

INDICE

INDICE	2
1 PREMESSA	4
1.1 Norme tecniche di riferimento.....	4
2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	6
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).....	7
2.1.4 Calcarenite di Monte Castiglione (Q ^{Ccs})	8
2.1.5 Sabbie di Monte Marano (Qcs).....	8
2.1.6 Argille di Gravina (Qca).....	8
2.2 Caratteri strutturali.....	9
2.3 Geomorfologia	9
2.4 Idrogeologia	9
3 INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE GEOTECNICHE	10
3.1 Indagini geognostiche e prove geotecniche in sito	10
3.2 Prove geotecniche di laboratorio	10
4 CARATTERI GEOLOGICI ESSENZIALI	12
4.1 Lito-stratigrafia	12
4.2 Modello geologico del sottosuolo	18
5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELL'AMMASSO ARGILLOSO	19
5.1 Caratteri granulometrici, fisici e di plasticità.....	19
5.2 Resistenza meccanica	22

5.2.1	Resistenza meccanica da prove in sito (Prove penetrometriche DPSH).....	24
5.3	Caratteristiche di elasticità	25
5.3.1	Caratteristiche di elasticità da prove geotecniche di laboratorio	25
5.3.2	Caratteristiche di elasticità da prove geotecniche in sito (pressiometro).....	25
5.3.3	Caratteristiche di elasticità da prove geotecniche in sito (sismica down-hole)	26
5.3.4	Caratteristiche di elasticità da prove geotecniche in sito (sismica da superficie)	27
6	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI LITOTIPI LAPIDEI	28
6.1	Roccia calcarea.....	28
6.1.1	Resistenza meccanica dell'ammasso roccioso calcareo	29
6.1.2	Caratteristiche di elasticità dell'ammasso roccioso calcareo	31
6.2	Roccia calcarenitica	32
7	MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO E PARAMETRI GEOTECNICI	34
8	INDICAZIONI PROGETTUALI.....	35
8.1	Rilevati stradali.....	35
8.2	Zone in trincea	36
8.3	Opere in calcestruzzo armato.....	36
8.4	Alternative di tracciato	36

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 SS7.

La presente relazione riguarda in particolare il 3° tratto dell'itinerario Gioia-Matera, che comprende i tracciati A1 e B nel tratto compreso fra lo svincolo di Matera Nord e l'innesto sulla SS7 (Ponte Bradano) (cfr.fig.1), caratterizzati prevalentemente dalla presenza in affioramento dei depositi terrosi della Fossa Bradanica.

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.



Fig.1 – Stralcio planimetrico della zona di interesse.
(Tracciato A in rosso, Tracciato B in grigio, Tracciato C in blu)

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

La zona attraversata dai tracciati stradali ricade nel Foglio 201 “Matera” della Carta geologica d’Italia in scala 1:100.000.

Come si evince dalla Relazione geologica, la ricostruzione del modello geologico del sottosuolo ha tenuto conto dei risultati delle seguenti attività, come meglio illustrato nella Relazione geologica:

- lavori di letteratura scientifica disponibili per le aree in studio;
- documenti e cartografie ufficiali di pubbliche amministrazioni;
- ricognizione geologica e geomorfologica del territorio per le varie alternative di tracciato e rilevamento geologico e geomorfologico del tracciato A;
- misurazioni dei livelli di falda in alcuni sondaggi geognostici;
- esame dei risultati delle campagne di indagini geognostiche svolte in varia epoca (2007, 2017 e 2020);
- altro tipo di indagini e studi.

Rimandando alla Relazione geologica per la descrizione di dettaglio della geologia delle zone attraversate dai tracciati in esame, si riporta di seguito una sintesi dei caratteri lito-stratigrafici di dette zone.

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.

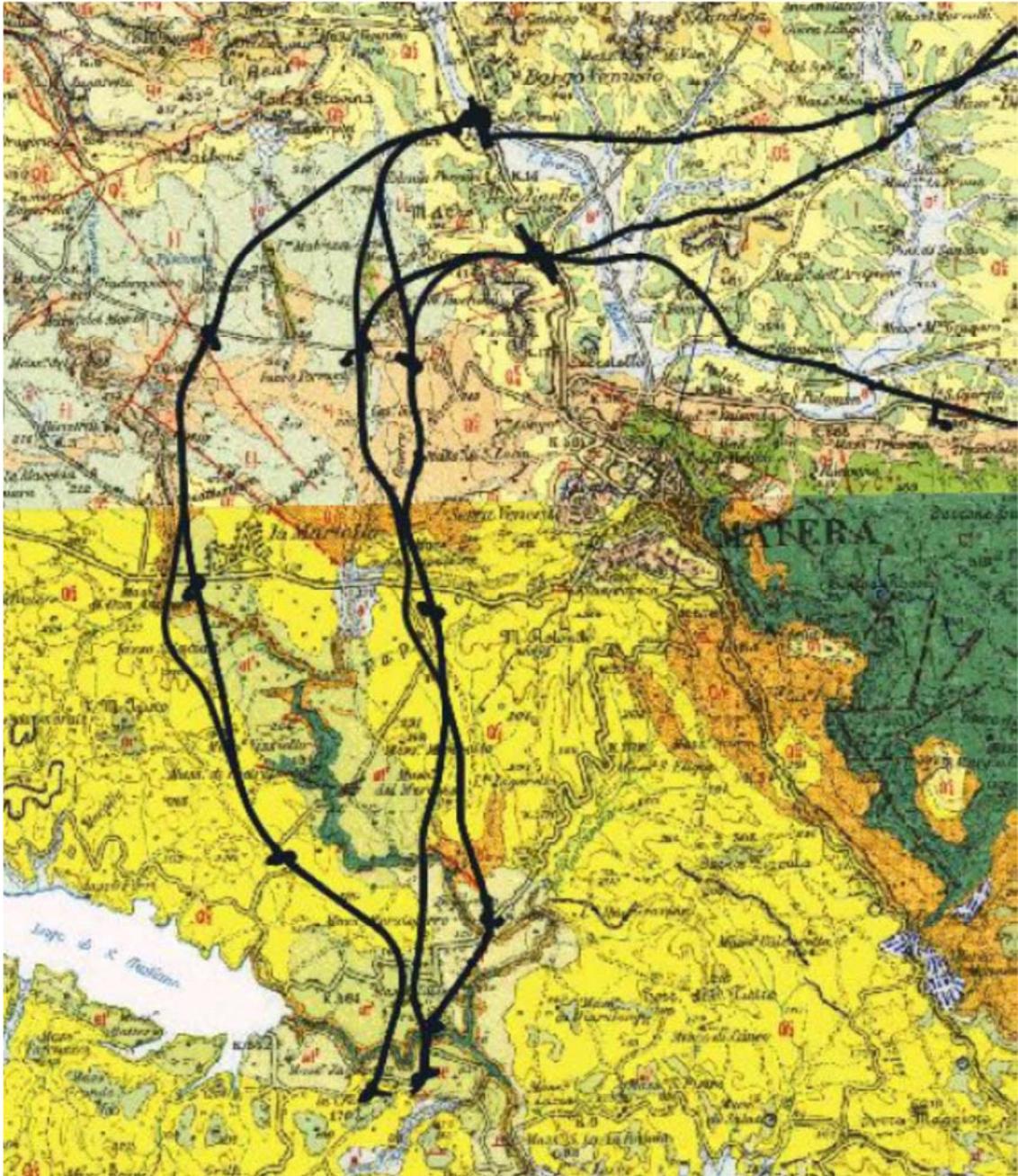


Fig.2 – Stralcio della Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000 – Foglio 201 "Matera"
Legenda litotipi terrosi: a2) depositi attuali e recenti terrazzati, l) depositi alluvionali terrazzati,
q1a) argille calcigne, Q^{cs} Calcareniti di Monte Castiglione, Q^{cs} Sabbie di Monte Marano, Q^{ca} Argille di Gravina

2.1.3 Argille calcigne (q1a)

Con le Sabbie dello Statureo (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_{cs})

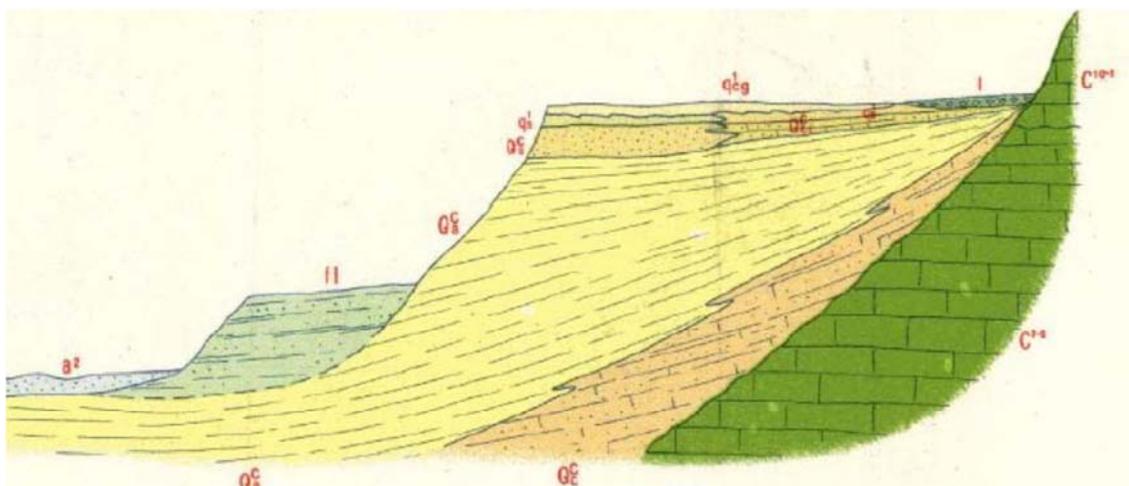
Eteropica con le Sabbie di Monte Marano, affiora in una fascia limitata a NNE delle Murge di Altamura, Santeramo e Gioia del Colle. Giace normalmente sulle Argille di Gravina. Ha il tipico aspetto della panchina ed è costituita da detrito calcareo, anche grossolano, di regola fortemente cementato da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

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.

Nella Relazione geologica non sono segnalate tratti interessati da fenomeni franosi eclatanti.

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

3.1 Indagini geognostiche e prove geotecniche in sito

Negli ultimi mesi del 1999 e nel corso del 2020, in più fasi, a cura del raggruppamento temporaneo di professionisti, sull'intero percorso dei tracciati A e B, è stata condotta una campagna di indagini geognostiche molto articolata, eseguita dalla ditta Apogeo S.r.l. di Altamura. Relativamente ai tratti in esame, sono state eseguite le indagini di seguito elencate, riportate in dettaglio nella tabella seguente (cfr. ubicazione nelle Tavole P00.GE00.GEO.PU04-PU06):

- sondaggi meccanici a carotaggio continuo, spinti fino ad una profondità massima di 35 m da p.c. (individuati dalle sigle SA con riferimento alle indagini 2020 e PS con riferimento alle indagini 2007); è stata anche tenuto in conto il sondaggio S23 eseguito nel 2017 in corrispondenza della SS7;
- pozzetti esplorativi eseguiti con mezzo meccanico (individuati dalle sigle Pz);
- prove pressiometriche in foro (SA33 e SA39);
- prove penetrometriche dinamiche continue (individuati dalle sigle DPSH);
- prove penetrometriche statiche (individuate dalle sigle CPT);
- prospezioni sismiche a rifrazione da superficie (individuate dalle sigle RA con riferimento alle indagini 2020 e dalle sigle Vp-s con riferimento alle indagini 2007);
- prospezioni sismiche del tipo down-hole all'interno di alcuni dei sondaggi meccanici; (individuate dalle sigle DH);
- prelievo di numerosi campioni indisturbati di litotipi terrosi e/o rappresentativi di litotipi lapidei.

Nelle elaborazioni riportate nei capitoli che seguono sono stati tenuti in conto anche i risultati delle prove geotecniche eseguite su campioni di materiali (terreni e rocce), analoghi a quelli presenti in questa terza tratta, prelevati lungo le tratte 1 e 2 dei tracciati stradali A e B.

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.

Tabella 1 – Elenco delle principali indagini geognostiche eseguite lungo la 3^a tratta

Sondaggi 2020	DownHole 2020	Sondaggi 2007	Sismica 2020	Sismica 2017	Penetrom 2020	Penetrom 2007	Pozzetto 2020
Sigla S	Sigla DH	PS7-A	Sigla R	Vp-s	Sigla DPSH	Sigla CPT	Sigla PZ
SA-28	DH	PS7-A0	RA-09	Vp-s6	DPSH 04	CPT-2F	PZ-A27
SA-29		PS7-A1	RA-10	Vp-s7	DPSH 05	CPT-2G	PZ-A63
SA-33		PS7-A2	RA-25	Vp-s9	DPSH 11	CPT-2H	PZ-A31
SA-34	DH	PS7-B	RA-11	Vp-s9A	DPSH 12	CPT-2I	PZ-A32
SA-35		PS7-B2	RA-12	Vp-s10	DPSH 06	CPT-2L	PZ-A56
SA-36	DH	PS7-B3	RA-13			CPT-2M	PZ-A33
SA-37	DH	PS7-B4	RA-26			CPT-2N	PZ-A49
SA-38		PS8-A	RA-14			CPT-2O	PZ-A34
SA-39		PS8-B	RA-27			CPT-2S	PZ-A35
SA-41	DH	PS9	RA-15			CPT-2T	PZ-A36
SA-43		PS9-A	RA-16			CPT-2U	PZ-A36B
SA-44		PS10	RA-17			CPT-3	PZ-A37
SA-45	DH	PS11-A	RA-18			CPT-3A	PZ-A57
SA-47		PS11-B	RA-19			CPT-3B	PZ-A38
SA-48	DH	PS1	RA-30			CPT-3C	PZ-A39
SA-50	DH		RA-20			CPT-3D	PZ-A58
SA-51	DH					CPT-3E	PZ-A40
SA-53						CPT-3F	PZ-A41
SA-54	DH						PZ-A59
SA-55							PZ-A42
SA-56	DH						
SA-57							
SA-58	DH						
SA-59	DH	S23 (2017)					

Nota 1: l'elencazione dei sondaggi, generalmente, segue la loro disposizione planimetrica

Nota 2: la tabella riporta tutti i sondaggi eseguiti da località Serra Paducci allo svincolo di Metaponto sulla SP3

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, nonché dalle planimetrie e dai profili geologici, nella prima parte del tracciato (3° Tratto che aggira ad ovest la città di Matera) si rinvencono in affioramento le Calcareniti di Gravina, passanti in basso ai Calcari delle Murge. Gli stessi litotipi si rinvencono più avanti in corrispondenza dell'attraversamento del fiume Bradano e di altri corsi d'acqua. Nel tratto intermedio, invece, i sondaggi meccanici hanno attraversato, al di sotto di un primo strato di terreno vegetale e/o di riporto, di spessore variabile, sia i litotipi argilloso-limoso-sabbiosi della Formazione delle Argille di Gravina che litotipi limoso-sabbiosi appartenenti alle formazioni di copertura delle argille grigio azzurre.

L'assetto lito-stratigrafico evidenziato dai sondaggi meccanici è stato confermato dai risultati delle prospezioni sismiche di superficie eseguite lungo il tracciato delle soluzioni A e B. Nelle figure 3.1-3.17 seguenti sono riportate le sezioni sismo-stratigrafiche ricostruite dal geofisico, da cui emerge che, su gran parte del tracciato, il substrato argilloso è presente a breve profondità dal piano campagna ricoperto da modesti spessori di materiali terrosi di natura limoso-argilloso-sabbiosa. In alcuni casi, invece, le indagini sismiche hanno interessato i depositi calcarenitici.

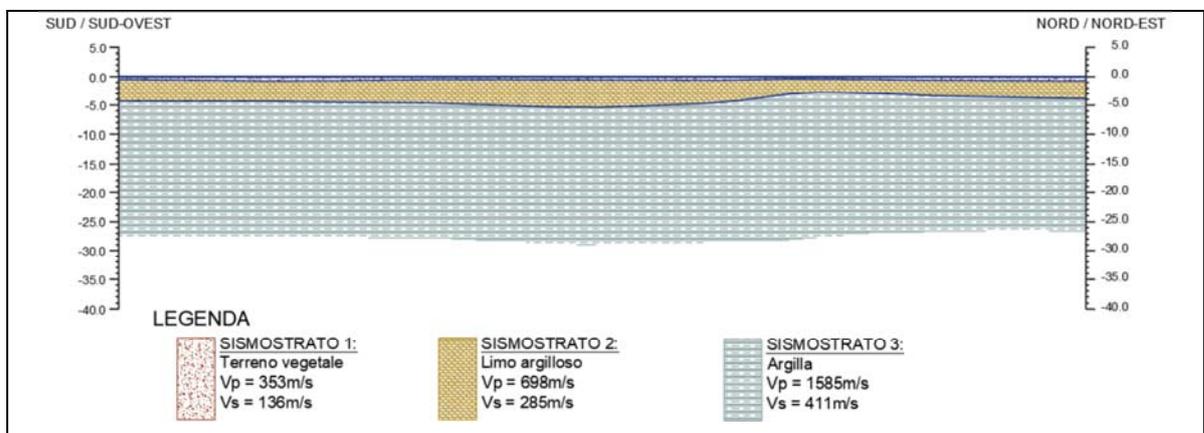


Fig.3.1 – Sezione sismo-stratigrafica RA9

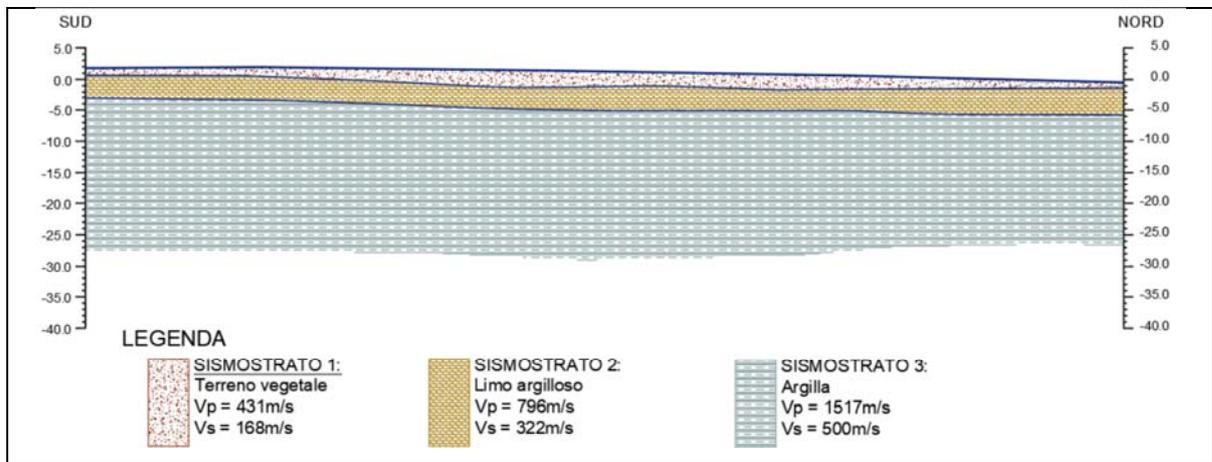


Fig.3.2 – Sezione sismo-stratigrafica RA-10

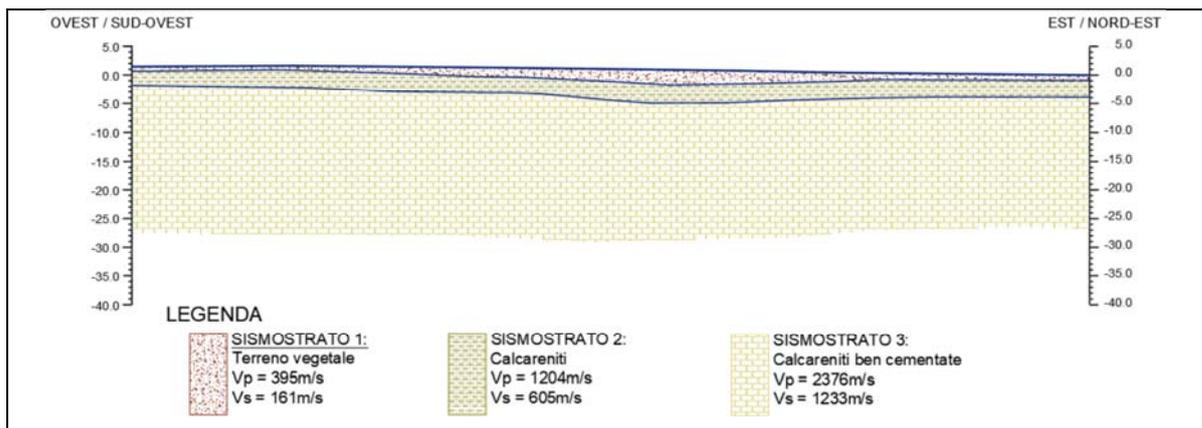


Fig.3.3 – Sezione sismo-stratigrafica RA-11

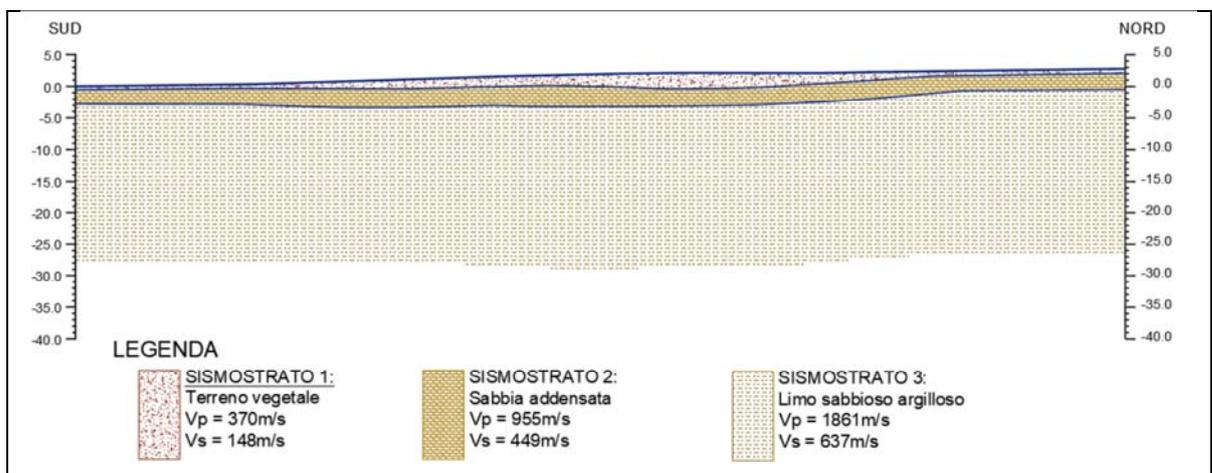


Fig.3.4 – Sezione sismo-stratigrafica RA-12

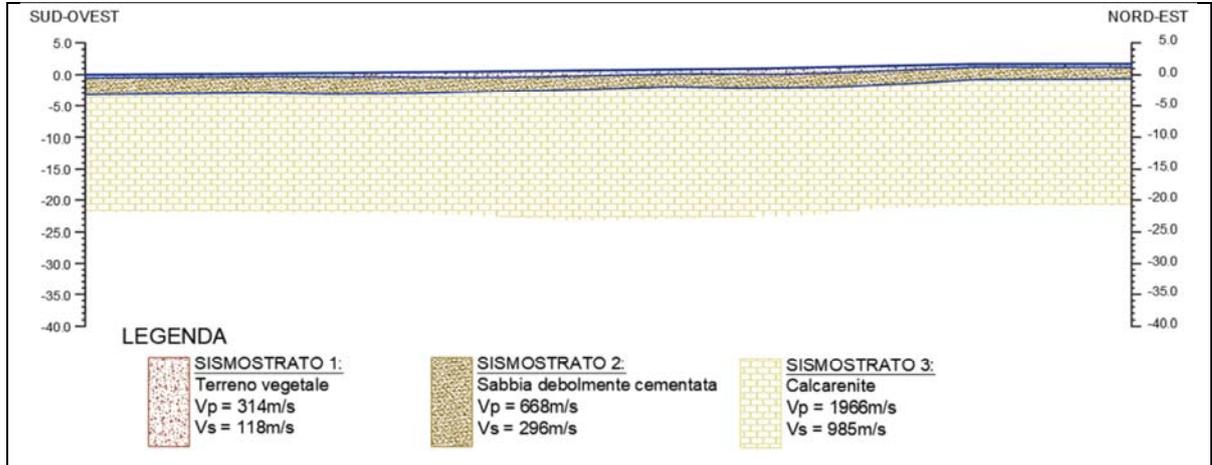


Fig.3.5 – Sezione sismo-stratigrafica RA-13

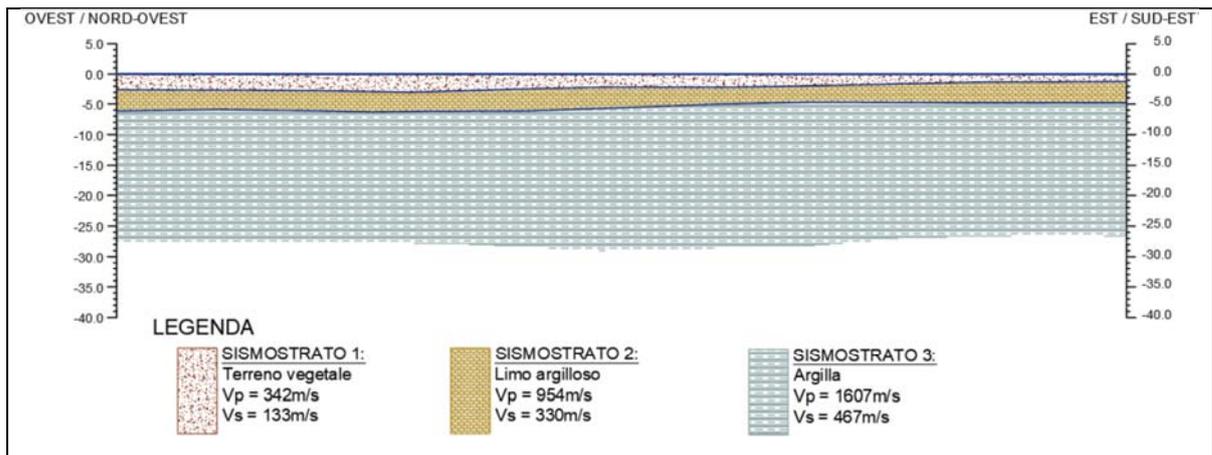


Fig.3.6 – Sezione sismo-stratigrafica RA-14

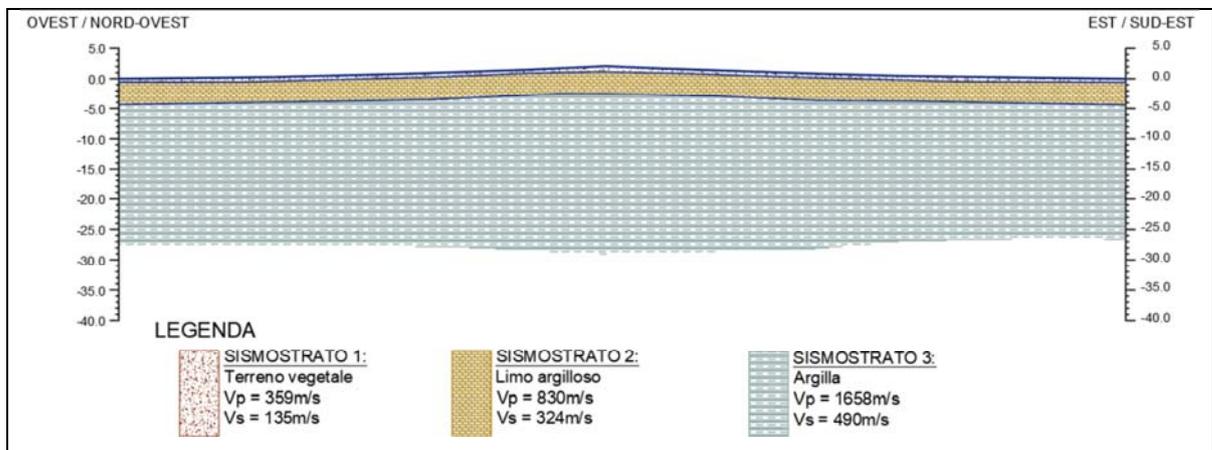


Fig.3.7 – Sezione sismo-stratigrafica RA-15

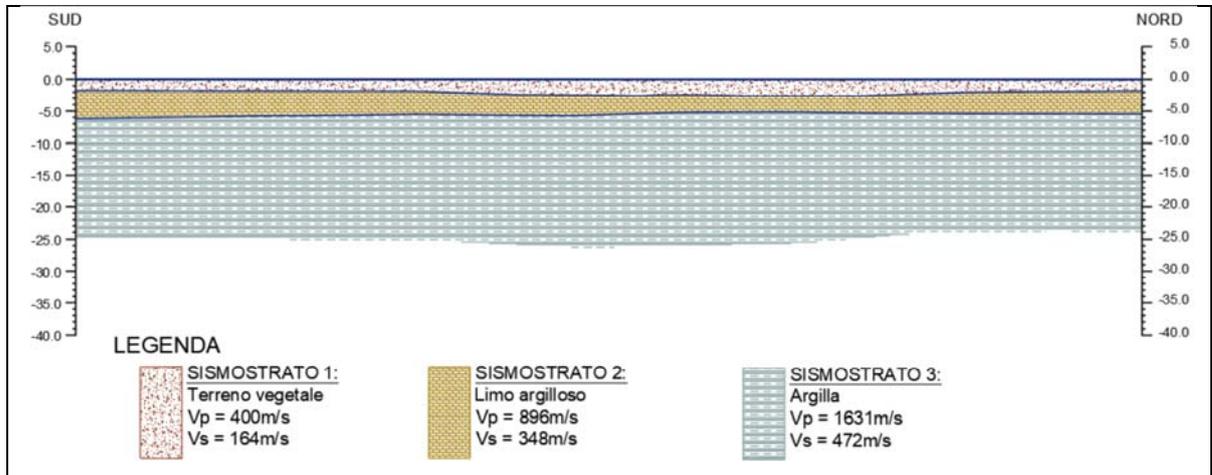


Fig.3.8 – Sezione sismo-stratigrafica RA-16

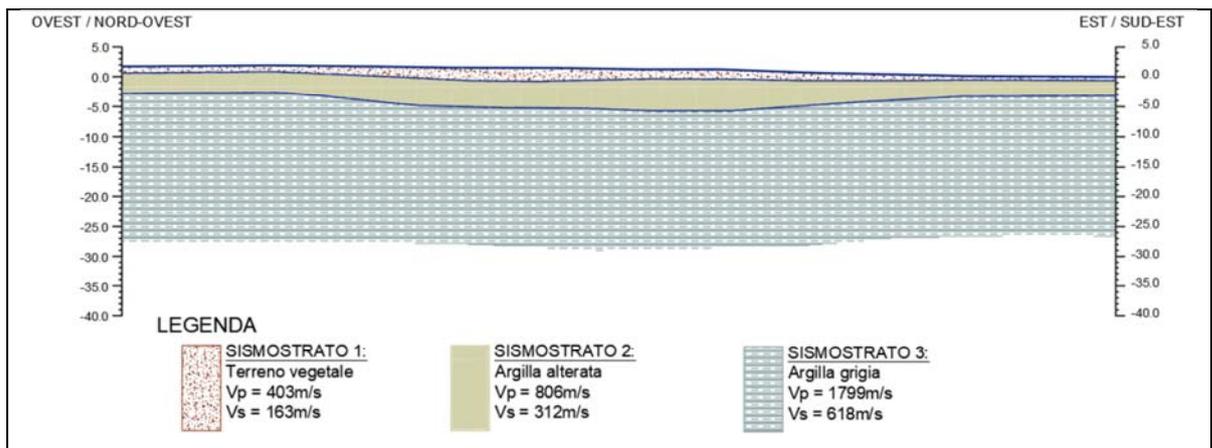


Fig.3.9 – Sezione sismo-stratigrafica RA-17

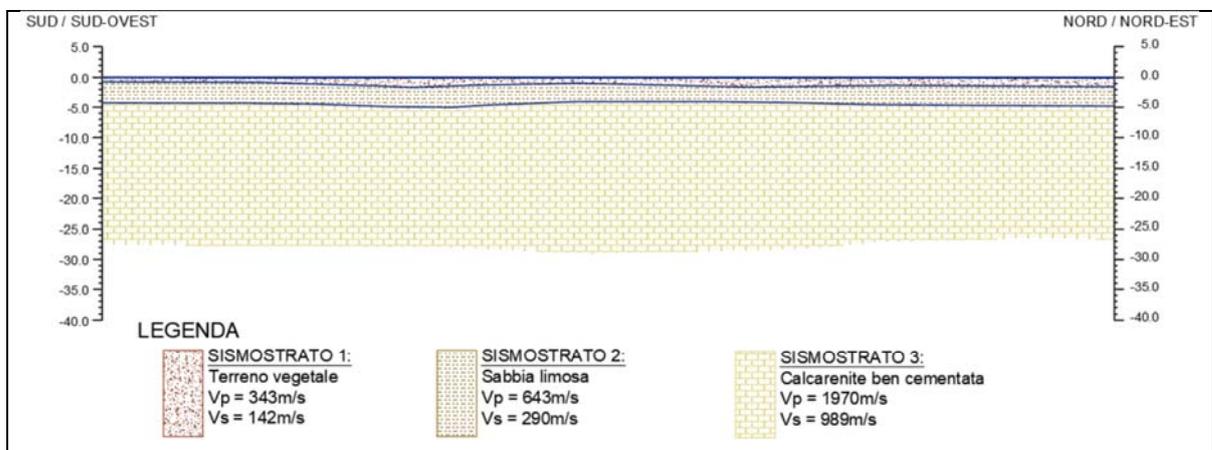


Fig.3.10 – Sezione sismo-stratigrafica RA-18

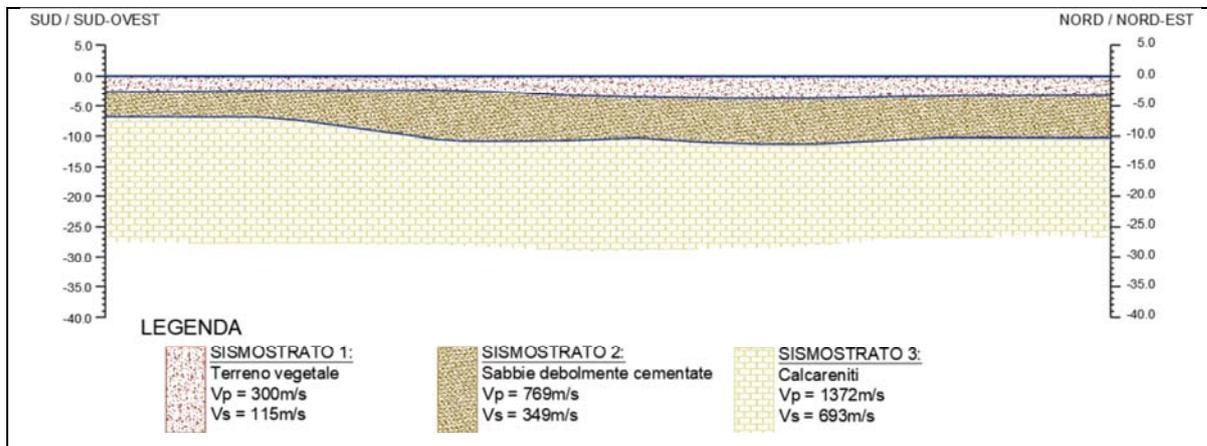


Fig.3.11 – Sezione sismo-stratigrafica RA-19

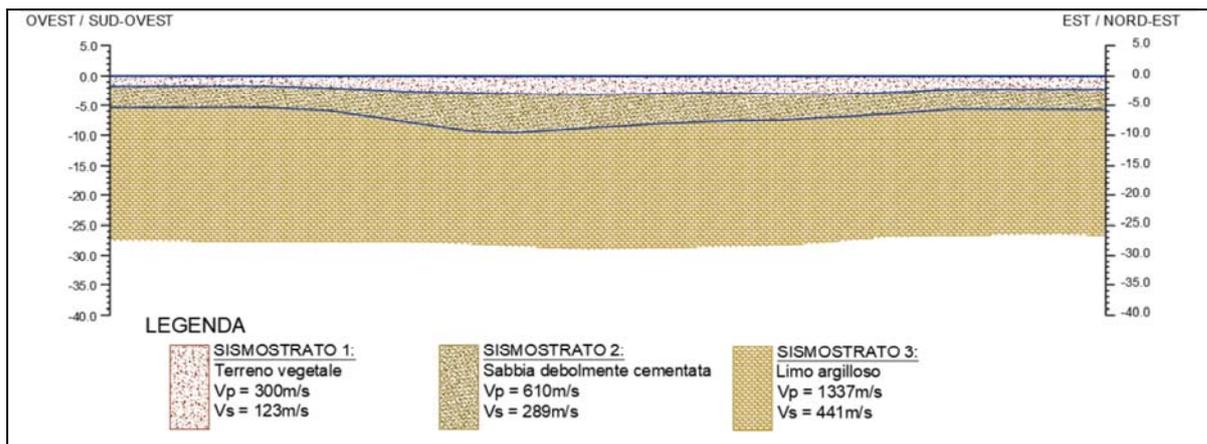


Fig.3.12 – Sezione sismo-stratigrafica RA-20

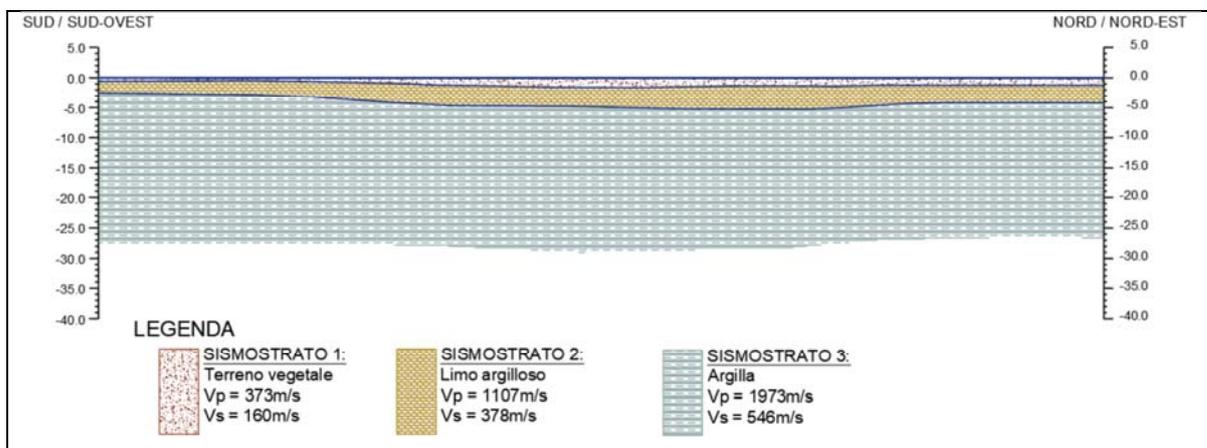


Fig.3.13 – Sezione sismo-stratigrafica RA-24

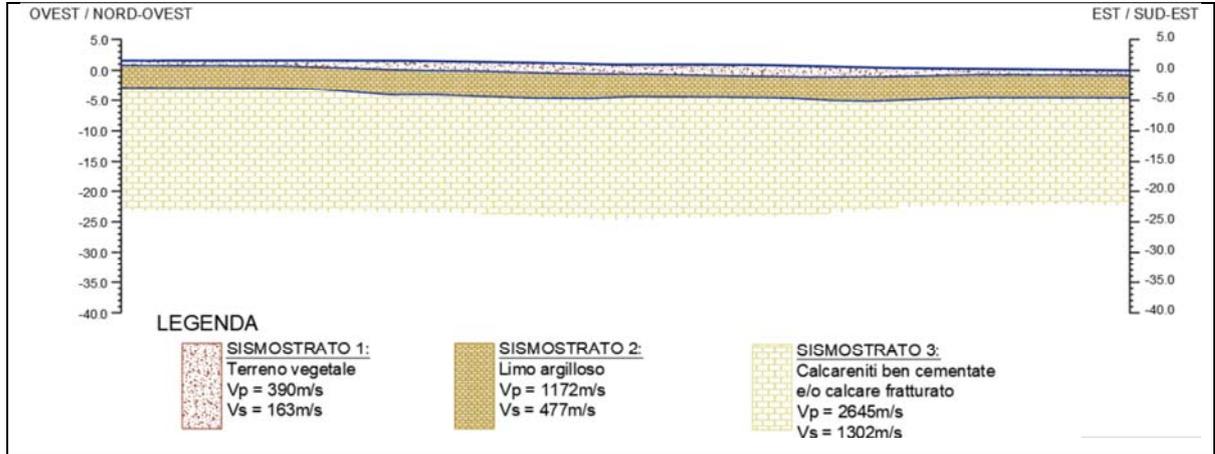


Fig.3.14 – Sezione sismo-stratigrafica RA-25

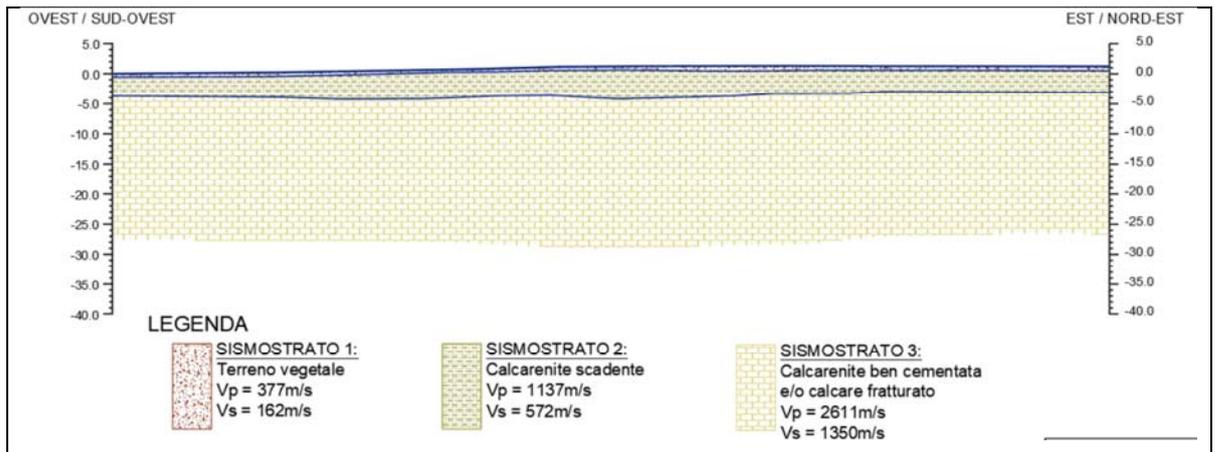


Fig.3.15 – Sezione sismo-stratigrafica RA-26

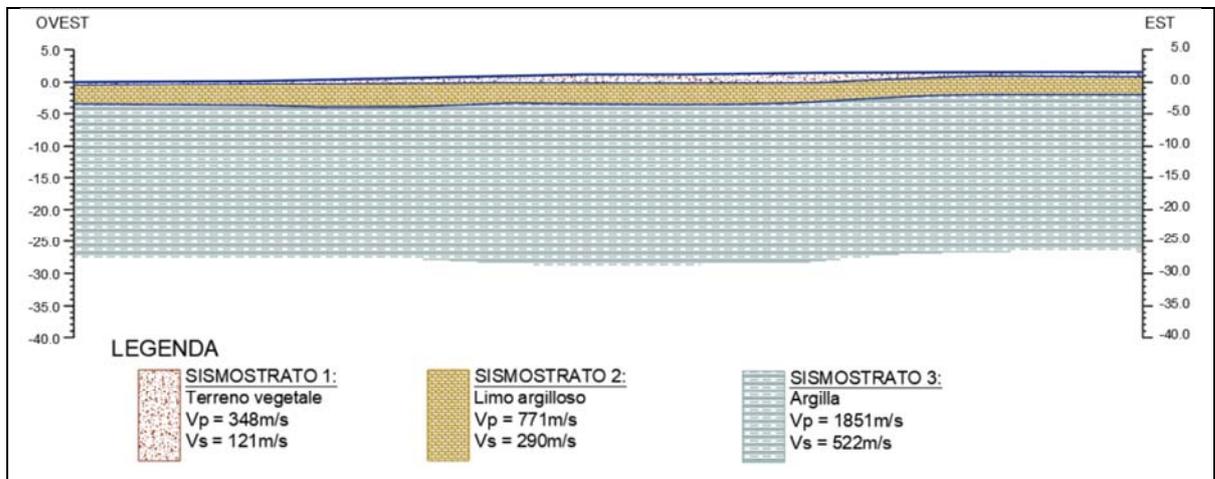


Fig.3.16 – Sezione sismo-stratigrafica RA-27

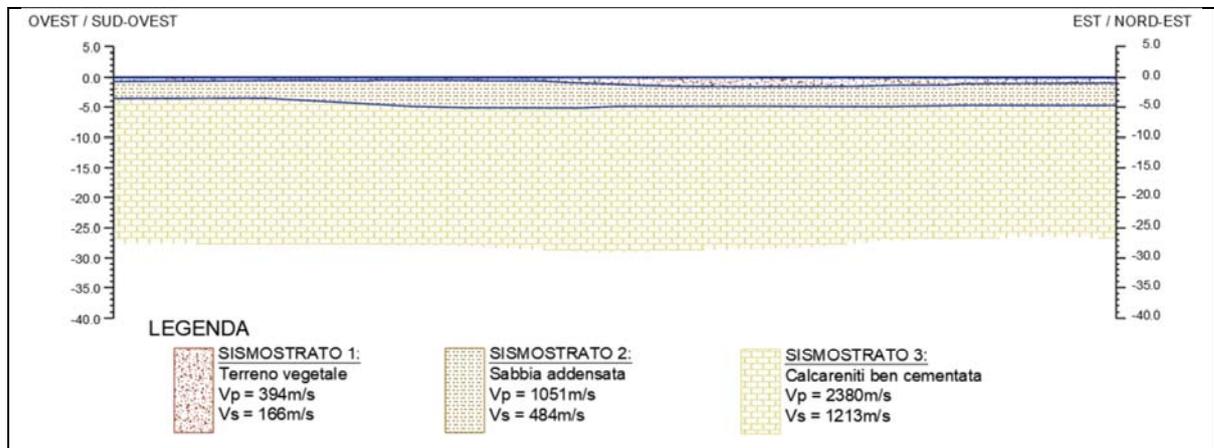


Fig.3.17 – Sezione sismo-stratigrafica RA-30

Si omettono le sezioni sismo-stratigrafiche delle indagini 2007 (per altro eseguite al di fuori dei tracciati in esame, benchè prossime) in quanto non aggiungono alcuna informazione interessante a quelle fornite dalle indagini 2020.

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. o delle calcareniti è modesto, per cui se ne prevede l'asportazione) oppure ad un mezzo bistrato (con spessore dello strato superiore generalmente modesto, negli altri casi). 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.

Nel caso degli ammassi rocciosi, generalmente si tratta di un mezzo monostrato o, più raramente, bistrato (calcarenite superiore e calcare inferiore). Anche in questo caso si trascura la copertura terrosa in quanto, a causa del ridotto spessore, 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 terzo tratto del tracciato stradale 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 secondo tratto (Santeramo in colle-Matera) 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 1.1-1.7 allegate in appendice alla presente relazione sono riportati i risultati delle prove geotecniche di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati dei terreni limoso-argillosi prelevati lungo l'intero tracciato della infrastruttura in esame (2°+3° tratto dell'itinerario A). Nelle tabella B 1.1÷B 1.8 allegate in appendice alla presente relazione sono riportati i risultati delle prove geotecniche di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati dei terreni limoso-argillosi prelevati lungo il tracciato B della infrastruttura in esame nel tratto compreso fra Matera Borgo Venusio e l'innesto di Metaponto sulla SS7.

I campioni esaminati sono prevalentemente campioni argilloso limosi o limoso argillosi debolmente sabbiosi appartenenti alla Formazione delle argille grigio azzurre di Gravina. In alcuni casi trattasi, invece, di litotipi argilloso-limosi dei depositi alluvionali che mostrano, tuttavia, caratteristiche non dissimili dagli altri.

Sotto il profilo granulometrico i materiali esaminati sono costituiti da limi argilloso-sabbiosi o da argille limoso-sabbiose (cfr. fig.3.1), con plasticità medio-alta della parte fina (cfr. figg.3.2.1. e 3.2.2). ed attività normale o bassa della frazione argillosa (CF) (cfr. figg.3.3.1 e 3.3.2). Risulta, infatti (i valori riportati fra parentesi tengono conto anche dei risultati ottenuti sui campioni degli altri tratti in esame):

Granulometria:	G = 0-4% (0-4%)	S = 4-33% (4-41%)
	L = 29-59% (28-62%)	A = 25-55% (6-55%)
Classificazione:	CH/CL	A 7-6 / A6
Plasticità:	LL = 38-75% (30-64%)	IP = 21-51% (26-38%)
Consistenza:	IC = 0.5-1.1	
Attività:	A = 0.6-1.3	

Intercalati nella formazione argillosa si rinvencono livelli di limi sabbiosi e di sabbie limose di piccolo spessore (cfr. fig.3.1).

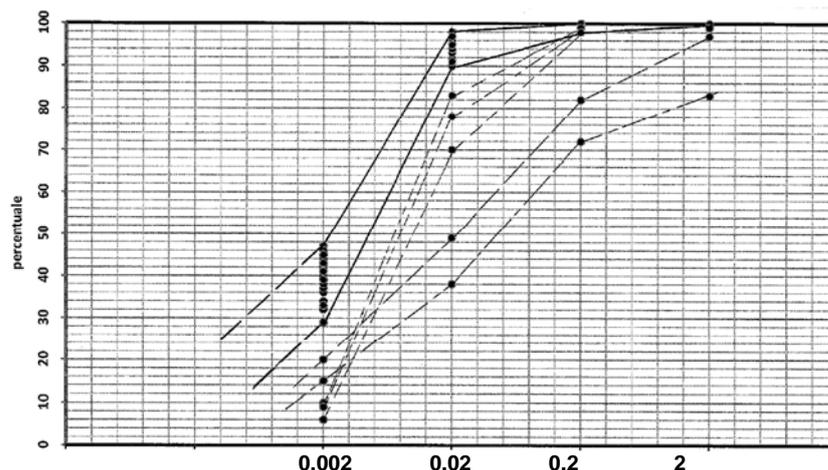


Fig.3.1 – Fascia granulometrica dei terreni argilloso-limosi e curve granulometriche dei livelli limoso-sabbiosi

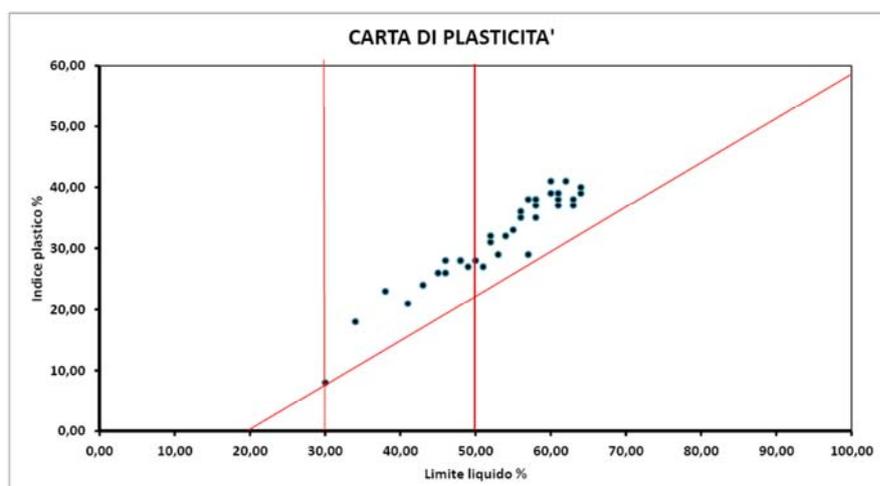


Fig.3.2.1 - Carta di plasticità dei terreni argilloso-limosi (Campioni tratto 2)

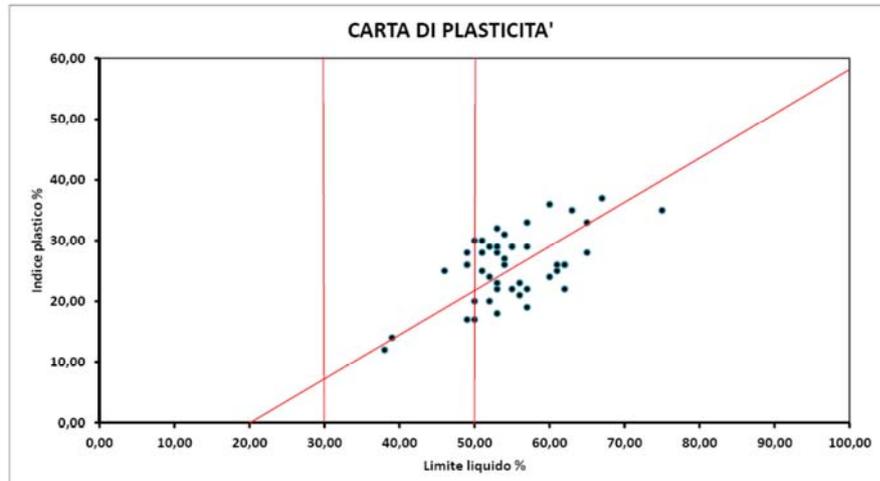


Fig.3.2.1 - Carta di plasticità dei terreni argilloso-limosi (Campioni tratto 3)

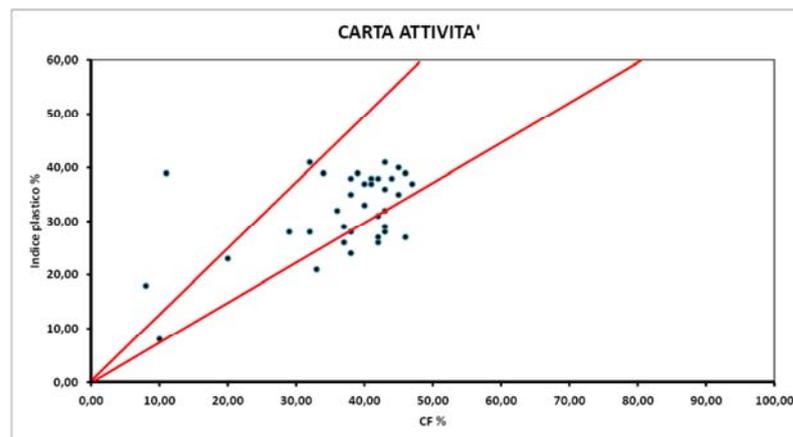


Fig.3.3.1 - Carta di attività dei terreni argilloso-limosi (Campioni tratto 2)

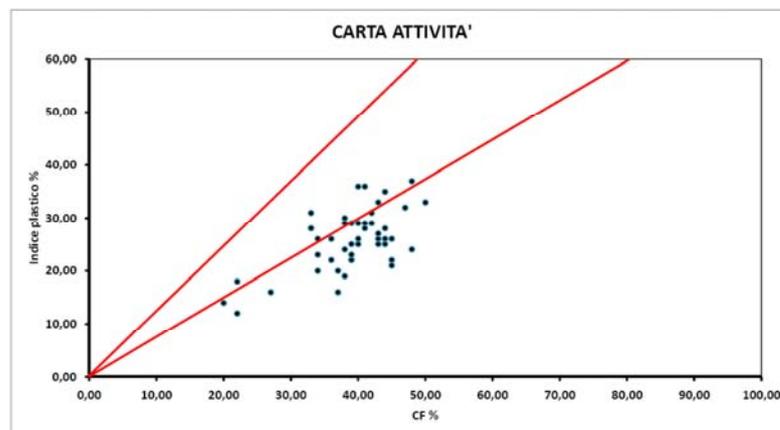


Fig.3.3.2 - Carta di attività dei terreni argilloso-limosi (Campioni tratto 3)

L'intervallo di variazione dei principali parametri fisici è relativamente ridotto, come si evince dai valori riportati nelle tabelle 1.1-1.7 e B.1.1+B.1.8 allegate e di seguito riassunti:

$$Gr = 26.1-27.3 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_t = 18.9-21 \text{ kN/m}^3 \quad (\gamma_{tm} = 19.9 \text{ kN/m}^3)$$

$$\gamma_d = 14.3-17.7 \text{ kN/m}^3 \quad (\gamma_{dm} = 15.9 \text{ kN/m}^3)$$

$$w = 19-33\% \quad s > 92\%$$

$$e = 0.53-0.90 \quad n = 27-47\%$$

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 (ELL), prove di taglio diretto consolidate e drenate (TD,CD), prove di compressione triassiale non consolidate e non drenate (TRX,UU), prove di compressione triassiale consolidate e non drenate (TRX,CU), prove di compressione triassiale consolidate e drenate (TRX,CD)).

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

$$c_u = 70-665 \text{ kPa (ELL)} \quad c_u = 123-280 \text{ kPa (TRX,UU)}$$

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:

$$c' = 0-74 \text{ kPa} \quad \Phi' = 20^\circ-33^\circ$$

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:

$$c = 33-41 \text{ kPa} \quad \Phi = 12^\circ-19^\circ$$

$$c' = 18-107 \text{ kPa} \quad \Phi' = 17^\circ-27^\circ$$

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.

Il risultato di detta analisi è riportato nei diagrammi di figura 3.4 e 3.5 seguenti, in termini di resistenza totale e di resistenza efficace.

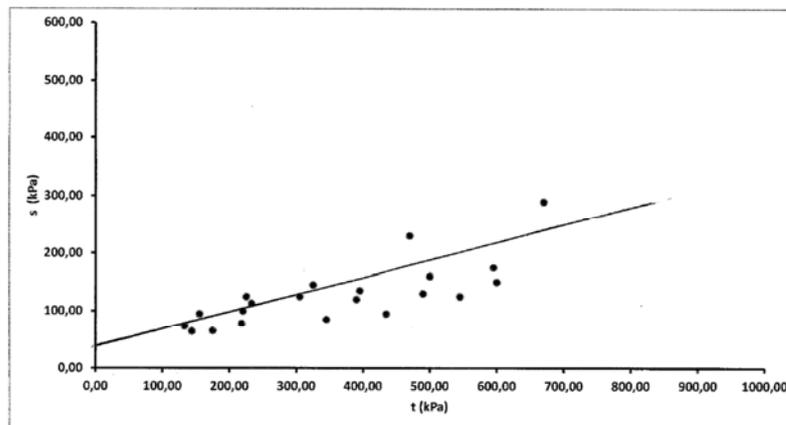


Fig.3.4 – Prove TRX,CIU, analisi statistica – parametri resistenza totale

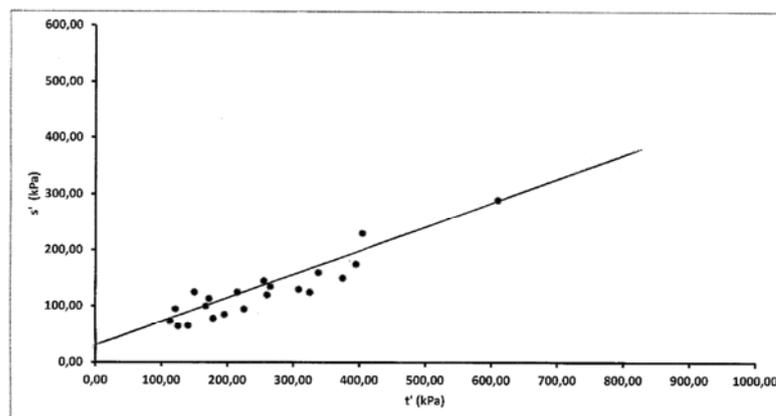


Fig.3.5 – Prove TRX,CIU, analisi statistica – parametri resistenza efficace

Risulta nei due casi:

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

$$c' = 26 \text{ kPa} \quad e \quad \Phi' = 24^\circ$$

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

Partendo, invece, dai risultati delle prove di taglio diretto (TD,CD), l'analisi statistica (cfr. fig.3.6) mostra che i valori di resistenza si collocano nei seguenti intervalli

$$c' = 9 \text{ kPa}, \Phi' = 20^\circ \qquad c' = 47 \text{ kPa}, \Phi' = 24^\circ$$

mentre la retta di interpolazione lineare fornisce (numero di campioni esaminati 72, indice di correlazione $\text{Corr}=0.947$):

$$c' = 22 \text{ kPa} \quad e \quad \Phi' = 24^\circ$$

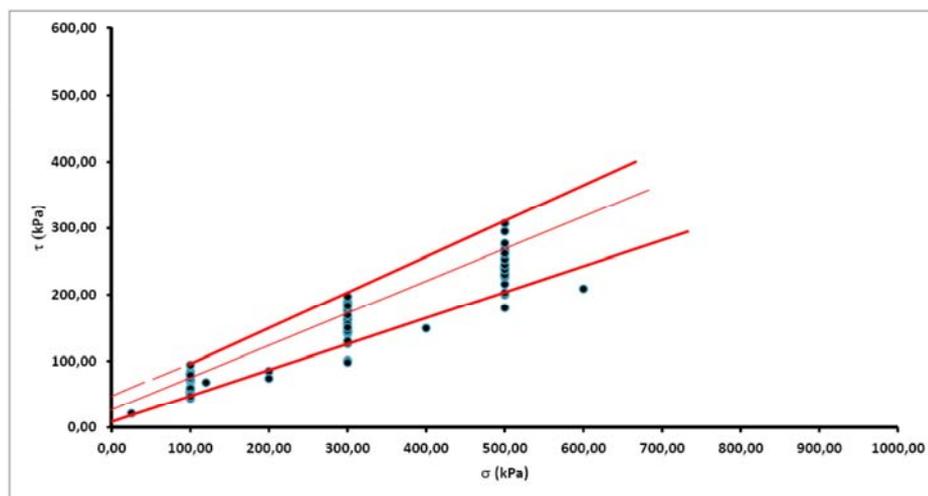


Fig.3.6 – Prove di taglio diretto TD,CD

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

Nel tratto in questione (tratto 3) sono state effettuate n.5 prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH), i cui risultati sono riportati nel Rapporto sulle indagini della ditta Apogeo (Prove DPSH 4,5,6,11,12). Dall'elaborazione dei dati sperimentali si traggono i valori di resistenza e deformabilità riportati nella tabella seguente, in cui vengono esposti anche i risultati delle prove DPSH eseguite nel tratto 2..

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 $IP > 15$)

Prova	DPSH03	DPSH03	DPSH04	DPSH04	
profondità	5.8-7.8	7.8-9.8	5.4-7.8	7.8-10	
Parametro					
Peso di volume (t/mc)	20.6	23.2	20.7	24.5	
Coesione non drenata (kPa)	194	364	234	495	
Modulo di Young (daN/cm ²)	213	416	252	549	

Prova	DPSH06	DPSH06	DPSH12	DPSH12	
profondità	5.0-8.0	8.0-10	4.4-7.2	7.2-10	
Parametro					
Peso di volume (t/mc)	24	24	20.5	24.5	
Coesione non drenata (kPa)	392	769	196	670	
Modulo di Young (daN/cm ²)	392	860	257	748	

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 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) 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 prelevati all'interno di sondaggi eseguiti nel tratto 2 (Itinerario A, indagini 2020) e n.23 campioni indisturbati prelevati all'interno di sondaggi eseguiti nel tratto 3 (Itinerario B, indagini 2007), ottenendo i seguenti intervalli di valori dei coefficienti e moduli di elasticità:

indagini 2020: $C_c = 0.175-0.275$ $C_s = 0.041-0.070$ $M = 55-75$ MPa.

Indagini 2007: $C_c = 0.096-0.257$ $M = 19-56$ MPa.

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

Nella tabella 2.1 seguente sono riportati i parametri di deformabilità forniti dalle prove pressiometriche svolte in corrispondenza di alcuni sondaggi eseguiti nel tratto 2, itinerario

A: modulo pressiometrico, pressione limite, ecc., nonché i parametri da essi ricavabili attraverso le note formule di Cassan ed altri:

- Modulo di Young: $E = E_m/\alpha$ (ove α , 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 (indagini 2020)

sondaggio	profondità	litotipo	Modulo Poisson ν	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
SC 01	-10	Argilla	0.41	47	2.43	17	142	340
SC 10	-10	Argilla	0.41	44	2.70	16	133	269
Valori medi (escluso SA43)			0.41	47	2.66	17.5	143	280

valori confrontabili con quelli ottenuti con altro tipo di indagine.

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

Le prospezioni sismiche in foro (DH) eseguite nei tratti 2 e 3 dell'itinerario stradale A 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
SC 8	3-35	350-1290	160-340	125-600	15-73
SA36	2-20	310-1200	120-280	100-480	11-58
SA37	5-15	400-760	185-280	130-330	16-44
SA45	10-35	600-1080	220-308	200-480	24-58
SA48	2-35	400-1400	110-310	48-500	10-62
SA54	5-15	500-870	200-320	95-490	11-59

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

Le prospezioni sismiche da superficie eseguite in questo tratto dell'itinerario stradale hanno fornito i seguenti valori dei parametri di elasticità.

Tab.2.3 - Tabella riassuntiva risultati delle Prove sismiche da superficie (indagini 2020)

sondaggio	Intervalli di profondità	Velocità onde P (m/s)	Velocità onde S (m/s)	Modulo elastico Edin (MPa)	Modulo statico Estat (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
RA 10	6-21	1517	500	1365	165
RA 14	5-20	1607	467	1220	147
RA 15	5-21	1658	490	1353	169
RA 16	6-21	1631	472	1252	151
RA 17	5-20	1799	618	2167	261
RA 27	4-21	1797	523	1583	191

Tab.3.1.2 – 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 ²)
Tratto 1								
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	80,7	105.700	0,47	
SA16-CL2	25,2-25,3	25,0	2,73	5,4	110	46.300	0,28	

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

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_b (Rock Mass Rating di base).

Come è noto, l'RMR_b è dato dalla somma di cinque parametri:

$$RMR_b = A1+A2+A3+A4+A5$$

ove (cfr. tabella allegata):

A1 è funzione della resistenza a compressione monoassiale (Co) 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.

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

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 _b	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0
Classe	I	II	III	IV	V
descrizione	Molto buono	buono	mediocre	scadenre	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):

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

$$\Phi = 0,5 \text{ RMR}_b + 5 = 27 + 5 = 32^\circ$$

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

6.1.2 Caratteristiche di elasticità dell'ammasso roccioso calcareo

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

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)
Tratto 1					
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
Tratto 3					
SA 58	32-35	1770-1800	500-520	1400-1560	160-190
SA 59	17-35	1800-2465	800-1170	3500-8000	400-960

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:

$$\text{Estat} = 0,97 \text{ Edin}/8,3.$$

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:

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

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 affioramento in più punti in banchi di spessore variabile.

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/mc)	Peso specifico	Porosità n (%)	Rc (MPa)	Em (MPa)	Es (MPa)	P.L. (N/mmq)
Tratto 3								
SA33-CL1	3.1-3.3	17.4	2.67	28.8	2.42	514	491	
SA34-CL1	20.0-20.2	14.7	2.67	28.9	2.96	745	494	
SA35-CL1	19.8-20.2	17.0	2.69	23.1	2.99	706	481	
SA38-CL1	11.8-12.0	16.5	2.68	29.8	2.26	2722	1519	
SA39-CL1	2.7-2.9	18.1	2.68	29.7	1.44	174	118	
SA39-CL2	11.7-11.9	16.0	2.69	25.9	2.22	1579	954	
SA41-CL1	2.5-2.6		2.69	18.3				
SA41-CL2	9.0-9.2	20.9	2.67	21.1	17.4	4968	2776	
SA55-CL1	7.7-8.0	16.2	2.66	37.6	1.86	580	234	
SA55-CL2	16.4-16.7	22.0	2.68	8.3	5.36	1213	389	
SA56-CL3	25.4-25.4	18.1	2.69	30.6	4.88			0.36
SA57-CL1	13.3-13.5	20.2	2.67	20.8	9.86	7421	2482	
SA59-CI2	9.7-10.0	20.5	2.69	19.9	12.08	2743	879	1.09

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

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

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 34	12-35	850-1400	230-480	250-1250	30-150
SA 36	19-35	1250-1550	300-430	440-1050	50-125
SA 37	17-35	750-1100	300-480	400-1100	50-130
SA 54	18-35	800-980	310-440	440-910	50-110
SA 56	8-35	690-1350	300-700	400-2390	50-290
SA 58	10-32	1300-1770	200-490	250-1100	30-130
SA 59	1-16	900-1700	360-800	600-3500	75-420

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 ($13,5-21 \text{ kN/m}^3$) 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.

Come si evince dai profili, il tratto in questione presenta in affioramento sia ammassi lapidei (Calcari delle Murge e Calcareniti di Gravina) che ammassi terrosi (Argille grigio-azzurre, ricoperti, in corrispondenza delle maggiori incisioni fluviali, da depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi in matrice limosa). Pertanto, il modello geotecnico del sottosuolo varierà da luogo a luogo: da un mezzo monostrato (ove affiorano direttamente le argille g.a. o i calcari del substrato) a un mezzo bistrato (depositi alluvionali/argille g.a. oppure calcareniti/calcari).

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 medi

	Argille g.a.	Depositi alluvionali		Calcareniti	Calcari
		grossolani	fini		
Peso-volume γ_t (kN/mc)	20.10	21	19	13.5-21	> 23
Coesione c (kPa)	39				
Angolo attrito ϕ	14.5°				
Coesione efficace c' (kPa)	26	0	0		270
Angolo attrito efficace ϕ'	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 ricadenti in zone nelle 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 terzo 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 M_d , al primo ciclo, determinato con prova di carico su piastra (diametro 30 cm), non inferiori a quelli riportati in tabella 3:*

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

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 interessano 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

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 maggiori 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 terza tratta, essi sono sostanzialmente equivalenti in quanto interessano tutti terreni argilloso-limoso-sabbiosi, con caratteristiche geotecniche simili

Fig. 4.1-4.3 – Profili geologici longitudinali del tratto in esame

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

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

Relazione Geotecnica 3

File:T00-EG00-GEN-RE01-A

Data: Febbraio 2022

Pag. 41 di 60

TABELLE RIASSUNTIVE DELLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Tabelle 1.1-1.4 – Caratteri geotecnici generali

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

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

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

Relazione Geotecnica 3

File:T00-EG00-GEN-RE01-A

Data: Febbraio 2022

Pag. 43 di 60

Tab.1.2 – Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche terreni limoso-argillosi (indagini 2020) (tratto 3 da Matera Serra Paducci a innesto SS7)

	SA 50			SA 51		SA 53		SA 54		SA 56	SA 57
	CI1	CI2	CI3	CI1	CI2	CI1	CI2	CI1	CI2	CI1	CI2
Campione											
Da m	3.5	10.0	25.00	2.5	905	3.0	12.0	2.5	9.5	4.5	1.5
A m	4.0	10.5	25.50	3.0	10.0	3.5	12.4	3.0	10.0	5.0	2.0
Tipo campione	CI										
Caratteristiche generali											
Peso specifico granuli γ_s (kN/m ³)	27.3	27.3	27.0	26.9	27.0	27.0	27.2	27.3	27.0	27.0	26.9
Peso unità volume totale γ_t (kN/m ³)	20.5	19.9	19.8	20.4	20.8	20.1	20.4	20.8	20.0	20.1	20.6
Peso unità volume secco γ_d (kN/m ³)	17.0	15.6	16.2	17.0	16.7	15.9	16.5	17.2	15.7	16.4	17.3
Contenuto naturale d'acqua w (%)	20.8	27.3	22.2	19.8	24.0	26.4	23.9	20.7	27.1	22.9	19.1
Indice vuoti	0.61	0.75	0.67	0.58	0.61	0.70	0.65	0.58	0.72	0.65	0.56
Porosità n (%)	37.9	42.7	39.9	26.7	37.9	41.1	39.3	36.9	41.7	39.4	35.7
Grado di saturazione s (%)	93	100	90	92	100	100	100	97	100	95	92
Limite liquido LL (%)	75	69	54	44	58	38	53	69	56	47	40
Limite plastico LP (%)	24	25	22	19	24	17	21	22	24	19	15
Limite di ritiro LR (%)	12	17	19	14	19	13	13	13	20	12	11
Indice di plasticità PI (%)	51	44	33	25	34	21	32	47	32	29	25
Indice di consistenza I _c	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.9	1.0	0.9	0.9	0.8
Attività colloidale A	1.0	0.8	0.7	0.9	0.7	0.6	0.6	0.8	0.7	0.8	1.0
Caratteristiche granulometriche											
Frazione ghiaiosa G (%)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	4
Frazione sabbiosa S (%)	11	4	8	23	9	15	14	8	8	29	33
Frazione limosa L (%)	36	43	46	47	46	48	36	37	47	29	37
Frazione argillosa CF (%)	53	53	45	30	45	37	50	55	45	37	25
Passante setaccio ASTM n.4 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97	97
Passante setaccio ASTM n.10 (%)	100	100	99	100	100	100	100	100	100	96	97
Passante setaccio ASTM n.40 (%)	99	100	99	100	100	98	100	100	100	95	95
Passante setaccio ASTM n.200 (%)	94	99	95	86	95	90	90	97	85	73	70
Classificazione dei terreni											
Classifica USCS	CH	CH	CH	CL	CH	CL	CH	CH	CH	CL	CL
Classifica HRB	A 7-6	A 7-6	A 6	A 7-6	A 7-6	A 6	A 7-6	A 7-6	A 7-6	A 7-6	A 6

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

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

Relazione Geotecnica 3

File:T00-EG00-GEN-RE01-A

Data: Febbraio 2022

Pag. 44 di 60

Tab.1.3 – Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche terreni limoso-argillosi (indagini 2020) (tratto 3 da Matera Serra Paducci a innesto SS7)

	SA 58			SC 1		SC 2	SC 4	SC 8			
	CI1	CI2	CI3	CI1	CI2	CI1	CI2	CI 1			
Campione											
Da m	1.5	3.0	5.0	3.6	10.0	3.0	3.0	4.5			
A m	2.0	3.5	5.5	4.0	10.5	3.5	3.5	5.0			
Tipo campione	CI										
Caratteristiche generali											
Peso specifico granuli γ_s (kN/m ³)	26.9	27.2	27.2	27.1	27.2	27.0	27.2	26.9			
Peso unità volume totale γ_t (kN/m ³)	19.3	20.0	19.3	19.2	18.9	20.3	19.9	19.2			
Peso unità volume secco γ_d (kN/m ³)	15.1	15.6	14.7	14.6	14.4	16.6	16.4	14.6			
Contenuto naturale d'acqua w (%)	28.1	27.6	30.9	31.6	31.0	22.1	21.3	31.2			
Indice vuoti	0.78	0.74	0.85	0.86	0.89	0.62	0.65	0.83			
Porosità n (%)	43.8	42.5	45.8	46.2	46.9	38.4	39.6	15.5			
Grado di saturazione s (%)	97	100	99	100	95	96	89	100			
Limite liquido LL (%)	51	60	66	56	66	54	53	61			
Limite plastico LP (%)	22	25	26	24	27	21	20	25			
Limite di ritiro LR (%)	18	18	19	16	17	13	13	17			
Indice di plasticità PI (%)	29	36	40	32	39	32	33	36			
Indice di consistenza I _c	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	1.0	1.0	0.8			
Attività colloidale A	0.7	1.0	0.8	1.0	0.9	1.0	0.8	0.9			
Caratteristiche granulometriche											
Frazione ghiaiosa G (%)	0	0	0	0	0	0	0	0			
Frazione sabbiosa S (%)	11	6	9	9	4	23	6	9			
Frazione limosa L (%)	50	59	41	59	51	44	56	54			
Frazione argillosa CF (%)	39	35	50	32	45	33	38	37			
Passante setaccio ASTM n.4 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100			
Passante setaccio ASTM n.10 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100			
Passante setaccio ASTM n.20 (%)	100	100	99	100	100	100	100	100			
Passante setaccio ASTM n.200 (%)	95	98	95	97	99	88	99	99			
Classificazione terreni											
Sistema unificato	CH										
Classifica HRB	A 7-6										

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

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

Relazione Geotecnica 3

File:T00-EG00-GEN-RE01-A

Data: Febbraio 2022

Pag. 46 di 60

Tab.1.5 – Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche terreni limoso-argillosi (indagini 2020) (Tratto da Santeramo in Colle a Matera Serra Paducci)

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
Caratteristiche generali											
Peso specifico granuli γ_s (kN/m ³)	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 γ_t (kN/m ³)	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 γ_d (kN/m ³)	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
Indice vuoti	0.65	0.71	0.58	0.68	0.69	0.66	0.59	0.58	0.85	0.68	0.57
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
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
Caratteristiche granulometriche											
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
Classificazione dei terreni											
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 MURCIA - POLLINO
TRATTO GIOIA DEL COLLE – MATERA – FERRANDINA – PISTICCI
BY-PASS DI MATERA

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

Relazione Geotecnica 3

File:T00-EG00-GEN-RE01-A

Data: Febbraio 2022

Pag. 48 di 60

Tab.1.7 – Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche terreni limoso-argillosi (indagini 2020) (Tratto da Santeramo in Colle a Matera Serra Paducci)

Sondaggio	SA 28 DH			SA 29		SC 10			statistica		
Campione	CI1	CI2	CR1	CI1	CI2	CI1	CI2	CI3	MIN	MAX	MED
Da m	3.00	17.5	8.00	3.50	12.00	3.00	8.50	24.5			
A m	3.50	18.0	8.20	4.00	12.50	3.40	9.00	25.00			
Tipo campione	CI	CI	CR	CI	CI	CI	CI	CI			
Caratteristiche generali											
Peso specifico granuli γ_s (kN/m ³)	27.0	27.1	27.1	27.1	27.2	27.1	27.1	27.1	26.1	27.2	
Peso unità volume totale γ_t (kN/m ³)	20.9	19.6		20.0	19.9	20.6	19.3	19.9	19.1	21.0	20.11
Peso unità volume secco γ_d (kN/m ³)	17.1	15.3		15.8	15.8	17.2	14.7	15.9	14.5	17.7	16.04
Contenuto naturale d'acqua w (%)	22.4	28.2		26.3	26.4	19.6	31.6	25.8	19	32	
Indice vuoti	0.58	0.77		0.72	0.73	0.58	0.85	0.71	0.53	0.86	
Porosità n (%)	36.8	43.4		41.7	42.0	36.5	45.9	41.5	35	46	
Grado di saturazione s (%)	100	99.4		99.7	98.9	92.2	100	98.6		>92	
Limite liquido LL (%)	54	49	52	60	62	60	41	57	30	64	
Limite plastico LP (%)	25	22	20	21	21	19	19	20			
Limite di ritiro LR (%)	12	11	11	12	14	12	11	12			
Indice di plasticità PI (%)	29	27	32	39	41	41	21	37	26	38	
Indice di consistenza Ic	1.1	0.8		0.9	0.9	1.0	0.4	0.8			
Attività colloidale A	0.7	0.7	0.9	1.0	1.0	1.3	0.6	0.9			
Caratteristiche granulometriche											
Frazione ghiaiosa G (%)	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	
Frazione sabbiosa S (%)	13	14	15	11	10	15	13	9	7	41	
Frazione limosa L (%)	43	45	49	50	48	52	53	49	28	62	
Frazione argillosa CF (%)	43	41	36	39	42	32	33	42	6	47	
Passante setaccio ASTM n.4 (%)	99	100	100	100	100	100	100	100			
Passante setaccio ASTM n.10 (%)	98	100	100	100	100	100	100	100			
Passante setaccio ASTM n.40 (%)	97	100	98	100	100	98	98	100			
Passante setaccio ASTM n.200 (%)	93	93	93	96	96	91	94	95			
Classificazione dei terreni											
Classifica USCS	CH	CL	CH	CH	CH	CH	CL	CH			
Classifica HRB	A 7-6	A 7-6	A 7-6	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 3

File:T00-EG00-GEN-RE01-A

Data: Febbraio 2022

Pag. 49 di 60

Tab.1.4.1 – Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche terreni limoso-argillosi: parametri di resistenza meccanica e di deformabilità (indagini 2020) (Tratto da Santeramo in Colle a Matera Serra Paducci)

Sondaggio	SA 16		SA 17 DH				SA 18			
Campione	CR1	CR2	CI1	CI2	CI3	CR1	CI1	CI2	CI3	CI4
Da m	3.00	9.70	3.00	10.00	16.50	20.80	3.00	8.50	17.00	25.00
A m	3.30	10.00	3.50	10.40	17.00	21.00	3.50	9.00	17.50	25.50
Tipo campione	CR	CR	CI	CI	CI	CR	CI	CI	CI	CI
Caratteristiche generali										
Peso unità volume totale γ_t (kN/m ³)			20.0	19.6	19.4		20.5	20.0	20.4	20.5
Grado di saturazione s (%)			100	98.7	100		99.5	100	100	97.6
Indice di plasticità PI (%)			8	26	34	33	38	34	38	38
Frazione argillosa CF (%)	15	6	10	36	45	40	38	47	44	41
Passante setaccio ASTM n.200 (%)	49	38	78	97	96	94	94	96	96	97.6
Prova compressione ELL										
Resistenza a rottura σ_r (kPa)				78						
Modulo elastico tangente Et (MPa)				17.8						
Prova di taglio diretto CD										
Coesione efficace c' (kPa)			10					68		
Angolo attrito efficace Φ'			38°					20°		
Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata TRX,UU										
Coesione non drenata c_u (kPa)										96.5
Prova di compressione triassiale consolidata drenata TRX,CIU										
Coesione totale c (kPa)									43	
Angolo di attrito totale Φ'									13.4°	
Coesione efficace c' (kPa)									33	
Angolo di attrito efficace Φ'									21.5°	

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

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

Relazione Geotecnica 3

File:T00-EG00-GEN-RE01-A

Data: Febbraio 2022

Pag. 51 di 60

Tab.1.6.1 – Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche terreni limoso-argillosi: parametri di resistenza meccanica e di deformabilità (indagini 2020) (Tratto da Santeramo in Colle a Matera Serra Paducci)

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
Caratteristiche generali										
Peso unità volume totale γ_t (kN/m ³)	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
Prova compressione ELL										
Resistenza a rottura σ_r (kPa)	229				325			524		
Modulo elastico tangente Et (MPa)	18.8°				40			50.6		
Prova di taglio diretto CD										
Coesione efficace c' (kPa)		54				71		48		
Angolo attrito efficace Φ'		23°				21.5°		24°		
Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata TRX,UU										
Coesione non drenata cu (kPa)									238	
Prova di compressione triassiale consolidata drenata TRX,CIU										
Coesione totale c (kPa)										
Angolo di attrito totale Φ'										
Coesione efficace c' (kPa)			8							
Angolo di attrito efficace Φ'			26°							

**Tab.B.1.1 – Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche terreni limoso-argillosi (indagini 2007)
(tratto 3 da Matera Borgo Venusio a innesto SS7)**

Campione	S13 (PS5)		S14 (PS5A)		S15 (PS5B)	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
Da m	5	13.5	6	14	6.5	13.5
A m	5.5	14	6.5	14.5	7	14
Tipo campione	CI	CI				
Caratteristiche generali						
Peso specifico granuli γ_s (kN/m ³)	2.69	2.66	2.78	2.65	2.63	2.76
Peso unità volume totale γ_t (kN/m ³)	1.90	1.95	1.94	1.99	1.94	1.97
Peso unità volume secco γ_d (kN/m ³)	1.43	1.53	1.50	1.60	1.52	1.57
Contenuto naturale d'acqua w (%)	32.5	27.7	28.8	24.9	27.9	25.3
Indice vuoti	0.88	0.74	0.85	0.66	0.74	0.76
Porosità n (%)	46.9	42.5	46	40	42.4	43.1
Grado di saturazione s (%)	99	99.4	94	100	100	99
Limite liquido LL (%)	53	53	61	50	62	53
Limite plastico LP (%)	35	31	36	30	36	30
Limite di ritiro LR (%)						
Indice di plasticità PI (%)	18	22	25	20	26	23
Indice di consistenza Ic	1.18	1.16	1.28	1.27	1.30	1.20
Attività colloidale A	0.79	0.56	0.63	0.60	0.59	0.68
Caratteristiche granulometriche						
Frazione ghiaiosa G (%)	0	0	0	0	0	0
Frazione sabbiosa S (%)	62	30	28	36	26	38
Frazione limosa L (%)	16	31	32	30	29	28
Frazione argillosa CF (%)	22	39	40	34	45	34
Passante setaccio ASTM n.4 (%)						
Passante setaccio ASTM n.10 (%)						
Passante setaccio ASTM n.40 (%)						
Passante setaccio ASTM n.200 (%)						
Classificazione dei terreni						
Classifica USCS	MH	MH	MH	MH	MH	MH
Classifica HRB	A7-5	A7-5	A7-5	A7-5	A7-5	A7-5
Prova compressione ELL						
Resistenza a rottura σ_r (kPa)						
Modulo elastico tangente Et (MPa)						
Prova di taglio diretto CD						
Coesione efficace c' (kPa)	0		28	16	0	
Angolo attrito efficace Φ'	26.6°		18.7°	27,5°	25,1°	
Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata TRX,UU						
Coesione non drenata cu (kPa)						
Prova di compressione triassiale consolidata drenata TRX,CIU						
Coesione totale c (kPa)						
Angolo di attrito totale Φ'						
Coesione efficace c' (kPa)						
Angolo di attrito efficace Φ'						
Prova edometrica						
Modulo elastico M (kPa)	19561		21454		23566	
Coeff. consolidazione Cc	0.257		0.236		0.198	

**Tab.B.1.2 – Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche terreni limoso-argillosi (indagini 2007)
(tratto 3 da Matera Borgo Venusio a innesto SS7)**

Campione	S15 (PS5B)		S16 (PS6)		S17 (PS7)	
	C3	C4	C1	C2	C1	C2
Da m	20.5	28.5	5	14	5	10.5
A m	21	29	5.5	14.5	5.5	11
Tipo campione	CI	CI				
Caratteristiche generali						
Peso specifico granuli γ_s (kN/m ³)	2.65	2.68	2.71	2.64	2.65	2.61
Peso unità volume totale γ_t (kN/m ³)	1.96	1.84	2.02	1.91	1.96	1.94
Peso unità volume secco γ_d (kN/m ³)	1.55	1.41	1.63	1.47	1.58	1.57
Contenuto naturale d'acqua w (%)	26.4	30.9	24.2	30.4	24.2	24
Indice vuoti	0.71	0.91	0.66	0.80	0.68	0.67
Porosità n (%)	41.4	47.6	39.8	44.6	40.5	40
Grado di saturazione s (%)	99	92	99	100	94	94
Limite liquido LL (%)	55	65	39	62	49	52
Limite plastico LP (%)	33	37	25	36	32	32
Limite di ritiro LR (%)						
Indice di plasticità PI (%)	22	28	14	26	17	20
Indice di consistenza Ic	1.28	1.21	1.05	1.22	1.5	1.42
Attività colloidale A	0.57	0.64	0.68	0.58	0.61	0.54
Caratteristiche granulometriche						
Frazione ghiaiosa G (%)	0	0	0	0	0	0
Frazione sabbiosa S (%)	32	25	64	27	53	29
Frazione limosa L (%)	29	31	16	29	20	34
Frazione argillosa CF (%)	39	44	20	44	27	37
Passante setaccio ASTM n.4 (%)						
Passante setaccio ASTM n.10 (%)						
Passante setaccio ASTM n.40 (%)						
Passante setaccio ASTM n.200 (%)						
Classificazione dei terreni						
Classifica USCS	MH	MH	CL	MH	ML	MH
Classifica HRB	A7-5	A7-5	A6	A7-5	A7-5	A7-5
Prova compressione ELL						
Resistenza a rottura σ_r (kPa)						
Modulo elastico tangente Et (MPa)						
Prova di taglio diretto CD						
Coesione efficace c' (kPa)	26		0	40	44	
Angolo attrito efficace Φ'	29.4°		30.6°	21.9°	20.7°	
Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata TRX,UU						
Coesione non drenata cu (kPa)						78
Prova di compressione triassiale consolidata drenata TRX,CIU						
Coesione totale c (kPa)						
Angolo di attrito totale Φ'						
Coesione efficace c' (kPa)						
Angolo di attrito efficace Φ'						
Prova edometrica						
Modulo elastico M (kPa)			22258		25000	22616
Coeff. consolidazione Cc			0.211		0.213	0.213

**Tab.B.1.3 – Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche terreni limoso-argillosi (indagini 2007)
(tratto 3 da Matera Borgo Venusio a innesto SS7)**

	S17 (PS7)			S18 (PS7A)		S19 (PS7A0)
	C3	C4	C5	C1	C2	C1
Campione						
Da m	19	29	38	3	9.5	21.5
A m	19.5	29.5	38.5	3.5	10	22
Tipo campione	CI	CI	CI	CI	CI	CI
Caratteristiche generali						
Peso specifico granuli γ_s (kN/m ³)	2.62	2.62	2.66	2.74	2.67	2.70
Peso unità volume totale γ_t (kN/m ³)	1.89	1.95	1.96	1.98	2.00	2.00
Peso unità volume secco γ_d (kN/m ³)	1.45	1.57	1.53	1.55	1.60	1.59
Contenuto naturale d'acqua w (%)	30.2	23.8	27.6	27.6	25.1	25.7
Indice vuoti	0.81	0.66	0.74	0.76	0.67	0.69
Porosità n (%)	44.8	40	42.4	43.2	40.2	41
Grado di saturazione s (%)	98	94	100	99	100	100
Limite liquido LL (%)	62	50	56	53	67	65
Limite plastico LP (%)	40	33	35	24	30	32
Limite di ritiro LR (%)						
Indice di plasticità PI (%)	22	17	21	29	37	33
Indice di consistenza Ic	1.45	1.60	1.34	0.88	1.14	1.18
Attività colloidale A	0.48	0.44	0.48	0.78	0.77	0.67
Caratteristiche granulometriche						
Frazione ghiaiosa G (%)	0	0	0	0	0	0
Frazione sabbiosa S (%)	23	30	22	6	11	14
Frazione limosa L (%)	32	33	33	56	41	36
Frazione argillosa CF (%)	45	37	45	38	48	50
Passante setaccio ASTM n.4 (%)						
Passante setaccio ASTM n.10 (%)						
Passante setaccio ASTM n.40 (%)						
Passante setaccio ASTM n.200 (%)						
Classificazione dei terreni						
Classifica USCS	MH	MH	MH	CH	CH	CH
Classifica HRB	A7-5	A7-5	A7-5	A7-6	A7-6	A7-6
Prova compressione ELL						
Resistenza a rottura σ_r (kPa)						
Modulo elastico tangente Et (MPa)						
Prova di taglio diretto CD						
Coesione efficace c' (kPa)	27			26	5	34
Angolo attrito efficace Φ'	24°			22°	25.2°	25.2°
Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata TRX,UU						
Coesione non drenata cu (kPa)		129	152			
Prova di compressione triassiale consolidata drenata TRX,CIU						
Coesione totale c (kPa)						
Angolo di attrito totale Φ'						
Coesione efficace c' (kPa)						
Angolo di attrito efficace Φ'						
Prova edometrica						
Modulo elastico M (kPa)				33429		
Coeff. consolidazione Cc				0.138		

**Tab.B.1.4 – Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche terreni limoso-argillosi (indagini 2007)
(tratto 3 da Matera Borgo Venusio a innesto SS7)**

Campione	S 20 (PS7A1)			S 21 (PS7A2)		S 22 (PS7B)
	C1	C2	C3	C1	C2	C1
Da m	8	14	19	5	13	7
A m	8.5	14.5	19.5	5.5	13.5	7.5
Tipo campione	CI	CI	CI	CI	CI	CI
Caratteristiche generali						
Peso specifico granuli γ_s (kN/m ³)	2.73	2.74	2.71	2.73	2.73	2.64
Peso unità volume totale γ_t (kN/m ³)	2.05	1.99	2.00	2.04	2.05	1.99
Peso unità volume secco γ_d (kN/m ³)	1.67	1.56	1.59	1.64	1.69	1.59
Contenuto naturale d'acqua w (%)	23.1	27.4	25.6	24	22	25
Indice vuoti	0.64	0.75	0.70	0.66	0.62	0.66
Porosità n (%)	39	43	41	40	38	39
Grado di saturazione s (%)	99	100	100	99	95	100
Limite liquido LL (%)	46	75	57	52	57	55
Limite plastico LP (%)	21	40	24	23	28	26
Limite di ritiro LR (%)						
Indice di plasticità PI (%)	25	35	33	29	29	29
Indice di consistenza Ic	0.90	1.37	0.97	0.97	1.20	1.02
Attività colloidale A	0.75	0.79	0.77	0.73	0.71	0.70
Caratteristiche granulometriche						
Frazione ghiaiosa G (%)	0	0	0	0	0	0
Frazione sabbiosa S (%)	7	15	18	6	19	21
Frazione limosa L (%)	59	41	40	54	40	37
Frazione argillosa CF (%)	34	44	42	40	41	42
Passante setaccio ASTM n.4 (%)						
Passante setaccio ASTM n.10 (%)						
Passante setaccio ASTM n.40 (%)						
Passante setaccio ASTM n.200 (%)						
Classificazione dei terreni						
Classifica USCS	CL	MH	CH	CH	CH	CH
Classifica HRB	A7-6	A7-5	A7-6	A7-6	A7-6	A7-6
Prova compressione ELL						
Resistenza a rottura σ_r (kPa)						
Modulo elastico tangente Et (MPa)						
Prova di taglio diretto CD						
Coesione efficace c' (kPa)	20		11			
Angolo attrito efficace Φ'	22°		22.9°			
Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata TRX,UU						
Coesione non drenata cu (kPa)		103		95	135	96
Prova di compressione triassiale consolidata drenata TRX,CIU						
Coesione totale c (kPa)						
Angolo di attrito totale Φ'						
Coesione efficace c' (kPa)						
Angolo di attrito efficace Φ'						
Prova edometrica						
Modulo elastico M (kPa)	22614			43940		56466
Coeff. consolidazione Cc	0.192			0.233		0.141

**Tab.B.1.5 – Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche terreni limoso-argillosi (indagini 2007)
(tratto 3 da Matera Borgo Venusio a innesto SS7)**

Campione	S 22 (PS7B)				S 23 (PS7B1)	
	C2	C3	C4	C5	C1	C2
Da m	14	19.5	25	33	6	13
A m	14.5	20	25.5	33.5	6.5	13.5
Tipo campione	CI	CI	CI	CI	CI	CI
Caratteristiche generali						
Peso specifico granuli γ_s (kN/m ³)	2.67	2.68	2.73	2.68	2.73	2.67
Peso unità volume totale γ_t (kN/m ³)	1.99	1.87	2.00	2.00	2.04	2.03
Peso unità volume secco γ_d (kN/m ³)	1.58	1.48	1.58	1.60	1.64	1.66
Contenuto naturale d'acqua w (%)	26	26	26.4	25.1	24.1	22.8
Indice vuoti	0.69	0.81	0.72	0.67	0.66	0.61
Porosità n (%)	40.7	44.7	42	40.3	39.7	38
Grado di saturazione s (%)	100	87	100	99.8	100	99.7
Limite liquido LL (%)	53	62	55	51	51	56
Limite plastico LP (%)	25	36	26	22	21	33
Limite di ritiro LR (%)						
Indice di plasticità PI (%)	28	26	29	28	30	23
Indice di consistenza Ic	0.97	1.40	0.98	0.90	0.89	1.46
Attività colloidale A	0.69	0.59	0.69	0.86	0.93	0.58
Caratteristiche granulometriche						
Frazione ghiaiosa G (%)	0	0	0	0	0	0
Frazione sabbiosa S (%)	22	22	20	37	9	17
Frazione limosa L (%)	37	35	38	30	58	44
Frazione argillosa CF (%)	41	43	42	33	33	39
Passante setaccio ASTM n.4 (%)						
Passante setaccio ASTM n.10 (%)						
Passante setaccio ASTM n.40 (%)						
Passante setaccio ASTM n.200 (%)						
Classificazione dei terreni						
Classifica USCS	CH	MH	CH	CH	CH	MH
Classifica HRB	A7-6	A7-5	A7-6	A7-6	A7-6	A7-5
Prova compressione ELL						
Resistenza a rottura σ_r (kPa)						
Modulo elastico tangente Et (MPa)						
Prova di taglio diretto CD						
Coesione efficace c' (kPa)		26			24	
Angolo attrito efficace Φ'		29.4°			19.5°	
Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata TRX,UU						
Coesione non drenata cu (kPa)	149		146	161		145
Prova di compressione triassiale consolidata drenata TRX,CIU						
Coesione totale c (kPa)						
Angolo di attrito totale Φ'						
Coesione efficace c' (kPa)						
Angolo di attrito efficace Φ'						
Prova edometrica						
Modulo elastico M (kPa)	45889					25384
Coeff. consolidazione Cc	0.202					0.182

**Tab.B.1.6 – Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche terreni limoso-argillosi (indagini 2007)
(tratto 3 da Matera Borgo Venusio a innesto SS7)**

	S 23 (PS7B1)	S 24 (PS7B2)			S 25 (PS7B3)	
Campione	C3C1	C1	C2	C3	C1	C2
Da m	19	7	13	17	5	15
A m	19.5	7.5	13.5	17.5	5.5	15.5
Tipo campione	CI	CI	CI	CI	CI	CI
Caratteristiche generali						
Peso specifico granuli γ_s (kN/m ³)	2.71	2.67	2.62	2.64	2.74	2.71
Peso unità volume totale γ_t (kN/m ³)	2.00	1.89	1.93	1.95	2.02	2.00
Peso unità volume secco γ_d (kN/m ³)	1.58	1.49	1.51	1.57	1.61	1.58
Contenuto naturale d'acqua w (%)	26.3	27	28	24	25.7	26.2
Indice vuoti	0.71	0.79	0.73	0.68	0.71	0.71
Porosità n (%)	41.6	44	42	40.6	41.4	41.6
Grado di saturazione s (%)	100	91	100	93	99.6	99.6
Limite liquido LL (%)	54	57	61	38	51	54
Limite plastico LP (%)	23	35	35	26	26	27
Limite di ritiro LR (%)						
Indice di plasticità PI (%)	31	22	26	12	25	27
Indice di consistenza Ic	0.89	1.36	1.27	1.20	1	1.01
Attività colloidale A	0.73	0.61	0.61	0.54	0.63	0.64
Caratteristiche granulometriche						
Frazione ghiaiosa G (%)	0	0	0	0	0	0
Frazione sabbiosa S (%)	22	30	25	59	16	24
Frazione limosa L (%)	36	35	32	19	45	34
Frazione argillosa CF (%)	42	35	43	22	39	42
Passante setaccio ASTM n.4 (%)						
Passante setaccio ASTM n.10 (%)						
Passante setaccio ASTM n.40 (%)						
Passante setaccio ASTM n.200 (%)						
Classificazione dei terreni						
Classifica USCS	CH	MH	MH	ML	CH	CH
Classifica HRB	A7-6	A7-5	A7-5	A6	A7-6	A7-6
Prova compressione ELL						
Resistenza a rottura σ_r (kPa)						
Modulo elastico tangente Et (MPa)						
Prova di taglio diretto CD						
Coesione efficace c' (kPa)			31		0	
Angolo attrito efficace Φ'			21.5°		25.1°	
Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata TRX,UU						
Coesione non drenata cu (kPa)	120	100		101		
Prova di compressione triassiale consolidata drenata TRX,CIU						
Coesione totale c (kPa)						
Angolo di attrito totale Φ'						
Coesione efficace c' (kPa)						
Angolo di attrito efficace Φ'						
Prova edometrica						
Modulo elastico M (kPa)		24906	44712		38728	31586
Coeff. consolidazione Cc		0.165	0.127		0.155	0.201

**Tab.B.1.7 – Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche terreni limoso-argillosi (indagini 2007)
(tratto 3 da Matera Borgo Venusio a innesto SS7)**

	S 26 (PS7B4)		S 27 (PS 8A)		S29 (PS9)	S 30 (PS9A)	
	C1	C2	C1	C2	C1	C1	C2
Campione							
Da m	6	15	4	7.5	3	4	12
A m	6.5	15.5	4.5	8	3.5	4.5	12.5
Tipo campione	CI	CI	CI	CI	CI	CI	CI
Caratteristiche generali							
Peso specifico granuli γ_s (kN/m ³)	2.70	2.72	2.68	2.69	2.67	2.64	2.69
Peso unità volume totale γ_t (kN/m ³)	2.00	1.88	1.99	1.82	2.03	1.92	1.91
Peso unità volume secco γ_d (kN/m ³)	1.59	1.51	1.60	1.44	1.64	1.54	1.48
Contenuto naturale d'acqua w (%)	25.5	24.3	24.5	26.6	23.4	24.7	29.4
Indice vuoti	0.69	0.80	0.67	0.87	0.63	0.71	0.82
Porosità n (%)	41	44.4	40	46.5	38.5	41.7	44.9
Grado di saturazione s (%)	99	83	97	82	100	91.5	97
Limite liquido LL (%)	53	60	49	49	--	50	53
Limite plastico LP (%)	24	36	23	23	--	20	21
Limite di ritiro LR (%)							
Indice di plasticità PI (%)	29	24	26	26	--	30	32
Indice di consistenza Ic	0.59	1.51	0.93	0.85	--	0.84	0.74
Attività colloidale A	0.75	0.50	0.72	0.64	--	0.80	0.68
Caratteristiche granulometriche							
Frazione ghiaiosa G (%)	0	0	0	0	0	0	0
Frazione sabbiosa S (%)	19	12	22	24	41	25	12
Frazione limosa L (%)	42	40	42	36	32	37	41
Frazione argillosa CF (%)	39	48	36	40	27	38	47
Passante setaccio ASTM n.4 (%)							
Passante setaccio ASTM n.10 (%)							
Passante setaccio ASTM n.40 (%)							
Passante setaccio ASTM n.200 (%)							
Classificazione dei terreni							
Classifica USCS	CH	MH	CL	CL		CH	CH
Classifica HRB	A7-6	A7-5	A7-6	A7-6		A7-6	A7-6
Prova compressione ELL							
Resistenza a rottura σ_r (kPa)							
Modulo elastico tangente Et (MPa)							
Prova di taglio diretto CD							
Coesione efficace c' (kPa)	50		24			0	
Angolo attrito efficace Φ'	23.5°		26.9°			21.3°	
Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata TRX,UU							
Coesione non drenata cu (kPa)		113		136	75		118
Prova di compressione triassiale consolidata drenata TRX,CIU							
Coesione totale c (kPa)							
Angolo di attrito totale Φ'							
Coesione efficace c' (kPa)							
Angolo di attrito efficace Φ'							
Prova edometrica							
Modulo elastico M (kPa)	38087		45907			28469	
Coeff. consolidazione Cc	0.200		0.096			0.186	

**Tab.B.1.8 – Tabella riassuntiva caratteristiche geotecniche terreni limoso-argillosi (indagini 2007)
(tratto 3 da Matera Borgo Venusio a innesto SS7)**

Campione	S 30 (PS9A)		S 31 (PS 10)			
	C3	C4	C1	C2	C3	C4
Da m	20	29.5	1.1	9	12	17
A m	20.5	30	1.6	9.5	12.5	17.5
Tipo campione	CI	CI	CI	CI	CI	CI
Caratteristiche generali						
Peso specifico granuli γ_s (kN/m ³)	2.67	2.70	2.68	2.68	2.74	2.71
Peso unità volume totale γ_t (kN/m ³)	2.00	1.99	2.01	2.00	1.95	1.98
Peso unità volume secco γ_d (kN/m ³)	1.70	1.58	1.60	1.59	1.49	1.55
Contenuto naturale d'acqua w (%)	17.7	26.5	25.2	25.5	30.6	27.6
Indice vuoti	0.57	0.72	0.68	0.69	0.84	0.75
Porosità n (%)	36.2	42	40.5	40.7	45.6	43
Grado di saturazione s (%)	83	100	100	99.7	100	99.7
Limite liquido LL (%)	63	60	52	49	57	54
Limite plastico LP (%)	28	24	28	21	38	28
Limite di ritiro LR (%)						
Indice di plasticità PI (%)	35	36	24	28	19	26
Indice di consistenza Ic	1.29	0.92	1.11	0.85	1.40	1.02
Attività colloidale A	0.90	0.90	0.63	0.85	0.50	0.60
Caratteristiche granulometriche						
Frazione ghiaiosa G (%)	0	0	0	0	0	0
Frazione sabbiosa S (%)	25	28	24	27	23	27
Frazione limosa L (%)	35	31	38	40	39	29
Frazione argillosa CF (%)	40	41	38	33	38	44
Passante setaccio ASTM n.4 (%)						
Passante setaccio ASTM n.10 (%)						
Passante setaccio ASTM n.40 (%)						
Passante setaccio ASTM n.200 (%)						
Classificazione dei terreni						
Classifica USCS	CH	CH	CH	CL	MH	MH
Classifica HRB	A7-6	A7-6	A7-6	A7-6	A7-5	A7-5
Prova compressione ELL						
Resistenza a rottura σ_r (kPa)						
Modulo elastico tangente Et (MPa)						
Prova di taglio diretto CD						
Coesione efficace c' (kPa)		27	36	19	32	
Angolo attrito efficace Φ'		23.3°	24°	17°	24.7°	
Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata TRX,UU						
Coesione non drenata cu (kPa)	171					137
Prova di compressione triassiale consolidata drenata TRX,CIU						
Coesione totale c (kPa)						
Angolo di attrito totale Φ'						
Coesione efficace c' (kPa)						
Angolo di attrito efficace Φ'						
Prova edometrica						
Modulo elastico M	29500		30203	38082	23184	
Coeff. consolidazione Cc	0.189		0.141	0.172	0.229	