



**strada dei
PARCHI**spa
A24 autostrade A25

AUTOSTRADA A24
ROMA - L'AQUILA - TERAMO
TRATTA TORNIMPARTE - L'AQUILA OVEST

**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO
AI SENSI DELLA LEGGE 228/2012
ART.1 COMMA 183**

INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO DEI VIADOTTI
PILETTA, FUGGETTO E LE MONACHE

PROGETTO DEFINITIVO

GEOLOGIA E GEOTECNICA
SEMIVIADOTTO FUGGETO
GEOLOGIA

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMESSA	FASE	MACRO OPERA	AMBITO/OPERA	DISCIPLINA	TIPO	PROGR.	REV.	SCALA
250	D	002	VI067	GEO	RE	002	A	
Rev.	Data	Descrizione				Redatto	Verificato	Approvato
A	Feb 2018	Emissione				G. Anibaldi	G. Furlanetto	F. Presta

FILE: 250D002VI067GEORE002A.DWG

PROJECT MANAGER: Ing. Stefano Ventura

<p>PROGETTAZIONE:</p>  <p>IL DIRETTORE TECNICO (Ing. Francesco Presta)</p>	<p>IL PROGETTISTA (Ing. Guido Furlanetto)</p> 	<p>COMMITTENTE: LA SOCIETA' CONCESSORARIA</p>  <p>strada dei PARCHIspa A24 autostrade A25</p> <p>IL PROCURATORE SPECIALE (Ing. Gabriele Nati)</p>	
---	---	---	---



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, I SISTEMI INFORMATIVI E STATISTICI
DIREZIONE GENERALE PER LA VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

VIADOTTO FUGGETTO

RELAZIONE GEOLOGICA

Indice

1	PREMESSA	3
2	NORME E RIFERIMENTI	3
3	IL VIADOTTO FUGGETTO	4
3.1	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	4
3.1.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
3.1.2	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	8
4	IL PIANO DELLE INDAGINI.....	9
4.1	INDAGINI IN SITO	9
4.2	INDAGINI GEOFISICHE	10
4.3	RISULTATI DELLE INDAGINI.....	12
4.3.1	LITOSTRATIGRAFIA.....	12
4.3.2	CATEGORIA DI SUOLO	12
5	CARATTERISTICHE DELL'AMMASSO ROCCIOSO	13
6	BIBLIOGRAFIA	17

1 PREMESSA

La presente Relazione Geologica è parte integrante del Progetto Definitivo di adeguamento sismico del Viadotto Fuggetto (AQ), commissionato da Strada dei Parchi S.p.A alla scrivente Infraengineering s.r.l..

Il progetto si inserisce nel piano più generale di interventi di adeguamento delle autostrade A24 e A25, ai sensi art.1 comma 183 legge 228/2012.

Il seguente elaborato descrive l'assetto geologico-stratigrafico e geomorfologico dell'area di sedime del Viadotto Fuggetto; l'opera fa parte del tronco autostradale A24 Roma-L'Aquila-Teramo alla progressiva km 86+345 circa ed attraversa il territorio comunale di Tornimparte.

Gli elementi di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area sono il frutto degli studi generali condotti all'atto della costruzione dell'opera, noti bibliograficamente e derivanti da indagini condotte sul terreno.

La presente relazione riporta una valutazione delle caratteristiche del sottosuolo secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) ed è finalizzata a supportare il progetto di adeguamento sismico dell'opera.

2 NORME E RIFERIMENTI

D. M. 11/3/1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle opere di fondazione;

Circolare Min. LL. PP. 24/9/1988 n. 30483: Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;

Associazione Geotecnica Italiana - Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche - Giugno 1977;

Associazione Geotecnica Italiana - Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio - Gennaio 1994;

Ordinanza del 20/03/2003 n. 3274 e s.m.i. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";

D.M. 14/01/2008 - Norme tecniche per le costruzioni;

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia. (Testo A) - D.P.R. n.380/2001 – art. 89;

Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n.108 del 11/05/06: "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

3 IL VIADOTTO FUGGETTO

3.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

3.1.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'assetto geologico-strutturale del settore di interesse è ampiamente descritto in bibliografia. In particolare si è fatto riferimento alle note illustrative del Foglio Geologico 358 "Pescorocchiano" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50000 (Figura 1). Il Viadotto Fuggetto si sviluppa lungo l'autostrada A24 ad ovest della piana aquilana, in destra idrografica del T. Raio, a circa 1100 m s.l.m. su di un versante ad elevata acclività sul quale affiorano unità calcaree competenti. Nell'area di sedime del viadotto affiorano le seguenti unità:

CCG: Calcari a ciclotemi e gasteropodi. Calcari fangosostenuti, organizzati in cicli a scala metrica, con intercalazioni bioclastiche, e superfici di esposizione subaerea. A più livelli sono presenti intercalazioni di spessore anche metrico e spesso canalizzate di biomicriti a nerineidi. Berriasiano p.p.-Barremiano p.p..

Localmente il substrato roccioso è ricoperto da depositi superficiali costituiti da ghiaie, ciottoli e blocchi a spigoli vivi in matrice più o meno abbondante da sabbiosa a sabbio-limoso con spessore compreso tra 3 e 5 m. Trattasi di materiale di riporto antropico derivante dalle operazioni di scavo e di rinterro eseguite per la realizzazione dell'autostrada e delle opere ad esse associate.

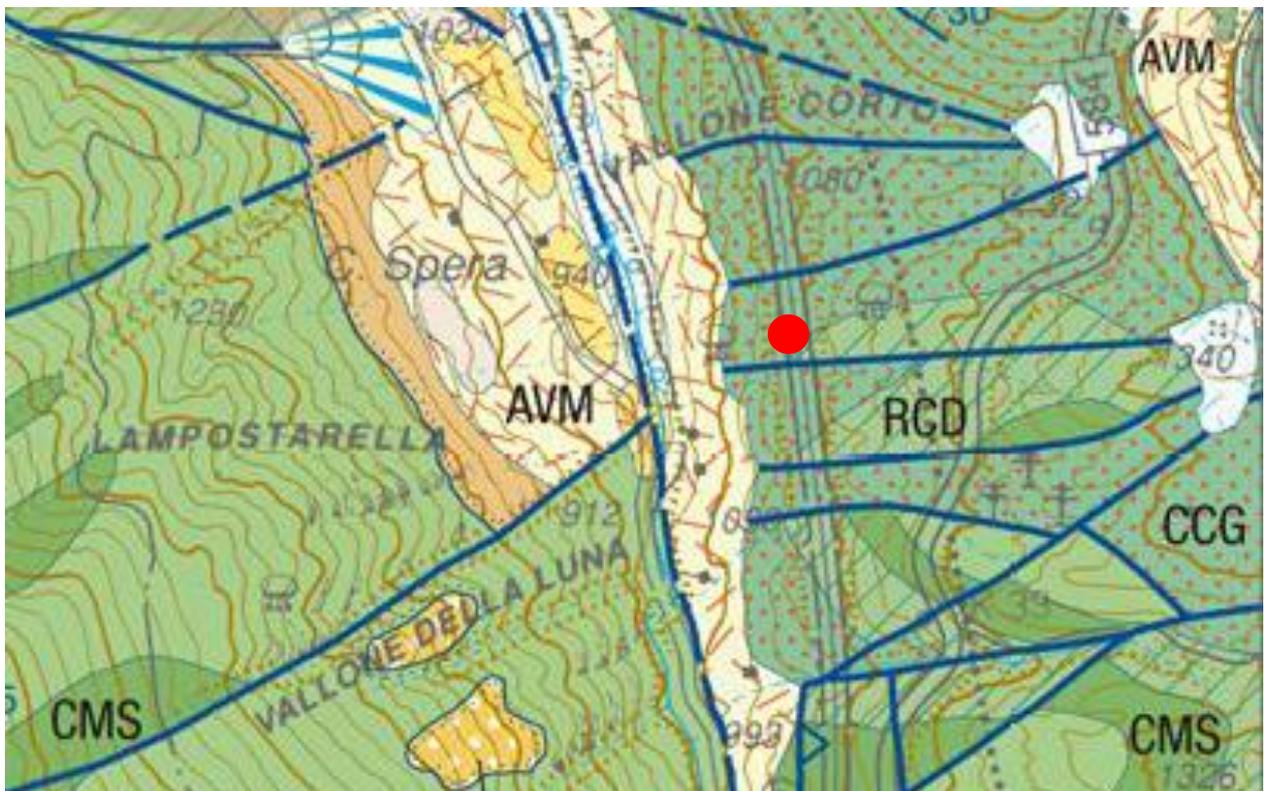
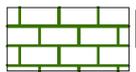
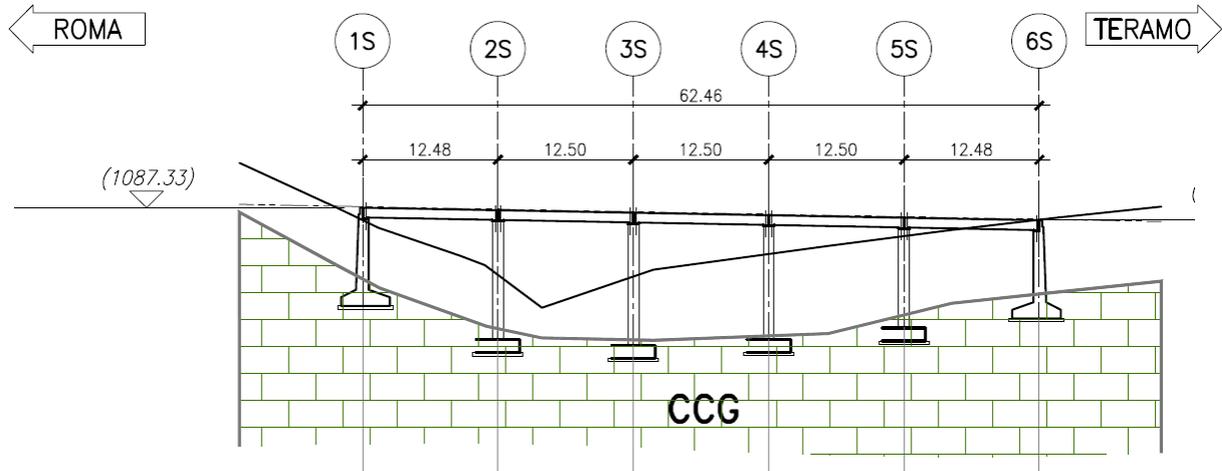


Figura 1 - Stralcio della Carta Geologica D'Italia scala 1:50000, Foglio Geologico 358 "Pescorocchiano".

VI067 – VIADOTTO FUGGETTO – CARREGGIATA OVEST



CCG: Calcari a ciclotemi e gasteropodi, Calcari fangosostenuti, organizzati in cicli a scala metrica, con intercalazioni bioclastiche, e superfici di esposizione subaerea. A più livelli sono presenti intercalazioni di spessore anche metrico e spesso canalizzate di biomicriti a nerineidi. Berriasiano p.p.-Barremiano p.p..

Figura 2 – Profilo geologico Viadotto Fuggetto.

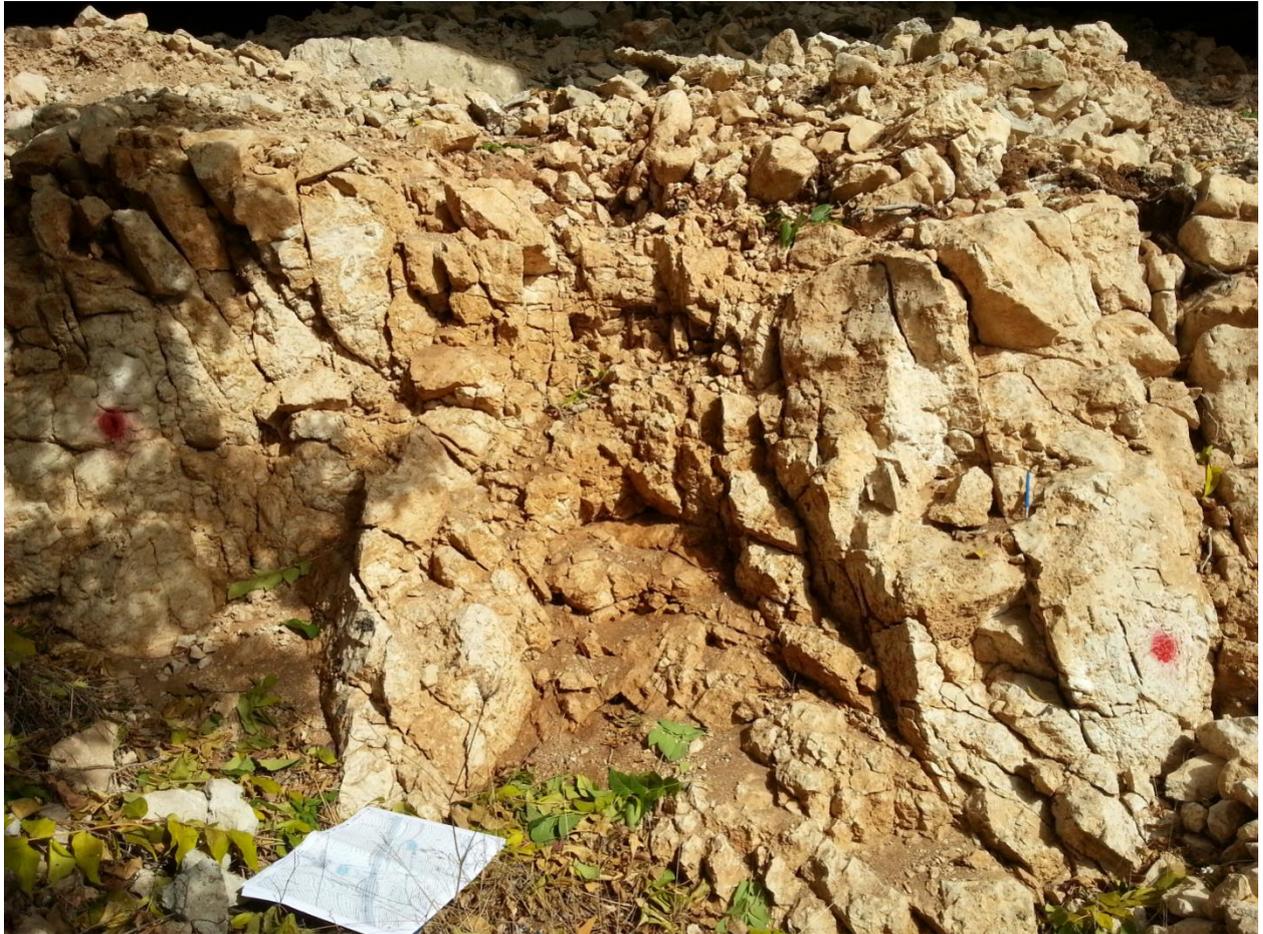




Figura 3 – Affioramento di Calcarei a ciclotelemi e gasteropodi (CCG)

4 IL PIANO DELLE INDAGINI

Nei mesi di Novembre 2015 è stata condotta una campagna di indagini dalla società Dimms di Avellino con la finalità di caratterizzare l'ammasso roccioso in termini di proprietà fisiche, resistenza e rigidità.

4.1 INDAGINI IN SITO

Nel sito in esame è stato eseguito una perforazione di sondaggio nella quale sono stati prelevati 4 campioni litoidi rimaneggiati, sui quali sono state eseguite indagini di laboratorio finalizzate alla determinazione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche del materiale roccioso (Determinazione del peso specifico apparente (Massa Volumica) e Prova di compressione uniassiale con rilievo della curva di deformazione).

Nella tabella che segue è riportata schematicamente la stratigrafia del sondaggio S1-DH.

Profondità [m]		Descrizione Stratigrafia
0.00	1.50	Riporto Antropico
1.50	31.00	Calcere di colore biancastro avana, resistente, da fratturato a molto fratturato. Stratificato. Spessore degli strati variabile da 10-15cm fino ad un massimo di 60cm - 80cm. Fratturazione lungo superfici di strato (più o meno 40°). Presenza di discontinuità da verticali a sub verticali. Talora riempimento argilloso nelle discontinuità. Presenza di fossili (gasteropodi - requiene)

Ai fini della caratterizzazione geomeccanica, la presenza nell'area circostante di ulteriori indagini svolte nei siti degli adiacenti viadotti, ha permesso di stimare, con maggiore accuratezza, le proprietà fisiche e meccaniche dell'ammasso roccioso. La Tabella 1 riporta in dettaglio i risultati delle prove di laboratorio a disposizione.

Tabella 1: Parametri geotecnici ricavati da prove di laboratorio

DENOMINAZIONE E QUOTE			γ'	PROVA CELLA TRIASSIALE CID				COMPRESSIONE MONOASSIALE			
CAMPAGNA	VIADOTTO	Camp.		c'	ϕ'	σ_1	σ_3	UCS	cu	E50	v50
(-)	(-)	(-)	(kN/mc)	(kPa)	(°)	(MPa)	(Mpa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(-)
2015	Valle Orsara	Cr1/1	26,56					47,39		44626	
2015	Valle Orsara	Cr1/2	26,67					53,05		50719	
2015	Valle Orsara	Cr1/3	26,60	11,60	42,50	56,73	1,00				
2015	Valle Orsara	Cr1/4	26,60	11,60	42,50	61,54	2,00				
2015	Valle Orsara	Cr1/5	26,60	11,60	42,50	75,97	5,00				
2015	Valle Orsara	Cr1/6	26,60	11,60	42,50	86,58	7,00				
2015	Valle Orsara	Cr1/7	26,60	11,60	42,50	102,57	10,00				
2015	Piletta	Cr1	26,39					69,31		46960	
2015	Piletta	Cr2	26,57					45,94		40869	
2015	Piletta	Cr3	26,59					36,33		42141	
2015	Piletta	Cr4	26,48					37,76		41583	
2015	Piletta	Cr5	26,65					44,81		44810	
2015	Fuggeto	Cr1	26,58					26,47		39990	
2015	Fuggeto	Cr2	26,52					31,12		46035	
2015	Fuggeto	Cr3	26,76					70,25		55058	
2015	Fuggeto	Cr4	26,61					91,04		59191	

4.2 INDAGINI GEOFISICHE

Al fine di caratterizzare sismicamente il sottosuolo investigato, è stata effettuata una prospezione sismica mediante il test down hole, in un foro di sondaggio appositamente “condizionato” cementando l’intercapedine tra il tubo in PVC nel quale è stata effettuata la lettura, e le pareti del foro.

L’indagine condotta permette di valutare il parametro Vs30, necessario ad individuare la categoria di sottosuolo, in base a quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008).

Nel metodo sismico down hole (DH) viene misurato il tempo di trasmissione dalle onde P e S da una sorgente sismica, posta in superficie, ai ricevitori, posti all’interno di un foro di sondaggio. Dall’analisi dei tempi d’arrivo, nota la geometria del sistema di acquisizione, è possibile calcolare lo spessore dei sismostrati ed altri parametri caratterizzanti il sottosuolo investigato.

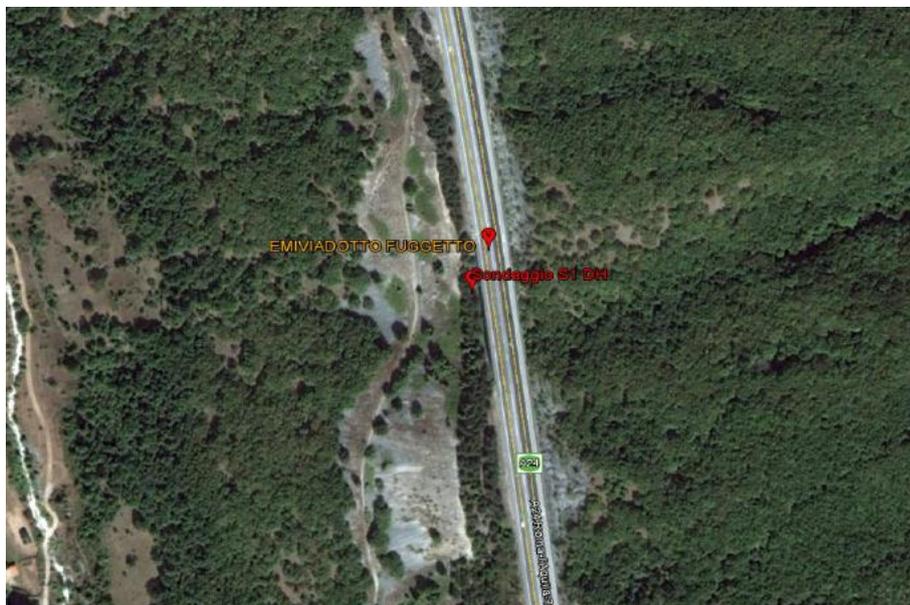
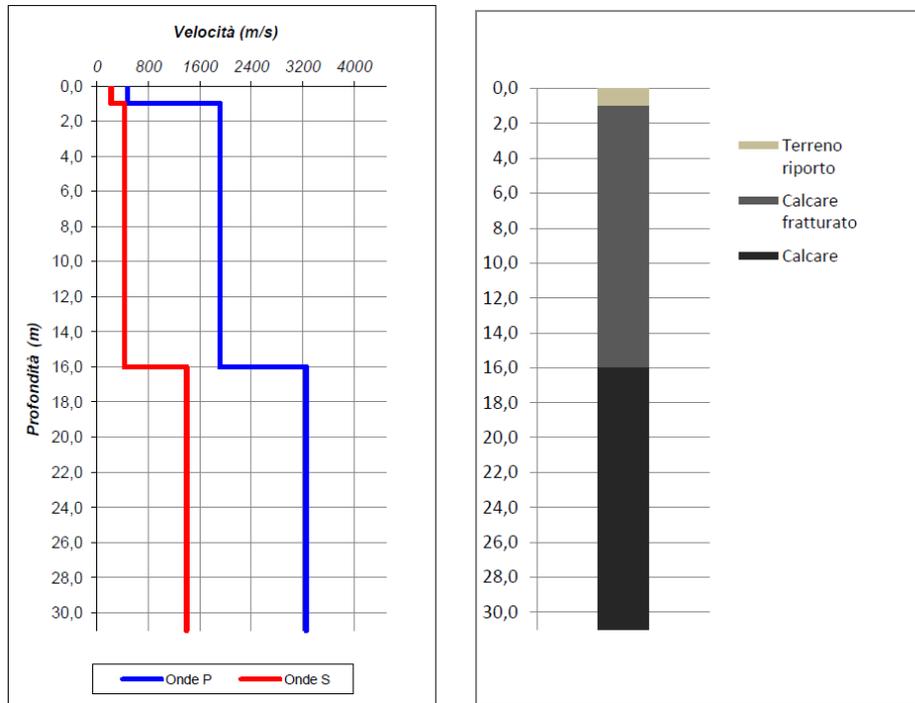


Figura 5: Ubicazione planimetrica della prova Down Hole

Tabella 2: Interpretazione della prova DOWN - HOLE

Profondità base(m)	Onde P	Onde S
	Velocità (m/sec)	Velocità (m/sec)
1,00	478,20	218,42
16,00	1912,39	426,26
31,00	3251,37	1391,76



$V_{S30\ 0-30}$	Suolo
602,1	B

Figura 6: Profilo Velocità delle onde S

4.3 RISULTATI DELLE INDAGINI

4.3.1 LITOSTRATIGRAFIA

Le indagini geognostiche condotte hanno permesso di caratterizzare le sequenze litostratigrafiche interessate dal Viadotto Fuggetto.

Nell'area di sedime del viadotto affiorano i descritti Calcari a ciclotemi e gasteropodi, ricoperti da una coltre detritica di spessore massimo pari a circa 1.5 m. Si tratta di Calcare di colore biancastro avana, resistente, da fratturato a moltofratturato. Statificato. Spessore degli strati variabile da 10-15cm fino ad un massimo di 60cm - 80cm. Fratturazione lungo superfici di strato (più o meno 40°). Presenza di discontinuità da verticali a sub verticali. Talora riempimento argilloso nelle discontinuità. Presenza di fossili (gasteropodi - requiene).

Considerato l'assetto geologico e geomorfologico del versante si ritiene opportuno considerare la falda **assente** nel settore attraversato dal viadotto; l'acquifero carbonatico carsico viene drenato dal Torrente Raio alla base del versante.

4.3.2 CATEGORIA DI SUOLO

Sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini geofisiche effettuate (Allegato 1), considerato l'assetto litostratigrafico del sottosuolo interessato dal Viadotto Fuggetto, si ritiene opportuno attribuire al sottosuolo investigato la Categoria B, prevista dal D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni.

Il sottosuolo interessato dal Viadotto Fuggetto ha pertanto caratteristiche riconducibili a "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

5 CARATTERISTICHE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Le proprietà meccaniche dell'ammasso roccioso dipendono sia dalle caratteristiche del materiale roccioso intatto sia dalle discontinuità. Nella letteratura tecnica sono presenti numerose classifiche che permettono di formulare un giudizio sulla "qualità" dell'ammasso sulla base di alcuni parametri indici. I due sistemi di classificazione più utilizzati sono il "Rock Mass Rating" (indice RMR) di Bieniawski (1984, 1989) ed il "Rock tunnelling quality index" (indice Q) di Barton (1974). Nella Tabella 3 sono riportati i parametri principali con i relativi indici per la classificazione dell'ammasso secondo quanto proposto da Bieniawski nel 1989.

Tabella 3: Classifica dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski (1984, 1989)

PARAMETRI PER LA CLASSIFICAZIONE									
PARAMETRI			CAMPO VALORI						
1	Resistenza roccia intatta	Carico puntuali	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Non applicabile		
		Compres. unissiale	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa
Indice			15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%		
	Indice		20	17	13	8	3		
3	Spaziatura giunti		> 2 m	0.6 - 2 m	200- 600mm	60-200 mm	< 60 mm		
	Indice		20	15	10	8	5		
4	Condizione giunti		Superfici molto scabre, non continue. Chiusi. Pareti della roccia non alterate	Superfici legg. scabre Apertura < 1 mm Pareti della roccia legg. alterate	Superfici legg. scabre Apertura < 1 mm Pareti della roccia alterate	Superfici lisce o riempimento < 5 mm o aper 1-5 mm Giunti cont.	Riempimento tenero > 5 mm o Apertura > 5 mm Giunti continui		
	Indice		30	25	20	10	0		
5	Condizioni idrauliche	Afflusso per 10m lung. tunnel	Assente	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		(pressione nei giunti) / (soll. Nat. in situ)	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condizioni generali	Completa. asciutto	Umido	Bagnato	Stillicidio	Flusso		
	Indice		15	10	7	4	0		
FATTORI CORRETTIVI FUNZIONE DELL'ORIENTAZIONE DEI GIUNTI									
Direzione e immersione			Molto favorevole	Favorevole		Sfavorevole	Molto sfavorevole		
Indice	Gallerie e miniere		0	-2	-5	-10	-12		
	Fondazioni		0	-2	-7	-15	-25		
	Pendii		0	-5	-25	-50			
CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO									
Indice			100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	< 21		
Classe			I	II	III	IV	V		
Descrizione			Molto buona	Buona	Discreta	Scadente	Molto scadente		

Nel 1995 Hoek et al. hanno introdotto l'indice GSI (Geological Strength Index) basato sulle caratteristiche geolitologiche e strutturali della formazione e sulle condizioni delle superfici di discontinuità dell'ammasso. Per valutare l'indice di "qualità" intrinseca dell'ammasso Hoek et al. (1995).

La stima degli indice GSI può essere anche effettuata sulla base di una descrizione qualitativa della struttura dell'ammasso roccioso e delle condizioni delle superfici di discontinuità. A tale scopo può

$$m_b = m_i \cdot \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right);$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right);$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{\frac{GSI}{15}} - e^{\frac{20}{3}} \right)$$

in cui m_i è una costante che caratterizza il materiale roccioso, determinata mediante prove triassiali di laboratorio o stimata dai dati di letteratura, e D è un fattore variabile tra 0 e 1 che dipende dal grado di disturbo dovuto alle operazioni di scavo e al detensionamento dell'ammasso (0 per un ammasso indisturbato, 1 per un ammasso molto disturbato).

La stima del modulo elastico dell'ammasso è stata effettuata utilizzando invece la relazione proposta da Serafim e Pereira (1983), successivamente modificata da Hoek (2002):

$$E(GPa) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_c}{100}\right)^{0.5} \cdot 10 \cdot \exp\left(\frac{GSI - 10}{40}\right)$$

Nelle verifiche geotecniche si è preferito far riferimento al criterio di resistenza di Mohr-Coulomb, più noto e più diffuso rispetto a quello di Hoek. I parametri di resistenza (coesione e angolo di attrito) sono stati determinati linearizzando la curva di Hoek e Brown con la procedura proposta dallo stesso Hoek (2002) ed implementata nel programma RocLab v. 1.032, considerando un pendio di altezza media pari a 30m. Per la valutazione dei parametri di resistenza si è fatto riferimento cautelativamente ai valori minimi dell'indice GSI (30).

Le numerose prove a compressione eseguite, sia monoassiali che triassiali, consentono di ottenere i parametri m_i e si tramite interpretazione con linee di tendenza, come mostrato nella Figura 8.

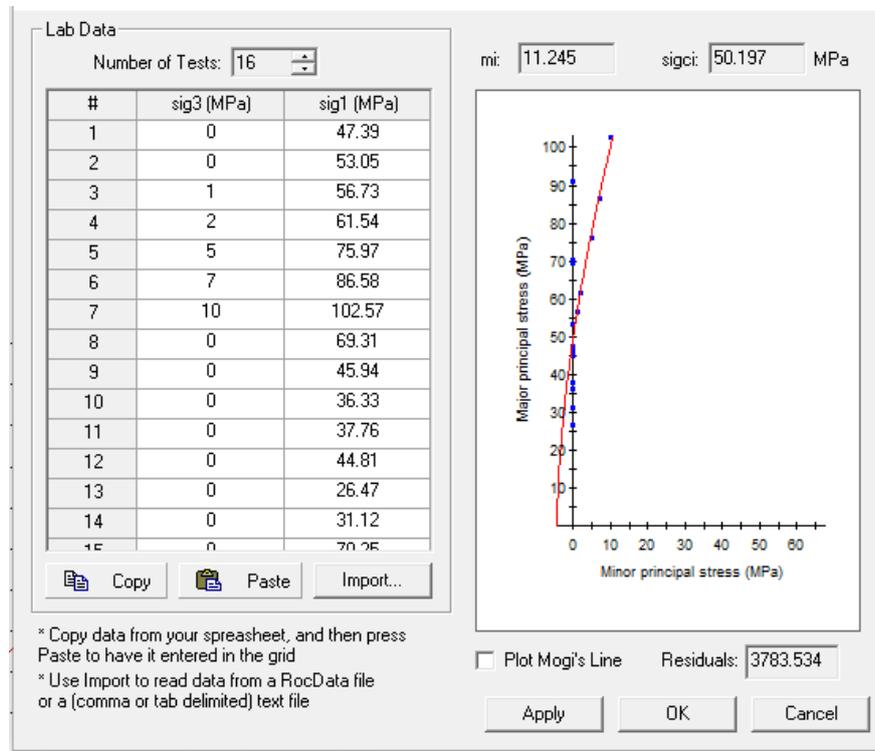


Figura 8: Parametri del criterio di Hoek Brown ricavati tramite interpretazione prove di laboratorio

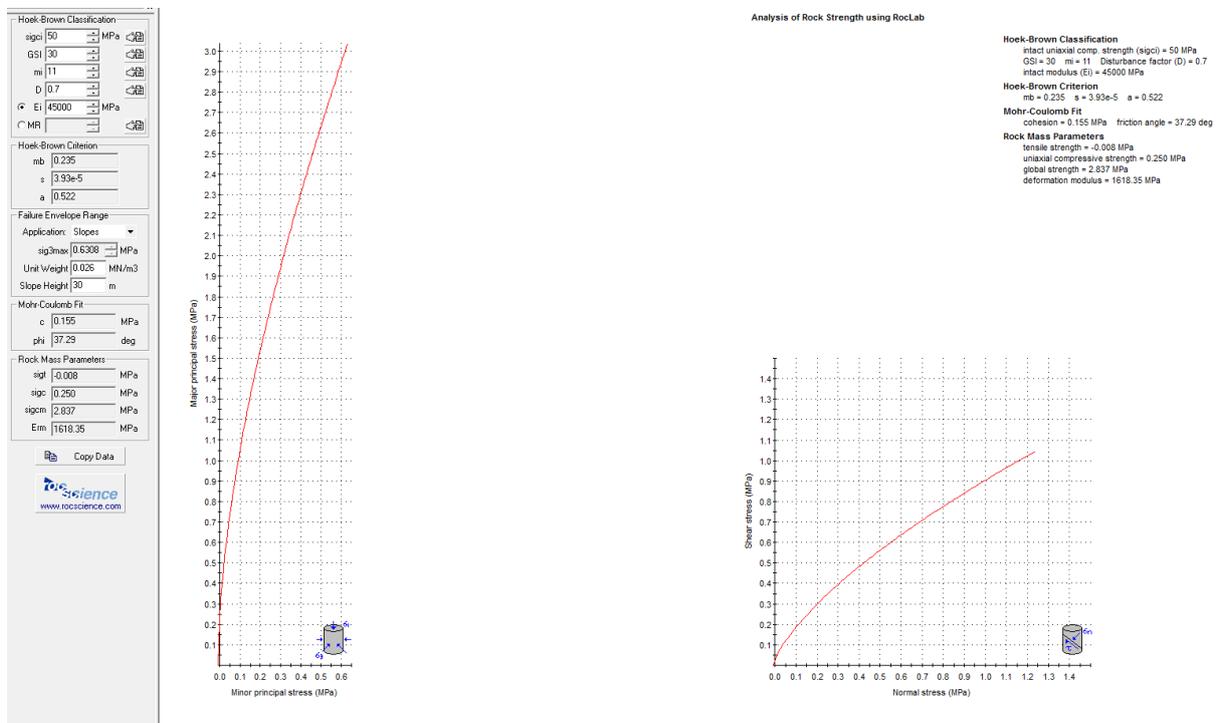


Figura 9: Parametri del criterio di Hoek Brown ricavati tramite interpretazione prove di laboratorio

La linearizzazione della curva di Hoek e Brown nel campo delle tensioni di interesse ha fornito una coesione di 155 kPa ed un angolo di attrito di 37° circa mentre il modulo elastico dell'ammasso è risultato essere pari a circa 1600 MPa (Figura 9).

Le prove di laboratorio relative alla determinazione dei parametri fisici hanno permesso di individuare un peso dell'unità di volume del materiale roccioso pari a circa 26,5 kN/m³.

I valori delle proprietà geotecniche indicate sono da intendersi come valori guida per la progettazione; resta inteso che nelle analisi geotecniche di dettaglio delle varie opere andranno calibrati sulla base delle condizioni geotecniche locali, delle specifiche situazioni locali, oltre che rapportati alla tipologia di opere (fondazioni pali o opere di sostegno), alle ipotesi di calcolo assunte.

6 BIBLIOGRAFIA

Centamore E., Dramis F. (2010): Note illustrative della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50000, Foglio 358, Pescorocchiano. Servizio Geologico d'Italia, Roma.

Bieniawski Z.T. (1989) - Engineering rock mass classifications. New York, Wiley;

Hoek E., Carranza-Torres C.T., Corkum, B. (2002) - Hoek-Brown failure criterion – 2002 edition. Proc. North American Rock Mechanics Society meeting in Toronto in July 2002;

Hoek, E. and Brown, E.T. 1997. Practical estimates of rock mass strength. Intl. J. Rock Mech. & Mining Sci. & Geomechanics.

Chieti, marzo '18