

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

SCALA:

-

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

I F 1 W 0 0 D 2 9 C L R I 0 1 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore
A	EMISSIONE ESECUTIVA	G. Usai <i>GU</i>	12.2018	P. Di Nucci <i>PN</i>	12.2018	D. Aprea <i>DA</i>	12.2018	ITALENERGIA S.p.A. Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Ufficio Studi e Progettazione Via dei Marmorai, 1592 - Roma

File: IF1W00D29CLRIO100001A.doc.

n. Elab.: 145\_1

## INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	3
3.	CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE .....	4
3.1	CRITERI GENERALI DI VERIFICA.....	4
3.2	VERIFICHE DI SICUREZZA IN CAMPO STATICO PER OPERE IN MATERIALI SCIOLTI.....	5
	3.2.1 <i>Stati Limite Ultimi (SLU)</i> .....	5
	3.2.2 <i>Stati Limite di Esercizio (SLE)</i> .....	8
3.3	VERIFICHE DI SICUREZZA IN CAMPO SISMICO PER OPERE IN MATERIALI SCIOLTI.....	9
4.	AZIONE SISMICA DI PROGETTO .....	10
4.1	COMPONENTI DELL'ACCELERAZIONE EQUIVALENTE.....	13
	4.1.1 <i>Coefficienti sismici per la verifica di stabilità globale</i> .....	13
5.	CODICI DI CALCOLO E METODOLOGIE DI VERIFICA.....	14
5.1	VERIFICHE DI STABILITÀ .....	14
5.2	VALUTAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI.....	16
6.	CARATTERISTICHE DEL CORPO FERROVIARIO.....	18
6.1	INQUADRAMENTO GENERALE .....	18
6.2	DESCRIZIONE DEI TRATTI IN RILEVATO .....	18
6.3	MATERIALI .....	19
6.4	CARICHI DI PROGETTO .....	20
7.	DATI GEOTECNICI DI CALCOLO .....	22
8.	VERIFICHE RILEVATO .....	31
8.1	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE SLU/SLV .....	31
8.2	VERIFICHE SLE – VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI .....	41
9.	APPENDICE – OUTPUT SOFATWARE DI CALCOLO VERIFICA DI STABILITA'.....	54
9.1	TRATTA ALLO SCOPERTO TRA LE PK 29+050 A 31+050 .....	54
9.2	TRATTA ALLO SCOPERTO RACCORDO PROVVISORIO ALLA PK 41+100.....	57
9.3	VIABILITÀ INTERFERITA ALLA PK 41+100.....	60

## 1. PREMESSA

Nell'ambito dell'Itinerario Napoli-Bari si inserisce il Raddoppio della Tratta Bovino - Orsara oggetto della Progettazione Definitiva in esame.

Il presente documento riporta le verifiche, ai sensi della Normativa vigente (D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni"), relative alle sezioni caratteristiche dei seguenti tratti:

- Tratto in rilevato della sede ferroviaria, compreso tra le progressive pk km 29+050.00 e pk km 30+950.00 circa;
- Tratto di Raccordo provvisorio con la linea storica alla pk 41+100.00;
- Viabilità interferita NV03 alla pk 41+100.00.

## 2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Rif. [1] Aggiornamento alle Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 17/01/18 (NTC-2018);
- Rif. [2] Circolare del 24 luglio 2018 - Istruzioni per l'Applicazione dell'Aggiornamento alle Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17/01/18;
- Rif. [3] Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici.
- Rif. [4] UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- Rif. [5] UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità;
- Rif. [6] UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno.
- Rif. [7] REGOLAMENTO (UE) N. 1299/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea
- Rif. [8] RFI DTC INC PO SP IFS 001 A del 21.12.2011 – Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario;
- Rif. [9] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A del 21.12.2011 – Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;
- Rif. [10] RFI DTC INC CS LG IFS 001 A del 21.12.2001 Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra;
- Rif. [11] RFI DTC SI MA IFS 001 A – "Manuale di progettazione delle opere civili"
- Rif. [12] RFI DTC SI SP IFS 001 A – "Capitolato generale tecnico d'appalto delle opere civili"
- Rif. [13] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica parte 1: regole generali;
- Rif. [14] UNI EN 1997-1: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5; Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;

### 3. CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE

#### 3.1 Criteri generali di verifica

Per le opere in esame devono essere svolte le seguenti verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese (par. 6.2.4. delle NTC 2018):

- ✓ Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU);
- ✓ Verifiche agli Stati Limite d'Esercizio (SLE).

Per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 delle NTC 2018})$$

dove:

$E_d$  = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

$R_d$  = valore di progetto della resistenza.

La verifica della condizione  $E_d \leq R_d$  deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I coefficienti da adottarsi nelle diverse combinazioni sono definiti in funzione del tipo di verifica da effettuare (si vedano i paragrafi seguenti). Si sottolinea che per quanto concerne le azioni di progetto  $E_d$ , tali forze possono essere determinate applicando i coefficienti parziali di cui sopra alle azioni caratteristiche, oppure, a posteriori, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche (Par. 6.2.4.1 delle NTC2018).

Per ogni Stato Limite d'Esercizio (SLE) deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.4.3 delle NTC2018})$$

dove:

$E_d$  = valore di progetto dell'effetto dell'azione;

$C_d$  = valore limite prescritto dell'effetto delle azioni (definito dal Progettista Strutturale).

La verifica della condizione  $E_d \leq C_d$  deve essere effettuata impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici.

### 3.2 Verifiche di sicurezza in campo statico per opere in materiali sciolti

In base a quanto indicato dalle NTC2018, le verifiche di sicurezza che devono essere condotte per opere costituite da materiali sciolti sono le seguenti.

#### 3.2.1 Stati Limite Ultimi (SLU)

Le verifiche di stabilità in campo statico di opere in materiali sciolti, quali rilevati, devono essere eseguite secondo il seguente approccio (Par. 6.8.2 delle NTC2018):

**Approccio 1 - Combinazione 2** : A2 + M2 + R2

tenendo conto dei coefficienti parziali sotto definiti.

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:

$$\frac{R_d}{E_d} \geq 1 \Rightarrow \frac{\frac{1}{\gamma_R} \cdot R}{E_d} \geq 1 \Rightarrow \frac{R}{E_d} \geq \gamma_R$$

essendo R resistenza globale del sistema, calcolata sulla base delle azioni di progetto, dei parametri di

progetto e della geometria di progetto ( $R = R \left[ \gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_m}; a_d \right]$ ).

La stabilità globale dell'insieme manufatto-terreno di fondazione deve essere studiata nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive ed al termine della costruzione.

Facendo riferimento a quanto previsto al p.to 5.2.3.3.1 del Doc Rif. 8 ed al p.to 2.3.3. dei Doc Rif. 9 e 8, per le verifiche agli Stati Limite Ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** (Tab. 5.2.V del Doc Rif. 8) e i coefficienti di combinazione  $\psi$  in Tab. 5.2.VI.

		Coefficiente	EQU <sup>1</sup>	A1 STR	A2 GEO	Comb. eccezionale	Comb. Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>2</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>3</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>4</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>5</sup>	0,20 <sup>6</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>6</sup>	1,00 <sup>7</sup>	1,00	1,00	1,00

Tab. 1 – Coefficienti parziali sulle azioni (Tab. 5.2.V del Doc. Rif. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**)

In **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** (Tab. 5.2.V del Doc. Rif. 8) il significato dei simboli è il seguente:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;
- $\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- $\gamma_B$  coefficiente parziale del peso proprio del ballast;
- $\gamma_Q$  coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;
- $\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.

<sup>1</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

<sup>2</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>3</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

<sup>4</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico GR della tabella Tab. 5.2.IV del Doc. Rif. 8

<sup>5</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.

<sup>6</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna.

<sup>7</sup> 1,20 per effetti locali.

Azioni	Descrizione	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr <sub>1</sub>	0,80 <sup>8</sup>	0,80 <sup>9</sup>	0,0
	gr <sub>2</sub>	0,80 <sup>9</sup>	0,80 <sup>10</sup>	-
	gr <sub>3</sub>	0,80 <sup>9</sup>	0,80 <sup>10</sup>	0,0
	gr <sub>4</sub>	1,00	1,00 <sup>10</sup>	0,0
Azioni del vento	F <sub>wk</sub>	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,00	0,0	0,0
Azioni termiche	T <sub>k</sub>	0,60	0,60	0,50

Tab. 2 – Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni (Tab. 5.2.VI del Doc. Rif 8)

Azioni	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Treno di carico LM 71	0,80 <sup>10</sup>	11	0,0
Treno di carico SW /0	0,80 <sup>11</sup>	0,80	0,0
Treno di carico SW/2	0,00 <sup>11</sup>	0,80	0,0
Treno scarico	1,00 <sup>11</sup>	-	-
Centrifuga	13 11	12	13
Azione laterale (serpeggio)	1,00 <sup>11</sup>	0,80	0,0

Tab. 3 – Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni (Tab. 5.2.VII del Doc. Rif. 8)

<sup>8</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,00.

<sup>9</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari, e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>10</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,00.

<sup>11</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>12</sup> Si usano gli stessi coefficienti  $\psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni

PARAMETRO	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{Cu}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.0	1.0

Tab. 4 – Coefficienti parziali sui parametri del terreno (M1 ed M2) - (Tab. 6.2.II, Doc. Rif. 1)

Coefficiente parziale	(R2)
$\gamma_R$	1.1

Tab. 5 – Coefficienti parziali per le verifiche di stabilità globale (R2) - (Tab. 6.8.I, Doc. Rif. 1)

### 3.2.2 Stati Limite di Esercizio (SLE)

Nelle condizioni di esercizio, devono essere valutati gli spostamenti del manufatto e del terreno circostante, dovuti alla deformazione dei terreni di fondazione e dell'opera, per verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza e funzionalità dei manufatti adiacenti.



### 3.3 Verifiche di sicurezza in campo sismico per opere in materiali sciolti

Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali; specificamente mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi avanzati di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e della capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come  $F_h = k_h \cdot W$  ed  $F_v = k_v \cdot W$ , con  $k_h$  e  $k_v$  rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale.

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

dove:

$\beta_s$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito = 0.38 nelle verifiche allo SLV (§7.11.4 NTC 2018);

$a_{\max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = (S_s \cdot S_T) \cdot a_g$$

dove:

$S$  = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ );

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni impiegando lo stesso approccio utilizzato per la condizione statica (di cui § 6.8.2 NTC 2018 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo), ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1 NTC 2018) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a  $\gamma_R = 1.2$ .

Si deve inoltre tener conto della presenza di manufatti interagenti con l'opera.

#### 4. AZIONE SISMICA DI PROGETTO

La definizione dell'azione sismica di progetto per le opere afferenti il tracciato è stata condotta secondo quanto disposto dalle Norme Tecniche in vigore assunte alla base della progettazione in oggetto (D.M. 17 Gennaio 2018. Aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni).

In particolare l'azione sismica in base alla quale è stato verificato il rispetto dei diversi Stati Limite per le strutture in progetto, è stata definita a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, a sua volta espressa in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale.

La definizione dell'azione sismica comprende la determinazione delle ordinate dello spettro di risposta elastica in accelerazione  $S_e(T)$  "ancorato" al valore di  $a_g$ , facendo riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$  per la vita utile della struttura.

Sulla base di quanto riportato nell'elaborato *IF1W03D11GEOC0000003A – Relazione sismica tratta allo scoperto da ok 29+050 a 31+050*, nell'elaborato *IF1W03D11GEOC0000004A – Relazione sismica tratta allo scoperto raccordo provvisorio alla pk 41+100* e nell'elaborato *IF1W03D11GEOC0000008A – Relazione sismica viabilità interferita alla pk 41+100*, per la definizione della vita nominale si fa riferimento al paragrafo 2.5.1.1 del Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture (Doc. Rif. 11), dal quale è estratta la tabella seguente.

TIPO DI COSTRUZIONE <sup>(1)</sup>	Vita Nominale $V_N$ [Anni] <sup>(2)</sup>
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14/01/2008 A VELOCITÀ CONVENZIONALE ( $V < 250$ Km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V < 250$ Km/h	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V \geq 250$ km/h	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	$\geq 100$ <sup>(2)</sup>
(1) – La stessa $V_N$ si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere.	
(2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di FERROVIE.	

Per la tratta in esame, si assume:

Opera	Vita Nominale ( $V_N$ )
<i>Tratta allo scoperto Bovino</i>	75

La classe d'uso delle infrastrutture ferroviarie può, ai sensi della normativa vigente, assumersi come indicato nella seguente tabella.

TIPO DI COSTRUZIONE	Classe d'uso	Coefficiente d'uso [CU]
GRANDI STAZIONI	C IV	2,00
OPERE D'ARTE DEL SISTEMA DI GRANDE VIABILITÀ FERROVIARIA	C III	1,50
ALTRE OPERE D'ARTE	C II	1,00

<b>Classe I</b>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<b>Classe II</b>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<b>Classe III</b>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<b>Classe IV</b>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per le tratte in esame, si assume:

Opera	Classe d'Uso	Coeff. d'Uso (C <sub>U</sub> )
<i>Tratta allo scoperto Bovino</i>	III	1.5

Pertanto la vita di riferimento dell'opera V<sub>R</sub> risulta pari a.

$$V_R = V_N \cdot C_U = 75 \text{ anni} \cdot 1.5 = 112.5 \text{ anni.}$$

Opera	Periodo di Riferimento (V <sub>R</sub> )
<i>Tratta allo scoperto Bovino</i>	112.5

Data la probabilità di superamento nel periodo di riferimento considerato, funzione dello Stato Limite di verifica, la forma spettrale è definita a partire dai valori dei seguenti parametri relativi ad un sito di riferimento rigido e orizzontale:

a<sub>g</sub> = accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale;

F<sub>0</sub> = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T<sub>C</sub>\* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Si è quindi proceduto alla definizione del periodo di riferimento per l'azione sismica, sulla base della classificazione delle opere in progetto, e successivamente sono stati definiti gli stati limite di interesse per la verifica strutturale, i periodi di ritorno corrispondenti dell'azione sismica per suolo rigido in corrispondenza del punto di interesse collocato lungo il tracciato.

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	12 di 61

### Tratto all'aperto tra le pk km 29+050.00 e pk km 30+950.00

Sulla base dei risultati delle indagini sismiche condotte, mostrate nell'elaborato *IF1W03D11GEOC0000003A – Relazione sismica tratta allo scoperto da ok 29+050 a 31+050*, si è ritenuto opportuno adottare lungo tutta la tratta la categoria di suolo di tipo C.

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, la morfologia dell'area può essere ricondotta ad una delle configurazioni semplici previste dalla normativa. In particolare, l'area in oggetto può essere classificata di categoria T1, "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ", con coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1.0$ .

L'azione sismica è variabile lungo la tratta al variare delle coordinate del punto considerato. Con riferimento ad un punto intermedio della tratta Bovino di coordinate:

Longitudine:  $15.387977^\circ$

Longitudine:  $41.296473^\circ$

risulta per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) quanto segue.

Accelerazione di riferimento $a_g/g$	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	Vita Nominale	Classe d'uso	Accelerazione massima attesa al sito $a_{max}/g$
0.230	C	T1	75	III	0.312

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.230 g
$F_o$	2.509
$T_C^*$	0.439 s
$S_S$	1.353
$C_C$	1.377
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

S	1.353
$\eta$	1.000
$T_B$	0.202 s
$T_C$	0.605 s
$T_D$	2.521 s

### Tratto di Raccordo provvisorio con la linea storica alla pk 41+100.00 e Viabilità interferita alla pk 41+100.00

Sulla base dei risultati delle indagini sismiche condotte, mostrate nell'elaborato *IF1W03D11GEOC0000004A – Relazione sismica tratta allo scoperto raccordo provvisorio alla pk 41+100* e nell'elaborato *IF1W03D11GEOC0000008A – Relazione sismica viabilità interferita alla pk 41+100*, si è ritenuto opportuno adottare lungo tutta la tratta la categoria di suolo di tipo C.

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, la morfologia dell'area può essere ricondotta ad una delle configurazioni semplici previste dalla normativa. In particolare, l'area in oggetto può essere classificata di categoria T1, "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ", con coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1.0$ .

L'azione sismica è variabile lungo la tratta al variare delle coordinate del punto considerato. Con riferimento ad un punto intermedio della tratta Bovino di coordinate:

Longitudine: 15.280293°

Longitudine: 41.240983°

risulta per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) quanto segue.

Accelerazione di riferimento $a_g/g$	Categoria sottosuolo	Categoria topografica	Vita Nominale	Classe d'uso	Accelerazione massima attesa al sito $a_{max}/g$
0.272	C	T1	75	III	0.354

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.272 g
$F_o$	2.436
$T_c$	0.431 s
$S_s$	1.302
$C_c$	1.387
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

S	1.302
$\eta$	1.000
$T_B$	0.199 s
$T_C$	0.597 s
$T_D$	2.688 s

## 4.1 Componenti dell'accelerazione equivalente

Come definito in normativa, a meno di specifiche analisi dinamiche, è possibile svolgere le verifiche di sicurezza mediante analisi pseudostatiche o analisi agli spostamenti.

### 4.1.1 Coefficienti sismici per la verifica di stabilità globale

Come già anticipato al paragrafo 2.3, la verifica di stabilità globale va condotta mediante il metodo di analisi definito al Par. 7.11.3.5.2 delle NTC2018, inerente alla stabilità dei pendii.

I coefficienti sismici  $k_h$  (orizzontale) e  $k_v$  (verticale) risultano quindi pari a:

#### Tratto all'aperto tra le pk km 29+050.00 e pk km 30+950.00

$$k_h = \beta_s a_{max} = 0.38 \cdot 0.312 = 0.119$$

$$k_v = \pm k_h / 2 = \pm 0.059$$

#### Tratto di Raccordo provvisorio con la linea storica alla pk 41+100.00 e Viabilità interferita alla pk 41+100.00

$$k_h = \beta_s a_{max} = 0.38 \cdot 0.354 = 0.136$$

$$k_v = \pm k_h / 2 = \pm 0.067$$

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	14 di 61

## 5. CODICI DI CALCOLO E METODOLOGIE DI VERIFICA

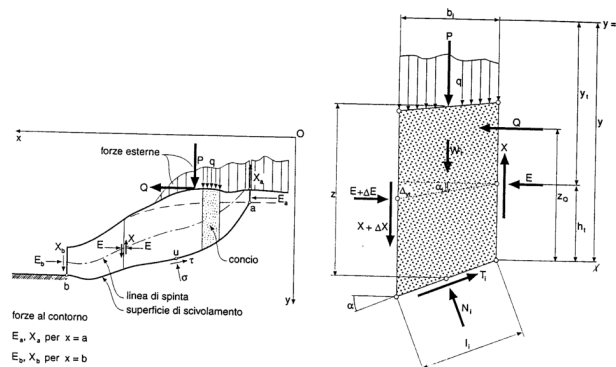
### 5.1 Verifiche di stabilità

Le analisi di stabilità dei rilevati (verifiche di stabilità globale) sono state condotte utilizzando il codice di calcolo SLIDE v.2018 8.018 della RocScience Inc., applicando i metodi di analisi all'equilibrio limite di Bishop.

La verifica si conduce esaminando un certo numero di possibili superfici di scivolamento per ricercare quella che rappresenta il rapporto minimo tra la resistenza a rottura disponibile e quella effettivamente mobilitata; il valore di questo rapporto costituisce il coefficiente di sicurezza del pendio. Scelta quindi una superficie di rottura, la si suddivide in conci la parte instabile, studiando dapprima l'equilibrio della singola striscia e poi la stabilità globale. Le ipotesi del metodo in questione sono:

- il coefficiente di sicurezza è definito come il rapporto tra la resistenza al taglio lungo un'ipotetica superficie di scorrimento e lo sforzo di taglio mobilitato lungo la stessa superficie;
- la rottura avviene, per il raggiungimento della resistenza limite, contemporaneamente in tutti i punti della superficie di scorrimento.
- il coefficiente di sicurezza è costante in tutti i punti della superficie di scorrimento.
- la resistenza al taglio è espressa dal criterio di Coulomb.

Nell'utilizzare tale metodo di calcolo si fa sempre riferimento ad un problema piano nel quale, quindi, la superficie di scorrimento è rappresentata da una curva, trascurando ogni effetto dovuto alle sezioni adiacenti. Tali schematizzazioni sono giustificabili se le proprietà meccaniche dei terreni sono omogenee in direzione trasversale e quando l'estensione del pendio è predominante sulla dimensione trasversale. In generale la massa di terreno compresa tra la superficie di scorrimento e la superficie del suolo viene suddivisa in conci e le forze che agiscono su ciascuna striscia possono essere calcolate imponendo le condizioni di equilibrio. L'equilibrio dell'intera massa è dato poi dalla composizione delle forze che agiscono su ciascuna striscia (*"Metodo delle strisce"*).



Schematizzazione di calcolo del Metodo delle strisce

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	15 di 61

Le forze agenti su ciascun concio sono, con riferimento alla figura precedente: Il peso  $W$ , l'azione tangenziale alla base  $T$ , l'azione normale efficace alla base  $N$ , la spinta dell'acqua sulla base  $U$ , gli sforzi tangenziali  $X$  e quelli normali  $E$  sulle superfici laterali (forze d'interfaccia).

Le condizioni di equilibrio di ciascun concio sono date dalle tre equazioni della statica, pertanto, ammettendo di suddividere il volume di terreno in esame in  $n$  conci, si hanno a disposizione  $3n$  equazioni, mentre le incognite del problema risultano essere  $(5n-2)$  così composte:

- $n$  valori per l'azione delle forze normali efficaci alla base.
- $n-1$  valori per ciascuna delle forze d'interfaccia ( $X$  ed  $E$ )
- $n-1$  valori per il punto di applicazione delle forze d'interfaccia in direzione orizzontale.
- $n$  valori per il punto di applicazione degli sforzi normali efficaci alla base.
- 1 valore del coefficiente di sicurezza.

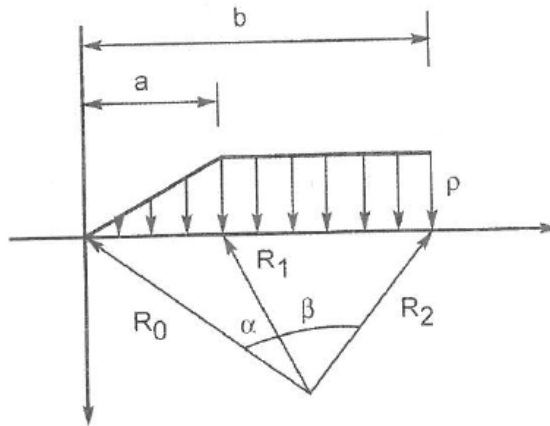
Come già accennato, dal bilancio fra le equazioni disponibili e il numero delle incognite risulta che si hanno  $(2n-2)$  incognite sovrabbondanti e quindi il problema risulta staticamente indeterminato; per riportarlo a staticamente determinato e rendere possibile la soluzione del sistema di equazioni che descrivono l'equilibrio della massa di terreno potenzialmente instabile, è necessario introdurre alcune ipotesi semplificative che consentono di ridurre il numero delle incognite del problema. La prima tra tutte, che risulta, tra le altre cose, comune a tutti i metodi, è quella di considerare centrata la forza agente alla base della striscia, il che è accettabile nel caso in cui i conci siano di larghezza limitata. Le altre ipotesi necessarie per risolvere il sistema di equazioni sono diverse a secondo del metodo che si considera.

Nel presente caso sono state adottate quelle proposte da Bishop.

Si fa presente che il software di calcolo *Slide* implementa nelle analisi l'applicazione dei coefficienti parziali sulle azioni, sui materiali e sulle resistenze globali del sistema; per questo motivo la verifica di stabilità risulterà soddisfatta per coefficienti di sicurezza  $FS \geq 1.0$ .

## 5.2 Valutazione degli spostamenti

La valutazione dell'ordine di grandezza dei cedimenti attesi sotto i carichi di esercizio è stata effettuata attraverso la teoria dell'elasticità. Facendo ricorso alla teoria del semispazio elastico omogeneo ed isotropo, è possibile definire in ogni punto del sottosuolo e per il previsto schema di carico, i valori delle corrispondenti tensioni indotte. Il corpo di carico del rilevato è suddiviso in corpi di carico riconducibili a quelli mostrati nella figura che segue, che consentono di determinare le tensioni indotte in forma analitica chiusa.



Con tale metodo le espressioni delle tensioni indotte dal singolo corpo di carico sono:

$$\Delta\sigma_z = p/\pi \cdot [\beta + x\alpha/a - z/R_2^2 \cdot (x - b)]$$

$$\Delta\sigma_x = p/\pi \cdot [\beta + x\alpha/a + z/R_2^2 \cdot (x - b) + 2z/a \cdot \log R_1/R_0]$$

$$\Delta\sigma_y = \nu \cdot (\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_z)$$

Ricavati ad ogni profondità  $z$  i corrispondenti valori di  $\Delta\sigma_x$ ,  $\Delta\sigma_y$  e  $\Delta\sigma_z$ , dovuti alla sovrapposizione degli effetti dei singoli corpi di carico, è possibile ricavare il corrispondente valore della  $\varepsilon_z$  attraverso l'espressione:

$$\varepsilon_z = [\Delta\sigma_z - \nu \cdot (\Delta\sigma_y + \Delta\sigma_x)]/E$$

noti i valori del modulo di deformabilità  $E$  ed il coefficiente di Poisson  $\nu$ .

Suddividendo il terreno al di sotto del rilevato in strati di spessore  $\Delta z_i$ , è possibile valutare il cedimento dello strato  $i$  – esimo attraverso l'espressione:

$$\delta z_i = [\Delta\sigma_z - \nu \cdot (\Delta\sigma_y + \Delta\sigma_x)]/E \cdot \Delta z_i$$

Il cedimento complessivo sarà pari alla somma dei cedimenti dei singoli strati e quindi pari a:

$$\delta z_j = \sum_i \delta z_i = \sum_i [\Delta\sigma_z - \nu \cdot (\Delta\sigma_y + \Delta\sigma_x)]/E \cdot \Delta z_i$$

Se il sottosuolo sul quale è realizzato il rilevato è costituito da  $n$  strati, il cedimento complessivo è pari alla somma dei cedimenti dei singoli strati:

$$\delta_{tot} = \sum_j \delta z_j$$



RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	17 di 61

Il calcolo può essere esteso o su tutto lo spessore dello schema geometrico definito o esteso fino ad una profondità massima, intesa come quella profondità alla quale il rapporto tra l'incremento della tensione media nel sottosuolo per effetto del sovraccarico dovuto al rilevato  $\Delta\sigma_m = (\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y + \Delta\sigma_z)/3$  e la tensione media efficace  $\sigma_{m0} = (\sigma'_{v0} + 2k_0 \cdot \sigma'_{v0})/3$  risulta pari ad una certa percentuale..

Il foglio di calcolo impiegato fornisce la valutazione del cedimento in undici punti collocati in corrispondenza del piano campagna. I dati di input richiesti per il calcolo del cedimento sono:

- caratteristiche geometriche del rilevato: altezza  $h$ , larghezza della scarpata sinistra  $a$ , larghezza del coronamento  $b$  e larghezza della scarpata  $a'$ ;
- il valore del peso dell'unità di volume del rilevato;
- il numero e lo spessore degli strati di terreno interessati con un eventuale descrizione e l'intervallo di suddivisione dei singoli strati  $\Delta z_i$ ;
- i parametri di deformabilità medi di ciascuno strato  $E_i$  e  $\nu_i$ ;
- l'angolo di attrito interno  $\phi'_i$  e il peso dell'unità di volume  $\gamma_i$  dei singoli strati;
- la profondità della falda  $z_w$ ;
- il rapporto tra la tensione media indotta nel sottosuolo e la tensione media efficace  $\Delta\sigma_m/\sigma_{m0}$  (se uguale 0 l'analisi viene estesa allo spessore complessivo dovuto alla somma degli spessori dei singoli strati).

Per i cedimenti a breve termine nei terreni coesivi si considera il modulo elastico non drenato  $E_u$ , mentre per i cedimenti a lungo termine il modulo drenato operativo indicato nel seguito con  $E_{op,2}$ .

## 6. CARATTERISTICHE DEL CORPO FERROVIARIO

### 6.1 Inquadramento generale

Lungo la Linea ferroviaria Napoli – Bari, nel tratto compreso tra Bovino e Orsara, il corpo stradale ferroviario si sviluppa, nella prima parte del tracciato in rilevato tra le progressive pk km 29+050.00 e pk km 30+950.00 circa. E' previsto inoltre un tratto in rilevato in corrispondenza del Raccordo provvisorio in prossimità della stazione di Orsara alla pk km 41+100.00 e della viabilità interferita sempre alla pk 41+100.00

E' stato condotto uno specifico studio geologico-geotecnico per la caratterizzazione dei terreni presenti nel sottosuolo, sulla base del quale sono state condotte le verifiche geotecniche dei rilevati oggetto del presente documento. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati:

- ✓ *IF1W03D11GEOC0000001A – Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto da pk 29+050 a 31+050;*
- ✓ *IF1W03D11GEOC0000002A – Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto raccordo provvisorio alla pk 41+100.*
- ✓ *IF1W03D11GEOC0000007A – Relazione Geotecnica viabilità interferita alla pk 41+100.*

Il primo tratto in questione prevede la realizzazione di rilevati con altezza (distanza PF e PC) massima pari a circa 6.0 m. Per altezza (distanza PF e PC) del rilevato si intende la distanza tra Piano del Ferro (PF) e piano campagna (PC). Il secondo tratto (raccordo provvisorio) prevede invece un rilevato di altezza massima pari a circa 9.0m con banca intermedia di larghezza pari a 2.0m.

Per quanto riguarda il tratto di viabilità interferita sono previsti rilevati di altezza fino a 7.0m circa.

Nel seguito sono riportate le verifiche relative ai rilevati tipologici di altezza massima (distanza PF e PC).

### 6.2 Descrizione dei tratti in rilevato

Per quanto riguarda la geometria dei rilevati ferroviari, si è fatto riferimento agli elaborati di progetto ad essi relativi ed in particolare alle sezioni trasversali, tipologiche e correnti.

In particolare, i rilevati sono previsti con pendenza 3H:2V e banca intermedia per i rilevati di altezza maggiore; al di sotto del corpo ferroviario è stato previsto uno scotico e bonifica per uno spessore pari a 1.0 m. Per le scarpate è stato previsto uno strato di terreno vegetale di 0.30m.

Il rilevato è finito in sommità con la realizzazione di uno strato di super compattato di spessore pari a 30 cm, al di sopra del quale verrà realizzato uno strato di sub-ballast di spessore pari a 12 cm. Una volta così completato il corpo del rilevato si posizioneranno ballast, traversine ed armamento ferroviario.

Per quanto riguarda il rilevato stradale della viabilità interferita alla pk 41+100.00, la pendenza delle scarpate laterali è pari a 3H:2V senza banca intermedia. In sommità è previsto un pacchetto stradale di spessore totale pari a 0.74 m e uno scotico e bonifica per uno spessore pari a 1.0 m.

### 6.3 Materiali

Le geometrie dell'opera in terra in esame dovranno essere tali da consentire il raggiungimento dei requisiti di stabilità prescritti. Tenuto conto delle prescrizioni imposte dal capitolato costruttivo, per la realizzazione dei rilevati ferroviari verranno impiegate terre appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3 e A4 di cui alla classificazione delle terre della norma UNI 11531-2014, messe in opera secondo le modalità indicate nel Doc. Rif. [12].

Ai materiali del rilevato possono essere attribuiti i parametri geotecnici riportati in:

Descrizione	Rilevato ferroviario
Peso unità di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0
Angolo di attrito $\phi'$ dopo la compattazione (°)	38
Coesione efficace $c'$ (kPa)	0.0
Modulo Elastico del terreno del rilevato alla base della fondazione (MPa)	20.00
Modulo Elastico del terreno del rilevato nella zona del nucleo (MPa)	40.00

Descrizione	Rilevato stradale
Peso unità di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	20.0
Angolo di attrito $\phi'$ dopo la compattazione (°)	35
Coesione efficace $c'$ (kPa)	0.0
Modulo Elastico del terreno del rilevato alla base della fondazione (MPa)	20.00
Modulo Elastico del terreno del rilevato nella zona del nucleo (MPa)	40.00

Il terreno in sito è stato caratterizzato in accordo a quanto definito nella *Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto da pk 29+050 a 31+050 (IF1W03D11GEOC0000001A)*, nella *Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto raccordo provvisorio alla pk 41+100. (IF1W03D11GEOC0000002A)* e nella *Relazione Geotecnica viabilità interferita alla pk 41+100. (IF1W03D11GEOC0000007A)*.

## 6.4 Carichi di progetto

### Rilevati ferroviari

I carichi di progetto considerati nelle analisi oggetto del presente documento sono i seguenti:

- carico rappresentativo del pacchetto di armamento ferroviario (ballast, traversine, rotaie);
- sovraccarico rappresentativo del traffico ferroviario;
- carico da azione sismica.

L'armamento ferroviario è stato schematizzato per mezzo di una pressione uniformemente distribuita pari a 14.4 kPa, rappresentativo di uno strato di spessore pari a 0.80 m con un peso pari a 18.00 kN/m<sup>3</sup>. Il carico è stato applicato sulla sommità del rilevato sino ad una distanza pari a 1.95 m dai bordi, laddove l'armamento non è effettivamente presente.

Il sovraccarico da traffico ferroviario è stato valutato in accordo a quanto riportato nel Doc. Rif. 8 per quanto riguarda il traffico normale (treno di carico LM71). In base a quanto indicato nella specifica di riferimento si è definita la pressione equivalente secondo le seguenti considerazioni:

- il carico dato dal treno LM71 risulta essere pari a 250 kN ad asse, con interasse pari a 1.6 m, (ossia  $250 \text{ kN}/1.6 \text{ m} = 156.25 \text{ kN/m}$ );
- per riportare il carico ferroviario dalla traversina, di larghezza pari a 2.6 m, al piano al di sotto dell'armamento si è considerata una diffusione con pendenza 1:4. Pertanto la pressione equivalente è stata valutata come applicata su una fascia di larghezza pari a 2.90 m, centrata in corrispondenza dell'asse della linea ferroviaria (ossia  $156.25/2.9 = 53.9 \text{ kPa}$ ). Essendo presente un doppio binario, si sono considerate due fasce di larghezza pari a 2.90 m in corrispondenza delle due vie di corsa.

La pressione considerata è stata assunta, pertanto, pari a 54 kPa, da amplificarsi, sempre in base a quanto indicato dal Doc. Rif. 8, con un coefficiente  $\alpha$  pari a 1.1. Il valore di pressione risultante è, pertanto, pari a 59.4 kPa.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto si rimanda capitolo 3 del presente documento.

Tali carichi e sovraccarichi sono stati inseriti nelle diverse verifiche agli SLU (statiche e sismiche) e agli SLE applicando laddove necessario gli opportuni coefficienti parziali di amplificazione come previsti dalla Normativa vigente.

### Rilevati Stradali

I carichi di progetto considerati nelle analisi oggetto del presente documento sono i seguenti:

- sovraccarico rappresentativo del traffico stradale;
- carico da azione sismica.

Il sovraccarico da traffico stradale è stato stimato pari a 20 kPa.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto si rimanda capitolo 3 del presente documento.

Tali carichi e sovraccarichi sono stati inseriti nelle diverse verifiche agli SLU (statiche e sismiche) e agli SLE applicando laddove necessario gli opportuni coefficienti parziali di amplificazione come previsti dalla Normativa vigente.

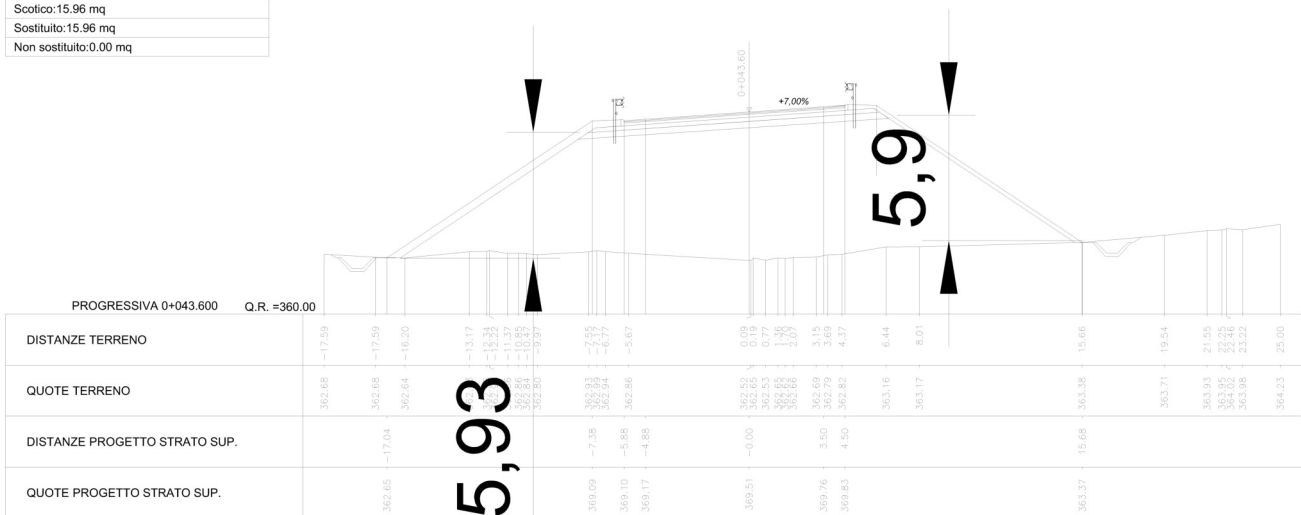
RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	21 di 61

La verifica verrà eseguita sul versante interno curva, in quanto presenta la maggiore altezza tra ciglio del rilevato e piede dello stesso. Si fornisce evidenza di ciò nella figura sottostante.

AREA
Scavo 1.41 mq
Rilevato 148.54 mq
NV03:Usura:0.52mq
NV03:Binder:0.62 mq
NV03:Inerbimento:7.5 mq
NV03:Cunetta:0.08 mq
NV03:Fondazione:2.68 mq
NV03:Base:1.35 mq
NV03:Fosso_di_Guardia:0.58 mq
NV03:SuperCompattato:3.2mq
Scotico:15.96 mq
Sostituito:15.96 mq
Non sostituito:0.00 mq

PROG 00+043.60  
SEZ. 3



RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	22 di 61

## 7. DATI GEOTECNICI DI CALCOLO

In accordo a quanto riportato nella *Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto da pk 29+050 a 31+050 (IF1W03D11GEOC0000001A)*, nella *Relazione Geotecnica Generale tratta allo scoperto raccordo provvisorio alla pk 41+100 (IF1W03D11GEOC0000002A)*, e nella *Relazione Geotecnica viabilità interferita alla pk 41+100 (IF1W03D11GEOC0000007A)*, nelle tabelle seguenti sono riportati i valori dei parametri geotecnici caratteristici, da fattorizzare secondo le prescrizioni della normativa vigente.

Si ricorda che, come definito già definito in precedenza, le verifiche geotecniche SLU di stabilità globale dei rilevati, in campo statico (SLU), richiedono l'adozione della sola Combinazione 2 dell'Approccio 1 e pertanto l'applicazione dei soli coefficienti parziali M2, mentre, in campo sismico (SLV), impongono di adottare i parametri del terreno con i propri valori caratteristici (M1).

Ugualmente per le verifiche SLE, finalizzate alla determinazione dei cedimenti, sono richiesti i parametri caratteristici dei terreni.

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	23 di 61

**Tratta allo scoperto da pk 29+050 a 31+050**

	Terreno di Copertura	ALL1_A	ALL3_G	ASP	
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18.0÷18.6 [18.3]	17.7÷19.7 [19.0]	18.0÷20.2 [19.0]	19.0÷21.0 [20.0]	
IP [%]	18÷26 [21]	27÷51 [38]	-	20÷45 [30]	
$c_u$ [kPa]	75÷250 [130]	150÷290 [180]	-	$z \leq 20m$	130÷300 [180]
				$z > 20m$	200÷300 [250]
$\phi'$ [°]	24	24	36÷59 [36]	20÷30 [22]	
$c'$ [kPa]	10	10	0.0	20÷40 [26]	
$E_u/C_u$	403	268	-	228	
$E_0$ [MPa]	40÷340 [85]	113÷582 [201]	145÷846 [367]	$z \leq 15m$	266÷1258 [367]
				$z > 15m$	453÷1258 [689]
$E_{op,1}$ [MPa]	8÷68 [17]	22÷116 [40]	29÷169 [73]	$z \leq 15m$	53÷251 [73]
				$z > 15m$	90÷251 [137]
$E_{op,2}$ [MPa]	4÷34 [8.5]	11÷58 [20]	14÷84 [36]	$z \leq 15m$	26÷125 [36]
				$z > 15m$	45÷125 [68]
$c_c$ [-]	dato non disponibile	$8.0 \cdot 10^{-2}$	-	$7.5 \cdot 10^{-2}$	
$c_r$ [-]	dato non disponibile	$1.4 \cdot 10^{-2}$	-	$1.3 \cdot 10^{-2}$	
$c_{a\epsilon}$	dato non disponibile	$2.4 \cdot 10^{-3} \div 3.4 \cdot 10^{-3}$ [2.8*10 <sup>-3</sup> ]	-	$2.6 \cdot 10^{-3}$	
$c_v$ [m <sup>2</sup> /s]	$2.0 \cdot 10^{-7} \div 4.0 \cdot 10^{-7}$ [2.5*10 <sup>-7</sup> ]	$4.0 \cdot 10^{-8} \div 1.0 \cdot 10^{-6}$ [5.4*10 <sup>-7</sup> ]	-	$5.0 \cdot 10^{-8} \div 5.0 \cdot 10^{-7}$ [1.0*10 <sup>-7</sup> ]	
$e_0$ [-]	0.75	0.6÷0.87 [0.75]	0.41÷0.56 [0.45]	0.45÷0.70 [0.50]	
OCR [-]	2÷10 [4]	4÷10 [6]	-	1÷13 [7]	
$v'$ [-]	0.3	0.3	0.3	0.3	
$k$ [m/s]	$2.0 \cdot 10^{-6}$	$5.0 \cdot 10^{-7} \div 6.5 \cdot 10^{-6}$ [2.0*10 <sup>-6</sup> ]	$4.0 \cdot 10^{-5} \div 2.0 \cdot 10^{-5}$ [2.4*10 <sup>-5</sup> ]	$3.0 \cdot 10^{-10} \div 1.0 \cdot 10^{-6}$ [7.0*10 <sup>-9</sup> ]	
Caratterizzazione dinamica	-	-	-	$\alpha = 7.42$	
				$\beta = 0.68$	
				$\lambda = -2.417$	
				$D_{max} = 0.3058$	

Nello specifico, ai fini delle verifiche oggetto della presente relazione, si adotteranno i seguenti valori dei parametri geotecnici.

	<b>Terreno di copertura</b>	<b>ALL3_G</b>	<b>ASP</b>
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18.5	19.0	20.0
$\phi'$ [°]	24	36	-
$c'$ [kPa]	10	0	-
$c_u$ [kPa]	130	-	180 (z ≤ 20m) 250 (z > 20m)
$E_u$ [MPa]	50	-	40 (z ≤ 20m) 55 (z > 20m)
$E_{op,2}$ [MPa]	8.5	35	35 (z ≤ 20m) 70 (z > 20m)
$\nu'$	0.3	0.3	0.3

La stratigrafia di progetto è sintetizzata di seguito.

<b>Stratigrafia di riferimento</b>		<b>Falda</b>
<i>Spessore dello strato [m]</i>	<i>Unità di riferimento</i>	<i>Profondità da p.c. [m]</i>
2	Terreno di copertura (COP)	2.0
2.5	Depositi alluvionali (ALL3_G)	
>30	Argille limose e limi argillosi grigio-azzurro (ASP)	

La stima dei cedimenti sarà effettuata a breve tempo utilizzando i valori del modulo non drenato  $E_u$ , ed a lungo termine utilizzando, invece, i valori del modulo operativo  $E_{op,2}$ .



RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	25 di 61

**Tratta allo scoperto raccordo provvisorio alla pk 41+100**

	Terreno di copertura	ALL1_A	ALL3_G
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18.0÷19.0 [18.5]	18.0÷19.0 [18.5]	17.5÷20.4 [18.5]
IP [%]	dati non disponibili	24÷35 [25]	-
$c_u$ [kPa]	35÷200 [60]	110÷235 [125]	-
$\phi^{\circ}$ [°]	22	25	36÷46 [36]
$c^{\circ}$ [kPa]	2	15	0.0
$E_w/C_u$	485	485-	-
$E_0$ [MPa]	32÷113 [60]	243÷931 [314]	201÷1812 [453]
$E_{op,1}$ [MPa]	6÷22 [12]	48÷186 [62]	40÷362 [90]
$E_{op,2}$ [MPa]	3÷11 [6]	24÷93 [31]	20÷181 [45]
$c_c$ [-]	dati non disponibili	$7.7 \cdot 10^{-2}$	-
$c_r$ [-]	dati non disponibili	$1.8 \cdot 10^{-2}$	-
$c_{az}$	dati non disponibili	$2.6 \cdot 10^{-3} \div 4.0 \cdot 10^{-3}$ [ $3.0 \cdot 10^{-3}$ ]	-
$c_v$ [m <sup>2</sup> /s]	dati non disponibili	$6.15 \cdot 10^{-8} \div 1.9 \cdot 10^{-7}$ [ $1.0 \cdot 10^{-7}$ ]	-
$e_0$ [-]	dati non disponibili	0.66÷0.86 [0.75]	0.40÷0.75 [0.45]
OCR [-]	2÷6 [3]	2÷6 [3]	-
$v^{\circ}$ [-]	0.3	0.3	0.3
$k$ [m/s]	dati non disponibili	$8.4 \cdot 10^{-11} \div 3.8 \cdot 10^{-7}$ [ $2.0 \cdot 10^{-7}$ ]	$5.2 \cdot 10^{-5} \div 1.6 \cdot 10^{-6}$ [ $2.4 \cdot 10^{-5}$ ]
Parametri dinamici	-	-	$\alpha=16.45$
			$\beta=0.81$
			$\lambda=-2.506$
			$D_{max}=0.2278$

<b>FAE</b>			
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18.5÷27.0 [25.0]		
RQD [%]	45		
k [m/s]	4.4*10 <sup>-7</sup> ÷7.5*10 <sup>-4</sup> [3.0*10 <sup>-4</sup> ]		
Parametri dinamici	$\alpha=15.23$		
	$\beta=0.93$		
	$\lambda=-2.449$		
	$D_{max}=0.2888$		
<b>Parametri per la caratterizzazione con il Criterio di Hook &amp; Brown</b>			
GSI [%]	40		
$\sigma_{ci}$ [MPa]	55.5		
$m_i$ [-]	10.3 (1)		
D [-]	0.7		
$M_R$ [-]	225 (2)		
$E_i$ [MPa]	12487		
<b>Hoek-Brown criterio</b>			
$m_b$	0.381		
s	0.0002		
a	0.511		
<b>Parametri equivalenti di Mohr Coulomb</b>			
$\sigma_n$ [MPa]	0.1	0.2	0.3
$\phi'$ [°]	56	51	48
$c'$ [kPa]	104	138	172
$E_m$ [MPa]	727	727	727
Note:			
(1) determinato con i criteri delle formazioni complesse a partire da Tab. 7 - Sandstone e Marl;			
(2) determinato con i criteri delle formazioni complesse a partire da Tab. 8- Sandstone e Marl.			

Nello specifico, ai fini delle verifiche oggetto della presente relazione, si adotteranno i seguenti valori dei parametri geotecnici.

	<b>Terreno di copertura</b>	<b>ALL3_G</b>	<b>FAE</b>
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18.5	19.0	25.0
$\phi'$ [°]	22	36	48
$c'$ [kPa]	2	0	170
$c_u$ [kPa]	60	-	-
$E_u$ [MPa]	30	-	-
$E_{op,2}$ [MPa]	6	45	725
$\nu'$	0.3	0.3	0.3

La stratigrafia di progetto è sintetizzata di seguito.

<b>Stratigrafia di riferimento</b>		<b>Falda</b>
<i>Spessore dello strato [m]</i>	<i>Unità di riferimento</i>	<i>Profondità da p.c. [m]</i>
1	Terreno di copertura (COP)	2.0
29	Depositi alluvionali (ALL3_G)	
> 30	Calcareniti e calcari marnose (FAE)	

La stima dei cedimenti sarà effettuata a breve tempo utilizzando i valori del modulo non drenato  $E_u$ , ed a lungo termine utilizzando, invece, i valori del modulo operativo  $E_{op,2}$ .

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	28 di 61

**Viabilità interferita alla pk 41+100.00**

	Terreno di copertura	Coltre		ALL3_G
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18.0÷20.0 [19.0]	18.0÷20.0 [19.0]		18.0÷20.4 [19.0]
IP [%]	dati non disponibili	19÷40 [23]		-
$c_u$ [kPa]	35÷200 [60]	75÷200 [100]		-
$\varphi'$ [°]	22	21÷28 [24]		36÷46 [36]
$c'$ [kPa]	2	13÷32 [14]		0.0
$E_u/C_u$	485	485		-
$E_0$ [MPa]	50÷113 [70]	$z \leq 10m$	113÷1160 [201]	201÷1812 [453]
		$z > 10m$	314÷1160 [394]	
$E_{op,1}$ (*) [MPa]	10÷22 [14]	$z \leq 10m$	22÷232 [40]	40÷362 [90]
		$z > 10m$	62÷232 [78]	
$E_{op,2}$ (**) [MPa]	5÷11 [7]	$z \leq 10m$	11÷116 [20]	20÷181 [45]
		$z > 10m$	31÷116 [39]	
$c_c$ [-]	dati non disponibili	1.3*10 <sup>-1</sup>		-
$c_r$ [-]	dati non disponibili	1.7*10 <sup>-2</sup>		-
$c_{\sigma\varepsilon}$	dati non disponibili	1.5*10 <sup>-3</sup> ÷3.3*10 <sup>-3</sup> [2.0*10 <sup>-3</sup> ]		
$c_v$ [m <sup>2</sup> /s]	dati non disponibili	6.0*10 <sup>-8</sup> ÷8.0*10 <sup>-7</sup> [1.5*10 <sup>-7</sup> ]		-
$e_0$ [-]	dati non disponibili	0.5÷0.85 [0.65]		0.40÷0.75 [0.45]
OCR [-]	2÷6 [3]	1÷10 [3]		-
$\nu'$ [-]	0.3	0.3		0.3
$k$ [m/s]	dati non disponibili	1.7*10 <sup>-7</sup> ÷3.5*10 <sup>-6</sup> [6.0*10 <sup>-7</sup> ]		5.2*10 <sup>-3</sup> ÷1.6*10 <sup>-6</sup> [2.4*10 <sup>-3</sup> ]
Parametri dinamici	-	-		$\alpha=16.45$
				$\beta=0.81$
				$\lambda=-2.506$
				$D_{max}=0.2278$

<b>FAE</b>			
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18.5÷27.0 [25.0]		
RQD [%]	45		
k [m/s]	$4.4 \cdot 10^{-7} \div 4.1 \cdot 10^{-6}$ [ $1.0 \cdot 10^{-6}$ ]		
Parametri dinamici	$\alpha=15.23$		
	$\beta=0.93$		
	$\lambda=-2.449$		
	$D_{max}=0.2888$		
<b>Parametri per la caratterizzazione con il Criterio di Hook &amp; Brown</b>			
GSI [%]	40		
$\sigma_{ci}$ [MPa]	55.5		
$m_i$ [-]	10.3 (1)		
D [-]	0.7		
$M_R$ [-]	225 (2)		
$E_i$ [MPa]	12487		
<b>Hoek-Brown criterio</b>			
$m_b$	0.381		
s	0.0002		
a	0.511		
<b>Parametri equivalenti di Mohr Coulomb</b>			
$\sigma_n$ [MPa]	0.1	0.2	0.3
$\varphi'$ [°]	56	51	48
$c'$ [kPa]	104	138	172
$E_m$ [MPa]	727	727	727
Note:			
(1) determinato con i criteri delle formazioni complesse a partire da Tab. 7 - Sandstone e Marl;			
(2) determinato con i criteri delle formazioni complesse a partire da Tab. 8- Sandstone e Marl.			

Nello specifico, ai fini delle verifiche oggetto della presente relazione, si adotteranno i seguenti valori dei parametri geotecnici.

	<b>Terreno di copertura</b>	<b>ALL3_G</b>	<b>FAE</b>
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	19.0	19.0	25.0
$\phi'$ [°]	22	36	48
$c'$ [kPa]	2	0	170
$c_u$ [kPa]	60	-	-
$E_u$ [MPa]	30	-	-
$E_{op,2}$ [MPa]	7	45	725
$\nu'$	0.3	0.3	0.3

La stratigrafia di progetto è sintetizzata di seguito.

<b>Stratigrafia di riferimento</b>		<b>Falda</b>
<i>Spessore dello strato [m]</i>	<i>Unità di riferimento</i>	<i>Profondità da p.c. [m]</i>
1	Terreno di copertura (COP)	2.5
24	Depositi alluvionali (ALL3_G)	
> 30	Calcareniti e calcari marnose (FAE)	

La stima dei cedimenti sarà effettuata a breve tempo utilizzando i valori del modulo non drenato  $E_u$ , ed a lungo termine utilizzando, invece, i valori del modulo operativo  $E_{op,2}$ .

## 8. VERIFICHE RILEVATO

### 8.1 Verifiche di stabilità globale SLU/SLV

Le verifiche sono state condotte in campo statico (SLU) ed in campo sismico (SLV); come previsto dalla normativa vigente (NTC 2018), il coefficiente parziale sulle resistenze gr risulta pari a 1.1 in fase statica e pari a 1.2 in fase sismica. A tal proposito si fa presente, come già indicato al capitolo 5, che il software di calcolo utilizzato implementa nelle analisi l'applicazione dei coefficienti parziali sulle azioni, sui materiali e sulle resistenze globali del sistema; per questo motivo la verifica di stabilità risulterà soddisfatta per coefficienti di sicurezza  $FS \geq 1.0$ .

L'analisi di stabilità globale è stata finalizzata all'individuazione delle superfici di rottura tali da intercettare il carico ferroviario. Tra esse, è definita critica quella a cui corrisponde il fattore di sicurezza FS minimo.

Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici di spessore ridotto e che non interessano la sede ferroviaria.

Nelle figure che seguono sono mostrate le superfici di rottura critica per le combinazioni considerate; il fattore di sicurezza FS relativo a tali meccanismi è risultato sempre superiore ad 1, dunque le verifiche soddisfatte.

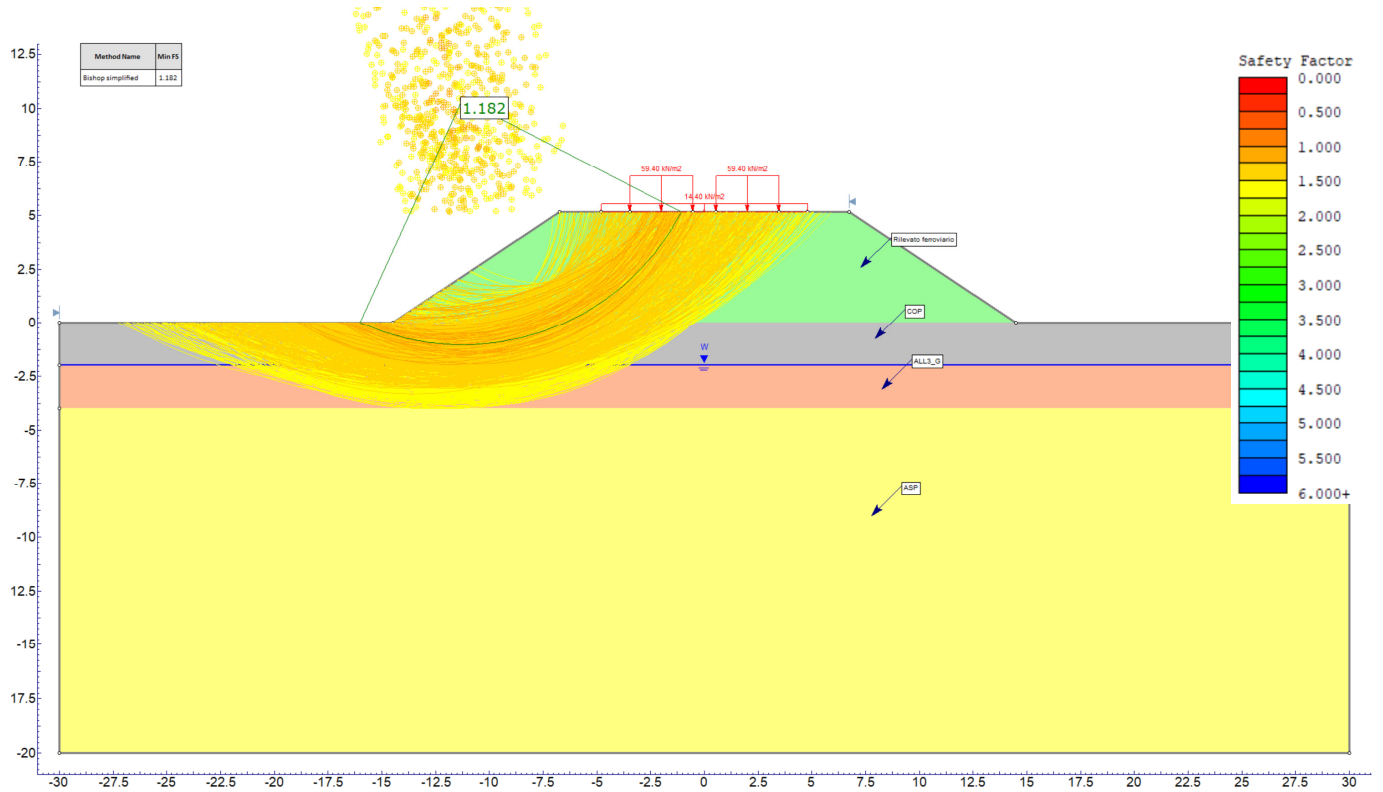
#### Tratta allo scoperto da pk 29+050 a 31+050

	FS (-)
SLU – A2+M2+R2	1.182
SLV (+)	1.410
SLV (-)	1.365

*N.B. il segno positivo nella combinazione allo SLV indica l'applicazione del sisma verticale verso il basso, mentre il segno negativo verso l'alto.*

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	32 di 61

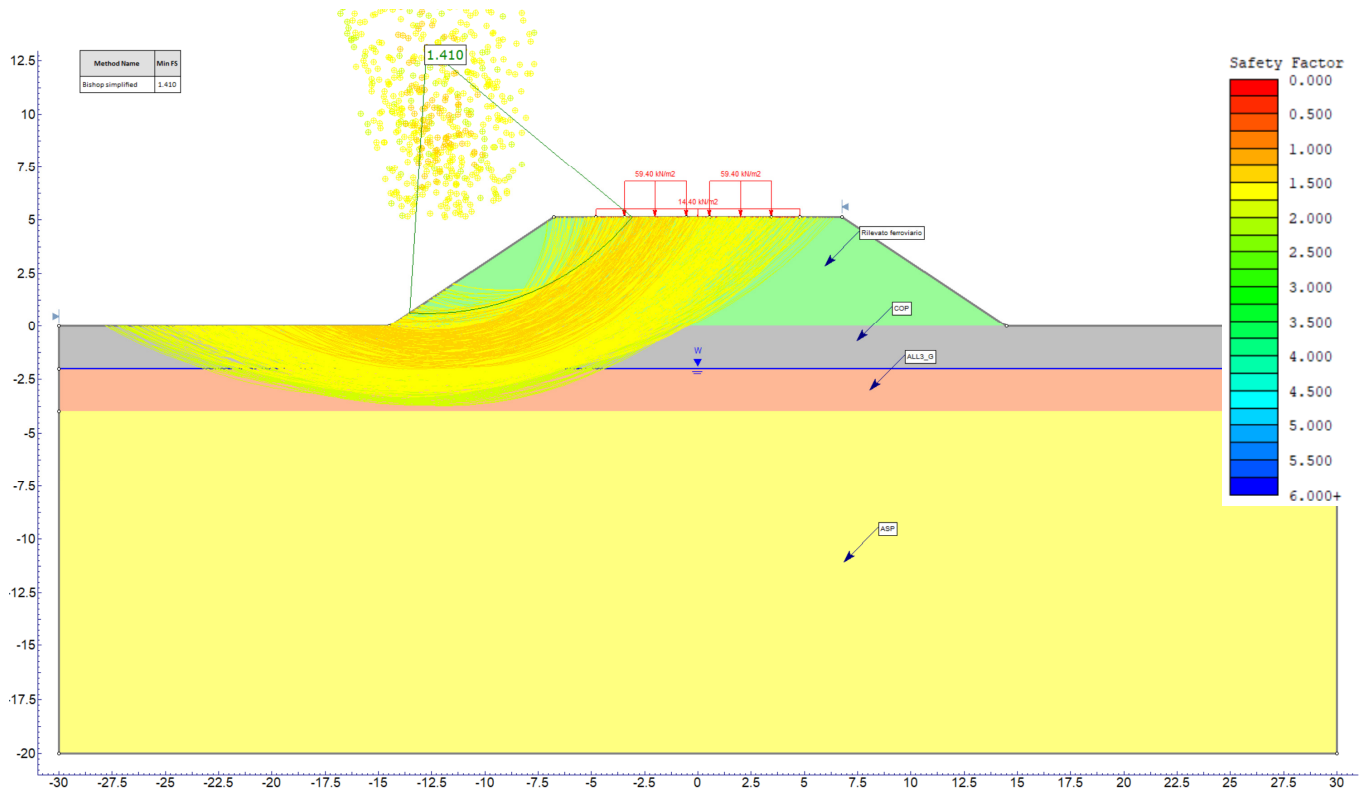


Verifica di stabilità globale [SLU statica]

**N.B.**

Nella figura sono mostrate le superfici di sicurezza maggiormente critiche a cui corrispondono valori di FS < 1.6.





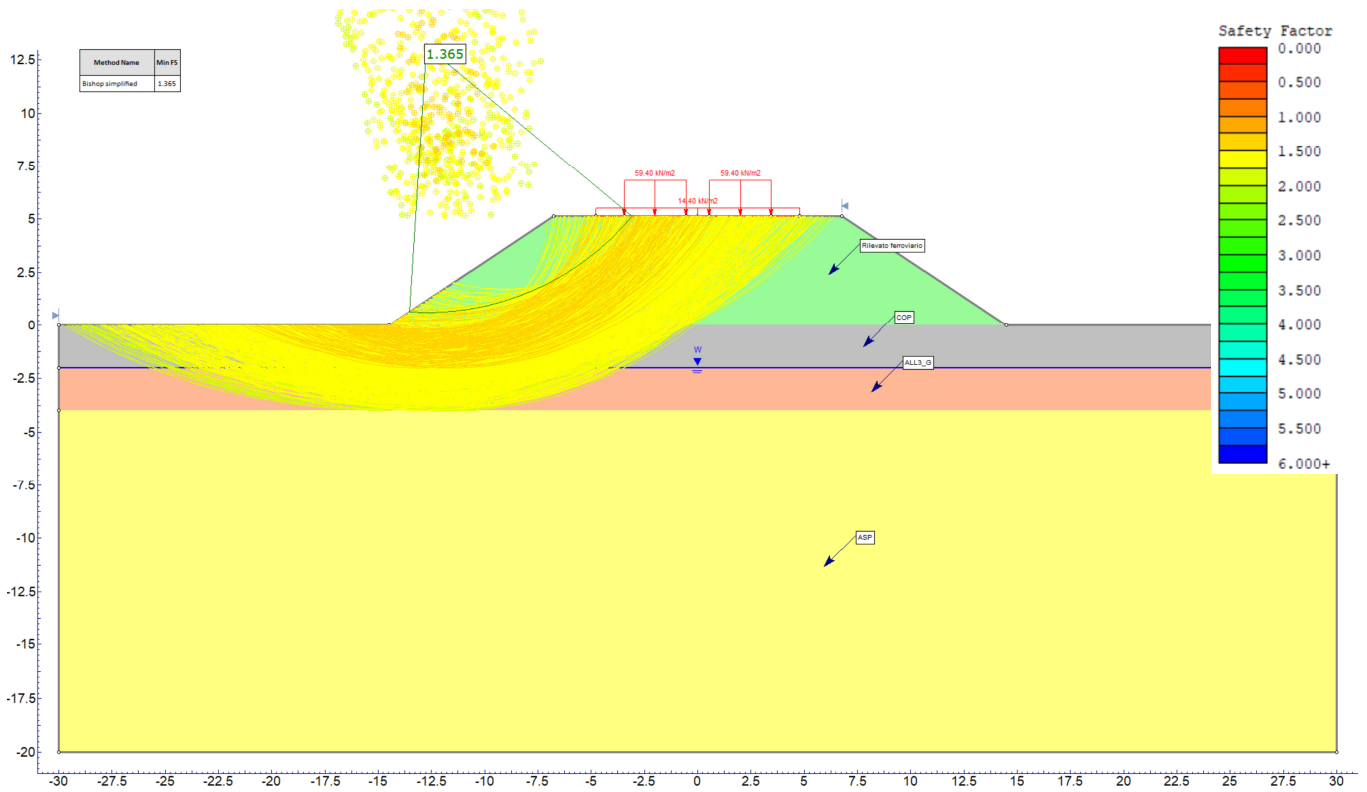
Verifica di stabilità globale [SLV(+)] sismica

**N.B.**

Nella figura sono mostrate le superfici di sicurezza maggiormente critiche a cui corrispondono valori di FS < 1.8.

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	34 di 61



Verifica di stabilità globale [SLV(-) sismica]

N.B.

Nella figura sono mostrate le superfici di sicurezza maggiormente critiche a cui corrispondono valori di FS < 1.8.

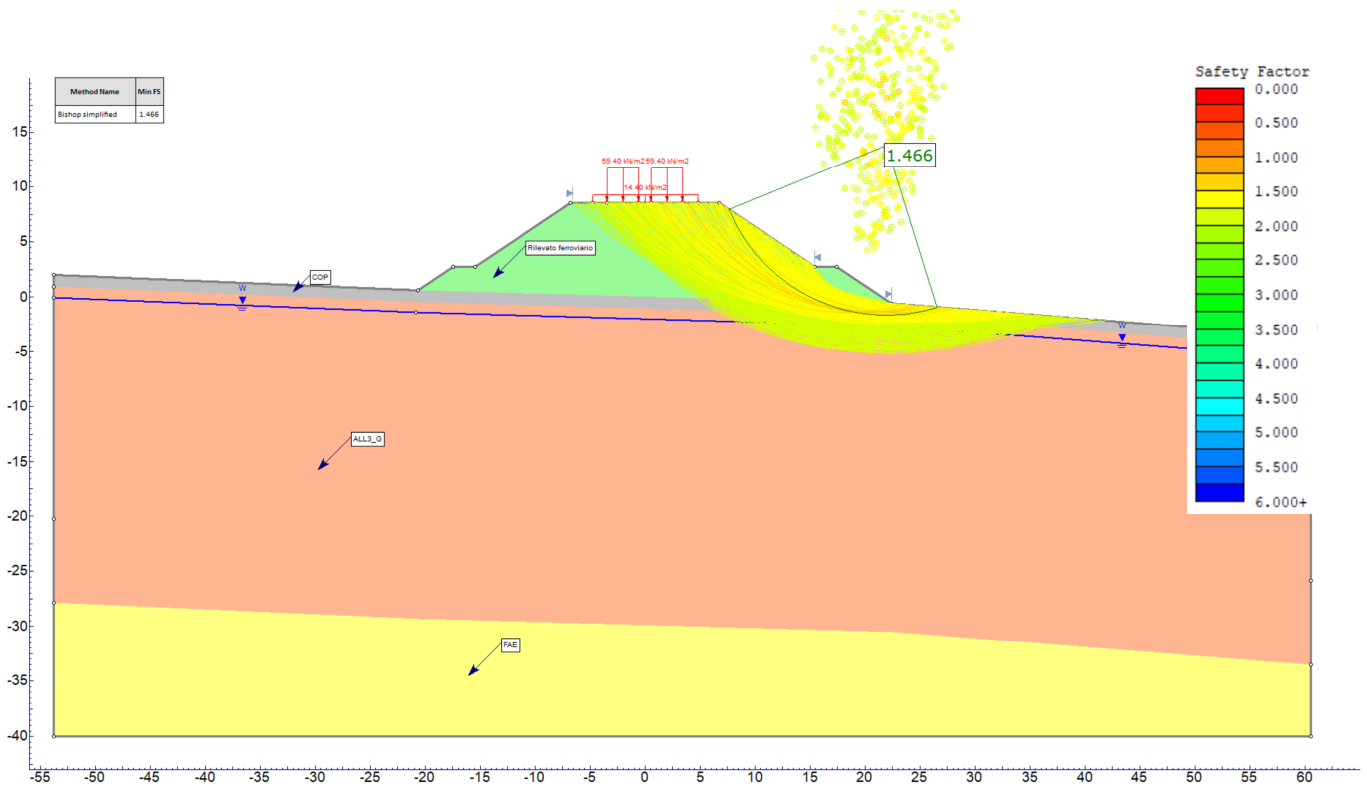
RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	35 di 61

**Tratta allo scoperto raccordo provvisorio alla pk 41+100**

	FS (-)
SLU – A2+M2+R2	1.466
SLV (+)	1.153
SLV (-)	1.083

*N.B. il segno positivo nella combinazione allo SLV indica l'applicazione del sisma verticale verso il basso, mentre il segno negativo verso l'alto.*



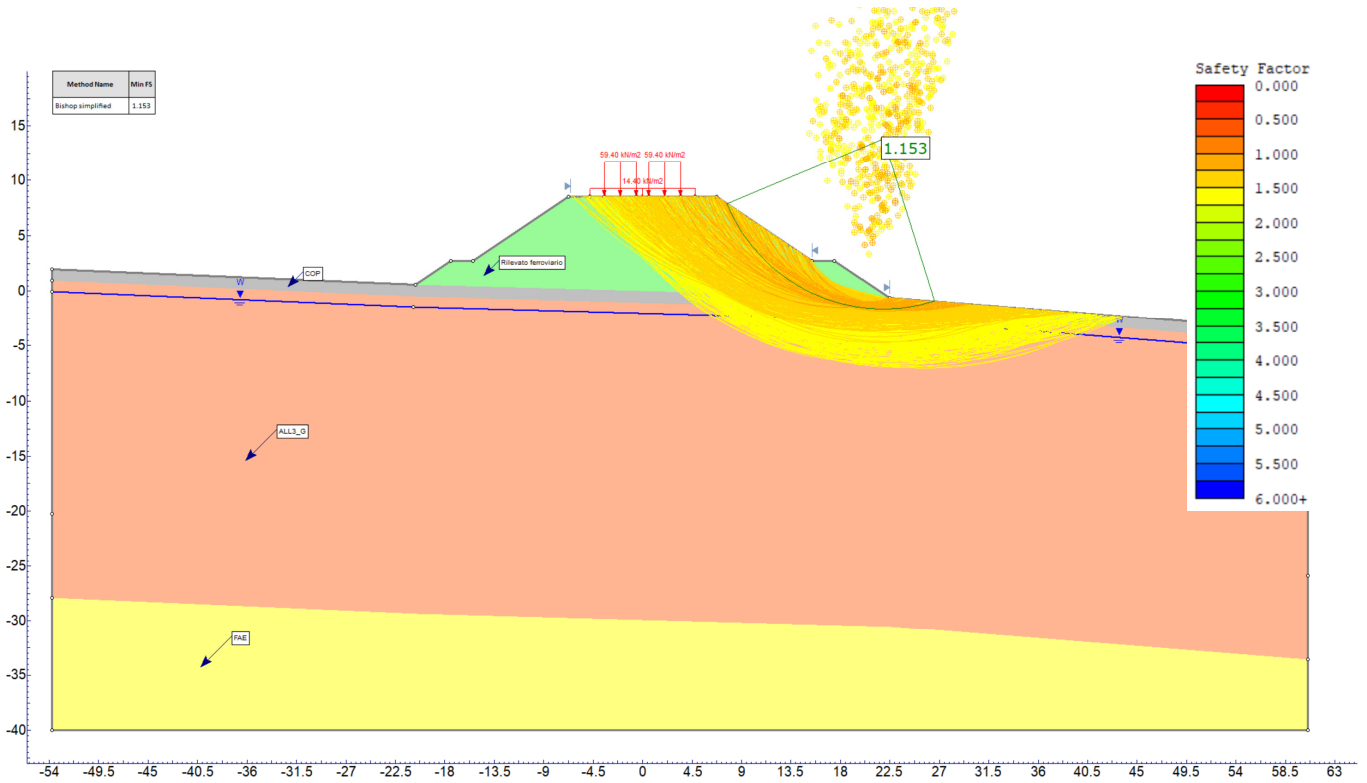
Verifica di stabilità globale [SLU statica]

**N.B.**

*Nella figura sono mostrate le superfici di sicurezza maggiormente critiche a cui corrispondono valori di FS < 2.0.*

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	36 di 61



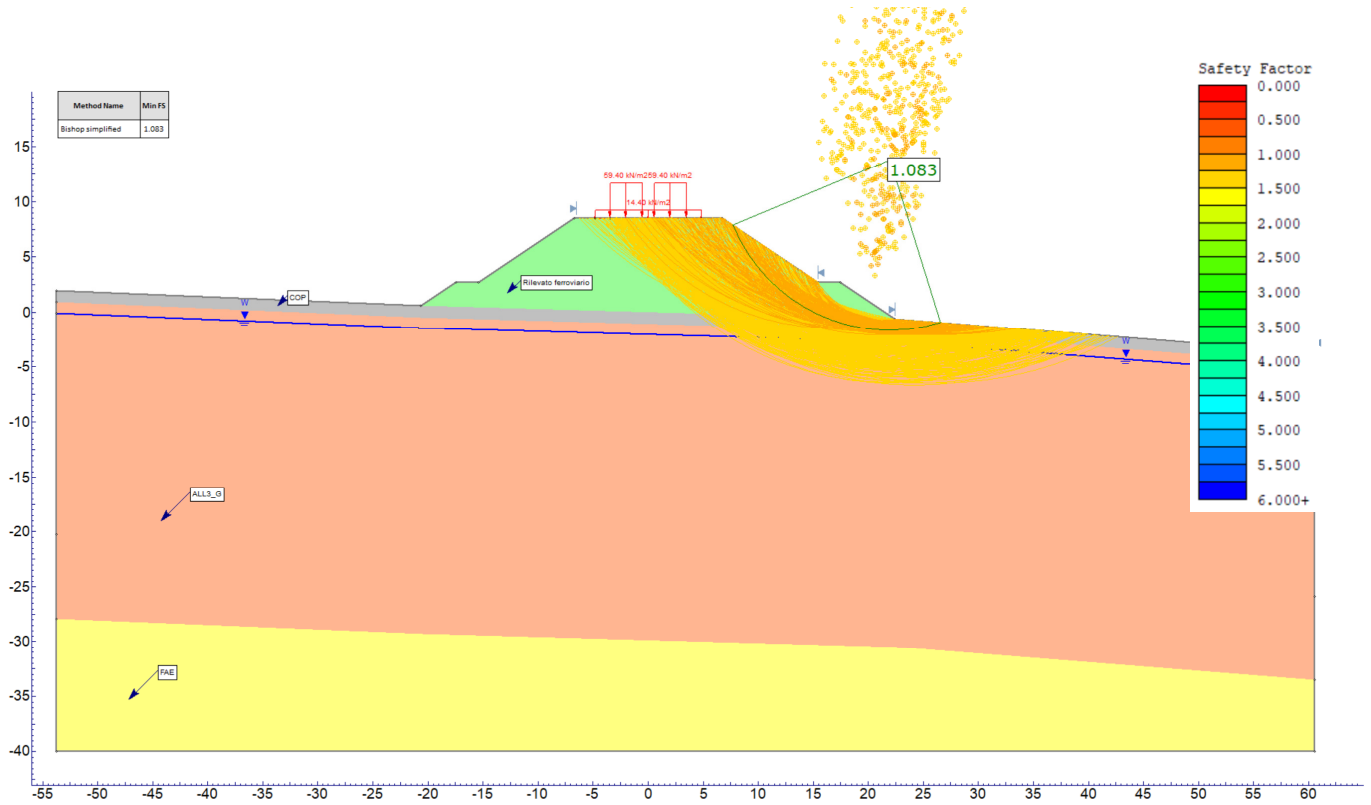
Verifica di stabilità globale [SLV(+)] sismica

N.B.

Nella figura sono mostrate le superfici di sicurezza maggiormente critiche a cui corrispondono valori di FS < 1.6.

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	37 di 61



Verifica di stabilità globale [SLV(-) sismica]

N.B.

Nella figura sono mostrate le superfici di sicurezza maggiormente critiche a cui corrispondono valori di FS < 1.45.

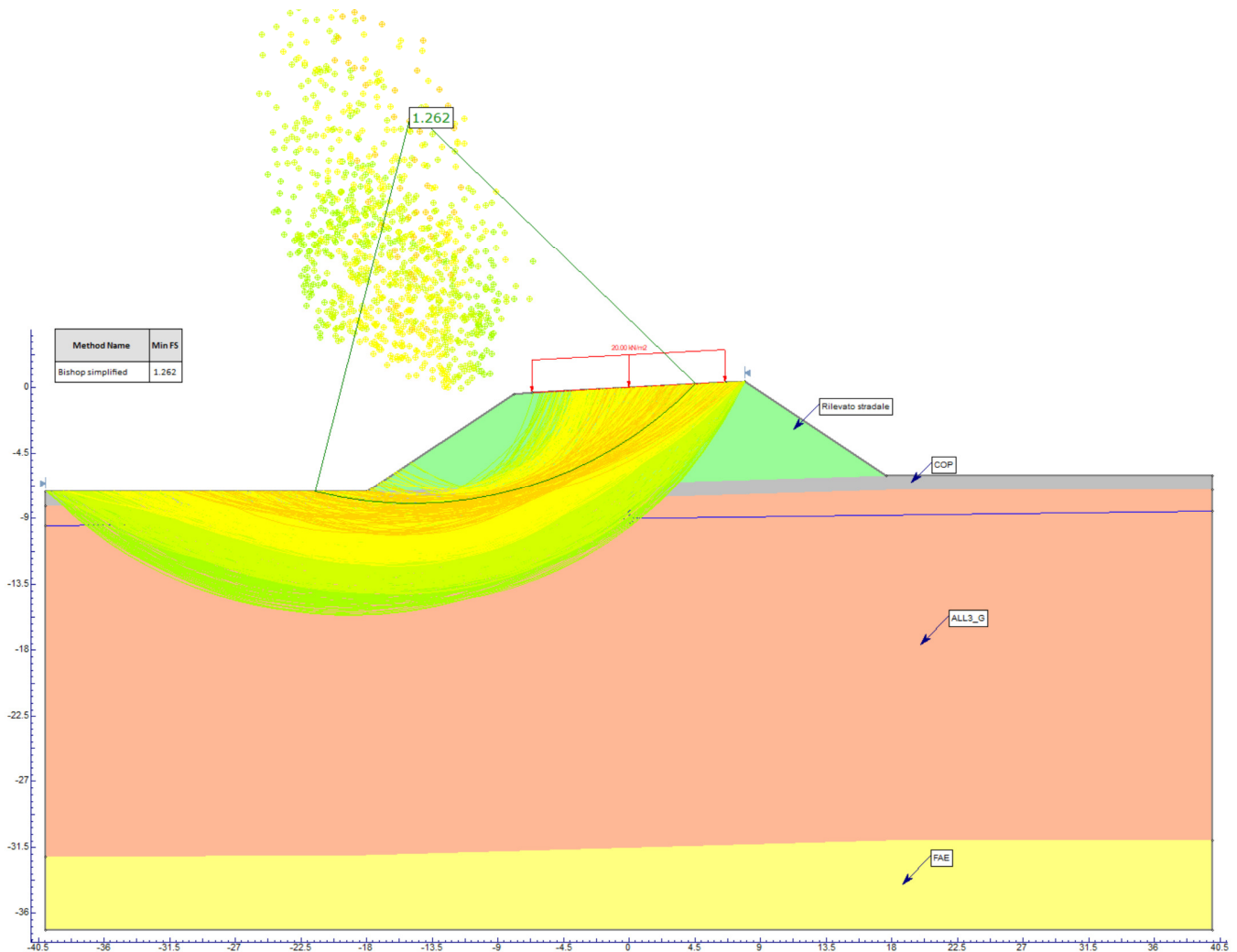
RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	38 di 61

**Viabilità interferita alla pk 41+100**

	FS (-)
SLU – A2+M2+R2	1.262
SLV (+)	1.058
SLV (-)	1.017

*N.B. il segno positivo nella combinazione allo SLV indica l'applicazione del sisma verticale verso il basso, mentre il segno negativo verso l'alto.*



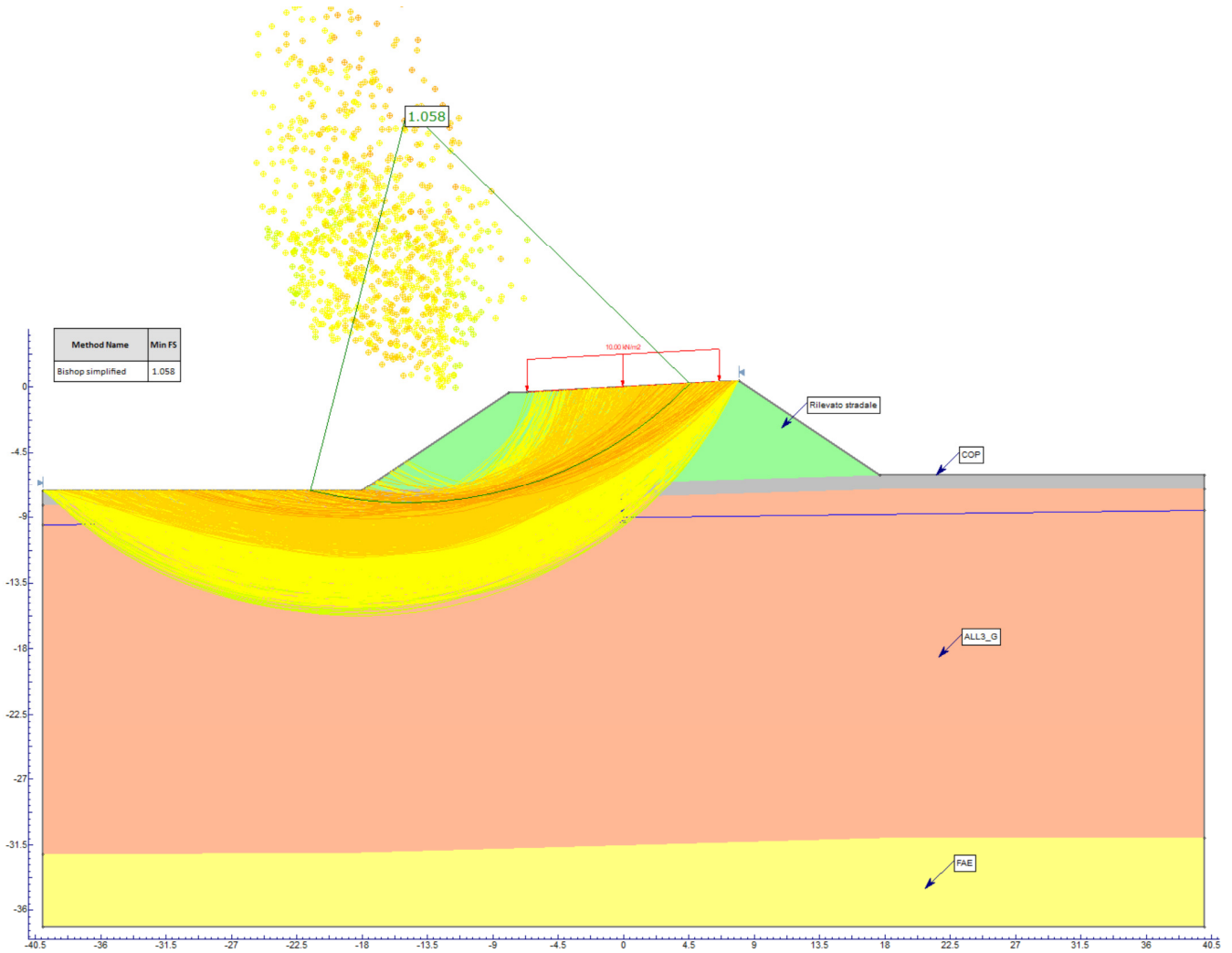
Verifica di stabilità globale [SLU statica]

**N.B.**

*Nella figura sono mostrate le superfici di sicurezza maggiormente critiche a cui corrispondono valori di FS < 2.0.*

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	39 di 61



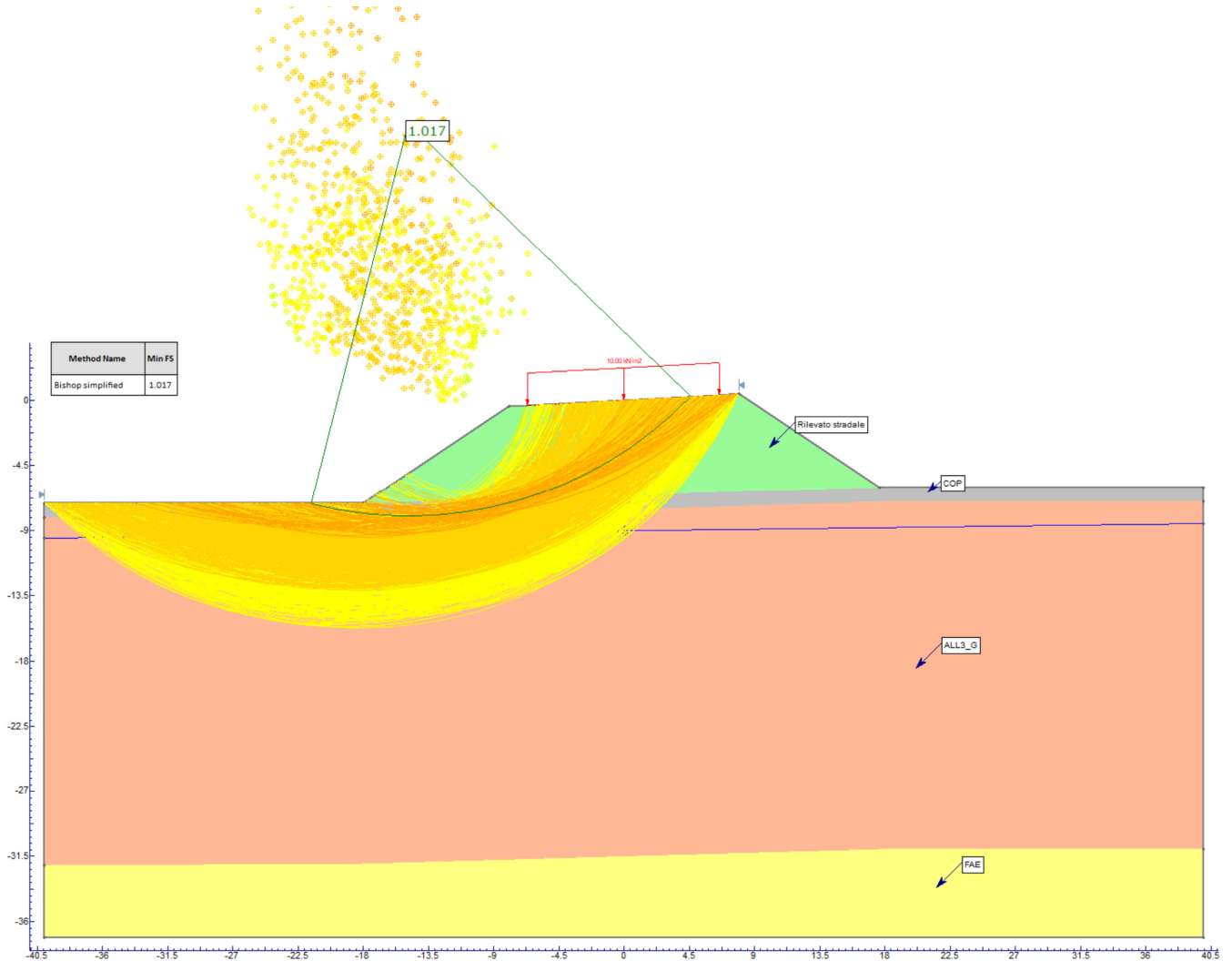
Verifica di stabilità globale [SLV(+)] sismica]

N.B.

Nella figura sono mostrate le superfici di sicurezza maggiormente critiche a cui corrispondono valori di FS < 1.8.

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	40 di 61



Verifica di stabilità globale [SLV(-) sismica]

N.B.

Nella figura sono mostrate le superfici di sicurezza maggiormente critiche a cui corrispondono valori di FS < 1.8.



RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	41 di 61

## 8.2 Verifiche SLE – valutazione dei cedimenti

Come definito in precedenza, nell'ambito delle verifiche agli Stati Limite d'Esercizio, dev'essere verificata la seguente disequaglianza:

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.4.3 delle NTC2018})$$

dove

$E_d$  è il valore di progetto dell'effetto dell'azione e  $C_d$  è il valore limite prescritto dell'effetto delle azioni.

Sulla base di quanto riportato al paragrafo 3.2.2, le verifiche geotecniche sono pertanto volte ad identificare un campo di spostamenti/cedimenti.

La determinazione del campo di spostamenti è stata svolta mediante l'utilizzo di un foglio di calcolo che impiega la teoria dell'elasticità assumendo i valori caratteristici sia sulle azioni che sui materiali. In tale analisi, non sono stati previsti carichi.

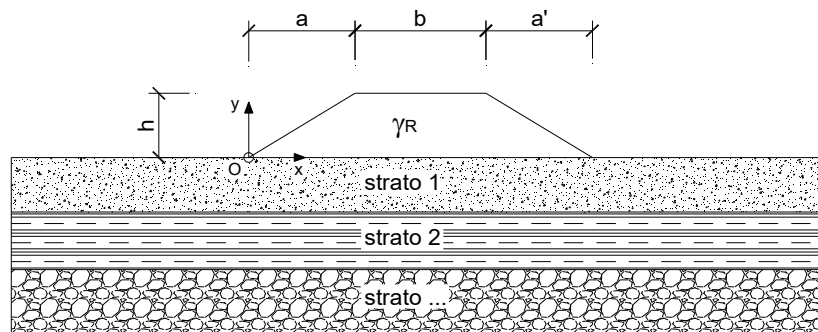
Come evidenziato di seguito, in tutti i casi i valori ottenuti possono essere ritenuti accettabili. Inoltre, per ciò che riguarda i rilevati ferroviari, dal momento che la quota parte relativa ai cedimenti di consolidazione è al massimo pari a 2 cm, non si ravvisano criticità per la messa in esercizio della linea ferroviaria.

### Tratta allo scoperto da pk 29+050 a 31+050

Per il rilevato ferroviario nella tratta all'aperto tra le pk 29+050 e pk 30+950, il valore del cedimento a breve termine in asse al rilevato è pari a circa 4.0 cm, mentre quello a lungo termine, inteso come somma dei cedimenti immediati e di consolidazione, risulta pari a 6.0 cm circa.

#### CEDIMENTI INDOTTI DA UN RILEVATO

**LAVORO:** RILEVATO FERROVIARIO da pk km 29+050 a 30+950 - Cedimento a breve termine



#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL RILEVATO

h (altezza del rilevato):	5.15	(m)
a (larghezza scarpata sinistra):	7.75	(m)
a' (larghezza scarpata destra):	7.75	(m)
b (larghezza coronamento del rilevato):	13.50	(m)
$\gamma_R$ (peso di unità di volume del rilevato):	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )

#### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO

n (numero degli strati) (max 5):	4	(-)
$\Delta\sigma_m/\sigma_{m0}$ :	0	(%)
(Rapp. Tensione media indotta nel sottosuolo e tensione efficace media)		
Zw (Profondità della falda):	2.00	(m)

Strato (n)	Z <sub>iniziale</sub> (m)	Z <sub>finale</sub> (m)	Spessore (m)	$\Delta z$ (m)	E (Mpa)	v (-)	$\phi'$ (°)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	terreno
1	0.00	2.00	2.00	0.5	50.0	0.50	24.0	18.50	COP
2	2.00	4.50	2.50	0.5	35.0	0.30	36.0	19.00	ALL3_G
3	4.50	15.00	10.50	0.5	40.0	0.50	22.0	20.00	ASP (z<15m)
4	15.00	50.00	35.00	0.5	55.0	0.50	22.0	20.00	ASP (z>15m)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### ASCISSE DI CALCOLO

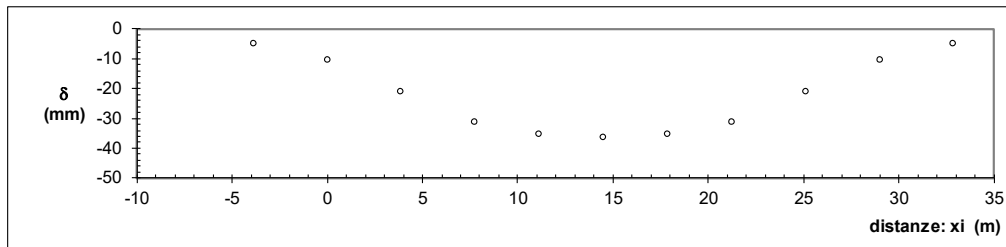
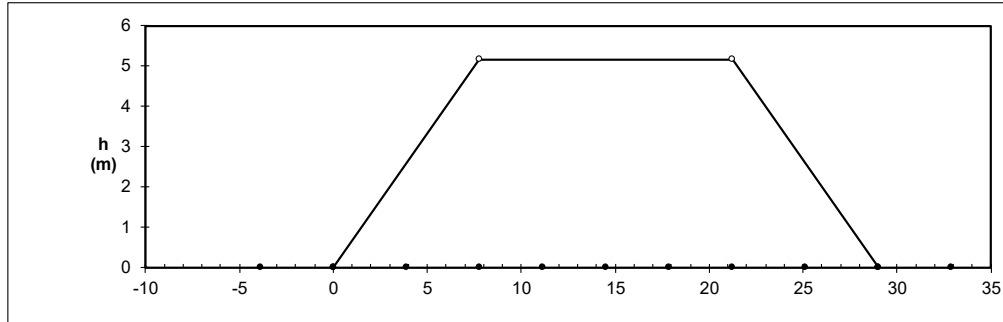
x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-3.88	0.00	3.88	7.75	11.13	14.50	17.88	21.25	25.13	29.00	32.88

(automatico)  
(manuale)

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	43 di 61

**RISULTATI DELLE ANALISI**



**ASCISSE DI CALCOLO**

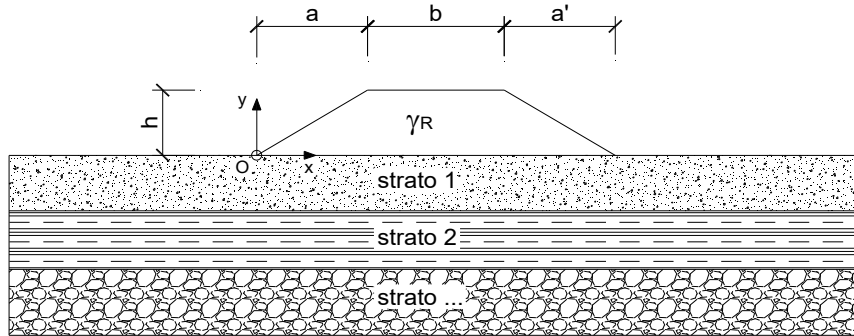
x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-3.88	0.00	3.88	7.75	11.13	14.50	17.88	21.25	25.13	29.00	32.88

**CEDIMENTI**

delta1	delta2	delta3	delta4	delta5	delta6	delta7	delta8	delta9	delta10	delta11
(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
-0.49	-1.05	-2.11	-3.13	-3.54	-3.65	-3.54	-3.13	-2.11	-1.05	-0.49

**CEDIMENTI INDOTTI DA UN RILEVATO**

**LAVORO:** RILEVATO FERROVIARIO da pk km 29+050 a 30+950 - Cedimento totale a lungo termine



**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL RILEVATO**

h (altezza del rilevato):	5.15	(m)
a (larghezza scarpata sinistra):	7.75	(m)
a' (larghezza scarpata destra):	7.75	(m)
b (larghezza coronamento del rilevato):	13.50	(m)
$\gamma_R$ (peso di unità di volume del rilevato):	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )

**CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO**

n (numero degli strati) (max 5):	4	(-)
$\Delta\sigma_m/\sigma_{m0}$ :	0	(%)
(Rapp. Tensione media indotta nel sottosuolo e tensione efficace media)		
Zw (Profondità della falda):	2.00	(m)

Strato (n)	Z <sub>iniziale</sub> (m)	Z <sub>finale</sub> (m)	Spessore (m)	$\Delta z$ (m)	E (Mpa)	v (-)	$\phi'$ (°)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	terreno
1	0.00	2.00	2.00	0.5	8.5	0.30	24.0	18.50	COP
2	2.00	4.50	2.50	0.5	35.0	0.30	36.0	19.00	ALL3_G
3	4.50	15.00	10.50	0.5	35.0	0.30	22.0	20.00	ASP (z<15m)
4	15.00	50.00	35.00	0.5	70.0	0.30	22.0	20.00	ASP (z>15m)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**ASCISSE DI CALCOLO**

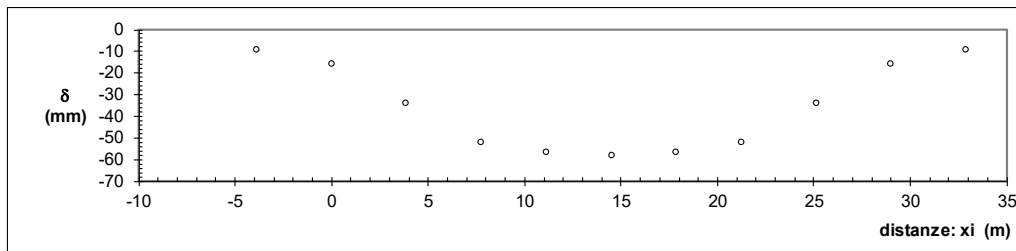
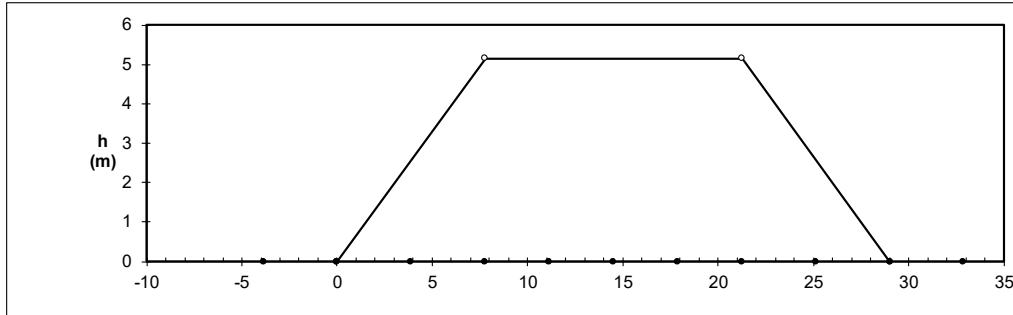
x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-3.88	0.00	3.88	7.75	11.13	14.50	17.88	21.25	25.13	29.00	32.88

(automatico)  
(manuale)

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	45 di 61

**RISULTATI DELLE ANALISI**



**ASCISSE DI CALCOLO**

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-3.88	0.00	3.88	7.75	11.13	14.50	17.88	21.25	25.13	29.00	32.88

**CEDIMENTI**

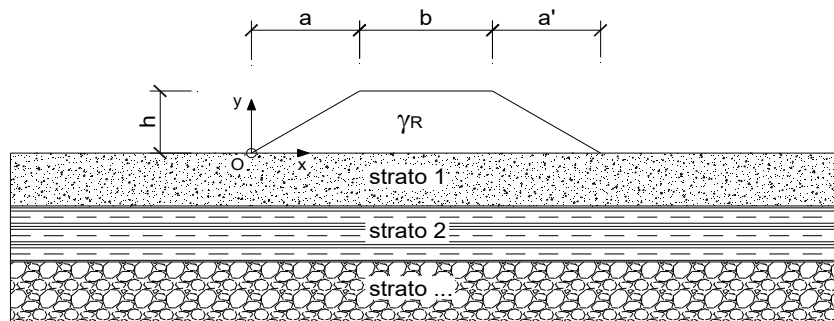
delta1	delta2	delta3	delta4	delta5	delta6	delta7	delta8	delta9	delta10	delta11
(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
-0.92	-1.57	-3.41	-5.20	-5.68	-5.80	-5.68	-5.20	-3.41	-1.57	-0.92

### Tratta allo scoperto raccordo provvisorio alla pk 41+100

Per il rilevato nella tratta del raccordo provvisorio alla pk 41+100, invece, il valore del cedimento a breve termine in asse al rilevato è pari a circa 7.0 cm, mentre quello a lungo termine, inteso come somma dei cedimenti immediati e di consolidazione, risulta pari a 9.0 cm circa.

#### CEDIMENTI INDOTTI DA UN RILEVATO

**LAVORO:** RILEVATO FERROVIARIO Raccordo provvisorio alla pk km 41+100 - Cedimento a breve termine



#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL RILEVATO

h (altezza del rilevato):	9.00	(m)
a (larghezza scarpata sinistra):	13.90	(m)
a' (larghezza scarpata destra):	15.70	(m)
b (larghezza coronamento del rilevato):	13.50	(m)
$\gamma_R$ (peso di unità di volume del rilevato):	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )

#### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO

n (numero degli strati) (max 5):	3	(-)
$\Delta\sigma_m/\sigma_{m0}$ :	0	(%)
(Rapp. Tensione media indotta nel sottosuolo e tensione efficace media)		
Z <sub>w</sub> (Profondità della falda):	2.00	(m)

Strato	Z <sub>iniziale</sub>	Z <sub>finale</sub>	Spessore	$\Delta z_i$	E	v	$\phi'$	$\gamma$	terreno
(n)	(m)	(m)	(m)	(m)	(Mpa)	(-)	(°)	(kN/m <sup>3</sup> )	
1	0.00	1.00	1.00	0.5	30.0	0.50	22.0	18.50	COP
2	1.00	29.00	28.00	0.5	45.0	0.30	36.0	19.00	ALL3 G
3	29.00	50.00	21.00	0.5	725.0	0.30	48.0	25.00	FAE
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### ASCISSE DI CALCOLO

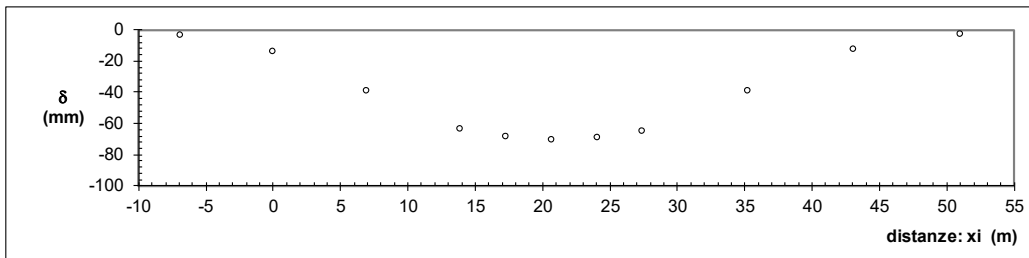
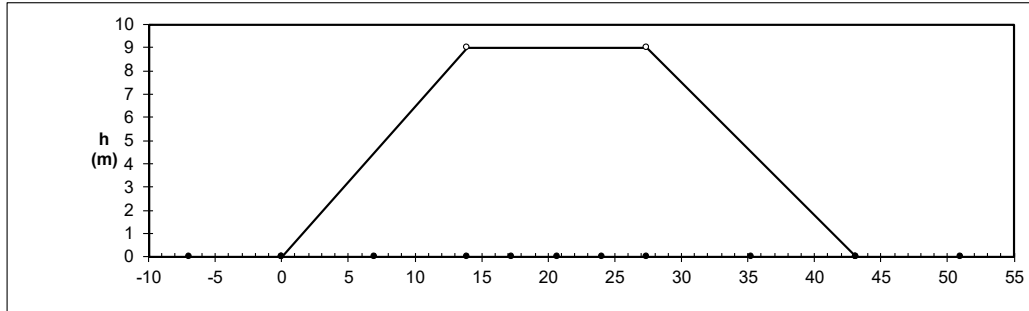
x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-6.95	0.00	6.95	13.90	17.28	20.65	24.03	27.40	35.25	43.10	50.95

(automatico)  
(manuale)

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	47 di 61

**RISULTATI DELLE ANALISI**



**ASCISSE DI CALCOLO**

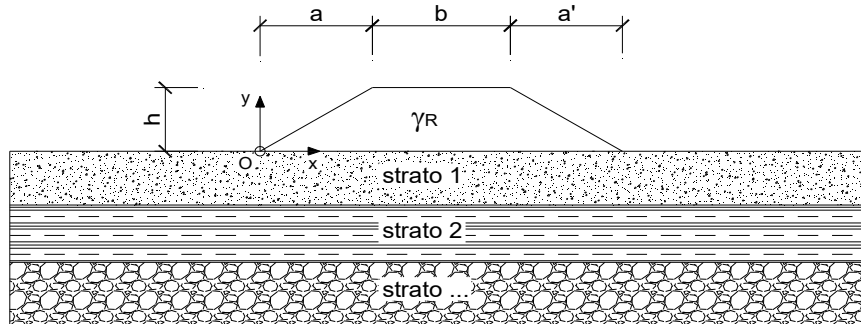
x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-6.95	0.00	6.95	13.90	17.28	20.65	24.03	27.40	35.25	43.10	50.95

**CEDIMENTI**

delta1	delta2	delta3	delta4	delta5	delta6	delta7	delta8	delta9	delta10	delta11
(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
-0.36	-1.40	-3.92	-6.34	-6.86	-7.02	-6.91	-6.46	-3.92	-1.26	-0.25

**CEDIMENTI INDOTTI DA UN RILEVATO**

**LAVORO:** RILEVATO FERROVIARIO Raccordo provvisorio alla pk km 41+100 - Cedimento totale a lungo termine



**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL RILEVATO**

h (altezza del rilevato):	9.00	(m)
a (larghezza scarpata sinistra):	13.90	(m)
a' (larghezza scarpata destra):	15.70	(m)
b (larghezza coronamento del rilevato):	13.50	(m)
$\gamma_R$ (peso di unità di volume del rilevato):	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )

**CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO**

n (numero degli strati) (max 5):	3	(-)
$\Delta\sigma_m/\sigma_{m0}$ :	0	(%)
(Rapp. Tensione media indotta nel sottosuolo e tensione efficace media)		
Zw (Profondità della falda):	2.00	(m)

Strato (n)	Z <sub>iniziale</sub> (m)	Z <sub>finale</sub> (m)	Spessore (m)	$\Delta z$ (m)	E (Mpa)	v (-)	$\phi'$ (°)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	terreno
1	0.00	1.00	1.00	0.5	6.0	0.30	22.0	18.50	COP
2	1.00	29.00	28.00	0.5	45.0	0.30	36.0	19.00	ALL3_G
3	29.00	50.00	21.00	0.5	725.0	0.30	48.0	25.00	FAE
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**ASCISSE DI CALCOLO**

x1 (m)	x2 (m)	x3 (m)	x4 (m)	x5 (m)	x6 (m)	x7 (m)	x8 (m)	x9 (m)	x10 (m)	x11 (m)
-6.95	0.00	6.95	13.90	17.28	20.65	24.03	27.40	35.25	43.10	50.95

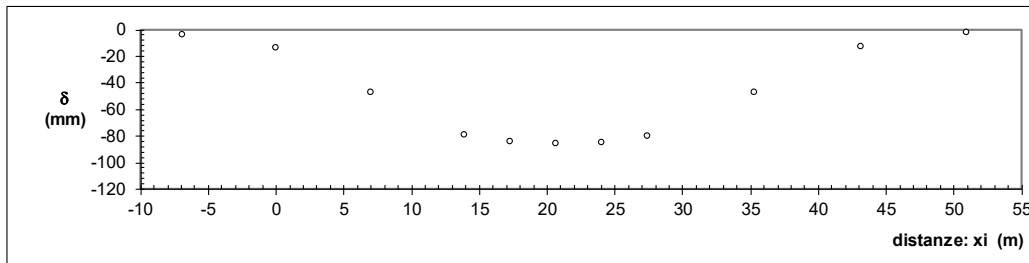
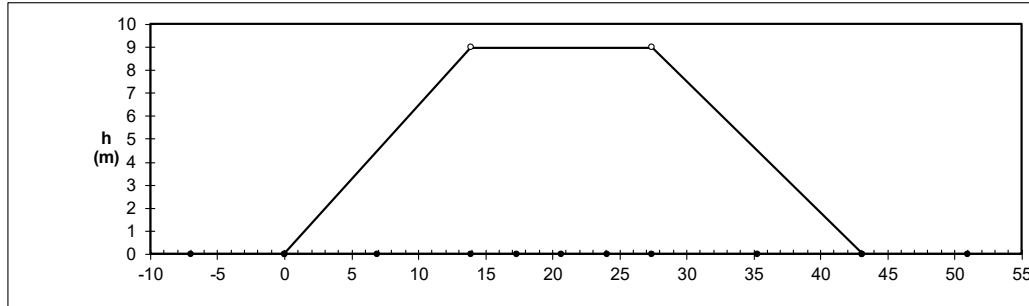
(automatico)  
(manuale)



RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	49 di 61

**RISULTATI DELLE ANALISI**



**ASCISSE DI CALCOLO**

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-6.95	0.00	6.95	13.90	17.28	20.65	24.03	27.40	35.25	43.10	50.95

**CEDIMENTI**

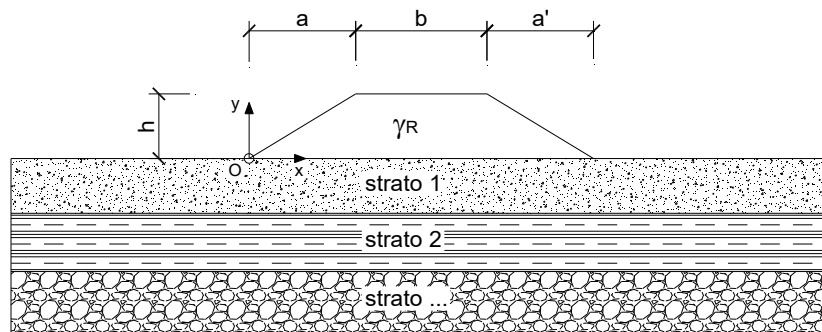
delta1	delta2	delta3	delta4	delta5	delta6	delta7	delta8	delta9	delta10	delta11
( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )
-0.34	-1.36	-4.68	-7.91	-8.42	-8.58	-8.47	-8.03	-4.68	-1.23	-0.23

### Viabilità interferita alla pk 41+100

Nell'ultimo caso, relativo al tratto di viabilità interferita alla pk 41+100, il cedimento a breve termine in asse al rilevato è pari a circa 5.0 cm, mentre quello a lungo termine, inteso come somma dei cedimenti immediati e di consolidazione, risulta pari a 6.0 cm circa.

#### CEDIMENTI INDOTTI DA UN RILEVATO

**LAVORO:** RILEVATO STRADALE viabilità interferita pk km 41+100 - Cedimento a breve termine



#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL RILEVATO

h (altezza del rilevato):	6.75	(m)
a (larghezza scarpata sinistra):	10.00	(m)
a' (larghezza scarpata destra):	9.70	(m)
b (larghezza coronamento del rilevato):	15.90	(m)
$\gamma_R$ (peso di unità di volume del rilevato):	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )

#### CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO

n (numero degli strati) (max 5):	3	(-)
$\Delta\sigma_m/\sigma_{m0}$ :	0	(%)
(Rapp. Tensione media indotta nel sottosuolo e tensione efficace media)		
Z <sub>w</sub> (Profondità della falda):	2.50	(m)

Strato (n)	Z <sub>iniziale</sub> (m)	Z <sub>finale</sub> (m)	Spessore (m)	$\Delta z$ (m)	E (Mpa)	v (-)	$\phi'$ (°)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	terreno
1	0.00	1.00	1.00	0.5	30.0	0.50	22.0	19.00	COP
2	1.00	25.00	24.00	0.5	45.0	0.30	36.0	19.00	ALL3_G
3	25.00	50.00	25.00	0.5	725.0	0.30	48.0	25.00	FAE
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### ASCISSE DI CALCOLO

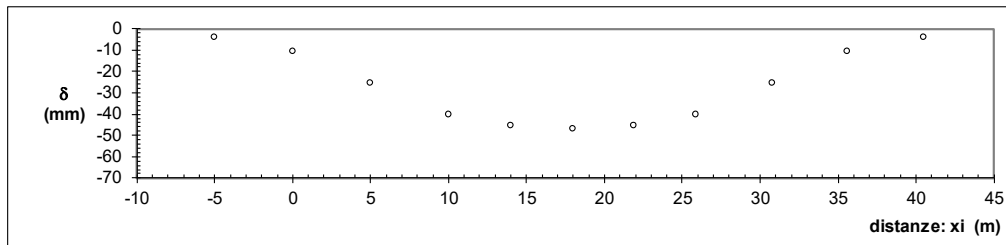
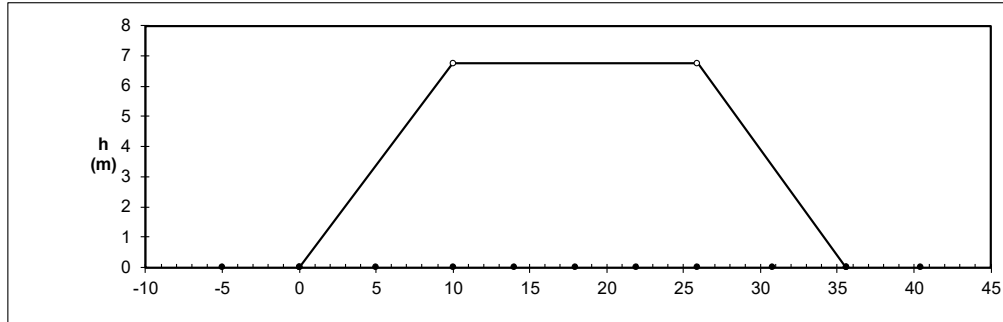
x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-5.00	0.00	5.00	10.00	13.98	17.95	21.93	25.90	30.75	35.60	40.45

(automatico)  
(manuale)

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	51 di 61

**RISULTATI DELLE ANALISI**



**ASCISSE DI CALCOLO**

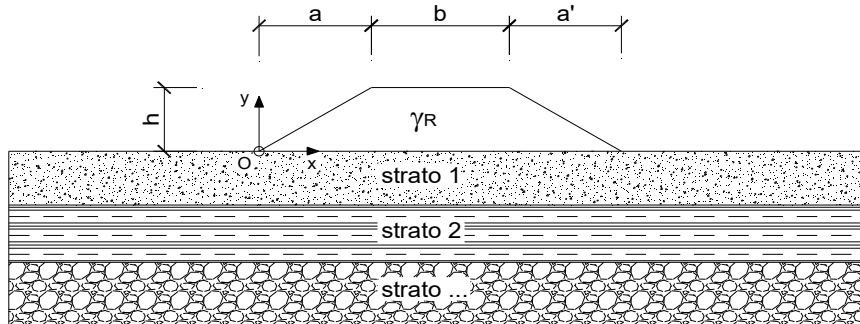
x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-5.00	0.00	5.00	10.00	13.98	17.95	21.93	25.90	30.75	35.60	40.45

**CEDIMENTI**

delta1	delta2	delta3	delta4	delta5	delta6	delta7	delta8	delta9	delta10	delta11
(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
-0.38	-1.06	-2.57	-4.04	-4.55	-4.69	-4.54	-4.02	-2.56	-1.08	-0.40

**CEDIMENTI INDOTTI DA UN RILEVATO**

**LAVORO:** RILEVATO STRADALE viabilità interferita pk km 41+100 - Cedimento totale a lungo termine



**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL RILEVATO**

h (altezza del rilevato):	6.75	(m)
a (larghezza scarpata sinistra):	10.00	(m)
a' (larghezza scarpata destra):	9.70	(m)
b (larghezza coronamento del rilevato):	15.90	(m)
$\gamma_R$ (peso di unità di volume del rilevato):	20.00	(kN/m <sup>3</sup> )

**CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO**

n (numero degli strati) (max 5):	3	(-)
$\Delta\sigma_m/\sigma_{m0}$ :	0	(%)
(Rapp. Tensione media indotta nel sottosuolo e tensione efficace media)		
Zw (Profondità della falda):	2.50	(m)

Strato (n)	Z <sub>iniziale</sub> (m)	Z <sub>finale</sub> (m)	Spessore (m)	$\Delta z$ (m)	E (Mpa)	v (-)	$\phi'$ (°)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	terreno
1	0.00	1.00	1.00	0.5	7.0	0.30	22.0	19.00	COP
2	1.00	25.00	24.00	0.5	45.0	0.30	36.0	19.00	ALL3_G
3	25.00	50.00	25.00	0.5	725.0	0.30	48.0	25.00	FAE
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**ASCISSE DI CALCOLO**

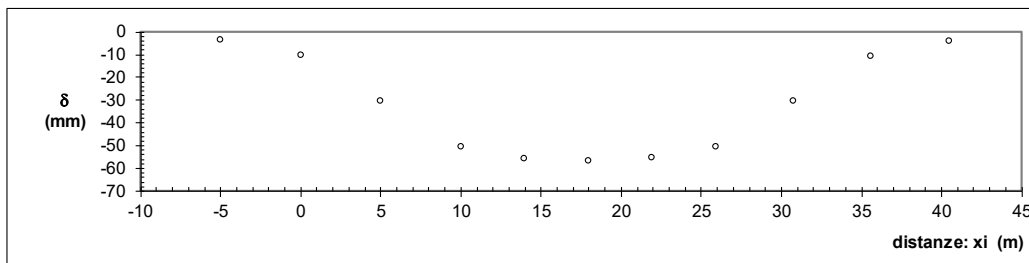
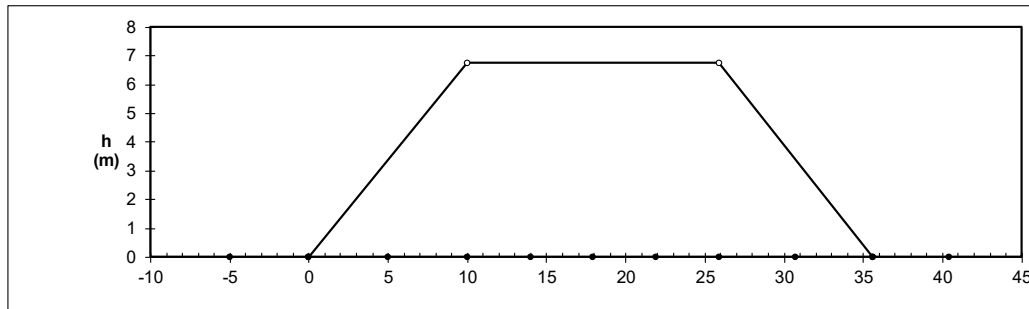
x1 (m)	x2 (m)	x3 (m)	x4 (m)	x5 (m)	x6 (m)	x7 (m)	x8 (m)	x9 (m)	x10 (m)	x11 (m)
-5.00	0.00	5.00	10.00	13.98	17.95	21.93	25.90	30.75	35.60	40.45

(automatico)  
(manuale)

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	53 di 61

**RISULTATI DELLE ANALISI**



**ASCISSE DI CALCOLO**

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-5.00	0.00	5.00	10.00	13.98	17.95	21.93	25.90	30.75	35.60	40.45

**CEDIMENTI**

delta1	delta2	delta3	delta4	delta5	delta6	delta7	delta8	delta9	delta10	delta11
( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )	( cm )
-0.36	-1.03	-3.05	-5.04	-5.55	-5.68	-5.54	-5.02	-3.05	-1.06	-0.38

## 9. APPENDICE – OUTPUT SOFTWARE DI CALCOLO VERIFICA DI STABILITA'

### 9.1 Tratta allo scoperto tra le pk 29+050 a 31+050

#### Project Summary

File Name: Rilevato.sldm  
 Slide Modeler Version: 8.018  
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
 Date Created: 29/10/2018, 15:35:39

#### Currently Open Scenarios

Group Name	Scenario Name	Global Minimum	Compute Time
Stabilità rilevati	Master Scenario		
	SLU Bishop Simplified:	1.181780	00h:00m:00.268s
	SLV(+) Bishop Simplified:	1.410270	00h:00m:00.319s
	SLV(-) Bishop Simplified:	1.365250	00h:00m:00.272s

#### General Settings

Units of Measurement: Metric Units  
 Time Units: days  
 Permeability Units: meters/second  
 Data Output: Standard  
 Failure Direction: Right to Left

#### Design Standard

Stabilità rilevati - Master Scenario	Stabilità rilevati - SLU	Stabilità rilevati - SLV(+)	Stabilità rilevati - SLV(-)
Selected Type:	Selected Type:	Selected Type:	Selected Type:
Name:	Eurocode 7 (User Defined) Name: NTC2018 - A2+M2+R2	Eurocode 7 (User Defined) Name: NTC2018 - EQK	Eurocode 7 (User Defined) Name: NTC2018 - EQK
<b>Type</b>	<b>Partial Factor</b>	<b>Type</b>	<b>Partial Factor</b>
Permanent Actions: Unfavourable	1	Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1	Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3	Variable Actions: Unfavourable	1
Variable Actions: Favourable	0	Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25	Effective cohesion	1
Coefficient of shearing resistance	1.25	Coefficient of shearing resistance	1
Undrained strength	1.4	Undrained strength	1
Weight density	1	Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25	Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1.1	Earth resistance	1.2
Tensile and plate strength	1.2	Tensile and plate strength	1
Shear strength	1.2	Shear strength	1
Compressive strength	1.2	Compressive strength	1
Bond strength	1.2	Bond strength	1
Seismic Coefficient	1	Seismic Coefficient	1





### Seismic Loading

Stabilità rilevati - Master Scenario	Stabilità rilevati - SLU	Stabilità rilevati - SLV(+)	Stabilità rilevati - SLV(-)
Advanced seismic analysis: No	Advanced seismic analysis: No	Advanced seismic analysis: No	Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No	Staged pseudostatic analysis: No	Staged pseudostatic analysis: No	Staged pseudostatic analysis: No
	Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.119	Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.119	Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.119
	Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.059	Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.059	Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.059





### Loading

Stabilità rilevati - SLV(+)	All other Scenarios
• 3 Distributed Loads present	• 3 Distributed Loads present
<b>Distributed Load 1</b>	<b>Distributed Load 1</b>
Distribution: Constant	Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 14.4	Magnitude [kPa]: 14.4
Orientation: Normal to boundary	Orientation: Normal to boundary
Load Action: Dead	Load Action: Permanent
<b>Distributed Load 2</b>	<b>Distributed Load 2</b>
Distribution: Constant	Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 59.4	Magnitude [kPa]: 59.4
Orientation: Normal to boundary	Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live	Load Action: Variable
<b>Distributed Load 3</b>	<b>Distributed Load 3</b>
Distribution: Constant	Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 59.4	Magnitude [kPa]: 59.4
Orientation: Normal to boundary	Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live	Load Action: Variable

### Materials

Property	Rilevato ferroviario	COP	ALL3_G	ASP
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	20	18.5	19	20
Cohesion [kPa]	0	10	0	180
Friction Angle [°]	38	23	36	
Cohesion Type				Constant
Water Surface	Assigned per scenario	Assigned per scenario	Assigned per scenario	Assigned per scenario
Hu Value			1	1
Ru Value	0	0		

### Materials In Use

Material	Master Scenario	SLU	SLV(+)	SLV(-)
Rilevato ferroviario		✓	✓	✓
COP		✓	✓	✓
ALL3_G		✓	✓	✓
ASP		✓	✓	✓

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	56 di 61

**Global Minimums**

Stabilità rilevati - Master Scenario Method: bishop simplified	Stabilità rilevati - SLU Method: bishop simplified	Stabilità rilevati - SLV(+) Method: bishop simplified	Stabilità rilevati - SLV(-) Method: bishop simplified
	<b>FS 1.181780</b>	<b>FS 1.410270</b>	<b>FS 1.365250</b>
	Center: -11.257, 10.446	Center: -12.740, 13.157	Center: -12.740, 13.157
	Radius: 11.481	Radius: 12.547	Radius: 12.547
	Left Slip Surface -16.022, Endpoint: 0.000	Left Slip Surface -13.543, Endpoint: 0.636	Left Slip Surface -13.543, Endpoint: 0.636
	Right Slip Surface -1.070, Endpoint: 5.150	Right Slip Surface -3.080, Endpoint: 5.150	Right Slip Surface -3.080, Endpoint: 5.150
	Resisting 6269.33 Moment: kN-m	Resisting 3928.67 Moment: kN-m	Resisting 3513.83 Moment: kN-m
	Driving Moment: 5304.97 kN-m	Driving Moment: 2785.75 kN-m	Driving Moment: 2573.77 kN-m
	Total Slice Area: 45.0092 m2	Total Slice Area: 18.7952 m2	Total Slice Area: 18.7952 m2
	Surface 14.9522 Horizontal m	Surface 10.4636 Horizontal m	Surface 10.4636 Horizontal m
	Width: Surface Average 3.01019 Height: m	Width: Surface Average 1.79625 Height: m	Width: Surface Average 1.79625 Height: m



## 9.2 Tratta allo scoperto raccordo provvisorio alla pk 41+100

### Project Summary

File Name: Rilevato\_raccordo provv.slmd  
Slide Modeler Version: 8.018  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 09/11/2018, 15:43:45

### Currently Open Scenarios

Group Name	Scenario Name	Global Minimum	Compute Time
Group 1	Master Scenario		
	SLU Bishop Simplified:	1.465930	00h:00m:00.489s
	SLV(+) Bishop Simplified:	1.152560	00h:00m:00.481s
	SLV(-) Bishop Simplified:	1.083190	00h:00m:00.478s

### General Settings

Units of Measurement: Metric Units  
Time Units: days  
Permeability Units: meters/second  
Data Output: Standard

Master Scenario	SLU	SLV(+)	SLV(-)
Failure Direction:	Left to Right	Left to Right	Left to Right

### Design Standard

Group 1 - Master Scenario	Group 1 - SLU	Group 1 - SLV(+)	Group 1 - SLV(-)																																																																																															
Selected Type: Eurocode 7 (User Defined) Name: NTC2018 - A2+M2+R2	Selected Type: Eurocode 7 (User Defined) Name: NTC2018 - EQK	Selected Type: Eurocode 7 (User Defined) Name: NTC2018 - EQK	Selected Type: Eurocode 7 (User Defined) Name: NTC2018 - EQK																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Type</th> <th>Partial Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Permanent Actions: Unfavourable</td><td>1</td></tr> <tr><td>Permanent Actions: Favourable</td><td>1</td></tr> <tr><td>Variable Actions: Unfavourable</td><td>1.3</td></tr> <tr><td>Variable Actions: Favourable</td><td>0</td></tr> <tr><td>Effective cohesion</td><td>1.25</td></tr> <tr><td>Coefficient of shearing resistance</td><td>1.25</td></tr> <tr><td>Undrained strength</td><td>1.4</td></tr> <tr><td>Weight density</td><td>1</td></tr> <tr><td>Shear strength (other models)</td><td>1.25</td></tr> <tr><td>Earth resistance</td><td>1.1</td></tr> <tr><td>Tensile and plate strength</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>Shear strength</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>Compressive strength</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>Bond strength</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>Seismic Coefficient</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Type	Partial Factor	Permanent Actions: Unfavourable	1	Permanent Actions: Favourable	1	Variable Actions: Unfavourable	1.3	Variable Actions: Favourable	0	Effective cohesion	1.25	Coefficient of shearing resistance	1.25	Undrained strength	1.4	Weight density	1	Shear strength (other models)	1.25	Earth resistance	1.1	Tensile and plate strength	1.2	Shear strength	1.2	Compressive strength	1.2	Bond strength	1.2	Seismic Coefficient	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Type</th> <th>Partial Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Permanent Actions: Unfavourable</td><td>1</td></tr> <tr><td>Permanent Actions: Favourable</td><td>1</td></tr> <tr><td>Variable Actions: Unfavourable</td><td>1</td></tr> <tr><td>Variable Actions: Favourable</td><td>0</td></tr> <tr><td>Effective cohesion</td><td>1</td></tr> <tr><td>Coefficient of shearing resistance</td><td>1</td></tr> <tr><td>Undrained strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Weight density</td><td>1</td></tr> <tr><td>Shear strength (other models)</td><td>1</td></tr> <tr><td>Earth resistance</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>Tensile and plate strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Shear strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Compressive strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Bond strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Seismic Coefficient</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Type	Partial Factor	Permanent Actions: Unfavourable	1	Permanent Actions: Favourable	1	Variable Actions: Unfavourable	1	Variable Actions: Favourable	0	Effective cohesion	1	Coefficient of shearing resistance	1	Undrained strength	1	Weight density	1	Shear strength (other models)	1	Earth resistance	1.2	Tensile and plate strength	1	Shear strength	1	Compressive strength	1	Bond strength	1	Seismic Coefficient	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Type</th> <th>Partial Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Permanent Actions: Unfavourable</td><td>1</td></tr> <tr><td>Permanent Actions: Favourable</td><td>1</td></tr> <tr><td>Variable Actions: Unfavourable</td><td>1</td></tr> <tr><td>Variable Actions: Favourable</td><td>0</td></tr> <tr><td>Effective cohesion</td><td>1</td></tr> <tr><td>Coefficient of shearing resistance</td><td>1</td></tr> <tr><td>Undrained strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Weight density</td><td>1</td></tr> <tr><td>Shear strength (other models)</td><td>1</td></tr> <tr><td>Earth resistance</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>Tensile and plate strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Shear strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Compressive strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Bond strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Seismic Coefficient</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Type	Partial Factor	Permanent Actions: Unfavourable	1	Permanent Actions: Favourable	1	Variable Actions: Unfavourable	1	Variable Actions: Favourable	0	Effective cohesion	1	Coefficient of shearing resistance	1	Undrained strength	1	Weight density	1	Shear strength (other models)	1	Earth resistance	1.2	Tensile and plate strength	1	Shear strength	1	Compressive strength	1	Bond strength	1	Seismic Coefficient	1
Type	Partial Factor																																																																																																	
Permanent Actions: Unfavourable	1																																																																																																	
Permanent Actions: Favourable	1																																																																																																	
Variable Actions: Unfavourable	1.3																																																																																																	
Variable Actions: Favourable	0																																																																																																	
Effective cohesion	1.25																																																																																																	
Coefficient of shearing resistance	1.25																																																																																																	
Undrained strength	1.4																																																																																																	
Weight density	1																																																																																																	
Shear strength (other models)	1.25																																																																																																	
Earth resistance	1.1																																																																																																	
Tensile and plate strength	1.2																																																																																																	
Shear strength	1.2																																																																																																	
Compressive strength	1.2																																																																																																	
Bond strength	1.2																																																																																																	
Seismic Coefficient	1																																																																																																	
Type	Partial Factor																																																																																																	
Permanent Actions: Unfavourable	1																																																																																																	
Permanent Actions: Favourable	1																																																																																																	
Variable Actions: Unfavourable	1																																																																																																	
Variable Actions: Favourable	0																																																																																																	
Effective cohesion	1																																																																																																	
Coefficient of shearing resistance	1																																																																																																	
Undrained strength	1																																																																																																	
Weight density	1																																																																																																	
Shear strength (other models)	1																																																																																																	
Earth resistance	1.2																																																																																																	
Tensile and plate strength	1																																																																																																	
Shear strength	1																																																																																																	
Compressive strength	1																																																																																																	
Bond strength	1																																																																																																	
Seismic Coefficient	1																																																																																																	
Type	Partial Factor																																																																																																	
Permanent Actions: Unfavourable	1																																																																																																	
Permanent Actions: Favourable	1																																																																																																	
Variable Actions: Unfavourable	1																																																																																																	
Variable Actions: Favourable	0																																																																																																	
Effective cohesion	1																																																																																																	
Coefficient of shearing resistance	1																																																																																																	
Undrained strength	1																																																																																																	
Weight density	1																																																																																																	
Shear strength (other models)	1																																																																																																	
Earth resistance	1.2																																																																																																	
Tensile and plate strength	1																																																																																																	
Shear strength	1																																																																																																	
Compressive strength	1																																																																																																	
Bond strength	1																																																																																																	
Seismic Coefficient	1																																																																																																	

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	58 di 61





### Seismic Loading

Group 1 - Master Scenario	Group 1 - SLU	Group 1 - SLV(+)	Group 1 - SLV(-)
	Advanced seismic analysis: No Staged pseudostatic analysis: No	Advanced seismic analysis: No Staged pseudostatic analysis: No	Advanced seismic analysis: No Staged pseudostatic analysis: No
		Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.136 Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.067	Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.136 Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.067





### Loading

Group 1 - Master Scenario	Group 1 - SLU	Group 1 - SLV(+)	Group 1 - SLV(-)
	3 Distributed Loads present	3 Distributed Loads present	3 Distributed Loads present
	<b>Distributed Load 1</b> Distribution: Constant Magnitude [kPa]: 14.4 Orientation: Normal to boundary Load Action: Permanent	<b>Distributed Load 1</b> Distribution: Constant Magnitude [kPa]: 14.4 Orientation: Normal to boundary Load Action: Dead	<b>Distributed Load 1</b> Distribution: Constant Magnitude [kPa]: 14.4 Orientation: Normal to boundary Load Action: Dead
	<b>Distributed Load 2</b> Distribution: Constant Magnitude [kPa]: 59.4 Orientation: Normal to boundary Load Action: Variable	<b>Distributed Load 2</b> Distribution: Constant Magnitude [kPa]: 59.4 Orientation: Normal to boundary Load Action: Live	<b>Distributed Load 2</b> Distribution: Constant Magnitude [kPa]: 59.4 Orientation: Normal to boundary Load Action: Live
	<b>Distributed Load 3</b> Distribution: Constant Magnitude [kPa]: 59.4 Orientation: Normal to boundary Load Action: Variable	<b>Distributed Load 3</b> Distribution: Constant Magnitude [kPa]: 59.4 Orientation: Normal to boundary Load Action: Live	<b>Distributed Load 3</b> Distribution: Constant Magnitude [kPa]: 59.4 Orientation: Normal to boundary Load Action: Live

### Materials

Property	Rilevato ferroviario	COP	ALL3_G	FAE
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	18.5	19	25
Cohesion [kPa]	0	2	0	170
Friction Angle [°]	38	22	36	48
Water Surface	Assigned per scenario	Assigned per scenario	Assigned per scenario	Assigned per scenario
Hu Value			1	0
Ru Value	0	0		

### Materials In Use

Material	Master Scenario	SLU	SLV(+)	SLV(-)
Rilevato ferroviario 		✓	✓	✓
COP 		✓	✓	✓
ALL3_G 		✓	✓	✓
FAE 		✓	✓	✓

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	59 di 61

*Global Minimums*

Group 1 - Master Scenario	Group 1 - SLU	Group 1 - SLV(+)	Group 1 - SLV(-)
	<b>Method: bishop simplified</b>	<b>Method: bishop simplified</b>	<b>Method: bishop simplified</b>
	<b>FS</b> <b>1.465930</b>	<b>FS</b> <b>1.152560</b>	<b>FS</b> <b>1.083190</b>
	Center: 21.945, 13.798	Center: 21.945, 13.798	Center: 21.945, 13.798
	Radius: 15.460	Radius: 15.460	Radius: 15.460
	Left Slip Surface Endpoint: 7.654, 7.901	Left Slip Surface Endpoint: 7.654, 7.901	Left Slip Surface Endpoint: 7.654, 7.901
	Right Slip Surface Endpoint: 26.574, -0.952	Right Slip Surface Endpoint: 26.574, -0.952	Right Slip Surface Endpoint: 26.574, -0.952
	Resisting Moment: 7370.01 kN-m	Resisting Moment: 9779.73 kN-m	Resisting Moment: 8461.38 kN-m
	Driving Moment: 5027.52 kN-m	Driving Moment: 8485.23 kN-m	Driving Moment: 7811.54 kN-m
	Total Slice Area: 41.1636 m2	Total Slice Area: 41.1636 m2	Total Slice Area: 41.1636 m2
	Surface Horizontal Width: 18.9197 m	Surface Horizontal Width: 18.9197 m	Surface Horizontal Width: 18.9197 m
	Surface Average Height: 2.1757 m	Surface Average Height: 2.1757 m	Surface Average Height: 2.1757 m

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	60 di 61

## 9.3 Viabilità interferita alla pk 41+100

### Project Summary

File Name: Rilevato viabilità interferita.slmd  
Slide Modeler Version: 8.02  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 29/10/2018, 15:35:39

### Currently Open Scenarios

Group Name	Scenario Name	Global Minimum	Compute Time
Stabilità rilevati	Master Scenario	Bishop Simplified: 1.273590	00h:00m:00.280s
	SLU	Bishop Simplified: 1.261800	00h:00m:00.342s
	SLV(+)	Bishop Simplified: 1.058010	00h:00m:00.327s
	SLV(-)	Bishop Simplified: 1.016710	00h:00m:00.328s

### General Settings

Units of Measurement: Metric Units  
Time Units: days  
Permeability Units: meters/second  
Data Output: Standard  
Failure Direction: Right to Left

### Design Standard

Stabilità rilevati - Master Scenario	Stabilità rilevati - SLU	Stabilità rilevati - SLV(+)	Stabilità rilevati - SLV(-)																																																																																															
Selected Type: Eurocode 7 (User Defined) Name: NTC2018 - A2+M2+R2	Selected Type: Eurocode 7 (User Defined) Name: NTC2018 - EQK	Selected Type: Eurocode 7 (User Defined) Name: NTC2018 - EQK	Selected Type: Eurocode 7 (User Defined) Name: NTC2018 - EQK																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Type</th> <th>Partial Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Permanent Actions: Unfavourable</td><td>1</td></tr> <tr><td>Permanent Actions: Favourable</td><td>1</td></tr> <tr><td>Variable Actions: Unfavourable</td><td>1.3</td></tr> <tr><td>Variable Actions: Favourable</td><td>0</td></tr> <tr><td>Effective cohesion</td><td>1.25</td></tr> <tr><td>Coefficient of shearing resistance</td><td>1.25</td></tr> <tr><td>Undrained strength</td><td>1.4</td></tr> <tr><td>Weight density</td><td>1</td></tr> <tr><td>Shear strength (other models)</td><td>1.25</td></tr> <tr><td>Earth resistance</td><td>1.1</td></tr> <tr><td>Tensile and plate strength</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>Shear strength</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>Compressive strength</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>Bond strength</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>Seismic Coefficient</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Type	Partial Factor	Permanent Actions: Unfavourable	1	Permanent Actions: Favourable	1	Variable Actions: Unfavourable	1.3	Variable Actions: Favourable	0	Effective cohesion	1.25	Coefficient of shearing resistance	1.25	Undrained strength	1.4	Weight density	1	Shear strength (other models)	1.25	Earth resistance	1.1	Tensile and plate strength	1.2	Shear strength	1.2	Compressive strength	1.2	Bond strength	1.2	Seismic Coefficient	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Type</th> <th>Partial Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Permanent Actions: Unfavourable</td><td>1</td></tr> <tr><td>Permanent Actions: Favourable</td><td>1</td></tr> <tr><td>Variable Actions: Unfavourable</td><td>1</td></tr> <tr><td>Variable Actions: Favourable</td><td>0</td></tr> <tr><td>Effective cohesion</td><td>1</td></tr> <tr><td>Coefficient of shearing resistance</td><td>1</td></tr> <tr><td>Undrained strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Weight density</td><td>1</td></tr> <tr><td>Shear strength (other models)</td><td>1</td></tr> <tr><td>Earth resistance</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>Tensile and plate strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Shear strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Compressive strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Bond strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Seismic Coefficient</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Type	Partial Factor	Permanent Actions: Unfavourable	1	Permanent Actions: Favourable	1	Variable Actions: Unfavourable	1	Variable Actions: Favourable	0	Effective cohesion	1	Coefficient of shearing resistance	1	Undrained strength	1	Weight density	1	Shear strength (other models)	1	Earth resistance	1.2	Tensile and plate strength	1	Shear strength	1	Compressive strength	1	Bond strength	1	Seismic Coefficient	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Type</th> <th>Partial Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Permanent Actions: Unfavourable</td><td>1</td></tr> <tr><td>Permanent Actions: Favourable</td><td>1</td></tr> <tr><td>Variable Actions: Unfavourable</td><td>1</td></tr> <tr><td>Variable Actions: Favourable</td><td>0</td></tr> <tr><td>Effective cohesion</td><td>1</td></tr> <tr><td>Coefficient of shearing resistance</td><td>1</td></tr> <tr><td>Undrained strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Weight density</td><td>1</td></tr> <tr><td>Shear strength (other models)</td><td>1</td></tr> <tr><td>Earth resistance</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>Tensile and plate strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Shear strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Compressive strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Bond strength</td><td>1</td></tr> <tr><td>Seismic Coefficient</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	Type	Partial Factor	Permanent Actions: Unfavourable	1	Permanent Actions: Favourable	1	Variable Actions: Unfavourable	1	Variable Actions: Favourable	0	Effective cohesion	1	Coefficient of shearing resistance	1	Undrained strength	1	Weight density	1	Shear strength (other models)	1	Earth resistance	1.2	Tensile and plate strength	1	Shear strength	1	Compressive strength	1	Bond strength	1	Seismic Coefficient	1
Type	Partial Factor																																																																																																	
Permanent Actions: Unfavourable	1																																																																																																	
Permanent Actions: Favourable	1																																																																																																	
Variable Actions: Unfavourable	1.3																																																																																																	
Variable Actions: Favourable	0																																																																																																	
Effective cohesion	1.25																																																																																																	
Coefficient of shearing resistance	1.25																																																																																																	
Undrained strength	1.4																																																																																																	
Weight density	1																																																																																																	
Shear strength (other models)	1.25																																																																																																	
Earth resistance	1.1																																																																																																	
Tensile and plate strength	1.2																																																																																																	
Shear strength	1.2																																																																																																	
Compressive strength	1.2																																																																																																	
Bond strength	1.2																																																																																																	
Seismic Coefficient	1																																																																																																	
Type	Partial Factor																																																																																																	
Permanent Actions: Unfavourable	1																																																																																																	
Permanent Actions: Favourable	1																																																																																																	
Variable Actions: Unfavourable	1																																																																																																	
Variable Actions: Favourable	0																																																																																																	
Effective cohesion	1																																																																																																	
Coefficient of shearing resistance	1																																																																																																	
Undrained strength	1																																																																																																	
Weight density	1																																																																																																	
Shear strength (other models)	1																																																																																																	
Earth resistance	1.2																																																																																																	
Tensile and plate strength	1																																																																																																	
Shear strength	1																																																																																																	
Compressive strength	1																																																																																																	
Bond strength	1																																																																																																	
Seismic Coefficient	1																																																																																																	
Type	Partial Factor																																																																																																	
Permanent Actions: Unfavourable	1																																																																																																	
Permanent Actions: Favourable	1																																																																																																	
Variable Actions: Unfavourable	1																																																																																																	
Variable Actions: Favourable	0																																																																																																	
Effective cohesion	1																																																																																																	
Coefficient of shearing resistance	1																																																																																																	
Undrained strength	1																																																																																																	
Weight density	1																																																																																																	
Shear strength (other models)	1																																																																																																	
Earth resistance	1.2																																																																																																	
Tensile and plate strength	1																																																																																																	
Shear strength	1																																																																																																	
Compressive strength	1																																																																																																	
Bond strength	1																																																																																																	
Seismic Coefficient	1																																																																																																	

RI01 - Relazione di calcolo rilevati

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	CL	RI0100 001	A	61 di 61





### Seismic Loading

Stabilità rilevati - Master Scenario	Stabilità rilevati - SLU	Stabilità rilevati - SLV(+)	Stabilità rilevati - SLV(-)
Advanced seismic analysis: No	Advanced seismic analysis: No	Advanced seismic analysis: No	Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No	Staged pseudostatic analysis: No	Staged pseudostatic analysis: No	Staged pseudostatic analysis: No
Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.136		Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.136	
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.067		Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.067	





### Loading

Stabilità rilevati - Master Scenario	Stabilità rilevati - SLU	Stabilità rilevati - SLV(+)	Stabilità rilevati - SLV(-)
	1 Distributed Load present	1 Distributed Load present	1 Distributed Load present
	<b>Distributed Load 1</b>	<b>Distributed Load 1</b>	<b>Distributed Load 1</b>
	Distribution: Constant	Distribution: Constant	Distribution: Constant
	Magnitude [kPa]: 20	Magnitude [kPa]: 10	Magnitude [kPa]: 10
	Orientation: Vertical	Orientation: Vertical	Orientation: Vertical
	Load Action: Variable	Load Action: Live	Load Action: Live

### Materials

Property	Rilevato stradale	COP	ALL3_G	FAE
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	18.5	19	25
Cohesion [kPa]	0	2	0	170
Friction Angle [°]	35	22	36	48
Water Surface	Assigned per scenario	Assigned per scenario	Assigned per scenario	Assigned per scenario
Hu Value			1	1
Ru Value	0	0		

### Materials In Use

Material	Master Scenario	SLU	SLV(+)	SLV(-)
Rilevato stradale 	✓	✓	✓	✓
COP 	✓	✓	✓	✓
ALL3_G 	✓	✓	✓	✓
FAE 	✓	✓	✓	✓

### Global Minimums

Stabilità rilevati - Master Scenario	Stabilità rilevati - SLU	Stabilità rilevati - SLV(+)	Stabilità rilevati - SLV(-)
<b>Method: bishop simplified</b>	<b>Method: bishop simplified</b>	<b>Method: bishop simplified</b>	<b>Method: bishop simplified</b>
FS	FS	FS	FS
1.273590	1.261800	1.058010	1.016710
Center: -16.893, 1.726	Center: -14.901, 19.101	Center: -14.901, 19.101	Center: -14.901, 19.101
Radius: 9.422	Radius: 27.094	Radius: 27.094	Radius: 27.094
Left Slip Surface Endpoint: -20.027, -7.159	Left Slip Surface Endpoint: -21.569, -7.159	Left Slip Surface Endpoint: -21.569, -7.159	Left Slip Surface Endpoint: -21.569, -7.159
Right Slip Surface Endpoint: -7.718, -0.419	Right Slip Surface Endpoint: 4.558, 0.248	Right Slip Surface Endpoint: 4.558, 0.248	Right Slip Surface Endpoint: 4.558, 0.248
Resisting Moment: 2628.04 kN-m	Resisting Moment: 23079.2 kN-m	Resisting Moment: 23791.2 kN-m	Resisting Moment: 20921.6 kN-m
Driving Moment: 2063.5 kN-m	Driving Moment: 18290.7 kN-m	Driving Moment: 22486.6 kN-m	Driving Moment: 20577.7 kN-m
Total Slice Area: 24.364 m2	Total Slice Area: 92.4655 m2	Total Slice Area: 92.4655 m2	Total Slice Area: 92.4655 m2
Surface Horizontal Width: 12.3089 m	Surface Horizontal Width: 26.1271 m	Surface Horizontal Width: 26.1271 m	Surface Horizontal Width: 26.1271 m
Surface Average Height: 1.97938 m	Surface Average Height: 3.53906 m	Surface Average Height: 3.53906 m	Surface Average Height: 3.53906 m