

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01**

LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA

Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza

PROGETTO ESECUTIVO

RILEVATI

Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02

GENERALE

Relazione Geotecnica

GENERAL CONTRACTOR				DIRETTORE LAVORI				SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE		Consorzio Iricav Due						
 Ing. Giovanni MALAVENDA Iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Venezia n. 4289 Data: Agosto 2021		Ing. Paolo Carmona Data: Agosto 2021		Data:				

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV. FOGLIO

I	N	1	7	1	2	E	I	2	R	B	R	I	4	4	0	0	0	0	1	A	-	-	-	P	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	Agosto 2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	N. Valimberti	Settembre 2021	V. Pastore	Settembre 2021	P. Ascari	Settembre 2021	 Data: Settembre 2021

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2RBRI4400001A_02
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 2 di 86</p>

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1	Documentazione di progetto.....	5
2.2	Normativa e standard di riferimento.....	5
2.3	Bibliografia	6
3	INQUADRAMENTO DELL'OPERA	7
3.1	Premessa.....	7
3.2	Geometria del rilevato.....	7
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	8
4.1	Indagini disponibili.....	8
4.2	Inquadramento stratigrafico	9
4.3	Livello di falda	10
4.4	Sintesi del modello geotecnico di riferimento	11
4.4.1	Materiale da rilevato.....	11
5	CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	12
5.1	Sollecitazione sismica di progetto.....	12
5.1.1	Vita Nominale.....	12
5.1.2	Classe d'uso	12
5.1.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica	13
5.1.4	Categorie di Sottosuolo	13
5.1.5	Condizioni topografiche	13
5.1.6	Accelerazione sismica di riferimento	14
5.2	Suscettibilità alla liquefazione.....	14
5.2.1	CRR da correlazione su prove CPT	16
5.2.2	CRR da correlazione su prove SPT.....	18
5.2.3	Commento ai risultati	21
6	VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO	33
6.1	Criteri di verifica agli Stati Limite.....	33
6.1.1	Stati limite ultimi (SLU).....	33
6.1.2	Stati limite di esercizio (SLE)	35
6.1.3	Verifiche in condizioni sismiche e post sismiche	35
6.2	Azioni di progetto	35
6.2.1	Azioni permanenti	36
6.2.2	Azioni variabili	36

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 3 di 86</p>

6.2.3	Azione sismica	36
6.3	Verifiche e risultati SLU	37
6.3.1	Premessa	37
6.3.2	Verifiche SLU in condizione statiche	37
6.3.3	Verifiche SLU in condizioni sismiche	37
6.3.4	Verifiche SLU in condizione post sismica	38
6.4	Verifica e risultati SLE	41
6.4.1	Metodologia di calcolo	41
6.4.2	Schematizzazione e risultati	43
7	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	45
Allegati		46
ALLEGATO 1 - TABULATI DI SLIDE– ANALISI SLU STATICA		47
ALLEGATO 2 - TABULATI DI SLIDE– ANALISI SLU SISMICA		59
ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI POST SISMA.....		71
ALLEGATO 4 - TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE		83

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4400001A	Foglio 4 di 86

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la Relazione Geotecnica del rilevato RI44, previsto nell'ambito del Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova. Tale rilevato si estende dal km 27+379,82 al km 27+817,02.

La relazione descrive in dettaglio il modello geotecnico definito per il rilevato sulla base delle indagini geognostiche eseguite nelle vicinanze dell'opera e delle caratteristiche geotecniche attribuite ai materiali rinvenuti lungo la tratta. Le verifiche discusse sono state eseguite ai sensi della Normativa vigente (v. capitolo seguente) e gli interventi proposti sono volti a garantire la stabilità dei rilevati ed il rispetto dei requisiti prestazionali previsti per le opere in oggetto.

Il documento è così organizzato:

- documenti e normativa di riferimento (capitolo 2);
- inquadramento dell'opera e caratteristiche geometriche del rilevato (capitolo 3);
- definizione del modello geotecnico di riferimento (capitolo 4);
- valutazione della suscettibilità alla liquefazione e descrizione degli eventuali interventi di mitigazione (capitolo 5);
- verifiche geotecniche dei rilevati (capitolo 6);
- conclusioni e raccomandazioni (capitolo 7).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 5 di 86</p>

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documentazione di progetto

- [1] Sezioni di Progetto Esecutivo
- [2] IN1710EI2RBGE0000002A Relazione Geotecnica (da 10+050 a 21+990)
- [3] IN1710EI2LZGE0000016B Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 11 di 11
- [4] IN1710EI2RHGE0000005A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2
- [5] IN1710EI2P5GE0000001A Planimetrie con classificazione sismica del territorio 1 di 11
- [6] IN1710EI2RHGE0000003A Relazione idrogeologica 1/2
- [7] IN1710EI2RHGE0000007A-8A Relazione di sintesi dei sondaggi e delle prove eseguite
- [8] IN1710EI2PRGE0000001A-2A, Risultati Indagini in sito di Progetto – SOCOTEC
- [9] IN1710EI2PRGE0000003A-4A, Risultati Indagini in sito di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [10] IN1710EI2PRGE0000005A-8A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [11] IN1710EI2PRGE0000009A-12A, Risultati Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [12] IN1710EI2IGGE0000001A-2A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – SOCOTEC
- [13] IN1710EI2IGGE0000003A-4A, Risultati Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo – ATI GEOSERVING - GEOLAVORI

2.2 Normativa e standard di riferimento

- [14] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30
- [15] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- [16] UNI EN 1997-1 : Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- [17] UNI EN 1998-5 : Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- [18] RFI DTC SI PS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 2, Ponti e strutture
- [19] RFI DTC SI CS MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 3, Corpo stradale
- [20] RFI DTC INC PO SP IFS 001 A Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- [21] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 6 di 86</p>

- [22] RFI DTC SICS SP IFS 001 B Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi” – RFI
- [23] RFI TCAR ST AR 01 001 D Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h
- [24] Specifiche Tecniche di interoperabilità 2015 (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)

2.3 Bibliografia

- [25] Hynes, M.E., and Olsen, R.S. (1999), “Influence of confining stress on liquefaction resistance”, Proc., Int. Workshop on Phys. And Mech. Of Soil Liquefaction, Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 145-152.
- [26] Idriss, I.M. and Boulanger, R.W. (2004), “Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes”. In: Proceedings, 11th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake engineering, and 3d International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering. D. Doolin et al., eds., Stallion press, Vol. 1, pp. 32-56.
- [27] Liao, S.C.C. and Whitman, R.V. (1986), “Overburden Correction Factors for SPT in sand”, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 112, No. 3, 373-377.
- [28] Robertson P.K. and Wride C.E. (1998). “Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test”. Canadian Geotechnical Journal, Ottawa, 35(3), pp. 442-459.
- [29] Rocscience (2017), Slide ver 7.0, 2017
- [30] Rocscience (2009), Settle 3D ver 2.0, 2009
- [31] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1971), “Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential”, Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 97(9), pp.1249-1273.
- [32] Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), “Ground motions and soil liquefaction during earthquakes”, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.
- [33] Seed, R.B., Tokimatsu, K., Harder, L.F., Chung, L.M. (1985), “The influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations”, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 111(12), pp.1425-1445.
- [34] Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, L.W.D., Harder, L.F. Jr., Hynes, M.H., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F. III, Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H. II (2001), “Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils”, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 127, n° 10, pp.817-833.
- [35] Priebe H.J., “Vibroreplacement to prevent earthquake induced liquefaction“. Ground Engineering, September 1998.
- [36] Idriss I.M. and Boulanger R.W. (2008), “Soil liquefaction during earthquakes”.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4400001A	Foglio 8 di 86

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 Indagini disponibili

L'ubicazione delle indagini disponibili relative all'opera esaminata è illustrata nella Figura 3, estratta dalla Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico (Doc. Rif. [3]). Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [7] - [13]).

Le indagini disponibili lungo il tratto d'interesse per il rilevato in oggetto sono elencate in Tabella 1. Per la caratterizzazione geotecnica si è considerata, tenuta in conto l'omogeneità stratigrafica dell'area, una serie di indagini non solo di stretta competenza del rilevato, ma anche quelle effettuate nelle WBS adiacenti, al fine di pervenire ad un quadro di riferimento di maggiore dettaglio e attendibilità.

Nel seguente paragrafo si riporta la caratterizzazione geotecnica, ottenuta basandosi sui risultati delle indagini relative all'aera di interesse e sulla caratterizzazione generale dell'area in cui si inserisce il rilevato, presentata nella Relazione Geotecnica (Doc. Rif. [2]).

Per una trattazione completa dei criteri utilizzati per la valutazione dei parametri geotecnici a partire dai dati di prove in sito e di laboratorio, si rimanda al capitolo 5 della Relazione Geotecnica Generale (Doc. Rif. [2])

Tabella 1 - Indagini tra pk 27+379 e pk 27+817

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
27+450	CPTU72	2014/2015
27+450	SPA37	2014/2015
27+558	CPTU-PE-36	2020-2021
27+561	BH-PE-55	2020-2021
27+600	SPA38	2014/2015
27+600	CPTU70	2014/2015
27+660	PT41	
27+660	BH-PE-55bis	2020-2021
27+679	BH-PE-56bis	2020-2021
27+685	BH-PE-56	2020-2021
27+685	CPTU-PE-37	2020-2021
27+715	CPTU74	2014/2015
27+825	NA203C006	2002

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 10 di 86</p>

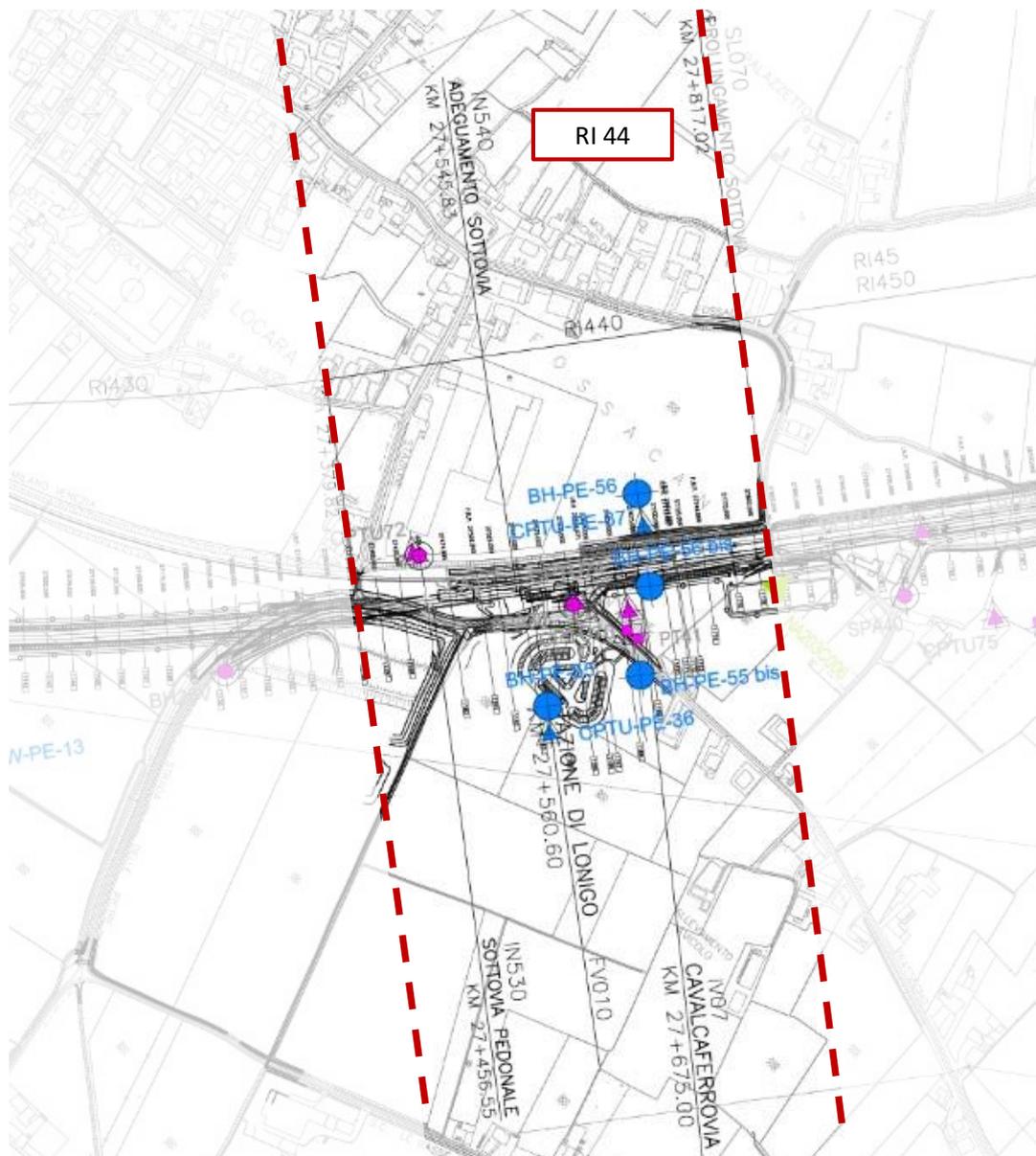


Figura 3 - Planimetria Rilevato RI44, estratto dalla Planimetria Generale (Doc. Rif. [3])

4.3 Livello di falda

Per il livello di falda si è fatto riferimento ai valori di soggiacenza misurati nei piezometri lungo l'area in cui si inserisce l'opera in esame e riportati nella Relazione Idrogeologica (Doc. Ref. [6]). Questi ultimi indicano una sostanziale stabilità nelle escursioni stagionali.

Ai fini progettuali si assume perciò una falda di progetto coincidente con piano campagna.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 11 di 86</p>

4.4 Sintesi del modello geotecnico di riferimento

Sulla base di quanto esposto al punto precedente e sulla base dei parametri definiti nella Relazione Geotecnica Generale (Doc. Ref. [2]), il modello e i parametri geotecnici considerati per le verifiche del rilevato in questione sono riassunti in Tabella 2.

Tabella 2 – Modello geotecnico di riferimento da pk 25+314,84 a pk 26+065,14

Unità	Da m pc*	a m pc*	γ kN/m ³	φ_k °	c'_k kPa	$c_{u,k}$ kPa	OCR -	E'_{op} MPa	σ'_p kPa	RR -	CR -	cv m ² /s	$C_{\alpha\varepsilon}$ -
3b	0	3	18.5	-	-	60	-	10	-	-	-	-	-
3a	3	10	18.5	34	0	-	-	15	-	-	-	-	-
4	10	13	19	36	0	-	-	60	-	-	-	-	-
3 a/b	13	16	18.5	-	-	80	-	15	-	-	-	-	-
4	16	20	18.5	36	0	-	-	60	-	-	-	-	-
3 a/b	20	30	18.5	-	-	100	-	25	-	-	-	-	-

* quota piano campagna = 29.5 m s.l.m.

4.4.1 Materiale da rilevato

Le caratteristiche dei rilevati ferroviari sono desunte dal MdP (Doc. rif. [19]) e sono di seguito riassunte:

Tabella 3 - Caratteristiche materiale da rilevato

	γ kN/m ³	φ °	c' kPa
Materiale da rilevato	20	38	0

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4400001A	Foglio 12 di 86

5 CARATTERISTICHE SISMICHE E SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

5.1 Sollecitazione sismica di progetto

5.1.1 Vita Nominale

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

Coerentemente a quanto previsto dal MdP (Doc. rif. [18] e [19]), l'opera in oggetto viene inserita nella tipologia di costruzione con $V_N = 100$ anni.

Tabella 4 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

Opere nuove su infrastrutture ferroviarie progettate con le norme vigenti prima del DM 14.01.2008 a velocità convenzionale ($V < 250$ km/h)	$V_N = 50$ anni
Altre opere nuove a velocità $V < 250$ km/h	$V_N = 75$ anni
Altre opere nuove a velocità $V \geq 250$ km/h	$V_N = 100$ anni
Opere di grandi dimensioni: ponti e viadotti con campate di luce maggiore di 150 m	$V_N \geq 100$ anni

5.1.2 Classe d'uso

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

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

Il coefficiente d'uso è pari a 1.50, coerentemente a quanto indicato nella Tab. 2.4.II delle NTC.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4400001A	Foglio 13 di 86

Tabella 5 – Valori del coefficiente di uso C_u

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente d'uso	0.7	1.0	1.5	2.0

5.1.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Il periodo di riferimento $V_R = V_N \cdot C_U = 100 \cdot 1.5 = 150$ anni.

5.1.4 Categorie di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale. Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2018. Come discusso nella Relazione sulla modellazione sismica (Doc. rif. [4]) e nelle Planimetrie con classificazione sismica dei terreni (Doc. rif. [5]), i terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di Categoria C:

- A *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.*
- B *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s*
- C *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*
- D *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.*
- E *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.*

5.1.5 Condizioni topografiche

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la classificazione proposta nelle NTC, secondo la quale le categorie individuate si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. L'area interessata risulta classificabile come **T1**.

- T1 *Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.*
- T2 *Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.*
- T3 *Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.*
- T4 *Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.*

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 14 di 86</p>

5.1.6 Accelerazione sismica di riferimento

Di seguito si riportano i valori dei parametri spettrali dipendenti dal sito dell'opera in oggetto:

a_g (g) (SLV)	0.207
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s	1.397
Coefficiente di amplificazione topografica S_t	1.0
Accelerazione massima attesa al suolo	
a_{max} (g) ($a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$)	0.289

5.2 Suscettibilità alla liquefazione

Lo studio della suscettibilità alla liquefazione dei terreni identificati nell'area di realizzazione del rilevato è stato eseguito nel rispetto della normativa vigente (Doc. rif. [14]). Le analisi di liquefazione sono descritte in dettaglio nelle Relazioni sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base (Doc. rif. [4]), alla quale si rimanda per maggiori dettagli.

Nello specifico, verificata la non rispondenza ai criteri di esclusione di cui alle NTC2008, la determinazione del potenziale di liquefazione è stata condotta per il periodo di ritorno dell'azione sismica corrispondente a quello dello stato limite ultimo di verifica (SLV) utilizzando i valori di pericolosità sismica al sito riportati al par. 5.1.6 relativi allo SLV (opere di linea ad esclusione delle gallerie artificiali, $V_R = 150$ anni).

Il valore di magnitudo necessario per la valutazione della pericolosità a liquefazione è stato determinato tenendo conto di tre differenti "fonti di dati" alla base delle definizioni dell'azione sismica di NTC2008, ossia:

- L'analisi di disaggregazione dei valori di pericolosità sismica (accelerazione su suolo rigido orizzontale) di cui alle NTC2008, fornita quale elaborazione aggiuntiva direttamente dal progetto INGV-DPC S1.
- Analisi dei dati di magnitudo da terremoti storici aventi epicentro entro una distanza di 30Km dal tracciato di progetto, sulla base delle informazioni fornite dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI11.
- Magnitudo attesa per un periodo di ritorno pari almeno a 975 anni valutata sulla base del modello delle zone sismogenetiche ZS9 (riportato in Figura 1), alla base delle mappe di pericolosità sismica del territorio italiano allegate alle NTC2008, e sulla distribuzione dei valori di magnitudo associati ai massimi terremoti storici.

Facendo sempre riferimento al Doc. rif. [4] per i dettagli dell'analisi sopra descritta, e in continuità con le considerazioni esposte in sede di Progetto Definitivo, è stato considerato ragionevole assumere per il tracciato di progetto un valore di magnitudo di riferimento da adottare nelle verifiche a liquefazione di cui ai paragrafi successivi pari a 6.0.

La valutazione di suscettibilità alla liquefazione è stata quindi condotta in accordo al "metodo semplificato" originariamente proposto da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), confrontando lo sforzo di taglio ciclico normalizzato rispetto alla pressione verticale in sito (CSR) e la resistenza normalizzata del terreno al taglio ciclico

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 15 di 86</p>

(CRR) così definiti:

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} \quad \text{Rapporto di tensione ciclica}$$

$$CRR = \frac{\tau_l}{\sigma'_{v0}} \quad \text{Rapporto di resistenza ciclica}$$

Lo sforzo di taglio indotto ad ogni profondità in un terreno a superficie piana durante l'evento sismico è dovuto essenzialmente alla propagazione delle onde di taglio polarizzate orizzontalmente. In accordo al metodo utilizzato, la tensione di taglio ciclico indotta dallo scuotimento sismico (sforzo di taglio ciclico normalizzato CSR) viene approssimata da un valore efficace dell'accelerazione pari al 65% della accelerazione di picco a_{max} come segue:

$$CSR = \frac{\tau_c}{\sigma'_{vo}} = 0.65 \frac{\tau_{max}}{\sigma'_{vo}} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} r_d$$

dove:

a_{max} accelerazione di picco al sito

g accelerazione di gravità

τ_c valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

σ_{vo} tensione verticale alla profondità in esame, in termini di tensioni totali

σ'_{vo} tensione verticale alla profondità in esame, in termini di tensioni efficaci

r_d coefficiente di riduzione dello sforzo di taglio ciclico in funzione della profondità da piano campagna, calcolato come segue in accordo a Blake (Blake, 1996, riportato da Youd et al., 2001):

$$r_d = \frac{1 - 0.4113 \cdot z^{0.5} + 0.04052 \cdot z + 0.001753 \cdot z^{1.5}}{1 - 0.4177 \cdot z^{0.5} + 0.05729 \cdot z - 0.006205 \cdot z^{1.5} + 0.00121 \cdot z^2}$$

CSR può essere messo in relazione al numero di cicli significativi dell'azione sismica, funzione della magnitudo M . Per $M \neq 7.5$ è necessario introdurre un fattore di scala della magnitudo MSF così definito:

$$MSF = \frac{CSR_M}{(CSR)_{M=7.5}} = \left(\frac{N_{M=7.5}}{N_M} \right)^b$$

dove CSR_M e N_M rappresentano i valori di CSR e numero di cicli equivalenti per il valore di magnitudo di progetto, mentre $(CSR)_{M=7.5}$ e $N_{M=7.5}$ sono riferiti all'evento con $M=7.5$.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 16 di 86</p>

Nel presente studio, in accordo sia alle prescrizioni dell'Eurocodice 8, sia a quanto suggerito da Youd et al., 2001 e Idriss e Boulanger (2004) si è assunto per $M = 6.0 - MSF = 2$.

Il rapporto di resistenza ciclica CRR è stato valutato mediante relazioni empiriche che correlano la sollecitazione sismica ai risultati di prove in sito di tipo SPT o CPT.

5.2.1 CRR da correlazione su prove CPT

Per la stima del CRR sulla base di prove in-situ o di laboratorio sono disponibili diverse procedure. La procedura basata sui risultati di prove CPT è piuttosto ben consolidata e diffusa e viene qui utilizzata ai fini di una analisi del potenziale di liquefazione, considerando i dati di prove in sito disponibili allo stato attuale delle conoscenze.

Il procedimento utilizzato per la stima di CRR a partire dai risultati di prove CPT si basa sulla relazione riportata in Figura 4: la curva in figura si riferisce alla resistenza penetrometrica normalizzata q_{c1N} per le sabbie pulite che può essere espressa come segue (Robertson & Wride, 1998, come riportato da Youd et al., 2001):

$$\text{per } (q_{c1N})_{cs} < 50 \quad CRR_{7.5} = 0.833 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0.05$$

$$\text{per } 50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160 \quad CRR_{7.5} = 93 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08$$

In Figura 4, la resistenza alla punta q_c è normalizzata rispetto al valore di pressione atmosferica ($p_a = 100 \text{ kPa}$) e corretta (q_{c1N}) mediante la seguente relazione:

$$q_{c1N} = (q_c/p_a) (p_a/\sigma'_{vo})^n$$

dove σ'_{vo} è la tensione verticale efficace alla profondità in e l'esponente "n" varia da 0.5 per i materiali a grana grossa a 1 per i materiali a grana fine.

La natura dei materiali ed il relativo valore dell'esponente "n" sono determinati con procedura iterativa in relazione al valore del parametro I_c , indice del tipo di terreno, determinato come:

$$I_c = \left[(3.47 - \log Q)^2 + (1.22 + \log F)^2 \right]^{0.5}$$

dove:

$$Q = \left(\frac{q_c - \sigma_{vo}}{p_a} \right) \cdot \left(\frac{p_a}{\sigma'_{vo}} \right)^n$$

$$F = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} \cdot 100$$

Tanto maggiore è il valore di I_c , tanto maggiore sarà il contenuto presunto di fini. Nell'analisi condotta il valore $I_c =$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 17 di 86</p>

2.6 è stato considerato lo spartiacque tra terreni con contenuto di fine inferiore a 35% e comportamento assimilabile a quello delle sabbie e terreni con contenuto di fine superiore al 35% e comportamento più simile a quello delle argille. Nel primo caso l'esponente n nella formula con cui viene determinato il parametro Q è pari a 0.5, nel secondo è pari a 1. Come detto, i valori effettivi di n e l_c sono determinati al termine di una procedura iterativa, ipotizzando in prima istanza $n = 1$. Se l_c così calcolato è superiore a 2.6, il risultato è consolidato. In caso contrario, il calcolo viene ripetuto ipotizzando $n = 0.5$. Se in questo secondo calcolo l_c è ancora inferiore a 2.6, i nuovi valori di n e l_c sono confermati. In caso contrario si è in presenza di terreni intermedi e il calcolo finale viene svolto con $n = 0.75$.

Il valore della resistenza penetrometrica normalizzata q_{c1N} è stato riportato ad un valore equivalente per le sabbie pulite attraverso la seguente relazione:

$$q_{c1Ncs} = q_{c1N} \cdot k_c$$

dove K_c è definito dalle seguenti equazioni (Robertson & Wride, 1998):

per $l_c \leq 1.64$

$$K_c = 1.0$$

per $l_c > 1.64$

$$K_c = -0.403(l_c)^4 + 5.581(l_c)^3 - 21.63(l_c)^2 + 33.75(l_c) - 17.88$$

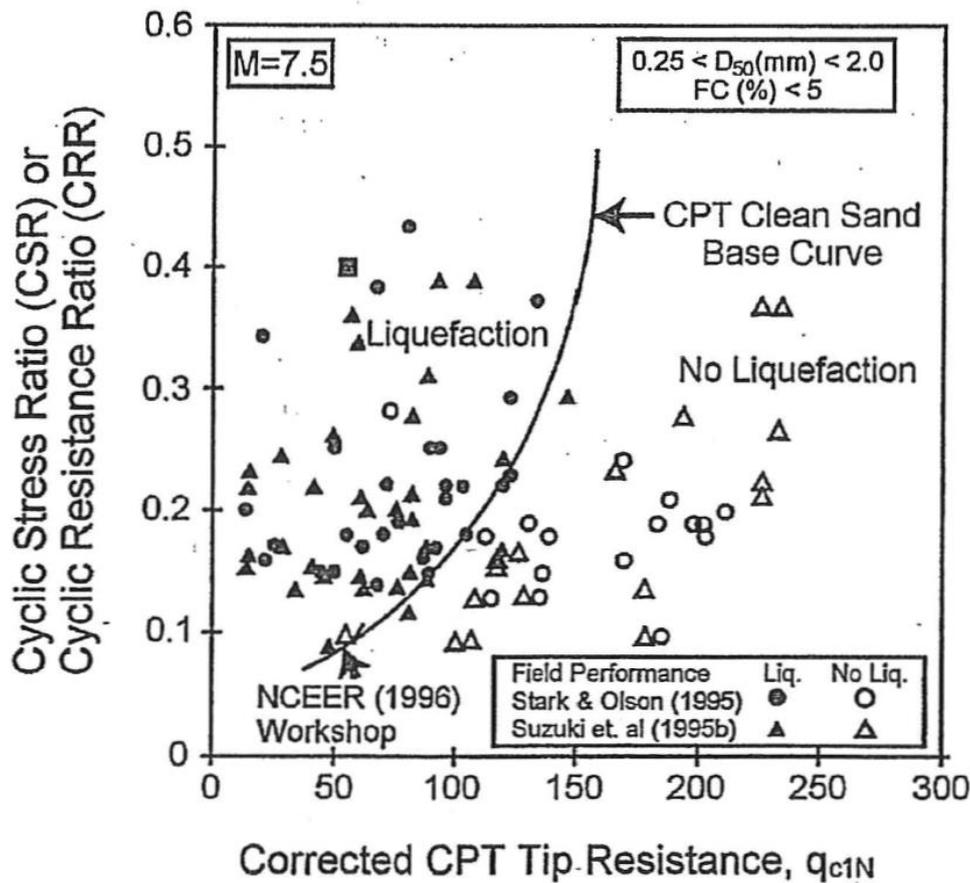


Figura 4 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e valori corretti di resistenza alla punta q_{c1N} – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Robertson & Wride, 1998)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4400001A	Foglio 18 di 86

5.2.2 CRR da correlazione su prove SPT

Il procedimento utilizzato per la stima di CRR a partire dai risultati di prove SPT si basa sulla relazione riportata in Figura 5, originariamente proposta da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), e successivamente confermata da Youd et al. (2001).

In Figura 5, i risultati delle prove SPT sono espressi in termini di numero di colpi corretti $N_{1(60)}$, ossia i valori sono normalizzati per una pressione verticale efficace pari a 100 kPa e corretti per un valore standard di energia trasmessa (60% del valore nominale) come segue:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_B C_R C_S$$

dove:

C_N = coefficiente correttivo che tiene conto dell'influenza della pressione verticale efficace. In letteratura sono presenti diversi metodi per la valutazione del coefficiente correttivo C_N . Qui è stata applicata la seguente relazione proposta da Liao e Whitman (1986):

$$C_N = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5} \leq 1.7$$

in cui P_a è la pressione atmosferica, pari a 100kPa, e σ'_{v0} è la tensione verticale in sito, in termini di sforzi efficaci.

C_E = coefficiente correttivo che va a considerare il rendimento energetico dell'attrezzatura e riconduce le misure ad un rendimento energetico del 60 % e può essere valutato nel modo seguente:

$$C_E = \frac{ER_m}{60}$$

in cui ER_m è il fattore di rendimento (espresso in %) del trasferimento dell'energia del maglio all'attrezzo campionario, relativo alla macchina utilizzata per fare la prova; considerando che la configurazione di prova normalmente adoperata in Italia ha un rendimento energetico del 60 %, tale coefficiente è stato posto pari ad 1.

I coefficienti C_B (fattore correttivo per le dimensioni del foro di sondaggio), C_R (fattore correttivo per la lunghezza delle aste della macchina esecutrice) e C_S (fattore correttivo per il tipo di attrezzo campionario) sono stati assunti pari ad 1 dato che le prove sono state eseguite sulla base delle raccomandazioni fornite dall'AGI (1977).

Sempre in Figura 5, viene riportato il valore di CSR calcolato ed i corrispondenti valori di $N_{1(60)}$ da siti in cui sono stati osservati o meno gli effetti della liquefazione per eventi simili avvenuti in passato, con Magnitudo pari $M = 7.5$. Le corrispondenti curve CRR sono state determinate all'interno del grafico in modo da separare chiaramente i dati corrispondenti all'avvenuta liquefazione da quelli per i quali non è stato osservato il fenomeno in esame.

Le curve sono valide per eventi simili di Magnitudo pari a 7.5, per cui è necessario introdurre un fattore di scala (MSF) per adattare le curve di CRR alla magnitudo di riferimento per il caso in esame, come indicato in precedenza.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4400001A	Foglio 19 di 86

Si può osservare dalla Figura 5 come curve diverse siano state sviluppate per terreni aventi diverso contenuto di fini, a partire dalla curva di riferimento corrispondente alla sabbia pulita (FC < 5%).

La curva di riferimento per sabbie pulite è descritta dalla seguente equazione (Rauch, 1998, come riportato da Youd et al., 2001)

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{[10 \cdot (N_1)_{60} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

L'equazione è valida per $N_{1(60)} < 30$. Nel caso in cui sia $N_{1(60)} \geq 30$, le sabbie pulite sono classificate come non liquefacibili, a causa della loro elevata densità.

L'equazione che segue (Idriss e Seed, come riportato da Youd et al. 2001) viene utilizzata per la correzione di valori di $N_{1(60)}$ ai valori corrispondenti per sabbia pulita $N_{1(60)cs}$:

$$(N_1)_{60cs} = \alpha + \beta \cdot (N_1)_{60}$$

In cui:

$$\alpha = 0 \text{ per } FC < 5\%$$

$$\alpha = \exp [1.76 - (190/FC^2)] \text{ per } 5\% < FC < 35\%$$

$$\alpha = 5 \text{ per } FC \geq 35\%$$

$$\beta = 1 \text{ per } FC < 5\%$$

$$\beta = [0.99 + (FC \cdot 1.5 / 1000)] \text{ per } 5\% < FC < 35\%$$

$$\beta = 1.2 \text{ per } FC \geq 35\%$$

La resistenza alla liquefazione aumenta meno che proporzionalmente al crescere della tensione di confinamento. Una rappresentazione di tale relazione è stata proposta da Hynes e Olsen (1999) e riportata da Youd et al. (2001), elaborata sulla base dei risultati di prove cicliche in laboratorio. In particolare gli autori raccomandano di utilizzare il seguente coefficiente di correzione:

$$k_\sigma = \left(\frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)^{(f-1)} \leq 1$$

dove:

$$\sigma'_{v0} = \text{tensione verticale efficace}$$

$$p_a = \text{pressione atmosferica di riferimento}$$

$$f = \text{fattore che dipende dalla densità relative del materiale in sito.}$$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 20 di 86</p>

In accordo a Youd et al. (2001) il fattore “f” si può stimare come segue, sia per sabbie pulite o limose e per ghiaie:

$$40\% < DR < 60\% \quad f = 0.7 \div 0.8$$

$$60\% < DR < 80\% \quad f = 0.6 \div 0.7$$

Quando possibile, il contenuto di fini è stato determinato sulla base dei risultati delle rispettive granulometrie ottenute da laboratorio per ogni prova SPT. Nel caso quest'ultime non erano disponibili, facendo riferimento alla stratigrafia locale, si è ipotizzato un valore di contenuto di fini pari al 5% per i materiali sabbioso/ghiaiosi, mentre per i terreni limosi/argillosi è stato ipotizzato un contenuto di fini pari al 30-40%.

Pertanto, in accordo a Youd et al. (2001):

$$FL = (CRR_{7.5}/CSR) MSF k_{\sigma}$$

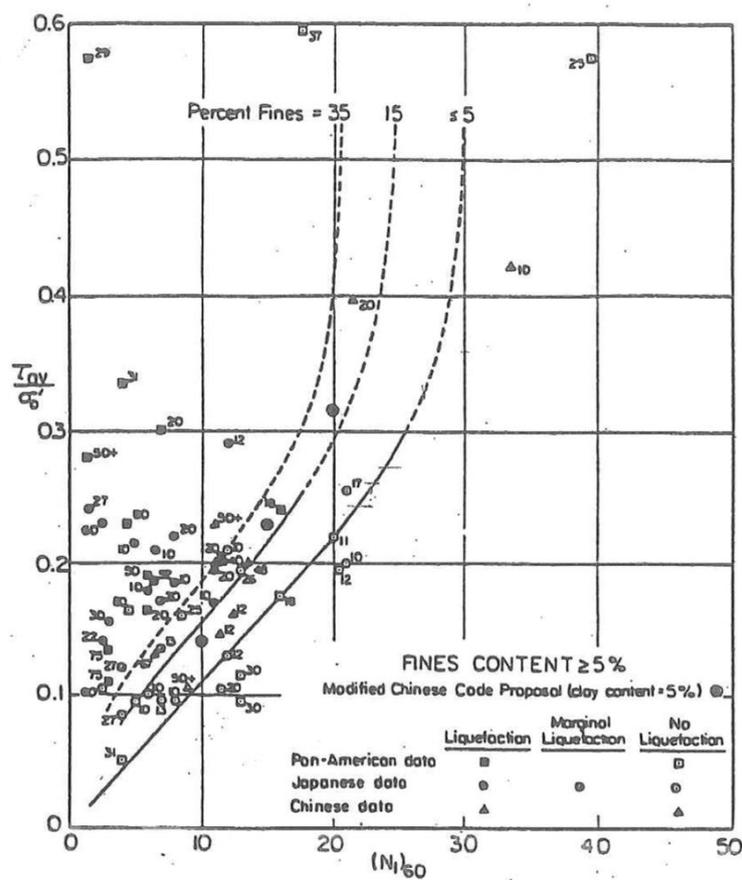


Figura 5 - Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e $N_{1(60)}$ – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4400001A	Foglio 21 di 86

5.2.3 Commento ai risultati

I risultati dell'interpretazione delle prove CPTU indicano rischi di potenziale liquefazione nella porzione di tracciato interessata dal rilevato RI44.

In particolare:

- Sulla base dei risultati delle prove granulometriche si è verificata la rispondenza o meno del criterio di esclusione di cui alle NTC2008. In particolare, come mostrato in Figura 6 e in Figura 7, si nota come nei primi metri 4-5m di terreno a partire da piano campagna, si verificano le condizioni per cui possono essere escluse le verifiche alla liquefazione.
- Si è in generale fatto riferimento alle prove CPTU, che, in quanto continue, sono più adatte degli SPT (puntuali per definizione) per definire, per il caso in questione, l'ammontare degli spessori e le possibili conseguenze sul comportamento dell'opera. In questa luce, l'insieme delle prove CPTU indica la presenza di materiali in grado di sviluppare sovrappressioni interstiziali di un qualche rilievo lungo tutta la tratta interessata dall'opera.
- Per quanto concerne le prove CPTU72 e CPTU70, queste indicano la presenza di isolati e sottili livelli (qualche decimetro), di terreni con r_u in profondità, non in grado di dare luogo a situazione di SLU con creazione di potenziali superfici di scorrimento continue.
- Nelle CPTU-PE-36, CPTU-PE-37, CPTU74 E NA203O006, si evidenziano invece strati sufficientemente continui, in particolare al disotto dei 5 m di profondità, in grado di sviluppare (sia pure in modo non continuo), valori di r_u prossimi all'unità. I dati granulometrici (Figura 7) supportano il fatto che, anche se non in tutta l'area, a quelle profondità vi sono materiali con fuso granulometrico tipico di materiali potenzialmente liquefacibili in accordo alle NTC 2008.

Si è quindi considerato necessario eseguire un'analisi di dettaglio, prendendo in considerazione una situazione stratigrafica considerata rappresentativa dell'area in questione, per verificare il soddisfacimento delle verifiche di tipo SLU anche in presenza di liquefazione di strati relativamente profondi. Il risultato dell'analisi è riportato nel capitolo seguente.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 22 di 86</p>

GRANULOMETRIE PER SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE RI44

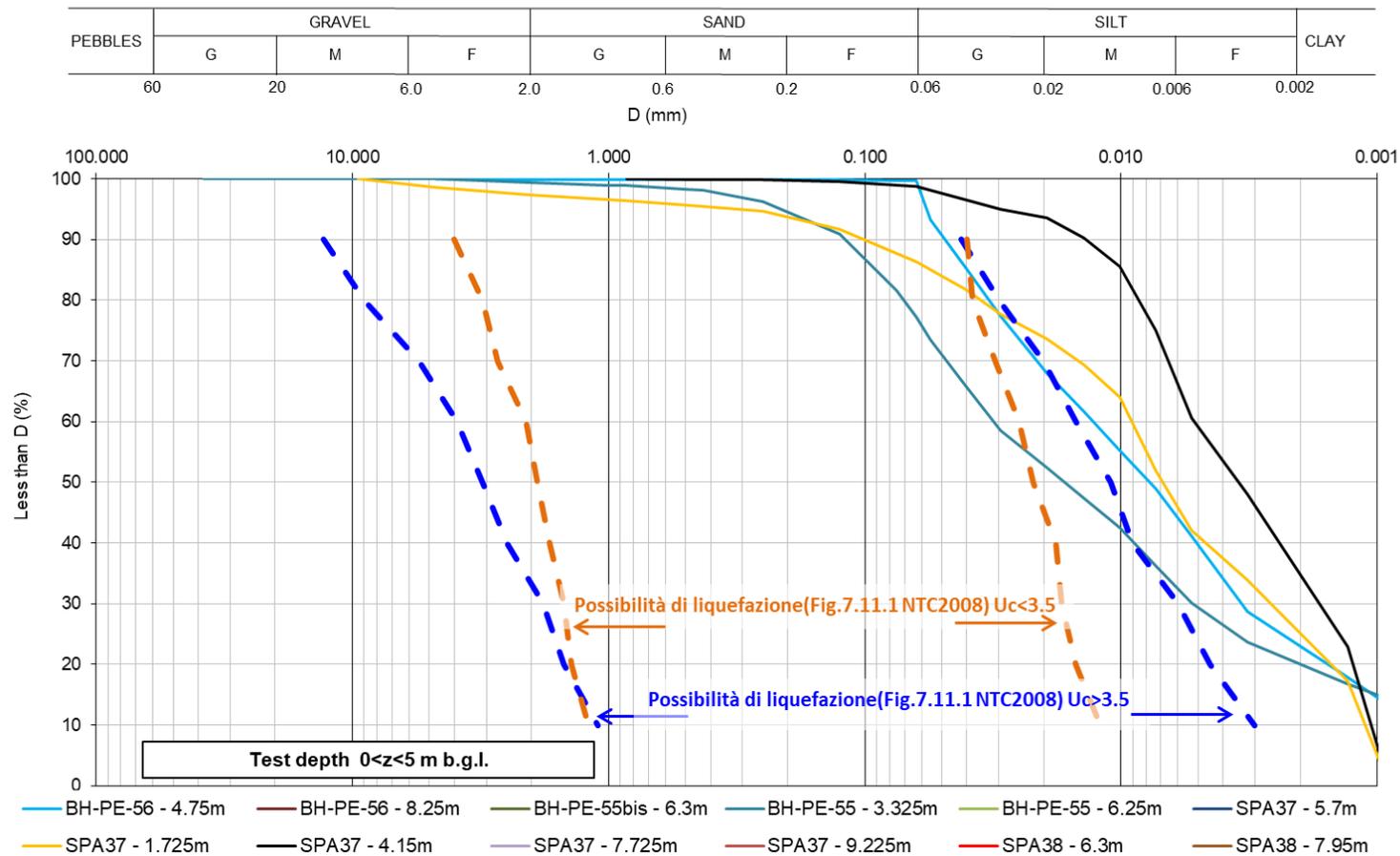


Figura 6 – Confronto granulometrie con fusi granulometrici da NTC2008 – campioni compresi tra 0m e 5m da p.c.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI440001A</p>	<p>Foglio 23 di 86</p>

GRANULOMETRIE PER SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE RI44

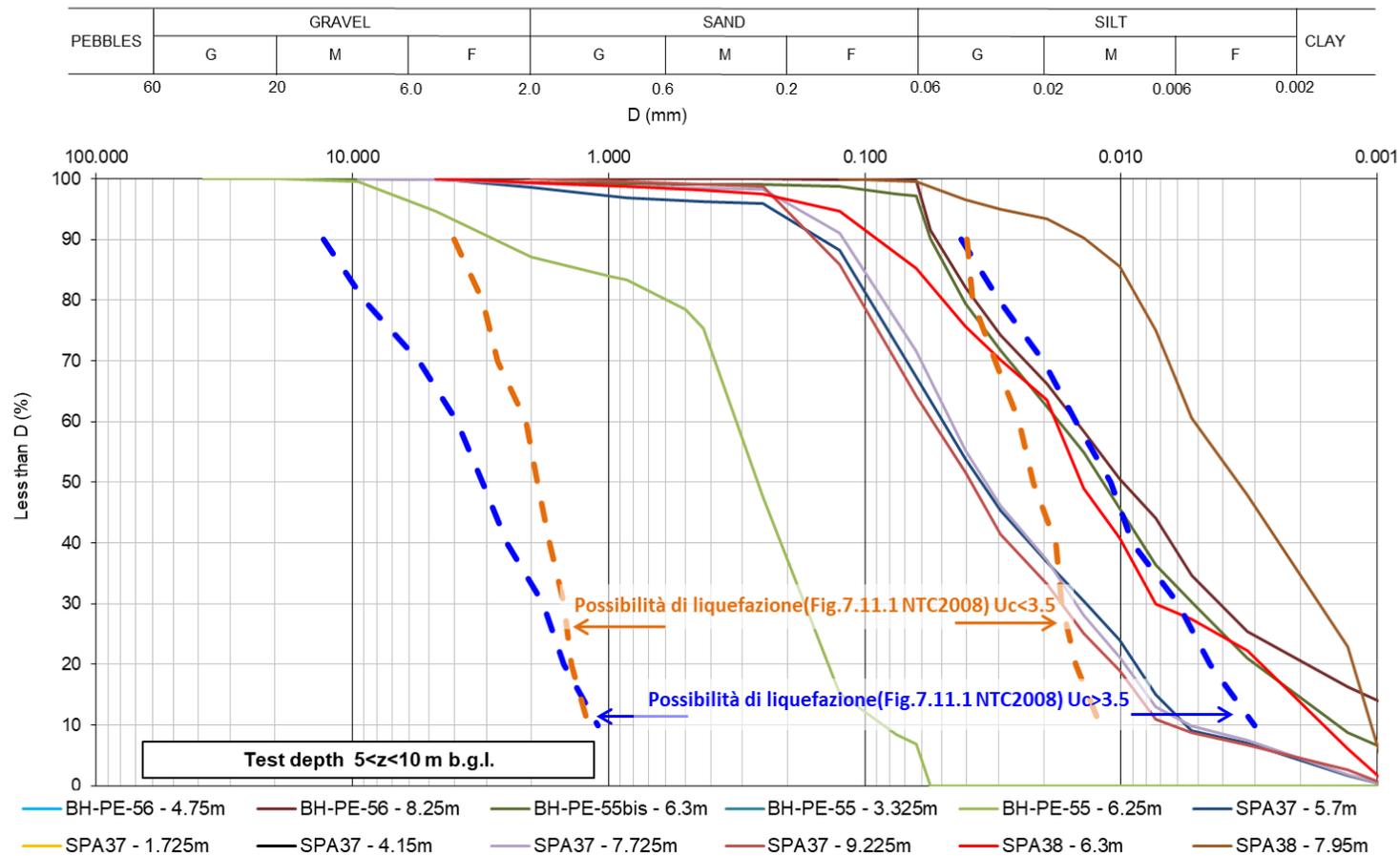


Figura 7 – Confronto granulometrie con fusi granulometrici da NTC2008 – campioni compresi tra 5m e 10m da p.c.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI440001A

24 di 86

Tratta AC/AV Verona - Padova - Sub Tratta - Verona - Vicenza - Prova CPTU72 Pr. 27+440

$A_{max_calc} / g = 0.289$ $M_{calc} = 6$ Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 $MSF = 2$

Riempimento $h = 2$ m Sovraccarico = 0 kPa

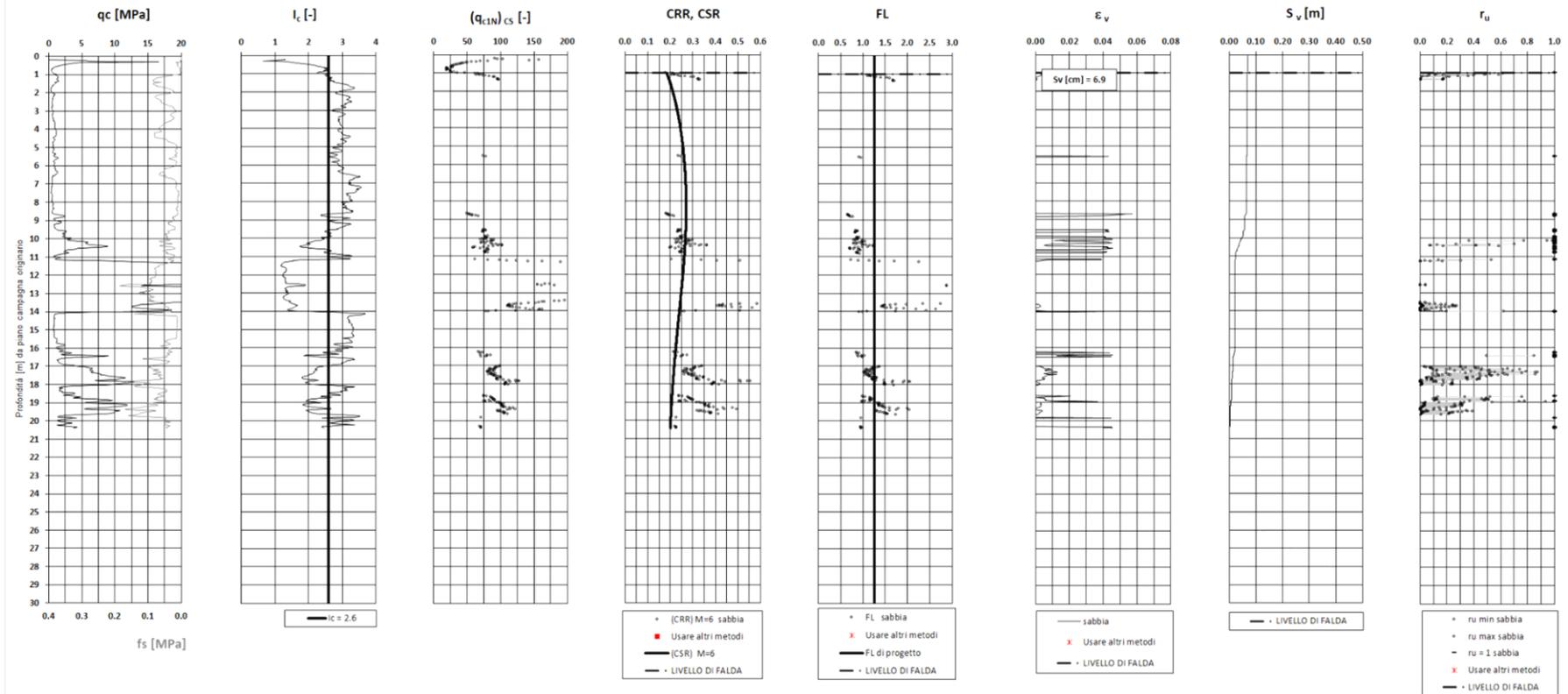


Figura 8 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU72

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 25 di 86</p>

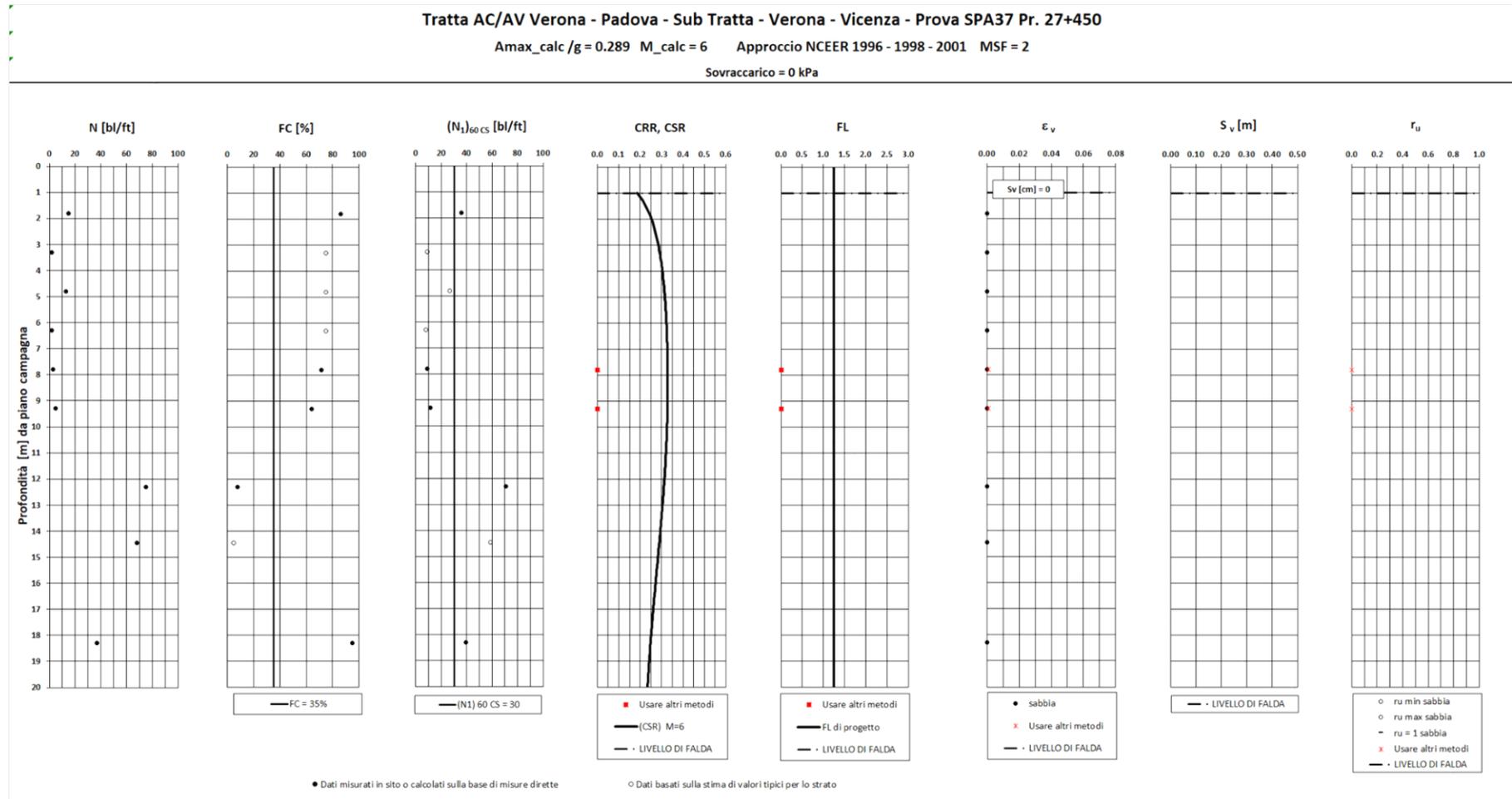


Figura 9 – Verifica Liquefazione da risultati SPA37

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI440001A</p>	<p>Foglio 26 di 86</p>

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova CPTU-PE-36 Pr. 27+558
 $a_{max} = 0.289g$ $M_{calc} = 6$ $MSF = 2$ Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
 Altezza rilevato = 0m

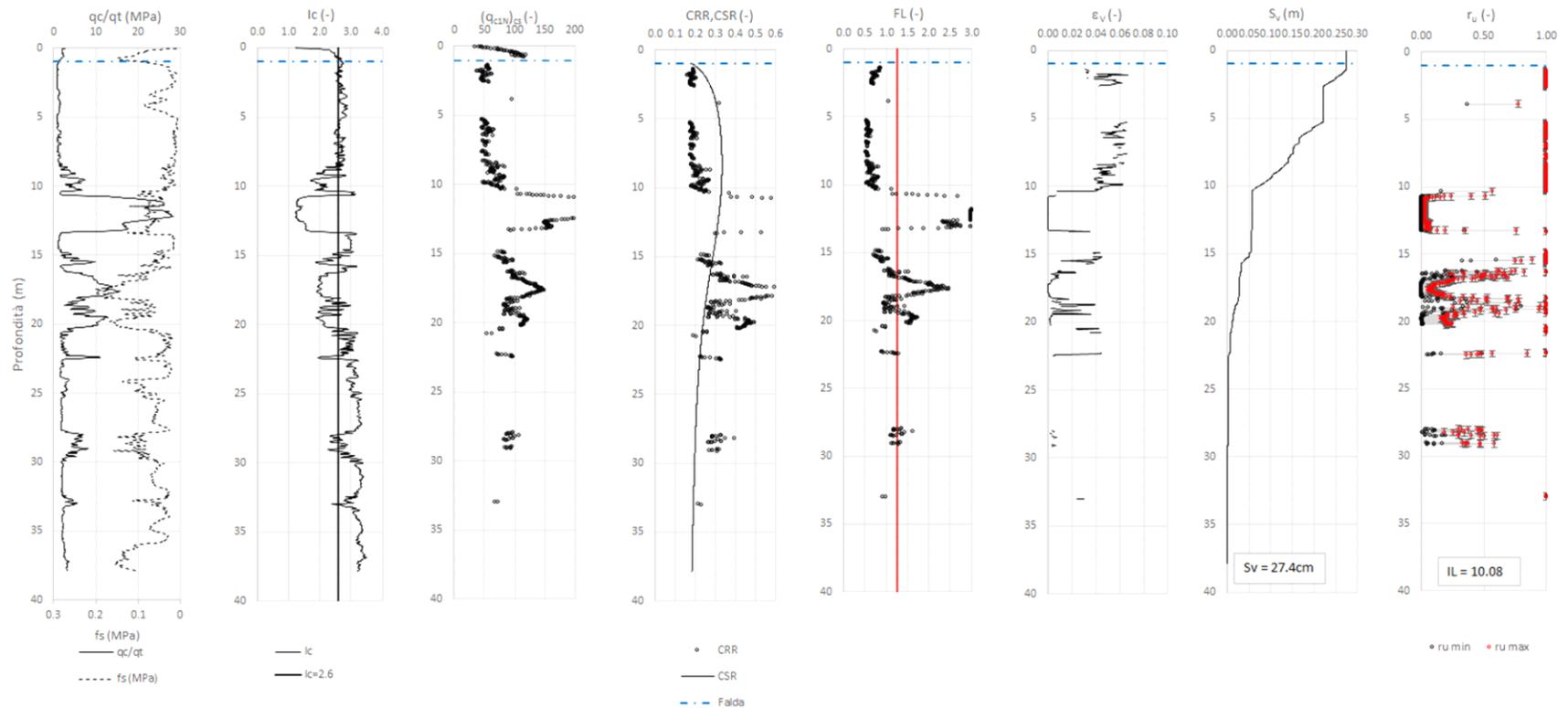


Figura 10 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-36

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI440001A

Foglio

27 di 86

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova BH-PE-55 Pr. 27+660

$a_{max} = 0.289g$ $M_{calc} = 6$ MSF = 2 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001

Altezza rilevato = 0m

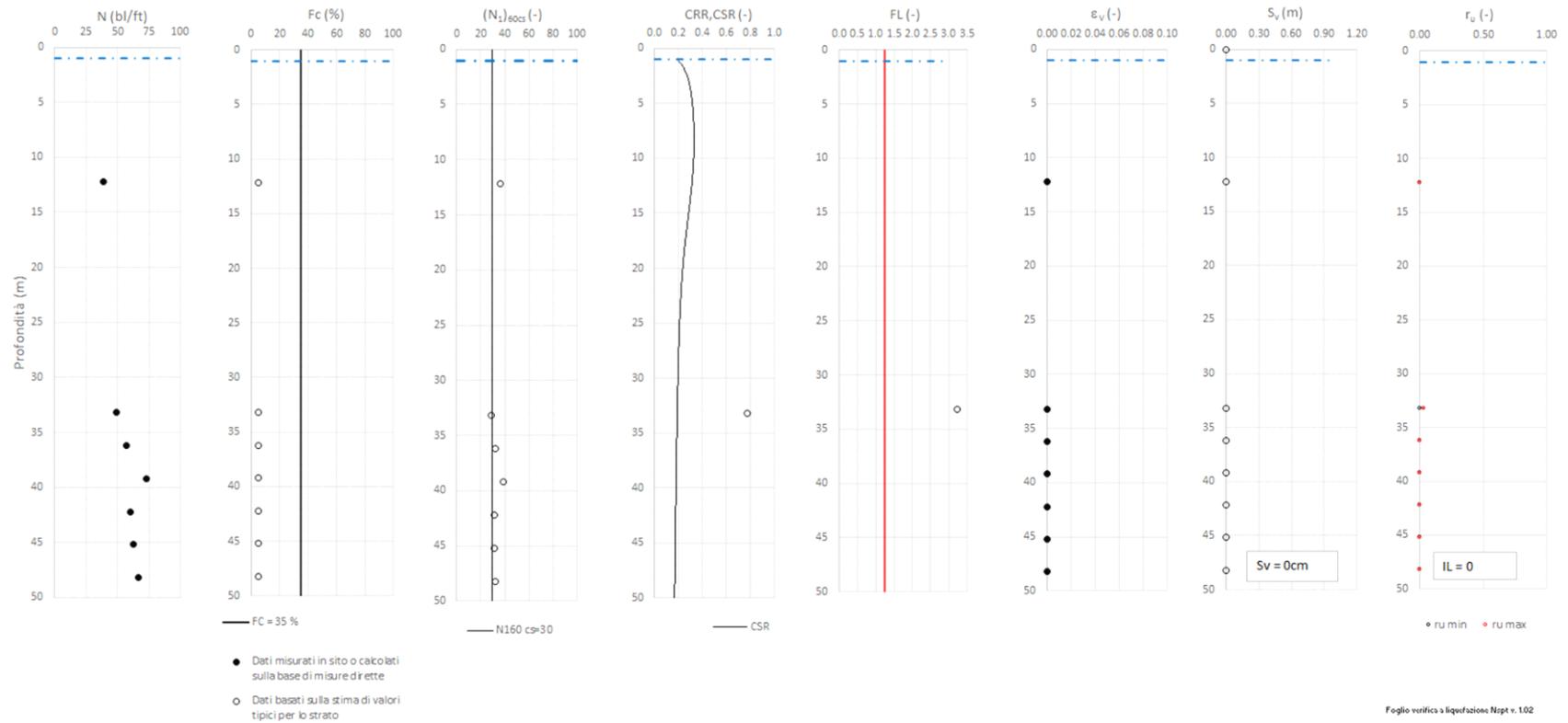


Figura 11 – Verifica Liquefazione da risultati BH-PE-55

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI4400001A

Foglio

28 di 86

Tratta AC/AV Verona - Padova - Sub Tratta - Verona - Vicenza - Prova CPTU70 Pr. 27+610

$A_{max_calc} / g = 0.289$ $M_{calc} = 6$ Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 2

Sovraccarico = 0 kPa

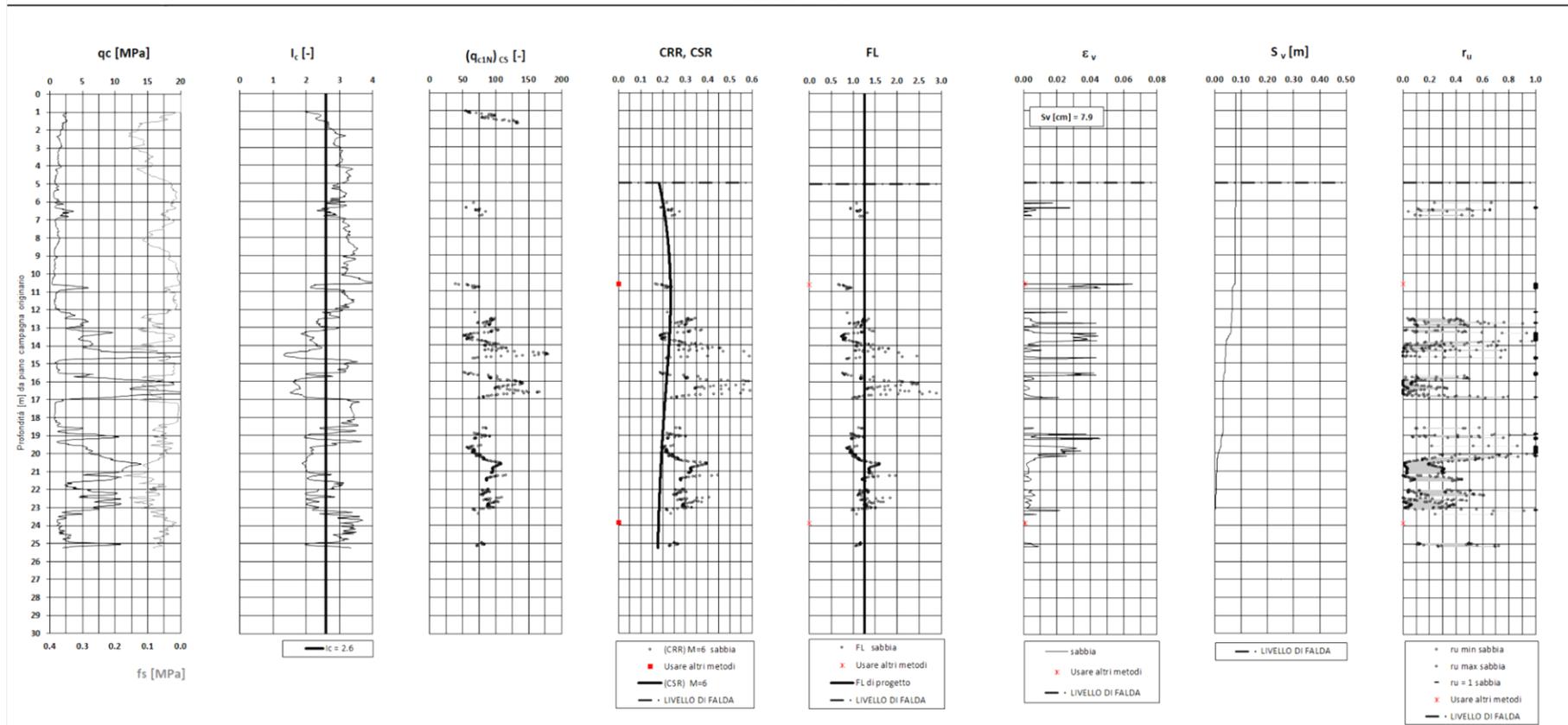


Figura 12 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU70

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 29 di 86</p>

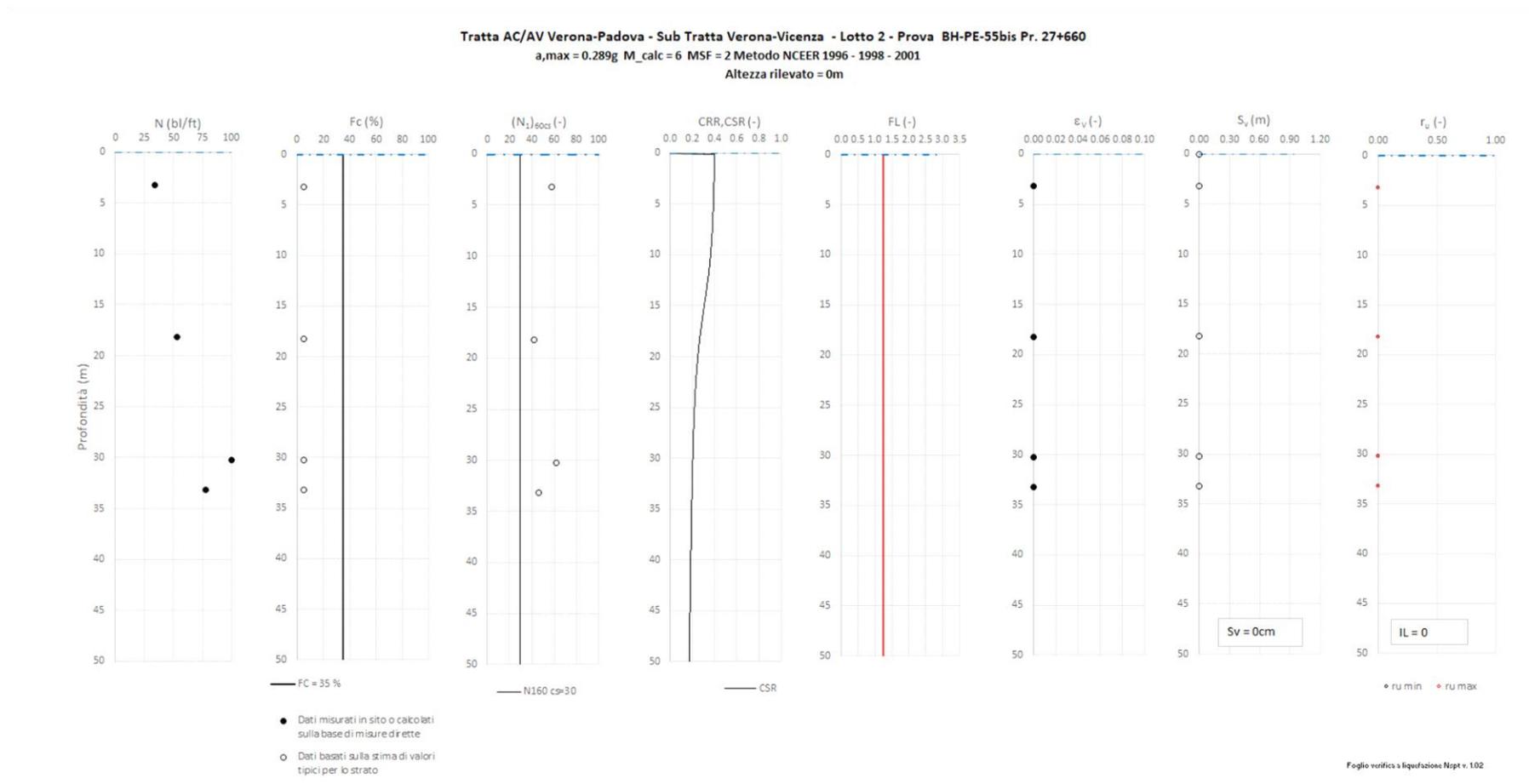


Figura 13 – Verifica Liquefazione da risultati BH-PE-55bis

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 30 di 86</p>

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova CPTU-PE-37 Pr. 27+685
 $a_{max} = 0.289g$ $M_{calc} = 6.3$ $MSF = 1.85$ Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
 Altezza rilevato = 3.5m

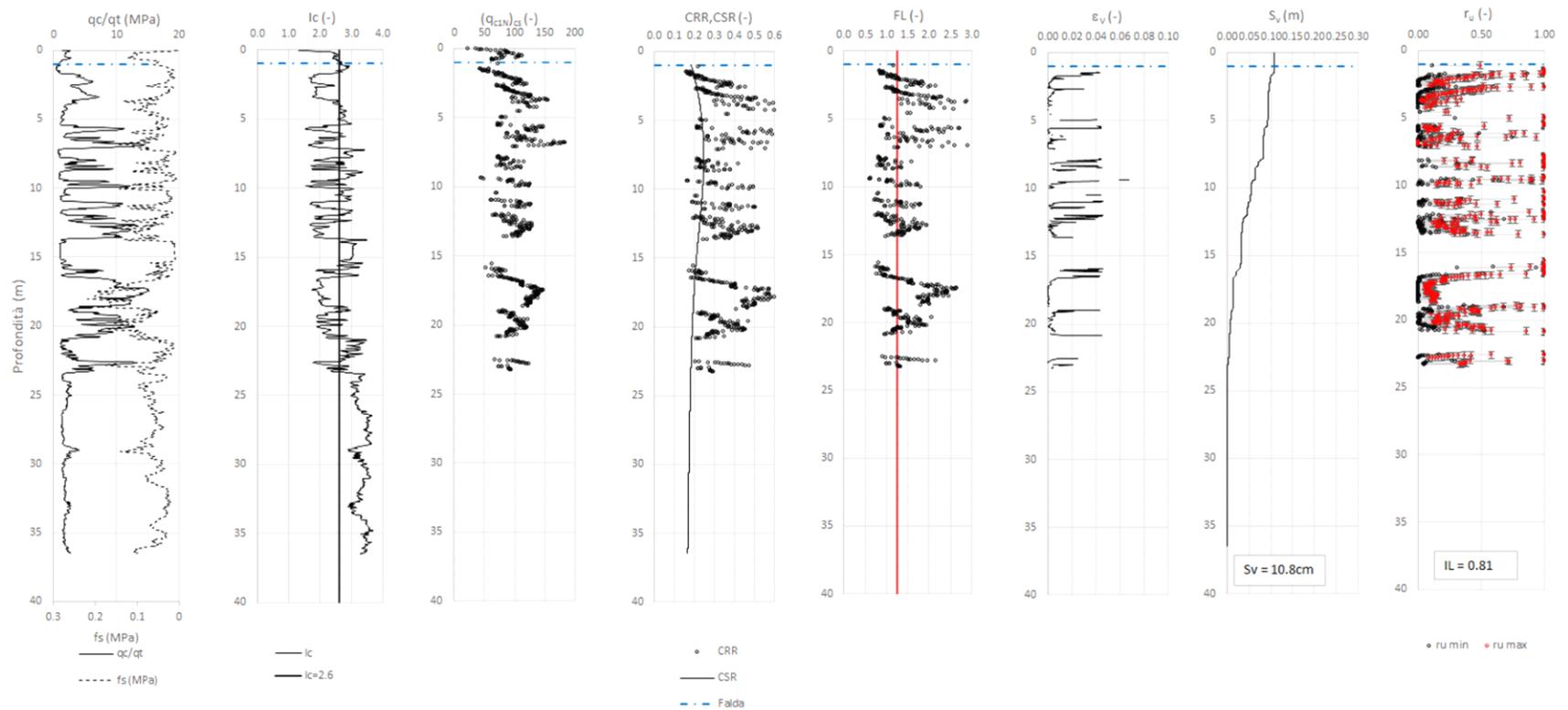


Figura 14 – Verifica Liquefazione da risultati CPTU-PE-37

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio IricAV Due</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI440001A</p>	<p>Foglio 31 di 86</p>

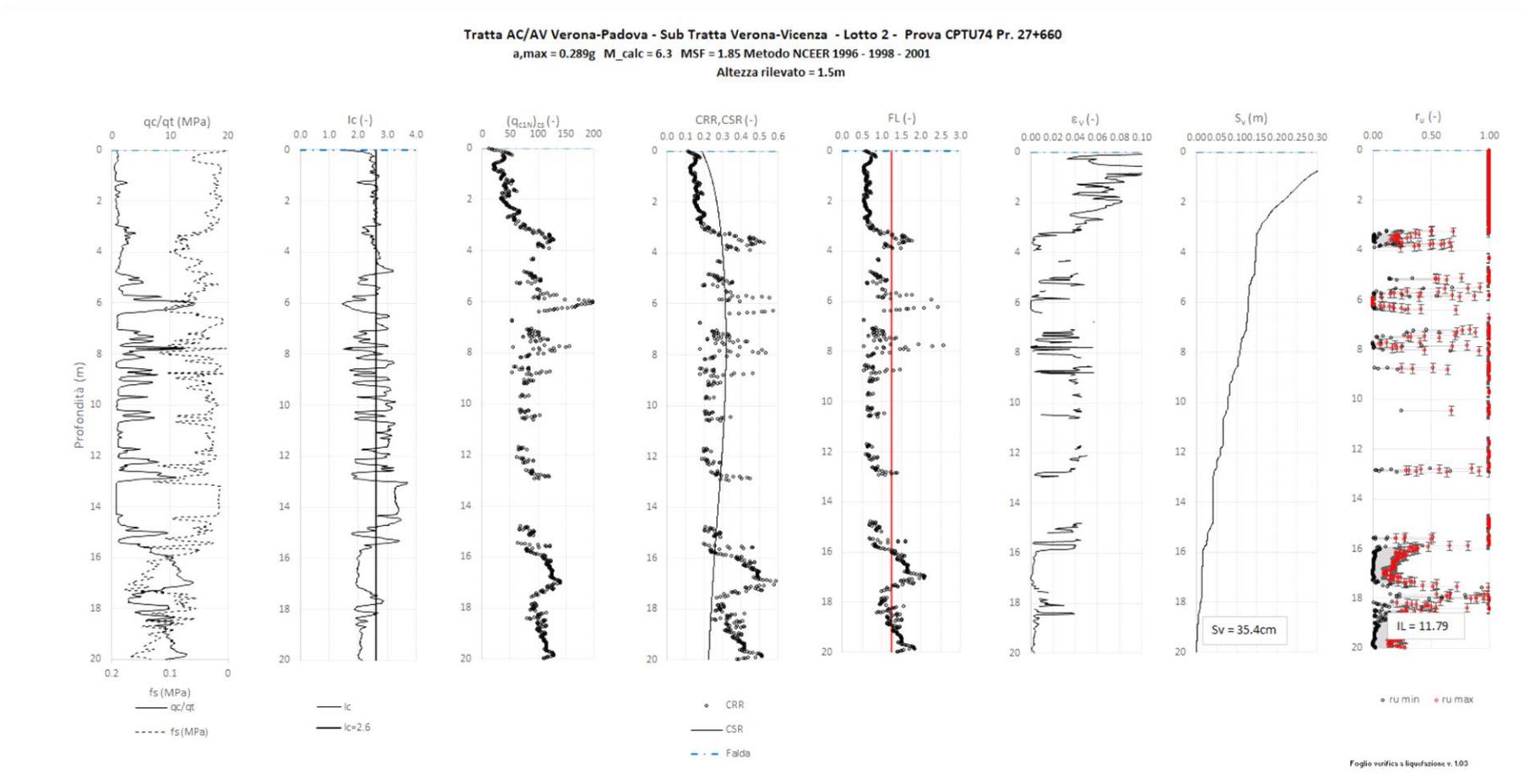


Figura 15– Verifica Liquefazione da risultati CPTU74

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio IricAV Due</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI440001A</p>	<p>Foglio 32 di 86</p>

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 2 - Prova NA2030006 Pr. 27+820
 $a_{max} = 0.289g$ $M_{calc} = 6.3$ $MSF = 1.85$ Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
 Altezza rilevato = 0m

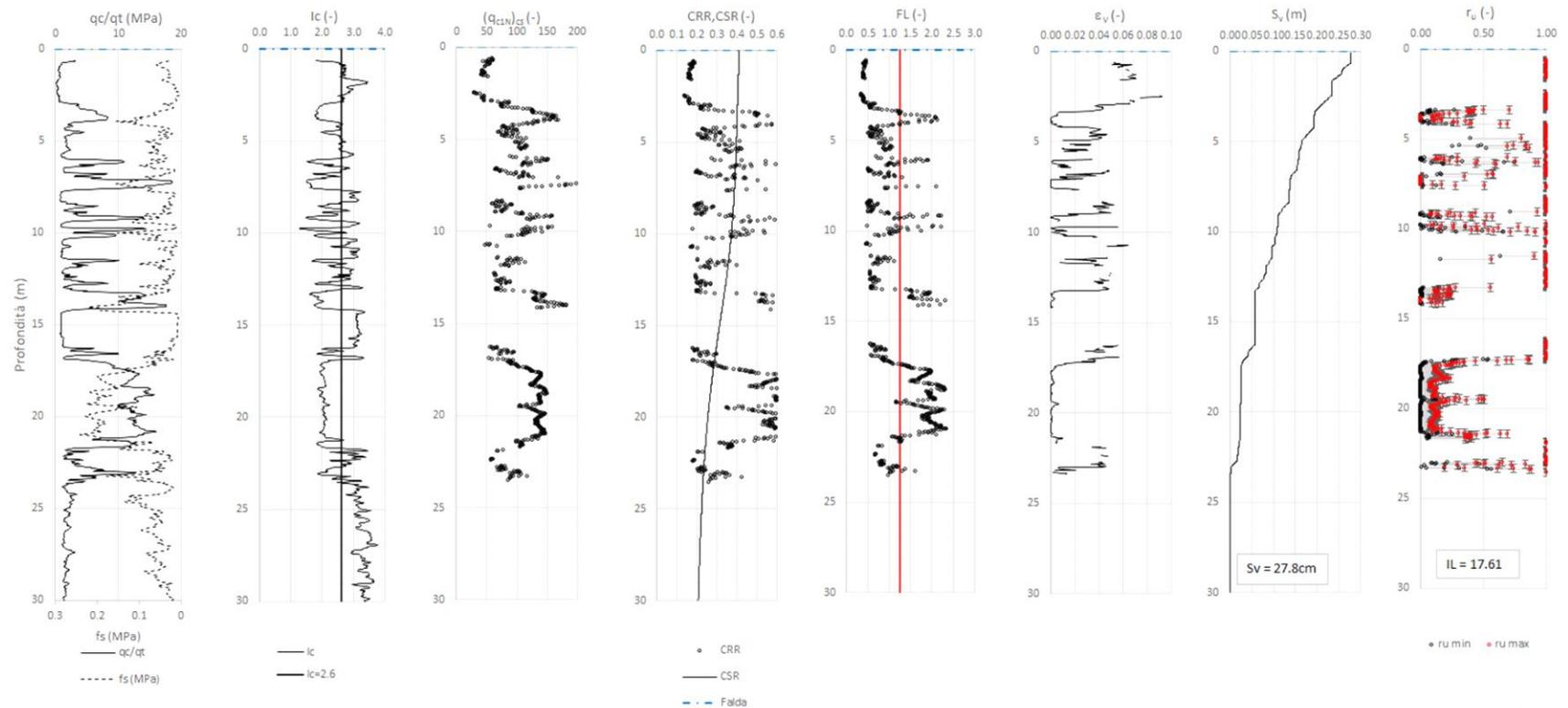


Figura 16 – Verifica Liquefazione da risultati NA2030006

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4400001A	Foglio 33 di 86

6 VERIFICA GEOTECNICA DEL RILEVATO

6.1 Criteri di verifica agli Stati Limite

Per le opere in esame, la normativa vigente richiede l'esecuzione delle seguenti verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese (par. 6.2.3. del Doc. Rif. [14]):

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

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

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 del Doc. Rif. [14]})$$

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. 6.2.3.1 del Doc. Rif. [14]).

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

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [14]})$$

dove:

E_d valore di progetto dell'effetto dell'azione;

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

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

Le verifiche vengono condotte con analisi statiche o pseudostatiche e, in accordo al MDP ITALFERR, il coefficiente di incremento dinamico delle azioni derivanti dal passaggio del treno è assunto pari all'unità.

In base a quanto indicato dalle NTC 2008 le verifiche di sicurezza che devono essere condotte per opere costituite da materiali sciolti sono le seguenti.

6.1.1 Stati limite ultimi (SLU)

Le verifiche di stabilità in campo statico di opere in materiali sciolti, quali rilevati, devono essere eseguite secondo l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2 + M2 + R2, Doc. Rif. [14]), tenendo conto dei coefficienti parziali sotto definiti.

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4400001A	Foglio 34 di 86

essendo R resistenza globale del sistema (vedasi Par. C.6.8.6.2 del Doc. Rif. [15]), 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 deve essere studiata nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive ed al termine della costruzione.

Facendo riferimento a quanto richiesto dalle NTC (Doc. rif. [14]), per le verifiche agli stati limite ultimi si sono adottati i valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle che seguono.

Tabella 6 – Coefficienti parziali sulle azioni

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

dove:

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

Tabella 7 – Coefficienti parziali sui terreni (Tab. 6.2.II, Doc. Rif. [14])

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

Tabella 8 – Coefficienti parziali per verifiche di stabilità globale

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4400001A	Foglio 35 di 86

6.1.2 Stati limite di esercizio (SLE)

Deve essere verificato, mediante analisi effettuate impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici dei materiali (Par. 6.5.3.2 del Doc. Rif. [14]), che gli spostamenti dell'opera in esame e del terreno circostante siano compatibili con la funzionalità della struttura e con la sicurezza e la funzionalità di manufatti adiacenti.

In particolare, successivamente al completamento del ballast, e per la durata della vita utile dell'opera (100 anni) i cedimenti residui devono essere inferiori a 5 cm.

Nel caso di rilevato da realizzarsi in affiancamento ad un rilevato esistente e mantenendo quest'ultimo in esercizio durante i lavori, si richiede che una stima del cedimento delle due rotaie in una stessa sezione verticale del rilevato, valutandone il decorso nel tempo. Inoltre, con riferimento alla tabella che segue, è necessario verificare che gli spostamenti indotti sui binari in esercizio durante la costruzione siano inferiori a 15 mm, ovvero inferiori ai valori limite dei difetti riferiti al secondo livello di qualità (Doc. rif. [19] e [23]). Laddove si superino i limiti riferiti al primo livello di qualità (10 mm, Doc. rif. [23]), è richiesto il monitoraggio del binario durante la costruzione.

Tabella 9 – Valori limite dei difetti in direzione trasversale (in mm)

	V ≤ 160 km/h	160 < V ≤ 300 km/h
1° livello di qualità	$\Delta H \leq 10$ $SCARTXL \leq 6$	$\Delta H \leq 10$ $SCARTXL \leq 4$
2° livello di qualità	$10 < \Delta H \leq 15$ $6 < SCARTXL \leq 10$	$10 < \Delta H \leq 15$ $4 < SCARTXL \leq 8$
3° livello di qualità esecuzione a breve termine anche in relazione ai limiti di sghembo (2)	$15 < \Delta H \leq 20$ (1) $10 < SCARTXL \leq 14$	$15 < \Delta H \leq 20$ (1) $8 < SCARTXL \leq 12$
(1) il valore di ΔH può essere ammesso solo a seguito di una verifica di assenza di problemi di sagoma (gallerie, interasse, posizione linea di contatto ecc.) (2) ATTENZIONE al rispetto delle condizioni di lavorabilità del binario previste dalla Norma sulla l.r.s.		

6.1.3 Verifiche in condizioni sismiche e post sismiche

La stabilità globale in condizioni sismiche e post -sismiche di opere in materiali sciolti, quali rilevati, è stata verificata secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2 + M2 + R2), tenendo conto dei coefficienti parziali richiamati in precedenza e ponendo i coefficienti parziali sulle azioni tutti pari ad uno. Il coefficiente di combinazione ψ per il carico variabile da traffico è stato posto pari a 0.2 (Doc. rif. [19]).

6.2 Azioni di progetto

Le azioni di progetto considerate nella analisi sono state definite coerentemente a quanto prescritto nel MdP (Doc. rif. [18]) e nelle NTC (Doc. rif. [14]) e sono di seguito descritte.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 36 di 86</p>

6.2.1 Azioni permanenti

In funzione della configurazione esaminata e della presenza o meno di elementi strutturali, i carichi permanenti sono stati calcolati assumendo:

Peso massicciata e armamento 18 kN/m³

Peso elementi in cls 25 kN/m³

In particolare, il peso della sovrastruttura ferroviaria è stato applicato sull'impronta del ballast, per un'altezza media fra il piano del ferro e l'estradosso del sub-ballast pari a 0.80 m.

6.2.2 Azioni variabili

Le azioni variabili sono rappresentate dai carichi da traffico ferroviario, qui determinati sulla base dello schema di carico più gravoso tra quelli previsti dalle NTC 2008, dalle Norme Europee e, conseguentemente, dal Manuale di Progettazione di RFI. In particolare, tale carico tiene conto della diffusione a partire dalla traversa e fino al piano di posa del ballast, secondo le prescrizioni di NTC e MdP. Nello specifico, è stato considerato il caso peggiore tra i tre modelli di carico previsti, ossia LM71, SW/0 ed SW/2. Per ogni binario, tale azione risulta essere pari a 61.4 kPa (LM71), da applicarsi su una superficie definita dalla larghezza della traversa e dalla larghezza di diffusione del carico nel ballast (2.8 m² in totale).

6.2.3 Azione sismica

L'azione sismica di progetto è stata definita sulla base della pericolosità sismica di base ed in considerazione di quanto discusso nel capitolo 5. Nelle analisi essa è stata definita adottando un'azione statica equivalente definita dal prodotto tra il peso W del volume di terreno potenzialmente instabile ed i coefficienti sismici orizzontale (k_h) e verticale (k_v):

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

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

dove

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa (v. Tabella 10)

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito (v. capitolo 5.1.6)

g accelerazione di gravità.

Tabella 10 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Doc. rif.[14])

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4400001A	Foglio 37 di 86

6.3 Verifiche e risultati SLU

6.3.1 Premessa

Le verifiche SLU della stabilità globale del rilevato (sia in condizioni statiche che sismiche) sono state condotte tramite il codice di calcolo SLIDE 7.0 (Doc. Rif. [29]). Le combinazioni di carico adottate nelle analisi fanno riferimento rispettivamente ai coefficienti parziali (A2+M2) per le analisi in campo statico e ai coefficienti parziali (M2) per le analisi sismiche. Tali coefficienti sono contenuti nella Tabella 7 della presente relazione.

Come da NTC 2008 (Doc. Rif. [14]), la verifica SLU di stabilità globale è soddisfatta se la relazione:

$$FS \geq R2 = 1.1$$

è verificata sia in condizioni statiche che sismiche.

La verifica è stata condotta con riferimento alla già citata sezione di riferimento A riportata in Figura 1, secondo il metodo di Bishop modificato. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici caratteristici definiti in Tabella 2. Inoltre, per le motivazioni riportate nel capitolo dedicato all'analisi dei risultati delle verifiche a liquefazione, si è considerato tale evento, prendendo in considerazione la possibilità di liquefazione di uno strato posto fra 4 e 6 m di profondità dal p.c.

6.3.2 Verifiche SLU in condizione statiche

Il carico da traffico ferroviario (q) assunto pari a 61.4 kPa (cfr. par. 6.2.2) è stato modellato come un carico distribuito applicato in corrispondenza delle impronte delle traversine ferroviarie. Tale sovraccarico è di tipo variabile/sfavorevole e, pertanto, il coefficiente parziale sulle azioni A2 è pari a 1.3.

Per quanto riguarda la falda, è stata considerata la condizione a lungo termine e quindi è stato preso un livello posizionato a 1.5 m di profondità da piano campagna, come riportato nel paragrafo 4.3. Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici di spessore ridotto e che interessano la sede ferroviaria.

In Figura 17 sono riportate le superfici di rottura critica per la combinazione DA1C2. Il valore minimo di FS è pari a:

$$FS_{\text{MIN}} (DA1C2) = 1.522 > R2 = 1.1$$

la verifica di stabilità globale in campo statico risulta soddisfatta.

6.3.3 Verifiche SLU in condizioni sismiche

Nel caso di analisi di stabilità in condizioni sismiche si sono introdotte le azioni sismiche definite secondo quanto riportato nel paragrafo 6.2.3, verificando l'equilibrio secondo la combinazione mostrata in 6.1.3.

Per quanto riguarda la falda è stato preso un livello posizionato a 1.5 m di profondità da p.c., come riportato nel paragrafo 4.3. Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4400001A	Foglio 38 di 86

di spessore ridotto e che interessano la sede ferroviaria.

In Figura 18 sono riportate le superfici di rottura critiche. Il fattore di sicurezza FS è pari a:

$$FS_{MIN} = 1.140 > R2 = 1.1$$

la verifica di stabilità globale in condizioni sismiche post sisma risulta soddisfatta.

6.3.4 Verifiche SLU in condizione post sismica

Come mostrato nel paragrafo 5.2.3 si è individuato uno strato sabbioso potenzialmente liquefacibile che si estende da 4 m p.c. a 6 m p.c. Per questo motivo è stata eseguita una verifica di stabilità considerando questo strato liquefatto (condizione post-sisma). Per la verifica si è fatto riferimento alla già citata sezione di riferimento riportata in Figura 1.

Nel caso di analisi di stabilità su terreno liquefatto, si è considerata la liquefazione come l'evento terminale, prodotto dall'intero ciclo di carichi dovuto al sisma. Pertanto, a liquefazione avvenuta, il sisma non è più presente e la verifica viene intesa come post-sismica. In sostanza, nelle verifiche post sismiche non è stata applicata l'accelerazione, ma si esamina la stabilità del rilevato a seguito dell'effetto prodotto dall'intero carico ciclico.

La resistenza al taglio degli strati liquefatti è stata posta convenzionalmente pari a $0.1 \sigma'v$ (Rif.Doc. [36]), che è stata modellata nelle analisi con un terreno avente angolo di resistenza al taglio pari a 5.7° (arctg. 0.1).

Per quanto riguarda la falda è stata considerata la profondità coincidente con p.c. 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.

La verifica è stata condotta esaminando la condizione stratigrafica riportata in Tabella 2 considerando uno strato liquefatto fra 4 e 6 m di profondità. Si tenga presente che, a titolo cautelativo, si è considerata la presenza del minimo spessore di materiali coesivo superficiale (e quindi della presenza di uno strato molto prossimo alla superficie di materiale liquefatto), e che tale strato coesivo è stato considerato di uno spessore di 3 m (CPTU74), pari al minimo registrato nell'area, pur avendo evidenza che la situazione media prevede condizioni di materiale a gran prevalentemente fine, non liquefacibili, fino a 5 m di profondità.

In Figura 19 sono riportate le superfici di rottura critiche. Il fattore di sicurezza FS è pari a:

$$FS_{MIN} = 1.277 > R2 = 1.1$$

Come si nota, il fattore ottenuto è di gran lunga superiore a quanto richiesto dalla Normativa, e la verifica di stabilità globale post liquefazione risulta quindi soddisfatta anche in condizioni di liquefazione di strati sabbiosi.

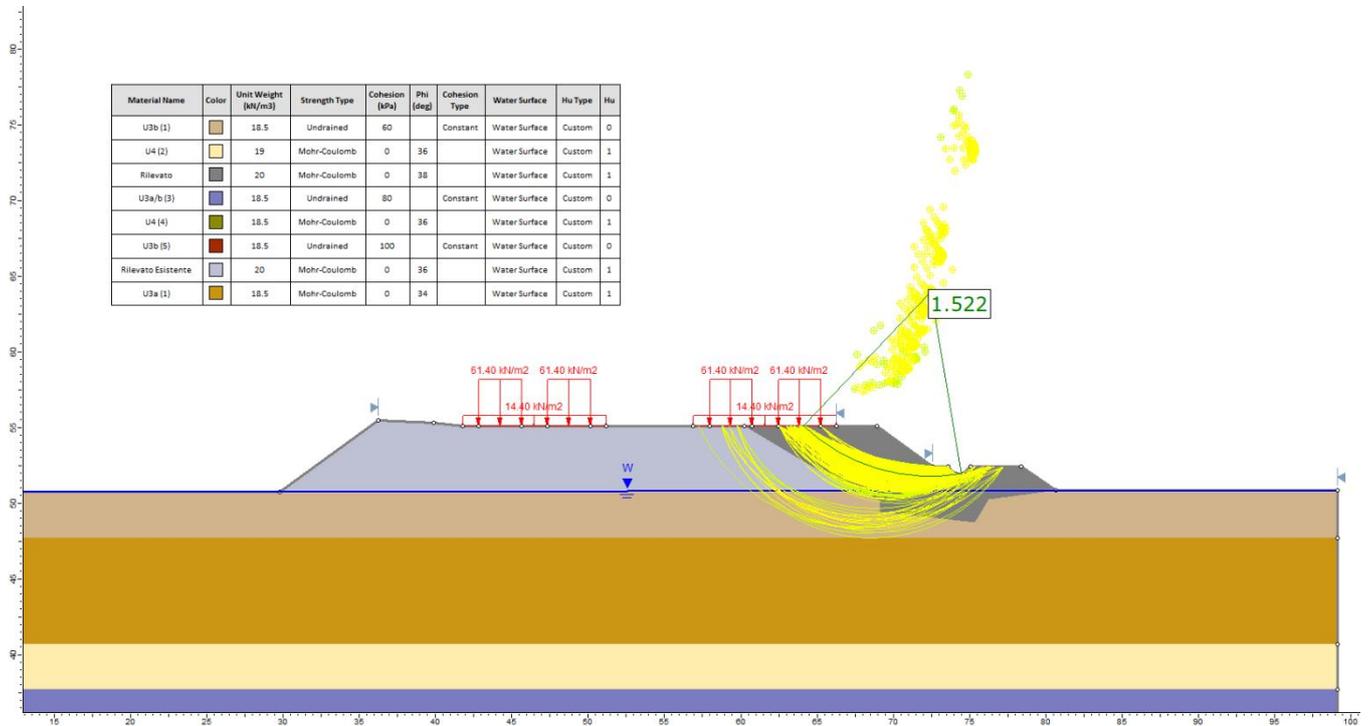


Figura 17 – Sezione A - Analisi SLU in campo statico DA1C2

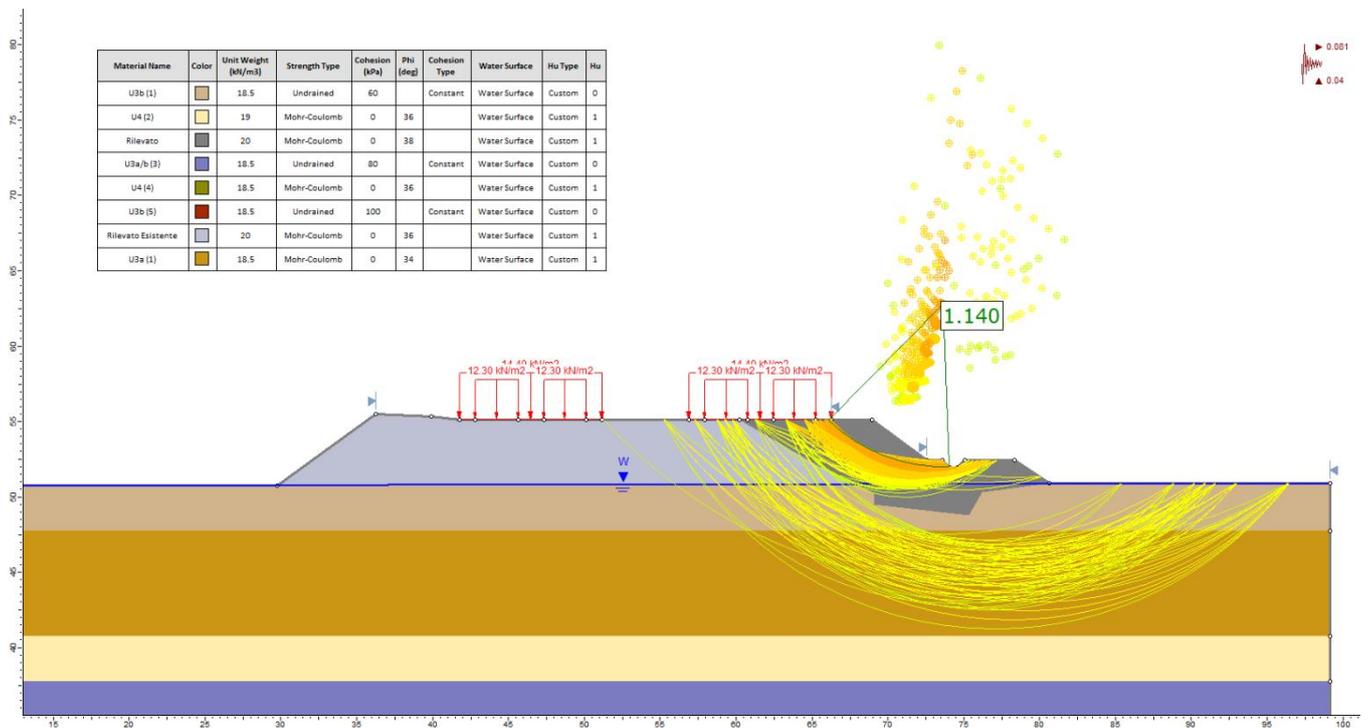


Figura 18 – Sezione A - Analisi SLU in condizione sismica

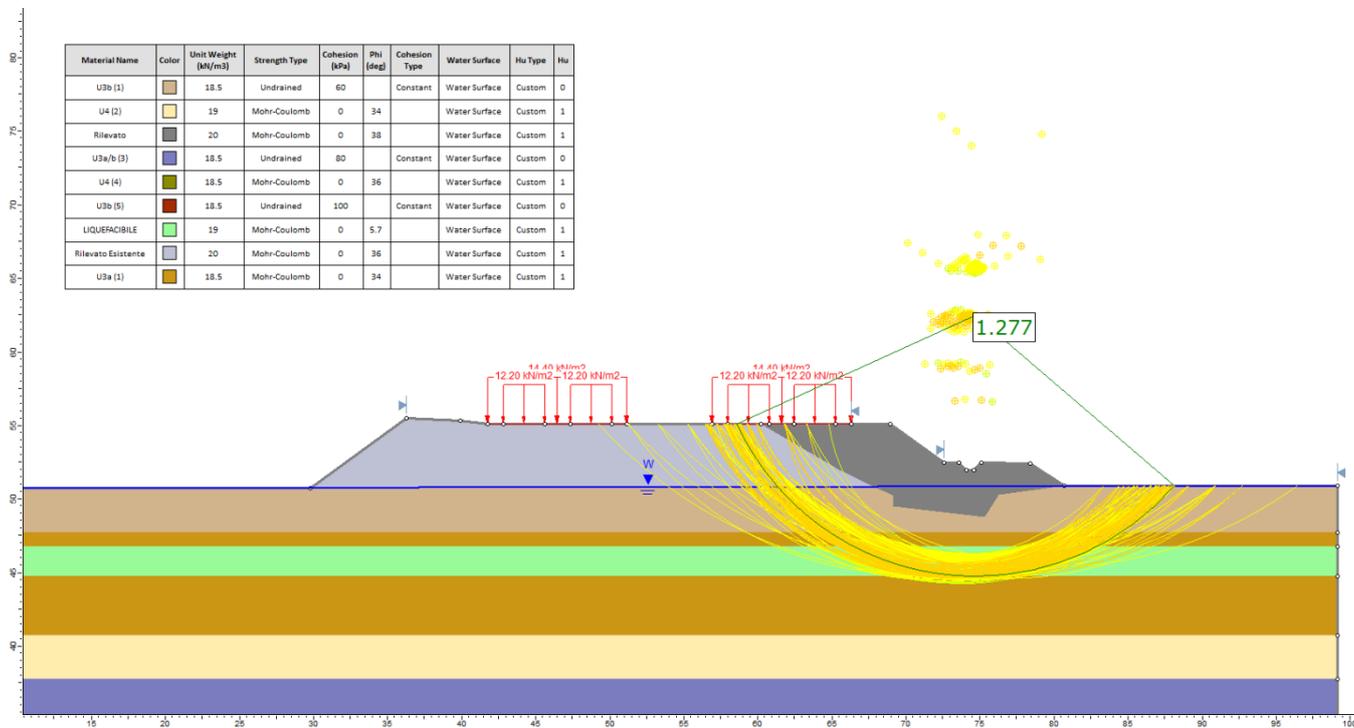


Figura 19 – Sezione A - Analisi SLU in condizione post sismica

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 41 di 86</p>

6.4 Verifica e risultati SLE

6.4.1 Metodologia di calcolo

La determinazione del campo di spostamenti è stata svolta mediante l'utilizzo del codice di calcolo SETTLE 3D (Doc. Rif. [30]) che permette di valutare l'andamento dei cedimenti nel tempo sotto diverse ipotesi di carico. Il programma discretizza l'area analizzata in un numero finito di aree di carico e valuta gli incrementi di tensione indotti da ogni singola area di carico componendo poi gli effetti. A partire dagli incrementi tensionali vengono poi calcolati i cedimenti.

La valutazione dell'incremento dello stato tensionale indotto nel terreno dai carichi applicati viene condotta all'interno del codice di calcolo con riferimento a soluzioni basate sulle seguenti ipotesi semplificative:

- il terreno è schematizzato come un semispazio elastico lineare, omogeneo ed isotropo (modello di Boussinesq);
- l'area di carico è posta sulla superficie del semispazio ed è ipotizzata avere rigidità nulla.

Per una generica condizione di carico viene quindi eseguita una discretizzazione in un numero finito di aree di carico sulle quali è applicata una pressione uniforme o variabile linearmente.

Per ogni direttrice di calcolo del cedimento vengono valutati gli incrementi di tensione indotti da ogni singola area di carico componendo poi gli effetti.

Il calcolo dell'incremento delle tensioni normali indotte da un'area di carico nastriforme, soggetta a un carico uniformemente distribuito (parte centrale del rilevato), viene eseguita sulla base delle formule di Jumikis (1971).

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi} \left[\tan^{-1}\left(\frac{x+B}{z}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x-B}{z}\right) - \frac{z \cdot (x-B)}{(x-B)^2 + z^2} + \frac{z \cdot (x+B)}{(x+B)^2 + z^2} \right]$$

$$\Delta\sigma_x = \frac{q}{\pi} \left[\tan^{-1}\left(\frac{x+B}{z}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x-B}{z}\right) + \frac{z \cdot (x-B)}{(x-B)^2 + z^2} - \frac{z \cdot (x+B)}{(x+B)^2 + z^2} \right]$$

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

dove:

$\Delta\sigma_z$, $\Delta\sigma_x$, $\Delta\sigma_y$ = incremento delle tensioni normali verticali e orizzontali

q = carico applicato

u = coefficiente di Poisson

B = semi-larghezza dell'area di carico in direzione x

x, y, z = coordinate geometriche di riferimento come indicato nella figura seguente.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 42 di 86</p>

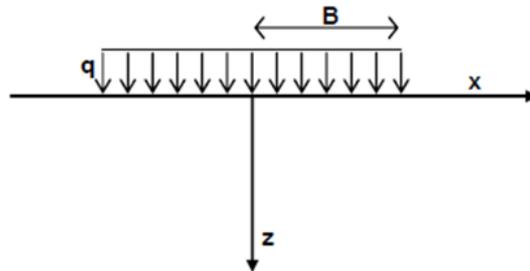


Figura 20 – Modello di calcolo Settle 3D – carico uniforme

Nel caso di un'area di carico nastriforme soggetta a un carico linearmente crescente (bordo del rilevato), le formule di Jumikis da applicare sono le seguenti:

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi \cdot A} \cdot \left[(x - A) \cdot \left(\tan^{-1}\left(\frac{x - A}{z}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x}{z}\right) \right) + \frac{A \cdot z \cdot x}{x^2 + z^2} \right]$$

$$\Delta\sigma_x = \frac{q}{\pi \cdot A} \cdot \left[(x - A) \cdot \left(\tan^{-1}\left(\frac{x - A}{z}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{x}{z}\right) \right) + z \cdot \ln\left(\frac{x^2 + z^2}{(x - A)^2 + z^2}\right) - \frac{A \cdot z \cdot x}{x^2 + z^2} \right]$$

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

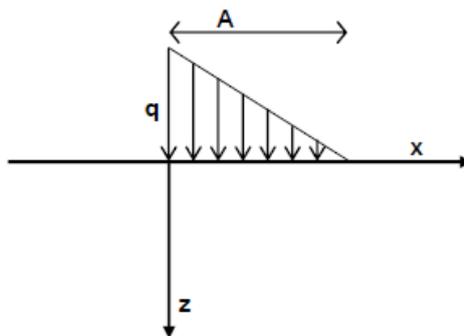


Figura 21 - Modello di calcolo Settle 3D – carico linearmente crescente

Il calcolo della deformazione verticale per ogni singolo sublayer viene valutato sulla base dell'incremento di sforzo verticale, utilizzando la seguente espressione:

$$\varepsilon_z = \frac{\Delta\sigma_z}{E}$$

Il cedimento verticale totale viene quindi calcolato come sommatoria dei cedimenti dei diversi strati.

Il calcolo dei cedimenti indotti dalla realizzazione del rilevato ferroviario è stato svolto modellando la successione

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 43 di 86</p>

stratigrafica in sito tenendo conto delle diverse caratteristiche di deformabilità degli strati, in accordo alla stratigrafia di progetto riportata in Tabella 2. Si sono assunti i valori caratteristici sia sulle azioni che sui materiali.

Nell'ambito delle verifiche agli Stati Limite d'Esercizio, dev'essere verificata la seguente disequaglianza:

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [14]})$$

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 sopra, le verifiche geotecniche sono pertanto volte ad identificare un campo di spostamenti/cedimenti.

6.4.2 Schematizzazione e risultati

La verifica è stata condotta con riferimento alla già citata sezione di riferimento A riportata in Figura 1. Il modello di calcolo implementato per il rilevato tipologico con altezza pari a 4.2 m, è riportato in Figura 22. La larghezza del rilevato esistente è pari a 30 m, quella del rilevato in affiancamento è di 10 m. Nel calcolo sono stati utilizzati i parametri geotecnici definiti in Tabella 2.

Il carico dato dal completamento della linea ferroviaria, assunto pari a 14.4 kPa, è stato modellato come un carico distribuito applicato in corrispondenza dell'impronta della massicciata ferroviaria.

La storia di carico riprodotta nell'analisi è la seguente:

- Rilevato esistente (linea storica), vedi Figura 22 a)
- Affiancamento e completamento rilevato nuova linea, vedi Figura 22 b)

I cedimenti sono stati calcolati al centro del nuovo rilevato, ed in corrispondenza dei due binari della linea storica adiacente, in modo da determinarne il cedimento differenziale dovuto alla costruzione del nuovo rilevato.

I valori calcolati sono riportati nella Figura 23, dove sono anche indicate le posizioni delle rotaie della linea storica e l'asse dei binari della linea AV.

Risulta quanto segue:

- Il cedimento differenziale per ciascuna delle rotaie esistenti risulta abbondantemente inferiore del limite definito.
- Considerata la natura granulare dei terreni, e i limitati spessori di terreni argillosi, che comunque verranno ricompresi nel ramo di ricarico, i cedimenti riportati in Figura 23 si esauriranno praticamente all'atto della applicazione dei rispettivi carichi, e quindi non risultano essere necessarie analisi di consolidazione. Inoltre, considerata la natura dei terreni, i cedimenti secondari sono trascurabili.

I cedimenti di lungo termine, e più in particolare quelli a far data dal termine dell'applicazione del carico del ballast e fino alla fine di vita utile dell'opera, sono da considerarsi trascurabili.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 44 di 86</p>

La verifica SLE è quindi da considerarsi soddisfatta.

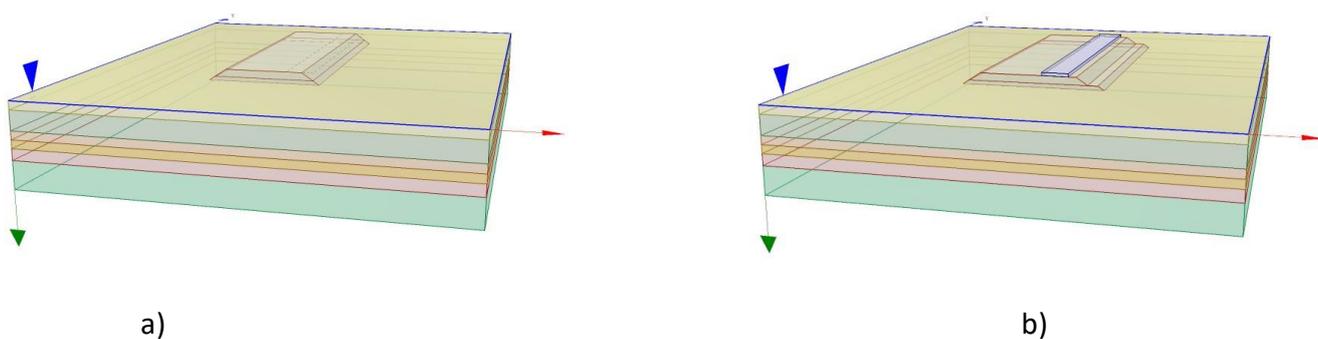


Figura 22 - Rilevato RI40 - Analisi SLE – Modello di calcolo

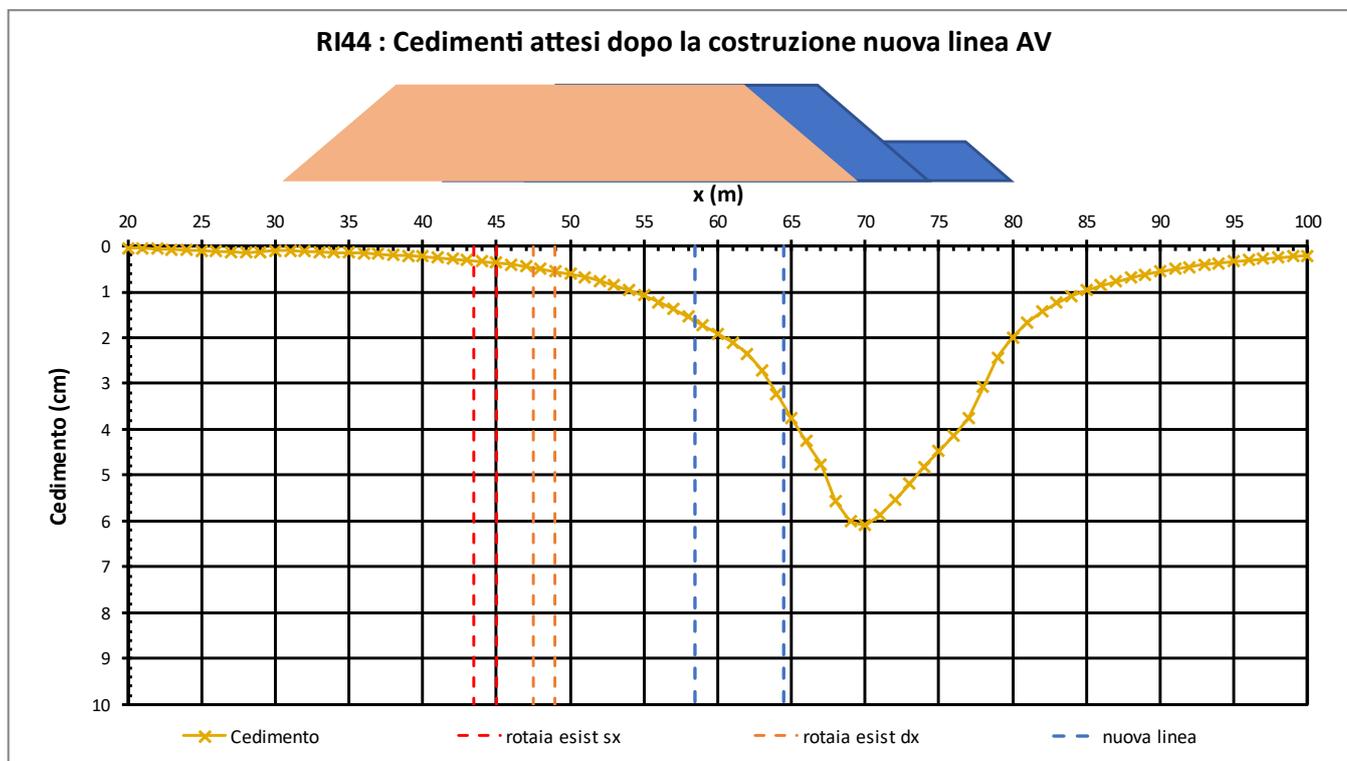


Figura 23 - Rilevato RI40 - Analisi SLE – Cedimenti

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 45 di 86</p>

7 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

In conclusione, il rilevato oggetto di questa analisi risulta stabile e i cedimenti attesi sono limitati.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 46 di 86</p>

ALLEGATI

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 47 di 86</p>

ALLEGATO 1- TABULATI DI SLIDE- ANALISI SLU STATICA

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4400001A	Foglio 48 di 86

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: Ri44_stat_01.slim
Slide Modeler Version: 7.038
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 08/03/2021, 16:12:54

General Settings

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

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: Stabilità Globale_A2+M2+R2

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
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified
Janbu simplified

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

Groundwater Analysis

GENERAL CONTRACTOR



Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

ALTA SORVEGLIANZA



Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI4400001A	49 di 86



Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m³]: 9.81
Use negative pore pressure cutoff: Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]: 0
Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Auto Refine Search
Divisions along slope: 10
Circles per division: 10
Number of iterations: 10
Divisions to use in next iteration: 50%
Composite Surfaces: Disabled
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth [m]: 2
Minimum Area: Not Defined
Minimum Weight: Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Loading

6 Distributed Loads present

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4400001A	Foglio 50 di 86

Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 14.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable

Distributed Load 2

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 14.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable

Distributed Load 3

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 61.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable

Distributed Load 4

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 61.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable

Distributed Load 5

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 61.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable

Distributed Load 6

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 61.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable

Material Properties

Property	U3b (1)	U4 (2)	Rilevato	U3a/b (3)	U4 (4)	U3b (5)	Rilevato Esistente	U3a (1)
Color								
Strength Type	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	18.5	19	20	18.5	18.5	18.5	20	18.5
Cohesion [kPa]		0	0		0		0	0
Friction Angle [deg]		36	38		36		36	34
Cohesion Type	60			80		100		
Water Surface	Water Table							
Hu Value	0	1	1	0	1	0	1	1

Global Minimums
Method: bishop simplified

FS	1.521940
Center:	72.441, 63.953
Radius:	12.163
Left Slip Surface Endpoint:	64.100, 55.101
Right Slip Surface Endpoint:	74.483, 51.962
Resisting Moment:	3198.23 kN-m
Driving Moment:	2101.42 kN-m
Total Slice Area:	15.4818 m2
Surface Horizontal Width:	10.3832 m
Surface Average Height:	1.49104 m

Method: janbu simplified

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI4400001A

Foglio
51 di 86



FS	1.399060
Center:	69.229, 56.001
Radius:	6.755
Left Slip Surface Endpoint:	62.534, 55.101
Right Slip Surface Endpoint:	74.799, 52.179
Resisting Horizontal Force:	511.692 kN
Driving Horizontal Force:	365.741 kN
Total Slice Area:	46.3797 m2
Surface Horizontal Width:	12.2649 m
Surface Average Height:	3.78149 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 2045
Number of Invalid Surfaces: 0

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 1994
Number of Invalid Surfaces: 51

Error Codes:

Error Code -108 reported for 2 surfaces
Error Code -112 reported for 49 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- 112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)(1 + \tan(\alpha)\tan(\phi))/F < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.52194

Empty table content



Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI4400001A

52 di 86

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 11



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 11

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.207664	0.39702	-42.6338	Rilevato	0	32.0066	29.9413	45.5689	72.9068	0	72.9068	100.472	100.472
2	0.207664	1.17313	-41.3177	Rilevato	0	32.0066	31.4446	47.8568	76.5674	0	76.5674	104.209	104.209
3	0.207664	1.91444	-40.0277	Rilevato	0	32.0066	32.9105	50.0878	80.1367	0	80.1367	107.779	107.779
4	0.207664	2.62291	-38.7617	Rilevato	0	32.0066	34.3402	52.2637	83.618	0	83.618	111.19	111.19
5	0.207664	3.30028	-37.5177	Rilevato	0	32.0066	35.735	54.3865	87.0145	0	87.0145	114.452	114.452
6	0.207664	3.94811	-36.2942	Rilevato	0	32.0066	24.5449	37.3558	59.7663	0	59.7663	77.7925	77.7925
7	0.207664	4.56779	-35.0896	Rilevato	0	32.0066	12.9792	19.7536	31.6043	0	31.6043	40.7227	40.7227
8	0.207664	5.16057	-33.9025	Rilevato	0	32.0066	14.0255	21.3459	34.1518	0	34.1518	43.5774	43.5774
9	0.207664	5.72758	-32.7317	Rilevato	0	32.0066	15.046	22.8991	36.6368	0	36.6368	46.308	46.308
10	0.207664	6.26983	-31.5762	Rilevato	0	32.0066	16.0411	24.4136	39.0599	0	39.0599	48.9193	48.9193
11	0.207664	6.78824	-30.4348	Rilevato	0	32.0066	14.2728	21.7223	34.7542	0	34.7542	43.1396	43.1396
12	0.207664	7.28367	-29.3066	Rilevato	0	32.0066	11.7074	17.8179	28.5074	0	28.5074	35.079	35.079
13	0.207664	7.75688	-28.1907	Rilevato	0	32.0066	12.5743	19.1373	30.6182	0	30.6182	37.3579	37.3579
14	0.207664	8.20858	-27.0864	Rilevato	0	32.0066	13.4173	20.4204	32.6711	0	32.6711	39.5331	39.5331
15	0.207664	8.63939	-25.9928	Rilevato	0	32.0066	14.2367	21.6674	34.6662	0	34.6662	41.6077	41.6077
16	0.207664	9.04992	-24.9094	Rilevato	0	32.0066	15.0324	22.8784	36.6038	0	36.6038	43.5846	43.5846
17	0.207664	9.4407	-23.8354	Rilevato	0	32.0066	15.8046	24.0537	38.4841	0	38.4841	45.4664	45.4664
18	0.207664	9.81224	-22.7702	Rilevato	0	32.0066	16.5533	25.1932	40.3073	0	40.3073	47.2555	47.2555
19	0.207664	10.165	-21.7133	Rilevato	0	32.0066	17.2787	26.2971	42.0734	0	42.0734	48.9541	48.9541
20	0.207664	10.4994	-20.664	Rilevato	0	32.0066	17.9807	27.3655	43.7827	0	43.7827	50.5642	50.5642
21	0.207664	10.8157	-19.622	Rilevato	0	32.0066	18.6593	28.3983	45.4353	0	45.4353	52.0877	52.0877
22	0.207664	11.1145	-18.5867	Rilevato	0	32.0066	19.3147	29.3958	47.031	0	47.031	53.5261	53.5261
23	0.207664	11.396	-17.5576	Rilevato	0	32.0066	19.9468	30.3578	48.57	0	48.57	54.8813	54.8813
24	0.207664	11.5241	-16.5344	Rilevato	0	32.0066	20.3152	30.9185	49.4673	0	49.4673	55.4982	55.4982
25	0.207664	11.1821	-15.5166	Rilevato	0	32.0066	19.8519	30.2134	48.339	0	48.339	53.8506	53.8506
26	0.207664	10.7874	-14.5037	Rilevato	0	32.0066	19.2858	29.3518	46.9608	0	46.9608	51.9498	51.9498
27	0.207664	10.3764	-13.4955	Rilevato	0	32.0066	18.6807	28.4309	45.4873	0	45.4873	49.9706	49.9706
28	0.207664	9.9495	-12.4915	Rilevato	0	32.0066	18.0365	27.4504	43.9185	0	43.9185	47.9143	47.9143
29	0.207664	9.50673	-11.4914	Rilevato	0	32.0066	17.3529	26.41	42.2541	0	42.2541	45.7819	45.7819
30	0.207664	9.04831	-10.4949	Rilevato	0	32.0066	16.6298	25.3095	40.4934	0	40.4934	43.574	43.574
31	0.207664	8.57439	-9.50149	Rilevato	0	32.0066	15.867	24.1486	38.6359	0	38.6359	41.2916	41.2916
32	0.207664	8.08513	-8.51101	Rilevato	0	32.0066	15.0641	22.9266	36.681	0	36.681	38.9353	38.9353
33	0.207664	7.58063	-7.52308	Rilevato	0	32.0066	14.2208	21.6432	34.6276	0	34.6276	36.5056	36.5056
34	0.207664	7.06103	-6.53739	Rilevato	0	32.0066	13.3367	20.2977	32.4749	0	32.4749	34.0032	34.0032
35	0.207664	6.5264	-5.55365	Rilevato	0	32.0066	12.4114	18.8894	30.2217	0	30.2217	31.4285	31.4285
36	0.207664	5.97683	-4.57154	Rilevato	0	32.0066	11.4443	17.4176	27.8668	0	27.8668	28.7819	28.7819
37	0.207664	5.4124	-3.59078	Rilevato	0	32.0066	10.4349	15.8813	25.4088	0	25.4088	26.0637	26.0637
38	0.207664	4.83315	-2.61108	Rilevato	0	32.0066	9.3825	14.2796	22.8463	0	22.8463	23.2742	23.2742
39	0.207664	4.23913	-1.63213	Rilevato	0	32.0066	8.28646	12.6115	20.1774	0	20.1774	20.4135	20.4135
40	0.207664	3.63035	-0.653666	Rilevato	0	32.0066	7.14595	10.8757	17.4004	0	17.4004	17.4819	17.4819
41	0.207664	3.01436	0.32461	Rilevato	0	32.0066	5.97511	9.09376	14.5493	0	14.5493	14.5155	14.5155
42	0.207664	2.77854	1.30298	Rilevato	0	32.0066	5.54664	8.44166	13.506	0	13.506	13.3799	13.3799
43	0.207664	2.75155	2.28173	Rilevato	0	32.0066	5.53195	8.41929	13.4702	0	13.4702	13.2498	13.2498
44	0.207664	2.7098	3.26115	Rilevato	0	32.0066	5.48723	8.35123	13.3614	0	13.3614	13.0487	13.0487
45	0.207664	2.65324	4.24152	Rilevato	0	32.0066	5.41178	8.23641	13.1777	0	13.1777	12.7763	12.7763
46	0.207664	2.53194	5.22314	Rilevato	0	32.0066	5.20255	7.91767	12.6677	0	12.6677	12.1921	12.1921
47	0.207664	1.7709	6.2063	Rilevato	0	32.0066	3.66574	5.57904	8.92605	0	8.92605	8.52741	8.52741
48	0.207664	0.807104	7.1913	Rilevato	0	32.0066	1.68329	2.56187	4.09881	0	4.09881	3.88642	3.88642
49	0.207664	0.203147	8.17844	Rilevato	0	32.0066	0.426924	0.649753	1.03956	0	1.03956	0.9782	0.9782
50	0.207664	0.0695996	9.16803	Rilevato	0	32.0066	0.147403	0.224339	0.358927	0	0.358927	0.335137	0.335137

Global Minimum Query (Janbu simplified) - Safety Factor: 1.39906





Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI4400001A

53 di 86

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 6 of 11



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 6 of 11

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.212361	2.1222	-78.003	Rilevato	0	32.0066	15.6466	21.8906	35.0232	0	35.0232	108.654	108.654
2	0.212361	5.54757	-70.9112	Rilevato	0	32.0066	24.3325	34.0426	54.4655	0	54.4655	124.778	124.778
3	0.270137	10.3086	-65.4029	Rilevato Esistente	0	30.1666	29.7955	41.6857	71.7193	0	71.7193	136.807	136.807
4	0.270137	13.1839	-60.3342	Rilevato Esistente	0	30.1666	35.421	49.5561	85.2601	0	85.2601	147.446	147.446
5	0.270137	15.5458	-55.9713	Rilevato Esistente	0	30.1666	40.1709	56.2015	96.6934	0	96.6934	156.185	156.185
6	0.270137	17.5625	-52.06	Rilevato Esistente	0	30.1666	44.3514	62.0503	106.756	0	106.756	163.646	163.646
7	0.270137	19.3225	-48.4683	Rilevato Esistente	0	30.1666	48.1202	67.323	115.828	0	115.828	170.157	170.157
8	0.270137	20.8791	-45.1165	Rilevato Esistente	0	30.1666	51.571	72.1509	124.134	0	124.134	175.915	175.915
9	0.270137	22.2677	-41.9522	Rilevato Esistente	0	30.1666	54.7654	76.6201	131.823	0	131.823	181.052	181.052
10	0.0109465	0.92986	-40.3507	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	157.503	0	157.503	183.528	183.528
11	0.251072	21.8197	-38.9211	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	160.751	0	160.751	185.487	185.487
12	0.251072	22.7175	-36.2322	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	128.406	0	128.406	150.852	150.852
13	0.251072	23.5324	-33.6331	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	92.1032	0	92.1032	112.481	112.481
14	0.251072	24.2719	-31.1105	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	96.9368	0	96.9368	115.423	115.423
15	0.251072	24.9421	-28.6533	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	101.351	0	101.351	118.09	118.09
16	0.251072	25.548	-26.2525	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	99.8402	0	99.8402	114.948	114.948
17	0.251072	26.0937	-23.9005	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	90.3765	0	90.3765	103.951	103.951
18	0.251072	26.5826	-21.5906	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	93.7738	0	93.7738	105.896	105.896
19	0.251072	27.0174	-19.317	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	96.8884	0	96.8884	107.626	107.626
20	0.251072	27.4006	-17.0747	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	99.7409	0	99.7409	109.15	109.15
21	0.251072	27.7341	-14.8591	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	102.349	0	102.349	110.476	110.476
22	0.251072	28.02	-12.6661	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	104.728	0	104.728	111.613	111.613
23	0.251072	28.2874	-10.4917	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	107.003	0	107.003	112.676	112.676
24	0.251072	28.5262	-8.33262	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	109.139	0	109.139	113.625	113.625
25	0.251072	28.7203	-6.18536	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	111.076	0	111.076	114.396	114.396
26	0.251072	28.8702	-4.04681	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	112.824	0	112.824	114.991	114.991
27	0.251072	28.7362	-1.91389	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	113.432	0	113.432	114.456	114.456
28	0.251072	28.1703	0.216366	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	112.316	0	112.316	112.2	112.2
29	0.251072	27.2558	2.34692	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	109.811	0	109.811	108.556	108.556
30	0.251072	26.2822	4.48074	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	107.077	0	107.077	104.676	104.676
31	0.251072	25.2649	6.62081	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	104.178	0	104.178	100.622	100.622
32	0.251072	24.2032	8.77022	U3b (1)	42.8571	0	30.6328	42.8571	101.118	0	101.118	96.392	96.392
33	0.248467	22.8486	10.9209	Rilevato	0	32.0066	37.8137	52.9037	99.2427	14.6006	84.6421	91.9466	77.346
34	0.248467	21.69	13.0759	Rilevato	0	32.0066	36.4857	51.0457	95.756	14.0865	81.6695	87.2817	73.1952
35	0.248467	20.4822	15.25	Rilevato	0	32.0066	35.0721	49.068	91.9805	13.4752	78.5053	82.4187	68.9435
36	0.248467	19.2237	17.4468	Rilevato	0	32.0066	33.5677	46.9632	87.9019	12.764	75.1379	77.3523	64.5883
37	0.248467	17.9128	19.6705	Rilevato	0	32.0066	31.966	44.7224	83.5019	11.9494	71.5525	72.0749	60.1255
38	0.248467	16.5475	21.9256	Rilevato	0	32.0066	30.2588	42.3339	78.7584	11.0272	67.7312	66.5787	55.5515
39	0.248467	15.1252	24.217	Rilevato	0	32.0066	28.4359	39.7835	73.6432	9.99256	63.6507	60.8535	50.8609
40	0.248467	13.643	26.5505	Rilevato	0	32.0066	26.4837	37.0523	68.1206	8.83949	59.2811	54.8871	46.0477
41	0.248467	12.1077	28.9326	Rilevato	0	32.0066	24.4105	34.1517	62.201	7.56089	54.6401	48.7076	41.1467
42	0.248467	11.0693	31.3709	Rilevato	0	32.0066	23.5642	32.9677	58.894	6.1482	52.7458	44.5268	38.3786
43	0.248467	10.2784	33.8744	Rilevato	0	32.0066	23.4518	32.8105	57.0856	4.59104	52.4945	41.3418	36.7508
44	0.248467	9.40792	36.4538	Rilevato	0	32.0066	23.3111	32.6136	55.056	2.87665	52.1794	37.8358	34.9592
45	0.248467	8.43935	39.1223	Rilevato	0	32.0066	23.1188	32.3446	52.7381	0.989192	51.7489	33.935	32.9458
46	0.236927	6.3619	41.8293	Rilevato	0	32.0066	19.9666	27.9345	44.693	0	44.693	26.8224	26.8224
47	0.236927	4.18382	44.5889	Rilevato	0	32.0066	14.0791	19.6975	31.5146	0	31.5146	17.6361	17.6361
48	0.236927	2.48542	47.487	Rilevato	0	32.0066	9.12699	12.7692	20.4298	0	20.4298	10.474	10.474
49	0.236927	1.19078	50.5558	Rilevato	0	32.0066	4.90397	6.86095	10.977	0	10.977	5.01623	5.01623
50	0.236927	0.21079	53.8406	Rilevato	0	32.0066	1.01997	1.427	2.28309	0	2.28309	0.887405	0.887405

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.52194

--

Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI4400001A

54 di 86

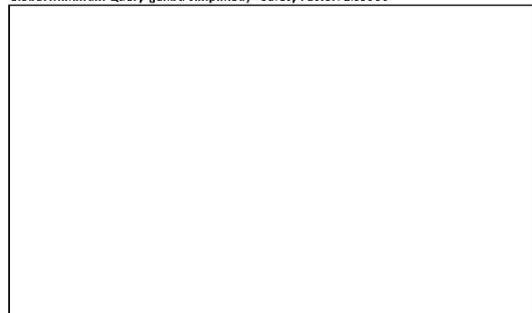
SLIDE 2017.03E



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 7 of 11

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	64.1	55.1006	0	0	0
2	64.3076	54.9094	7.72536	0	0
3	64.5153	54.7269	15.1777	0	0
4	64.723	54.5524	22.3259	0	0
5	64.9306	54.3857	29.1422	0	0
6	65.1383	54.2262	35.601	0	0
7	65.3459	54.0737	39.6228	0	0
8	65.5536	53.9278	41.5402	0	0
9	65.7613	53.7883	43.3959	0	0
10	65.9689	53.6548	45.164	0	0
11	66.1766	53.5272	46.8208	0	0
12	66.3843	53.4052	48.0992	0	0
13	66.5919	53.2886	48.9927	0	0
14	66.7996	53.1773	49.7914	0	0
15	67.0073	53.0711	50.4769	0	0
16	67.2149	52.9698	51.0327	0	0
17	67.4226	52.8734	51.4432	0	0
18	67.6303	52.7817	51.6942	0	0
19	67.8379	52.6945	51.7726	0	0
20	68.0456	52.6118	51.6664	0	0
21	68.2532	52.5335	51.3642	0	0
22	68.4609	52.4594	50.856	0	0
23	68.6686	52.3896	50.1323	0	0
24	68.8762	52.3239	49.1844	0	0
25	69.0839	52.2622	48.0184	0	0
26	69.2916	52.2046	46.6858	0	0
27	69.4992	52.1509	45.2065	0	0
28	69.7069	52.101	43.5971	0	0
29	69.9146	52.055	41.8748	0	0
30	70.1222	52.0128	40.0577	0	0
31	70.3299	51.9743	38.1645	0	0
32	70.5376	51.9396	36.2148	0	0
33	70.7452	51.9085	34.2287	0	0
34	70.9529	51.8811	32.2273	0	0
35	71.1605	51.8573	30.2326	0	0
36	71.3682	51.8371	28.2673	0	0
37	71.5759	51.8205	26.3552	0	0
38	71.7835	51.8075	24.5209	0	0
39	71.9912	51.798	22.7903	0	0
40	72.1989	51.7921	21.1901	0	0
41	72.4065	51.7897	19.7485	0	0
42	72.6142	51.7909	18.4914	0	0
43	72.8219	51.7956	17.2766	0	0
44	73.0295	51.8039	16.0172	0	0
45	73.2372	51.8157	14.7205	0	0
46	73.4449	51.8311	13.3945	0	0
47	73.6525	51.8501	12.0745	0	0
48	73.8602	51.8727	11.1122	0	0
49	74.0679	51.8989	10.6555	0	0
50	74.2755	51.9287	10.5359	0	0
51	74.4832	51.9622	0	0	0

Global Minimum Query (Janbu simplified) - Safety Factor: 1.39906



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 8 of 11



Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	62.5339	55.1006	0	0	0
2	62.7462	54.1013	31.6827	0	0
3	62.9586	53.4876	59.9467	0	0
4	63.2287	52.8975	94.2332	0	0
5	63.4989	52.4232	125.116	0	0
6	63.769	52.0232	152.965	0	0
7	64.0391	51.6767	177.995	0	0
8	64.3093	51.3717	200.344	0	0
9	64.5794	51.1004	220.106	0	0
10	64.8496	50.8576	237.345	0	0
11	64.8605	50.8483	238.475	0	0
12	65.1116	50.6456	263.388	0	0
13	65.3626	50.4616	279.333	0	0
14	65.6137	50.2946	287.037	0	0
15	65.8648	50.1431	294.046	0	0
16	66.1159	50.0059	300.273	0	0
17	66.3669	49.882	304.957	0	0
18	66.618	49.7708	307.334	0	0
19	66.8691	49.6714	308.973	0	0
20	67.1202	49.5834	309.821	0	0
21	67.3712	49.5063	309.835	0	0
22	67.6223	49.4397	308.974	0	0
23	67.8734	49.3833	307.205	0	0
24	68.1244	49.3368	304.502	0	0
25	68.3755	49.3	300.837	0	0
26	68.6266	49.2728	296.18	0	0
27	68.8777	49.255	290.506	0	0
28	69.1287	49.2466	283.779	0	0
29	69.3798	49.2476	275.994	0	0
30	69.6309	49.2579	267.186	0	0
31	69.8819	49.2775	257.401	0	0
32	70.133	49.3067	246.686	0	0
33	70.3841	49.3454	235.091	0	0
34	70.6325	49.3934	220.953	0	0
35	70.881	49.4511	206.376	0	0
36	71.1295	49.5188	191.446	0	0
37	71.3779	49.5969	176.255	0	0
38	71.6264	49.6857	160.908	0	0
39	71.8749	49.7857	145.526	0	0
40	72.1233	49.8975	130.242	0	0
41	72.3718	50.0216	115.215	0	0
42	72.6203	50.159	100.617	0	0
43	72.8687	50.3105	85.8492	0	0
44	73.1172	50.4773	70.5098	0	0
45	73.3657	50.6608	54.6219	0	0
46	73.6141	50.8629	38.2295	0	0
47	73.8511	51.075	24.0292	0	0
48	74.088	51.3085	13.3387	0	0
49	74.3249	51.5669	5.89985	0	0
50	74.5619	51.8549	1.57864	0	0
51	74.7988	52.1791	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
6.01875	50.7503
99.1275	50.9054

Distributed Load

--

X	Y
51.1694	55.1006
50.1194	55.1006
47.3194	55.1006
45.6194	55.1006
42.8194	55.1006
41.7694	55.1006

Distributed Load

X	Y
66.2925	55.1006
65.2425	55.1006
62.4425	55.1006
60.7425	55.1006
60.2199	55.1006
57.9425	55.1006
56.8925	55.1006

Distributed Load

X	Y
45.6194	55.1006
42.8194	55.1006

Distributed Load

X	Y
50.1194	55.1006
47.3194	55.1006

Distributed Load

X	Y
60.7425	55.1006
60.2199	55.1006
57.9425	55.1006

Distributed Load

X	Y
65.2425	55.1006
62.4425	55.1006

External Boundary



Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
 Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI4400001A

Foglio

57 di 86

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 10 of 11


 roscience

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 10 of 11

X	Y
6.01875	50.7503
6.01875	47.75
6.01875	40.75
6.01875	37.7503
6.01875	34.7503
6.01875	30.7503
6.01875	20.7503
99.1275	20.7503
99.1275	30.7503
99.1275	34.7503
99.1275	37.7503
99.1275	40.75
99.1275	47.75
99.1275	50.9054
80.6558	50.9054
78.3657	52.4322
75.0819	52.4622
74.5819	51.9622
74.0819	51.9622
73.5819	52.4622
72.582	52.4622
68.9468	55.1006
66.2925	55.1006
65.2425	55.1006
62.4425	55.1006
60.7425	55.1006
60.2199	55.1006
57.9425	55.1006
56.8925	55.1006
51.1694	55.1006
50.1194	55.1006
47.3194	55.1006
45.6194	55.1006
42.8194	55.1006
41.7694	55.1006
39.883	55.354
36.2431	55.4867
29.7772	50.7503

Material Boundary

X	Y
29.7772	50.7503
67.8392	50.8668
65.5006	51.9905
60.2199	55.1006

Material Boundary

X	Y
67.8392	50.8668
69.1425	50.2405
69.1425	49.4905
75.334	48.767
76.2422	50.2988
80.6558	50.9054

Material Boundary

X	Y
6.01875	47.75
99.1275	47.75

Material Boundary

X	Y
6.01875	37.7503
99.1275	37.7503

GENERAL CONTRACTOR



Consorzio IricAV Due

ALTA SORVEGLIANZA



ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI4400001A

Foglio
58 di 86

Material Boundary

X	Y
6.01875	34.7503
99.1275	34.7503

Material Boundary

X	Y
6.01875	30.7503
99.1275	30.7503

Material Boundary

X	Y
6.01875	40.75
99.1275	40.75

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 59 di 86</p>

ALLEGATO 2- TABULATI DI SLIDE- ANALISI SLU SISMICA

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 60 di 86</p>

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: Ri44_sisma_01.slim
 Slide Modeler Version: 7.038
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Date Created: 08/03/2021, 16:12:54

General Settings

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

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
 Name: Stabilità Globale_SISMA+M2+R2

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1
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
Earth resistance	1.1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used
 Bishop simplified
 Janbu simplified

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

Groundwater Analysis

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 61 di 86</p>

Groundwater Method: Water Surfaces
 Pore Fluid Unit Weight [kN/m³]: 9.81
 Use negative pore pressure cutoff: Yes
 Maximum negative pore pressure [kPa]: 0
 Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
 Search Method: Auto Refine Search
 Divisions along slope: 10
 Circles per division: 10
 Number of iterations: 10
 Divisions to use in next iteration: 50%
 Composite Surfaces: Disabled
 Minimum Elevation: Not Defined
 Minimum Depth [m]: 2
 Minimum Area: Not Defined
 Minimum Weight: Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis: No
 Staged pseudostatic analysis: No

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.081
 Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.04

6 Distributed Loads present

Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI4400001A

Foglio

62 di 86

32.000000000000000000



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 3 of 11

Distributed Load 1

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 14.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Distributed Load 2

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 14.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Distributed Load 3

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.3
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Distributed Load 4

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.3
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Distributed Load 5

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.3
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Distributed Load 6

Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.3
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Live

Material Properties

Property	U3b (1)	U4 (2)	Rilevato	U3a/b (3)	U4 (4)	U3b (5)	Rilevato Esistente	U3a (1)
Color								
Strength Type	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	18.5	19	20	18.5	18.5	18.5	20	18.5
Cohesion [kPa]		0	0		0		0	0
Friction Angle [deg]		36	38		36		36	34
Cohesion Type	60			80		100		
Water Surface	Water Table							
Hu Value	0	1	1	0	1	0	1	1

Global Minimums**Method: bishop simplified**

FS	1.139860
Center:	73.660, 62.804
Radius:	10.790
Left Slip Surface Endpoint:	66.105, 55.101
Right Slip Surface Endpoint:	74.024, 52.020
Resisting Moment:	909.714 kN-m
Driving Moment:	798.089 kN-m
Total Slice Area:	8.47756 m2
Surface Horizontal Width:	7.91939 m
Surface Average Height:	1.07048 m

Method: janbu simplified

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 63 di 86</p>



FS	1.106470
Center:	73.387, 61.444
Radius:	9.524
Left Slip Surface Endpoint:	66.282, 55.101
Right Slip Surface Endpoint:	74.288, 51.962
Resisting Horizontal Force:	79.6532 kN
Driving Horizontal Force:	71.9885 kN
Total Slice Area:	8.98241 m2
Surface Horizontal Width:	8.00592 m
Surface Average Height:	1.12197 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 1737
Number of Invalid Surfaces: 0

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 1686
Number of Invalid Surfaces: 51

Error Codes:

Error Code -108 reported for 9 surfaces
Error Code -112 reported for 42 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- 112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)[1 + \tan(\alpha)\tan(\phi)]/F < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.13986

Empty table content



Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI4400001A

64 di 86

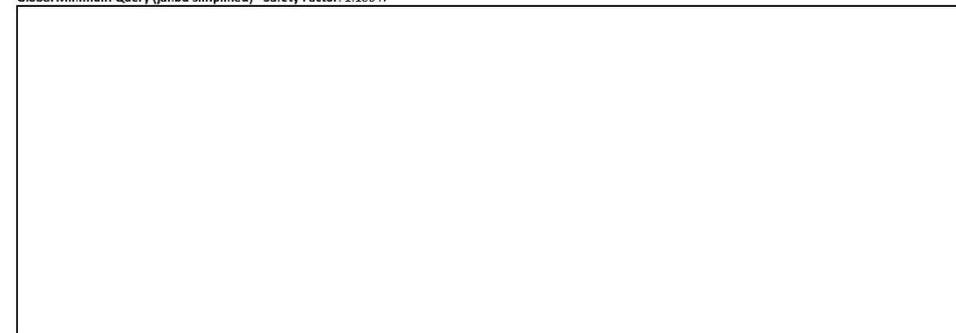
SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 11



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 11

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.158388	0.241085	-43.8609	Rilevato	0	32.0066	5.17894	5.90327	10.3893	0	10.3893	15.3663	15.3663
2	0.158388	0.713707	-42.7053	Rilevato	0	32.0066	2.32114	2.64577	4.65632	0	4.65632	6.7986	6.7986
3	0.158388	1.16775	-41.5709	Rilevato	0	32.0066	2.37414	2.70619	4.76269	0	4.76269	6.8684	6.8684
4	0.158388	1.60418	-40.4561	Rilevato	0	32.0066	3.30308	3.76505	6.62618	0	6.62618	9.44291	9.44291
5	0.158388	2.02387	-39.3595	Rilevato	0	32.0066	4.21852	4.80852	8.46261	0	8.46261	11.9227	11.9227
6	0.158388	2.42762	-38.2798	Rilevato	0	32.0066	5.12018	5.83629	10.2714	0	10.2714	14.3121	14.3121
7	0.158388	2.81613	-37.216	Rilevato	0	32.0066	6.00786	6.84812	12.0521	0	12.0521	16.615	16.615
8	0.158388	3.19004	-36.167	Rilevato	0	32.0066	6.88139	7.84382	13.8045	0	13.8045	18.8348	18.8348
9	0.158388	3.54995	-35.1319	Rilevato	0	32.0066	7.74063	8.82324	15.5282	0	15.5282	20.9748	20.9748
10	0.158388	3.89638	-34.1097	Rilevato	0	32.0066	8.58549	9.78626	17.223	0	17.223	23.0379	23.0379
11	0.158388	4.22983	-33.0998	Rilevato	0	32.0066	9.41589	10.7328	18.8888	0	18.8888	25.0269	25.0269
12	0.158388	4.55074	-32.1013	Rilevato	0	32.0066	10.2317	11.6627	20.5254	0	20.5254	26.944	26.944
13	0.158388	4.85953	-31.1136	Rilevato	0	32.0066	11.0329	12.576	22.1327	0	22.1327	28.7918	28.7918
14	0.158388	5.15658	-30.1362	Rilevato	0	32.0066	11.8194	13.4725	23.7106	0	23.7106	30.572	30.572
15	0.158388	5.44224	-29.1683	Rilevato	0	32.0066	12.5914	14.3524	25.259	0	25.259	32.2869	32.2869
16	0.158388	5.71683	-28.2094	Rilevato	0	32.0066	13.3485	15.2154	26.7779	0	26.7779	33.9381	33.9381
17	0.158388	5.98065	-27.2591	Rilevato	0	32.0066	14.0909	16.0616	28.2671	0	28.2671	35.5272	35.5272
18	0.158388	6.23343	-26.3169	Rilevato	0	32.0066	14.8171	16.8894	29.724	0	29.724	37.0525	37.0525
19	0.158388	6.27506	-25.3822	Rilevato	0	32.0066	15.0468	17.1512	30.1847	0	30.1847	37.3237	37.3237
20	0.158388	6.14403	-24.4547	Rilevato	0	32.0066	14.8597	16.938	29.8095	0	29.8095	36.5673	36.5673
21	0.158388	6.00322	-23.534	Rilevato	0	32.0066	14.6429	16.6908	29.3745	0	29.3745	35.7518	35.7518
22	0.158388	5.85286	-22.6198	Rilevato	0	32.0066	14.3962	16.4097	28.8797	0	28.8797	34.8781	34.8781
23	0.158388	5.69313	-21.7115	Rilevato	0	32.0066	14.1198	16.0946	28.3251	0	28.3251	33.9474	33.9474
24	0.158388	5.52421	-20.809	Rilevato	0	32.0066	13.8135	15.7455	27.7108	0	27.7108	32.9606	32.9606
25	0.158388	5.34627	-19.9118	Rilevato	0	32.0066	13.4775	15.3625	27.0367	0	27.0367	31.9187	31.9187
26	0.158388	5.15947	-19.0197	Rilevato	0	32.0066	13.1116	14.9454	26.3027	0	26.3027	30.8224	30.8224
27	0.158388	4.96395	-18.1323	Rilevato	0	32.0066	12.7158	14.4942	25.5086	0	25.5086	29.6727	29.6727
28	0.158388	4.75985	-17.2495	Rilevato	0	32.0066	12.2899	14.0088	24.6543	0	24.6543	28.4703	28.4703
29	0.158388	4.54729	-16.3708	Rilevato	0	32.0066	11.8338	13.4889	23.7394	0	23.7394	27.2158	27.2158
30	0.158388	4.32639	-15.4961	Rilevato	0	32.0066	11.3474	12.9345	22.7636	0	22.7636	25.9097	25.9097
31	0.158388	4.09726	-14.625	Rilevato	0	32.0066	10.8305	12.3452	21.7265	0	21.7265	24.5527	24.5527
32	0.158388	3.85999	-13.7574	Rilevato	0	32.0066	10.2828	11.7209	20.6278	0	20.6278	23.1454	23.1454
33	0.158388	3.61469	-12.893	Rilevato	0	32.0066	9.704	11.0512	19.4667	0	19.4667	21.688	21.688
34	0.158388	3.36143	-12.0316	Rilevato	0	32.0066	9.09392	10.3658	18.243	0	18.243	20.1812	20.1812
35	0.158388	3.1003	-11.173	Rilevato	0	32.0066	8.45223	9.63436	16.9557	0	16.9557	18.6251	18.6251
36	0.158388	2.83137	-10.3169	Rilevato	0	32.0066	7.7786	8.86652	15.6044	0	15.6044	17.0204	17.0204
37	0.158388	2.5547	-9.46305	Rilevato	0	32.0066	7.07264	8.06182	14.1881	0	14.1881	15.367	15.367
38	0.158388	2.27036	-8.61136	Rilevato	0	32.0066	6.33392	7.21978	12.7062	0	12.7062	13.6654	13.6654
39	0.158388	1.9784	-7.76159	Rilevato	0	32.0066	5.562	6.3399	11.1577	0	11.1577	11.9158	11.9158
40	0.158388	1.67886	-6.91353	Rilevato	0	32.0066	4.75639	5.42162	9.54159	0	9.54159	10.1183	10.1183
41	0.158388	1.37375	-6.067	Rilevato	0	32.0066	3.92213	4.47068	7.86804	0	7.86804	8.28491	8.28491
42	0.158388	1.27701	-5.22179	Rilevato	0	32.0066	3.67428	4.18817	7.37086	0	7.37086	7.70666	7.70666
43	0.158388	1.31914	-4.37771	Rilevato	0	32.0066	3.82513	4.36011	7.67347	0	7.67347	7.9663	7.9663
44	0.158388	1.35384	-3.53459	Rilevato	0	32.0066	3.95652	4.50988	7.93706	0	7.93706	8.18145	8.18145
45	0.158388	1.38113	-2.69224	Rilevato	0	32.0066	4.06809	4.63705	8.1608	0	8.1608	8.3521	8.3521
46	0.158388	1.40103	-1.85047	Rilevato	0	32.0066	4.15941	4.74114	8.34402	0	8.34402	8.4784	8.4784
47	0.158388	1.41356	-1.00909	Rilevato	0	32.0066	4.23006	4.82168	8.48577	0	8.48577	8.56027	8.56027
48	0.158388	1.26179	-0.167936	Rilevato	0	32.0066	3.80623	4.33857	7.63553	0	7.63553	7.64669	7.64669
49	0.158388	0.768813	0.673184	Rilevato	0	32.0066	2.33793	2.66491	4.69004	0	4.69004	4.66257	4.66257
50	0.158388	0.257499	1.51445	Rilevato	0	32.0066	0.789442	0.899853	1.58367	0	1.58367	1.5628	1.5628

Global Minimum Query (Janbu simplified) - Safety Factor: 1.10647





Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI4400001A

65 di 86

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 6 of 11



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 6 of 11

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.160118	0.280065	-47.5282	Rilevato	0	32.0066	0.831582	0.920121	1.61934	0	1.61934	2.52775	2.52775
2	0.160118	0.826733	-46.12	Rilevato	0	32.0066	1.6038	1.77456	3.12309	0	3.12309	4.79085	4.79085
3	0.160118	1.34746	-44.747	Rilevato	0	32.0066	2.66005	2.94326	5.1799	0	5.1799	7.81656	7.81656
4	0.160118	1.84408	-43.4059	Rilevato	0	32.0066	3.7012	4.09527	7.20735	0	7.20735	10.7081	10.7081
5	0.160118	2.31818	-42.0939	Rilevato	0	32.0066	4.72664	5.22989	9.20418	0	9.20418	13.4741	13.4741
6	0.160118	2.77116	-40.8085	Rilevato	0	32.0066	5.73589	6.34659	11.1695	0	11.1695	16.122	16.122
7	0.160118	3.20422	-39.5476	Rilevato	0	32.0066	6.72857	7.44496	13.1025	0	13.1025	18.6585	18.6585
8	0.160118	3.61847	-38.3091	Rilevato	0	32.0066	7.70441	8.5247	15.0028	0	15.0028	21.0894	21.0894
9	0.160118	4.01485	-37.0915	Rilevato	0	32.0066	8.66323	9.5856	16.8699	0	16.8699	23.4198	23.4198
10	0.160118	4.39423	-35.8932	Rilevato	0	32.0066	9.60487	10.6275	18.7035	0	18.7035	25.6545	25.6545
11	0.160118	4.75738	-34.7127	Rilevato	0	32.0066	10.5292	11.6502	20.5035	0	20.5035	27.7977	27.7977
12	0.160118	5.10499	-33.5489	Rilevato	0	32.0066	11.4362	12.6538	22.2696	0	22.2696	29.8531	29.8531
13	0.160118	5.43771	-32.4006	Rilevato	0	32.0066	12.3257	13.638	24.0018	0	24.0018	31.8241	31.8241
14	0.160118	5.75609	-31.2666	Rilevato	0	32.0066	13.1978	14.603	25.7001	0	25.7001	33.7139	33.7139
15	0.160118	6.06066	-30.1462	Rilevato	0	32.0066	14.0524	15.5486	27.3643	0	27.3643	35.5254	35.5254
16	0.160118	6.35189	-29.0384	Rilevato	0	32.0066	14.8896	16.4749	28.9945	0	28.9945	37.261	37.261
17	0.160118	6.60647	-27.9423	Rilevato	0	32.0066	15.653	17.3196	30.4811	0	30.4811	38.7838	38.7838
18	0.160118	6.87702	-26.8572	Rilevato	0	32.0066	16.3638	18.1742	31.9424	0	31.9424	39.9998	39.9998
19	0.160118	7.15947	-25.7825	Rilevato	0	32.0066	17.0178	18.9249	33.3429	0	33.3429	40.8272	40.8272
20	0.160118	7.45325	-24.7174	Rilevato	0	32.0066	17.6249	19.5814	34.5947	0	34.5947	41.2628	41.2628
21	0.160118	7.75766	-23.6613	Rilevato	0	32.0066	18.1978	20.1571	35.7351	0	35.7351	41.3072	41.3072
22	0.160118	8.07189	-22.6137	Rilevato	0	32.0066	18.7312	20.6449	36.7824	0	36.7824	40.9607	40.9607
23	0.160118	8.39524	-21.5741	Rilevato	0	32.0066	19.2249	21.0524	37.7407	0	37.7407	39.2272	39.2272
24	0.160118	8.72697	-20.5418	Rilevato	0	32.0066	19.6812	21.3811	38.6161	0	38.6161	36.0038	36.0038
25	0.160118	9.06638	-19.5165	Rilevato	0	32.0066	20.1049	21.6345	39.3424	0	39.3424	31.2945	31.2945
26	0.160118	9.41362	-18.4976	Rilevato	0	32.0066	20.5007	21.8178	40.0018	0	40.0018	25.0907	25.0907
27	0.160118	9.76889	-17.4848	Rilevato	0	32.0066	20.8712	21.9353	40.5994	0	40.5994	16.9094	16.9094
28	0.160118	10.1324	-16.4775	Rilevato	0	32.0066	21.2199	21.9933	41.1407	0	41.1407	6.9334	6.9334
29	0.160118	10.5045	-15.4755	Rilevato	0	32.0066	21.5312	21.9977	41.6307	0	41.6307	0	0
30	0.160118	10.8853	-14.4783	Rilevato	0	32.0066	21.8083	21.9524	42.0674	0	42.0674	0	0
31	0.160118	11.2749	-13.4856	Rilevato	0	32.0066	22.0549	21.8712	42.4561	0	42.4561	0	0
32	0.160118	11.6734	-12.497	Rilevato	0	32.0066	22.2757	21.7396	42.7924	0	42.7924	0	0
33	0.160118	12.0809	-11.5122	Rilevato	0	32.0066	22.4757	21.5612	43.0811	0	43.0811	0	0
34	0.160118	12.4976	-10.5307	Rilevato	0	32.0066	22.6599	21.3407	43.3184	0	43.3184	0	0
35	0.160118	12.9236	-9.55245	Rilevato	0	32.0066	22.8232	21.0724	43.5107	0	43.5107	0	0
36	0.160118	13.3591	-8.57696	Rilevato	0	32.0066	22.9612	20.7612	43.6549	0	43.6549	0	0
37	0.160118	13.8033	-7.60398	Rilevato	0	32.0066	23.0799	20.4137	43.7561	0	43.7561	0	0
38	0.160118	14.2562	-6.63319	Rilevato	0	32.0066	23.1757	20.0353	43.8094	0	43.8094	0	0
39	0.160118	14.7277	-5.66431	Rilevato	0	32.0066	23.2557	19.5212	43.8211	0	43.8211	0	0
40	0.160118	15.2171	-4.69706	Rilevato	0	32.0066	23.3178	18.8774	43.7894	0	43.7894	0	0
41	0.160118	15.7236	-3.73114	Rilevato	0	32.0066	23.3699	18.1094	43.7124	0	43.7124	0	0
42	0.160118	16.2462	-2.76629	Rilevato	0	32.0066	23.4107	17.2224	43.5884	0	43.5884	0	0
43	0.160118	16.7849	-1.80222	Rilevato	0	32.0066	23.4387	16.1137	43.4211	0	43.4211	0	0
44	0.160118	17.3374	-0.838662	Rilevato	0	32.0066	23.4524	14.8007	43.2107	0	43.2107	0	0
45	0.160118	17.9029	0.124659	Rilevato	0	32.0066	23.4512	13.2924	42.9549	0	42.9549	0	0
46	0.160118	18.4804	1.08802	Rilevato	0	32.0066	23.4357	11.5012	42.6611	0	42.6611	0	0
47	0.160118	19.0689	2.05168	Rilevato	0	32.0066	23.4057	9.3407	42.3284	0	42.3284	0	0
48	0.160118	19.6684	3.01593	Rilevato	0	32.0066	23.3612	6.7312	41.9561	0	41.9561	0	0
49	0.160118	20.2789	3.98103	Rilevato	0	32.0066	23.3037	3.6712	41.5424	0	41.5424	0	0
50	0.160118	20.9004	4.94726	Rilevato	0	32.0066	23.2347	0.1612	41.0884	0	41.0884	0	0

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.13986

--



Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI4400001A

66 di 86

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 7 of 11



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 7 of 11

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	66.1045	55.1006	0	0	0
2	66.2629	54.9484	0.781032	0	0
3	66.4213	54.8022	1.15207	0	0
4	66.5797	54.6617	1.53987	0	0
5	66.7381	54.5267	2.04188	0	0
6	66.8965	54.3967	2.63739	0	0
7	67.0549	54.2717	3.30736	0	0
8	67.2133	54.1514	4.03415	0	0
9	67.3716	54.0357	4.80149	0	0
10	67.53	53.9242	5.59422	0	0
11	67.6884	53.8169	6.39829	0	0
12	67.8468	53.7137	7.20058	0	0
13	68.0052	53.6143	7.98887	0	0
14	68.1636	53.5187	8.75171	0	0
15	68.322	53.4268	9.47842	0	0
16	68.4804	53.3384	10.1589	0	0
17	68.6387	53.2534	10.7839	0	0
18	68.7971	53.1718	11.3444	0	0
19	68.9555	53.0935	11.8322	0	0
20	69.1139	53.0183	12.2268	0	0
21	69.2723	52.9463	12.5192	0	0
22	69.4307	52.8773	12.7137	0	0
23	69.5891	52.8113	12.8146	0	0
24	69.7475	52.7483	12.8269	0	0
25	69.9058	52.6881	12.7556	0	0
26	70.0642	52.6307	12.6062	0	0
27	70.2226	52.5761	12.3845	0	0
28	70.381	52.5242	12.0967	0	0
29	70.5394	52.475	11.7491	0	0
30	70.6978	52.4285	11.3486	0	0
31	70.8562	52.3846	10.9023	0	0
32	71.0146	52.3433	10.4176	0	0
33	71.1729	52.3045	9.90232	0	0
34	71.3313	52.2682	9.36467	0	0
35	71.4897	52.2345	8.81315	0	0
36	71.6481	52.2032	8.25666	0	0
37	71.8065	52.1744	7.70449	0	0
38	71.9649	52.148	7.16633	0	0
39	72.1233	52.124	6.6523	0	0
40	72.2817	52.1024	6.17291	0	0
41	72.4401	52.0832	5.73917	0	0
42	72.5984	52.0663	5.362	0	0
43	72.7568	52.0519	4.99046	0	0
44	72.9152	52.0397	4.5848	0	0
45	73.0736	52.03	4.14576	0	0
46	73.232	52.0225	3.67441	0	0
47	73.3904	52.0174	3.17212	0	0
48	73.5488	52.0146	2.64064	0	0
49	73.7072	52.0141	2.14383	0	0
50	73.8655	52.016	1.82727	0	0
51	74.0239	52.0202	0	0	0

Global Minimum Query (Janbu simplified) - Safety Factor: 1.10647



Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	66.282	55.1006	0	0	0
2	66.4421	54.9257	0.17284	0	0
3	66.6023	54.7592	0.503139	0	0
4	66.7624	54.6005	1.00867	0	0
5	66.9225	54.449	1.65724	0	0
6	67.0826	54.3044	2.41992	0	0
7	67.2427	54.1661	3.27062	0	0
8	67.4029	54.0339	4.18567	0	0
9	67.563	53.9074	5.14353	0	0
10	67.7231	53.7863	6.12453	0	0
11	67.8832	53.6705	7.11061	0	0
12	68.0433	53.5595	8.08519	0	0
13	68.2034	53.4534	9.03297	0	0
14	68.3636	53.3518	9.9398	0	0
15	68.5237	53.2545	10.7926	0	0
16	68.6838	53.1615	11.5791	0	0
17	68.8439	53.0726	12.2882	0	0
18	69.004	52.9877	12.9069	0	0
19	69.1642	52.9066	13.4059	0	0
20	69.3243	52.8293	13.7817	0	0
21	69.4844	52.7556	14.0389	0	0
22	69.6445	52.6854	14.1823	0	0
23	69.8046	52.6187	14.2174	0	0
24	69.9648	52.5554	14.1499	0	0
25	70.1249	52.4954	13.9859	0	0
26	70.285	52.4387	13.7321	0	0
27	70.4451	52.3851	13.3956	0	0
28	70.6052	52.3347	12.9839	0	0
29	70.7653	52.2873	12.5048	0	0
30	70.9255	52.243	11.9668	0	0
31	71.0856	52.2016	11.3785	0	0
32	71.2457	52.1632	10.7494	0	0
33	71.4058	52.1277	10.0891	0	0
34	71.5659	52.0951	9.40783	0	0
35	71.7261	52.0654	8.71637	0	0
36	71.8862	52.0384	8.02597	0	0
37	72.0463	52.0143	7.34843	0	0
38	72.2064	51.9929	6.69613	0	0
39	72.3665	51.9743	6.08207	0	0
40	72.5266	51.9584	5.51985	0	0
41	72.6868	51.9452	4.99873	0	0
42	72.8469	51.9348	4.44038	0	0
43	73.007	51.9271	3.8389	0	0
44	73.1671	51.922	3.19582	0	0
45	73.3272	51.9197	2.51312	0	0
46	73.4874	51.92	1.79325	0	0
47	73.6475	51.9231	1.05788	0	0
48	73.8076	51.9288	0.486126	0	0
49	73.9677	51.9372	0.143367	0	0
50	74.1278	51.9484	0.0467932	0	0
51	74.2879	51.9622	0	0	0

List Of Coordinates**Water Table**

X	Y
6.01875	50.7503
99.1275	50.9054

Distributed Load

X	Y
51.1694	55.1006
50.1194	55.1006
47.3194	55.1006
45.6194	55.1006
42.8194	55.1006
41.7694	55.1006

Distributed Load

X	Y
66.2925	55.1006
65.2425	55.1006
62.4425	55.1006
60.7425	55.1006
60.2199	55.1006
57.9425	55.1006
56.8925	55.1006

Distributed Load

X	Y
45.6194	55.1006
42.8194	55.1006

Distributed Load

X	Y
50.1194	55.1006
47.3194	55.1006

Distributed Load

X	Y
60.7425	55.1006
60.2199	55.1006
57.9425	55.1006

Distributed Load

X	Y
65.2425	55.1006
62.4425	55.1006

External Boundary





Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI4400001A

Foglio

69 di 86

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 10 of 11



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 10 of 11

X	Y
6.01875	50.7503
6.01875	47.75
6.01875	40.75
6.01875	37.7503
6.01875	34.7503
6.01875	30.7503
6.01875	20.7503
99.1275	20.7503
99.1275	30.7503
99.1275	34.7503
99.1275	37.7503
99.1275	40.75
99.1275	47.75
99.1275	50.9054
80.6558	50.9054
78.3657	52.4322
75.0819	52.4622
74.5819	51.9622
74.0819	51.9622
73.5819	52.4622
72.582	52.4622
68.9468	55.1006
66.2925	55.1006
65.2425	55.1006
62.4425	55.1006
60.7425	55.1006
60.2199	55.1006
57.9425	55.1006
56.8925	55.1006
51.1694	55.1006
50.1194	55.1006
47.3194	55.1006
45.6194	55.1006
42.8194	55.1006
41.7694	55.1006
39.883	55.354
36.2431	55.4867
29.7772	50.7503

Material Boundary

X	Y
29.7772	50.7503
67.8392	50.8668
65.5006	51.9905
60.2199	55.1006

Material Boundary

X	Y
67.8392	50.8668
69.1425	50.2405
69.1425	49.4905
75.334	48.767
76.2422	50.2988
80.6558	50.9054

Material Boundary

X	Y
6.01875	47.75
99.1275	47.75

Material Boundary

X	Y
6.01875	37.7503
99.1275	37.7503

Material Boundary

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica
EI2RBRI4400001A

Foglio
70 di 86

X	Y
6.01875	34.7503
99.1275	34.7503

Material Boundary

X	Y
6.01875	30.7503
99.1275	30.7503

Material Boundary

X	Y
6.01875	40.75
99.1275	40.75

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 71 di 86</p>

ALLEGATO 3 - TABULATI DI SLIDE – ANALISI POST SISMA

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 72 di 86</p>

Slide Analysis Information
SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: R144_postsisma_01.slim
Slide Modeler Version: 7.038
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 08/03/2021, 16:12:54

General Settings

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

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: Stabilità Globale_A2+M2+R2

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
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used
Bishop simplified
Janbu simplified

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

Groundwater Analysis

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 73 di 86</p>

Groundwater Method: Water Surfaces
 Pore Fluid Unit Weight [kN/m3]: 9.81
 Use negative pore pressure cutoff: Yes
 Maximum negative pore pressure [kPa]: 0
 Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
 Search Method: Auto Refine Search
 Divisions along slope: 10
 Circles per division: 10
 Number of iterations: 10
 Divisions to use in next iteration: 50%
 Composite Surfaces: Disabled
 Minimum Elevation: Not Defined
 Minimum Depth [m]: 2
 Minimum Area: Not Defined
 Minimum Weight: Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis: No
 Staged pseudostatic analysis: No

Loading

6 Distributed Loads present



Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI4400001A

Foglio

74 di 86



- Distributed Load 1**
Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 14.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable
- Distributed Load 2**
Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 14.4
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable
- Distributed Load 3**
Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.2
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable
- Distributed Load 4**
Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.2
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable
- Distributed Load 5**
Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.2
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable
- Distributed Load 6**
Distribution: Constant
Magnitude [kPa]: 12.2
Orientation: Normal to boundary
Load Action: Variable

Material Properties

Property	U3b (1)	U4 (2)	Rilevato	U3a/b (3)	U4 (4)	U3b (5)	LIQUEFACIBILE	Rilevato Esistente
Color								
Strength Type	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Undrained	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	18.5	19	20	18.5	18.5	18.5	19	20
Cohesion [kPa]	0	0	0	0	0	0	0	0
Friction Angle [deg]		34	38		35		5.7	36
Cohesion Type	60			80		100		
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	0	1	1	0	1	0	1	1

Property	U3a (1)
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	18.5
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	34
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

Global Minimums

Method: bishop simplified

GENERAL CONTRACTOR



Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

ALTA SORVEGLIANZA



Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
IN17	12	EI2RBRI4400001A	75 di 86



FS	1.277340
Center:	74.714, 62.470
Radius:	17.720
Left Slip Surface Endpoint:	58.599, 55.101
Right Slip Surface Endpoint:	88.140, 50.905
Resisting Moment:	14483.2 kN-m
Driving Moment:	11338.6 kN-m
Total Slice Area:	173.606 m ²
Surface Horizontal Width:	29.5406 m
Surface Average Height:	5.87686 m

Method: janbu simplified

FS	1.220350
Center:	74.714, 62.470
Radius:	17.720
Left Slip Surface Endpoint:	58.599, 55.101
Right Slip Surface Endpoint:	88.140, 50.905
Resisting Horizontal Force:	628.082 kN
Driving Horizontal Force:	514.675 kN
Total Slice Area:	173.606 m ²
Surface Horizontal Width:	29.5406 m
Surface Average Height:	5.87686 m

Valid / Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 2129
Number of Invalid Surfaces: 1

Error Codes:

Error Code -112 reported for 1 surface

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces: 2117
Number of Invalid Surfaces: 13

Error Codes:

Error Code -108 reported for 10 surfaces
Error Code -112 reported for 3 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- 112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha)[1 + \tan(\alpha)\tan(\phi)]/F < 0.2$ for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.27734

--



Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI4400001A

76 di 86

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 11



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 5 of 11

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.547912	6.00629	-63.4431	Rilevato Esistente	0	30.1666	10.8484	13.8571	23.8409	0	23.8409	45.5454	45.5454
2	0.547912	17.1511	-59.7052	Rilevato Esistente	0	30.1666	16.854	21.5283	37.0389	0	37.0389	65.8871	65.8871
3	0.547912	26.7995	-56.3501	Rilevato Esistente	0	30.1666	22.5674	28.8262	49.5948	0	49.5948	83.4973	83.4973
4	0.547912	35.3327	-53.2699	Rilevato Esistente	0	30.1666	27.6102	35.2676	60.6771	0	60.6771	97.6784	97.6784
5	0.547912	42.9846	-50.3988	Rilevato Esistente	0	30.1666	28.528	36.4399	62.694	0	62.694	97.1769	97.1769
6	0.585065	53.2416	-47.606	U3b (1)	42.8571	0	33.5518	42.8571	72.975	0	72.975	109.727	109.727
7	0.585065	59.86	-44.8682	U3b (1)	42.8571	0	33.5518	42.8571	89.4345	0	89.4345	122.832	122.832
8	0.585065	65.8868	-42.2554	U3b (1)	42.8571	0	33.5518	42.8571	116.717	0	116.717	147.199	147.199
9	0.585065	71.3949	-39.7471	U3b (1)	42.8571	0	33.5518	42.8571	128.711	0	128.711	156.613	156.613
10	0.585065	76.4409	-37.3272	U3b (1)	42.8571	0	33.5518	42.8571	139.653	0	139.653	165.238	165.238
11	0.585065	81.0694	-34.983	U3b (1)	42.8571	0	33.5518	42.8571	149.67	0	149.67	173.148	173.148
12	0.562378	81.9355	-32.7474	U3a (1)	0	28.3516	47.618	60.8244	144.893	32.173	112.72	175.519	143.346
13	0.562378	85.5465	-30.6099	U3a (1)	0	28.3516	45.7116	58.3893	143.795	35.5883	108.207	170.84	135.251
14	0.562378	88.8654	-28.5186	U3a (1)	0	28.3516	44.6325	57.0109	144.381	38.7284	105.653	168.633	129.905
15	0.629053	103.04	-26.3488	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	7.39978	9.45203	160.136	41.7652	118.371	163.801	122.036
16	0.629053	106.581	-24.0996	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	7.58625	9.69022	166.038	44.6839	121.354	169.432	124.748
17	0.629053	109.895	-21.8894	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	7.76817	9.92259	171.579	47.3141	124.265	174.7	127.386
18	0.629053	112.956	-19.7129	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	7.94236	10.1451	176.72	49.6696	127.051	179.566	129.897
19	0.629053	112.552	-17.5658	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	7.79495	9.9568	176.454	51.7622	124.692	178.922	127.16
20	0.629053	109.209	-15.4438	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	7.37471	9.42001	171.572	53.6017	117.97	173.61	120.008
21	0.629053	105.465	-13.3434	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	6.92756	8.84885	166.014	55.1962	110.818	167.657	112.461
22	0.629053	101.431	-11.2611	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	6.4641	8.25685	159.956	56.5527	103.403	161.243	104.69
23	0.629053	97.1129	-9.19383	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.98466	7.64445	153.411	57.6768	95.7343	154.38	96.703
24	0.629053	92.9516	-7.13855	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.53233	7.06667	147.072	58.5729	88.4986	147.764	89.1915
25	0.629053	92.7536	-5.09248	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.48344	7.00422	146.961	59.2446	87.7164	147.45	88.2051
26	0.629053	90.8306	-3.05291	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.27716	6.74073	144.111	59.6944	84.4168	144.393	84.6982
27	0.629053	87.5784	-1.01721	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	4.95171	6.32502	139.135	59.924	79.2107	139.223	79.2986
28	0.629053	92.4027	1.01721	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.44204	6.95133	146.988	59.9343	87.0542	146.892	86.9575
29	0.629053	92.9502	3.05291	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.52188	7.05332	148.057	59.7252	88.3314	147.762	88.0369
30	0.629053	91.4908	5.09248	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.41543	6.91735	145.925	59.296	86.6286	145.442	86.1461
31	0.629053	90.4461	7.13855	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.36415	6.85184	144.453	58.6448	85.8083	143.781	85.1365
32	0.629053	89.2129	9.19383	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.30805	6.78018	142.68	57.7693	84.9107	141.821	84.0516
33	0.629053	87.6037	11.2611	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.22847	6.67854	140.304	56.6658	83.6379	139.263	82.5968
34	0.629053	82.2941	13.3434	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	4.79028	6.11882	131.958	55.3299	76.6284	130.822	75.4922
35	0.629053	75.0059	15.4438	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	4.16531	5.32052	120.387	53.7559	66.631	119.236	65.4802
36	0.629053	67.4194	17.5658	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	3.52288	4.49991	108.291	51.937	56.3541	107.176	55.2389
37	0.629053	60.3463	19.7129	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	2.94577	3.76275	96.9873	49.8649	47.1224	95.9318	46.0669
38	0.629053	56.9557	21.8894	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	2.75808	3.52301	91.65	47.53	44.12	90.5419	43.0119
39	0.629053	53.7638	24.0996	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	2.60766	3.33087	86.6341	44.9204	41.7137	85.4677	40.5473
40	0.629053	50.2203	26.3488	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	2.4393	3.11582	81.0427	42.0222	39.0205	79.8346	37.8124
41	0.562378	41.6431	28.5186	U3a (1)	0	28.3516	19.2138	24.5425	84.4869	39.0049	45.482	74.0466	35.0417
42	0.562378	38.3227	30.6099	U3a (1)	0	28.3516	18.1687	23.2076	78.8915	35.8832	43.0083	68.1423	32.2591
43	0.562378	34.7103	32.7474	U3a (1)	0	28.3516	16.9563	21.6589	72.6246	32.4862	40.1384	61.7191	29.2329
44	0.59087	32.2312	34.9946	U3b (1)	42.8571	0	33.5518	42.8571	78.0337	0	78.0337	54.5451	54.5451
45	0.59087	27.5046	37.3628	U3b (1)	42.8571	0	33.5518	42.8571	72.1633	0	72.1633	46.5455	46.5455
46	0.59087	22.3474	39.8084	U3b (1)	42.8571	0	33.5518	42.8571	65.7796	0	65.7796	37.817	37.817
47	0.59087	16.7128	42.3446	U3b (1)	42.8571	0	33.5518	42.8571	58.8579	0	58.8579	28.2804	28.2804
48	0.59087	10.5416	44.9879	U3b (1)	42.8571	0	33.5518	42.8571	51.3734	0	51.3734	17.8357	17.8357
49	0.59087	3.75695	47.7599	U3b (1)	42.8571	0	33.5518	42.8571	43.3032	0	43.3032	6.35276	6.35276
50	0.0158128	0.00268143	49.2202	U3b (1)	42.8571	0	33.5518	42.8571	39.0615	0	39.0615	0.163703	0.163703

Global Minimum Query (Janbu simplified) - Safety Factor: 1.22035





Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI4400001A

77 di 86

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 6 of 11

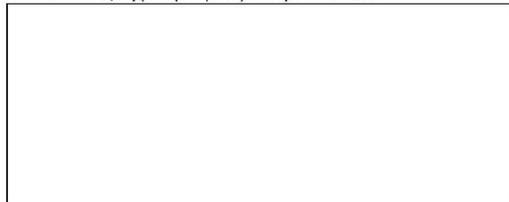


SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 6 of 11

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.547912	6.00629	-63.4431	Rilevato Esistente	0	30.1666	11.1077	13.5553	23.3216	0	23.3216	45.5449	45.5449
2	0.547912	17.1511	-59.7052	Rilevato Esistente	0	30.1666	17.2873	21.0966	36.2963	0	36.2963	65.8862	65.8862
3	0.547912	26.7995	-56.3501	Rilevato Esistente	0	30.1666	23.1814	28.2894	48.6713	0	48.6713	83.4963	83.4963
4	0.547912	35.3327	-53.2699	Rilevato Esistente	0	30.1666	28.3969	34.6542	59.6217	0	59.6217	97.6774	97.6774
5	0.547912	42.9846	-50.3988	Rilevato Esistente	0	30.1666	29.3731	35.8455	61.6714	0	61.6714	97.1759	97.1759
6	0.585065	53.2416	-47.606	U3b (1)	42.8571	0	35.1187	42.8571	71.2578	0	71.2578	109.726	109.726
7	0.585065	59.86	-44.8682	U3b (1)	42.8571	0	35.1187	42.8571	87.874	0	87.874	122.832	122.832
8	0.585065	65.8868	-42.2554	U3b (1)	42.8571	0	35.1187	42.8571	115.293	0	115.293	147.198	147.198
9	0.585065	71.3949	-39.7471	U3b (1)	42.8571	0	35.1187	42.8571	127.408	0	127.408	156.613	156.613
10	0.585065	76.4409	-37.3272	U3b (1)	42.8571	0	35.1187	42.8571	138.457	0	138.457	165.237	165.237
11	0.585065	81.0694	-34.983	U3b (1)	42.8571	0	35.1187	42.8571	148.573	0	148.573	173.148	173.148
12	0.562378	81.9355	-32.7474	U3a (1)	0	28.3516	49.349	60.2231	143.779	32.173	111.606	175.518	143.345
13	0.562378	85.5465	-30.6099	U3a (1)	0	28.3516	47.4034	57.8488	142.794	35.5883	107.205	170.839	135.251
14	0.562378	88.8654	-28.5186	U3a (1)	0	28.3516	46.3129	56.5179	143.467	38.7284	104.739	168.633	129.904
15	0.629053	103.04	-26.3488	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	7.73449	9.43878	159.971	41.7652	118.206	163.802	122.037
16	0.629053	106.581	-24.0996	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	7.93045	9.67792	165.884	44.6839	121.2	169.432	124.748
17	0.629053	109.895	-21.8894	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	8.12165	9.91125	171.437	47.3141	124.123	174.7	127.386
18	0.629053	112.956	-19.7129	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	8.30475	10.1347	176.59	49.6696	126.921	179.566	129.896
19	0.629053	112.552	-17.5658	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	8.15158	9.94778	176.342	51.7622	124.58	178.923	127.16
20	0.629053	109.209	-15.4438	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	7.71298	9.41254	171.479	53.6017	117.877	173.61	120.008
21	0.629053	105.465	-13.3434	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	7.24613	8.84282	165.938	55.1962	110.742	167.657	112.461
22	0.629053	101.431	-11.2611	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	6.76208	8.2521	159.897	56.5527	103.344	161.243	104.69
23	0.629053	97.1129	-9.19383	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	6.26121	7.64087	153.366	57.6768	95.6895	154.38	96.7029
24	0.629053	92.9516	-7.13855	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.78859	7.06411	147.039	58.5729	88.4666	147.764	89.1916
25	0.629053	92.7536	-5.09248	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.73803	7.0024	146.938	59.2446	87.6938	147.45	88.2051
26	0.629053	90.8306	-3.05291	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.52275	6.73969	144.098	59.6944	84.4036	144.393	84.6982
27	0.629053	87.5784	-1.01721	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.18269	6.3247	139.131	59.924	79.2066	139.223	79.2986
28	0.629053	92.4027	1.01721	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.69647	6.95169	146.993	59.9343	87.0586	146.892	86.9575
29	0.629053	92.9502	3.05291	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.78065	7.05442	148.07	59.7252	88.3452	147.762	88.0369
30	0.629053	91.4908	5.09248	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.66982	6.91916	145.947	59.296	86.6513	145.442	86.146
31	0.629053	90.4461	7.13855	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.61672	6.85437	144.485	58.6448	85.84	143.781	85.1366
32	0.629053	89.2129	9.19383	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.58559	6.78342	142.721	57.7693	84.9514	141.821	84.0517
33	0.629053	87.6037	11.2611	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.47587	6.68248	140.353	56.6658	83.6873	139.263	82.597
34	0.629053	82.2941	13.3434	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	5.01752	6.12313	132.012	55.3299	76.6822	130.822	75.4921
35	0.629053	75.0059	15.4438	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	4.36342	5.3249	120.442	53.7559	66.6857	119.236	65.4802
36	0.629053	67.4194	17.5658	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	3.69088	4.50416	108.344	51.937	56.4073	107.176	55.2389
37	0.629053	60.3463	19.7129	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	3.08664	3.76678	97.0378	49.8649	47.1729	95.9318	46.0669
38	0.629053	56.9557	21.8894	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	2.89037	3.52726	91.7031	47.53	44.1731	90.5418	43.0118
39	0.629053	53.7638	24.0996	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	2.73311	3.33535	86.6903	44.9204	41.7699	85.4677	40.5473
40	0.629053	50.2203	26.3488	LIQUEFACIBILE	0	4.56541	2.55703	3.12047	81.1011	42.0222	39.0789	79.8347	37.8125
41	0.562378	41.6431	28.5186	U3a (1)	0	28.3516	20.3949	24.8889	85.1291	39.0049	46.1242	74.047	35.0421
42	0.562378	38.3227	30.6099	U3a (1)	0	28.3516	19.3179	23.5746	79.5717	35.8832	43.6885	68.1427	32.2595
43	0.562378	34.7103	32.7474	U3a (1)	0	28.3516	18.0629	22.0431	73.3366	32.4862	40.8504	61.7193	29.2331
44	0.59087	32.2312	34.9946	U3b (1)	42.8571	0	35.1187	42.8571	79.1312	0	79.1312	54.5457	54.5457
45	0.59087	27.5046	37.3628	U3b (1)	42.8571	0	35.1187	42.8571	73.3602	0	73.3602	46.5461	46.5461
46	0.59087	22.3474	39.8084	U3b (1)	42.8571	0	35.1187	42.8571	67.0861	0	67.0861	37.8176	37.8176
47	0.59087	16.7128	42.3446	U3b (1)	42.8571	0	35.1187	42.8571	60.2867	0	60.2867	28.2811	28.2811
48	0.59087	10.5416	44.9879	U3b (1)	42.8571	0	35.1187	42.8571	52.9404	0	52.9404	17.8365	17.8365
49	0.59087	3.75695	47.7599	U3b (1)	42.8571	0	35.1187	42.8571	45.0297	0	45.0297	6.35366	6.35366
50	0.0158128	0.00268143	49.2202	U3b (1)	42.8571	0	35.1187	42.8571	40.879	0	40.879	0.16467	0.16467

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.27734





Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI4400001A

78 di 86

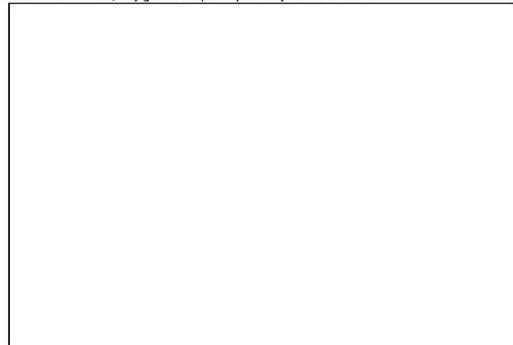
SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 7 of 11



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 7 of 11

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	58.599	55.1006	0	0	0
2	59.1469	54.0044	20.1916	0	0
3	59.6948	53.0665	45.6948	0	0
4	60.2427	52.2434	74.1541	0	0
5	60.7906	51.5092	103.582	0	0
6	61.3385	50.8469	129.475	0	0
7	61.9236	50.206	156.615	0	0
8	62.5086	49.6236	189.073	0	0
9	63.0937	49.0921	231.485	0	0
10	63.6788	48.6055	274.481	0	0
11	64.2638	48.1594	317.159	0	0
12	64.8489	47.75	358.808	0	0
13	65.4113	47.3883	384.44	0	0
14	65.9737	47.0556	406.58	0	0
15	66.536	46.75	425.604	0	0
16	67.1651	46.4384	470.843	0	0
17	67.7941	46.1571	512.792	0	0
18	68.4232	45.9043	551.271	0	0
19	69.0523	45.6789	586.107	0	0
20	69.6813	45.4798	616.343	0	0
21	70.3104	45.306	641.522	0	0
22	70.9394	45.1568	661.935	0	0
23	71.5685	45.0315	677.904	0	0
24	72.1975	44.9297	689.759	0	0
25	72.8266	44.8509	697.867	0	0
26	73.4556	44.7949	702.656	0	0
27	74.0847	44.7613	704.172	0	0
28	74.7137	44.7502	702.611	0	0
29	75.3428	44.7613	697.547	0	0
30	75.9718	44.7949	689.107	0	0
31	76.6009	44.8509	677.52	0	0
32	77.2299	44.9297	662.766	0	0
33	77.859	45.0315	644.901	0	0
34	78.488	45.1568	624.039	0	0
35	79.1171	45.306	601.337	0	0
36	79.7462	45.4798	577.795	0	0
37	80.3752	45.6789	554.015	0	0
38	81.0043	45.9043	530.302	0	0
39	81.6333	46.1571	505.403	0	0
40	82.2624	46.4384	479.386	0	0
41	82.8914	46.75	452.602	0	0
42	83.5205	47.0556	415.98	0	0
43	84.1496	47.3883	379.515	0	0
44	84.7786	47.75	343.713	0	0
45	85.4077	48.1636	291.612	0	0
46	86.0368	48.6148	239.234	0	0
47	86.6659	49.1072	187.02	0	0
48	87.295	49.6457	135.504	0	0
49	87.9241	50.2363	85.3399	0	0
50	88.5532	50.8871	37.3397	0	0
51	89.1823	50.9054	0	0	0

Global Minimum Query [Janbu simplified] - Safety Factor: 1.22035



Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

Lotto

Codifica

Foglio

IN17

12

EI2RBRI4400001A

79 di 86

32.000000000000000000



SLIDE - An Interactive Slope Stability Program: Page 8 of 11

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	58.599	55.1006	0	0	0
2	59.1469	54.0044	19.4801	0	0
3	59.6948	53.0665	44.0492	0	0
4	60.2427	52.2434	71.4115	0	0
5	60.7906	51.5092	99.6332	0	0
6	61.3385	50.8469	124.385	0	0
7	61.9236	50.206	149.507	0	0
8	62.5086	49.6236	180.139	0	0
9	63.0937	49.0921	220.877	0	0
10	63.6788	48.6055	262.322	0	0
11	64.2638	48.1594	303.549	0	0
12	64.8489	47.75	343.832	0	0
13	65.4113	47.3883	368.087	0	0
14	65.9737	47.0556	388.941	0	0
15	66.536	46.75	406.74	0	0
16	67.1651	46.4384	451.717	0	0
17	67.7941	46.1571	493.406	0	0
18	68.4232	45.9043	531.627	0	0
19	69.0523	45.6789	566.206	0	0
20	69.6813	45.4798	596.194	0	0
21	70.3104	45.306	621.144	0	0
22	70.9394	45.1568	641.345	0	0
23	71.5685	45.0315	657.119	0	0
24	72.1975	44.9297	668.796	0	0
25	72.8266	44.8509	676.74	0	0
26	73.4556	44.7949	681.368	0	0
27	74.0847	44.7613	682.728	0	0
28	74.7137	44.7502	681.023	0	0
29	75.3428	44.7613	675.798	0	0
30	75.9718	44.7949	667.194	0	0
31	76.6009	44.8509	655.446	0	0
32	77.2299	44.9297	640.531	0	0
33	77.859	45.0315	622.503	0	0
34	78.488	45.1568	601.48	0	0
35	79.1171	45.306	578.627	0	0
36	79.7462	45.4798	554.951	0	0
37	80.3752	45.6789	531.055	0	0
38	81.0043	45.9043	507.241	0	0
39	81.6333	46.1571	482.246	0	0
40	82.2624	46.4384	456.134	0	0
41	82.8914	46.75	429.257	0	0
42	83.5205	47.0556	391.775	0	0
43	84.1496	47.3883	354.437	0	0
44	84.7786	47.75	317.755	0	0
45	85.4077	48.1636	264.274	0	0
46	86.0368	48.6148	210.43	0	0
47	86.6659	49.1072	156.646	0	0
48	87.295	49.6457	103.434	0	0
49	87.9241	50.2363	51.418	0	0
50	88.5532	50.8871	1.36804	0	0
51	89.1823	50.9054	0	0	0

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
6.01875	50.7503
99.1275	50.9054

Distributed Load

X	Y
51.1694	55.1006
50.1194	55.1006
47.3194	55.1006
45.6194	55.1006
42.8194	55.1006
41.7694	55.1006



Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI4400001A

Foglio

80 di 86



Distributed Load

X	Y
66.2925	55.1006
65.2425	55.1006
62.4425	55.1006
60.7425	55.1006
60.2199	55.1006
57.9425	55.1006
56.8925	55.1006

Distributed Load

X	Y
45.6194	55.1006
42.8194	55.1006

Distributed Load

X	Y
50.1194	55.1006
47.3194	55.1006

Distributed Load

X	Y
60.7425	55.1006
60.2199	55.1006
57.9425	55.1006

Distributed Load

X	Y
65.2425	55.1006
62.4425	55.1006

External Boundary





Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI4400001A

Foglio

81 di 86



X	Y
6.01875	50.7503
6.01875	47.75
6.01875	46.75
6.01875	44.75
6.01875	40.7503
6.01875	37.7503
6.01875	34.7503
6.01875	30.7503
6.01875	20.7503
99.1275	20.7503
99.1275	30.7503
99.1275	34.7503
99.1275	37.7503
99.1275	40.7503
99.1275	44.75
99.1275	46.75
99.1275	47.75
99.1275	50.9054
80.6558	50.9054
78.3657	52.4322
75.0819	52.4622
74.5819	51.9622
74.0819	51.9622
73.5819	52.4622
72.582	52.4622
68.9468	55.1006
66.2925	55.1006
65.2425	55.1006
62.4425	55.1006
60.7425	55.1006
60.2199	55.1006
57.9425	55.1006
56.8925	55.1006
51.1694	55.1006
50.1194	55.1006
47.3194	55.1006
45.6194	55.1006
42.8194	55.1006
41.7694	55.1006
39.883	55.354
36.2431	55.4867
29.7772	50.7503

Material Boundary

X	Y
29.7772	50.7503
67.8392	50.8668
65.5006	51.9905
60.2199	55.1006

Material Boundary

X	Y
67.8392	50.8668
69.1425	50.2405
69.1425	49.4905
75.334	48.767
76.2422	50.2988
80.6558	50.9054

Material Boundary

X	Y
6.01875	37.7503
99.1275	37.7503

Material Boundary

X	Y
6.01875	34.7503
99.1275	34.7503



Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02
Relazione Geotecnica

Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2RBRI4400001A

Foglio

82 di 86

Material Boundary

X	Y
6.01875	30.7503
99.1275	30.7503

Material Boundary

X	Y
6.01875	47.75
99.1275	47.75

Material Boundary

X	Y
6.01875	44.75
99.1275	44.75

Material Boundary

X	Y
6.01875	46.75
99.1275	46.75

Material Boundary

X	Y
6.01875	40.7503
99.1275	40.7503

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBRI4400001A</p>	<p>Foglio 83 di 86</p>

ALLEGATO 4- TABULATI DI SETTLE 3D – ANALISI SLE

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4400001A	Foglio 84 di 86

Settle3D Analysis Information

Project Settings

Document Name: RI44.s3z
Date Created: 15/09/2021, 10:04:49
Stress Computation Method: Boussinesq
Groundwater method: Water Table
Water Unit Weight: 9.81 kN/m³
Depth to water table: 0 [m]

Stage Settings

Stage #	Name
1	Stage 1
2	Stage 2

Results

Time taken to compute: 0 seconds

Stage: Stage 1

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	10.6582
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	10.6582
Loading Stress [kPa]	0	95.1062
Effective Stress [kPa]	-0	292.936
Total Stress [kPa]	0	587.236
Total Strain	-0	0.00940132
Pore Water Pressure [kPa]	0	294.3
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	1.2285	292.867
Over-consolidation Ratio	1	1
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0

Stage: Stage 2

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	11.7311
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	11.7311
Loading Stress [kPa]	1.68768e-005	98.7871
Effective Stress [kPa]	1.68768e-005	301.759
Total Stress [kPa]	1.68768e-005	596.059

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Rilevato ferroviario dal km 27+379,82 al km 27+817,02 Relazione Geotecnica	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBRI4400001A	Foglio 85 di 86


SEI1E302.000

Page 2 of 3

Total Strain	3.72229e-009	0.00980965
Pore Water Pressure [kPa]	0	294.3
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	1.22854	301.69
Over-consolidation Ratio	1	1
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0

Loads

1. Rectangular Load

Length: 9.4 m
Width: 100 m
Rotation angle: 0 degrees
Load Type: Flexible
Area of Load: 940 m²
Load: 14.4 kPa
Depth: -4.2 m
Installation Stage: Stage 2

Coordinates

X [m]	Y [m]
8.3	-50
17.7	-50
17.7	50
8.3	50

Embankments

1. Embankment

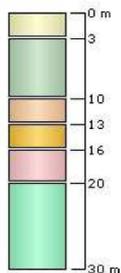
Center Line: (0, 50) to (0, -50)
Number of Layers: 2
Near End Angle: 90 degrees
Far End Angle: 90 degrees
Base Width: 40

Layer	Stage	Left Bench Width (m)	Left Angle (deg)	Height (m)	Unit Weight (kN/m ³)	Right Angle (deg)	Right Bench Width (m)
1	Stage 1	0	34	1.5	20	34	0
2	Stage 1	0	34	2.7	20	34	0

Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
1	U 3b (1)	3	0
2	U 3a (1)	7	3
3	U 4 (2)	3	10
4	U 3a/b (3)	3	13

5	U 4 (4)	4	16
6	U 3a/b (5)	10	20



Soil Properties

Property	U 3b (1)	U 3a (1)	U 4 (2)	U 3a/b (3)	U 4 (4)	U 3a/b (5)
Color						
Unit Weight [kN/m ³]	18.5	18.5	19	18.5	18.5	18.5
Saturated Unit Weight [kN/m ³]	18	18	18	18	18	18
Immediate Settlement	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled	Enabled
Es [kPa]	10000	15000	60000	15000	60000	25000
Esur [kPa]	10000	15000	60000	15000	60000	25000

Query Lines

Line #	Start Location	End Location	Horizontal Divisions	Vertical Divisions
1	-50, 0	50, 0	100	Auto: 65

Field Point Grid

Number of points: 300
Expansion Factor: 2

Grid Coordinates

X [m]	Y [m]
80.16	100
80.16	-100
-70	-100
-70	100