

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA



MANDANTE



TEGENTAL



PROGETTO ESECUTIVO

RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA

Relazione Geotecnica (Analisi stabilità, cedimenti, etc)

APPALTATORE	PROGETTAZIONE	SCALA:
DIRETTORE TECNICO D'Agostino Angelo Antonio Costruzioni Generali s.r.l. (data e firma)	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing. M. RASIMELLI (data e firma)	-

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

I	A	3	S	0	1	E	Z	Z	R	B	I	A	0	5	0	0	0	0	1	F
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	F.Continisio	09/09/2021	F.Lomurno	09/09/2021	M. Rasimelli	09/09/2021	
B	Emissione Esecutiva	F.Continisio	22/09/2021	F.Lomurno	22/09/2021	M. Rasimelli	22/09/2021	
C	Emissione Esecutiva	F.Continisio	20/02/2022	F.Lomurno	20/02/2022	M. Rasimelli	21/02/2022	
D	Emissione Esecutiva	F.Continisio	05/05/2022	F.Lomurno	05/05/2022	M. Rasimelli	06/05/2022	
E	Emissione Esecutiva	F.Continisio	05/06/2022	F.Lomurno	05/06/2022	M. Rasimelli	06/06/2022	
F	Emissione Esecutiva	F.Continisio	05/09/2022	F.Lomurno	05/09/2022	M. Rasimelli	06/09/2022	

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RB	DOCUMENTO IA 05 00 001	REV. F	FOGLIO 2 DI 37

INDICE

1	PREMESSA	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	6
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
	3.1 DOCUMENTI DI INPUT	6
	3.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	7
5	INDAGINI ESEGUITE	9
6	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	11
7	PIEZOMETRIA	11
8	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	12
	8.1 UNITA' R	12
	8.2 UNITA' GRA, GRAALT – CALCARENITI DI GRAVINA.....	12
	8.2.1 Caratteristiche di deformabilità	13
	8.2.2 Caratteristiche di permeabilità.....	14
	8.3 UNITA' CBA – CALCARI DI BARI.....	14
	8.3.1 Caratteristiche di deformabilità	15
	8.3.2 Caratteristiche di permeabilità.....	16
9	MODELLO GEOTECNICO	17
10	CLASSIFICAZIONE SISMICA E STABILITA' DEL SITO.	18
11	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI DI RIPORTO	21
12	VERIFICHE DI SICUREZZA SLU	22
	12.1 SEZIONE DI CALCOLO	23
	12.1.1 RIFERIMENTI TEORICI.....	23
	12.1.2 RISULTATI.....	26
	12.1.3 CAPACITA' PORTANTE – CONDIZIONI STATICHE	30
	12.1.4 CAPACITA' PORTANTE – CONDIZIONI SISMICHE	34
13	VERIFICHE DI SICUREZZA SLE	34

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RB	DOCUMENTO IA 05 00 001	REV. F	FOGLIO 3 DI 37

13.1.1	STATO LIMITE DI ESERCIZIO – CONDIZIONI SISMICHE	36
14	MIGLIORAMENTO DEL TERRENO MEDIANTE COMPATTAZIONE	36
15	CONCLUSIONI.....	37

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RB	DOCUMENTO IA 05 00 001	REV. F	FOGLIO 4 DI 37

1 **PREMESSA**

La presente relazione geotecnica è stata redatta nell'ambito della progettazione della riambientalizzazione della Cava Cutizza, relativamente al riassetto del nodo di Bari lungo la linea Bari – Lecce – Tratta a sud di Bari – Variante di tracciato tra Bari C. e Bari Torre a Mare. L'area oggetto di studio è ubicata nelle vicinanze del centro commerciale Bari Blu, nel comune di Triggiano, in località San Giorgio e in prossimità di Lama San Giorgio, a circa 1.50 km dalla periferia del centro abitato e al ridosso del confine territoriale della città di Bari.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RB	DOCUMENTO IA 05 00 001	REV. F	FOGLIO 5 DI 37

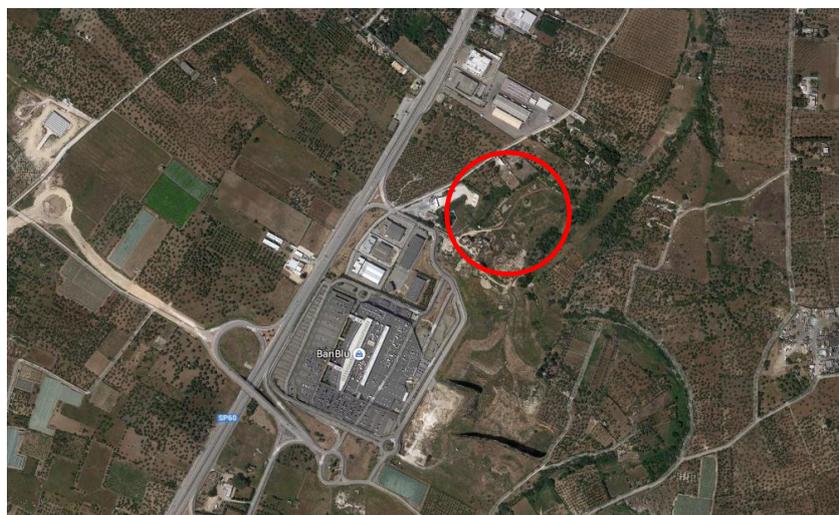
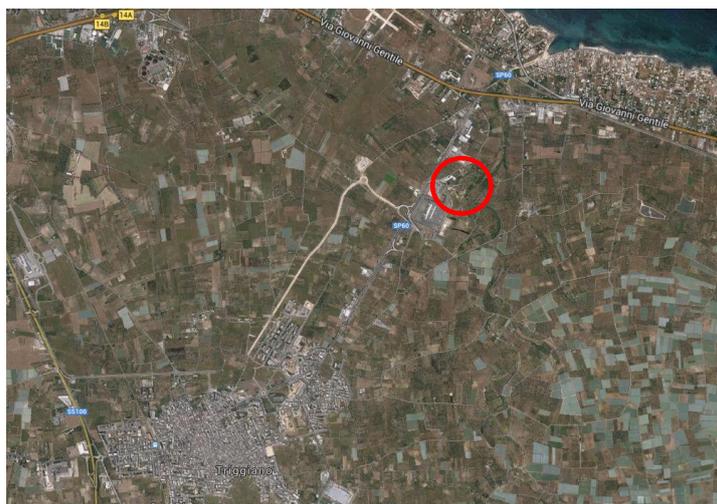


Figura 1 Inquadramento territoriale

La sistemazione ambientale prevede il riempimento dell'area di ex-cava, in modo da ottenere una configurazione stabile dal punto di vista geotecnico mediante il riporto di terre e rocce da scavo provenienti dagli scavi per la realizzazione della tratta ferroviaria, l'inerbimento e la piantumazione di essenze vegetali idonee.

Dal punto di vista morfologico l'attuale cava si presenta allo stregua di una valle artificiale con uno sviluppo tra le quote circa 10.50 m s.l.m. e 25.50 m s.l.m. A seguito della sistemazione ambientale qui prevista, al sito sarà conferita una morfologia simile a quella pre-esistente all'attività estrattiva,

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	6 DI 37

riempiendo i volumi cavati con materiali di riporto abbancati secondo la geometria di progetto, tale da garantirne la stabilità, riportando tutto il piano campagna ad una quota di circa 25.50m s.l.m..

Il progetto di sistemazione ambientale prevede:

- riporto, secondo le sagome di progetto, dei materiali provenienti dagli scavi per la realizzazione della tratta ferroviaria;
- realizzazione di un adeguato sistema di regimazione e drenaggio delle acque di filtrazione nel corpo dei riporti;
- sistemazione superficiale con terreno vegetale e piantumazione di idonee essenze vegetali.

Il riporto dei materiali si addosserà alle scarpate di cava esistenti, rimodellando la morfologia del sito per attribuirvi una configurazione maggiormente stabile dal punto di vista geotecnico.

Il quantitativo di materiale di riporto abbancabile, valutato geometricamente, è di circa 180'000 m³.

Posto che per effetto del rigonfiamento naturale, del successivo carico dei mezzi d'opera in fase di stesura e per peso proprio il materiale è soggetto ad assestamenti, il volume iniziale che si stima sarà conferibile è pari a circa 175'000 m³.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del documento è descrivere le valutazioni di carattere geotecnico su cui si è basato il dimensionamento degli interventi e mostrare le verifiche geotecniche effettuate ai sensi della normativa vigente in materia.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 DOCUMENTI DI INPUT

Progetto Definitivo del Riassetto del Nodo di Bari - 02/2014

3.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	7 DI 37

La progettazione è conforme alle normative vigenti.

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

- 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;
- DM 6/5/2008 – Integrazione al D.M. 14-01-2008 di approvazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A – Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;
- RFI DINIC MA CS 00 001 C – Manuale di progettazione corpo stradale.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di cava si colloca nella porzione centrale della Regione Puglia in corrispondenza dei settori più esterni dell'altopiano Murgiano, uno dei più estesi blocchi emersi della piattaforma carbonatica Apula.

In particolare il sito di cava insiste su un'area in cui affiora la sequenza sedimentaria dei Calcari di Bari costituito da una potente successione di strati e banchi di calcari, calcari dolomitici e dolomie. I calcari sono frequentemente di tipo detritico. A luoghi si rinvencono micriti a grana fine, biancastre o più raramente grigie chiare, giallastre o rosate, con abbondanti microfaune. A varie altezze sono osservabili livelli di calcari biostromali con rudiste e gasteropodi, che costituiscono dei precisi livelli guida.

Le dolomie, generalmente in banchi, sono di solito grigiastre e sub – saccaroidi. Dolomie e calcari dolomitici ricorrono in particolare nei tratti inferiore e medio, dove si osservano anche letti discontinui di brecce calcareo – dolomitiche. Nella parte superiore i calcari detritici assumono un caratteristico aspetto a lastre, dette chiancherelle. Per loro natura le rocce carbonati che sono soggette, seppure in maniera selettiva e relativa al loro chimismo, al fenomeno carsico. Tale fenomeno si manifesta ampiamente sul territorio murgiano, con forme sia ipogee (cavità) che superficiali (doline, inghiottitoi).

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	8 DI 37

L'esistenza di cavità nel sottosuolo, riempite o meno da terre rosse che rappresentano i prodotti residuali insolubili del carsismo, non è, in genere, accompagnata da evidenze morfologiche superficiali. La loro presenza trae origine dalla progressiva dissoluzione di rocce carbonati che sia a partire da soluzioni di continuità determinate dalla risposta fragile della compagine calcarea a seguito di eventi tettonici, sia a partire dai semplici giunti di strato, determinando alla fine un complesso sistema di canalizzazioni ipogee.

Il calcare di Bari corrisponde ad una sequenza dello spessore di circa 2000 metri. Inoltre in corrispondenza del principale corso d'acqua del settore, denominato Lama S.Giorgio, sono presenti depositi continentali in facies alluvionale (al) di spessore massimo di circa 3.5 m e sono in appoggio, con contatto erosivo, sui termini dei Calcari di Bari.

Le unità litostratigrafiche che si rinvengono lungo il tracciato in esame sono essenzialmente riconducibili al Gruppo dei Calcari delle Murge (formazioni marine del Cretaceo) ed al Deposito Calcarea-Detritico Trasgressivo (formazioni marine del Pliocene-Quaternario). Solo localmente si rinvengono depositi di limitato spessore riferibili alle Successioni continentali di genesi prevalentemente alluvionale.

- **Gruppo dei Calcari delle Murge.** Si tratta di un potente complesso sedimentario costituito dal Calcare di Bari e dalla sovrastante formazione del Calcare di Altamura. Nell'area in oggetto affiora solo il Calcare di Bari.
 - *Calcare di Bari, CBA* (Albiano inferiore – Cenomaniano superiore). Si tratta di una potente successione di strati, banchi di calcari, calcari dolomitici e dolomie. I calcari sono frequentemente di tipo detritico. Si osservano anche letti discontinui di brecce calcarea-dolomitiche (ghiaie fortemente eterometriche con matrice argilloso-limosa e limoso sabbiosa). In relazione alla loro natura, i calcari sono soggetti al fenomeno carsico, che si manifesta sia con forme ipogee (cavità) che superficiali (doline, inghiottitoi). Le cavità sono poi riempite talvolta da terre rosse che rappresentano i prodotti residuali insolubili del carsismo (sabbie e limi da debolmente argillosi ad argillosi di colore rossastro con ghiaie e blocchi calcarei eterometrici). I fenomeni carsici sono piuttosto diffusi e difficilmente riconoscibili in superficie.
- **Deposito Calcarea-Detritico Trasgressivo.** Terreni essenzialmente marini presenti in copertura sul substrato carbonatico mesozoico. Nell'area in studio comprende; la formazione delle Calcareniti di Gravina ed i Depositi marini terrazzati.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	9 DI 37

- *Calcareniti di Gravina, GRA* (Galesiano – Calambriano). La formazione si trova sopra il calcare di Bari con contatto rappresentato da una netta superficie di erosione marina. E' costituita da calcareniti di colore giallastro, massicce o con stratificazione poco evidente, con buon grado di cementazione. Nel tracciato in esame la potenza dello strato è sempre inferiore ai 10 m; localmente alla base si osservano limi e sabbie limose e calcisiltiti poco cementate.

- *Depositi marini terrazzati, Dmt* (Pleistocene medio – Pleistocene superiore). Sono formati da depositi di spiaggia di natura essenzialmente carbonatico-terrigena. Si tratta di orizzonti sabbiosi e argilloso-limosi di colore giallastro o rossastro con grado di cementazione generalmente scadente. Lo spessore è mediamente intorno ai 5 m, il limite inferiore è sul Calcare di Bari e/o sulla Calcarenite di Gravina. Lungo il tracciato in esame la formazione è rintracciata tra le progressive chilometriche 0+930 e 1+445 circa, dove comunque è stata carotata (SB3) come alternanza di sabbia limosa con pietrisco calcareo e calcare fratturato con sabbia limosa.

- **Successioni continentali.** Sono costituite da sedimenti di genesi prevalentemente alluvionale posti in copertura alle formazioni più antiche.

- *Depositi alluvionali attuali e recenti* (Pleistocene superiore – Olocene): si rinvengono in corrispondenza dei principali corsi d'acqua a regime essenzialmente stagionale o effimero. Dal punto di vista litologico sono piuttosto eterogenei con scheletro ciottoloso-ghiaioso eterometrico e di natura prevalentemente calcarea, immerso in matrice limoso argillosa, talvolta sabbiosa, costituita dai prodotti residuali dell'alterazione dei calcari.

5 INDAGINI ESEGUITE

Per la caratterizzazione geotecnica/geomeccanica in prossimità di cava Cutizza, sono state prese in considerazione le indagini geotecniche svolte nell'area in esame nella Campagna geognostica per la redazione del Progetto Definitivo del Riassetto del Nodo di Bari eseguite nel 2013.

In particolare in prossimità della cava sono stati realizzati i sondaggi SB12 ed SB13 per una profondità di 30 m, lungo i quali sono stati prelevati campioni, sono stati installati piezometri, sono state realizzate prove SPT, down hole, lugeon.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	10 DI 37

SONDAGGIO	QUOTA BOCCAFFORO	PROFONDITÀ	PROGRESSIVA	CAMPIONI LITOIDI	CAMPIONI TERRENO (CR rim.) (Cl ind.)	SPT	Piezometro	DH	LUGEON
	[m] s.l.m.	[m]	[km]	n.	n.	n.prove	[m]		[m]
SB12	19.8	30	7+300.74		CR1 (2.00)	1		30	24.00 - 25.00
SB13	18.6	30	7+815.13	CL1 (9.35) CL2 (12.50) CL2 (16.40) CL4 (29.55)		2	TA [0-30]		13.00 - 14.00 28.00 - 29.00

Figura 2 Sondaggi campagna indagini 2013 - riepilogo prove realizzate

Inoltre in prossimità dell'area in esame sono state realizzate prove masw che hanno permesso di individuare i profili di velocità delle onde di taglio (Vs) fino a profondità 35 m dal p.c.

SIGLA INDAGINE	PROGRESSIVA	Vs, 30
M12	7+300	1025
M13	7+781	1000

La Tabelle riassumono il numero di campioni prelevati e le prove geotecniche eseguite in sito e in laboratorio, in particolare durante le perforazioni dei sondaggi in esame sono state eseguite le seguenti attività:

- riconoscimento stratigrafico e geotecnico;
- 1 prelievo di campioni rimaneggiato per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- 4 campioni litoidi
- 3 prove penetrometriche dinamiche Standard Penetration Test (SPT);
- 1 prove down hole;
- 3 prove di permeabilità Lugeon;
- installazione di 1 piezometro a tubo aperto
- 2 prove masw per la ricostruzione dei profili delle velocità delle onde di taglio (Vs).

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	11 DI 37

6 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

L'area oggetto del presente lavoro si inserisce lungo la variante di tracciato tra Bari centrale e Bari Torre a Mare. Il contesto geotecnico lungo il tracciato che si sviluppa per circa 10.130 km, è descritto nella relazione geotecnica generale, elaborato IA0D 00 D 78 RH GE 00 05 001 A, del Progetto Definitivo del Riassetto del Nodo di Bari - 02/2014.

Sulla base di tale relazione, lungo il tracciato sono state intercettate le seguenti unità geotecniche procedendo a partire dal p.c. fino alla massima profondità investigata (30.0m):

Unità R - Terreni di riporto e coltre vegetale. Si tratta di terreno di riporto antropico (Ra) che costituisce il corpo dei rilevati esistenti e del terreno vegetale (Rv) costituito prevalentemente da sabbie limose con inclusi elementi lapidei, laterizi.

Unità GRA: Calcareniti di Gravina, calcareniti debolmente cementate (rocce tenere) di colore bianco con intercalati orizzonti di sabbie addensate di colore giallo ocraceo e spessore decimetrico. Generalmente nell'area sono state intercettate calcareniti molto alterate (Unità GRAalt), costituite da calcareniti poco cementate miste a sabbie.

Unità CBA: Calcari di Bari. si tratta di calcari dolomitici bianchi o grigio chiari. L'ammasso si presenta da fratturato a molto fratturato, duro, e caratterizzato talvolta dalla presenza di vuoti generati da dissoluzione carsica, quasi sempre riempiti da materiale residuale di colore rossastro, a granulometria limo – sabbiosa. Questi materiali costituiscono una sotto unità denominata (Tr). Localmente il calcare è stato carotato come ghiaia e ciottoli misto a limo sabbioso debolmente argilloso con spezzoni di calcare di pochi centimetri: breccia calcarea denominata nel seguito come unità Br).

Per i criteri di interpretazione delle indagini geotecniche si rimanda alla Documentazione di Input (geotecnica generale IA0D 00 D 78 RH GE 00 05 001 A par. 6.3).

7 PIEZOMETRIA

Di seguito si riportano le misure di falda effettuate nella campagna di indagini oggetto della presente relazione.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	12 DI 37

Sigla Ind.	Tipo indagine	Quota boccaforo	Data	Profondità	campioni litoidi	campioni terreno (CR rim.) (Cl ind.)	SPT	Piezometro [TA;CC]	FALDA	FALDA	V _{s,30}	DH
		[m] s.l.m.	anno	[m]	n.	n.	n. prove	[m]	[m] da p.c.	[m] s.l.m.	[m/s]	-
SB12	Sondaggio	19.80	2013	30.00	-	CR1 (2.00)	1		24.00	-4.20	1010	30.0
SB13	Sondaggio	18.60	2013	30.00	CL1 (9.35) CL2 (12.50) CL3 (16.40) CL4 (29.55)	-	2	TA [0-30]	19.30	-0.70	-	-

8 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

8.1 UNITA' R

Lo spessore di coltre vegetale presente a partire da p.c. è variabile da 0.2 m–0.6 m ed è costituita da sabbia limosa e limo sabbioso di colore marrone – bruno con inclusi fustoli vegetali, rari clasti sub-angolari e sporadici resti di laterizi. Non sono stati raccolti campioni di questo materiale, né sono state eseguite prove in sito. Quindi la caratterizzazione geotecnica di tale unità è basata sulle conoscenze di materiali simili in condizioni analoghe. In definitiva lungo il tracciato per l'unità Rv – coltre vegetale si possono assumere i seguenti intervalli di variabilità dei parametri geotecnici:

- $\gamma = 18 \div 20$ kN/m³ peso di volume naturale
- $\varphi' = 30^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 0$ kPa coesione drenata
- $E_0 = 50 \div 200$ MPa modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni.

8.2 UNITÀ GRA, GRAALT – CALCARENITI DI GRAVINA

Si tratta di calcareniti da poco a moderatamente cementate, localmente, alla base, si osservano limi e sabbie limose e calcisiltiti poco cementate.

Generalmente lungo il tracciato sono presenti sotto il terreno di riporto, fino a profondità massime di 5 m circa. I sondaggi eseguiti descrivono la formazione come una alternanza di strati di calcarenite poco cementata e sabbia con inclusi frammenti di calcarenite. Quindi per la caratterizzazione di questa formazione, essenzialmente a carattere lapideo, sono state distinte due sotto unità:

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandataria:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	13 DI 37

- *Unità GRA – calcareniti da poco a moderatamente cementate*
- *Unità GRAalt – calcareniti fortemente alterate e fratturate*

Lungo il tratto in esame, i sondaggi SB12 ed SB13 eseguiti nella campagna geognostica del 2013 hanno intercettato prevalentemente l'unità GRAalt – calcareniti fortemente alterate e fratturate. In generale questa formazione, costituita essenzialmente da "rocce tenere", si presenta costituita da materiali fini debolmente cementati. Talvolta la cementazione di questi materiali si perde completamente, quando essi vengono carotati durante l'esecuzione dei sondaggi; ciò è evidente se si osservano pareti di trincee esplorative eseguite in questi materiali.

Dalle analisi granulometriche eseguite sul campione CR1 di GRAalt prelevato lungo il sondaggio SB12, il deposito è caratterizzato da:

- una percentuale di ghiaia del 38%
- una percentuale di sabbia del 44%
- una percentuale di fine limo + argilla del 18%

Sul campione sono stati eseguiti anche dei limiti di Atterberg che hanno dato valori di limite liquido 24%, limite plastico 13% e indice plastico 10%.

Dall'interpretazione dei risultati delle prove SPT, considerando il materiale incoerente, si individuano valori dell'angolo di resistenza al taglio di 39÷40°.

8.2.1 *Caratteristiche di deformabilità*

Per la caratterizzazione in termini di deformazione della formazione in esame, ci si basa principalmente sui risultati delle indagini sismiche Down-Hole e MASW.

In second'ordine si può stimare le velocità delle onde di taglio dalle prove penetrometriche in sito SPT, anche mediante le correlazioni di Ohta e Goto (1978) e Yoshida et al (1988); questa stima dei parametri di deformazione sarà verosimile per caratterizzare i livelli prevalentemente terrosi incoerenti della formazione in esame.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	14 DI 37

Dalle prove sismiche Down-Hole (SB12) e dalle MASW (M12) in corrispondenza di questa unità si osservano velocità delle onde di taglio (V_s) comprese tra 400 m/s e 700 m/s, generalmente crescenti con la profondità. Da cui si stimano valori del modulo di deformazione a taglio iniziale (G_0) ed elastico iniziale (a piccole deformazioni) (E_0):

- $V_s = 400 \div 700$ m/s;
- $G_0 = 300 \div 1000$ MPa;
- $E_0 = 800 \div 2600$ MPa.

I valori "operativi" del modulo elastico possono essere stimati in 1/5 del modulo a piccole deformazioni per analisi di cedimenti di opere di sostegno e/o fondazioni ed in 1/10 del modulo a piccole deformazioni per analisi dei cedimenti dei rilevati.

In definitiva lungo il tracciato per l'unità in esame si possono assumere i seguenti intervalli di variabilità dei parametri geotecnici:

- $\gamma = 20$ kN/m³ peso di volume naturale
- $\varphi' = 32^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 10 \div 20$ kPa coesione drenata
- $E' = 200$ MPa modulo di deformazione elastico.

8.2.2 Caratteristiche di permeabilità

La permeabilità delle calcareniti di Gravina per fessurazione e porosità è generalmente bassa a questo complesso si attribuisce un coefficiente di permeabilità variabile da 1E-07 a 1E-05 m/s.

Nella zona di interesse si assume un valore pari a 10E-05 m/s considerando i dati derivanti dalle prove di permeabilità effettuate nell'area e riportate nella Relazione Geotecnica di riferimento.

8.3 UNITÀ CBA – CALCARI DI BARI

Il calcare di Bari rappresenta la formazione prevalente lungo tutto il tracciato in esame; in alcune zone è sovrastata dai riporti e dalla calcarenite di Gravina e quindi si intercetta ad una profondità massima di 3-

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	15 DI 37

5 m dal p.c., in altre zone affiora appena sotto la coltre vegetale di 0.3-0.5 m e localmente in corrispondenza dei "lama" rinviene sotto uno spessore massimo di 3-4 m di terreni alluvionali.

Nell'area in esame, i calcari di Bari rinviene alla profondità di 2.5 m da p.c.

Dalla profondità di 2.5 m a 12 m da p.c. il calcare risulta da fratturato a molto fratturato, con un valore di RQD stimato tra 0-20%; da 12 a 30 m da p.c. l'RQD è variabile dal 15 al 60.

Lungo il sondaggio SB13 nel Calcare di Bari sono stati prelevati 3 campioni litoidi su cui sono state eseguite prove per determinare la resistenza a compressione uni assiale con espansione laterale libera. I valori di resistenza misurati variano tra 60 e 86 MPa.

Le prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati in laboratorio mostrano un peso per unità di volume compreso nell'intervallo 23÷24 kN/m³.

I valori di GSI sono stati dedotti in base alle indicazioni fornite dai risultati delle indagini (RQD, descrizione geomeccanica) nell'ambito delle campagne di indagine.

Sulla base dei valori di GSI, della resistenza a compressione a compressione uniassiale, del coefficiente di disturbo D, nel tratto in esame si individuano i seguenti parametri:

- $\gamma = 23-24$ kN/m³ peso di volume naturale
- $\varphi' = 32^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 10 \div 20$ kPa coesione drenata

8.3.1 Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformazione sono stimate dai risultati delle indagini sismiche in foro Down-Hole e dalle stese sismiche MASW.

Nel Calcare di Bari si osservano velocità delle onde di taglio (V_s) variabili da 650 a 900 m/s per un primo spessore di 3-4 m circa; poi generalmente crescenti con la profondità da 900 a 1400 m/s.

A queste velocità sono correlabili rigidità al taglio a piccole deformazioni comprese nell'intervallo:

per un primo spessore di 3-4 m circa:

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	16 DI 37

$G_0 = 820 \div 1570 \text{ MPa}$;

$E_0 = 2100 \div 4100 \text{ MPa}$.

Per profondità superiori per i calcari più profondi e meno fratturati:

$G_0 = 1570 \div 3800 \text{ MPa}$;

$E_0 = 4100 \div 10000 \text{ MPa}$.

In definitiva lungo il tracciato per l'unità in esame si possono assumere i seguenti intervalli di variabilità dei parametri geotecnici:

Unità CBA - calcare di Bari da 2.5 a 12.0 m

- $\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
- $\varphi' = 36^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 10 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $E' = 400 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico.

Unità CBA - calcare di Bari da 12.0 a 30.0 m

- $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
- $\varphi' = 36^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 20 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $E' = 1000 \div 4000 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico.

8.3.2 Caratteristiche di permeabilità

Sono disponibili i risultati di 3 prove di permeabilità eseguite nei sondaggi che nella formazione del Calcare di Bari hanno dato un coefficiente di permeabilità di $3.3E-04 \div 8.1E-04 \text{ m/s}$; in generale la permeabilità per fessurazione e carsismo è variabile da media ad alta.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	17 DI 37

9 MODELLO GEOTECNICO

Sulla base dei sondaggi realizzati è stato possibile individuare il seguente modello geotecnico

Unità **Rv** – riporto da 0 a 0.5 m

- $\gamma = 18 \div 20$ kN/m³ peso di volume naturale
- $\varphi' = 30^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 0$ kPa coesione drenata
- $E_0 = 50 \div 200$ MPa modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni.

Unità **GRAalt** - calcareniti di Gravina alterate (limo sabbiosi con clasti calcarei) da 0.5 a 2.5 m

- $\gamma = 20$ kN/m³ peso di volume naturale
- $\varphi' = 32^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 10$ kPa coesione drenata
- $E' = 200$ MPa modulo di deformazione elastico.

Unità **CBA** - calcare di Bari da 2.5 a 12.0 m

- $\gamma = 23$ kN/m³ peso di volume naturale
- $\varphi' = 36^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 10$ kPa coesione drenata
- $E' = 400$ MPa modulo di deformazione elastico.

Unità **CBA** - calcare di Bari da 12.0 a 30.0 m

- $\gamma = 24$ kN/m³ peso di volume naturale
- $\varphi' = 36^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 20$ kPa coesione drenata

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	18 DI 37

- $E' = 1000\div 4000$ MPa modulo di deformazione elastico.

In accordo con le indicazioni dei rilievi piezometrici si assume che il livello massimo della falda è mediamente a -1 m s.l.m., a profondità maggiore di 22 m dal p.c. locale.

10 CLASSIFICAZIONE SISMICA E STABILITA' DEL SITO.

La caratterizzazione sismica di dettaglio è riportata nella relazione geologica. Brevemente verranno richiamate nel seguito le principali informazioni per la caratterizzazione sismica lungo il tracciato in progetto, valutata secondo quanto indicato dalla normativa vigente finalizzata alle verifiche geotecniche svolte nel presente elaborato (analisi di stabilità).

La normativa prevede la determinazione dell'azione sismica in funzione della posizione geografica del sito individuata dalla longitudine e latitudine. Note le coordinate è necessario determinare i parametri caratterizzanti l'azione sismica mediante interpolazione dei punti del reticolo di riferimento maggiormente vicini. Tale operazione è stata eseguita mediante il programma Spettri-NTC v.1.0.3 distribuito dal Ministero delle Infrastrutture. Nel caso in esame per la Regione Puglia comune di Bari in definitiva si ottiene:

$a_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 0.093 \cdot g$ accelerazione massima orizzontale di progetto;

$VR = 112.5$ anni periodo di riferimento per l'azione sismica ($VN = 75$ anni per opere di interesse pubblico, $CU = 1.5$ per opere di classe III ovvero con affollamenti significativi);

$PVR = 10\%$ probabilità di superamento dell'azione sismica nel periodo di riferimento VR (relativa allo stato limite SLV);

$TR = 1068$ anni tempo di ritorno dell'azione sismica

$a_g = 0.093 \cdot g$ accelerazione massima sul suolo di riferimento rigido;

$SS = 1.0$ coefficiente di amplificazione stratigrafica locale

($SS = 1.0$; $F_0 = 2.698$);

$ST = 1.0$ coefficiente di amplificazione topografica.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RB	DOCUMENTO IA 05 00 001	REV. F	FOGLIO 19 DI 37

Viene definita in accordo alla vigente normativa, la categoria di suolo. In generale, tale determinazione può essere effettuata sia attraverso indagini sismiche, che forniscono indicazioni dirette relativamente al valore di VS,30, sia mediante prove geotecniche, come SPT in foro e prove di laboratorio che consentono mediante correlazioni empiriche di risalire al valore di VS,30.

In relazione alla campagna di indagini condotta ed alle specifiche prove a disposizione, le categorie di sottosuolo per l'area di intervento sono state definite in funzione delle n. 16 prove MASW e di n. 8 prove Down-Hole, appositamente realizzate nell'area. Nella Tabella 1 è riportata una sintesi delle prove effettuate con i valori di VS,30 determinati.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatara: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	20 DI 37

Tabella 1 Valori di Vs, 30 da indagini sismiche

Sigla Indagine	Tipo indagine	Vs,30 [m/s]
SB3	Sondaggio	
SB5	Sondaggio	1055
SB8	Sondaggio	1050
SB9	Sondaggio	1015
SB10	Sondaggio	960
SB12	Sondaggio	1010
SB14	Sondaggio	1080
SB16	Sondaggio	1035
M01	Prova sism. MASW	1010
M02	Prova sism. MASW	1030
M03	Prova sism. MASW	1045
M05	Prova sism. MASW	1070
M06	Prova sism. MASW	1010
M07	Prova sism. MASW	1130
M08	Prova sism. MASW	1070
M09	Prova sism. MASW	1015
M09bis	Prova sism. MASW	1030
M10	Prova sism. MASW	970
M11	Prova sism. MASW	1035
M12	Prova sism. MASW	1025
M13	Prova sism. MASW	1000
M14	Prova sism. MASW	1050
M15	Prova sism. MASW	1090
M16	Prova sism. MASW	1050

In particolare le analisi sismiche condotte nell'area interessata dalla Cava Cutizza forniscono valori di $V_{s,30} \cong 1000$ [m/s]

In relazione a quanto emerso dalle analisi geofisiche condotte, tutti i settori di territorio investigati possono essere caratterizzati con una categoria di sottosuolo di tipo A ("Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{S,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	21 DI 37

strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m”), in quanto caratterizzati da valori di VS,30 mediamente compresi tra 960 e 1130 m/s.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
16.852

LATITUDINE
41.1187

Ricerca per comune

REGIONE
Puglia

PROVINCIA
Bari

COMUNE
Bari

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione
superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	68	0.036	2.456	0.312
SLD	113	0.042	2.527	0.364
SLV	1068	0.093	2.698	0.552
SLC	2193	0.118	2.767	0.563

11 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI DI RIPORTO

Il materiale utilizzato per i riporti in progetto verrà recuperato dai materiali di scavo in esubero della costruenda tratta ferroviaria, che non necessitano di alcun trattamento, fatto salvo la eliminazione di eventuali trovanti di grosse dimensioni non compatibili con gli interventi di esecuzione dei rilevati, e ad

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	22 DI 37

esclusione di quelli già movimentati e stoccati nelle aree di cantiere o di quelli ancora da scavare previo trattamento di consolidamento o utilizzo di additivi.

La granulometria dei nuovi depositi è strettamente legata al contesto nel quale l'unità viene osservata, in particolare, i parametri geotecnici fanno riferimento prevalentemente alle unità geotecniche: Rv e CBA, in percentuale minore dall'unità GRA.

Mediante i parametri geotecnici dei terreni provenienti dallo scavo della linea ferroviaria possono assumere:

- $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
- $\varphi' = 34^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 5 \text{ kPa}$ coesione drenata

tuttavia sulla base della caratterizzazione descritta, ai materiali da riportare nell'ambito del presente progetto saranno assegnati valori prudenziali dei parametri geotecnici ($\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$; $\phi'_k=28^\circ$; $c'_k=0$), inferiori a quelli tipici degli stessi materiali in posto, che prescindono dalla loro precisa caratterizzazione granulometrica, non valutabile a priori, e tengono conto del fatto che questi saranno rimaneggiati durante gli scavi.

Sarà necessario prevedere specifiche modalità di stesura e compattazione degli stessi materiali, al fine di poterli conferire caratteristiche di resistenza proprie delle formazioni di provenienza.

Ai terreni posati in tale zona saranno assegnati valori caratteristici dei parametri geotecnici 'migliori' ($\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$; $\phi'_k=32^\circ$; $c'_k=0$), compatibili con le granulometrie e le densità attese a seguito della compattazione.

12 VERIFICHE DI SICUREZZA SLU

Le verifiche sono effettuate con i consueti metodi cosiddetti "dell'equilibrio limite"

I vari metodi di calcolo dell'equilibrio limite disponibili in letteratura (Bishop, 1955; Janbu, 1973; Morgenstern e Price, 1965; Fellenius, 1927; etc.), si basano tutti sulle ipotesi seguenti:

- il coefficiente di sicurezza è definito come rapporto tra resistenza al taglio e sforzo di taglio mobilitato lungo la ipotetica superficie di scorrimento;
- il coefficiente di sicurezza (FS), che per la superficie corrispondente alla rottura è unitario, è costante in tutti i punti della superficie di scorrimento;
- la rottura avviene per il raggiungimento, contemporaneamente in tutti i punti della superficie di scorrimento, della resistenza limite.

Le analisi sono condotte in condizioni di deformazione piane utilizzando il codice di calcolo Slope sviluppato dalla Geostru software.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	23 DI 37

Il rapporto tra resistenza al taglio e sforzo di taglio mobilitato, FS (indicato nelle NTC come R2, coefficiente parziale per la resistenza del sistema geotecnico) deve risultare > 1.1 . Le analisi di stabilità sono effettuate sia per le condizioni statiche sia per le condizioni sismiche, utilizzando i seguenti valori dei coefficienti sismici:

$$k_H = 0.019;$$

$$k_V = \pm 0.009.$$

12.1 SEZIONE DI CALCOLO

La geometria del rilevato in progetto è caratterizzata da scarpate con pendenza circa 1V : 2H.

Lungo il rilevato è applicato un carico di intensità caratteristica pari a 10 kPa, atto a simulare il passaggio di un mezzo che deve compiere operazioni di manutenzione. La sezione di riferimento per le analisi di stabilità è la Sezione 9. Per il dettaglio circa l'ubicazione planimetrica e la geometria della scarpata si rimanda agli elaborati grafici "IA0D01D26P8IA0500001A" e "IA0D01D26W8IA0500001-3A".

Per la stratigrafia di calcolo e la profondità di falda si rimanda al cap. 9.

Per i terreni costituenti i rilevati sono assegnati valori caratteristici dei parametri geotecnici 'migliori' ($\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$; $\phi'_k = 32^\circ$; $c'_k = 0$, sebbene secondo la tabella Tabella 2 sono raggiungibili valori di $\phi'_k = 34^\circ$), compatibili con le granulometrie e le densità attese a seguito della compattazione.

SEZIONE 9

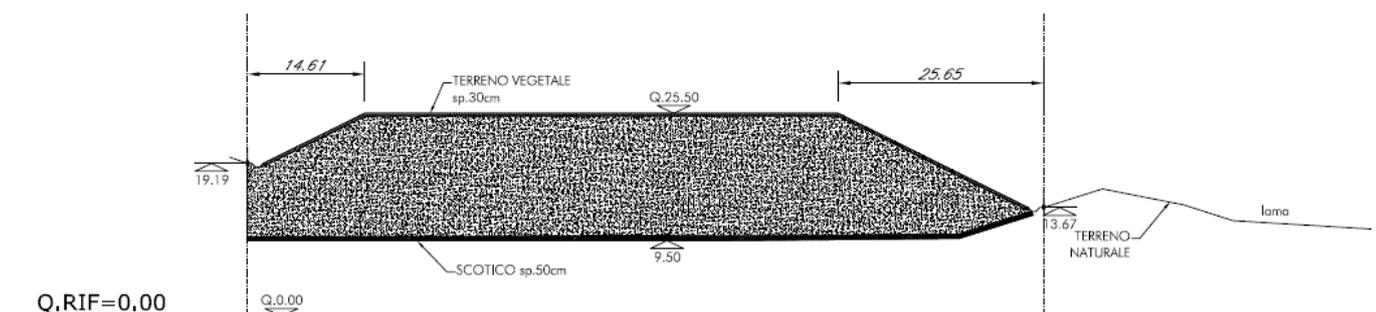


Figura 3 Sezione di calcolo

12.1.1 RIFERIMENTI TEORICI

Metodo equilibrio limite (LEM)

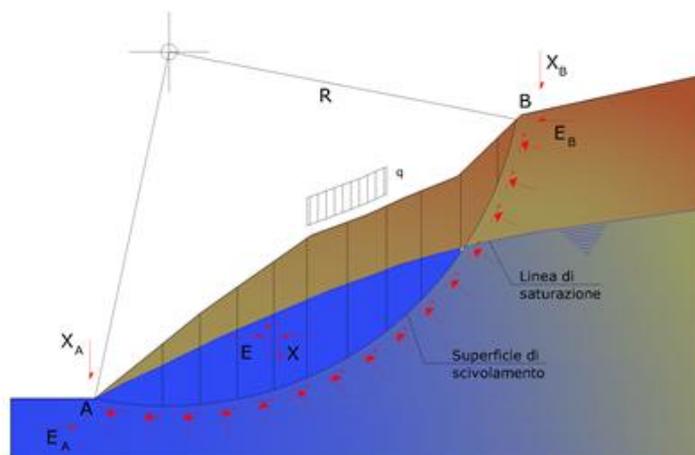
APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RB	DOCUMENTO IA 05 00 001	REV. F	FOGLIO 24 DI 37

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_j agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_j ;
- $(n-1)$ forze normali E_j agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_j agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_j ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_j ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	25 DI 37

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n;
- equazioni relative al criterio di rottura n.

Totale numero di equazioni 4n.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a (n-2) in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

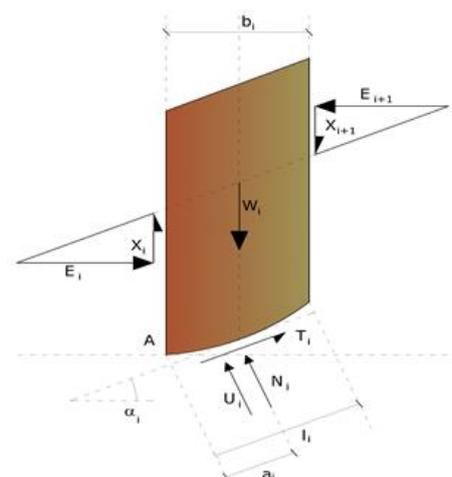
I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le (n-2) indeterminazioni.

Metodo di Bishop (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$



I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Valutazione dell'azione sismica

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	26 DI 37

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- W peso concio;
- K_x coefficiente sismico orizzontale;
- K_y coefficiente sismico verticale.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

12.1.2 RISULTATI

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.121845/16.856188
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	25.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	27 DI 37

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	98.72 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	37.74 m
Ascissa vertice destro superiore xs	172.59 m
Ordinata vertice destro superiore ys	64.1 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	25.0
Numero di celle lungo y	25.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	75.0 [anni]
Vita di riferimento:	113.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	68.0	0.35	2.46	0.31
S.L.D.	114.0	0.41	2.53	0.36
S.L.V.	1073.0	0.91	2.7	0.55
S.L.C.	2203.0	1.16	2.77	0.56

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.35	0.2	0.0071	0.0036
S.L.D.	0.41	0.2	0.0084	0.0042
S.L.V.	0.91	0.2	0.0186	0.0093
S.L.C.	1.16	0.27	0.0319	0.016

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.019
Coefficiente azione sismica verticale	0.009

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	30.6
2	50.2	30.6
3	53.5	29.3
4	67.1	36.1
5	126.2	36.1

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	28 DI 37

6	151.17	23.65
7	159.3	26.6
8	175.5	22.6
9	208.8	20.0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	10.0
2	208.8	10.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	20.0
2	53.5	20.0
3	53.5	29.3
4	67.1	36.1
5	126.2	36.1
6	151.17	23.65
7	141.3	20.0
8	208.8	20.0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	20.0
2	53.5	20.0
3	141.3	20.0
4	208.8	20.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10		32	20	20	GRA	
2	0		32	19.5	19.5	RILEVATO	
3	10		36	23	23	CBA	

Carichi distribuiti

N°	xi	yi	xf	yf	Carico esterno
----	----	----	----	----	----------------

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	29 DI 37

	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m ²)
1	67.4	36.1	125.7	36.1	10

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	4.92
Ascissa centro superficie	156.34 m
Ordinata centro superficie	38.27 m
Raggio superficie	15.57 m

$$x_c = 156.337 \quad y_c = 38.272 \quad R_c = 15.572 \quad F_s = 4.918$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.7	-33.7	0.84	0.92	0.02	0.01	0.0	26.6	0.0	1.2	0.1
2	0.7	-30.7	0.81	2.19	0.04	0.02	0.0	26.6	0.0	2.7	0.2
3	0.7	-27.7	0.79	2.78	0.05	0.03	0.0	26.6	0.0	3.3	0.3
4	0.7	-24.8	0.77	2.73	0.05	0.02	0.0	26.6	0.0	3.1	0.3
5	1.02	-21.4	1.1	2.71	0.05	0.02	0.0	26.6	0.0	3.0	0.3
6	0.38	-18.6	0.4	1.53	0.03	0.01	8.0	26.6	0.0	1.9	0.8
7	0.7	-16.6	0.73	7.97	0.15	0.07	8.0	26.6	0.0	8.9	1.9
8	0.7	-13.9	0.72	14.18	0.27	0.13	8.0	26.6	0.0	15.2	2.5
9	0.7	-11.3	0.71	19.92	0.38	0.18	8.0	26.6	0.0	20.9	3.0
10	0.7	-8.6	0.71	25.19	0.48	0.23	8.0	26.6	0.0	26.0	3.4
11	0.7	-6.0	0.7	30.01	0.57	0.27	8.0	26.6	0.0	30.6	3.9
12	0.7	-3.5	0.7	34.38	0.65	0.31	8.0	26.6	0.0	34.7	4.2
13	0.7	-0.9	0.7	38.3	0.73	0.34	8.0	26.6	0.0	38.4	4.6
14	0.7	1.7	0.7	41.78	0.79	0.38	8.0	26.6	0.0	41.7	4.9
15	0.7	4.3	0.7	44.83	0.85	0.4	8.0	26.6	0.0	44.6	5.2
16	0.7	6.9	0.7	47.43	0.9	0.43	8.0	26.6	0.0	47.1	5.4
17	0.75	9.6	0.76	53.37	1.01	0.48	8.0	26.6	0.0	53.1	6.0
18	0.65	12.2	0.66	44.91	0.85	0.4	8.0	26.6	0.0	44.8	5.1
19	0.7	14.7	0.72	43.97	0.84	0.4	8.0	26.6	0.0	44.1	5.1
20	0.7	17.4	0.73	38.73	0.74	0.35	8.0	26.6	0.0	39.1	4.7
21	0.7	20.1	0.75	32.98	0.63	0.3	8.0	26.6	0.0	33.6	4.2
22	0.7	22.9	0.76	26.7	0.51	0.24	8.0	26.6	0.0	27.4	3.7
23	0.7	25.7	0.78	19.86	0.38	0.18	8.0	26.6	0.0	20.6	3.1
24	0.7	28.6	0.8	12.41	0.24	0.11	8.0	26.6	0.0	12.8	2.4
25	0.7	31.6	0.82	4.31	0.08	0.04	8.0	26.6	0.0	4.1	1.6

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	30 DI 37



Figura 4 Geometria del modello di calcolo

12.1.3 CAPACITA' PORTANTE – CONDIZIONI STATICHE

Le verifiche di capacità portante, costituenti le verifiche SLU richieste dalla Normativa, sono state condotte adottando la formulazione trinomia classica (Formola generalizzata di Brinch – Hansen, 1970), adottando i coefficienti parziali relativi ai materiali, alle azioni ed alle resistenze come richiesto dalla Normativa vigente.

La verifica è stata effettuata considerando il carico del rilevato lungo l'area della cava, nell'ipotesi di un'altezza di media cautelativamente presa pari a 15m.

L'approccio di calcolo normativo utilizzato nella valutazione della capacità portante del terreno di fondazione è l'Approccio 1 – A2-M2-R2.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	31 DI 37

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = MI/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

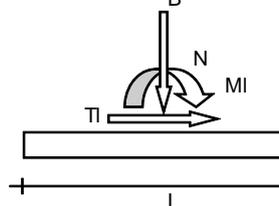
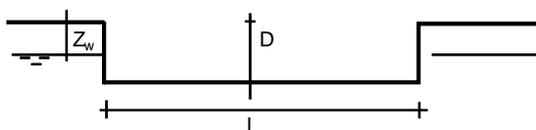
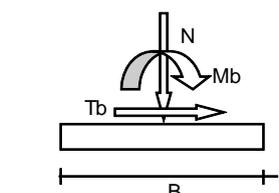
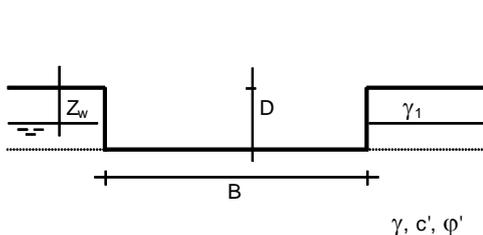
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

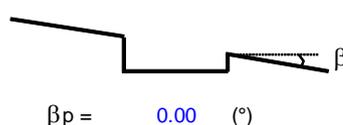
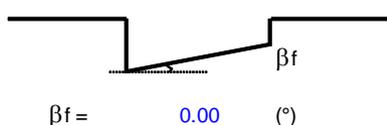
coefficienti parziali

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'	q_{lim}	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	●	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30
Tensioni Ammissibili	○		1.00	1.00	1.00	1.00	3.00
Definiti dal Progettista	○		1.35	1.50	1.00	1.00	1.40



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 116.00 (m)
L = 206.00 (m)
D = 0.00 (m)



APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	32 DI 37

	AZIONI		Valori di calcolo
	valori di input		
	permanenti	temporanee	
N [kN]	7897740.00		7897740.00
Mb [kNm]	0.00		0.00
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	0.00		0.00
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 23.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 23.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 10.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\phi' = 36.00 \quad (^\circ)$$

Valori di progetto

$$c' = 8.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\phi' = 30.17 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 20.00 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 116.00 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 206.00 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 14.72 \quad (\text{kN/mc})$$

Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \phi')}$$

$$N_q = 18.75$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \phi'$$

$$N_c = 30.54$$

$$N_y = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi'$$

$$N_y = 22.96$$

Sc, Sq, Sy : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L^* \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.35$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \phi' / L^*$$

$$s_q = 1.33$$

$$s_y = 1 - 0.4 \cdot B^* / L^*$$

$$s_y = 0.77$$

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	33 DI 37

i_c, i_q, i_y : **fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.64 \quad \theta = \arctg(Tb/Tl) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.36 \quad m = 1.64 \quad (-)$$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e m=(m_bsin²θ+m_lcos²θ) in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H/(N + B^*L^* c' \cotg\varphi))^m$$

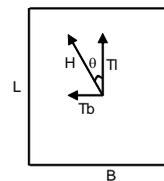
$$i_q = 1.00$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q)/(Nq - 1)$$

$$i_c = 1.00$$

$$i_y = (1 - H/(N + B^*L^* c' \cotg\varphi))^{(m+1)}$$

$$i_y = 1.00$$



d_c, d_q, d_y : **fattori di profondità del piano di appoggio**

per $D/B^* \leq 1$; $d_q = 1 + 2 D \tan\varphi' (1 - \sin\varphi')^2 / B^*$
per $D/B^* > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan\varphi' (1 - \sin\varphi')^2) * \arctan(D / B^*)$

$$d_q = 1.00$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$d_c = 1.00$$

$$d_y = 1$$

$$d_y = 1.00$$

b_c, b_q, b_y : **fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_l \tan\varphi')^2 \quad \beta_l + \beta_p = 0.00 \quad \beta_l + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_y = b_q$$

$$b_y = 1.00$$

g_c, g_q, g_y : **fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \quad \beta_l + \beta_p = 0.00 \quad \beta_l + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_y = g_q$$

$$g_y = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 15521.33 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 330.50 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 8622.96 \geq q = 330.50 \quad (\text{kN/m}^2)$$

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	34 DI 37

12.1.4 CAPACITA' PORTANTE – CONDIZIONI SISMICHE

Le verifiche di capacità portante in condizioni sismiche, secondo la normativa vigente (7.11.5.3.1) le verifiche in condizioni sismiche si possono effettuare considerando esplicitamente le azioni inerziali nel volume di terreno al di sotto della fondazione, consentendo di utilizzare un coefficiente γ_R a carico limite pari a 1.8. In tal caso, le accelerazioni nel volume di sottosuolo interessato dai cinematismi di rottura modificano i coefficienti di capacità portante in funzione del coefficiente sismico pseudo-statico k_H , che simula 'azione sismica in tale volume di terreno.

Per la valutazione degli effetti inerziali indotti dal sisma sulla determinazione della q_{lim} si è considerato il metodo di Paolucci & Pecker (1997) con l'introduzione dei fattori correttivi z:

$$z_\gamma = z_q = (1 - k_H / \tan \varphi)^{0,35}$$

$$z_c = 1 - 0,32 k_H$$

Con $k_H = 0.019$;

Coefficienti correttivi in Condizioni sismiche:

$$z_\gamma = z_q = (1 - k_H / \tan \varphi)^{0,35} = 0,98$$

$$z_c = 1 - 0,32 k_H = 0,99$$

Quindi la formula generalizzata di Hansen diventa:

$$q_{lim} = c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + \gamma_1 D N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_c + 0,5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma$$

$$q_{lim} = 15247,1 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim}/\gamma_R = 15247,1 \text{ (kN/ m}^2\text{)} / 1,8 = 8470,6 \text{ (kN/m}^2\text{)} \geq 330,50 \text{ (kN/m}^2\text{)} = q$$

Essendo q la pressione massima agente calcolata precedentemente.

13 VERIFICHE DI SICUREZZA SLE

APPALTATORE:
D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI
GENERALI s.r.l.

RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

Mandataria: Mandante:

RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl

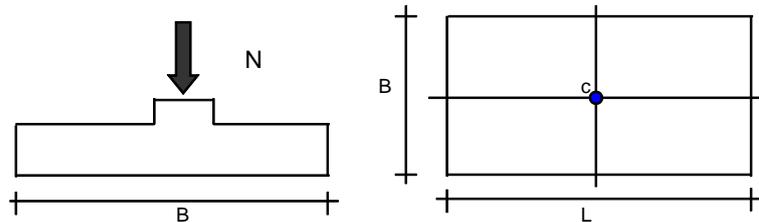
TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA
RELAZIONE GEOTECNICA

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	35 DI 37

CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE RETTANGOLARE

LAVORO:



Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

$$\Delta\sigma_{zi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) + ((L/2)(B/2)z)/R_3)(1/R_1^2 + 1/R_2^2)$$

$$\Delta\sigma_{xi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z)/R_3R_1^2)$$

$$\Delta\sigma_{yi} = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z)/R_3R_2^2)$$

$$R_1 = ((L/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_2 = ((B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_3 = ((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$\delta_{ot} = \sum \delta_i = \sum ((\Delta\sigma_{zi} - \nu_i(\Delta\sigma_{xi} + \Delta\sigma_{yi}))\Delta z_i / E_i)$$

DATI DI INPUT:

B = 116.00 (m) (Larghezza della Fondazione)
L = 206.00 (m) (Lunghezza della Fondazione)
N = 7897740 (kN) (Carico Verticale Agente)
q = 330.50 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B*L)))
ns = 2 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da	z _i	a	z _{i+1}	Δz _i	E	ν	δ _{ci}
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m ²)	(-)	(cm)
1	CBA1	7.50	0.0	7.5	1.0	400000	0.25	0.46		
2	CBA2	18.00	7.5	25.5	1.0	2000000	0.25	1.10		
-										-
-										-
-										-
-										-

$$\delta_{ctot} = 1.55 \text{ (cm)}$$

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RB	IA 05 00 001	F	36 DI 37

Considerando il cedimento immediato di 0.015 m che si verifica a seguito del riempimento della cava, è disponibile un volume abbancabile in più di circa 370 m³ che andrà a sommarsi al volume abbancabile riportato nella relazione generale IA0D01D26RGIA0500001A.

13.1.1 STATO LIMITE DI ESERCIZIO – CONDIZIONI SISMICHE

Secondo la normativa vigente al capitolo 7.11.5.3.1 *Stato Limite di Esercizio (SLD)* “la verifica nei confronti dello stato limite di danno può essere ritenuta soddisfatta in condizioni sismiche, impiegando le azioni corrispondenti allo SLD e determinando il carico limite di progetto con il coefficiente γ_R riportato nella Tabella 7.11.II”. Dunque si è provveduto alla verifica del carico limite con il coefficiente di sicurezza riportato nella tabella sopraindicata e pertanto si ritiene soddisfatta la verifica allo stato limite di danno in condizioni sismiche.

$$q_{lim}/\gamma_R = 15521,33 \text{ (kN/ m}^2\text{)} / 2,3 = 6748,40 \text{ (kN/m}^2\text{)} \geq q = 330,50 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

14 MIGLIORAMENTO DEL TERRENO MEDIANTE COMPATTAZIONE

Come evidenziato con le analisi di stabilità, al fine di soddisfare i requisiti della normativa vigente, i materiali da riportare dovranno essere posati e compattati con specifiche procedure, finalizzate ad ottenere i valori caratteristici dei parametri geotecnici seguenti:

$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 32^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

Per quanto concerne il valore dell'angolo di resistenza a taglio ed il valore del modulo, questi sono rappresentativi di materiali sabbiosi mediamente addensati; in particolare, a titolo indicativo si riporta la Tabella 2, che riporta la variazione dell'angolo di resistenza a taglio in funzione della granulometria prevalente del materiale e del grado di addensamento della terra.

Tabella 2 Variazione dell'angolo di resistenza a taglio in funzione della granulometria e del grado di addensamento (adattata da Lambe e Whitman, Soil mechanics, 1979)

Terreno	Angolo di 'natural declivio'		Angolo di resistenza a taglio (ultima)		Angolo di resistenza a taglio (di picco) - mediamente addensato		Angolo di resistenza a taglio (di picco) - addensato	
	min	max	min	max	min	max	min	max
Limo non plastico	26	30	26	30	28	32	30	34
Sabbia uniforme da media a fina	26	30	26	30	30	34	32	36
Sabbia ben assortita	30	34	30	34	34	40	38	46
Sabbia e ghiaia	32	36	32	36	36	42	40	48

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO DI RIAMBIENTALIZZAZIONE CAVA RELAZIONE GEOTECNICA	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RB	DOCUMENTO IA 05 00 001	REV. F	FOGLIO 37 DI 37

Per cautelarsi nei confronti della ipotesi peggiore (il materiale da riportare è interamente costituito da terre provenienti dalla classe granulometrica che è più penalizzata in termini di valore dell'angolo di resistenza a taglio) il materiale da riportare può essere considerato ricadente nella categoria di sabbia ben assortita dunque occorrerà ottenere in cantiere uno stato di materiale 'mediamente addensato' DR >50%.

Lee e Singh (1971) hanno stabilito per materiali granulari la relazione seguente tra valore della densità relativa DR e il grado di costipazione R% (con $R\% = 100 \cdot \gamma_{\text{sito}} / \gamma_{\text{massima}}$, dove γ_{sito} è la densità misurata in sito dopo compattazione e γ_{massima} è la massima densità ottenuta in laboratorio):

$R\% = 80 + 0.2 \cdot DR$. Dovendo essere DR > 50% ne deriva un grado di compattazione da raggiungere in sito almeno pari al 90%.

Sarà dunque richiesto che in sito il materiale di riporto sia compattato fino a raggiungere un grado di costipazione stimato del 90% mediante il conferimento delle terre con stesura a singoli strati di altezza non inferiore a 0.5 m.

Il mezzo di trasporto scaricherà il materiale in prossimità della zona di stesura e successivamente, tramite pala gommata o cingolata, il materiale sarà distribuito, spianato e livellato nell'area circostante, fino a ottenere uno strato di spessore circa uguale a 50 cm.

Sull'intera superficie dello strato dovrà essere effettuato almeno un passaggio del mezzo d'opera prima di poter proseguire con la posa dello strato successivo fino ad ottenere un valore del Modulo di Deformazione non inferiore a 200 daN/cm².

15 CONCLUSIONI

Nella relazione presente sono stati analizzati i risultati delle indagini geognostiche effettuate nell'area oggetto di sistemazione ambientale al fine di ottenere la caratterizzazione di base dei materiali e sono state presentate le verifiche di sicurezza, eseguite ai sensi della normativa vigente per le opere in terra e in materiali sciolti, per gli interventi in progetto.

Le analisi hanno evidenziato situazioni di possibile criticità legate ai valori ipotizzabili dei parametri di resistenza a taglio dei materiali abbancati, pertanto sono previste specifiche modalità di stesura e compattazione dei materiali per una fascia di estensione, in modo da garantire che i materiali di riporto raggiungano la resistenza a taglio assunta nelle verifiche.