

### COLLEGAMENTO MEDIANO "MURCIA - POLLINO" TRATTO GIOIA DEL COLLE - MATERA - FERRANDINA - PISTICCI BY-PASS DI MATERA

### PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

<b>IL PROGETTISTA</b> Dott. Ing. Dino Bonadies Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n° A829		<b>IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:</b>  MANDATARIA  MANDANTE  MANDANTE  MANDANTE		Ing. D. BONADIES Ing. M. RASIMELLI Ing. P. LOSPENNATO Ing. S. PELLEGRINI Ing. M. PROCACCI Ing. R. CERQUIGLINI Ing. M. CARAFFINI Geom. M. BINAGLIA  Ing. N. SARACA Ing. A. NUNZIATI Ing. M. PROIETTI  Ing. L. MONTERISI Ing. G. CICIRIELLO  Ing. F. PACCAPELO Ing. S. GIOTTA	
<b>IL GEOLOGO:</b> Dott. Geol. Stefano Piazzoli Ordine Geologi Regione Umbria n. 107		<b>IL RESPONSABILE DEL S.I.A.</b> Dott. Arch. Enrica Rasimelli Ordine Architetti, Paesaggisti, Pianificatori e Conservatori Provincia di Perugia n° 430		<b>IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</b> Dott. Ing. Dino Bonadies Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n° A829	
VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	VISTO: IL VICE DIRETTORE AREA INGEGNERIA SPECIALISTICA	VISTO: IL RESPONSABILE DI AREA	PROTOCOLLO	DATA	

### GEOLOGIA e GEOTECNICA TRACCIATO SELEZIONATO

2° Tratto da Santeramo (Mass. DeLaurentis) a Matera (Serra Paducci)

### RELAZIONE GEOTECNICA 2

CODICE PROGETTO PZ138 - PZ139  PROGETTO: <input type="text" value="L"/> <input type="text" value="O"/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> LIV. PROG.: <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> N. PROG.: <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/>		CODICE FILE T02-CA00-CAN-RE01-A  CODICE ELAB. <input type="text" value="T"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="G"/> <input type="text" value="E"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="G"/> <input type="text" value="E"/> <input type="text" value="T"/> <input type="text" value="R"/> <input type="text" value="E"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="2"/>		REVISIONE  <input type="text" value="B"/>	PAG.  1 di 41
B	SECONDA EMISSIONE	FEBBRAIO 2022	MONTERISI	LOSPENNATO	BONADIES
A	PRIMA EMISSIONE	LUGLIO 2020	MONTERISI	LOSPENNATO	BONADIES
Revisione	Descrizione	Data	Redatto	Verificato	Approvato

## INDICE

<b>INDICE</b> .....	<b>2</b>
<b>1 PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
1.1 Norme tecniche di riferimento.....	4
<b>2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE</b> .....	<b>5</b>
2.1 Lito-stratigrafia .....	6
2.1.1 Depositi recenti e attuali (af, a2).....	6
2.1.2 Alluvioni terrazzate (l, fl).....	6
2.1.3 Argille calcigne (q1a).....	6
2.1.4 Calcarenite di Monte Castiglione (Q <sup>Ccs</sup> ) .....	6
2.1.5 Sabbie di Monte Marano (Qcs).....	7
2.1.6 Argille di Gravina (Qca).....	7
2.2 Caratteri strutturali.....	7
2.3 Geomorfologia .....	7
2.4 Idrogeologia .....	7
<b>3 INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE GEOTECNICHE</b> .....	<b>8</b>
3.1 Indagini geognostiche e prove geotecniche in sito .....	8
3.2 Prove geotecniche di laboratorio .....	9
<b>4 CARATTERI GEOLOGICI ESSENZIALI</b> .....	<b>10</b>
4.1 Lito-stratigrafia .....	10
4.2 Modello geologico del sottosuolo .....	12
<b>5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELL' AMMASSO ARGILLOSO</b> .....	<b>13</b>
5.1 Caratteri granulometrici, fisici e di plasticità.....	13
5.2 Resistenza meccanica .....	15
5.3 Caratteristiche di elasticità .....	17

5.3.1	Caratteristiche di elasticità da prove geotecniche di laboratorio .....	17
5.3.2	Caratteristiche di elasticità da prove geotecniche in sito (pressiometro).....	17
5.3.3	Caratteristiche di elasticità da prove geotecniche in sito (prove down-hole)	18
5.3.4	Caratteristiche di elasticità da prove geotecniche in sito (prove sismiche da superficie) .....	18
<b>6</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DI ALTRI LITOTIPI .....</b>	<b>20</b>
6.1	Roccia calcarea.....	20
6.1.1	Resistenza meccanica dell'ammasso roccioso calcareo .....	21
6.1.2	Resistenza di elasticità dell'ammasso roccioso calcareo.....	22
6.2	Roccia calcarenitica .....	23
<b>7</b>	<b>MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO E PARAMETRI GEOTECNICI ....</b>	<b>25</b>
<b>8</b>	<b>INDICAZIONI PROGETTUALI .....</b>	<b>26</b>
8.1	Rilevati stradali.....	26
8.2	Zone in trincea .....	27
8.3	Opere in calcestruzzo armato.....	27
8.4	Alternative di tracciato .....	28

## 1 PREMESSA

La presente relazione illustra i caratteri geotecnici del sottosuolo del territorio attraversato dall'asse mediano Murgia-Pollino, che collega gli abitati di Gioia del Colle e di Matera, proseguendo poi fino alla S.S.7 Basentana. La presente relazione riguarda in particolare i tracciati A1 e B, relativamente al 2° tratto compreso fra l'abitato di Santeramo in Colle (zona Masseria DeLaurentis) e Matera Nord (zona Serra Paducci), caratterizzati prevalentemente dalla presenza in affioramento dei depositi terrosi della Fossa Bradanica.



*Fig.1 – Stralcio planimetrico della zona di interesse.*

### 1.1 Norme tecniche di riferimento

La relazione viene redatta nel rispetto delle seguenti norme tecniche e delle eventuali istruzioni e circolari successive:

- D.Min. Infr. 17.01.2018: Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018)
- Circ. Min. LLPP n.7 del 21.01.2019: Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17.01.2018
- altri precedenti norme per quanto applicabili.

## 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

La zona attraversata dai due tracciati stradali (tracciato A1 e tracciato B) ricade nel Foglio 189 “Altamura” della Carta geologica d’Italia in scala 1:100.000 (cfr. stralcio della carta in Fig.2).



**Fig.2 – Stralcio della Carta geologica d’Italia in scala 1:100.000 – Foglio 189 “Altamura”**  
Legenda: a2) depositi attuali e recenti terrazzati, l) depositi alluvionali terrazzati, q1a) argille calcigne,  
Q<sup>C</sup>cs Calcareniti di Monte Castiglione, Qcs Sabbie di Monte Marano, Qca Argille di Gravina

La ricostruzione del modello geologico del sottosuolo (cfr. Relazione geologica) è avvenuta attraverso il rilevamento geologico dell’area e con l’ausilio dei risultati delle indagini geognostiche dirette eseguite nel 2020 dalla ditta Apogeo S.r.l. di Altamura per conto dell’ATI di progettazione. Sono state, inoltre, utilizzati i risultati delle indagini geognostiche eseguite nel 2007 e nel 2017 per conto di ANAS SpA.

Rimandando alla Relazione geologica per la descrizione di dettaglio della geologia della zona in esame, si riporta di seguito una sintesi dei caratteri lito-stratigrafici di detta zona.

## 2.1 Lito-stratigrafia

Dall'esame della carta geologica si evince che le principali formazioni geologiche affioranti nella porzione del territorio in cui ricadono le opere in progetto sono le seguenti.

### 2.1.1 Depositi recenti e attuali (af, a2)

Comprendono i depositi ciottolosi degli alvei fluviali, talora terrazzati (a2) della Fossa Bradanica e i depositi terroso-ciottolosi nell'alveo dei solchi delle Murge (af).

### 2.1.2 Alluvioni terrazzate (l, fl)

Trattasi di depositi prevalentemente ciottolosi (l) o siltosi con lenti di ciottoli e sabbie (fl) sui fianchi del torrente Gravina e dei suoi affluenti.

### 2.1.3 Argille calcigne (q1a)

Con le Sabbie dello Staturo (q1s) ed il Conglomerato di Irsina (q1cg) costituiscono i depositi non fossiliferi, alluvionali e fluvio-lacustri di chiusura del ciclo sedimentario calabriano. In particolare le argille calcigne sono costituite da un deposito siltoso con piccole concrezioni calcaree sparse nel limo.

### 2.1.4 Calcarenite di Monte Castiglione (Q<sup>cs</sup>)

Eteropica con le Sabbie di Monte Marano, affiora in una fascia limitata a NNE delle Murge di Altamura, Santeramo e Gioia del Colle. Giace normalmente sulle Argille di Gravina. Ha il tipico aspetto della panchina ed è costituita da detrito calcareo, anche grossolano, di regola fortemente cementato da un cemento calcitico.

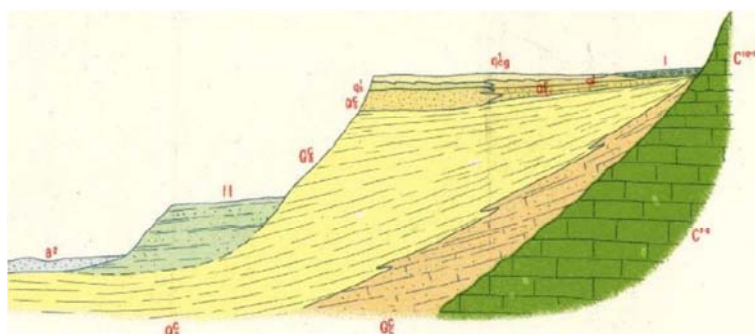


Fig.2.3 – Schema dei rapporti stratigrafici fra le formazioni

### 2.1.5 Sabbie di Monte Marano ( $Q_{cs}$ )

Trattasi di sabbie calcareo-quarzose gialle con abbondanti fossili che chiude verso l'alto la serie marina della Fossa Bradanica.

### 2.1.6 Argille di Gravina ( $Q_{ca}$ )

Trattasi di argille di colore grigio-azzurro che fanno seguito in concordanza alle Calcareniti di Gravina.

## 2.2 Caratteri strutturali

Il principale motivo strutturale che caratterizza la porzione orientale del foglio geologico Altamura è rappresentato da una generale immersione monoclinale dei calcari del cretacico in direzione della Fossa Bradanica. Sui Calcari poggiano in netta discordanza e in assetto orizzontale i depositi quaternari. La Fossa Bradanica, è una fossa tettonica impiantatasi nell'Eocene, interessata poi da un generale sollevamento durante il Quaternario, che ha portato a quote variabili da 420 a 450 m s.m. la superficie di colmamento pleistocenico.

## 2.3 Geomorfologia

I caratteri morfologici sono collegati alla natura del substrato. I rilievi hanno forma prevalentemente tabulare, con sensibili ondulazioni. La superficie di abrasione creata dall'ingressione quaternaria è poco riconoscibile nel settore orientale del foglio, ma non più riconoscibile nelle Murge di Altamura, dove si raggiungono le quote più elevate.

Nei terreni della Fossa Bradanica la morfologia è collinare, con rilievi modesti, sommità generalmente piatte, corrispondenti a lembi della superficie del conglomerato pleistocenico.

## 2.4 Idrogeologia

Lo scorrimento delle acque superficiali ed il regime dei corsi d'acqua sono condizionati dal variabile grado di permeabilità dei terreni affioranti, nonché dalla proporzione fra aree occupate da formazioni permeabili e impermeabili.

Le sorgenti sono essenzialmente localizzate in corrispondenza del contatto tra i depositi argillosi ed i sovrastanti depositi sabbioso-conglomeratici-calcarenitici.

Ricerche di acque sotterranee nelle formazioni clastiche pleistoceniche hanno dato risultati irregolari o negativi.

### 3 INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE GEOTECNICHE

Nei primi mesi del 2020, a cura del raggruppamento temporaneo di professionisti, sull'intero percorso dei tracciati A e B, è stata condotta una campagna di indagini geognostiche e di prove geotecniche di laboratorio ed in sito molto articolata, eseguita dalla ditta Apogeo S.r.l. di Altamura. Precedentemente (2007) era stata eseguita altra campagna di indagini a cura di ANAS S.p.A.

#### 3.1 Indagini geognostiche e prove geotecniche in sito

Relativamente alla seconda parte dei tracciati A1 e B, tratto compreso fra Santeramo e Matera (Loc.Serra Paducci), sono state eseguite le seguenti indagini (cfr. Tavole P00.GE00.GEO.PU04-PU06 per i tracciati A1 e B):

- numerosi sondaggi meccanici a carotaggio continuo, spinti fino ad una profondità massima di 35 m da p.c. (individuati dalle sigle SA17÷SA21, SA24 e SA26÷SA28);
- numerosi pozzetti esplorativi (individuati dalle sigle PzA20÷PzA27);
- n.1 piezometro a tubo aperto per misura del livello della falda (SA18);
- alcune prove pressiometriche in foro;
- alcune prove penetrometriche dinamiche continue: DPSH02, 03, 07, 10;
- alcune prospezioni sismiche a rifrazione da superficie (RA4÷RA9, RA23);
- prospezioni sismiche del tipo down-hole all'interno dei sondaggi meccanici (SA17, 20, 21, 24, 26, 27, 28);
- prelievo di campioni indisturbati di litotipi terrosi e/o rappresentativi di litotipi lapidei.

Nella tabella seguente si riportano i riferimenti alle indagini (cfr. planimetria e profili geologici) ricadenti nei tratti in esame:

campagna 2020				Campagna 2007			
sondaggi	Pozzetti a scavo	sismica	Prove penetrom.	Sondaggi	Pozzetti a scavo	sismica	Prove penetrom.
SA 17 DH	PZ A20	RA 4	DPSH 02	PS 4	PG 17	Vp/s 5	CPT 0
SA 18	PZ A21	RA 5	DPSH 03	PS 4A	PG 18	Vp/s 6	CPT 1
SA 19	PZ A22	RA 6	DPSH 07	PS 5	PG 19	Vp/s 7	CPT 2
SA 20 DH	PZ A23	RA 23		PS 5A	PG 20	Vp/s 9	CPT 2B
SA 21 DH	PA A24	RA 7		PS 5B	PG 21		CPT 2C
SA 24 DH	PZ A25	RA 8		PS 6	PG 22		CPT 2D
SA 26 DH	PZ A26	RA 9			PG 23		CPT 2E
SA 27 DH	PZ A27				PG 24		CPT 2F
SA 28 DH					PG 25		CPT 2G
					PG 26		CPT 2H
					PG 27		

Tabella 1 – Elenco delle principali indagini geognostiche eseguite nel tratto in esame



Nota 1: l'elencazione dei sondaggi, generalmente, segue la loro disposizione planimetrica  
Nota 2: la tabella riporta tutti i sondaggi eseguiti fino alla località Serra Paducci

### **3.2 Prove geotecniche di laboratorio**

Oltre alle prove geotecniche in sito elencate nella precedente tabella, sono state eseguite numerose prove geotecniche di laboratorio, sia su campioni di materiale terroso che su campioni di materiali lapidei.

Nel caso dei campioni terrosi sono state eseguite prove di riconoscimento (granulometria) e determinazioni dei parametri fisici e di consistenza (peso di volume, contenuto naturale d'acqua, peso specifico reale, limiti di Atterberg, ecc.), nonché prove di caratterizzazione meccanica (prove di compressione ad espansione laterale libera, prove di taglio diretto consolidate e drenate, prove di compressione triassiale non consolidate e non drenate, prove di compressione triassiale consolidate e non drenate, prove di compressione triassiale consolidate e drenate).

Nel caso dei campioni lapidei le prove svolte hanno riguardato la determinazione del peso di volume, del peso specifico reale e della resistenza a compressione monoassiale.

## 4 CARATTERI GEOLOGICI ESSENZIALI

### 4.1 Lito-stratigrafia

Come dettagliatamente descritto nella Relazione geologica e come si evince dalle stratigrafie dei sondaggi (cfr. Allegato T00.GE00.GEO.RE02) riportate nel rapporto sulle indagini della ditta esecutrice, i sondaggi meccanici hanno attraversato, al di sotto di un primo strato di terreno vegetale e/o di riporto, di spessore variabile da pochi centimetri a 3 m circa, un modesto spessore di terreni limoso-sabbiosi (spessore 2-4 m, laddove presenti) e, quindi, l'argilla grigio azzurra (che nella parte più alta si presenta di colore giallastro per ossidazione). Solo nella parte di tracciato più prossima al bordo murgiano (sondaggi SA15 e SA16) i perfori hanno attraversato litotipi lapidei (calcareniti e calcari).

In nessun sondaggio è stata rinvenuta la falda acquifera.

L'assetto lito-stratigrafico evidenziato dai sondaggi meccanici è stato confermato dai risultati delle prospezioni sismiche da superficie eseguite lungo il tracciato della soluzione A/B (tratti A1 e A2, tratti B1 e B2). Nelle figure 3.1-3.6 seguenti sono riportate le sezioni sismo-stratigrafiche ricostruite dal geofisico, da cui emerge che il substrato argilloso è presente a breve profondità dal piano campagna ricoperto da modesti spessori di materiali terrosi di natura limoso-argillosa-sabbiosa.

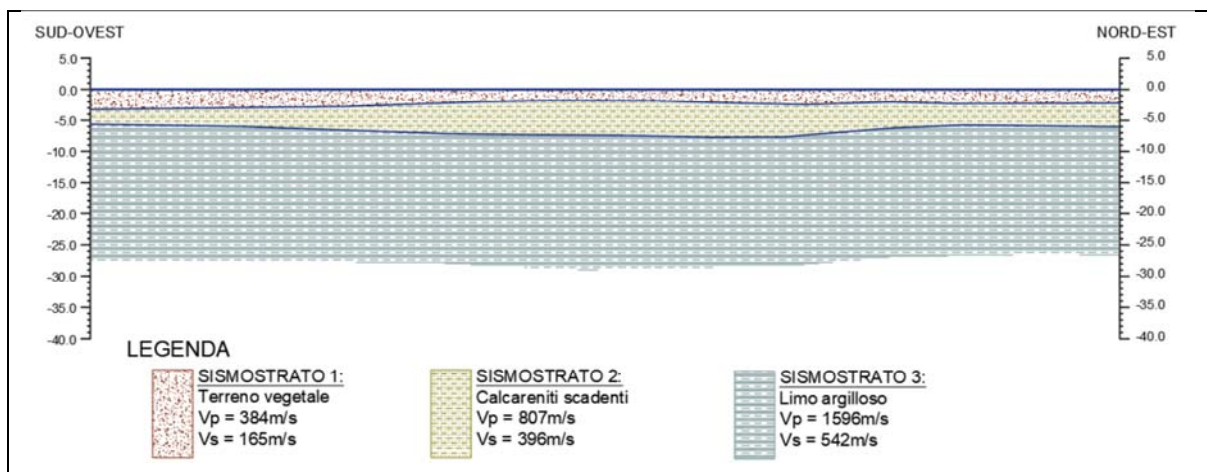


Fig. 3.1 - Sezione sismostratigrafica RA4

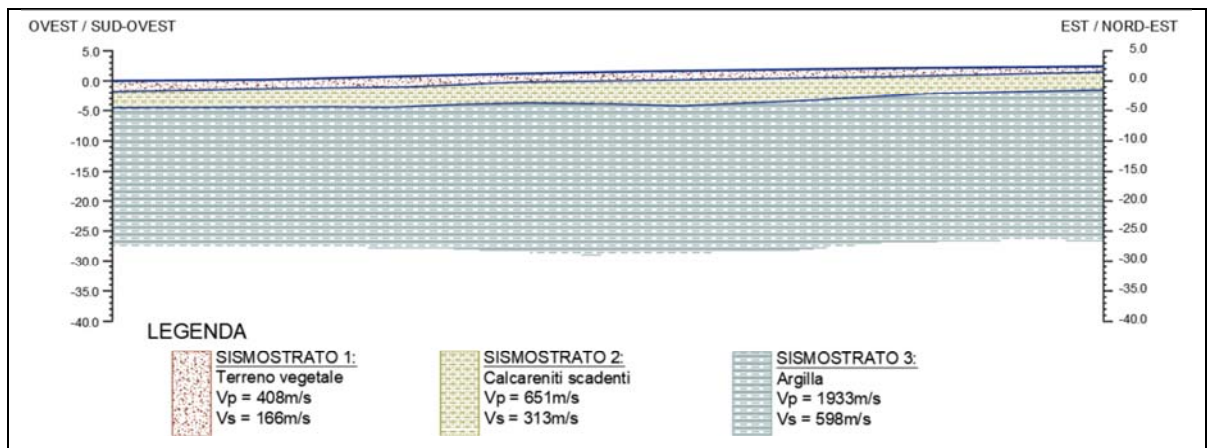


Fig. 3.2 - Sezione sismostratigrafica RA5

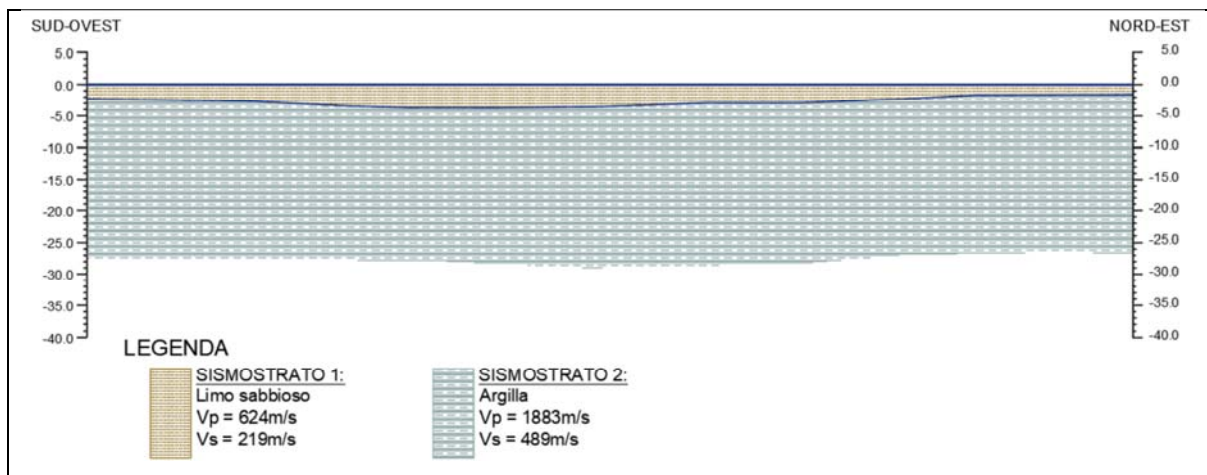


Fig. 3.3 - Sezione sismostratigrafica RA6

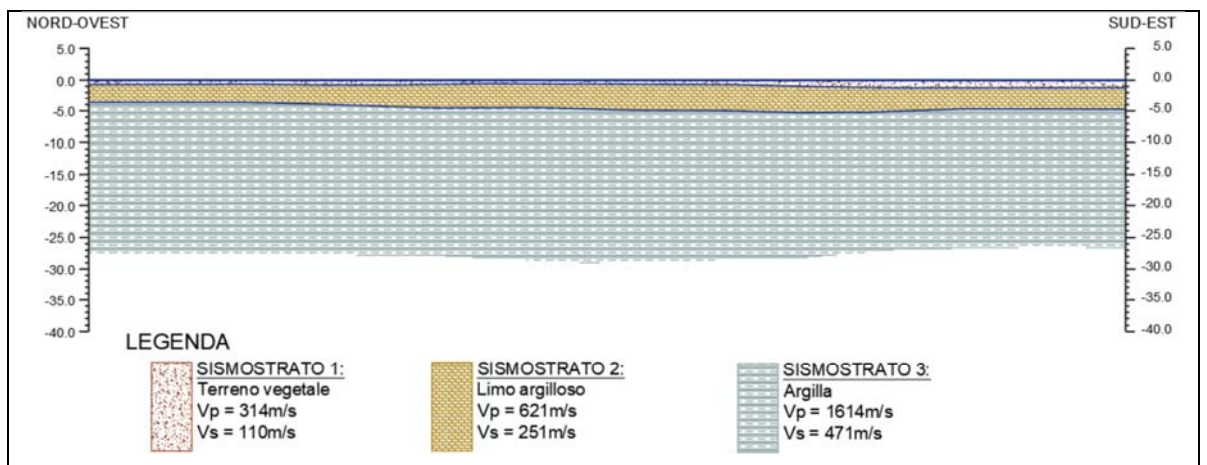


Fig. 3.4 - Sezione sismostratigrafica RA7

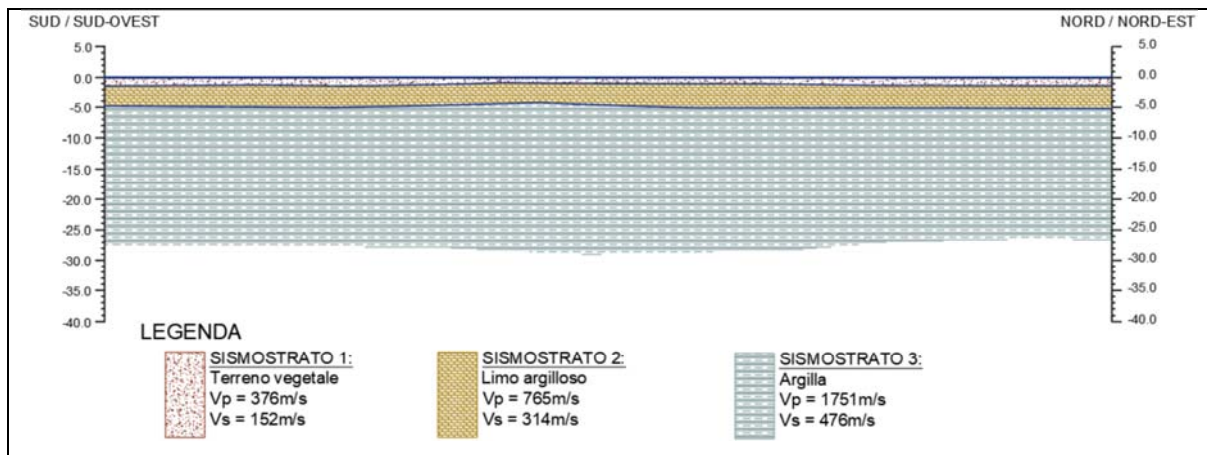


Fig. 3.5 - Sezione sismostratigrafica RA8

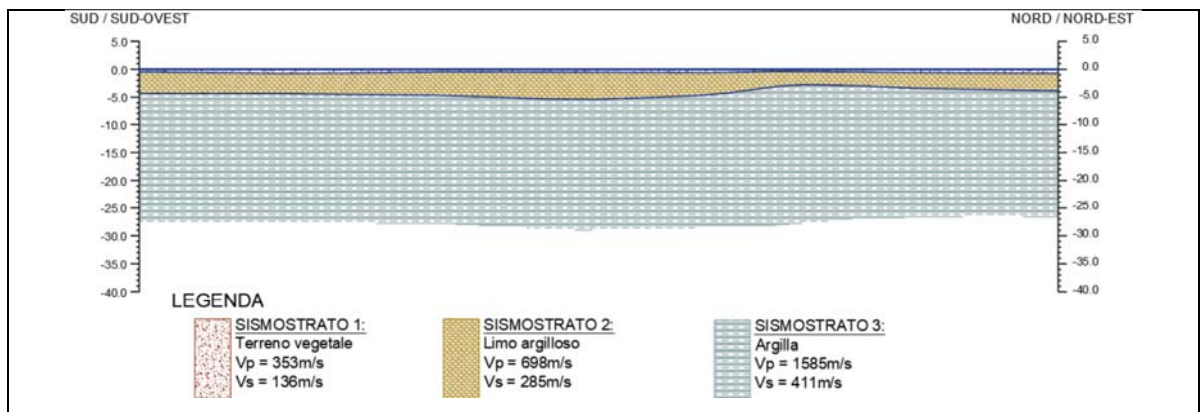


Fig. 3.6 - Sezione sismostratigrafica RA9

## 4.2 Modello geologico del sottosuolo

Dal complesso delle indagini svolte si trae che il sottosuolo della zona attraversata dall'infrastruttura stradale può essere assimilato ad un mezzo monostrato (laddove lo spessore dei terreni di copertura dell'argilla g.a. è modesto, per cui se ne prevede l'asportazione) oppure ad un mezzo bistrato (con spessore dello strato superiore generalmente modesto). Si trascura la copertura terrosa in quanto, a causa del ridotto spessore (normalmente  $\leq 1,50$  m, cfr. stratigrafie sondaggi geognostici e pozzetti a scavo), sarà interamente eliminata fondando sia i rilevati stradali che le opere d'arte sui terreni in posto.

## 5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELL'AMMASSO ARGILLOSO

Per caratterizzare sotto il profilo geotecnico i terreni limoso-argillosi presenti lungo il percorso di questo secondo tratto dei tracciati stradali sono state effettuate numerose prove geotecniche di laboratorio su campioni indisturbati o rimaneggiati rappresentativi di detti litotipi. Nelle valutazioni statistiche sono stati anche messi in conto i risultati di analoghe prove eseguite su campioni di terreni limoso-argillosi prelevati nel terzo tratto (Matera-Basentana) dell'itinerario stradale, dal momento che trattasi della stessa formazione geologica.

Per completare il quadro geotecnico, si è fatto riferimento ai risultati delle prove geofisiche, che consentono di meglio caratterizzare l'ammasso terroso sotto il profilo elastico.

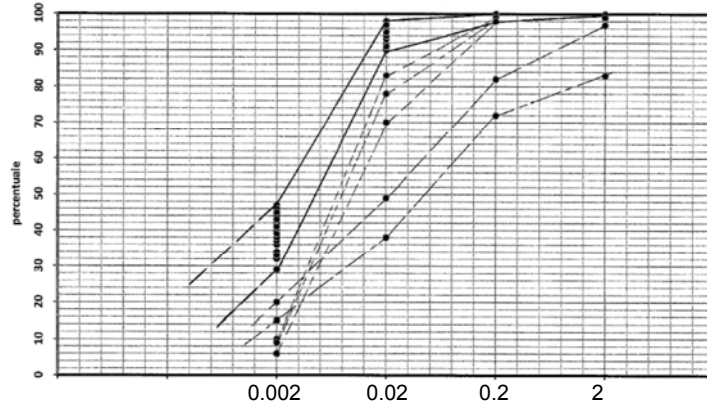
### 5.1 Caratteri granulometrici, fisici e di plasticità

Nelle tabelle 1.1-1.4, allegate in appendice alla presente relazione, sono riportati i risultati delle prove geotecniche di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati dei terreni limoso-argillosi prelevati in occasione della campagna di indagini 2020 in questo tratto di infrastruttura in esame. Non sono riportati i risultati delle indagini eseguite su alcuni campioni di materiale terroso prelevati in occasione delle campagne di indagine 2007 (campioni relativi ai sondaggi PS10-PS12) e 2017 (campioni relativi al sondaggio CSM23), in quanto non ricadenti in questa parte centrale del tracciato stradale, ma nel successivo 3° tratto.

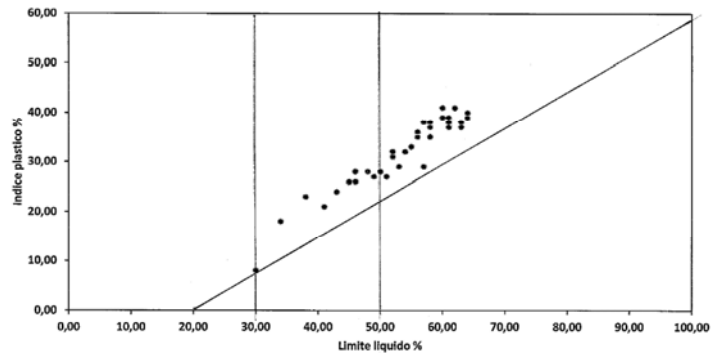
Sotto il profilo granulometrico i materiali esaminati sono costituiti da limi argilloso-sabbiosi o da argille limoso-sabbiose (cfr. fig.4.1), con plasticità medio-alta della parte fina ed attività normale della frazione argillosa (CF) (cfr. figg.4.2 e 4.3). Risulta, infatti:

Granulometria:	G = 0-2%	S = 7-41%	L = 28-62%	A = 6-47%
Classificazione:	CH/CL	A 7-6 / A6		
Plasticità:	LL = 30-64%	IP = 26-38%		
Consistenza:	IC = 0.7-1.1	Attività:	A = 0.7-1.3	

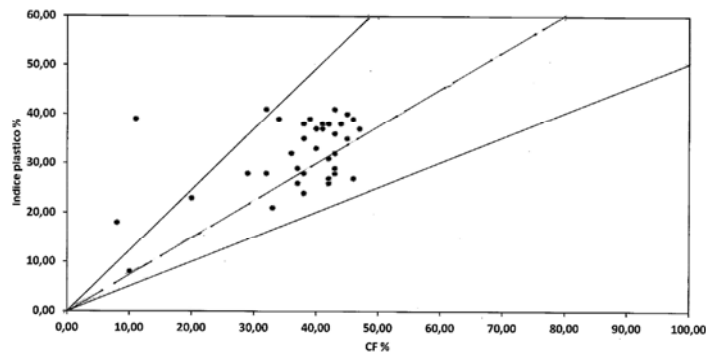
Intercalati nella formazione argillosa si rinvencono livelli di limi sabbiosi e di sabbie limose di piccolo spessore (cfr. fig.4.1).



**Fig.4.1 – Fascia granulometrica dei terreni argilloso-limosi e curve granulometriche dei livelli limoso-sabbiosi**



**Fig.4.2 - Carta di plasticità dei terreni argilloso-limosi**



**Fig.4.3 - Carta di attività dei terreni argilloso-limosi**

L'intervallo di variazione dei principali parametri geotecnici è relativamente ridotto, come si evince dai valori riportati nelle tabelle 1.1-1.4 allegate e di seguito riassunti:

$Gr = 26.1-27.2 \text{ kN/m}^3$

$\gamma_t = 19.1-21.0 \text{ kN/m}^3$  ( $\gamma_{tm} = 20.11 \text{ kN/m}^3$ )

$\gamma_d = 14.5-17.7 \text{ kN/m}^3$  ( $\gamma_{dm} = 16.04 \text{ kN/m}^3$ )

$$\gamma_{\text{sat}} = 19.3-20.9 \text{ kN/m}^3 \quad (\gamma_{\text{satm}} = 20.70 \text{ kN/m}^3)$$

$$w = 19-32\% \quad w_{\text{sat}} = 19-32\% \quad s > 92\%$$

$$e = 0.53-0.86 \quad n = 35-46\%$$

## 5.2 Resistenza meccanica

La determinazione della resistenza meccanica dei terreni limoso-argillosi è avvenuta mediante prove geotecniche di laboratorio di vario tipo (prove di compressione ad espansione laterale libera, prove di taglio diretto consolidate e drenate, prove di compressione triassiale non consolidate e non drenate, prove di compressione triassiale consolidate e non drenate, prove di compressione triassiale consolidate e drenate).

Le prove ELL e TRX,UU forniscono valori alquanto dispersi del parametro coesione non drenata (cfr. tabelle 1.1.1-1.4.1) compresi rispettivamente nei seguenti intervalli:

$$c_u = 39-262 \text{ kPa (ELL)} \quad c_u = 64-238 \text{ kPa (TRX,UU)}$$

senza alcuna correlazione, ad esempio, con la profondità del campione o con la sua consistenza. Pertanto, detti valori andranno presi con molta cautela.

Le prove di taglio diretto, escludendo i risultati più estremi che non ricadono nell'intervallo di maggiore frequenza dei dati, forniscono valori di coesione ed angolo di attrito efficaci compresi nei seguenti intervalli:

$$c' = 0-71 \text{ kPa} \quad \Phi' = 20^\circ-27,5^\circ$$

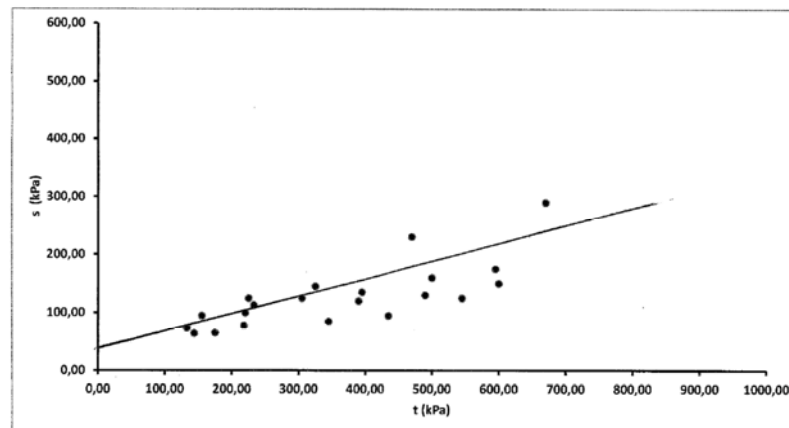
Infine, le prove di compressione triassiale TRX,CIU e quelle TRX,CD forniscono i seguenti intervalli di valori dei parametri coesione ed attrito, sia in termini di tensioni totali che efficaci:

$$c = 28-43 \text{ kPa} \quad \Phi = 9^\circ-19^\circ$$

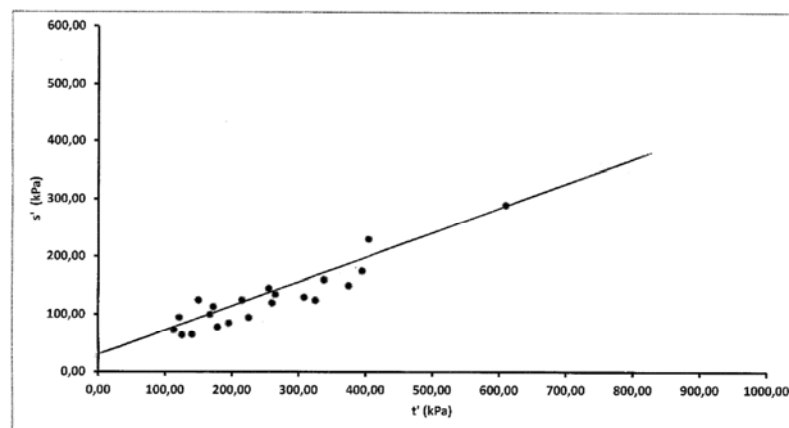
$$c' = 6-55 \text{ kPa} \quad \Phi' = 14^\circ-31^\circ$$

Vista la variabilità riscontrata, è stata effettuata anche una analisi statistica, col metodo dei punti di sollecitazione ( $t, s$  e  $t', s'$ ), utilizzando i risultati di tutte le prove di compressione triassiale consolidate e non drenate (TRX, CU) eseguite sia sui campioni limoso-argillosi ricadenti nel secondo tratto dell'itinerario stradale che quelli ricadenti nel terzo tratto (di cui alla Relazione geotecnica 3° tratto).

Il risultato di detta analisi è riportato nei diagrammi di figura 4.4 e 4.5 seguenti, in termini di resistenza totale e di resistenza efficace.



**Fig.4.4 – Prove TRX,CIU, analisi statistica – parametri resistenza totale**



**Fig.4.5 – Prove TRX,CIU, analisi statistica – parametri resistenza efficace**

Risulta nei due casi:

$$c = 39 \text{ kPa} \quad e \quad \Phi = 14,5^\circ \qquad c' = 26 \text{ kPa} \quad e \quad \Phi' = 24^\circ$$

valori normalmente ottenuti per questo tipo di terreni in altre zone di affioramento degli stessi litotipi.

### 5.2.1 Resistenza meccanica da prove in sito (Prove penetrometriche DPSH)

Nel tratto in questione sono state effettuate n.4 prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH), i cui risultati sono riportati nel Rapporto sulle indagini della ditta Apogeo. Dall'elaborazione dei dati sperimentali si traggono i valori di resistenza e



deformabilità riportati nella tabella seguente. Per quanto riguarda le correlazioni fra i valori dei parametri misurati nel corso della prova e i parametri geotecnici indicati, le formule utilizzate per l'elaborazione delle misure da parte della ditta esecutrice sono le seguenti:

- coesione non drenata (Schmertmann 1975):  $C_u = 0.0954 N_{sptm}^{1.01187}$  (argille NC)
- Modulo di Young (Schultze/Menzenbach):  $E = 4 + 11,5 N_{spt} + 24,4$  (per limi argillosi con  $IP > 15$ )

parametro	Limi sabbiosi		Argille g.a.			
	DPSH02	DPSH03	DPSH02	DPSH03	DPSH07	media
Coesione non drenata (kPa)	6.5	4.7	19.0-26.2	19.8-37.1	19.2-48.5	19-40
Modulo di Young (MPa)	56	35	20-28	21-41	20-54	20-50

A riguardo dei valori su esposti, tenuto conto che si tratta di valori desunti attraverso correlazioni con i parametri di penetrazione, si osserva quanto segue: a) i valori del peso di volume (non riportati nella precedente tabella) sono del tutto indicativi, per cui è opportuno fare riferimento ai valori ottenuti dalle prove geotecniche di laboratorio; b) i valori della coesione non drenata sono in linea con i valori più bassi ottenuti dalle prove geotecniche di laboratorio (ELL o TRX,UU) (a parere dello scrivente da mettere in relazione anche con il fatto che la formula utilizzata è valida per argille NC) e risultano, tutto sommato, più attendibili di questi ultimi; c) il modulo elastico è coerente con quello ottenuto da altro approccio.

### 5.3 Caratteristiche di elasticità

#### 5.3.1 Caratteristiche di elasticità da prove geotecniche di laboratorio

Le caratteristiche di elasticità dei litotipi limoso-argillosi sono state determinate a partire dai risultati delle prove edometriche effettuate su n.4 campioni indisturbati di materiale (cfr.Tabb.1.1.1-1.4.1), ottenendo i seguenti intervalli di valori dei coefficienti e moduli di elasticità:

$$C_c = 0.175-0.275 \quad C_s = 0.041-0.070 \quad M = 55-75 \text{ MPa.}$$

#### 5.3.2 Caratteristiche di elasticità da prove geotecniche in sito (pressiometro)

Le due prove pressiometriche, eseguite nei fori di sondaggio SC10 e SA18 ricadenti in questo tratto, hanno interessato l'ammasso argilloso. Nella tabella 2.1 seguente sono riportati i risultati delle prove svolte non solo nei due sondaggi su richiamati, ma anche in

altri sondaggi ricadenti nella terza tratta (da Matera Serra Paducci alla Basentana) ai fini di una valutazione statistica dei risultati.

Nella suddetta tabella sono riportati sia i parametri misurati direttamente (modulo pressiometrico, pressione limite, ecc.), che i parametri da essi ricavabili attraverso le note formule di Cassan ed altri:

- Modulo di Young:  $E = E_m / \alpha$  (ove  $\alpha$ , funzione del rapporto  $E_m/PI$ , risulta pari a  $\alpha = 0.27$ )

- Modulo di taglio:  $T = E_m / (2(1+\nu))$

**Tab.2.1 – Tabella riassuntiva risultati prove pressiometriche**

sondaggio	profondità	litotipo	Modulo Poisson $\nu$	Modulo pressiom. $E_m$ (MPa)	Pressione limite $PI$ (MPa)	Modulo di taglio $T$ (MPa)	Modulo di Young $E$ (MPa)	Coesione $c_u$ (kPa)
SA 18	-10	argilla	0.41	40	2.64	15	121	263
SA 35	-10	Argilla	0.41	45	2.67	17	136	266
SA 43	-10	Argilla	0.41	25	1.58	9	76	158
SA 47	-10	Argilla	0.41	54	2.27	20	164	226
SA 53	-10	Argilla	0.41	53	3.26	20	161	325
Valori medi (escluso SA43)			0.41	48	2.71	18	146	270

valori confrontabili con quelli ottenuti con altro tipo di indagine.

### 5.3.3 Caratteristiche di elasticità da prove geotecniche in sito (prove down-hole)

Le prospezioni sismiche in foro (DH) eseguite in questo tratto dell'itinerario stradale hanno fornito i seguenti valori dei parametri di elasticità.

**Tab.2.2 - Tabella riassuntiva delle velocità delle onde P e S (Prova down-hole)**

sondaggio	Intervalli di profondità	Velocità onde P (m/s)	Velocità onde S (m/s)	Modulo elastico $E_{din}$ (MPa)	Modulo statico $E_{stat}$ (MPa)
SA 17	6-20	650-1080	190-260	140-350	21-36
SA 20	5-35	800-1400	190-300	145-490	20-60
SA 21	5-35	600-1340	180-310	100-520	14-62
SA 24	4-35	700-1330	140-270	90-390	10-47
SA 26	2-35	400-1250	140-290	50-440	6-53
SA 27	6-35	560-1210	180-310	130-490	16-59
SA 28	3-35	460-1250	160-260	65-354	10-42

### 5.3.4 Caratteristiche di elasticità da prove geotecniche in sito (prove sismiche da superficie)

Le prospezioni sismiche da superficie eseguite in questo tratto dell'itinerario stradale hanno fornito valori di velocità delle onde longitudinali e trasversali contenuti in un intervallo di valori caratteristico dei depositi argillosi consistenti (cfr. tabelle allegate). Nelle

stesse tabelle sono riportati anche valori dei parametri di elasticità ottenuti da note correlazioni con le velocità sismiche.

Nel rapporto della ditta Apogeo S.r.l., a cui si rimanda per maggiori dettagli, sono riportati i valori dei principali parametri elastici ricavati a partire dai valori delle velocità longitudinale ( $V_p$ ) e trasversale ( $V_s$ ) delle onde elastiche, assumendo un peso di volume approssimato, ma credibile, per le varie porzioni dell'ammasso. Nella tabella è riportato anche il modulo elastico statico ricavato dalla seguente relazione sperimentale  $E_{stat} = 0,97 E_{din}/8,3$ .

**Tab.2.3 - Tabella riassuntiva delle velocità delle onde P e S (Prova sismiche da superficie)**

sondaggio	Intervalli di profondità	Velocità onde P (m/s)	Velocità onde S (m/s)	Modulo elastico $E_{din}$ (MPa)	Modulo statico $E_{stat}$ (MPa)
RA 4	6-21	1600	540	1650	200
RA 5	5-20	1930	600	2130	256
RA 6	3.5-18.5	1880	490	1430	170
RA 7	5-20	1610	470	1267	153
RA 8	5-20	1750	475	1330	160
RA 9	5-20	1585	410	970	120

Per l'ammasso argilloso in esame, nell'ambito del volume significativo al di sotto del piano di fondazione dell'opera, i valori dei due parametri sono, pertanto, pari a:

$$E_{din} > 1.000 \text{ MPa} \quad E_{stat} > 120 \text{ MPa.}$$

Per quanto riguarda, infine, il modulo di reazione del terreno, con Vesic si può utilizzare la relazione:

$$k \approx E / B (1 - \nu^2).$$

A riguardo dei valori su esposti, è importante osservare che, trattandosi di valori calcolati e non misurati, risentono delle approssimazioni insite nelle formule teoriche, comprese nel caso in esame fra 10% e 20%.

## 6 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DI ALTRI LITOTIPI

Nei tratti in esame, nelle zone più prossime al bordo murgiano, in alcuni casi, al di sotto dei materiali terrosi, potrebbero rinvenirsi materiali lapidei appartenenti alla Formazione del Calcarea di Bari o alla Formazione delle Calcareniti di Gravina. Pertanto si è ritenuto opportuno riportare quanto riportato nella Relazione geotecnica 1 (1° tratto), relativa al tratto Gioia del Colle – Santeramo in Colle, a riguardo del comportamento meccanico di questi litotipi.

Per caratterizzare sotto il profilo geomeccanico la roccia calcarenitica e calcarea intatta, sono state effettuate specifiche prove geotecniche di laboratorio su alcuni campioni di roccia lapidea estratti dalle carote dei sondaggi meccanici eseguiti in corrispondenza dei tratti 1 e 3 del tracciato stradale. Per completare il quadro geomeccanico, si è fatto riferimento ai risultati delle prove geofisiche, che consentono di meglio caratterizzare l'ammasso roccioso sotto il profilo elastico.

### 6.1 Roccia calcarea

Le prove svolte (eseguite dal Laboratorio geotecnico della ditta GEO S.r.l. di Bari) sono consistite nella determinazione dei parametri fisici (peso di volume, peso specifico reale, ecc.) e di resistenza meccanica (prove di compressione monoassiale).

**Tab.3.1 – Caratteristiche geotecniche roccia calcarea (campioni prelevati in altro tratto in studio)**

Campione	Profondità M	Peso-volume (kN/mc)	Peso specifico	Porosità n (%)	Rc (MPa)	Em (MPa)	v	P.L. (N/mm <sup>2</sup> )
SA1-CL1	10,6-10,8	26,0	2,73	3	102	69.200	0,31	
SA2-CL2	26,6-26,8	23,3	2,74	6	30	53.400	0,46	
SA4-CL1	8,2-8,5	26,0	2,73	6	117	49.800	0,36	
SA4-CL2	16,7-17,0		2,70	4				3,88
SA5-CL1	3,0-3,3	24,9	2,72	7	63	48.500	0,35	
SA7-CL1	2,5-2,7		2,72	3				1,98
SA8-CL1	4,0-4,25	25,7	2,73	3	35	44.400	0,42	
SA10-CL1	3,0-3,2	25,9	2,74	3	138	50.900	0,31	
SA11-CL1	2,85-3,0	25,7	2,71	5	55	32.100	0,52	
SA11-CL2	9,85-10		2,71	2				1,23
SA12-CL1	3,0-3,2		2,70	5				1,31
SA12-CL1	3,0-3,2		2,72	1				
SA15-CL1	3,15-3,30	26,3	2,77	1	37	32.800	0,41	
SA16-CL1	16,8-17,0	26,3	2,73	1	81	106.000	0,70	
SA16-CL2	25,2-25,3	25,0	2,73	5	110	460.000	0,28	
Intervallo		23,3-26,3	2,70-2,77	1-7%	30-138	32-460x10E3		1,23-3,88
Valore medio		25,53	2,72	5,4				

(nota: Em modulo tangente a Rc/2, Es modulo secante a Rc/2, P.L. media su 10 determinazioni)

I valori ottenuti individuano rocce con buone caratteristiche fisico-meccaniche. La roccia calcarea integra è, infatti, un materiale lapideo con elevata compattezza e resistenza medio-bassa (secondo la classifica di Deere e Miller). I risultati delle prove svolte mostrano che la roccia calcarea è generalmente compatta ( $n=1\div 7\%$ ), con elevati valori del peso di volume ( $23,35-26,3 \text{ kN/m}^3$ ), prossimi al peso di volume reale. Per quanto riguarda i valori di resistenza meccanica, i valori più elevati ( $R_c > 100 \text{ N/mm}^2$ ) sono relativi a strati calcareo-dolomitici, quelli più bassi si riferiscono a campioni con presenza di cariatature e sottili fessure. Gli altri ricadono nell'intervallo di valori usualmente mostrati dalla roccia calcarea della zona murgiana.

### 6.1.1 Resistenza meccanica dell'ammasso roccioso calcareo

Per la classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso si è fatto riferimento alla Classifica di Bieniawski che fornisce l'indice RMR<sub>b</sub> (Rock Mass Rating di base).

Come è noto, l'RMR<sub>b</sub> è dato dalla somma di cinque parametri:

$$\text{RMR}_b = A1+A2+A3+A4+A5$$

Parametri	Intervalli di valori							
Resistenza roccia sana	Resistenza al «Point Load test» (MPa)	> 10	4 - 10	2 - 4	1 - 2	Per questi bassi valori è preferibile la prova di compressione monoassiale		
	Resistenza a compressione monoassiale (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
Coefficienti numerici	15	12	7	4	2	1	0	
Rock Quality Designation RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25			
Coefficienti numerici	20	17	13	8	3			
Spaziatura delle discontinuità	> 2 m	0,6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm			
Coefficienti numerici	20	15	10	8	5			
Condizione dei giunti	Superfici molto rugose. Discontinuità chiuse e non persistenti. Pareti non alterate	Superfici debolmente rugose. Apertura delle discontinuità < 1 mm. Pareti leggermente alterate	Superfici debolmente rugose. Apertura delle discontinuità < 1 mm. Pareti completamente alterate	Superfici lisce o riempimenti argillosi di potenza < 5 mm o discontinuità collegate e con apertura di 1 - 5 mm	Riempimenti di argilla molle di potenza > 5 mm o discontinuità collegate e con apertura > 5 mm, persistenti			
Coefficienti numerici	30	25	20	10	0			
Presenza di acqua	Venute d'acqua in 10 m di galleria (l/min)	Nulla	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
	Rapporto tra la pressione dell'acqua nelle discontinuità e la massima sollecitazione principale	0	< 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5		
Condizioni generali della roccia	Perfettamente asciutta	Umida	Bagnata	Stillicidi	Venute d'acqua			
Coefficienti numerici	15	10	7	4	0			

Tab.3.2 – Intervalli di valori dei parametri di Bieniawski

ove (cfr. tabella allegata):

A1 è funzione della resistenza a compressione monoassiale ( $C_0$ ) del materiale lapideo

A2 è funzione del valore dell'RQD,

A3 è funzione della spaziatura delle discontinuità

A4 è funzione delle condizioni delle discontinuità

A5 tiene conto della presenza o meno di acqua nel sottosuolo.

Nel caso in esame, visti i risultati delle indagini geognostiche e le caratteristiche meccaniche della roccia innanzi richiamate, si può assumere:

A1 = 5 (resistenza media: 30-100 MPa),

A2 = 8 (RQD=10-50%, valore mediato 25%),

A3 = 10 (spaziatura media 0,2-0,6 m),

A4 = 25 (discontinuità poco scabre, apertura <1 mm),

A5 = 15 (asciutta).

Segue:  $RMR_b = A1+A2+A3+A4+A5 = 5+8+10+25+15 = 63$

cui corrisponde un ammasso roccioso di classe II ( $RMR_b = 66-80$ : buono).

*Classe di qualità dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski*

RMR <sub>b</sub>	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0
Classe	I	II	III	IV	V
descrizione	Molto buono	buono	mediocre	scadente	Molto scadente

Dai valori di  $RMR_b$  è possibile anche ricavare i parametri di resistenza dell'ammasso, forniti dalle formule seguenti (nel calcolo, a vantaggio di sicurezza si è assunto  $RMR_b = 60$ ):

$$c \text{ (kPa)} = 5 RMR_b = 270 \text{ kPa}$$

$$\Phi = 0,5 RMR_b + 5 = 27 + 5 = 32^\circ$$

$$E \text{ (GPa)} = 2 RMR_b - 100 = 8 \text{ GPa.}$$

### 6.1.2 Resistenza di elasticità dell'ammasso roccioso calcareo

Per quanto riguarda le caratteristiche elastiche dell'ammasso calcareo è possibile dedurle dai risultati delle prospezioni sismiche (prove down-hole e prove sismiche di superficie) (cfr. allegato T00.GE00.GEO.RE04 relativo alle indagini geofisiche).

Nel rapporto della ditta Apogeo S.r.l. sono riportati i valori dei principali parametri elastici ricavati a partire dai valori delle velocità longitudinale ( $V_p$ ) e trasversale ( $V_s$ ) delle onde elastiche, assumendo un peso di volume approssimato, ma credibile per le varie

porzioni dell'ammasso calcareo. Nella tabella è riportato anche il modulo elastico statico ricavato dalla seguente relazione sperimentale  $E_{stat} = 0,97 E_{din}/8,3$ .

**Tab.3.3 -Tabella riassuntiva delle velocità delle onde P e S (Prova down-hole)**

Sondaggio	Intervalli di profondità	Velocità onde P (m/s)	Velocità onde S (m/s)	Modulo elastico Edin (MPa)	Modulo statico Estat (MPa)
SA 6	2-20	600-1820	280-830	330-3700	40-450
	20-35	1820-2000	830-950	3700-4940	450-600
SA 7	2-20	500-1500	300-820	340-3200	41-390
	20-35	1500-1700	820-930	3200-4410	390-530
SA 8	2-20	700-1600	300-760	100-3050	44-370
	20-35	1600-1955	760-850	3050-4030	370-490
SA 10	2-8	540-1200	410-730	1000-2400	120-290
	8-30	1200-1955	730-950	2400-5130	290-620
SA 11	2-20	480-1930	290-860	280-4000	34-480
	20-35	1930-2120	860-950	4000-5150	480-620
SA 13	2-14	330-1900	190-1000	420-6000	250-2200
	14-35	1900-2215	1000-1190	6000-7615	2200-2520

Per l'ammasso calcareo in esame, nell'ambito del volume significativo al di sotto del piano di fondazione dell'opera, i valori dei due parametri sono, pertanto, pari a:

$$E_{din} > 1.800 \text{ MPa} \quad E_{stat} > 210 \text{ MPa.}$$

Per quanto riguarda, infine, il modulo di reazione del terreno, con Vesic si può utilizzare la relazione:

$$k \approx E / B (1 - \nu^2).$$

A riguardo dei valori su esposti, è importante osservare che, trattandosi di valori calcolati e non misurati, risentono delle approssimazioni insite nelle formule teoriche, comprese nel caso in esame fra 10% e 20%.

## 6.2 Roccia calcarenitica

Nel tratto in esame la roccia calcarenitica è presente in affioramenti poco estesi di ridotto spessore. Non essendo stato attraversato dai sondaggi materiale idoneo per prove geotecniche di laboratorio, si è fatto riferimento ai risultati delle prove effettuate su campioni prelevati in altre zone di affioramento della calcarenite presenti negli altri tratti oggetto di progettazione, in particolare nella zona di Matera (terzo tratto).

Le prove svolte (eseguite dal Laboratorio geotecnico della ditta GEO S.r.l. di Bari) sono consistite nella determinazione dei parametri fisici (peso di volume, peso specifico reale, ecc.) e di resistenza meccanica (prove di compressione monoassiale) (cfr. Tabella 4).

**Tab.4 – Campioni di calcarenite prelevati in altro tratto dell'itinerario Murgia-Pollino**

Campione	Profondità M	Peso- volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso specifico reale	Porosità n (%)	Rc (MPa)	Em (MPa)	Es (MPa)
SA55-CL1	7,7-8,0	16,2	2,66	38	1,86	580	234
SA55-CL2	16,4-16,7	22,0	2,68	8	5,36	1214	389
SA56-CL3	25,0-25,4	18,1	2,69	31	4,88	16126	1524
SA57-CL1	13,3-13,5	20,2	2,67	21	9,86	7421	2482
SA59-CL1	3,7-4,0	20,5	2,65	41	12,08	2743	880
SA34-CL1	20,0-20,2	14,7	2,67	29	2,96	745	494
SA35-CL1	19,8-20,2	17,0	2,69	23	2,99	706	481
SA38-CL1	11,8-12,0	16,5	2,68	30	2,26	2722	1519
SA39-CL1	2,7-2,9	18,1	2,68	30	1,44	174	118
SA39-CL2	11,7-11,9	16,0	2,69	26	2,22	1579	954
SA41-CL2	9,0-9,2	20,9	2,67	21	17,36	4968	2776
SA33-CL1	3,1-3,3	17,4	2,67	29	2,42	514	491
Intervallo		13,5-21	2,65-2,71	21-44	1,44-17,36	174-16126	118-2776
Valori medi		17,70	2,67	31,2			

I valori ottenuti individuano rocce con discrete caratteristiche fisico-meccaniche. La roccia calcarenitica, infatti, si presenta generalmente massiva, con poche discontinuità, mediamente compatta e resistenza medio-bassa (secondo la classifica di Deere e Miller). I risultati delle prove svolte mostrano che la roccia calcarenitica ha normalmente una discreta porosità (n=21-44%) e mostra valori del peso di volume molto variabili (13,5-21 kN/m<sup>3</sup>) in ragione delle dimensioni dei granuli che la costituiscono. Infatti, prendendo in esame i valori di resistenza meccanica, si osserva che si passa da materiale con bassa resistenza meccanica ( $R_c < 100 \text{ N/mm}^2$ ) a materiali con resistenza meccanica media ( $R_c = 100\div 300 \text{ N/mm}^2$ ). I valori più elevati riscontrati nelle prove ( $R_c > 300 \text{ N/mm}^2$ , paragonabili a quelli di un discreto litotipo calcareo) sono relativi a strati nei quali la diagenesi risulta particolarmente spinta, prevalentemente per motivi di natura chimica.



## 7 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO E PARAMETRI GEOTECNICI

Nelle figure 4.1-4.3 di seguito allegate sono riportati stralci del profilo geologico del tratto in esame (tracciato A1/B: tratto intermedio da Santeramo in Colle (Zona Mass.DeLaurentis) a Matera-Serra Paducci).

Come si evince dai profili, a meno di un breve tratto iniziale in cui si verifica il passaggio dai Calcari delle Murge ai depositi quaternari della Fossa Bradanica, i terreni condizionanti le opere in progetto sono rappresentati dai litotipi limoso-argillosi della Formazione delle Argille grigio-azzurre, ricoperti, in corrispondenza delle maggiori incisioni fluviali, da depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi in matrice limosa. Pertanto, il modello geotecnico del sottosuolo sarà costituito da un mezzo monostrato (argille g.a.) (laddove lo spessore del terreno vegetale è modesto e ne è prevista l'asportazione) oppure da un mezzo bistrato (depositi alluvionali/argille g.a.) (laddove lo spessore dei terreni di copertura delle argille è apprezzabile).

Per quanto riguarda i parametri geotecnici caratteristici dei terreni e delle rocce presenti lungo il tracciato in esame, i valori medi forniti dalle prove geotecniche di laboratorio sono riportati nella tabella seguente:

**Tab.5 – Tabella riassuntiva parametri caratteristici**

	Argille g.a.	Depositi alluvionali		Calcareniti	Calcari
		grossolani	fini		
Peso-volume $\gamma_t$ (kN/mc)	20.10	21	19	13.5-21	> 23
Coesione c (kPa)	39				
Angolo attrito $\phi$	14.5°				
Coesione efficace c' (kPa)	26	0	0		270
Angolo attrito efficace $\phi'$	24°	35°	25°		32°
Resistenza monoassiale $C_0$ (MPa)	----			> 1	> 30
Modulo elastico E (MPa)	> 55			> 170	> 32000

Valori differenti (maggiori o minori) potranno essere adottati per quelle opere (in particolare le opere d'arte maggiori, quali i viadotti) ricadenti in zone per le quali si dispone di specifiche prove geotecniche di laboratorio e/o in sito.

## 8 INDICAZIONI PROGETTUALI

Si riportano di seguito alcune indicazioni di carattere generale a riguardo della progettazione delle opere, con particolare riguardo alle opere d'arte principali.

### 8.1 Rilevati stradali

In questo secondo tratto dei tracciati stradali studiati (tracciati A e B, tronco da Santeramo in Colle, zona Mass.DeLaurentis, a Matera Località Serra Paducci) il substrato calcareo è generalmente presente a grande profondità dal piano campagna, ricoperto da terreni prevalentemente coesivi della Formazione delle argille grigio-azzurre o comunque assimilabili ad essa. Pertanto, il piano di posa dei rilevati si posizionerà su terreni argilloso-limoso-sabbiosi, materiali compressibili, con caratteristiche geotecniche da discrete a mediocri.

In base alle osservazioni dirette delle carote di sondaggio e dei pozzetti esplorativi, lo spessore mediamente più frequente del terreno vegetale è compreso nell'intervallo 1-1,50 m. Notoriamente il terreno vegetale non ha caratteristiche geotecniche tali da poterci appoggiare i rilevati stradali. Pertanto, si ritiene prudenzialmente di indicare uno spessore medio di materiale da asportare pari a 100 cm circa, per cui il piano di fondazione dei rilevati è stato fissato alla profondità media di 100 cm dal piano campagna, comprensivo di scotico e spessore di bonifica (cfr. Relazione tecnica generale). Lo spessore di scavo risultante sarà sostituito da materiale arido grossolano.

Al riguardo si osserva che le Norme Tecniche dell'ANAS prevedono che *la bonifica del terreno di posa del rilevato dovrà essere eseguita ogniqualvolta si dovesse riscontrare, alla quota posta al di sotto di 20 cm dal p.c. (fondo scotico), la presenza di volumi di terreno non idonei. Dette Norme definiscono poi idonei i terreni che soddisfano contemporaneamente i seguenti requisiti: 1). Appartenenza ai gruppi A1, A2, A3; 2). Dopo compattazione, al grado di umidità ottima, corrispondente ad una densità secca non inferiore al 90% della densità massima AASHO mod., possesso di valori del modulo di deformazione Md, al primo ciclo, determinato con prova di carico su piastra (diametro 30 cm), non inferiori a quelli riportati in tabella 3:*

<b>COLLEGAMENTO MEDIANO MURGIA - POLLINO</b> TRATTO GIOIA DEL COLLE – MATERA – FERRANDINA – PISTICCI BY-PASS DI MATERA  PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA  <i>Relazione Geotecnica 2 – Tratta Santeramo in Colle – Serra Paducci</i>	File:T00-EG00-GEN-RE01-A Data: Febbraio 2022 Pag. 27 di 41
--	--

<i>Md (MPa)</i>	<i>Intervallo di riferimento</i>
20	<i>50-150 kPa sul piano di posa del rilevato posto a 1 m da quello della fondazione della pavimentazione stradale</i>
15	<i>50-150 kPa sul piano di posa del rilevato posto a 2 m o più da quello della fondazione della pavimentazione stradale</i>

*Per altezze di rilevato superiore a 2 m potranno essere accettati valori di  $Md < 15$  MPa, sempre che sia garantita la stabilità dell'opera e la compatibilità dei cedimenti, sia totali che differenziali, e del loro decorso nel tempo.*

## **8.2 Zone in trincea**

Nel caso di scavi per la realizzazione di trincee stradali o per l'imposta di opere d'arte, poiché essi interesseranno i già descritti terreni argilloso-limoso-sabbiosi, va considerato che questi ultimi hanno discrete caratteristiche meccaniche a breve termine che, nel caso di scavi di modesta altezza (1-2 m) consentono l'adozione di inclinazioni anche alte delle pareti di scavo (1/1 – 2/1). Le caratteristiche meccaniche a lungo termine risultano meno buone per cui, per pareti di scavo temporanee di altezza superiore a 1-2 m e per pareti di scavo definitive dovranno adottarsi inclinazioni più modeste (3/2 – 3/1).

## **8.3 Opere in calcestruzzo armato**

Le opere d'arte maggiori presenti lungo il tracciato sono rappresentate da due viadotti:  
 Viadotto Tratto B da progr. 25+935 a progr. 26+535  
 Viadotto Tratto B da progr. 30+415 a progr. 31+185.

Essendo presenti in corrispondenza dei due viadotti terreni di natura argilloso-limosa si prevedono fondazioni profonde su pali.

Nel caso di strutture minori in calcestruzzo armato che inducono sul terreno di posa carichi modesti (quali ad esempio tombini scatolari, muri di altezza ridotta, ecc.) potranno essere adottate fondazioni di tipo diretto. Nel caso, invece, di strutture più impegnative in calcestruzzo armato (quali ponti, muri di altezza superiore a 3 m, ecc.) sarà necessario adottare fondazioni di tipo profondo (ad esempio pali di grande diametro).

## **8.4 Alternative di tracciato**

Per quanto riguarda gli aspetti geologici e geotecnici dei tracciati ricadenti in questa seconda tratta, essi sono sostanzialmente equivalenti in quanto interessano tutti terreni argilloso-limoso-sabbiosi, con caratteristiche geotecniche simili

Bari, Febbraio 2022

COLLEGAMENTO MEDIANO MURGIA - POLLINO  
TRATTO GIOIA DEL COLLE – MATERA – FERRANDINA – PISTICCI  
BY-PASS DI MATERA

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

*Relazione Geotecnica 2 – Tratta Santeramo in Colle – Serra Paducci*

File:T00-EG00-GEN-RE01-A

Data: Febbraio 2022

Pag. 29 di 41

## **TABELLE RIASSUNTIVE DELLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI**

Tablelle 1.1-1.4 – Caratteri geotecnici generali

Tablelle 1.1.1-1.4.1 – Parametri di resistenza meccanica e di deformabilità



**COLLEGAMENTO MEDIANO MURGIA - POLLINO**  
**TRATTO GIOIA DEL COLLE – MATERA – FERRANDINA – PISTICCI**  
**BY-PASS DI MATERA**

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

*Relazione Geotecnica 2 – Tratta Santeramo in Colle – Serra Paducci*

File:T00-EG00-GEN-RE01-A

Data: Febbraio 2022

Pag. 31 di 41

**Tab.1.2 – Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche terreni limoso-argillosi**

Sondaggio	SA 19			SA 20 DH				SA 21 DH			
Campione	CI1	CI2	CI3	CI1	CI2	CI3	CI4	CI1	CI2	CI3	CI4
Da m	3.00	8.00	25.00	3.00	10.00	16.50	24.50	3.00	10.00	17.00	25.00
A m	3.50	8.50	25.50	3.50	10.50	17.00	25.00	3.50	10.50	17.50	25.50
Tipo campione	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CI
<b>Caratteristiche generali</b>											
Peso specifico granuli $\gamma_s$ (kN/mc)	26.9	27.1	26.9	27.0	27.1	27.1	27.0	26.9	27.1	27.2	27.1
Peso unità volume totale $\gamma_t$ (kN/mc)	20.3	20.0	20.7	20.1	20.2	20.5	20.7	20.6	19.3	20.3	20.9
Peso unità volume secco $\gamma_d$ (kN/mc)	16.3	15.9	17.0	16.0	16.0	16.3	17.0	17.0	14.7	16.2	17.3
Contenuto naturale d'acqua $w$ (%)	24.8	25.8	21.7	25.2	26.1	25.5	22.1	21.2	31.2	25.0	20.8
Peso unità volume saturo $\gamma_{sat}$ (kN/mc)	20.2	20	20.7	20.1	20.1	20.3	20.7	20.7	19.3	20.3	20.9
Indice vuoti	0.65	0.71	0.58	0.68	0.69	0.66	0.59	0.58	0.85	0.68	0.57
Contenuto d'acqua a saturazione $w_{sat}$ (%)	24.2	26.1	21.5	25.3	25.5	24.3	21.9	21.7	31.3	24.9	20.9
Porosità $n$ (%)	40	41	37	41	41	40	37	37	46	40	36
Grado di saturazione $s$ (%)	100	99	100	99.7	100	100	100	98.0	100	100	99.8
<b>Caratteristiche di plasticità</b>											
Limite liquido $LL$ (%)	61	64	38	57	46	50	48	34	43	51	46
Limite plastico $LP$ (%)	22	25	15	28	18	22	20	16	19	24	20
Limite di ritiro $LR$ (%)	15	17	12	12	13	13	10	14	10	13	11
Indice di plasticità $PI$ (%)	39	39	23	29	28	28	28	18	24	27	26
Indice di consistenza $I_c$	0.9	1.0	0.7	1.1	0.7	0.9	0.9	0.7	0.5	1.0	1.0
Attività colloidale $A$	0.7	0.8	1.1	0.8	0.7	0.7	0.9	2.1	0.6	0.6	0.6
<b>Caratteristiche granulometriche</b>											
Frazione ghiaiosa $G$ (%)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Frazione sabbiosa $S$ (%)	28	8	23	12	8	8	16	41	9	8	10
Frazione limosa $L$ (%)	62	46	57	50	53	49	52	50	43	47	47
Frazione argillosa $CF$ (%)	10	46	20	37	38	43	32	9	38	45	42
Passante setaccio ASTM n.4 (%)	100	100	100	99	100	100	100	100	100	100	100
Passante setaccio ASTM n.10 (%)	100	100	100	99	100	100	100	99	100	100	100
Passante setaccio ASTM n.40 (%)	100	99	100	100	99	100	100	9	100	100	99
Passante setaccio ASTM n.200 (%)	83	95	92	94	98	97	93	70	98	98	96
<b>Classificazione dei terreni</b>											
Classifica USCS	CH	CH	CL	CH	CL	CH	CL	CL	CL	CH	CL
Classifica HRB	A 7-6	A 7-6	A 6	A 7-6	A 7-6	A 7-6	A 7-6	A 6	A 7-6	A 7-6	A 7-6





**COLLEGAMENTO MEDIANO MURGIA - POLLINO**  
**TRATTO GIOIA DEL COLLE – MATERA – FERRANDINA – PISTICCI**  
**BY-PASS DI MATERA**

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA  
*Relazione Geotecnica 2 – Tratta Santeramo in Colle – Serra Paducci*

File:T00-EG00-GEN-RE01-A

Data: Febbraio 2022

Pag. 33 di 41

**Tab.1.4 – Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche terreni limoso-argillosi**

Sondaggio	SA 28 DH			SA 29		statistica		
	C11	C12	CR1	C11	C12	MIN	MAX	MED
Campione								
Da m	3.00	17.5	8.00	3.50	12.00			
A m	3.50	18.0	8.20	4.00	12.50			
Tipo campione	CI	CI	CR	CI	CI			
<b>Caratteristiche generali</b>								
Peso specifico granuli $\gamma_s$ (kN/mc)	27.0	27.1	27.1	27.1	27.2	26.1	27.2	
Peso unità volume totale $\gamma_t$ (kN/mc)	20.9	19.6		20.0	19.9	19.1	21.0	20.11
Peso unità volume secco $\gamma_d$ (kN/mc)	17.1	15.3		15.8	15.8	14.5	17.7	16.04
Contenuto naturale d'acqua $w$ (%)	22.4	28.2		26.3	26.4	19	32	
Peso unità volume saturo $\gamma_{sat}$ (kN/mc)	20.7	19.7		20.0	20.0	19.3	21.0	20.70
Indice vuoti	0.58	0.77		0.72	0.73	0.53	0.86	
Contenuto d'acqua a saturazione $w_{sat}$ (%)	21.5	28.3		26.4	26.7	19	32	
Porosità $n$ (%)	36.8	43.4		41.7	42.0	35	46	
Grado di saturazione $s$ (%)	100	99.4		99.7	98.9	92	100	
<b>Caratteristiche di plasticità</b>								
Limite liquido LL (%)	54	49	52	60	62	30	64	
Limite plastico LP (%)	25	22	20	21	21			
Limite di ritiro LR (%)	12	11	11	12	14			
Indice di plasticità PI (%)	29	27	32	39	41	26	38	
Indice di consistenza $I_c$	1.1	0.8		0.9	0.9			
Attività colloidale $A$	0.7	0.7	0.9	1.0	1.0			
<b>Caratteristiche granulometriche</b>								
Frazione ghiaiosa $G$ (%)	1	0	0	0	0	0	2	
Frazione sabbiosa $S$ (%)	13	14	15	11	10	7	41	
Frazione limosa $L$ (%)	43	45	49	50	48	28	62	
Frazione argillosa $CF$ (%)	43	41	36	39	42	6	47	
Passante setaccio ASTM n.4 (%)	99	100	100	100	100			
Passante setaccio ASTM n.10 (%)	98	100	100	100	100			
Passante setaccio ASTM n.40 (%)	97	100	98	100	100			
Passante setaccio ASTM n.200 (%)	93	93	93	96	96			
<b>Classificazione dei terreni</b>								
Classifica USCS	CH	CL	CH	CH	CH			
Classifica HRB	A 7-6	A 7-6	A 7-6	A 7-6	A 7-6			





**COLLEGAMENTO MEDIANO MURGIA - POLLINO**  
**TRATTO GIOIA DEL COLLE – MATERA – FERRANDINA – PISTICCI**  
**BY-PASS DI MATERA**

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA  
*Relazione Geotecnica 2 – Tratta Santeramo in Colle – Serra Paducci*

File:T00-EG00-GEN-RE01-A

Data: Febbraio 2022

Pag. 36 di 41

**Tab.1.3.1 – Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche terreni limoso-argillosi: parametri di resistenza meccanica**

Sondaggio	SA 24 DH			SA 26 DH			SA 27 DH			
Campione	CI1	CI2	CI3	CI1	CI2	CI3	CI1	CI2	CI3	CR1
Da m	3.00	9.50	25.00	3.00	10.00	25.00	3.00	11.00	25.0	8.00
A m	3.50	10.00	25.50	3.50	10.50	25.50	3.50	11.50	25.5	8.20
Tipo campione	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CR
<b>Caratteristiche generali</b>										
Peso unità volume totale $\gamma_t$ (kN/mc)	19.4	20.0	21.0	19.8	19.1	20.2	19.7	20.6	19.8	
Grado di saturazione $s$ (%)	100	100	96.6	100	100	100	95.6	95.0	98.6	
Indice di plasticità $PI$ (%)	37	28	37	40	35	32	39	30	36	28
Frazione argillosa $CF$ (%)	41	38	40	45	38	43	34	42	43	29
Passante setaccio ASTM n.200 (%)	94	95	90	97	94	90	93	97	97	95
<b>Prova compressione ELL</b>										
Resistenza a rottura $\sigma_r$ (kPa)	229				325			524		
Modulo elastico tangente $E_t$ (MPa)	18.8°				40			50.6		
<b>Prova di taglio diretto CD</b>										
Coesione efficace $c'$ (kPa)		54				71		48		
Angolo attrito efficace $\Phi'$		23°				21.5°		24°		
<b>Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata TRX,UU</b>										
Coesione non drenata $c_u$ (kPa)									238	
<b>Prova di compressione triassiale consolidata drenata TRX,CIU</b>										
Coesione totale $c$ (kPa)										
Angolo di attrito totale $\Phi'$										
Coesione efficace $c'$ (kPa)			8							
Angolo di attrito efficace $\Phi'$			26°							
<b>Prova di compressione edometrica</b>										
Indice di ricompressione $C_c$							0.231			
Modulo elastico $M$ (MPa)							62			
Indice di rigonfiamento $C_s$							0.054			

COLLEGAMENTO MEDIANO MURGIA - POLLINO  
 TRATTO GIOIA DEL COLLE – MATERA – FERRANDINA – PISTICCI  
 BY-PASS DI MATERA

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA  
 Relazione Geotecnica 2 – Tratta Santeramo in Colle – Serra Paducci

File:T00-EG00-GEN-RE01-A

Data: Febbraio 2022

Pag. 37 di 41

**Tab.1.4.1 – Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche terreni limoso-argillosi: parametri di resistenza meccanica**

Sondaggio	SA 28 DH			SA 29		statistica		
Campione	CI1	CI2	CR1	CI1	CI2			
Da m	3.00	17.5	8.00	3.50	12.00			
A m	3.50	18.0	8.20	4.00	12.50			
Tipo campione	CI	CI	CR	CI	CI			
<b>Caratteristiche generali</b>								
Peso unità volume totale $\gamma_t$ (kN/mc)	20.9	19.6		20.0	19.9			19.1 21.0 20.11
Grado di saturazione s (%)	100	99.4		99.7	98.9			92 100
Indice di plasticità PI (%)	29	27	32	39	41			26 38
Frazione argillosa CF (%)	43	41	36	39	42			6 47
Passante setaccio ASTM n.200 (%)	93	93	93	96	96			
<b>Prova compressione ELL</b>								
Resistenza a rottura $\sigma_r$ (kPa)	298			175				39 292
Modulo elastico tangente $E_t$ (MPa)	22.8			12.7				
<b>Prova di taglio diretto CD</b>								
Coesione efficace $c'$ (kPa)					14			0 71
Angolo attrito efficace $\Phi'$					22°			20° 27.5°
<b>Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata TRX,UU</b>								
Coesione non drenata $c_u$ (kPa)								64 238
<b>Prova di compressione triassiale consolidata drenata TRX,CIU</b>								
Coesione totale $c$ (kPa)		56						28 43
Angolo di attrito totale $\Phi$		9°						9° 19°
Coesione efficace $c'$ (kPa)		55						6 55
Angolo di attrito efficace $\Phi'$		14°						14° 31°
<b>Prova di compressione edometrica</b>								
Indice di ricomprensione $C_c$				0.275				0.231 0.275
Modulo elastico $M$ (MPa)				55				62 75
Indice di rigonfiamento $C_s$				0.069				0.054 0.070

COLLEGAMENTO MEDIANO MURCIA - POLLINO  
TRATTO GIOIA DEL COLLE – MATERA – FERRANDINA – PISTICCI  
BY-PASS DI MATERA

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

Relazione Geotecnica 2 – Tratta Santeramo in Colle – Serra Paducci

File:T00-EG00-GEN-RE01-A

Data: Febbraio 2022

Pag. 38 di 41

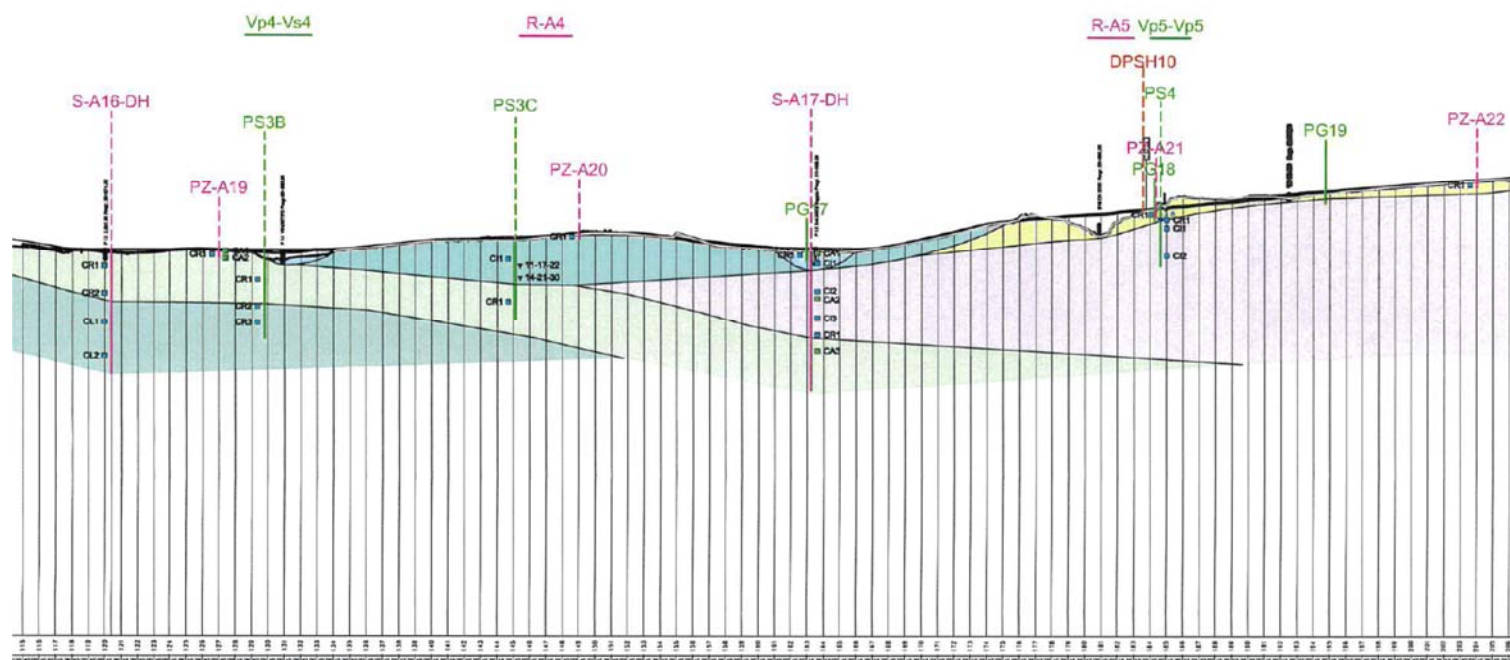


Fig.4.1 - Profilo geologico da Santeramo in Colle-Zona Mass.DeLaurentis a Matera Serra Paducci (parte 1)

COLLEGAMENTO MEDIANO MURGIA - POLLINO  
TRATTO GIOIA DEL COLLE – MATERA – FERRANDINA – PISTICCI  
BY-PASS DI MATERA

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

Relazione Geotecnica 2 – Tratta Santeramo in Colle – Serra Paducci

File:T00-EG00-GEN-RE01-A

Data: Febbraio 2022

Pag. 39 di 41

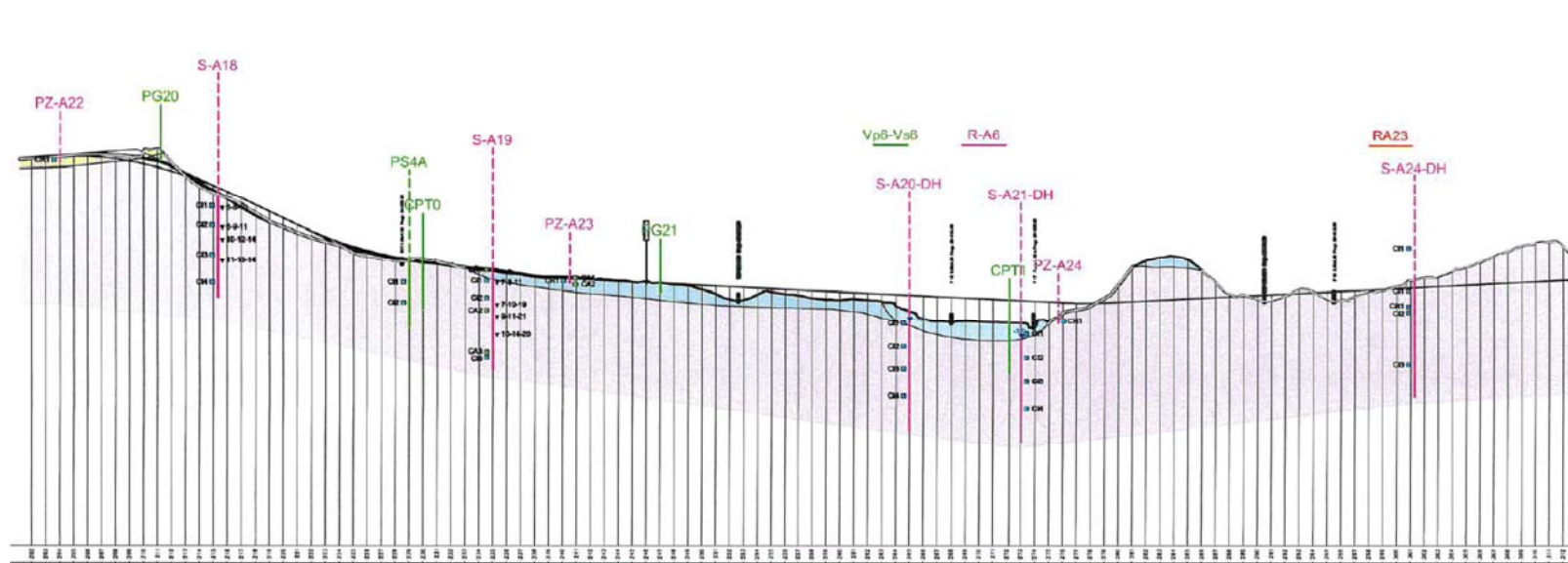


Fig.4.2 - Profilo geologico da Santeramo in Colle-Zona Mass.DeLaurentis a Matera Serra Paducci (parte 2)

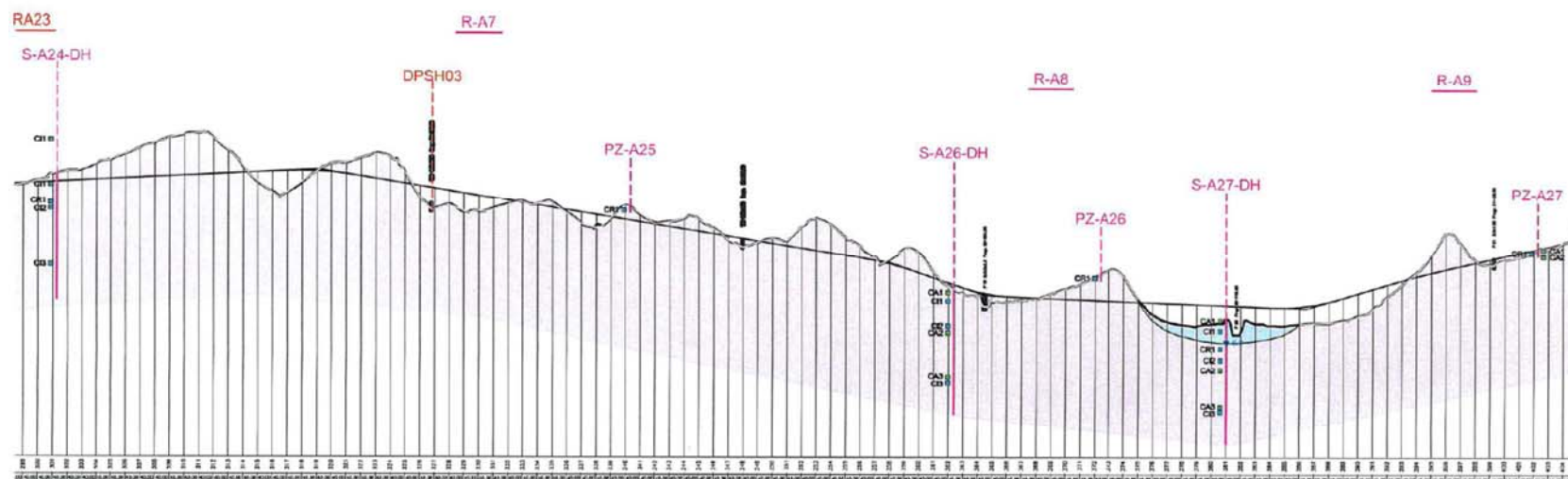
COLLEGAMENTO MEDIANO MURGIA - POLLINO  
TRATTO GIOIA DEL COLLE – MATERA – FERRANDINA – PISTICCI  
BY-PASS DI MATERA

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA  
*Relazione Geotecnica 2 – Tratta Santeramo in Colle – Serra Paducci*

File:T00-EG00-GEN-RE01-A

Data: Febbraio 2022

Pag. 40 di 41



**Fig.4.3 - Profilo geologico da Santeramo in Colle-Zona Mass.DeLaurentis a Matera Serra Paducci (parte 3)**



**Colonne stratigrafiche schematiche dei sondaggi geognostici presenti lungo il tracciato in esame**

	SA16	SA17	SA18	SA19	SA20	SA21	SA24	SA26	SA27	SA28	SA29			
0-1	Qcc	at	Qca	at	at	at	at	Qca	at	S	Qca			
1-2														
2-3														
3-4														
4-5														
5-6														
6-7														
7-8														
8-9														
9-10														
10-11														
11-12	Ca	Qca	Qca	Qca	Qca	Qca	Qca	Qca	Qca	Qca	Qca			
12-13														
13-14														
14-15														
15-16														
16-17														
17-18														
18-19														
19-20														
fine			Ca											

Legenda: at: depositi alluvionali, S: sabbie limose, Qca: argille grigio-azzurre, Qcc: Calcarenite di Gravina, Ca: Calcarea delle Murge