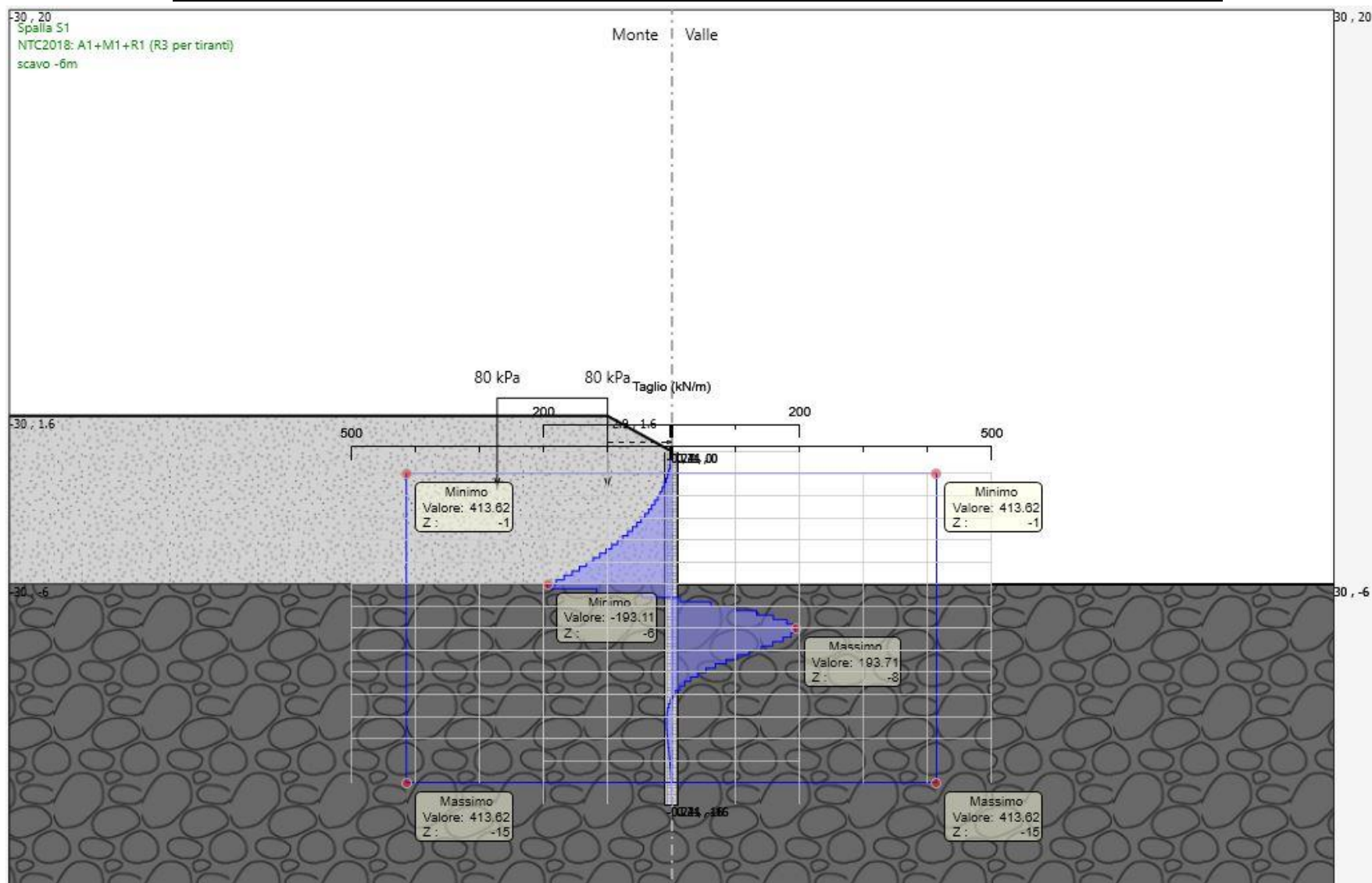


Figura 2.13 – Spalla S1: SLU A1+M1+R1, diagramma involuppo taglio.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

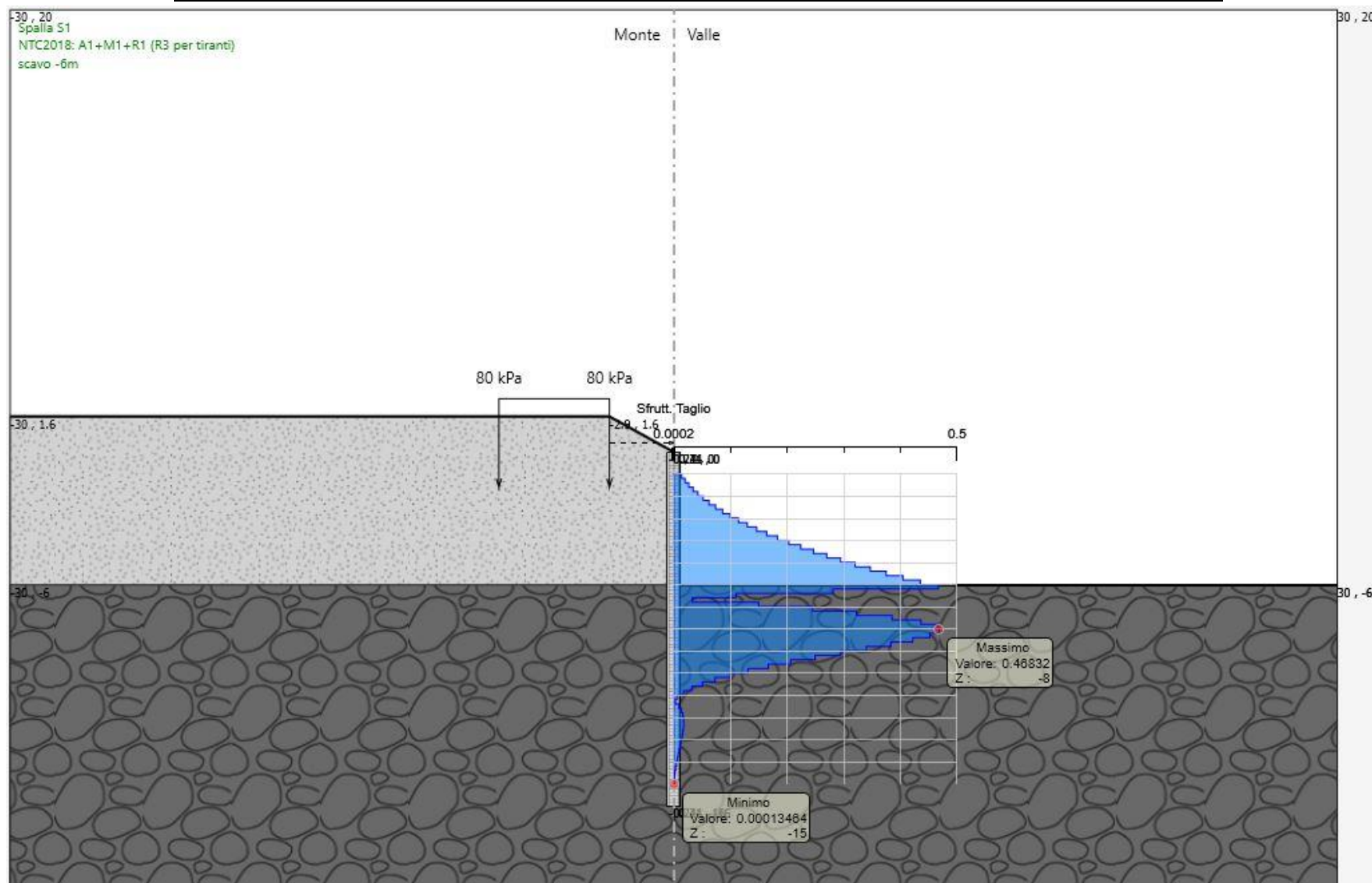


Figura 2.14 - Spalla S1: TSF, diagramma involucro taglio.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

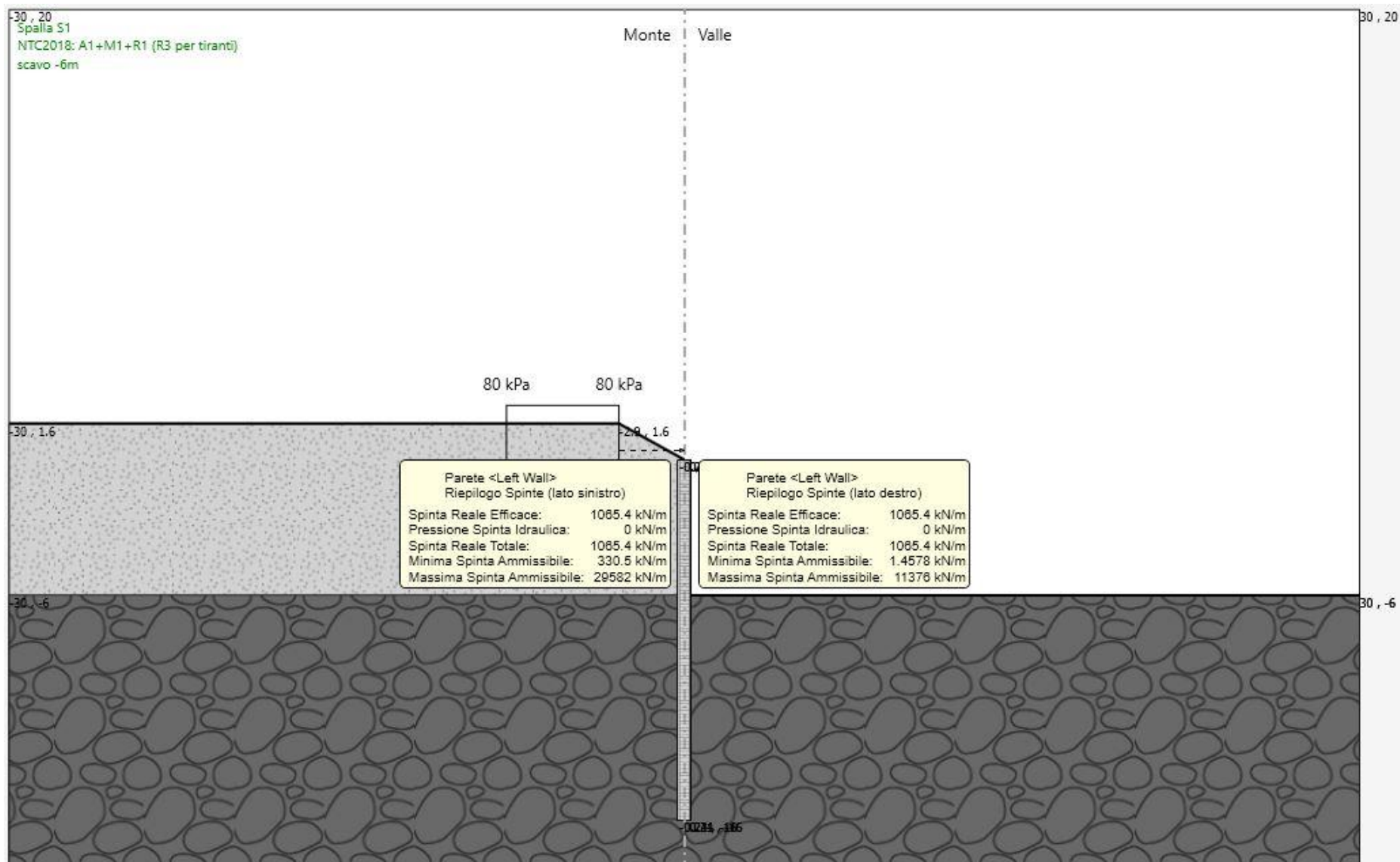


Figura 2.15 - Spalla S1: Riepilogo spinte.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

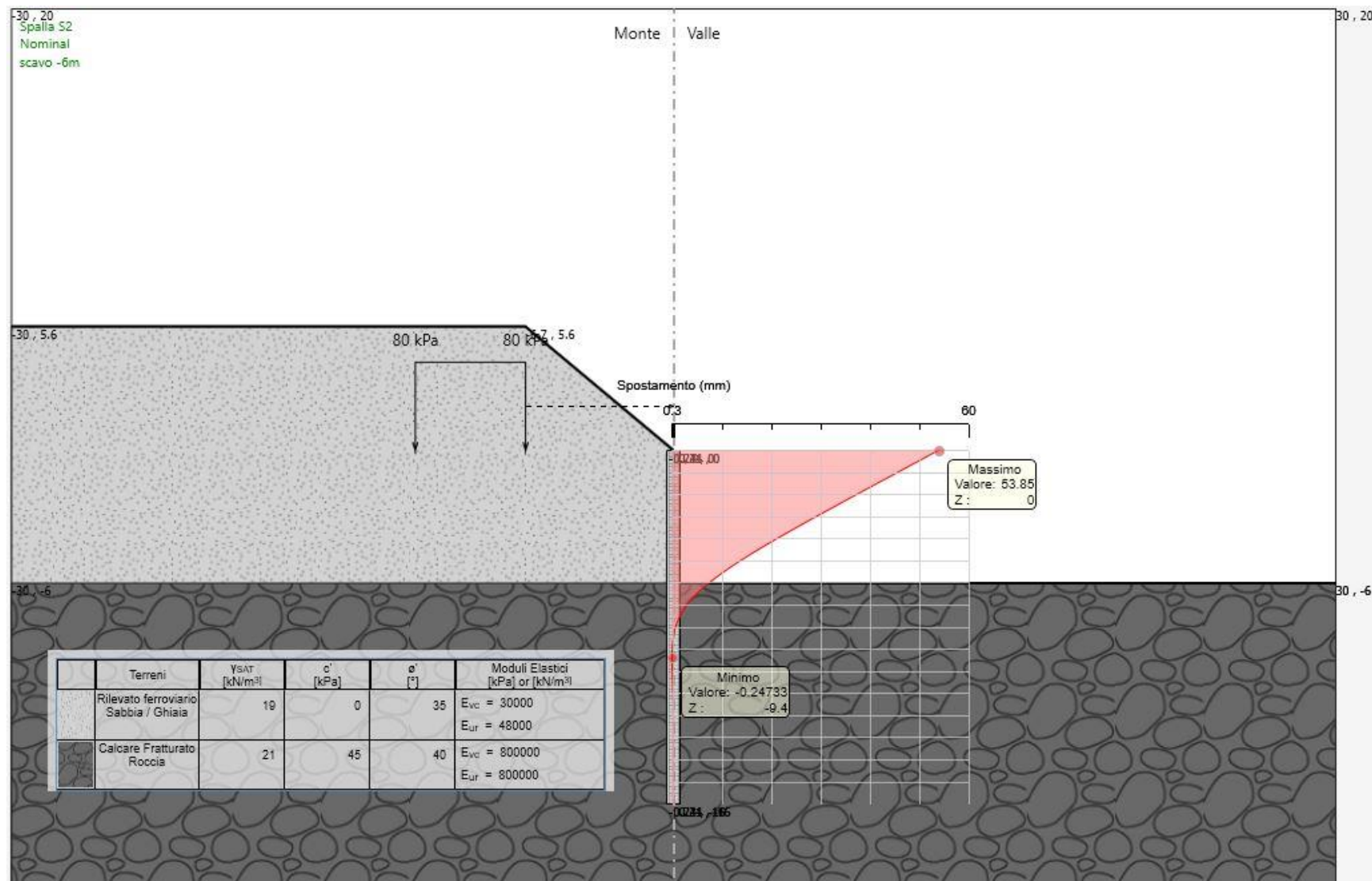


Figura 2.16 – Spalla S2: SLE, diagramma inviluppo spostamenti.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

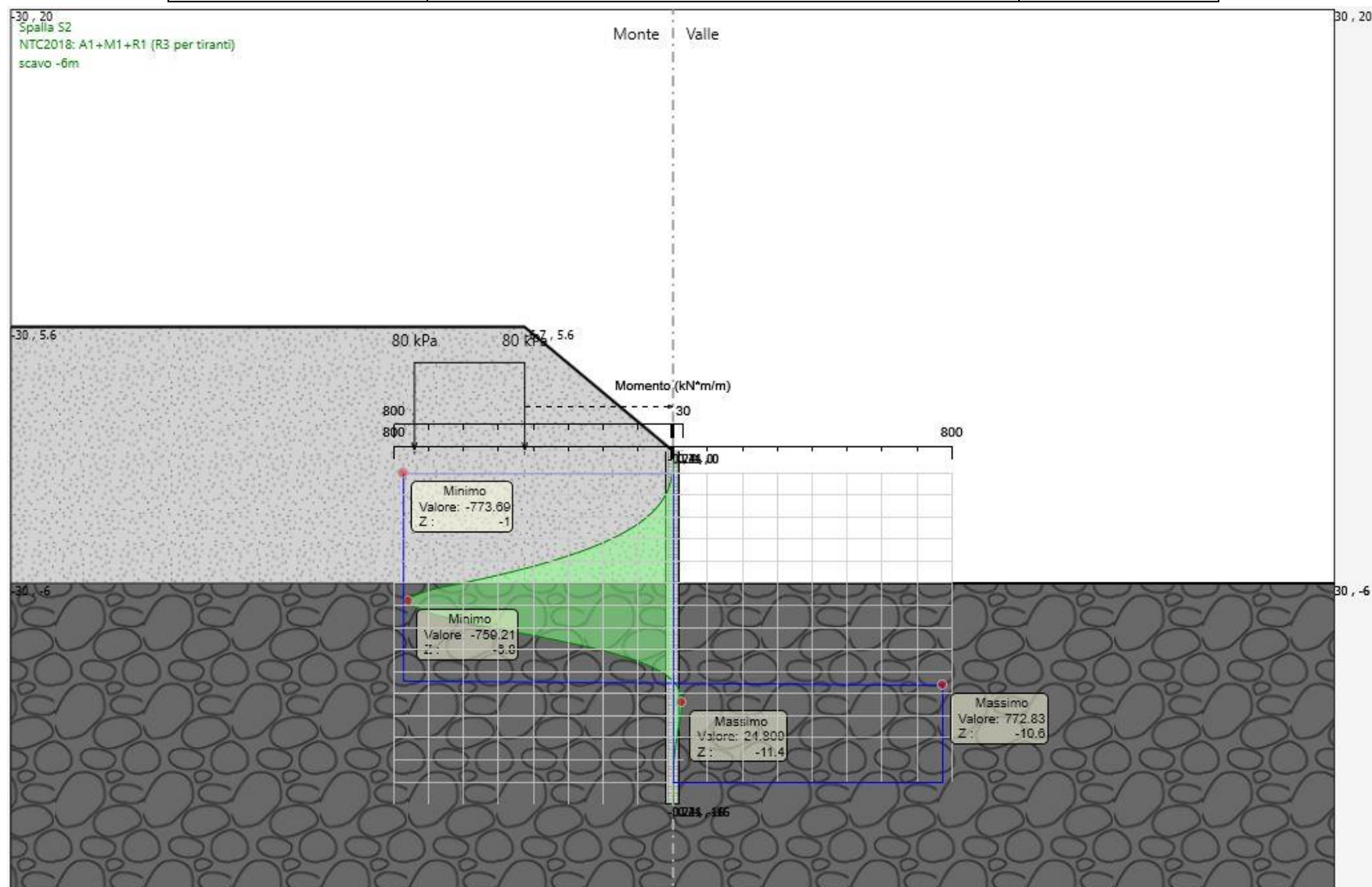


Figura 2.17 – Spalla S2: SLU A1+M1+R3, diagramma involuppo momento flettente.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

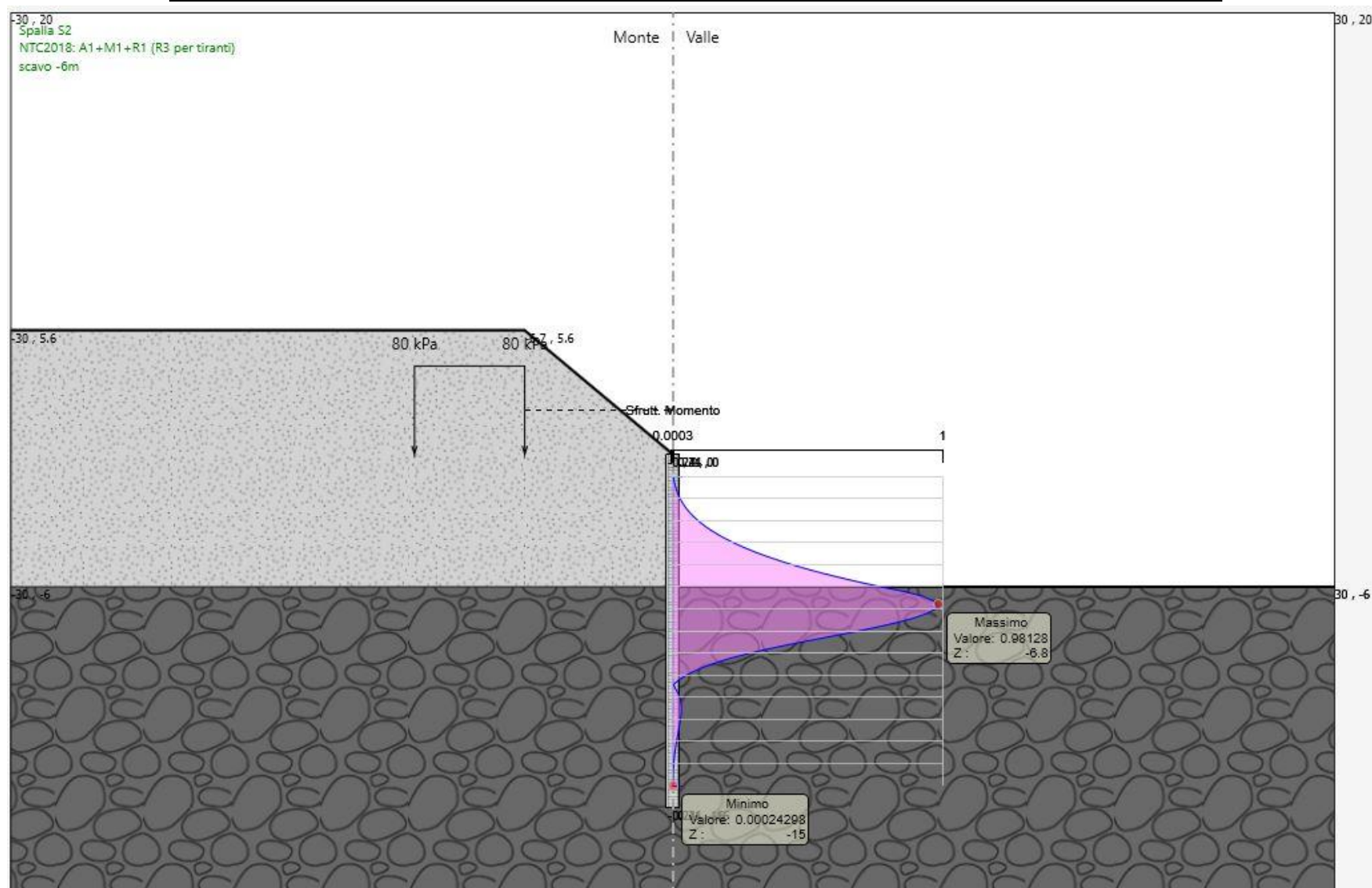


Figura 2.18 – Spalla S2: TSF, diagramma involucro momento flettente.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

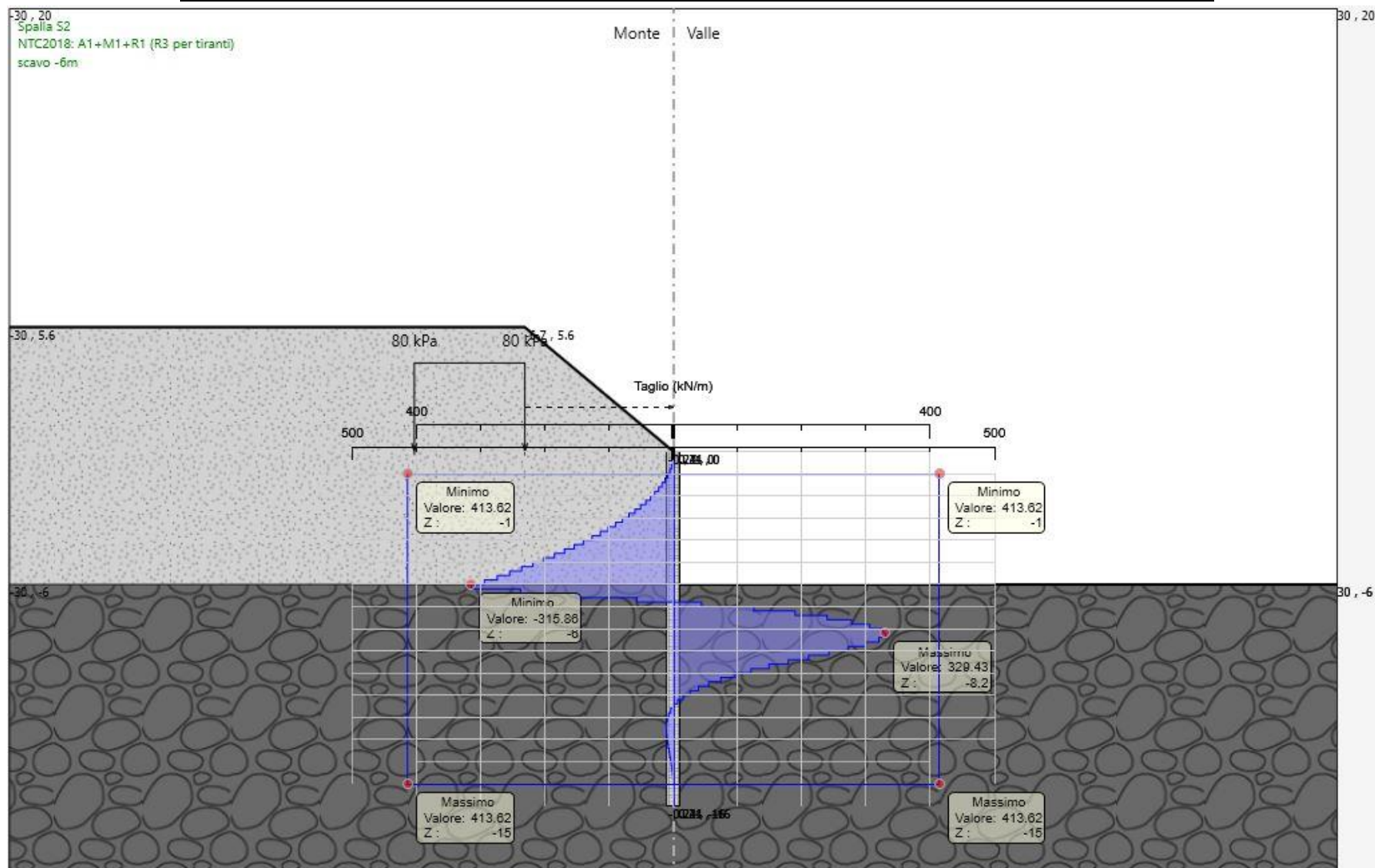


Figura 2.19 – Spalla S2: SLU A1+M1+R1, diagramma involuppo taglio.

PROGETTO DEFINITIVO
Relazione Geotecnica

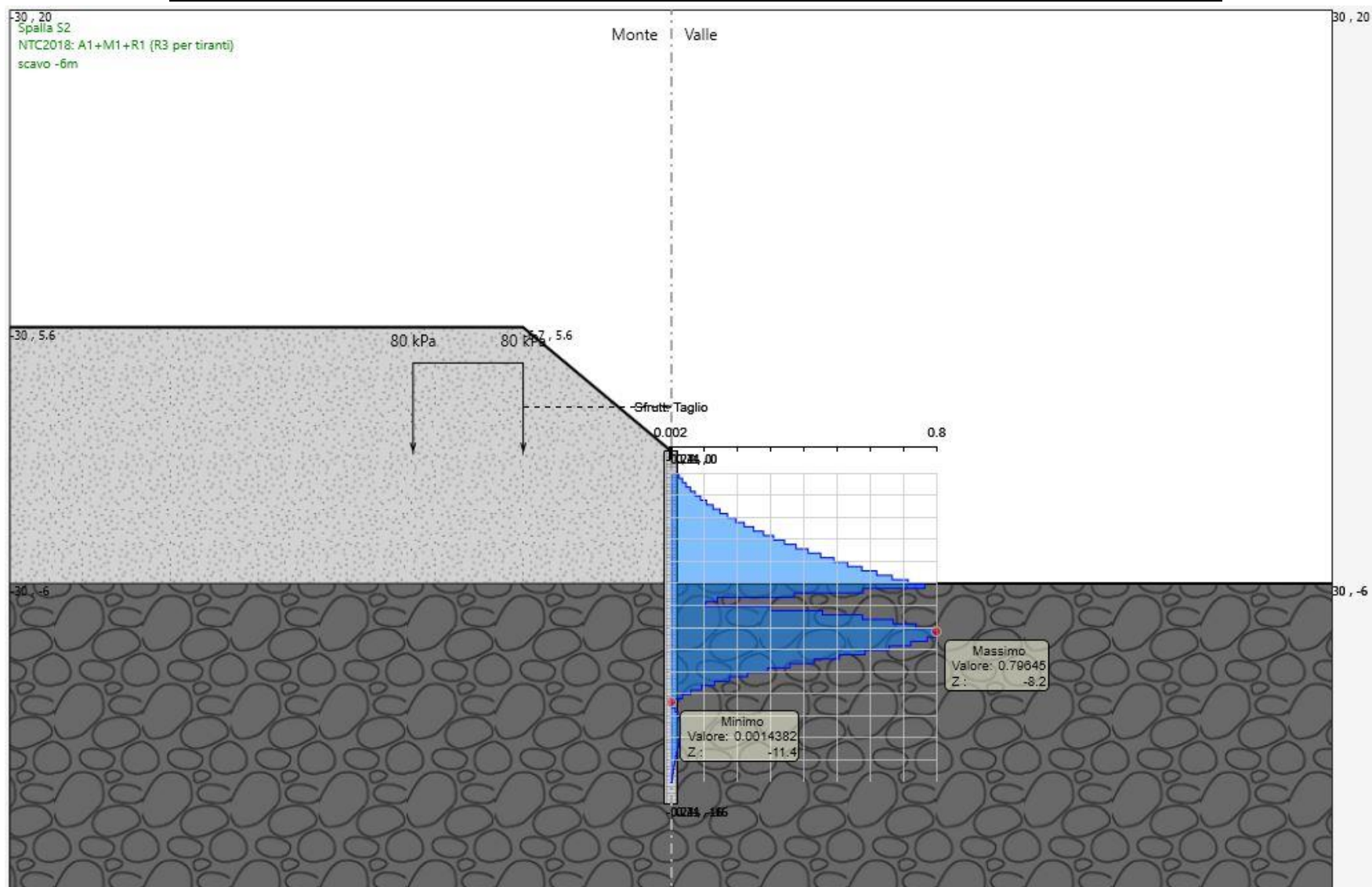


Figura 2.20 - Spalla S2: TSF, diagramma involucro taglio.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

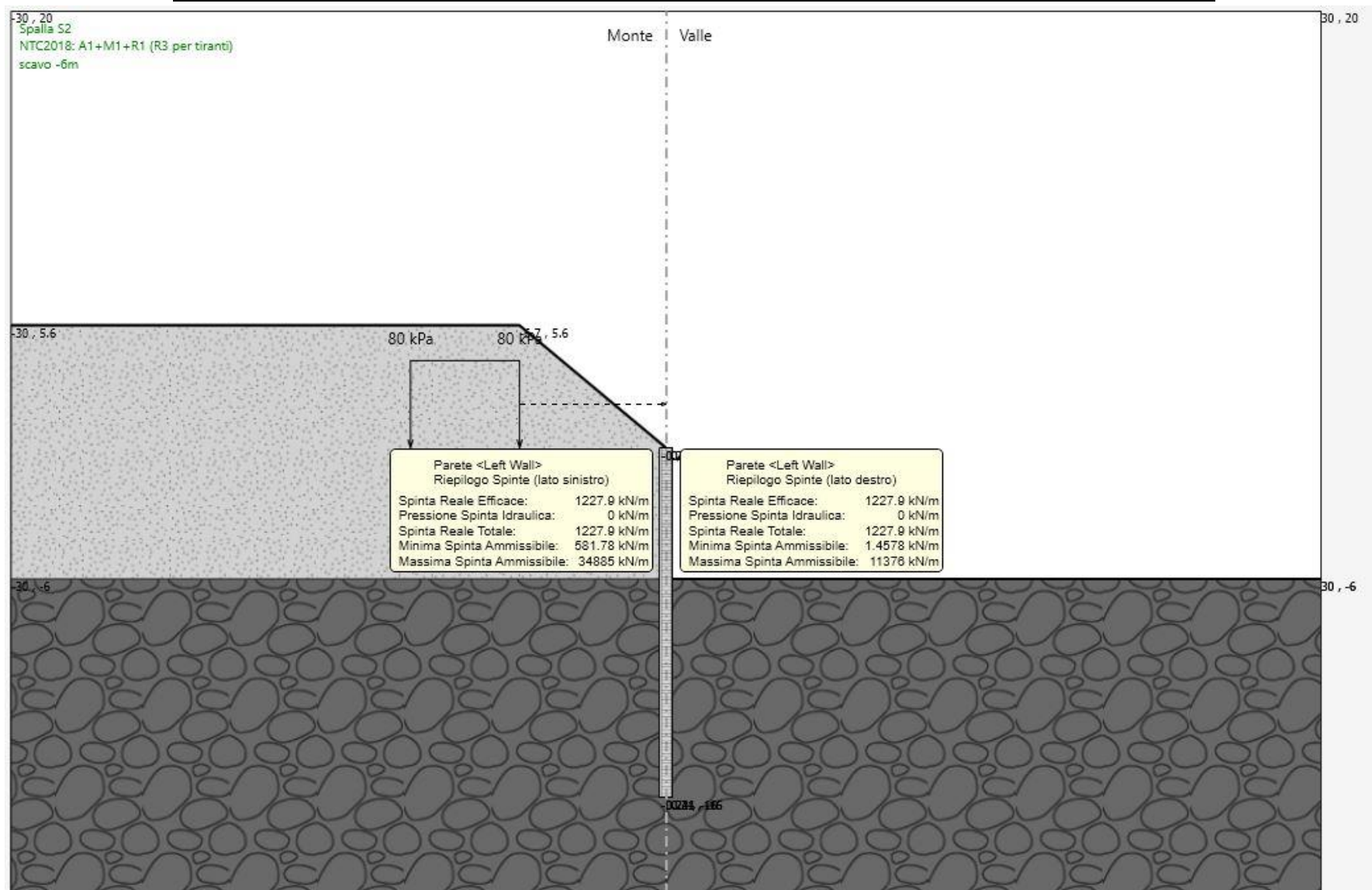


Figura 2.21 – Spalla S2: Riepilogo spinte

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 34 di 77
---	---	---

2.5.1 Verifica SLE degli spostamenti

In base ai valori riportati sui diagrammi in calce al §2.5, si può osservare come i valori calcolati per gli spostamenti orizzontali in condizioni SLE siano limitati e opportunamente distanti dai valori di soglia che possono produrre il raggiungimento delle condizioni di stato limite d'esercizio per la struttura di sostegno.

Salvo casi particolari (edifici particolari come le centrali nucleari) cedimenti e spostamenti orizzontali immediatamente a tergo dell'opera di sostegno inferiori all'1% dell'altezza di scavo (nel caso specifico lo scavo dimensionate da sostenere in questo progetto ha un'altezza di 6m) per di più immediati perché in terreni granulari, sono comunemente ritenuti ampiamente accettabili (fuori terra della paratia, Peck, 1969; Clough & O'Rourke, 1990).

I valori dedotti numericamente per gli spostamenti risultano ampiamente idonei a garantire adeguati livelli di funzionalità.

Risulta, pertanto, evidente che non si hanno fenomeni deformativi che possano creare danno alla struttura, in esercizio durante gli scavi.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 35 di 77
---	---	---

2.5.2 Verifica SLU a flessione

Si è operata la verifica di resistenza a flessione non tenendo conto a favore di sicurezza delle azioni assiali permanenti dovute al peso del palo alla quota in cui si massimizza il momento flettente sollecitante.

Dai diagrammi riportati in calce al §2.5, in cui è graficato per la combinazione SLU A1+M1+R1 il tasso di sfruttamento del momento TSF M lungo la paratia ($TSF\ M = M_{Ed} / M_{Rd}$) ed anche il confronto visivo fra massimo valore del momento flettente sollecitante ed il momento resistente di progetto M_{Rd} (linee verticali rosse), si evince il rispetto della condizione $M_{Ed} < M_{Rd}$. La verifica a flessione risulta, dunque, soddisfatta.

2.5.3 Verifica SLU a taglio

Dai diagrammi riportati in calce al §2.5, in cui è graficato per la combinazione SLU A1+M1+R1 il tasso di sfruttamento del momento TSF V lungo la paratia ($TSF\ V = V_{Ed} / V_{Rd}$) ed anche il confronto visivo fra massimo valore del taglio sollecitante V_{Ed} ed il taglio resistente di progetto V_{Rd} (linee verticali rosse), si evince il rispetto della condizione $V_{Ed} < V_{Rd}$. La verifica a taglio risulta, dunque, soddisfatta.

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione Geotecnica</p>	<p>DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 36 di 77</p>
---	--	--

3. PONTE PROGR. 19+648.37

3.1 Terreno di fondazione

Le indagini svolte nella zona d'intervento (n.2 sondaggi a carotaggio continuo S5_1, S5_2, n.1 prospezione sismiche MASW M5_1, n.1 sondaggio geoelettrico ERT E5_1, analisi di laboratorio sui campioni prelevati), descritte nella relazione geologica, hanno permesso di accertare la presenza in sito di 2 unità geotecniche principali:

1) un livello superficiale Ca1 (da 0.00 sino a 3.00/6.00m) costituito da un calcare molto fratturato e stratificato, carsificato ($\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$)

2) un livello profondo Ca2 (da 3.00/6.00m sino alla profondità d'interesse) costituito da un calcare fratturato, carsificato ($\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$)

Ai sensi delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (2018), i terreni in oggetto appartengono alla categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo A.

Si ricorda che ai sensi del suddetto decreto il profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo **A** riguarda "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3m".

Ai fini delle verifiche geotecniche, si assumono per il terreno di fondazione, le caratteristiche geotecniche riportate dalla relazione geologica per lo strato superficiale Ca1:

- Angolo di attrito all'interfaccia fondazione - terreno $F_i = 29^\circ (\cong 2/3\Phi)$
- Coesione all'interfaccia fondazione – terreno $c = 0 \text{ KN/m}^3$
(cautelativo)

Per le verifiche di portanza del terreno, si considera il corrispondente valore di progetto del carico limite (valore di sicurezza), così come riportato dalla relazione geologica:

- $q_{sic} = q_{ult}/5 = 2.1/5 = 0.42 \text{ Mpa}$

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 37 di 77
---	---	---

Nella modellazione, la rigidità verticale del terreno di fondazione sarà schematizzata con un legame elastico lineare alla Winkler, con costante di sottofondo pari a:

- $K_w = 16530/B = 16530/280 \cong 59 \text{ kg/cm}^3$

3.2 Terreno a tergo dello scatolare e dei muri di sostegno

Il terreno a tergo dei muri e dello scatolare, sarà costituito da un riempimento in materiale compattato da rilevato, per il quale la spinta sarà calcolata considerando i seguenti parametri meccanici:

- $\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$
- $\varphi = 35^\circ$
- $c' = 0$
- $\delta = 23^\circ$

3.3 Falda freatica

Nel territorio oggetto d'intervento, la falda freatica si trova ad una profondità tale da non interagire con le opere di progetto.

3.4 Parametri sismici

<u>Parametri caratteristici per la determinazione dello spettro sismico elastico</u>	
$V_N=100$	Vita nominale dell'opera come definito in tab. 2.4.I
Classe= III	Classe d'uso
$C_U=1.5$	Coeff. d'uso come definito nella tab. 2.4.II
Cat.=A	Categoria del sottosuolo
Cat.=T1	Categoria topografica
$S_{S,SLV}=1.00$	Coefficiente di amplificazione stratigrafico

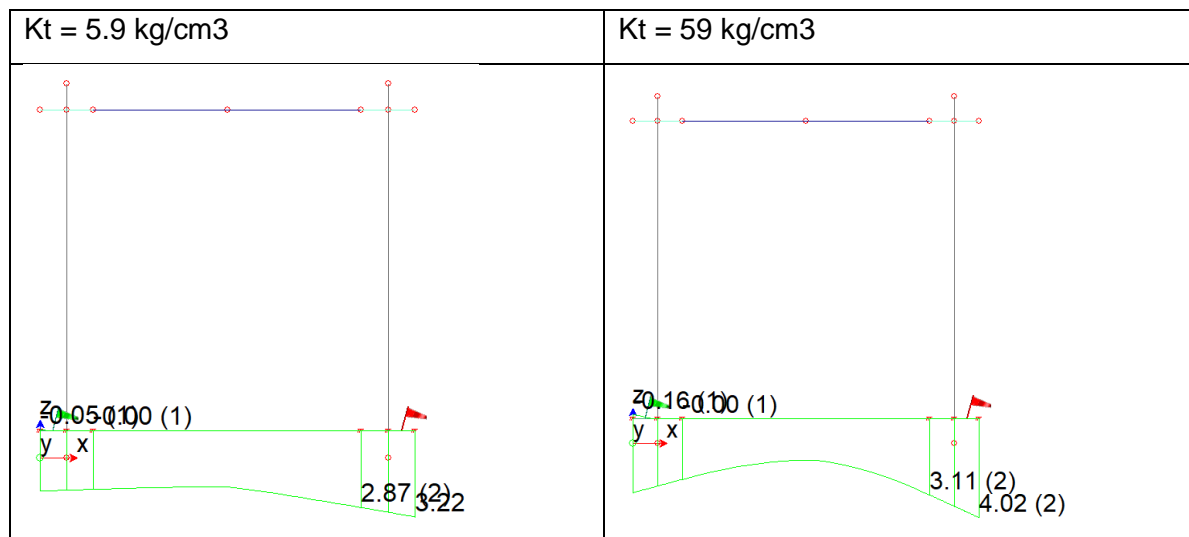
 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 38 di 77
---	---	---

$S_T=1.00$	Coefficiente di amplificazione topografica
$S = S_S \times S_T = 1.00$	
$V_R = V_N C_U = 100 \times 1.5 = 150$	Periodo di riferimento

3.5 Verifica delle pressioni sul terreno (intradosso ponticello h=2.0m)

Si riportano di seguito i diagrammi di involucro delle pressioni massime sul terreno di fondazione, che dovrà garantire un adeguato livello di portanza:

q SLU/SLV (Kg/cm²)



Con riferimento alla valore di progetto del carico limite (carico di sicurezza) la verifica è soddisfatta:

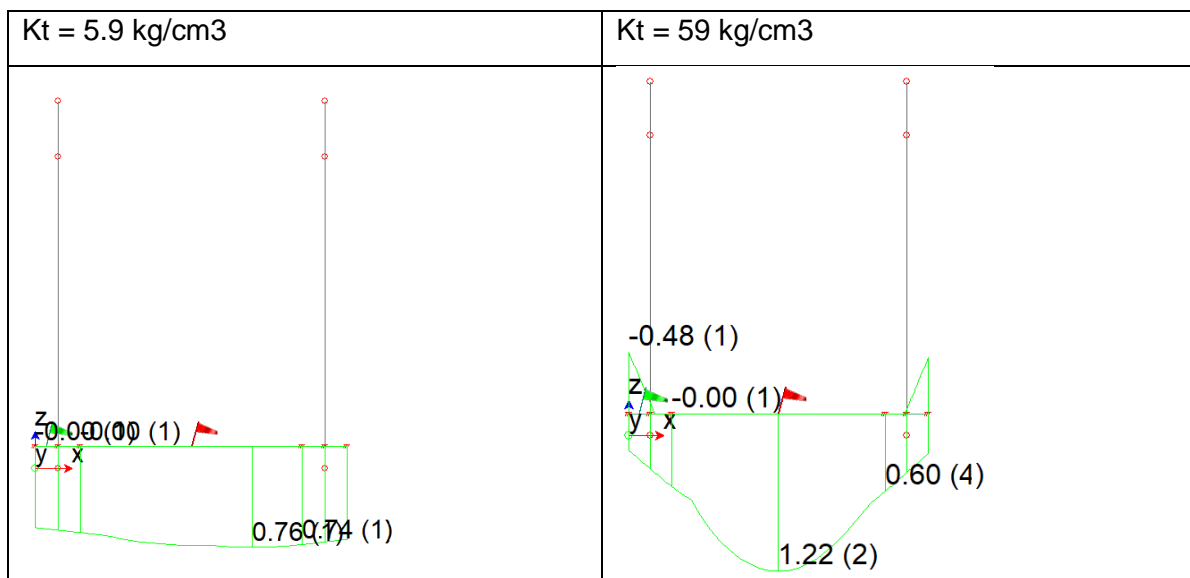
- $pd_{max} = 4.02 \text{ kg/cm}^2 \cong 0.40 \text{ MPa}$
- $q_{sic} = 0.42 \text{ Mpa} > pd_{max}$
- $\gamma_s = 0.42/0.40 = 1.05 > 1$

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 39 di 77
---	--	---

3.6 Verifica delle pressioni sul terreno (intradosso muri ad U)

Si riportano di seguito i diagrammi di involucro delle pressioni massime sul terreno di fondazione, che dovrà garantire un adeguato livello di portanza:

q SLU/SLV (Kg/cm2)



Con riferimento alla valore di progetto del carico limite (carico di sicurezza) la verifica è soddisfatta:

- $pd_{max} = 1.22 \text{ kg/cm}^2 \cong 0.12 \text{ MPa}$
- $q_{sic} = 0.42 \text{ Mpa} > pd_{max}$

4. $\gamma_s = 0.42/0.12 = 3.50 > 1$

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 40 di 77
---	---	---

5. PONTE PROGR. 19+810.43

5.1 Terreno di fondazione

Le indagini svolte nella zona d'intervento (n.2 sondaggi a carotaggio continuo S6_1, S6_2, n.1 prospezione sismiche MASW M6_1, n.1 sondaggio geoelettrico ERT E6_2, analisi di laboratorio sui campioni prelevati), descritte nella relazione geologica, hanno permesso di accertare la presenza in sito di 3 unità geotecniche principali:

- 1) *un livello superficiale R (da 0 sino a 2.00/2.50 m) costituito da terreno vegetale e terra rossa ($\gamma=16$ kN/m³)*
- 2) *un livello intermedio Ca1 (da 2.00/2.50 sino a 5.00m) costituito da un calcare molto carsificato misto a terra rossa ($\gamma=19$ kN/m³)*
- 3) *un livello profondo Ca2 (da 5.00m sino alla profondità d'interesse) costituito da un calcare fratturato e stratificato ($\gamma=21$ kN/m³)*

Ai sensi delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (2018), i terreni in oggetto appartengono alla categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo A.

Si ricorda che ai sensi del suddetto decreto il profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo **A** riguarda "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3m".

Il progetto prevede la realizzazione di micropali trivellati $\Phi 240$ di lunghezza 8m tale da intestarsi per 4m nello strato profondo Ca2 di calcare fratturato e stratificato.

Per le verifiche di portanza dei micropali, si considerano i corrispondenti valori di resistenza dedotti dalla relazione geologica:

- Resistenza uniassiale a compressione della roccia $f_{tk} = q_{ult} = 5.2$ Mpa
- Resistenza laterale della roccia $f_{tkb} = c = 0.146$ Mpa

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 41 di 77
---	---	---

Nella modellazione, la rigidità verticale della sottofondazione su micropali, sarà schematizzata con un legame elastico lineare alla Winkler, con costante di sottofondo pari al valore:

- $K_w = 12830/B = 12830/824 \cong \mathbf{15 \text{ kg/cm}^3}$ (per il ponte scatolare)
- $K_w = 12830/972 \cong \mathbf{13 \text{ kg/cm}^3}$ (per il muro ad "U")

A favore di sicurezza l'analisi delle 2 strutture è stata ripetuta inserendo una rigidità dieci volte più bassa.

5.2 Terreno a tergo delle opere

Il terreno a tergo dei muri e dello scatolare, sarà costituito da un riempimento in materiale compattato da rilevato, per il quale la spinta sarà calcolata considerando i seguenti parametri meccanici:

- $\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$
- $\varphi = 35^\circ$
- $c' = 0$
- $\delta = 23^\circ$

5.3 Falda freatica

Nel territorio oggetto d'intervento, la falda freatica si trova ad una profondità tale da non interagire con le opere di progetto.

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica</p>	<p>DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 42 di 77</p>
---	--	--

5.4 Micropali – Carico limite a compressione e trazione

CALCOLO DEL CARICO LIMITE VERTICALE DEI MICROPALI A COMPRESSIONE				
APPROCCIO 2 - AMMORSAMENTO IN ROCCIA				
Diametro di perforazione palo	Φ_{perf}	240	mm	
Diametro reso micropalo	Φ_{reso}	260	mm	
Diametro armatura tubolare	Φ_{arm}	177.8	mm	
Spessore armatura tubolare	s	10	mm	
Lunghezza di ammorsamento in roccia	L	4000	mm	
Caratteristiche acciaio				
Tipo acciaio palo		FE510/S355		
Resistenza di progetto acciaio	f _{yd}	338.10	Mpa	
Caratteristiche terreno				
Fattore di correlazione (p.to 6.4.3.1.1.b) NTC2018	ξ	1.7		
Resistenza a compressione uniassiale roccia	f _{tk}	5.2	Mpa	
Resistenza laterale roccia	f _{tkb}	0.146	Mpa	
Resistenza di progetto a compressione roccia	f _{td} =f _{tk} /1.6	3.25	Mpa	
Aderenza laterale di progetto roccia	f _{tbd} =f _{tkb} /1	0.146	Mpa	
PORTATA VERTICALE PALO - LATO ACCIAIO				
Area acciaio resistente dell'armatura tubolare	A _s	5272	mm ²	
Portata verticale lato acciaio	N _{rds} = A _s x f _{yd}	1782.30	kN	
PORTATA VERTICALE PALO - LATO TERRENO				
Resistenza caratteristica palo per aderenza laterale	N _{rkl} = $\Phi_{reso} \times \pi \times L \times f_{tbd} / \xi$	280.60	kN	
Resistenza caratteristica palo di punta	N _{rkp} = $(\Phi_{reso}^2 \times \pi / 4) \times f_{td} / \xi$	101.50	kN	
Resistenza di progetto palo per aderenza laterale	N _{rld} = N _{rkl} /1.15	244.00	kN	
Resistenza di progetto palo di punta	N _{rpd} = N _{rkp} /1.35	75.19	kN	
Portata verticale lato terreno	N _{rdt} = N _{rld} + N _{rpd}	319.19	kN	
PORTATA VERTICALE PALO A COMPRESSIONE	N _{rd} = MIN(N _{rdt} ;N _{rds})	319.19	kN	
CALCOLO DEL CARICO LIMITE DEI MICROPALI A TRAZIONE				
Resistenza caratteristica palo per aderenza laterale	N _{rkl} = $\Phi_{reso} \times \pi \times L \times f_{tbd} / \xi$	280.60	kN	
Resistenza di progetto a trazione	N _{rld} = N _{rkl} /1.25	244.00	kN	

5.5 Micropali – Carico limite orizzontale

CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEI MICROPALI - TERRENO INCOERENTE (meccanismo di palo lungo)				
Peso di volume medio del terreno	γ	18	kN/m ³	
Angolo di attrito medio del terreno	Φ	30.00	°	
Coefficiente di spinta passiva	K _p	3.00		
Modulo plastico del tubolare d'acciaio	W _{pl}	281.90	cm ³	
Momento di plasticizzazione del micropalo	M _{ypl}	95.31	kNxm	
Carico limite orizzontale	H	119.89	kN	
Fattore di correlazione	ξ	1.4		
Carico limite orizzontale caratteristico	H lim k	85.64	kN	
Carico limite di progetto	H lim d = H lim k/1.3	65.88	kN	

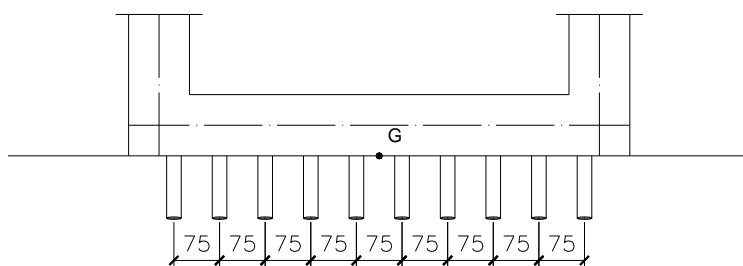
 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 43 di 77
---	---	---

5.6 Parametri sismici

<u>Parametri caratteristici per la determinazione dello spettro sismico elastico</u>	
$V_N=100$	Vita nominale dell'opera come definito in tab. 2.4.I
Classe= III	Classe d'uso
$C_U=1.5$	Coeff. d'uso come definito nella tab. 2.4.II
Cat.=A	Categoria del sottosuolo
Cat.=T1	Categoria topografica
$S_{S,SLV}=1.00$	Coefficiente di amplificazione stratigrafico
$S_T=1.00$	Coefficiente di amplificazione topografica
$S = S_S \times S_T = 1.00$	
$V_R = V_N C_U = 100 \times 1.5 = 150$	Periodo di riferimento

5.7 Verifica dei micropali (intradosso ponte scatolare)

Si riporta di seguito lo schema dei micropali considerati sotto la fondazione dello scatolare:



I micropali saranno di diametro $\Phi 240\text{mm}$, avranno lunghezza 8m tale da intestarsi per 4m nello strato portante di calcare fratturato stratificato Ca2, e saranno realizzati ad interasse longitudinale e trasversale di 75cm.

Si riportano di seguito le caratteristiche della palificata:

 Ferrovie Appulo Lucane	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione Geotecnica</p>	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 44 di 77
---	--	---

Numero pali	10
W pali	13.75 m
Interasse trasversale	0.75 m

Dalle azioni globali in fondazione, espresse sotto forma di carico verticale R_z e di momento flettente M_y , è possibile calcolare i valori massimi e minimi del carico assiale sui micropali:

CALCOLO DEI CARICHI MASSIMI E MINIMI SUI MICROPALI						
Combinazione	R_z	x_{Rz}	ecc.	M_y	N_{max}	N_{min}
	[kN/m]	[m]	[m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	-1484	5.22	1.1	1632.40	200.34	22.26
2	-2435	4.79	0.67	1631.45	271.61	93.64
3	-2435	4.12	0	0.00	182.63	182.63
4	-2435	4.12	0	0.00	182.63	182.63
5	-1484	4.749	0.629	933.44	162.21	60.39
6	-2436	4.504	0.384	935.42	233.72	131.68
7	-2436	4.12	0	0.00	182.70	182.70
8	-2436	4.12	0	0.00	182.70	182.70
9	-1152	5.569	1.449	1669.25	177.45	-4.65

Dalla verifica a compressione del palo più sollecitato risulta:

- $N_{rd} = 319.19 \text{ kN}$
- $N_{d_{max}} = 271.61 \text{ kN} < N_{rd}$
- $\gamma_s = 319.19/271.61 = \mathbf{1.17 > 1}$

La verifica a trazione non è necessaria considerando che lo sforzo minimo sul micropalo è pressoché nullo.

Per quanto riguarda la verifica dei micropali alle azioni orizzontali, la forza orizzontale complessiva risulta:

- $H_{max} (SLU) = 273 \text{ kN/m}$
- $H_{max} (SLV) = 292 \text{ kN/m}$

Considerando il numero e l'interasse trasversale dei pali risulta:

- $H_{rd} = 65.88 \text{ kN}$
- $H_d = (292/10) \times 0.75 = 21.90 \text{ kN} < H_{rd}$
- $\gamma_s = 65.88/21.90 = \mathbf{3.00 > 1}$



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

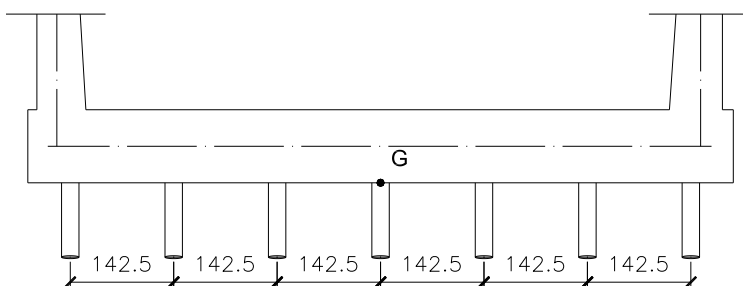
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

DAR_3RH001a
Data: Giugno 2020
Pag. 45 di 77

5.8 Verifica dei micropali (intradosso muri ad U)

Si riporta di seguito lo schema dei micropali considerati sotto la fondazione dello scatolare:



I micropali saranno di diametro $\Phi 240\text{mm}$, avranno lunghezza 8m tale da intestarsi per 4m nello strato portante di calcare fratturato stratificato Ca2, e saranno realizzati ad interasse longitudinale e trasversale di 75cm.

Si riportano di seguito le caratteristiche della palificata:

Numero pali	7
W pali	13.3 m
Interasse trasversale	2 m

Dalle azioni globali in fondazione, espresse sotto forma di carico verticale R_z e di momento flettente M_y , è possibile calcolare i valori massimi e minimi del carico assiale sui micropali:

CALCOLO DEI CARICHI MASSIMI E MINIMI SUI MICROPALI						
Combinazione	R_z	x_{Rz}	ecc.	M_y	N_{max}	N_{min}
	[kN/m]	[m]	[m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	-929	5.046	0.186	172.79	291.41	239.44
2	-929	4.896	0.036	33.44	270.46	260.40
3	-929	4.896	0.036	33.44	270.46	260.40
4	-929	4.999	0.139	129.13	284.85	246.01
5	-929	4.896	0.036	33.44	270.46	260.40
6	-929	4.896	0.036	33.44	270.46	260.40
7	-542	6.023	1.163	630.35	249.65	60.07

Dalla verifica a compressione del palo più sollecitato risulta:

- $N_{rd} = 319.19 \text{ kN}$

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione Geotecnica</p>	<p>DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 46 di 77</p>
---	---	--

- $Nd_{max} = 291.41 \text{ kN} < Nrd$
- $\gamma_s = 319.19/291.41 = \mathbf{1.09} > 1$

La verifica a trazione non è necessaria considerando che lo sforzo minimo sul micropalo è di compressione.

Per quanto riguarda la verifica dei micropali alle azioni orizzontali, la forza orizzontale complessiva risulta:

- $H_{max} (SLU) = 33 \text{ kN/m}$
- $H_{max} (SLV) = 141 \text{ kN/m}$

Considerando il numero e l'interasse trasversale dei pali risulta:

- $Hrd = 65.88 \text{ kN}$
- $Hd = (141/7) \times 2.00 = 40.28 \text{ kN} < Hrd$
- $\gamma_s = 65.88/40.28 = \mathbf{1.63} > 1$

5.9 Verifica dei micropali (intradosso muri - sezione 1)

5.9.1 Verifica a compressione dei micropali

Si riportano di seguito le verifiche dei micropali $\Phi 240$, armati con tubolare 177.8x10 in acciaio S355 di lunghezza 8.00m tale da ammorsare nel sottostrato roccioso per 4m.



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

DAR_3RH001a
Data: Giugno 2020
Pag. 47 di 77

VERIFICA A COMPRESSIONE DEI MICROPALI			
Dalla verifica dei micropali più sollecitati risulta:			
Numero pali	n		3
Modulo palificata per la ripartizione dei carichi	W		2.31 m
Interasse trasversale pali	l trasv.		0.75 m
VERIFICA SLU			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		230 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		222 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (N_d/n + M_d/W) \times l \text{ trasv}$		129.59 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = N_{rd}/N_{max}$		2.46 > 1.00
VERIFICA SLV1			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		178 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		240 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (N_d/n + M_d/W) \times l \text{ trasv}$		122.32 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = N_{rd}/N_{max}$		2.61 > 1.00
VERIFICA SLV2			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		169 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		242 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (N_d/n + M_d/W) \times l \text{ trasv}$		120.70 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = N_{rd}/N_{max}$		2.64 > 1.00

Le verifiche risultano soddisfatte.

5.9.2 Verifica a trazione dei micropali

Il carico minimo sui micropali risulta pari a:

$N_{min} (SLU) = (N_d/n - M_d/W) \times l \text{ trasv}$	-14.77 kN
$N_{min} (SLV1) =$	-33.57 kN
$N_{min} (SLV2)$	-36.23 kN

Essendo il carico limite di progetto a trazione pari a 244kN la verifica è ampiamente soddisfatta.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 48 di 77
---	---	---

5.9.3 Verifica a carico limite orizzontale dei micropali

VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE				
Dalla verifica risulta:				
Numero pali	n		3	
Interasse trasversale pali	l trasv.		0.75 m	
Carico limite orizzontale di progetto	H lim d		65.88 kN	
VERIFICA SLU				
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLU)		131.01 kN/m	
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n) x l trasv		32.75 kN	
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.01	> 1.00
VERIFICA SLV1				
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLV1)		114.64 kN/m	
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n) x l trasv		28.66 kN	
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.30	> 1.00
VERIFICA SLV2				
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLV2)		114.33 kN/m	
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n) x l trasv		28.58 kN	
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.30	> 1.00

5.10 Verifica dei micropali (intradosso muri - sezione 2)

5.10.1 Verifica a compressione dei micropali

Si riportano di seguito le verifiche dei micropali $\Phi 240$, armati con tubolare 177.8x10 in acciaio S355 di lunghezza 8.00m tale da ammorsare nel sottostrato roccioso per 4m.

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica</p>	<p>DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 49 di 77</p>
---	---	--

VERIFICA A COMPRESSIONE DEI MICROPALI			
Dalla verifica dei micropali più sollecitati risulta:			
Numero pali	n		3
Modulo palificata per la ripartizione dei carichi	W		1.91 m
Interasse trasversale pali	l trasv.		1 m
VERIFICA SLU			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		176 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		130 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (N_d/n + M_d/W) \times l \text{ trasv}$		126.59 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = N_{rd}/N_{max}$		2.52 > 1.00
VERIFICA SLV1			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		136 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		135 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (N_d/n + M_d/W) \times l \text{ trasv}$		116.18 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = N_{rd}/N_{max}$		2.75 > 1.00
VERIFICA SLV2			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		130 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		136 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (N_d/n + M_d/W) \times l \text{ trasv}$		114.49 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = N_{rd}/N_{max}$		2.79 > 1.00

Le verifiche risultano soddisfatte.

5.10.2 Verifica a trazione dei micropali

Il carico minimo sui micropali risulta pari a:

$N_{min} (SLU) = (N_d/n - M_d/W) \times l \text{ trasv}$	-9.02 kN
$N_{min} (SLV1) =$	-25.46 kN
$N_{min} (SLV2)$	-28.15 kN

Essendo il carico limite di progetto a trazione pari a 244kN la verifica è ampiamente soddisfatta.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 50 di 77
---	--	---

5.10.3 Verifica a carico limite orizzontale dei micropali

VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE			
Dalla verifica risulta:			
Numero pali	n		3
Interasse trasversale pali	l trasv.		1 m
Carico limite orizzontale di progetto	H lim d		65.88 kN
VERIFICA SLU			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLU)		89.11 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n) x l trasv		29.70 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.22 > 1.00
VERIFICA SLV1			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLV1)		76.33 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n) x l trasv		25.44 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.59 > 1.00
VERIFICA SLV2			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLV2)		76.09 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n) x l trasv		25.36 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.60 > 1.00

5.11 Verifica dei micropali (intradosso muri - sezione 3)

5.11.1 Verifica a compressione dei micropali

Si riportano di seguito le verifiche dei micropali $\Phi 240$, armati con tubolare 177.8x10 in acciaio S355 di lunghezza 8.00m tale da ammortare nel sottostrato roccioso per 4m.



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

DAR_3RH001a
Data: Giugno 2020
Pag. 51 di 77

VERIFICA A COMPRESSIONE DEI MICROPALI

Dalla verifica dei micropali più sollecitati risulta:

Numero pali	n	2
Modulo palificata per la ripartizione dei carichi	W	1.44 m
Interasse trasversale pali	l trasv.	1.6 m

VERIFICA SLU

Carico verticale intradosso fondazione	Nd	124 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md	58 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (N_d/n + M_d/W) \times l_{trasv}$	163.34 kN
Portata verticale palo	Nrd	319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = N_{rd}/N_{max}$	1.95 > 1.00

VERIFICA SLV1

Carico verticale intradosso fondazione	Nd	95 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md	57 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (N_d/n + M_d/W) \times l_{trasv}$	139.80 kN
Portata verticale palo	Nrd	319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = N_{rd}/N_{max}$	2.28 > 1.00

VERIFICA SLV2

Carico verticale intradosso fondazione	Nd	91 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md	58 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (N_d/n + M_d/W) \times l_{trasv}$	136.63 kN
Portata verticale palo	Nrd	319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = N_{rd}/N_{max}$	2.34 > 1.00

Le verifiche risultano soddisfatte.

5.11.2 Verifica a trazione dei micropali

Le verifiche a trazione dei micropali non sono necessarie in quanto il carico minimo sui micropali risulta sempre di compressione:

$N_{min} (SLU) = (N_d/n - M_d/W) \times l_{trasv}$	34.65 kN
$N_{min} (SLV1) =$	12.51 kN
$N_{min} (SLV2)$	8.34 kN

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 52 di 77
---	---	---

5.11.3 Verifica a carico limite orizzontale dei micropali

VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE			
Dalla verifica risulta:			
Numero pali	n		2
Interasse trasversale pali	l trasv.		1.6 m
Carico limite orizzontale di progetto	H lim d		65.88 kN
VERIFICA SLU			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLU)		49.96 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n) x l trasv		39.97 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		1.65 > 1.00
VERIFICA SLV1			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLV1)		41.18 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n) x l trasv		32.95 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.00 > 1.00
VERIFICA SLV2			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLV2)		41.02 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n) x l trasv		32.82 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.01 > 1.00

5.12 Verifica dei micropali (intradosso muri - sezione 4)

5.12.1 Verifica a compressione dei micropali

Si riportano di seguito le verifiche dei micropali $\Phi 240$, armati con tubolare 177.8x10 in acciaio S355 di lunghezza 8.00m tale da ammorsare nel sottostrato roccioso per 4m.

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica</p>	<p>DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 53 di 77</p>
---	---	--

VERIFICA A COMPRESSIONE DEI MICROPALI			
Dalla verifica dei micropali più sollecitati risulta:			
Numero pali	n		2
Modulo palificata per la ripartizione dei carichi	W		1.2 m
Interasse trasversale pali	l trasv.		1.8 m
VERIFICA SLU			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		228 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		44 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (N_d/n + M_d/W) \times l \text{ trasv}$		271.00 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = N_{rd}/N_{max}$		1.18 > 1.00
VERIFICA SLV1			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		148 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		45 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (N_d/n + M_d/W) \times l \text{ trasv}$		199.74 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = N_{rd}/N_{max}$		1.60 > 1.00
VERIFICA SLV2			
Carico verticale intradosso fondazione	Nd		141 kNxm
Momento flettente intradosso fondazione	Md		45 kNxm/m
Carico massimo di progetto sul micropalo	$N_{max} = (N_d/n + M_d/W) \times l \text{ trasv}$		193.99 kN
Portata verticale palo	Nrd		319.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = N_{rd}/N_{max}$		1.65 > 1.00

Le verifiche risultano soddisfatte.

5.12.2 Verifica a trazione dei micropali

Le verifiche a trazione dei micropali non sono necessarie in quanto il carico minimo sui micropali risulta sempre di compressione:

$N_{min} (SLU) = (N_d/n - M_d/W) \times l \text{ trasv}$	139.06 kN
$N_{min} (SLV1) =$	66.09 kN
$N_{min} (SLV2)$	59.03 kN

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica</p>	<p>DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 54 di 77</p>
---	---	--

5.12.3

Verifica a carico limite orizzontale dei micropali

VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE			
Dalla verifica risulta:			
Numero pali	n		2
Interasse trasversale pali	l trasv.		1.8 m
Carico limite orizzontale di progetto	H lim d		65.88 kN
VERIFICA SLU			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLU)		34.99 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n) x l trasv		31.49 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.09 > 1.00
VERIFICA SLV1			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLV1)		27.17 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n) x l trasv		24.45 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.69 > 1.00
VERIFICA SLV2			
Carico orizzontale intradosso fondazione	Vd (SLV2)		26.87 kN/m
Carico orizzontale massimo su micropali	Vmax = (Vd/n) x l trasv		24.19 kN
Sicurezza	$\gamma_s = H \text{ lim d} / V_{\text{max}}$		2.72 > 1.00

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione Geotecnica</p>	<p>DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 55 di 77</p>
---	--	--

6. SOTTOVIA PROGR. 19+896.06

6.1 Terreno di fondazione

Le indagini svolte nella zona d'intervento (n.2 sondaggi a carotaggio continuo S8_1, S8_2, n.2 prospezioni sismiche MASW M8_1, M8_2, analisi di laboratorio sui campioni prelevati), descritte nella relazione geologica, hanno permesso di accertare la presenza in sito di 3 unità geotecniche principali:

- 1) un livello superficiale R (da 0 sino a 0.50/5.00 m) costituito da un riporto o terreno vegetale ($\gamma=16 \text{ kN/m}^3$)
- 2) un livello intermedio Ca1 (da 0.50/5.00m sino a 10.00m) costituito da un calcare molto fratturato con intercalazioni di sabbioni calcarei ($\gamma=21 \text{ kN/m}^3$)
- 3) un livello profondo Ca2 (da 10.00m sino alla profondità d'interesse) costituito da un calcare fratturato, carsificato ($\gamma=21 \text{ kN/m}^3$)

Ai sensi delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (2018), i terreni in oggetto appartengono alla categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo A.

Si ricorda che ai sensi del suddetto decreto il profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo **A** riguarda "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3m".

Ai fini delle verifiche geotecniche di scorrimento dei muri di sostegno, si assume per il terreno di fondazione, le caratteristiche geotecniche riportate dalla relazione geologica per lo strato intermedio Ca1:

- Angolo di attrito all'interfaccia fondazione - terreno $F_i = 29^\circ (\cong 2/3\Phi)$
- Coesione all'interfaccia fondazione – terreno $c = 0 \text{ KN/m}^3$
(cautelativo)

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 56 di 77
---	---	---

Per le verifiche di portanza del terreno, si considera il corrispondente valore di progetto del carico limite (valore di sicurezza), così come riportato dalla relazione geologica:

$$- \quad q_{sic} = q_{ult}/5 = 3.0/5 = \mathbf{0.6 \text{ Mpa}}$$

Nella modellazione dello scatolare, la rigidità verticale del terreno di fondazione sarà schematizzata con un legame elastico lineare alla Winkler, con costante di sottofondo pari a:

$$- \quad K_w = 18250/B = 18250/1130 \cong \mathbf{16 \text{ kg/cm}^3}$$

6.2 Terreno a tergo dello scatolare e dei muri di sostegno

Il terreno a tergo dei muri e dello scatolare, sarà costituito da un riempimento in materiale compattato da rilevato, per il quale la spinta sarà calcolata considerando i seguenti parametri meccanici:

- $\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$
- $\varphi = 35^\circ$
- $c' = 0$
- $\delta = 23^\circ$

6.3 Falda freatica

Nel territorio oggetto d'intervento, la falda freatica si trova ad una profondità tale da non interagire con le opere di progetto.

6.4 Parametri sismici

<u>Parametri caratteristici per la determinazione dello spettro sismico elastico</u>
--

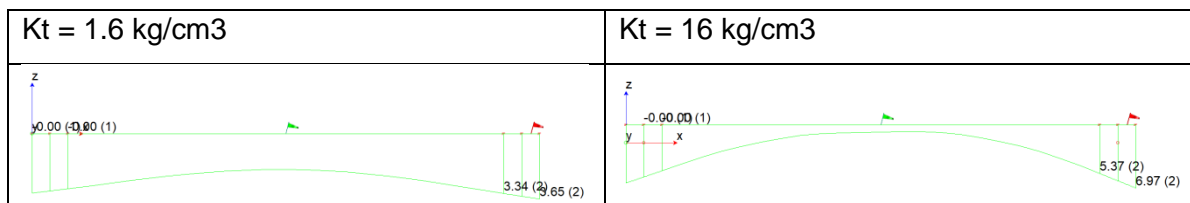
 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione Geotecnica</p>	<p>DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 57 di 77</p>
---	--	--

$V_N=100$	Vita nominale dell'opera come definito in tab. 2.4.I
Classe= III	Classe d'uso
$C_U=1.5$	Coeff. d'uso come definito nella tab. 2.4.II
Cat.=A	Categoria del sottosuolo
Cat.=T1	Categoria topografica
$S_{S,SLV}=1.00$	Coefficiente di amplificazione stratigrafico
$S_T=1.00$	Coefficiente di amplificazione topografica
$S = S_S \times S_T = 1.00$	
$V_R = V_N C_U = 100 \times 1.5 = 150$	Periodo di riferimento

6.5 Verifica delle pressioni sul terreno (intradosso scatolare)

Si riportano di seguito i diagrammi di involuppo delle pressioni massime sul terreno di fondazione, che dovrà garantire un adeguato livello di portanza:

q SLU/SLV (Kg/cm²)



Con riferimento al primo diagramma delle pressioni, ottenuto per una costante di sottofondo d'intensità pari a 1.6 kg/cm³, la verifica è ampiamente soddisfatta.

Con riferimento al secondo diagramma, ottenuto per una costante di sottofondo d'intensità pari a 16.0 kg/cm³, le pressioni di contatto continuano ad essere nel complesso inferiori al valore di sicurezza ad eccezione di piccoli tratti terminali ininfluenti ai fini della stabilità globale.

Si riporta di seguito la verifica della fondazione fatta allo stato limite ultimo per la combinazione di carico (2) che determina le massime pressioni locali sul terreno:

- Nd (2) = 2016 kN
- Md (2) = 373 kNxm

 Ferrovie Appulo Lucane	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p align="center">PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica</p>	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 58 di 77
---	---	---

- $e = 373/2016 \cong 0.20\text{m}$
- $B'_{\text{red}} = 11.30 - 2 \times 0.20 = 10.90\text{m}$
- $q_{\text{med}}(2) = 2016 \times 1000 / (10900 \times 1000) = 0.19 \text{ Mpa}$
- $q_{\text{sic}} = 0.60 \text{ Mpa} > q_{\text{med}}(2)$
- $\gamma_s = 0.60/0.19 = \mathbf{3.15} > 1$

6.6 Verifiche geotecniche (muro 5.50m < H ≤ 6.50m)

Si riportano di seguito le verifiche geotecniche del muro effettuate allo stato limite ultimo relativamente alla capacità portante della fondazione e ai fenomeni di scorrimento e ribaltamento:

SOTTOVIA BINETTO			VERIFICHE GEOTECNICHE - MURO H=6.5m						
CARATTERISTICHE TERRENO DI FONDAZIONE									
Angolo di attrito	29	°							
Coesione	0	KN/m2							
Carico limite di progetto	600	Kpa							
VERIFICA AL CARICO LIMITE		SLU		SLV1 (kh+kv)			SLV2 (kh-kv)		
Nd - Carico assiale	809	KN/m		619	KN/m		589	KN/m	
Md - Momento flettente	245	KNxm/m		409	KNxm/m		419	KNxm/m	
e - Eccentricità	0.30	m		0.66	m		0.71	m	
B' - Larghezza ridotta	3.89	m		3.18	m		3.08	m	
q medio (SLU)	208	Mpa		195	Mpa		191	Mpa	
q limite di progetto	600	Mpa		600	Mpa		600	Mpa	
Coefficiente di sicurezza	2.89	> 1.40	VERIFICA	3.08	> 1.20	VERIFICA	3.13	> 1.20	VERIFICA
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO		SLU		SLV1 (kh+kv)			SLV2 (kh-kv)		
Azione spingente	206	KN		210	KN		208	KN	
Azione resistente	449	KN		343	KN		327	KN	
Coefficiente di sicurezza	2.18	> 1.10	VERIFICA	1.64	> 1.00	VERIFICA	1.57	> 1.00	VERIFICA
VERIFICA AL RIBALTAMENTO		SLU		SLV1 (kh+kv)			SLV2 (kh-kv)		
Momento ribaltante	550	KNxm		633	KNxm		627	KNxm	
Momento resistente	2004	KNxm		1615	KNxm		1542	KNxm	
Coefficiente di sicurezza	3.64	> 1.15	VERIFICA	2.55	> 1.00	VERIFICA	2.46	> 1.00	VERIFICA

Le verifiche risultano tutte soddisfatte.

 Ferrovie Appulo Lucane	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione Geotecnica</p>	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 59 di 77
---	---	---

6.7 Verifiche geotecniche (muro $4.50m < H \leq 5.50m$)

Si riportano di seguito le verifiche geotecniche del muro effettuate allo stato limite ultimo relativamente alla capacità portante della fondazione e ai fenomeni di scorrimento e ribaltamento:

SOTTOVIA BINETTO			VERIFICHE GEOTECNICHE - MURO H=5.5m					
CARATTERISTICHE TERRENO DI FONDAZIONE								
Angolo di attrito	29	°						
Coesione	0	KN/m2						
Carico limite di progetto	600	Kpa						
VERIFICA AL CARICO LIMITE			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Nd - Carico assiale	628	KN/m			478	KN/m	455	KN/m
Md - Momento flettente	152	KNxm/m			258	KNxm/m	264	KNxm/m
e - Eccentricità	0.24	m			0.54	m	0.58	m
B' - Larghezza ridotta	3.51	m			2.92	m	2.84	m
q medio (SLU)	179	Mpa			164	Mpa	160	Mpa
q limite di progetto	600	Mpa			600	Mpa	600	Mpa
Coefficiente di sicurezza	3.36	> 1.40	VERIFICA		3.67	> 1.20	VERIFICA	3.74 > 1.20 VERIFICA
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Azione spingente	154	KN			156	KN	155	KN
Azione resistente	348	KN			265	KN	252	KN
Coefficiente di sicurezza	2.27	> 1.10	VERIFICA		1.70	> 1.00	VERIFICA	1.63 > 1.00 VERIFICA
VERIFICA AL RIBALTAMENTO			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Momento ribaltante	353	KNxm			401	KNxm	397	KNxm
Momento resistente	1371	KNxm			1100	KNxm	1051	KNxm
Coefficiente di sicurezza	3.89	> 1.15	VERIFICA		2.74	> 1.00	VERIFICA	2.64 > 1.00 VERIFICA

Le verifiche risultano tutte soddisfatte.

 Ferrovie Appulo Lucane	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione Geotecnica</p>	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 60 di 77
---	---	---

6.8 Verifiche geotecniche (muro $3.50\text{m} < H \leq 4.50\text{m}$)

Si riportano di seguito le verifiche geotecniche del muro effettuate allo stato limite ultimo relativamente alla capacità portante della fondazione e ai fenomeni di scorrimento e ribaltamento:

SOTTOVIA BINETTO			VERIFICHE GEOTECNICHE - MURO H=4.5m					
CARATTERISTICHE TERRENO DI FONDAZIONE								
Angolo di attrito	29	°						
Coesione	0	KN/m2						
Carico limite di progetto	600	Kpa						
VERIFICA AL CARICO LIMITE			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Nd - Carico assiale	469	KN/m			355	KN/m		338 KN/m
Md - Momento flettente	86	KNxm/m			149	KNxm/m		153 KNxm/m
e - Eccentricità	0.18	m			0.42	m		0.45 m
B' - Larghezza ridotta	3.13	m			2.66	m		2.59 m
q medio (SLU)	150	Mpa			133	Mpa		130 Mpa
q limite di progetto	600	Mpa			600	Mpa		600 Mpa
Coefficiente di sicurezza	4.01	> 1.40	VERIFICA		4.50	> 1.20	VERIFICA	4.60 > 1.20 VERIFICA
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Azione spingente	109	KN			109	KN		109 KN
Azione resistente	260	KN			197	KN		187 KN
Coefficiente di sicurezza	2.39	> 1.10	VERIFICA		1.80	> 1.00	VERIFICA	1.73 > 1.00 VERIFICA
VERIFICA AL RIBALTAMENTO			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Momento ribaltante	209	KNxm			234	KNxm		232 KNxm
Momento resistente	887	KNxm			707	KNxm		676 KNxm
Coefficiente di sicurezza	4.24	> 1.15	VERIFICA		3.02	> 1.00	VERIFICA	2.91 > 1.00 VERIFICA

Le verifiche risultano tutte soddisfatte.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 61 di 77
---	---	---

6.9 Verifiche geotecniche (muro $H \leq 3.50\text{m}$)

Si riportano di seguito le verifiche geotecniche del muro effettuate allo stato limite ultimo relativamente alla capacità portante della fondazione e ai fenomeni di scorrimento e ribaltamento:

SOTTOVIA BINETTO			VERIFICHE GEOTECNICHE - MURO $H=3.5\text{m}$					
CARATTERISTICHE TERRENO DI FONDAZIONE								
Angolo di attrito	29	°						
Coesione	0	KN/m2						
Carico limite di progetto	600	Kpa						
VERIFICA AL CARICO LIMITE			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Nd - Carico assiale	332	KN/m			249	KN/m		
Md - Momento flettente	42	KNxm/m			76	KNxm/m		
e - Eccentricità	0.13	m			0.31	m		
B' - Larghezza ridotta	2.75	m			2.39	m		
q medio (SLU)	121	Mpa			104	Mpa		
q limite di progetto	600	Mpa			600	Mpa		
Coefficiente di sicurezza	4.96	> 1.40	VERIFICA		5.75	> 1.20	VERIFICA	
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Azione spingente	71	KN			71	KN		
Azione resistente	184	KN			138	KN		
Coefficiente di sicurezza	2.58	> 1.10	VERIFICA		1.94	> 1.00	VERIFICA	
VERIFICA AL RIBALTAMENTO			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Momento ribaltante	111	KNxm			122	KNxm		
Momento resistente	531	KNxm			420	KNxm		
Coefficiente di sicurezza	4.79	> 1.15	VERIFICA		3.45	> 1.00	VERIFICA	

Le verifiche risultano tutte soddisfatte.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 62 di 77
---	---	---

7. SOTTOVIA PROGR. 21+146.92

7.1 Terreno di fondazione

Le indagini svolte nella zona d'intervento (n.2 sondaggi a carotaggio continuo S7_1, S7_2, n.1 prospezione sismica MASW M7_1, n. 1 tomografia ERT E7_1, analisi di laboratorio sui campioni prelevati), descritte nella relazione geologica, hanno permesso di accertare la presenza in sito di *“2 unità geotecniche principali:*

- 1) *un livello superficiale R (da 0 sino a 2.00 m) costituito da terreno vegetale ($\gamma = 16$ kN/m³)*
- 2) *un livello profondo Ca2 (da 2.00m sino alla profondità d'interesse) costituito da un calcare fratturato, carsificato ($\gamma = 21$ kN/m³)*

Ai sensi delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (2018), i terreni in oggetto appartengono alla categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo A.

Si ricorda che ai sensi del suddetto decreto il profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo **A** riguarda *“Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3m”.*

Ai fini delle verifiche geotecniche di scorrimento dei muri di sostegno, si assume per il terreno di fondazione, le caratteristiche geotecniche riportate dalla relazione geologica per lo strato profondo Ca2:

- Angolo di attrito all'interfaccia fondazione - terreno $F_i = 33^\circ (\cong 2/3\Phi)$
- Coesione all'interfaccia fondazione – terreno $c = 0$ KN/m³
(cautelativo)

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 63 di 77
---	---	---

Per le verifiche di portanza del terreno, si considera il corrispondente valore di progetto del carico limite (valore di sicurezza), così come riportato dalla relazione geologica:

$$- \quad q_{sic} = q_{ult}/5 = 5.86/5 = \mathbf{1.17 \text{ Mpa}}$$

Nella modellazione del sottovia, la rigidità verticale del terreno di fondazione sarà schematizzata con un legame elastico lineare alla Winkler, con costante di sottofondo pari a:

$$- \quad K_w = 40280/B = 40280/980 \cong \mathbf{41 \text{ kg/cm}^3}$$

7.2 Terreno a tergo del sottovia e dei muri di sostegno

Il terreno a tergo dei muri e del sottovia, sarà costituito da un riempimento in materiale compattato da rilevato, per il quale la spinta sarà calcolata considerando i seguenti parametri meccanici:

- $\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$
- $\varphi = 35^\circ$
- $c' = 0$
- $\delta = 23^\circ$

7.3 Falda freatica

Nel territorio oggetto d'intervento, la falda freatica si trova ad una profondità tale da non interagire con le opere di progetto.

7.4 Parametri sismici

<u>Parametri caratteristici per la determinazione dello spettro sismico elastico</u>

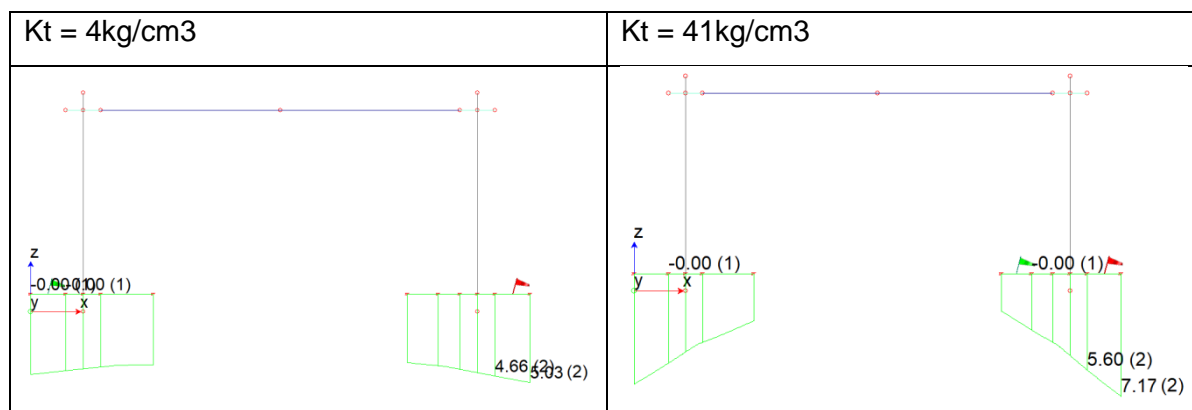
 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione Geotecnica</p>	<p>DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 64 di 77</p>
---	--	--

$V_N=100$	Vita nominale dell'opera come definito in tab. 2.4.I
Classe= III	Classe d'uso
$C_U=1.5$	Coeff. d'uso come definito nella tab. 2.4.II
Cat.=A	Categoria del sottosuolo
Cat.=T1	Categoria topografica
$S_{S,SLV}=1.00$	Coefficiente di amplificazione stratigrafico
$S_T=1.00$	Coefficiente di amplificazione topografica
$S = S_S \times S_T = 1.00$	
$V_R = V_N C_U = 100 \times 1.5 = 150$	Periodo di riferimento

7.5 Verifica delle pressioni sul terreno (intradosso sottovia)

Si riportano di seguito i diagrammi di involuppo delle pressioni massime sul terreno di fondazione, che dovrà garantire un adeguato livello di portanza:

p SLU/SLV (Kg/cm²)



Con riferimento alla valore di progetto del carico limite (carico di sicurezza) la verifica è soddisfatta:

- $p_{d\max} = 7.17 \text{ kg/cm}^2 \cong 0.72 \text{ MPa}$
- $q_{\text{sic}} = 1.17 \text{ Mpa} > p_{d\max}$

 Ferrovie Appulo Lucane	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica</p>	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 65 di 77
---	--	---

$$- \gamma_s = 1.17/0.72 = 1.62 > 1$$

7.6 Verifiche geotecniche (muro in affiancamento al sottopasso)

Si riportano di seguito le verifiche geotecniche del muro effettuate allo stato limite ultimo relativamente alla capacità portante della fondazione e ai fenomeni di scorrimento e ribaltamento:

SOTTOVIA PERTINI			VERIFICHE GEOTECNICHE - MURO H=2.57m						
CARATTERISTICHE TERRENO DI FONDAZIONE									
Angolo di attrito	33	°							
Coesione	0	KN/m2							
Carico limite di progetto	1170	Kpa							
VERIFICA AL CARICO LIMITE		SLU		SLV1 (kh+kv)			SLV2 (kh-kv)		
Nd - Carico assiale	407	KN/m		276	KN/m		262	KN/m	
Md - Momento flettente	75	KNxm/m		74	KNxm/m		76	KNxm/m	
e - Eccentricità	0.18	m		0.27	m		0.29	m	
B' - Larghezza ridotta	2.43	m		2.26	m		2.22	m	
q medio (SLU)	167	Mpa		122	Mpa		118	Mpa	
q limite di progetto	1170	Mpa		1170	Mpa		1170	Mpa	
Coefficiente di sicurezza	6.99	> 1.40	VERIFICA	9.62	> 1.20	VERIFICA	9.92	> 1.20	VERIFICA
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO		SLU		SLV1 (kh+kv)			SLV2 (kh-kv)		
Azione spingente	84	KN		69	KN		68	KN	
Azione resistente	264	KN		179	KN		170	KN	
Coefficiente di sicurezza	3.13	> 1.10	VERIFICA	2.60	> 1.00	VERIFICA	2.50	> 1.00	VERIFICA
VERIFICA AL RIBALTAMENTO		SLU		SLV1 (kh+kv)			SLV2 (kh-kv)		
Momento ribaltante	129	KNxm		99	KNxm		98	KNxm	
Momento resistente	600	KNxm		418	KNxm		399	KNxm	
Coefficiente di sicurezza	4.67	> 1.15	VERIFICA	4.22	> 1.00	VERIFICA	4.06	> 1.00	VERIFICA

Le verifiche risultano tutte soddisfatte.

 Ferrovie Appulo Lucane	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p align="center">PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica</p>	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 66 di 77
---	---	---

7.7 Verifiche geotecniche (muro di innesto rampa)

Si riportano di seguito le verifiche geotecniche del muro effettuate allo stato limite ultimo relativamente alla capacità portante della fondazione e ai fenomeni di scorrimento e ribaltamento:

SOTTOVIA PERTINI			VERIFICHE GEOTECNICHE - MURO H=1.65m					
CARATTERISTICHE TERRENO DI FONDAZIONE								
Angolo di attrito	33	°						
Coesione	0	KN/m2						
Carico limite di progetto	1170	Kpa						
VERIFICA AL CARICO LIMITE			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Nd - Carico assiale	177	KN/m			133	KN/m	117	KN/m
Md - Momento flettente	38	KNxm/m			48	KNxm/m	48	KNxm/m
e - Eccentricità	0.22	m			0.36	m	0.41	m
B' - Larghezza ridotta	1.77	m			1.47	m	1.37	m
q medio (SLU)	100	Mpa			90	Mpa	85	Mpa
q limite di progetto	1170	Mpa			1170	Mpa	1170	Mpa
Coefficiente di sicurezza	11.71	> 1.40	VERIFICA		13.01	> 1.20	VERIFICA	13.78 > 1.20 VERIFICA
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Azione spingente	35	KN			46	KN	45	KN
Azione resistente	115	KN			86	KN	76	KN
Coefficiente di sicurezza	3.27	> 1.10	VERIFICA		1.86	> 1.00	VERIFICA	1.70 > 1.00 VERIFICA
VERIFICA AL RIBALTAMENTO			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Momento ribaltante	45	KNxm			52	KNxm	50	KNxm
Momento resistente	192	KNxm			154	KNxm	137	KNxm
Coefficiente di sicurezza	4.29	> 1.15	VERIFICA		2.93	> 1.00	VERIFICA	2.71 > 1.00 VERIFICA

Le verifiche risultano tutte soddisfatte.

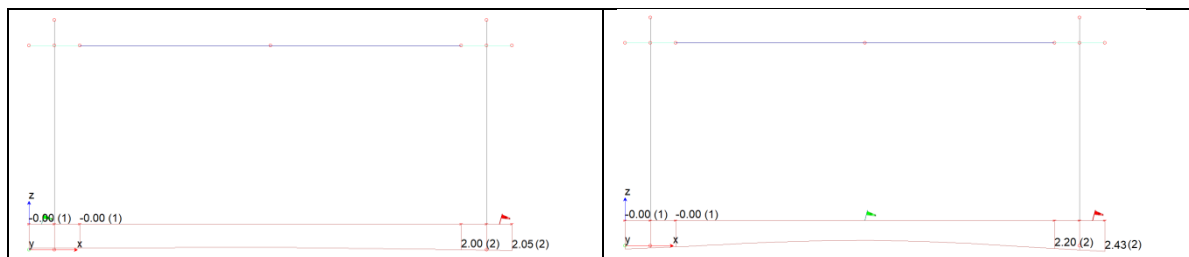
7.8 Verifica delle pressioni sul terreno (tombino idraulico)

Si riportano di seguito i diagrammi di involuppo delle pressioni massime sul magrone di compattazione inserito sotto fondazione, che dovrà garantire un adeguato livello di portanza:

p SLU/SLV (Kg/cm2)

Kt = 1kg/cm3	Kt = 10kg/cm3
--------------	---------------

 Ferrovie Appulo Lucane	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione Geotecnica</p>	<p>DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 67 di 77</p>
---	---	--



Attribuendo cautelativamente al magrone di compattazione un carico limite di progetto pari al carico di sicurezza del terreno di fondazione (in realtà è superiore), la verifica è soddisfatta:

- $pd_{max} = 2.43 \text{ kg/cm}^2 \cong 0.24 \text{ MPa}$
- $q_{sic} = 1.17 \text{ Mpa} > pd_{max}$
- $\gamma_s = 1.17/0.24 = \mathbf{4.87} > 1$

7.9 Verifiche geotecniche (muro di spessore 50cm)

Si riportano di seguito le verifiche geotecniche del muro effettuate allo stato limite ultimo relativamente alla capacità portante della fondazione e ai fenomeni di scorrimento e ribaltamento:



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

DAR_3RH001a
Data: Giugno 2020
Pag. 68 di 77

SOTTOVIA PERTINI			VERIFICHE GEOTECNICHE - MURO H=3.35m						
CARATTERISTICHE TERRENO DI FONDAZIONE									
Angolo di attrito	33	°							
Coesione	0	KN/m2							
Carico limite di progetto	1170	Kpa							
VERIFICA AL CARICO LIMITE		SLU		SLV1 (kh+kv)			SLV2 (kh-kv)		
Nd - Carico assiale	389	KN/m		276	KN/m		243	KN/m	
Md - Momento flettente	36	KNxm/m		140	KNxm/m		143	KNxm/m	
e - Eccentricità	0.09	m		0.51	m		0.59	m	
B' - Larghezza ridotta	3.11	m		2.29	m		2.12	m	
q medio (SLU)	125	Mpa		121	Mpa		114	Mpa	
q limite di progetto	1170	Mpa		1170	Mpa		1170	Mpa	
Coefficiente di sicurezza	9.38	> 1.40	VERIFICA	9.69	> 1.20	VERIFICA	10.22	> 1.20	VERIFICA
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO		SLU		SLV1 (kh+kv)			SLV2 (kh-kv)		
Azione spingente	87	KN		110	KN		106	KN	
Azione resistente	252	KN		179	KN		158	KN	
Coefficiente di sicurezza	2.92	> 1.10	VERIFICA	1.63	> 1.00	VERIFICA	1.48	> 1.00	VERIFICA
VERIFICA AL RIBALTAMENTO		SLU		SLV1 (kh+kv)			SLV2 (kh-kv)		
Momento ribaltante	144	KNxm		206	KNxm		197	KNxm	
Momento resistente	706	KNxm		518	KNxm		460	KNxm	
Coefficiente di sicurezza	4.89	> 1.15	VERIFICA	2.52	> 1.00	VERIFICA	2.33	> 1.00	VERIFICA

Le verifiche risultano tutte soddisfatte.

 <p>Ferrovie Appulo Lucane</p>	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione Geotecnica</p>	<p>DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 69 di 77</p>
---	--	--

8. CAVALCAFERROVIA PROGR. 19+328.23

8.1 Terreno di fondazione

Le indagini svolte nella zona d'intervento (n.2 sondaggi a carotaggio continuo S4_1, S4_2, n.1 prospezione sismica MASW M4_1, analisi di laboratorio sui campioni prelevati), descritte nella relazione geologica, hanno permesso di accertare la presenza in sito di una sola *“unità geotecnica principale”*:

- *un unico livello Ca2 (da 0.00m sino alla profondità d'interesse) costituito da un calcare fratturato, carsificato, con possibile sacche di forte alterazione ($\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$)*

Ai i sensi delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzione (2018), i terreni in oggetto appartengano alla categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo A.

Si ricorda che ai sensi del suddetto decreto il profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo **A** riguarda *“Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3m”*.

Ai fini delle verifiche geotecniche di scorrimento delle spalle del cavalcaferrovia e dei muri di sostegno, si assumono per il terreno di fondazione, le seguenti caratteristiche geotecniche riportate dalla relazione geologica:

- Angolo di attrito all'interfaccia fondazione - terreno $F_i = 33^\circ (\cong 2/3\Phi)$
- Coesione all'interfaccia fondazione – terreno $c = 0 \text{ KN/m}^3$
(cautelativo)

Per le verifiche di portanza del terreno, si considera il corrispondente valore di progetto del carico limite (valore di sicurezza), così come riportato dalla relazione geologica:

- $q_{sic} = q_{ult}/5 = 5.86/5 = 1.17 \text{ Mpa}$

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 70 di 77
---	---	---

8.2 Terreno a tergo delle spalle e dei muri di sostegno

Il terreno a tergo delle spalle del cavalcavia ferroviario e dei muri di sostegno, sarà costituito da un riempimento in materiale compattato da rilevato, per il quale la spinta sarà calcolata considerando i seguenti parametri meccanici:

- $\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$
- $\varphi = 35^\circ$
- $c' = 0$
- $\delta = 23^\circ$

8.3 Falda freatica

Nel territorio oggetto d'intervento, la falda freatica si trova ad una profondità tale da non interagire con le opere di progetto.

8.4 Parametri sismici

<u>Parametri caratteristici per la determinazione dello spettro sismico elastico</u>	
$V_N=100$	Vita nominale dell'opera come definito in tab. 2.4.I
Classe= III	Classe d'uso
$C_U=1.5$	Coeff. d'uso come definito nella tab. 2.4.II
Cat.=A	Categoria del sottosuolo
Cat.=T1	Categoria topografica
$S_{S,SLV}=1.00$	Coefficiente di amplificazione stratigrafico
$S_T=1.00$	Coefficiente di amplificazione topografica
$S = S_S \times S_T = 1.00$	

 Ferrovie Appulo Lucane	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione Geotecnica</p>	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 71 di 77
---	---	---

$V_R = V_N C_U = 100 \times 1.5 = 150$	Periodo di riferimento
--	-------------------------------

8.5 Verifiche geotecniche (spalle)

Si riportano di seguito le verifiche geotecniche della spalla effettuate allo stato limite ultimo relativamente alla capacità portante della fondazione e ai fenomeni di scorrimento e ribaltamento:

CAVALCAFERROVIA			VERIFICHE GEOTECNICHE - SPALLA H=8.35m					
CARATTERISTICHE TERRENO DI FONDAZIONE								
Angolo di attrito	33	°						
Coesione	0	KN/m2						
Carico limite di progetto	1170	Kpa						
VERIFICA AL CARICO LIMITE	SLU		SLV1 (kh+kv)			SLV2 (kh-kv)		
Nd - Carico assiale	1947	KN/m		1311	KN/m		1151	KN/m
Md - Momento flettente	830	KNxm/m		1835	KNxm/m		1856	KNxm/m
e - Eccentricità	0.43	m		1.40	m		1.61	m
B' - Larghezza ridotta	6.15	m		4.20	m		3.78	m
q medio (SLU)	317	Mpa		312	Mpa		305	Mpa
q limite di progetto	1170	Mpa		1170	Mpa		1170	Mpa
Coefficiente di sicurezza	3.69	> 1.40	VERIFICA	3.75	> 1.20	VERIFICA	3.84	> 1.20
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO	SLU		SLV1 (kh+kv)			SLV2 (kh-kv)		
Azione spingente	455	KN		526	KN		509	KN
Azione resistente	1265	KN		852	KN		748	KN
Coefficiente di sicurezza	2.78	> 1.10	VERIFICA	1.62	> 1.00	VERIFICA	1.47	> 1.00
VERIFICA AL RIBALTAMENTO	SLU		SLV1 (kh+kv)			SLV2 (kh-kv)		
Momento ribaltante	1810	KNxm		2165	KNxm		2087	KNxm
Momento resistente	7316	KNxm		5003	KNxm		4431	KNxm
Coefficiente di sicurezza	4.04	> 1.15	VERIFICA	2.31	> 1.00	VERIFICA	2.12	> 1.00

Le verifiche risultano tutte soddisfatte.

 Ferrovie Appulo Lucane	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p align="center">PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica</p>	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 72 di 77
---	---	---

8.6 Verifiche geotecniche (muro $6.50m < H \leq 7.50m$)

Si riportano di seguito le verifiche geotecniche del muro effettuate allo stato limite ultimo relativamente alla capacità portante della fondazione e ai fenomeni di scorrimento e ribaltamento:

CAVALCAFERROVIA			VERIFICHE GEOTECNICHE - MURO H=7.5m						
CARATTERISTICHE TERRENO DI FONDAZIONE									
Angolo di attrito	33	°							
Coesione	0	KN/m ²							
Carico limite di progetto	1170	Kpa							
VERIFICA AL CARICO LIMITE			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)		
Nd - Carico assiale	1259	KN/m			801	KN/m		762	KN/m
Md - Momento flettente	790	KNxm/m			686	KNxm/m		701	KNxm/m
e - Eccentricità	0.63	m			0.86	m		0.92	m
B' - Larghezza ridotta	3.75	m			3.29	m		3.16	m
q medio (SLU)	336	Mpa			244	Mpa		241	Mpa
q limite di progetto	1170	Mpa			1170	Mpa		1170	Mpa
Coefficiente di sicurezza	3.48	> 1.40	VERIFICA		4.80	> 1.20	VERIFICA	4.85	> 1.20
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)		
Azione spingente	417	KN			292	KN		290	KN
Azione resistente	818	KN			520	KN		495	KN
Coefficiente di sicurezza	1.96	> 1.10	VERIFICA		1.78	> 1.00	VERIFICA	1.71	> 1.00
VERIFICA AL RIBALTAMENTO			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)		
Momento ribaltante	1441	KNxm			1012	KNxm		1004	KNxm
Momento resistente	3603	KNxm			2347	KNxm		2241	KNxm
Coefficiente di sicurezza	2.50	> 1.15	VERIFICA		2.32	> 1.00	VERIFICA	2.23	> 1.00

Le verifiche risultano tutte soddisfatte.

 Ferrovie Appulo Lucane	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione Geotecnica</p>	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 73 di 77
---	---	---

8.7 Verifiche geotecniche (muro 5.50m < H ≤ 6.50m)

Si riportano di seguito le verifiche geotecniche del muro effettuate allo stato limite ultimo relativamente alla capacità portante della fondazione e ai fenomeni di scorrimento e ribaltamento:

CAVALCAFERROVIA			VERIFICHE GEOTECNICHE - MURO H=6.5m					
CARATTERISTICHE TERRENO DI FONDAZIONE								
Angolo di attrito	33	°						
Coesione	0	KN/m2						
Carico limite di progetto	1170	Kpa						
VERIFICA AL CARICO LIMITE			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Nd - Carico assiale	1032	KN/m			641	KN/m	610	KN/m
Md - Momento flettente	562	KNxm/m			467	KNxm/m	477	KNxm/m
e - Eccentricità	0.54	m			0.73	m	0.78	m
B' - Larghezza ridotta	3.41	m			3.04	m	2.93	m
q medio (SLU)	303	Mpa			211	Mpa	208	Mpa
q limite di progetto	1170	Mpa			1170	Mpa	1170	Mpa
Coefficiente di sicurezza	3.87	> 1.40	VERIFICA		5.56	> 1.20	VERIFICA	5.63 > 1.20 VERIFICA
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Azione spingente	340	KN			228	KN	226	KN
Azione resistente	670	KN			416	KN	396	KN
Coefficiente di sicurezza	1.97	> 1.10	VERIFICA		1.83	> 1.00	VERIFICA	1.75 > 1.00 VERIFICA
VERIFICA AL RIBALTAMENTO			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Momento ribaltante	1042	KNxm			690	KNxm	684	KNxm
Momento resistente	2660	KNxm			1681	KNxm	1605	KNxm
Coefficiente di sicurezza	2.55	> 1.15	VERIFICA		2.44	> 1.00	VERIFICA	2.35 > 1.00 VERIFICA

Le verifiche risultano tutte soddisfatte.

8.8 Verifiche geotecniche (muro 4.50m < H ≤ 5.50m)

Si riportano di seguito le verifiche geotecniche del muro effettuate allo stato limite ultimo relativamente alla capacità portante della fondazione e ai fenomeni di scorrimento e ribaltamento:



Ferrovie Appulo Lucane

RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE -
GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA
C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione Geotecnica

DAR_3RH001a
Data: Giugno 2020
Pag. 74 di 77

CAVALCAFERROVIA			VERIFICHE GEOTECNICHE - MURO H=5.5m						
CARATTERISTICHE TERRENO DI FONDAZIONE									
Angolo di attrito	33	°							
Coesione	0	KN/m2							
Carico limite di progetto	1170	Kpa							
VERIFICA AL CARICO LIMITE	SLU			SLV1 (kh+kv)			SLV2 (kh-kv)		
Nd - Carico assiale	830	KN/m		498	KN/m		474	KN/m	
Md - Momento flettente	380	KNxm/m		301	KNxm/m		308	KNxm/m	
e - Eccentricità	0.46	m		0.60	m		0.65	m	
B' - Larghezza ridotta	3.08	m		2.79	m		2.70	m	
q medio (SLU)	269	Mpa		178	Mpa		176	Mpa	
q limite di progetto	1170	Mpa		1170	Mpa		1170	Mpa	
Coefficiente di sicurezza	4.35	> 1.40	VERIFICA	6.56	> 1.20	VERIFICA	6.66	> 1.20	VERIFICA
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO	SLU			SLV1 (kh+kv)			SLV2 (kh-kv)		
Azione spingente	270	KN		171	KN		170	KN	
Azione resistente	539	KN		324	KN		308	KN	
Coefficiente di sicurezza	1.99	> 1.10	VERIFICA	1.89	> 1.00	VERIFICA	1.81	> 1.00	VERIFICA
VERIFICA AL RIBALTAMENTO	SLU			SLV1 (kh+kv)			SLV2 (kh-kv)		
Momento ribaltante	721	KNxm		445	KNxm		441	KNxm	
Momento resistente	1900	KNxm		1155	KNxm		1103	KNxm	
Coefficiente di sicurezza	2.64	> 1.15	VERIFICA	2.60	> 1.00	VERIFICA	2.50	> 1.00	VERIFICA

Le verifiche risultano tutte soddisfatte.

 Ferrovie Appulo Lucane	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>Relazione Geotecnica</p>	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 75 di 77
---	---	---

8.9 Verifiche geotecniche (muro $3.50m < H \leq 4.50m$)

Si riportano di seguito le verifiche geotecniche del muro effettuate allo stato limite ultimo relativamente alla capacità portante della fondazione e ai fenomeni di scorrimento e ribaltamento:

CAVALCAFERROVIA			VERIFICHE GEOTECNICHE - MURO H=4.5m					
CARATTERISTICHE TERRENO DI FONDAZIONE								
Angolo di attrito	33	°						
Coesione	0	KN/m ²						
Carico limite di progetto	1170	Kpa						
VERIFICA AL CARICO LIMITE			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Nd - Carico assiale	651	KN/m			375	KN/m	357	KN/m
Md - Momento flettente	239	KNxm/m			181	KNxm/m	185	KNxm/m
e - Eccentricità	0.37	m			0.48	m	0.52	m
B' - Larghezza ridotta	2.77	m			2.54	m	2.46	m
q medio (SLU)	235	Mpa			148	Mpa	145	Mpa
q limite di progetto	1170	Mpa			1170	Mpa	1170	Mpa
Coefficiente di sicurezza	4.97	> 1.40	VERIFICA		7.92	> 1.20	VERIFICA	8.08 > 1.20 VERIFICA
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Azione spingente	209	KN			123	KN	123	KN
Azione resistente	423	KN			243	KN	232	KN
Coefficiente di sicurezza	2.03	> 1.10	VERIFICA		1.97	> 1.00	VERIFICA	1.89 > 1.00 VERIFICA
VERIFICA AL RIBALTAMENTO			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Momento ribaltante	471	KNxm			266	KNxm	264	KNxm
Momento resistente	1305	KNxm			753	KNxm	719	KNxm
Coefficiente di sicurezza	2.77	> 1.15	VERIFICA		2.83	> 1.00	VERIFICA	2.72 > 1.00 VERIFICA

Le verifiche risultano tutte soddisfatte.

 Ferrovie Appulo Lucane	RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2 PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 76 di 77
---	---	---

8.10 Verifiche geotecniche (muro $2.50m < H \leq 3.50m$)

Si riportano di seguito le verifiche geotecniche del muro effettuate allo stato limite ultimo relativamente alla capacità portante della fondazione e ai fenomeni di scorrimento e ribaltamento:

CAVALCAFERROVIA			VERIFICHE GEOTECNICHE - MURO H=3.5m						
CARATTERISTICHE TERRENO DI FONDAZIONE									
Angolo di attrito	33	°							
Coesione	0	KN/m2							
Carico limite di progetto	1170	Kpa							
VERIFICA AL CARICO LIMITE			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)		
Nd - Carico assiale	494	KN/m			267	KN/m		254	KN/m
Md - Momento flettente	131	KNxm/m			97	KNxm/m		100	KNxm/m
e - Eccentricità	0.27	m			0.36	m		0.39	m
B' - Larghezza ridotta	2.47	m			2.28	m		2.22	m
q medio (SLU)	200	Mpa			117	Mpa		115	Mpa
q limite di progetto	1170	Mpa			1170	Mpa		1170	Mpa
Coefficiente di sicurezza	5.85	> 1.40	VERIFICA		9.96	> 1.20	VERIFICA	10.20	> 1.20 VERIFICA
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)		
Azione spingente	154	KN			83	KN		83	KN
Azione resistente	321	KN			174	KN		165	KN
Coefficiente di sicurezza	2.08	> 1.10	VERIFICA		2.09	> 1.00	VERIFICA	2.00	> 1.00 VERIFICA
VERIFICA AL RIBALTAMENTO			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)		
Momento ribaltante	283	KNxm			143	KNxm		142	KNxm
Momento resistente	851	KNxm			456	KNxm		436	KNxm
Coefficiente di sicurezza	3.01	> 1.15	VERIFICA		3.19	> 1.00	VERIFICA	3.07	> 1.00 VERIFICA

Le verifiche risultano tutte soddisfatte.

 Ferrovie Appulo Lucane	<p>RADDOPPIO DELLA TRATTA PALO DEL COLLE - GRUMO APPULA DELLA LINEA BARI-MATERA C.U.P.: G21E16000380001 C.I.G.: 72395498D2</p> <p align="center">PROGETTO DEFINITIVO Relazione Geotecnica</p>	DAR_3RH001a Data: Giugno 2020 Pag. 77 di 77
---	---	---

8.11 Verifiche geotecniche (muro $H \leq 2.50\text{m}$)

Si riportano di seguito le verifiche geotecniche del muro effettuate allo stato limite ultimo relativamente alla capacità portante della fondazione e ai fenomeni di scorrimento e ribaltamento:

CAVALCAFERROVIA			VERIFICHE GEOTECNICHE - MURO $H=2.5\text{m}$					
CARATTERISTICHE TERRENO DI FONDAZIONE								
Angolo di attrito	33	°						
Coesione	0	KN/m ²						
Carico limite di progetto	1170	Kpa						
VERIFICA AL CARICO LIMITE			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Nd - Carico assiale	360	KN/m			177	KN/m	169	KN/m
Md - Momento flettente	55	KNxm/m			43	KNxm/m	45	KNxm/m
e - Eccentricità	0.15	m			0.24	m	0.27	m
B' - Larghezza ridotta	2.19	m			2.01	m	1.97	m
q medio (SLU)	164	Mpa			88	Mpa	86	Mpa
q limite di progetto	1170	Mpa			1170	Mpa	1170	Mpa
Coefficiente di sicurezza	7.14	> 1.40	VERIFICA		13.26	> 1.20	13.64	> 1.20
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Azione spingente	106	KN			51	KN	51	KN
Azione resistente	234	KN			115	KN	110	KN
Coefficiente di sicurezza	2.20	> 1.10	VERIFICA		2.26	> 1.00	2.17	> 1.00
VERIFICA AL RIBALTAMENTO			SLU		SLV1 (kh+kv)		SLV2 (kh-kv)	
Momento ribaltante	148	KNxm			65	KNxm	64	KNxm
Momento resistente	519	KNxm			249	KNxm	238	KNxm
Coefficiente di sicurezza	3.50	> 1.15	VERIFICA		3.84	> 1.00	3.70	> 1.00

Le verifiche risultano tutte soddisfatte.