

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

MIGLIORAMENTO SISMICO E OPERE DI COMPLETAMENTO DEI VIADOTTI ESISTENTI DELLA LINEA FERRANDINA MATERA

GEOTECNICA

Relazione di stabilità scavi

SCALA:



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

I A 5 F 0 1 D 0 9 C L V I 0 5 0 3 0 0 4 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	S.Gasperoni	Luglio 2019	M.E.D'Effremo	Luglio 2019	F. Gernone	Luglio 2019	A. Vittozzi Luglio 2019

ITALFERR S.p.A.
Opere Civili e Gestione delle varianti
Dist. Ingeg. Guido Vittozzi
Ingeg. Ingegnere 2004
Prov. Roma
N. 420783

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.3	PROGRAMMI DI CALCOLO UTILIZZATI	5
3.	INQUADRAMENTO GEOTECNICO VIADOTTO.....	6
3.1	PREMESSA.....	6
3.2	RICONOSCIMENTO UNITÀ GEOTECNICHE	6
3.3	SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO.....	6
3.4	FALDA.....	7
4.	ANALISI DI STABILITA'	8
4.1	PREMESSA.....	8
4.2	METODOLOGIE DI CALCOLO.....	8
4.3	SEZIONE DI CALCOLO	9
4.4	RISULTATI.....	9
5.	APPENDICE A: ANALISI DI STABILITÀ. TABULATI DI CALCOLO SLIDE.....	11
5.1	ANALISI STATICA SLU – SCAVO PILA P2	11
5.2	ANALISI STATICA SLU – SCAVO PILA P3	16

1. PREMESSA

Nella presente relazione si riportano le verifiche di stabilità degli scavi a cielo aperto provvisionali per la realizzazione dell'ampliamento delle fondazioni delle pile del viadotto Bradano (VI05), nell'ambito della realizzazione della nuova Linea Ferrandina – Matera "La Martella" per il collegamento della città di Matera alla rete ferroviaria nazionale, in particolare con Salerno, per l'accesso al sistema AV/AC, e con Taranto, attraverso la linea Battipaglia-Potenza-Metaponto-Taranto.

In particolare verranno affrontati i seguenti aspetti:

- Breve richiamo delle condizioni geotecniche;
- Verifiche di stabilità delle scarpate provvisionali.

Tutte le analisi svolte nel seguito sono eseguite in conformità alla normativa italiana vigente sulle opere civili (DM 17/01/2018).

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella					
	VIADOTTO "BRADANO"					
Relazione di stabilità scavi	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
	IA5F	01	D09 CL	VI 0503004	A	4 di 20

2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa di riferimento

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- [N.2]. Circolare N.7 del 21-01-2019, C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'Applicazione Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.
- [N.3]. RFI DTC SI PS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture
- [N.4]. Progetto DOC-Reluis 2005-2008 – linea 3: Valutazione e riduzione del rischio sismico di ponti esistenti – “linee guida e manuale applicativo per la valutazione della sicurezza sismica e il consolidamento dei ponti esistenti in c.a.” marzo 2009

2.2 Documenti di riferimento

- [DC1]. IA5F00D78RHGE0005001 - Nuova Linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale. Progetto Definitivo. Relazione geotecnica;
- [DC2]. IA5F00D78F6GE0005001 - Nuova Linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale. Progetto Definitivo. Profilo Geotecnico.
- [DC3]. E.0.2. Progetto Esecutivo. Costruzione di un tratto di linea tra Matera e Ferrandina in funzione di collegamento diretto della città di Matera alla rete F.S.. Stazione di Ferrandina – Stazione di Matera la Martella. Relazione calcoli statici 2 a parte. Novembre 1985.
- [DC4]. V.B.2.1.EL. Progetto Esecutivo. Costruzione di un tratto di linea tra Matera e Ferrandina in funzione di collegamento diretto della città di Matera alla rete F.S.. spalla A Carpenteria fondazioni e pianta micropali.
- [DC5]. V.B.2.2.EL. Progetto Esecutivo. Costruzione di un tratto di linea tra Matera e Ferrandina in funzione di collegamento diretto della città di Matera alla rete F.S.. spalla B Carpenteria fondazioni e pianta micropali.
- [DC6]. V.B.3.1.EL. Progetto Esecutivo. Costruzione di un tratto di linea tra Matera e Ferrandina in funzione di collegamento diretto della città di Matera alla rete F.S..Pila 1 Carpenteria fondazioni e pianta micropali.
- [DC7]. V.B.3.2.EL. Progetto Esecutivo. Costruzione di un tratto di linea tra Matera e Ferrandina in funzione di collegamento diretto della città di Matera alla rete F.S..Pila 4 Carpenteria fondazioni e pianta micropali.
- [DC8]. V.B.7.E Progetto Esecutivo. Costruzione di un tratto di linea tra Matera e Ferrandina in funzione di collegamento diretto della città di Matera alla rete F.S.. Pile 2-3 opere in fondazione.
- [DC9]. IA5F01D09RHVI0000001A- Nuova Linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale. Progetto Definitivo. Criteri di calcolo delle fondazioni.

- [DC10]. A.8 - Nuova Linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale. Progetto Definitivo. Relazione descrittiva dello stato di fatto e degli interventi sul versante.
- [DC11]. Elaborati EG1÷EG11, EGA. - Studi geologici e geotecnici: consolidamenti e calcolo fondazioni. 1987.
- [DC12]. IA5F01D09ROVI000001A Relazione tecnico-illustrativa: Materiali, Fattore di confidenza e criteri di calcolo
- [DC13]. IA5F01D09P9VI0500002A VI05 - Pianta scavi e sezione longitudinale tav.1/2
- [DC14]. IA5F01D09P9VI0500003A VI05 - Pianta scavi e sezione longitudinale tav.2/2
- [DC15]. IA5F01D09P9VI0500004A VI05 - Pianta fondazione e sezione longitudinale 1
- [DC16]. IA5F01D09P9VI0500005A VI05 - Pianta fondazione e sezione longitudinale 2
- [DC17]. IA5F01D09P9VI0500006A VI05 - Pianta fondazione e sezione longitudinale 3
- [DC18]. IA5F01D09BZVI0500001A Carpenteria interventi elevazioni pile 1 e 4
- [DC19]. IA5F01D09BZVI0500002A Carpenteria interventi fondazioni pile 1 e 4
- [DC20]. IA5F01D09BZVI0500003A Carpenteria interventi fondazioni pile 2 e 3

2.3 Programmi di calcolo utilizzati

- **“SLIDE 7”** - Il programma di calcolo è stato adottato per le verifiche di stabilità, è prodotto da Rocscience. E' validato ed utilizzato in svariati ambiti progettuali (Italferr, Autostrade, ecc.). In accordo a quanto prescritto nel paragrafo 10.2 del D.M. 14/01/2008, il progettista certifica la affidabilità del suddetto codice di calcolo e l' idoneità di utilizzo nel caso specifico.

3. INQUADRAMENTO GEOTECNICO VIADOTTO

3.1 Premessa

Di seguito si riportano le principali unità geotecniche intercettate lungo il tracciato ed una sintesi dei parametri di progetto. Per il dettaglio delle indagini eseguite e la scelta dei parametri si rimanda alla Relazione descrittiva dello stato di fatto e degli interventi sul versante [DC10].

3.2 Riconoscimento unità geotecniche

Le indagini hanno intercettato le seguenti unità geotecniche:

Unità 1e – Depositi terrazzati del Fiume Bradano: Si tratta di depositi alluvionali terrazzati.

Unità ASP – Argille subappennine: Si tratta di argille limose e argille marnose grigie da consistenti a dure.

Unità GRA – Calcareniti di Gravina: Si tratta di rocce, calcareniti di colore avana-giallastro passante ad avana-biancastro, a struttura granulare da fine a grossolana, con alterazione da debole a media, medio dura, poco fratturata, RQD da 40 a 100%.

Unità Cc – Calcarea di Altamura: Si tratta di rocce, calcilutiti di colore da nocciola-grigiastra a nocciola-biancastra, a struttura compatta, alterazione da media ad elevata, dura, con talvolta fratture, RQD da 30 a 90%.

3.3 Sintesi dei parametri geotecnici di progetto

Nella seguente tabella si riassumono i parametri geotecnici di progetto per le unità intercettate interagenti con le fondazioni.

Unità 2 – Argille subappennine

$\gamma = 19.0 \div 20.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 29 \div 31 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 21 \div 23^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 165 \div 230 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$V_s = 300 \div 500 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$E_o = 600 \div 1000 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$k = 7.0 \cdot 10^{-9} \div 1.5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità

Unità 3 – Calcareniti di Gravina

$\gamma = 19 \div 21.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
GSI = 40	Geological Strength Index

$\sigma_{ci} = 4\div 7$ MPa	resistenza a compressione della roccia intatta
$m_i = 9$	costante per la roccia intatta
$c' = 30$ kPa	coesione drenata
$\varphi' = 37^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$V_s = 800\div 1000$ m/s	velocità delle onde di taglio
$E_o = 5000\div 5500$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale
$E = 200$ MPa	modulo di deformazione elastico operativo
$k = 8.5 \cdot 10^{-8} \div 1.5 \cdot 10^{-7}$ m/s	coefficiente di permeabilità

Unità 4 – Calcare di Altamura

$\gamma = 24.0\div 26.0$ kN/m ³	peso di volume naturale
GSI = 37	Geological Strength Index
$\sigma_{ci} = 28\div 35$ MPa	resistenza a compressione della roccia intatta
$m_i = 9$	costante per la roccia intatta
$c' = 130$ kPa	coesione drenata per profondità < 20 m
$\varphi' = 40^\circ$	angolo di resistenza al taglio per profondità < 20 m
$c' = 190$ kPa	coesione drenata per profondità > 20 m
$\varphi' = 39^\circ$	angolo di resistenza al taglio per profondità > 20 m
$V_s = 850\div 1050$ m/s	velocità delle onde di taglio
$E_o = 5000\div 6500$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale
$k = 2.0 \cdot 10^{-8} \div 1.0 \cdot 10^{-5}$ m/s	coefficiente di permeabilità

I moduli di deformabilità "operativi" (E') da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, saranno assunti pari a 1/3÷1/5 di quello iniziale (E0).

3.4 Falda

Durante la perforazione dei sondaggi è rilevata falda solo nel piezometro S7_DH_50 a 18 m da p.c., negli altri fori la falda è assente.

Il livello di falda viene assunto come indicato nel profilo geologico/geotecnico.

4. ANALISI DI STABILITÀ

4.1 Premessa

Nel seguente capitolo si riporta l'analisi di stabilità degli scavi a cielo aperto provvisori per la realizzazione dell'ampliamento delle fondazioni delle pile del viadotto. Le scarpate hanno pendenza 2 (verticale) /3 (orizzontale).

4.2 Metodologie di calcolo

Le verifiche di stabilità per le scarpate di scavo provvisorie sono state svolte in condizioni statiche in quanto si tratta di scavi provvisori.

L'esame delle condizioni di stabilità è stato condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. Per la valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità globale si è impiegato il codice di calcolo denominato Slide 8.0, in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Sono state cautelativamente considerate ipotesi di deformazione piana. In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo di Bishop che prevede superfici di scorrimento circolari nei terreni. Nelle analisi sono state ovviamente tralasciate le superfici più corticali in quanto poco significative e per le quali non risulta idonea una analisi convenzionale all'equilibrio limite.

Il coefficiente di sicurezza FS a rottura lungo la superficie di scorrimento viene definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie:

$$FS = \frac{\int_S \tau_{disp}}{\int_S \tau_{mob}}$$

In accordo alla normativa vigente per rilevati in materiali sciolti e fronti di scavo, le analisi di stabilità vengono condotte secondo la combinazione (A2+M2+R2).

Secondo la normativa quindi i parametri di resistenza del terreno devono essere abbattuti a mezzo dei coefficienti parziali di seguito riportati.

$$\gamma_\varphi = 1.25 \quad \text{coefficiente parziale per l'angolo di resistenza al taglio}$$

$$\gamma_c = 1.25 \quad \text{coefficiente parziale per la coesione drenata}$$

L'analisi viene quindi condotta con i seguenti parametri geotecnici di calcolo:

$$\tan(\varphi'_k) = \tan(\varphi'_k) / \gamma_\varphi \quad \text{angolo di resistenza al taglio}$$

$$c'_k = c'_k / \gamma_c \quad \text{coesione drenata}$$

In condizioni statiche, il coefficiente di sicurezza minimo per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo è pari ad 1.1 (γ_R). Pertanto il fattore di sicurezza alla stabilità da verificare $FS \geq 1.1$.

4.3 Sezione di calcolo

Le analisi di stabilità sono state condotte per le due situazioni più critiche in termini di altezza dello scavo e stratigrafia. Le altezze di scavo sono state stimate dalle tavole del profilo geotecnico del 1985, in cui comunque non sono indicate le quote estradosso plinto. Quindi gli effettivi spessori di scavo dovranno comunque essere verificati in sito all'apertura degli scavi, per verificare la congruenza con le ipotesi progettuali.

In particolare si sono analizzate due sezioni:

- Sezione di scavo per la realizzazione della pila P2, con altezza pari a 6.0 m. La stratigrafia è costituita da uno strato superficiale di circa 2 m di argille limose ASP (unità 2), seguito dalle calcareniti di Gravina (unità 3). La falda non interferisce con gli scavi.
- Sezione di scavo per la realizzazione della pila P3, con altezza pari a 4.5 m. La stratigrafia è costituita da uno strato di argille limose ASP (unità 2) di circa 4 m la cui permeabilità è molto bassa, seguito dalle calcareniti di Gravina (unità 3). Livello falda da profilo geologico a circa 2 m da p.c.

Nell'analisi la falda è stata considerata come da profilo geotecnico/geologico e quindi interferisce in minima parte con gli scavi i quali vengono comunque realizzati all'interno della formazione ASP a bassa permeabilità.

Sono stati considerati i seguenti parametri geotecnici:

Unità 2 – Argille subappennine

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 25 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 22^\circ$	angolo di resistenza al taglio

Unità 3 – Calcareniti di Gravina

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 30 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 37^\circ$	angolo di resistenza al taglio

4.4 Risultati

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità in condizioni statiche SLU. I tabulati di calcolo completi sono riportati in **Appendice A**.

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto previsto da normativa ($\gamma_R \geq 1.1$); quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

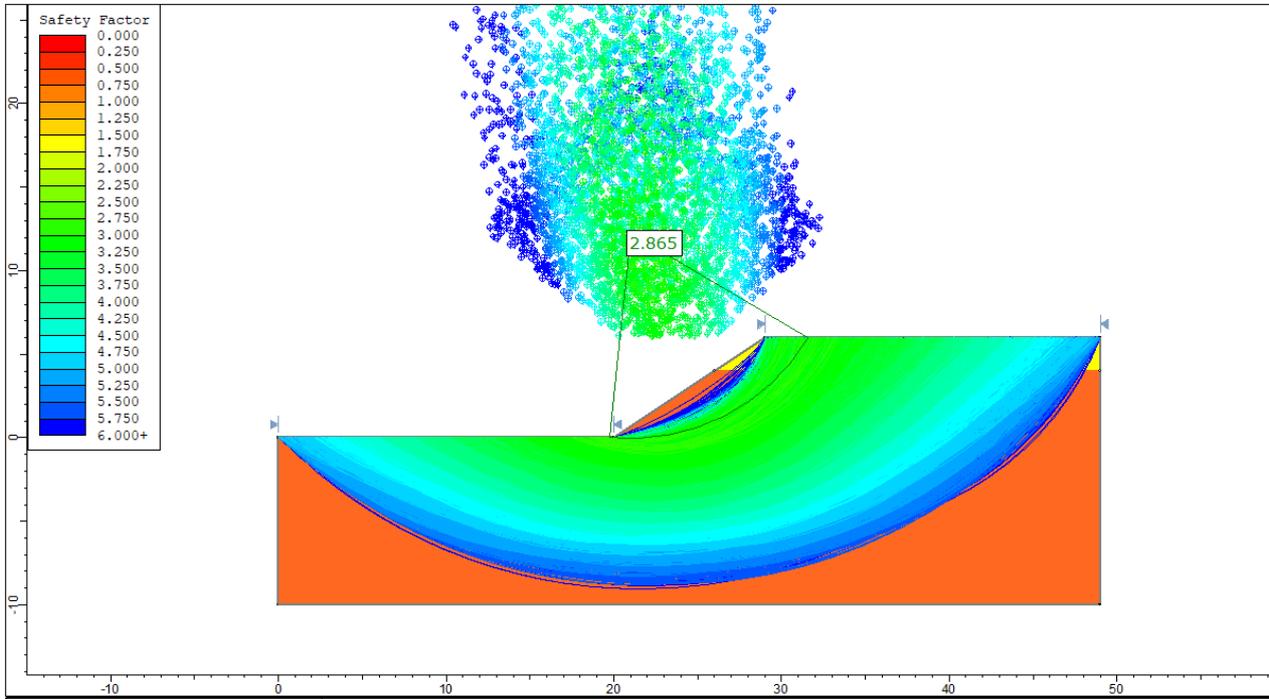


Figura 1 – Analisi statica SLU – Scavo pila P2

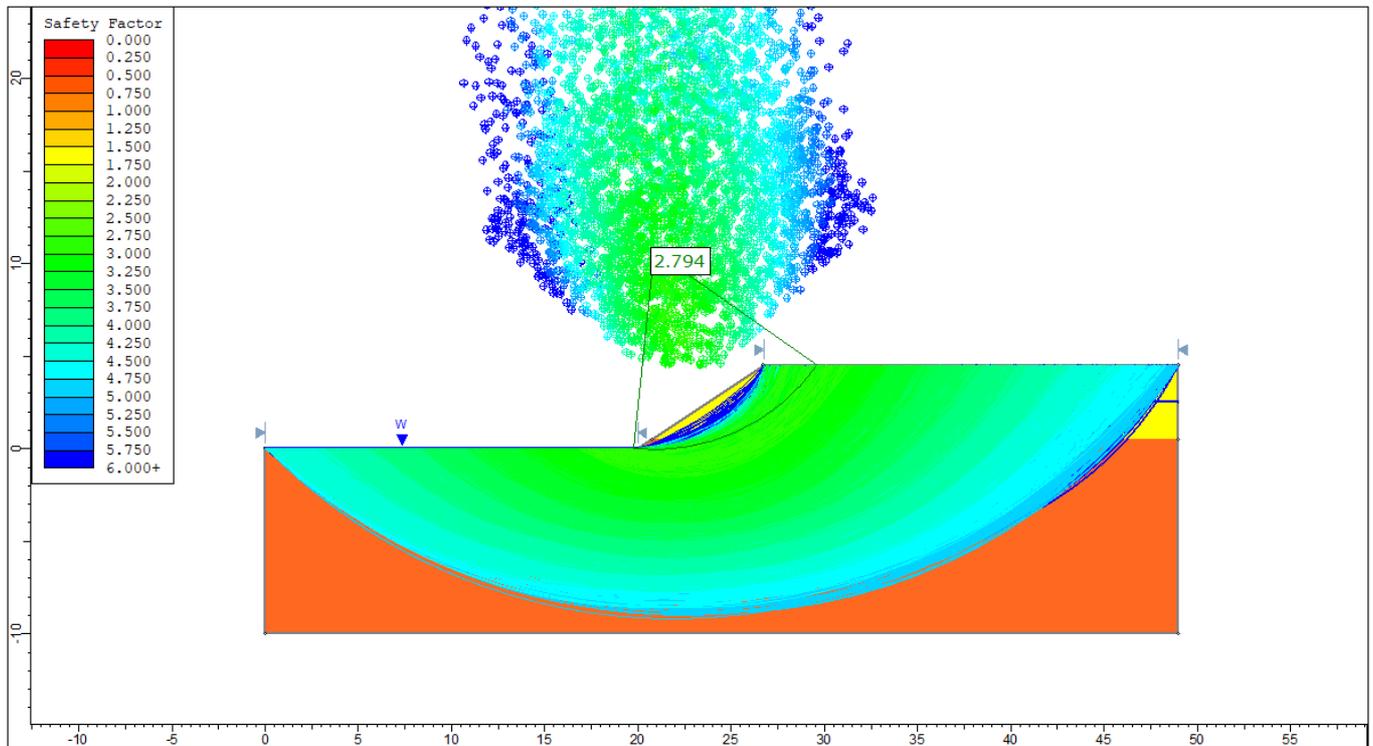


Figura 2 – Analisi statica SLU – Scavo pila P3



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella
VIADOTTO "BRADANO"

Relazione di stabilità scavi

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D09 CL	VI 0503004	A	11 di 20

5. APPENDICE A: ANALISI DI STABILITÀ. TABULATI DI CALCOLO SLIDE

5.1 Analisi statica SLU – Scavo pila P2

Slide Analysis Information

Bradano_scarpata provvisionaleP2

Project Summary

File Name: Bradano_scarpata provvisionaleP2.slmd
Slide Modeler Version: 8.021
Compute Time: 00h:00m:00.440s
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 02/10/2017, 09:00:02

General Settings

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

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified

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

Groundwater Analysis



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella

VIADOTTO "BRADANO"

Relazione di stabilità scavi

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D09 CL	VI 0503004	A	12 di 20

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: Slope Search
Number of Surfaces: 5000
Upper Angle [°]: Not Defined
Lower Angle [°]: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Invalid Surfaces
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Minimum Area: Not Defined
Minimum Weight: Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Materials

Property	ASP	GRA
Color		
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	19	19
Cohesion [kPa]	20	24
Friction Angle [°]	17.9	31
Water Surface	None	None
Ru Value	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

Relazione di stabilità scavi

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D09 CL	VI 0503004	A	13 di 20

FS	2.865370
Center:	21.001, 12.186
Radius:	12.249
Left Slip Surface Endpoint:	19.756, 0.000
Right Slip Surface Endpoint:	31.574, 6.000
Resisting Moment:	7130.5 kN-m
Driving Moment:	2488.51 kN-m
Total Slice Area:	24.4833 m ²
Surface Horizontal Width:	11.8185 m
Surface Average Height:	2.07161 m

Valid/Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 4775
 Number of Invalid Surfaces: 225

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.86537

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	0.235417	0.0486971	-5.28438	GRA	24	31	8.58578	24.6014	1.00097	0	1.00097	0.206849	0.206849
2	0.235417	0.460734	-4.17939	GRA	24	31	8.92301	25.5677	2.60913	0	2.60913	1.9571	1.9571
3	0.235417	1.22899	-3.07595	GRA	24	31	9.57854	27.4461	5.7352	0	5.7352	5.22048	5.22048
4	0.235417	1.97743	-1.97365	GRA	24	31	10.2111	29.2585	8.75158	0	8.75158	8.3997	8.3997
5	0.235417	2.70558	-0.87209	GRA	24	31	10.8204	31.0045	11.6575	0	11.6575	11.4928	11.4928
6	0.235417	3.41349	0.229152	GRA	24	31	11.4069	32.6849	14.4542	0	14.4542	14.4998	14.4998
7	0.235417	4.10116	1.33048	GRA	24	31	11.9707	34.3005	17.1428	0	17.1428	17.4208	17.4208
8	0.235417	4.76856	2.4323	GRA	24	31	12.512	35.8516	19.7244	0	19.7244	20.2558	20.2558
9	0.235417	5.41567	3.53502	GRA	24	31	13.0311	37.3389	22.1996	0	22.1996	23.0046	23.0046
10	0.235417	6.04242	4.63905	GRA	24	31	13.528	38.7627	24.5693	0	24.5693	25.667	25.667
11	0.235417	6.64873	5.74481	GRA	24	31	14.0028	40.1233	26.8337	0	26.8337	28.2424	28.2424
12	0.235417	7.23449	6.85273	GRA	24	31	14.4557	41.421	28.9934	0	28.9934	30.7306	30.7306
13	0.235417	7.79957	7.96322	GRA	24	31	14.8867	42.6558	31.0485	0	31.0485	33.1309	33.1309
14	0.235417	8.34381	9.07674	GRA	24	31	15.2957	43.8279	32.9991	0	32.9991	35.4427	35.4427
15	0.235417	8.86702	10.1937	GRA	24	31	15.6828	44.9371	34.8452	0	34.8452	37.6653	37.6653
16	0.235417	9.369	11.3146	GRA	24	31	16.048	45.9834	36.5866	0	36.5866	39.7976	39.7976
17	0.235417	9.84951	12.44	GRA	24	31	16.3911	46.9666	38.2228	0	38.2228	41.8387	41.8387
18	0.235417	10.3083	13.5702	GRA	24	31	16.7121	47.8863	39.7535	0	39.7535	43.7874	43.7874
19	0.235417	10.745	14.7058	GRA	24	31	17.0108	48.7423	41.178	0	41.178	45.6426	45.6426
20	0.235417	11.1594	15.8474	GRA	24	31	17.2871	49.5339	42.4955	0	42.4955	47.4027	47.4027
21	0.235417	11.551	16.9955	GRA	24	31	17.5407	50.2606	43.7048	0	43.7048	49.0661	49.0661
22	0.235417	11.9195	18.1506	GRA	24	31	17.7715	50.9218	44.8055	0	44.8055	50.6315	50.6315
23	0.235417	12.2644	19.3135	GRA	24	31	17.9791	51.5167	45.7954	0	45.7954	52.0963	52.0963
24	0.235417	12.5852	20.4846	GRA	24	31	18.1632	52.0444	46.6738	0	46.6738	53.4593	53.4593
25	0.235417	12.8813	21.6648	GRA	24	31	18.3236	52.5038	47.4382	0	47.4382	54.717	54.717
26	0.235417	13.1523	22.8548	GRA	24	31	18.4597	52.8939	48.0876	0	48.0876	55.8681	55.8681
27	0.235417	13.3973	24.0552	GRA	24	31	18.5712	53.2133	48.6191	0	48.6191	56.9089	56.9089
28	0.235417	13.6158	25.267	GRA	24	31	18.6575	53.4607	49.0308	0	49.0308	57.8371	57.8371
29	0.235417	13.8069	26.491	GRA	24	31	18.7181	53.6344	49.3199	0	49.3199	58.6487	58.6487

Relazione di stabilità scavi

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D09 CL	VI 0503004	A	14 di 20

30	0.235417	13.9697	27.7282	GRA	24	31	18.7524	53.7327	49.4834	0	49.4834	59.3404	59.3404
31	0.235417	14.1034	28.9796	GRA	24	31	18.7597	53.7536	49.5181	0	49.5181	59.9081	59.9081
32	0.235417	14.2068	30.2464	GRA	24	31	18.7393	53.6949	49.4208	0	49.4208	60.3476	60.3476
33	0.235417	14.2788	31.5297	GRA	24	31	18.6902	53.5543	49.1866	0	49.1866	60.6533	60.6533
34	0.235417	14.3181	32.8309	GRA	24	31	18.6116	53.329	48.8117	0	48.8117	60.8203	60.8203
35	0.235417	14.3232	34.1515	GRA	24	31	18.5023	53.016	48.2905	0	48.2905	60.8418	60.8418
36	0.235417	14.2926	35.493	GRA	24	31	18.3613	52.612	47.6182	0	47.6182	60.7119	60.7119
37	0.235417	14.2244	36.8574	GRA	24	31	18.1872	52.1132	46.7884	0	46.7884	60.4226	60.4226
38	0.235417	14.1167	38.2466	GRA	24	31	17.9787	51.5155	45.7935	0	45.7935	59.965	59.965
39	0.235417	13.9672	39.6629	GRA	24	31	17.7339	50.8141	44.6261	0	44.6261	59.3296	59.3296
40	0.235417	13.5852	41.1089	GRA	24	31	17.3095	49.598	42.6021	0	42.6021	57.7069	57.7069
41	0.235417	12.667	42.5875	GRA	24	31	16.4822	47.2277	38.6573	0	38.6573	53.8069	53.8069
42	0.235417	11.6728	44.1021	GRA	24	31	15.6026	44.7073	34.4628	0	34.4628	49.5839	49.5839
43	0.235417	10.6239	45.6565	GRA	24	31	14.6877	42.0858	30.0997	0	30.0997	45.128	45.128
44	0.235417	9.5155	47.2555	GRA	24	31	13.7354	39.3569	25.5582	0	25.5582	40.4199	40.4199
45	0.243356	8.60184	48.9331	ASP	20	17.9	9.70834	27.818	24.2049	0	24.2049	35.3468	35.3468
46	0.243356	7.26883	50.6981	ASP	20	17.9	9.09443	26.0589	18.7587	0	18.7587	29.8692	29.8692
47	0.243356	5.84744	52.5323	ASP	20	17.9	8.44621	24.2015	13.0082	0	13.0082	24.0284	24.0284
48	0.243356	4.32616	54.4469	ASP	20	17.9	7.75988	22.2349	6.91952	0	6.91952	17.7772	17.7772
49	0.243356	2.69037	56.4558	ASP	20	17.9	7.03073	20.1456	0.450882	0	0.450882	11.0554	11.0554
50	0.243356	0.920892	58.5776	ASP	20	17.9	6.25279	17.9166	-6.45049	0	-6.45049	3.7842	3.7842

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.86537

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	19.7557	0	0	0	0
2	19.9911	-0.0217742	2.04302	0	0
3	20.2265	-0.0389769	4.18852	0	0
4	20.4619	-0.0516275	6.51601	0	0
5	20.6973	-0.0597401	8.99084	0	0
6	20.9327	-0.0633236	11.5799	0	0
7	21.1681	-0.0623821	14.2517	0	0
8	21.4036	-0.0569144	16.976	0	0
9	21.639	-0.0469146	19.7243	0	0
10	21.8744	-0.0323715	22.4692	0	0
11	22.1098	-0.0132688	25.1845	0	0
12	22.3452	0.0104148	27.8455	0	0
13	22.5806	0.0387063	30.4283	0	0
14	22.8161	0.0716379	32.9104	0	0
15	23.0515	0.109247	35.2701	0	0
16	23.2869	0.151579	37.4871	0	0
17	23.5223	0.198682	39.5417	0	0
18	23.7577	0.250614	41.4154	0	0
19	23.9931	0.307438	43.0907	0	0
20	24.2286	0.369224	44.5511	0	0
21	24.464	0.436051	45.7809	0	0
22	24.6994	0.508004	46.7655	0	0
23	24.9348	0.585181	47.4913	0	0
24	25.1702	0.667684	47.9455	0	0
25	25.4056	0.755631	48.1166	0	0
26	25.6411	0.849147	47.994	0	0
27	25.8765	0.948372	47.5682	0	0
28	26.1119	1.05346	46.831	0	0

29	26.3473	1.16457	45.7752	0	0
30	26.5827	1.2819	44.3951	0	0
31	26.8181	1.40565	42.6864	0	0
32	27.0536	1.53603	40.6463	0	0
33	27.289	1.6733	38.2738	0	0
34	27.5244	1.81773	35.5697	0	0
35	27.7598	1.96963	32.5369	0	0
36	27.9952	2.12933	29.1807	0	0
37	28.2306	2.2972	25.5092	0	0
38	28.4661	2.47369	21.5334	0	0
39	28.7015	2.65925	17.2682	0	0
40	28.9369	2.85444	12.7325	0	0
41	29.1723	3.05987	8.05556	0	0
42	29.4077	3.27625	3.57098	0	0
43	29.6431	3.5044	-0.618637	0	0
44	29.8786	3.74528	-4.4112	0	0
45	30.114	4	-7.68791	0	0
46	30.3573	4.27929	-12.0855	0	0
47	30.6007	4.57659	-15.4494	0	0
48	30.844	4.89411	-17.5243	0	0
49	31.0874	5.23462	-17.992	0	0
50	31.3308	5.60167	-16.4466	0	0
51	31.5741	6	0	0	0

Entity Information

Group: Analisi Statica

Shared Entities

Type	Coordinates	
	X	Y
External Boundary	0	0
	0	-10
	49	-10
	49	4
	49	6
	29	6
	26	4
	20	0
Material Boundary	26	4
	49	4



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella
VIADOTTO "BRADANO"

Relazione di stabilità scavi

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D09 CL	VI 0503004	A	16 di 20

5.2 Analisi statica SLU – Scavo pila P3

Slide Analysis Information

Bradano_scarpata provvisorialeP3

Project Summary

File Name: Bradano_scarpata provvisorialeP3.sldm
Slide Modeler Version: 8.021
Compute Time: 00h:00m:00.463s
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 02/10/2017, 09:00:02

General Settings

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

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

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

Groundwater Analysis

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

Random Numbers



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella
VIADOTTO "BRADANO"

Relazione di stabilità scavi

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D09 CL	VI 0503004	A	17 di 20

Pseudo-random Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Slope Search
Number of Surfaces: 5000
Upper Angle [°]: Not Defined
Lower Angle [°]: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Invalid Surfaces
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Minimum Area: Not Defined
Minimum Weight: Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis: No

Staged pseudostatic analysis: No

Materials

Property	ASP	GRA
Color		
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	19	19
Cohesion [kPa]	20	24
Friction Angle [°]	17.9	31
Water Surface	Water Table	Water Table
Hu Value	1	1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	2.793770
Center:	20.841, 10.669
Radius:	10.724
Left Slip Surface Endpoint:	19.756, 0.000
Right Slip Surface Endpoint:	29.614, 4.500
Resisting Moment:	3847.38 kN-m
Driving Moment:	1377.13 kN-m
Total Slice Area:	16.6588 m2
Surface Horizontal Width:	9.85805 m
Surface Average Height:	1.68987 m

Valid/Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 4814

Number of Invalid Surfaces: 186

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.79377

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	0.195281	0.0335265	-5.28729	GRA	24	31	8.78315	24.5381	0.984131	0.0885709	0.89556	0.171307	0.0827359
2	0.195281	0.229307	-4.24031	GRA	24	31	8.90761	24.8858	1.83437	0.360151	1.47422	1.17393	0.813782
3	0.195281	0.744177	-3.19474	GRA	24	31	9.32097	26.0407	4.33083	0.934602	3.39623	3.81056	2.87596
4	0.195281	1.26104	-2.15024	GRA	24	31	9.74099	27.2141	6.82315	1.474	5.34915	6.45742	4.98342
5	0.195281	1.76468	-1.10645	GRA	24	31	10.1507	28.3587	9.23257	1.97843	7.25414	9.03652	7.05809
6	0.195281	2.25511	-0.0630242	GRA	24	31	10.5502	29.4748	11.5597	2.44795	9.1117	11.548	9.1001
7	0.195281	2.73235	0.980377	GRA	24	31	10.9396	30.5627	13.8048	2.88258	10.9222	13.992	11.1094
8	0.195281	3.19638	2.0241	GRA	24	31	11.3189	31.6225	15.9683	3.28231	12.686	16.3683	13.086
9	0.195281	3.6472	3.0685	GRA	24	31	11.6883	32.6544	18.0504	3.64708	14.4033	18.677	15.0299
10	0.195281	4.08476	4.11392	GRA	24	31	12.0477	33.6585	20.0512	3.97681	16.0744	20.9177	16.9409
11	0.195281	4.50902	5.16072	GRA	24	31	12.3972	34.6349	21.9708	4.27137	17.6994	23.0904	18.819
12	0.195281	4.91992	6.20924	GRA	24	31	12.7368	35.5836	23.809	4.53062	19.2784	25.1947	20.6641
13	0.195281	5.31739	7.25986	GRA	24	31	13.0665	36.5047	25.5657	4.75435	20.8114	27.2303	22.4759
14	0.195281	5.70135	8.31294	GRA	24	31	13.3862	37.3981	27.2406	4.94235	22.2982	29.1965	24.2542
15	0.195281	6.07168	9.36886	GRA	24	31	13.6961	38.2638	28.8333	5.09432	23.739	31.0931	25.9987
16	0.195281	6.42827	10.428	GRA	24	31	13.996	39.1017	30.3435	5.20997	25.1335	32.9193	27.7093
17	0.195281	6.77099	11.4908	GRA	24	31	14.2859	39.9116	31.7703	5.28894	26.4814	34.6744	29.3855
18	0.195281	7.09968	12.5575	GRA	24	31	14.5658	40.6934	33.1133	5.33083	27.7825	36.3578	31.027
19	0.195281	7.41419	13.6288	GRA	24	31	14.8354	41.4468	34.3715	5.3352	29.0363	37.9685	32.6333
20	0.195281	7.71432	14.7049	GRA	24	31	15.0949	42.1716	35.5441	5.30156	30.2426	39.5056	34.204
21	0.195281	7.99986	15.7863	GRA	24	31	15.3439	42.8674	36.63	5.22936	31.4006	40.9679	35.7385
22	0.195281	8.27059	16.8735	GRA	24	31	15.5825	43.534	37.628	5.11799	32.51	42.3545	37.2365
23	0.195281	8.52626	17.9671	GRA	24	31	15.8252	44.2119	38.5321	4.89378	33.6383	43.6639	38.7702
24	0.203397	9.1358	19.0905	ASP	20	17.9	11.3668	31.7563	40.984	4.58561	36.3984	44.918	40.3324
25	0.203397	9.37885	20.2445	ASP	20	17.9	11.5105	32.1576	41.8679	4.22719	37.6407	46.1131	41.8859
26	0.203397	9.60384	21.4073	ASP	20	17.9	11.648	32.5417	42.6529	3.82293	38.83	47.2194	43.3965
27	0.203397	9.81036	22.5793	ASP	20	17.9	11.7792	32.9083	43.3367	3.37175	39.9649	48.2349	44.8631
28	0.203397	9.99792	23.7614	ASP	20	17.9	11.904	33.2569	43.9165	2.87248	41.0441	49.1572	46.2848
29	0.203397	10.166	24.9544	ASP	20	17.9	12.0221	33.5869	44.3896	2.32382	42.0658	49.9839	47.6601
30	0.203397	10.3141	26.159	ASP	20	17.9	12.1333	33.8977	44.7528	1.72435	43.0284	50.7123	48.988
31	0.203397	10.4416	27.3763	ASP	20	17.9	12.2375	34.1889	45.0022	1.07253	43.9297	51.3391	50.2666
32	0.203397	10.5478	28.607	ASP	20	17.9	12.3344	34.4596	45.1344	0.366623	44.7678	51.8613	51.4947
33	0.196446	10.2675	29.8309	ASP	20	17.9	12.381	34.5896	45.1705	0	45.1705	52.27	52.27
34	0.196446	10.3254	31.0483	ASP	20	17.9	12.3746	34.5717	45.1149	0	45.1149	52.5646	52.5646
35	0.196446	10.3619	32.2816	ASP	20	17.9	12.355	34.5171	44.9456	0	44.9456	52.7505	52.7505
36	0.196446	10.2947	33.5318	ASP	20	17.9	12.2772	34.2996	44.2725	0	44.2725	52.4084	52.4084
37	0.196446	9.84053	34.8005	ASP	20	17.9	11.9873	33.4898	41.7652	0	41.7652	50.0967	50.0967
38	0.196446	9.31849	36.089	ASP	20	17.9	11.6607	32.5772	38.9397	0	38.9397	47.4394	47.4394
39	0.196446	8.77097	37.3989	ASP	20	17.9	11.3205	31.6269	35.9975	0	35.9975	44.6523	44.6523
40	0.196446	8.19663	38.7322	ASP	20	17.9	10.9662	30.6371	32.933	0	32.933	41.7287	41.7287
41	0.196446	7.59396	40.0909	ASP	20	17.9	10.5971	29.6058	29.7402	0	29.7402	38.6609	38.6609

Relazione di stabilità scavi

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D09 CL	VI 0503004	A	19 di 20

42	0.196446	6.96125	41.4773	ASP	20	17.9	10.2123	28.5309	26.4122	0	26.4122	35.4402	35.4402
43	0.196446	6.29655	42.8941	ASP	20	17.9	9.81107	27.4099	22.9414	0	22.9414	32.0565	32.0565
44	0.196446	5.59762	44.3442	ASP	20	17.9	9.39228	26.2399	19.319	0	19.319	28.4987	28.4987
45	0.196446	4.8619	45.8311	ASP	20	17.9	8.95482	25.0177	15.5351	0	15.5351	24.7536	24.7536
46	0.196446	4.08637	47.359	ASP	20	17.9	8.49736	23.7397	11.5783	0	11.5783	20.8058	20.8058
47	0.196446	3.26752	48.9325	ASP	20	17.9	8.01838	22.4015	7.43525	0	7.43525	16.6374	16.6374
48	0.196446	2.40113	50.5574	ASP	20	17.9	7.51611	20.9983	3.0907	0	3.0907	12.2271	12.2271
49	0.196446	1.48216	52.2404	ASP	20	17.9	6.98843	19.5241	-1.47352	0	-1.47352	7.54905	7.54905
50	0.196446	0.504416	53.99	ASP	20	17.9	6.43286	17.9719	-6.27902	0	-6.27902	2.57182	2.57182

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.79377

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	19.7557	0	0	0	0
2	19.9509	-0.018072	1.73217	0	0
3	20.1462	-0.0325506	3.49741	0	0
4	20.3415	-0.0434505	5.36398	0	0
5	20.5368	-0.0507826	7.31536	0	0
6	20.7321	-0.0545542	9.3315	0	0
7	20.9273	-0.054769	11.3933	0	0
8	21.1226	-0.0514272	13.4825	0	0
9	21.3179	-0.0445256	15.5816	0	0
10	21.5132	-0.0340573	17.6741	0	0
11	21.7085	-0.0200117	19.744	0	0
12	21.9037	-0.0023747	21.7764	0	0
13	22.099	0.0188715	23.7566	0	0
14	22.2943	0.0437485	25.671	0	0
15	22.4896	0.0722819	27.5067	0	0
16	22.6849	0.104501	29.251	0	0
17	22.8801	0.140441	30.8924	0	0
18	23.0754	0.180138	32.4197	0	0
19	23.2707	0.223637	33.8224	0	0
20	23.466	0.270984	35.0907	0	0
21	23.6613	0.322233	36.2155	0	0
22	23.8565	0.377441	37.1882	0	0
23	24.0518	0.436673	38.001	0	0
24	24.2471	0.5	38.6498	0	0
25	24.4505	0.570394	38.0756	0	0
26	24.6539	0.645409	37.275	0	0
27	24.8573	0.725149	36.242	0	0
28	25.0607	0.809729	34.9713	0	0
29	25.2641	0.899274	33.4589	0	0
30	25.4675	0.993923	31.7016	0	0
31	25.6709	1.09383	29.6974	0	0
32	25.8743	1.19915	27.4455	0	0
33	26.0777	1.31008	24.9465	0	0
34	26.2741	1.42272	22.2893	0	0
35	26.4706	1.54099	19.3837	0	0
36	26.667	1.66509	16.2319	0	0
37	26.8635	1.79527	12.8792	0	0
38	27.0599	1.9318	9.53048	0	0
39	27.2564	2.075	6.24422	0	0
40	27.4528	2.22518	3.06066	0	0

Relazione di stabilità scavi

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D09 CL	VI 0503004	A	20 di 20

41	27.6492	2.38275	0.0248678	0	0
42	27.8457	2.54812	-2.81246	0	0
43	28.0421	2.72178	-5.39402	0	0
44	28.2386	2.90429	-7.65463	0	0
45	28.435	3.09629	-9.51965	0	0
46	28.6315	3.29852	-10.903	0	0
47	28.8279	3.51185	-11.7044	0	0
48	29.0244	3.73729	-11.8063	0	0
49	29.2208	3.97609	-11.0685	0	0
50	29.4173	4.22971	-9.32254	0	0
51	29.6137	4.5	0	0	0

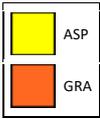
Entity Information

Group: Analisi Statica

Shared Entities

Type	Coordinates	
	X	Y
External Boundary	0	0
	0	-10
	49	-10
	49	0.5
	49	4.5
	26.75	4.5
	20.75	0.5
	20	0
Material Boundary	20.75	0.5
	49	0.5

Scenario-based Entities

Type	Coordinates		Master Scenario
	X	Y	
Water Table	0	0	Assigned to materials: 
	20	0	
	24.019	0.944	
	28.068	1.664	
	35.172	2.263	
	42.355	2.5	
	49	2.5	