

S.S. N. 4 "SALARIA"

**ADEGUAMENTO DEL TRATTO TRISUNGO-ACQUASANTA TERME.
TRATTO GALLERIA VALGARIZIA - ACQUASANTA TERME. LOTTO 2 DAL
KM 155+400 AL KM 159+000 (EX AN6)**

PROGETTO DEFINITIVO

COD. **AN257**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - ENGEKO - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Giorgio Guiducci
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Roma n° 14035

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. David Carlacchini
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni A1245

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Marco Abram
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A2808

IL RESPONSABILE DI PROGETTO

Pianificatore Territoriale Marco Colazza

IL R.U.P.

Dott. Ing. Vincenzo Catone

PROTOCOLLO

DATA

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

 **Sintagma**

Dott. Ing. N. Granieri
Dott. Ing. V. Truffini
Dott. Ing. L. Spaccini
Dott. Arch. A. Bracchini
Dott. Ing. E. Bartolucci
Dott. Ing. L. Casavecchia
Dott. Geol. G. Cerquiglini
Dott. Ing. F. Pambianco
Dott. Ing. M. Abram
Dott. Arch. C. Presciutti
Dott. Agr. F. Berti Nulli
Geom. S. Scopetta
Geom. M. Zucconi

MANDANTI:

 **GPI INGEGNERIA**
GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl

Dott. Ing. G. Guiducci
Dott. Ing. E. Moscatelli
Dott. Ing. A. Signorelli
Dott. Ing. A. Belà
Dott. Ing. G. Lucibello
Dott. Arch. G. Guastella
Dott. Geol. M. Leonardi
Dott. Ing. G. Parente

 **engeko**

Dott. Ing. C. Muller

 **GEOTECHNICAL DESIGN GROUP**

Dott. Ing. D. Carlacchini
Dott. Ing. C. Consorti
Dott. Ing. E. Loffredo
Dott. Ing. S. Sacconi

 **ICARIA**
società di ingegneria

Dott. Ing. V. Rotisciani
Dott. Ing. F. Macchioni
Dott. Ing. G. Verini
Dott. Ing. V. Piunno
Dott. Ing. G. Pulli


Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI
ORDINE INGEGNERI
ROMA
N° 14035

GEOTECNICA

Relazione geotecnica di caratterizzazione

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	T00-GE00-GET-RE01			
DPAN257	D 22	CODICE ELAB.	T00GE00GETRE01	A	-
A	EMISSIONE	mag-22	S.Sacconi	D.Carlacchini	G.Guiducci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	3
3	INDAGINI ESEGUITE.....	4
3.1	CAMPAGNA DI INDAGINE ANTECEDENTE AL 2002.....	4
3.2	CAMPAGNA DI INDAGINE DEL 2002.....	5
3.3	CAMPAGNA DI INDAGINE DEL 2003.....	6
3.4	CAMPAGNA DI INDAGINE DEL 2014.....	7
3.5	RILIEVO GEOMECCANICO DI DETTAGLIO E INDAGINI GEOSISMICHE TOMOGRAFICHE (2005).....	7
3.6	RILIEVO GEOMECCANICO DI DETTAGLIO (2022).....	7
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	8
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	10
5.1	DEFINIZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE.....	10
5.2	UNITÀ GEOTECNICA BIS E BIS_FAGLIA.....	10
5.3	UNITÀ GEOTECNICA MC E MC_FAGLIA.....	17
5.4	UNITÀ GEOTECNICA U E U_FAGLIA.....	25
5.5	UNITÀ GEOTECNICA MP E MP_FAGLIA.....	32
5.6	UNITÀ GEOTECNICA TRAV.....	33
6	MODELLO GEOTECNICO.....	36
7	REGIME DELLE PRESSIONI INTERSTIZIALI.....	37
8	CARATTERISTICHE DI SISMICITÀ DELL'AREA.....	38
9	BIBLIOGRAFIA.....	48

1 PREMESSA

La presente relazione geotecnica di caratterizzazione fa parte della documentazione allegata al progetto definitivo relativo alla S.S n. 4 "Salaria" - Adeguamento del tratto Trisungo-Acquasanta Terme. Tratto galleria Valgarizia - Acquasanta Terme. Lotto 2 dal km 155+400 al km 159+000.

Con l'intervento, che si sviluppa interamente nel Comune di Acquasanta Terme, si perseguono i seguenti obiettivi:

- incremento dei livelli di sicurezza per l'utenza;
- miglioramento del livello di servizio;
- riduzione dei tempi di percorrenza;
- decongestionamento dei traffici nei centri abitati.

Nel presente studio sono state affrontate le tematiche di carattere geotecnico relativamente al nuovo asse viario oggetto del presente progetto definitivo. Viene, dunque, inizialmente descritto brevemente il contesto geologico di riferimento; segue la caratterizzazione geotecnica dell'area e un'analisi sismica del territorio.

Gli elementi necessari a tale scopo sono stati ricavati principalmente dai dati a supporto del Progetto Definitivo denominato "Progetto definitivo "S.S.4 "Salaria" adeguamento del tratto Trisungo-Acquasanta Terme tratto galleria Valgarizia-Acquasanta terme lotto 2° dal km 155+400 al km 159+000".

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Nel progetto è stato fatto riferimento alle seguenti Normative ed Istruzioni:

- Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" (GU Serie Generale n. 42 del 20-02-2018 – Suppl. Ordinario n. 8);
- Circolare 02/02/2009 "Istruzione C.S.LL.PP. per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003: primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006: criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle stesse zone.

3 INDAGINI ESEGUITE

Per la redazione della presente relazione sono stati utilizzati i risultati delle diverse campagne geognostiche svoltesi negli anni per il progetto definitivo (2005) denominato "S.S.4 Salaria" adeguamento del tratto Trisungo-Acquasanta Terme tratto galleria Valgarizia-Acquasanta Terme lotto 2° dal km 155+400 al km 159+000" e del progetto esecutivo (2020) "S.S. 4 Salaria - tratto Trisungo - Acquasanta: 1° lotto 2° stralcio dal km. 151 + 000 (ex km 173+300) al km 153+780 (ex km 175+240) – riappalto". L'obiettivo è stato, quindi, quello di definire la successione stratigrafica dei terreni che insistono nel territorio esaminato, con una valutazione preliminare delle loro caratteristiche fisiche, di resistenza e di deformabilità. In più, sono state definite le caratteristiche sismiche dei terreni stessi (in termini di categoria di sottosuolo), partendo dalle prove geofisiche a disposizione.

Si precisa che l'unica campagna di indagine ricadente nel lotto appartenente al presente progetto è quella del 2003; le restanti campagne citate sono state effettuate nel lotto limitrofo da cui sono estrapolati solo i valori che possono essere riconducibili alle formazioni geotecniche effettivamente presenti nel presente progetto. Inoltre, nel 2022 è stata effettuata una campagna di indagine nell'ambito del presente progetto definitivo che ha previsto n.22 stazioni geomeccaniche.

In particolare, le campagne di indagine eseguite a cui si è fatto riferimento sono le seguenti (in grassetto le indagini eseguite nel lotto del presente progetto):

- 2000 – Prove in sito effettuate antecedentemente al 2002 (Progetto definitivo);
- 2002 – Prove in sito effettuate nella campagna geognostica del 2002 (Progetto definitivo);
- 2003 – Prove in sito effettuate nella campagna geognostica del 2003 (Progetto definitivo);**
- 2014 – Prove in sito effettuate nella campagna geognostica del 2014 (Progetto esecutivo);
- 2000 – Prove di laboratorio effettuate antecedentemente al 2002 (Progetto definitivo);
- 2002 – Prove di laboratorio campagna geognostica 2002 (Progetto definitivo);
- 2003 – Prove di laboratorio campagna geognostica del 2003 (Progetto definitivo);**
- 2014 – Prove di laboratorio campagna geognostica 2014 (Progetto esecutivo);
- 2005 – Rilievo geomeccanico di dettaglio (Progetto definitivo).**
- 2022 – Stazioni geomeccaniche (Presente progetto definitivo)**

3.1 CAMPAGNA DI INDAGINE ANTECEDENTE AL 2002

Nella campagna di indagine del 2000, eseguita sul lotto precedente a quello in esame, sono state realizzate le indagini riportate nella figura a seguire:

Sondaggio	Anno	Lunghezza (m)	SPT	Pressiometrica	Dilatometrica	Lugeon	Raccolta campioni	Attrezzato piezometro
1	2000	20	1	-	-	-	-	-
2	2000	30	1	-	-	-	1	-
2a	2000	23	1	-	-	-	-	-
3	2000	15	-	-	-	-	-	-
4	2000	80	-	-	-	-	-	-
6	2000	30	-	-	-	-	-	-
13	2000	20	-	-	-	-	-	-
14	2000	20	-	-	-	-	-	-
15bis	2000	30	-	-	-	-	-	-

Figura 3.1: Campagna di indagine antecedente al 2002, riepilogo indagini geognostiche.

Nello specifico, i dati acquisiti come riportato nell'elaborato [1] citato in bibliografia risultano essere i seguenti riportati in figura:

Sond. n°	Camp. n°	Prof. m	i t/m ³	N° provini	σ _c KPa	Es MPa	Taglio su roccia		Triassiale su roccia	
							c KPa	φ	N° provini	Es Mpa
2	2	23,0-23,5	2,55	1	38140					
3	1	10,0-11,5	2,68				670	30,9	3	20447
4	1	53,5-54	2,67	1 2	101100 73470	40255 16894				
4	2	65,7-67,1	2,64						1 3 5 6	9178 16915 17440 20885
4	3	77,5-77,8	2,68							
4	4	78,0-78,5	2,63	1	83260	11144				
6b	1	12,2-12,5	2,52	1	32520	3676				
6b	2	13,6-14,0	2,51							
6	1	23,1-23,3	2,71							
6	2	25,0-25,6	2,63	1	99590	11314			4	26411
6	3	27,5-28,8	2,61	1	95790	14781			2	18280
13	1	13,0-14,5	2,60				130	30,9	5	23948
15b	1	15,5-15,8	2,53							
15b	2	17,8-18,0	2,62							
15b	3	23,5-24,0	2,56	1	97610	26154			2 4	21626 25352
15b	4	25,7-26,0	2,65						1	Non rilevate

Figura 3.2: Campagna di indagine antecedente al 2002, riepilogo prove eseguite sui campioni.

3.2 CAMPAGNA DI INDAGINE DEL 2002

Nella campagna di indagine eseguita nel 2002 sono stati eseguiti n. 3 sondaggi oltre che a distruzione di nucleo, con impiego di doppio carotiere T2 e T6S con uso di corona al diamante; le prove sui campioni sono state successivamente effettuate nel laboratorio S.G.A.I. di Morciano (RN).

Nella figura a seguire sono riportati i sondaggi effettuati; per una dettagliata analisi si rimanda all'elaborato [2] citato in bibliografia.

Sondaggio n.	Prof. da-a m.	Lunghezza m.	Unità	R.Q.D.	Qualità della roccia
1	45,05,0	30,00	U2	97,07	ottima
2	21,2-31,0	9,80	F	40,21	scadente
2	31,0-41,7	10,70	U2	100,00	ottima
3	18,0-21,0	3,00	U1	22,00	molto scadente
3	42,0-45,0	3,00	U1	27,30	scadente
3	60,0-63,0	3,00	U1	92,00	ottima
3	70,0-79,8	9,8	U1	99,49	ottima
3	79,8-100,6	20,8	U5	100,00	ottima

Figura 3.3: Campagna di indagine 2002, riepilogo sondaggi eseguiti.

3.3 CAMPAGNA DI INDAGINE DEL 2003

Nella campagna di indagine eseguita nel 2003 è stato effettuato un sondaggio a carotaggio continuo denominato S1/2003 eseguito presso l'abitato di S. Vito, le cui risultanze in termini di campioni e prove eseguite sugli stessi sono riassunte nella figura a seguire:

SOND.		CAMP.	prof.	STATO DEL CAMP.	UMID. NAT. W %	DENS. APPAR. UMIDICA gr/g	VELOC. ULTRA V m/s	CRANULOMETRIA			LIMITI DI ATTERBERG		COMPRESIONE SEMPLICE					RUGOSITA' J.R.C.	TAGLIO SU ROCCIA	TRAZIONE INDIRETTA "BRASILIANA" Rt Kpa	TRASIALE SU MACROCAMPIONE C Kpa	TEKORE CARBON. calcolimetrica %		
n.	n.	mt.						G %	S %	L %	Wl %	Ip %	OC MPa	Ev %	Ec %	v /	E sec MPa	/	C MPa	φ °		C φ °		
S1	C1	31.40 31.56	I		2.517								5.550	2.090	/	/	170.824 149.087						71.60	
S1	C2	34.80 35.05	I		2.511								0.570										70.39	
S1	C3	39.67 39.93	I		2.601								14.400	0.163	0.056	0.310	19573 11280						74.03	
S1	C4	36.20 36.30	R																				79.13	
S1	C5	41.80 42.31	I		2.559	2427																2064.56	41.14	
S1	C5 bis	42.60 42.70	I															3	0.046	pp	34.99			
S1	C6	45.35 45.60	I		2.549	3783							20.500	0.169	0.045	0.280	22957 20165		3	0.031	pr	34.02		65.53
S1	C6 bis	46.30 46.45	R																				67.96	
S1	C7	47.60 47.93	I		2.582								7.600	0.065	0.020	0.330	26995 21352						70.39	
S1	C8	48.54 49.10	I															2	0.102	pp	34.08			
S1	C9	49.30 49.60	I		2.533													2	0.062	pp	32.93			
S1	C10	53.82 53.96	I															3	0.087	pp	36.40	2792.27		
S1	C11	56.95 57.05	I															3	0.058	pr	34.67			
S1	C12	57.30 57.60	I		2.518	3178							30.200	0.174	0.068	0.330	18218 14932		7	0.119	pp	39.34		58.25
S1	C12 bis	59.26 59.40	I															8	0.089	pr	38.62			
S1	C12 ter	59.86 59.96	I															7	0.131	pp	39.50			
S1	C13	63.00 63.20	R															8	0.108	pp	38.63			
																		3	0.082	pp	36.39			50.97
																		4	0.058	pr	34.49			
																						815.18		
																						3740.51		
																								53.39

LEGENDA:
 I = CAMPIONE INDISTURBATO
 R = CAMPIONE RIMANEGLIATO
 S = CAMPIONE SEMIDISTURBATO

pp = parametri di picco
 pr = parametri residui

Eseguito: [firma] Controllato: [firma]
 GIUSTI GIUSTI

MOD.027 Edizione n°4 del 30 Sett. 2003

Figura 3.4: Campagna di indagine 2003, riepilogo indagini eseguite.

Per una dettagliata analisi si rimanda all'elaborato [3] citato in bibliografia.

3.4 CAMPAGNA DI INDAGINE DEL 2014

Nell'ambito della campagna di indagine eseguita nel 2014 per la progettazione esecutiva citata in precedenza sono state effettuate le seguenti prove riportate nella figura a seguire:

Sondaggio	Tipo campione	Profondità (m)	Compressione monoassiale		Triassiale su roccia		Point Load
			E (Mpa)	v	c' (MPa)	Φ' (°)	σ_c (Kg/cm ²)
SE1	L	27,6			9,9	37,2	
SE1	L	31,1	15592,2	0,15			
SE2	L	12,4					1607,91
SE2	L	17,2	39374,9	0,19			
SE2	L	22,0					664,31
SE2	L	44,1	7,6				
SE2	L	45,4	9,2				
SE2	L	53,0					610,62

Figura 3.5: Campagna di indagine 2014, riepilogo indagini eseguite.

Per una dettagliata analisi si rimanda all'elaborato [4] riportato in bibliografia.

3.5 RILIEVO GEOMECCANICO DI DETTAGLIO E INDAGINI GEOSISMICHE TOMOGRAFICHE (2005)

Sempre nell'ambito del progetto definitivo (2005) denominato "S.D.4 "Salaria" adeguamento del tratto Trisungo-Acquasanta Terme tratto Galleria Valgarizia-Acquasanta Terme lotto 2° dal km 155+400 al km 159+000" sono stati effettuati 4 rilievi geomeccanici di dettaglio denominati di seguito ARS1 ÷ ARS4 e inoltre, sono state eseguite indagini sismiche a rifrazione con elaborazione tomografica in corrispondenza di 5 settori della prevista variante in galleria e in viadotto della S.S. n° 4 Salaria nei pressi di Acquasanta Terme (AP).

Per una dettagliata analisi si rimanda all'elaborato [1] in bibliografia.

3.6 RILIEVO GEOMECCANICO DI DETTAGLIO (2022)

Nell'ambito del presente progetto definitivo sono state effettuate n.22 stazioni geomeccaniche che hanno interessato il tracciato in esame.

Per una dettagliata analisi si rimanda all'elaborato "T00-GE00-GEO-RE03-A".

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La successione dei terreni affioranti nell'area interessata dal tracciato in progetto dall'alto verso il basso risulta essere:

➤ DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI:

Depositi alluvionali attuali e recenti del F. Tronto (all)

Sabbie, ciottoli, ghiaia, massi

Depositi alluvionali del IV° ciclo fluviale del F. Tronto (IV)

Sabbie e ghiaie

Depositi alluvionali del II° ciclo fluviale del F. Tronto (IV)

Limi argilloso-sabbiosi, sabbie, ghiaie con inclusi arenacei

Detriti comminuti di natura arenacea (B)

Detrito comminuto di natura arenacea o marnoso-calcareo, immerso in matrice sabbioso limosa se presente, derivante dal disfacimento della roccia in posto.

Travertini (Trav)

Serie di lenti o cupole distribuite su tre fasce a diversa altezza che formano tre terrazzi. Derivante dalla precipitazione di carbonato di calcio da sorgenti termali per evaporazione dell'anidride carbonica, i travertini poggiano su un conglomerato fluviale di base andando dall'alto verso il basso a depositi travertinosi via via più recenti.

➤ GRUPPO MIOCENICO:

Formazione della Laga

Costituito da prevalenti arenarie da medio-grossolane a fini a stratificazione da molto spessa a media, con intercalati livelli pelitici. Sono state differenziate la *litofacies* arenaceo-pelitica a grandi banconi, la *litofacies* arenaceo-pelitica e pelitico-arenacea

Formazione della Laga (U1)

Alternanza arenaria (A)-marna (M) in strati a contatto netto. Arenarie grigio-azzurre, giallastre se alterate, a granulometria fine al tetto e grossolana alla base, in strati di spessore tra 48 e 200 cm. Costituite da muscovite, feldspati, quarzo e da cemento di natura calcarea, tenaci e massicce. Marne grigio-azzurre a fratturazione oblunga, in strati di spessore tra 3 e 30 cm. Il rapporto A/M è compreso tra 9,20 e 9,69 con percentuale di arenaria dal 90,20 al 90,31% e di marna dal 9,80 al 9,69%.

Formazione della Laga (U2)

Alternanza arenaria (A)-marna (M) in strati a contatto netto. Arenarie grigio-azzurre, giallastre se alterate, a granulometria fine al tetto e grossolana alla base, in banchi di spessore tra 15 e 700 cm. costituite da muscovite, feldspati, quarzo e da cemento di natura calcarea, tenaci e massicce. Marne argillose ed in subordinate calcaree grigio-azzurre a fratturazione oblunga, in strati di spessore tra 3 e 60 cm. Generalmente il rapporto A/M è compreso tra 13,00 e 18,75 con percentuale di arenaria dal 93 al 95% e di marna dal 7 al 5%, occasionalmente A/M tra 1 e 1,5 con percentuale di arenaria del 40-70% e di marna del 60-30%. Sono presenti intervalli con rapporto A/M compreso tra 5 e 6% con percentuale di arenaria dell'83-85% e marna del 17-14%.

Marne a pteropodi (mp)

Eteropiche dello Schlier, passano inferiormente alle Marne con Cerrognana. Sono costituite da emipelagiti grigio-verdognole o grigiastre con sottili intercalazioni calcareo-marnose e calcarenitiche nella porzione inferiore (mp), mentre da peliti scure d'ambiente euxinico, talore bituminose e laminate con intercalazioni

di arenarie fini che rappresentano le parti più distali delle torbiditi della Formazione della Laga. Gli spessori variano dai 40 ai 90 m.

Marne con Cerrognna (mc)

Eteropiche dello Schlier, sono costituite da alternanze di marne, marne calcaree e marne argillose in strati medi e sottili (mc) e da torbidi calcaree in strati medio-spessi, talora massicci (Cerrognna). Presentano disturbi nella stratificazione legate a frane sinsedimentarie (*slumping*) e chiudono verso l'alto con un orizzonte calcarenitico (mcc) (potente oltre 20 m). Gli spessori variano dai 50-200 m delle dorsali, ai 300-400 m delle depressioni, dove maggiori sono gli accumuli torbiditici e gli *slumping*.

Bisciario (bis)

Costituito da marne e calcari siliceo-marnosi, ben stratificati, grigi e grigio-verdastri (ocracei se alterati), con intercalazioni di vulcanoclastiti (cineriti e tufiti prevalenti) e di bentoniti vulcanoderivate (bis). Liste e noduli di selce grigio-nerastra sono localmente presenti nella parte inferiore-media della formazione. Presenti calcareniti torbiditiche costituite da gusci di foraminiferi risedimentati. Spessore variabile tra 15-80 m (bacini rialzati) e 150 m (bacini depressi). Sono riconoscibili tre membri litostratigrafici dal basso verso l'alto: 1) Membro marnoso inferiore; 2) Membro calcareo-siliceo-tufitico; 3) Membro marnoso superiore.

➤ GRUPPO CRETACICO - PALEOGENICO:

Scaglia cinerea (sc)

Costituita da calcari marnosi e marne di colore grigio (sc), presenta uno spessore di 100-200 m; la porzione inferiore è generalmente più calcarea, mentre la superiore aumenta in tenore marnoso. Il limite superiore è posto in corrispondenza della comparsa della selce e di un livello vulcanoclastico (Livello Raffaello) poco sopra il limite Oligocene-Miocene

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato T00-GE00-GEO-RE01-A.

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la definizione delle caratteristiche fisico-meccaniche delle unità geotecniche interessate dalla realizzazione dell'opera, si è fatto riferimento alle campagne di indagine riportate nel §3.

5.1 DEFINIZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE

Sulla base delle formazioni geologiche precedentemente elencate e, in considerazione dell'interpretazione delle indagini e prove a disposizione, sono state definite le seguenti unità geotecniche:

- **Unità geotecnica bis:** formazione del bisciaro;
- **Unità geotecnica bis_faglia:** formazione del bisciaro nelle zone interessate da faglie o comunque da presenza di maggiore fratturazione;
- **Unità geotecnica mc:** formazione marne con Cerrognà;
- **Unità geotecnica mc_faglia:** formazione marne con Cerrognà nelle zone interessate da faglie o comunque da presenza di maggiore fratturazione;
- **Unità geotecnica U:** formazione della Laga U1 e U2; questa unità geotecnica comprende le formazioni geologiche U1 e U2;
- **Unità geotecnica U_faglia:** formazione della Laga nelle zone interessate da faglie o comunque da presenza di maggiore fratturazione;
- **Unità geotecnica mp:** formazione marne a pteropodi;
- **Unità geotecnica mp_faglia:** formazione marne a pteropodi nelle zone interessate da faglie o comunque da presenza di maggiore fratturazione;
- **Unità geotecnica trav:** travertini;
- **Unità geotecnica sc:** formazione scaglia cinerea;
- **Unità geotecnica B:** Detriti comminuti di natura arenacea;
- **Unità geotecnica all:** Depositi alluvionali attuali e recenti del F. Tronto;
- **Unità geotecnica IV:** Depositi alluvionali del IV° ciclo fluviale del F. Tronto;
- **Unità geotecnica II:** Depositi alluvionali del II° ciclo fluviale del F. Tronto.

Le unità geotecniche sc, B, all, IV, II non sono state caratterizzate in quanto non risultano presenti campagne di indagini che le interessano. Si fa notare comunque che i litotipi all, IV e II non interferiscono direttamente con le opere da realizzare.

5.2 UNITÀ GEOTECNICA BIS E BIS_FAGLIA

Per l'individuazione del peso dell'unità di volume sono stati elaborati i risultati delle prove in laboratorio effettuate nel corso della campagna di indagini del 2003.

In Tabella 1 sono riportate le caratteristiche fisiche dei campioni esaminati nel sondaggio S1.

Tabella 1: Unità geotecnica bis, riepilogo peso dell'unità di volume.

Sondaggio	Campione	Profondità da p.c. (m)	unità geotecnica	γ (kN/m ³)
S1	C10	53,9	bis	-
S1	C11	57	bis	-
S1	C12	57,5	bis	25,18
S1	C12 bis	59,3	bis	-
S1	C12 ter	59,9	bis	-
S1	C13	63,1	bis	-

Si può quindi attribuire all'unità geotecnica in esame un valore di peso specifico pari a 25 kN/m³.

La caratterizzazione dell'unità geotecnica mc, come pure quella di tutte le unità geotecniche litoidi presentate a seguire, è stata eseguita valutando il *GSI*, *Geological Strength Index*, che è un indice che caratterizza la qualità intrinseca dell'ammasso roccioso, ovvero la qualità dell'ammasso indipendentemente dalla specifica opera da realizzare. L'indice *GSI* viene poi impiegato di volta in volta per ricavare i parametri di resistenza e di deformabilità dell'ammasso in questione per gli specifici casi applicativi (fondazioni, opere di sostegno, gallerie, scavi in trincea).

Il *GSI* è ottenuto come somma di 5 indici parziali, stimati sulla base di:

- Resistenza a compressione uniassiale, σ_c – Indice A_1 ;
- Indice di qualità, *RQD* – Indice A_2 ;
- Spaziatura delle discontinuità, J_s – Indice A_3 ;
- Condizione delle discontinuità (persistenza, apertura, scabrezza, riempimento, alterazione delle pareti) – Indice A_4 ;
- Condizioni idrauliche – Indice A_5 .

La Figura 5.1 riporta lo schema per la valutazione dei cinque indici suddetti a partire dai dati di indagine grezzi.

1. σ_c (MPa)	> 200	200 ÷ 100	100 ÷ 50	50 ÷ 25	25 ÷ 10	10 ÷ 3	3 ÷ 1
Indice parziale	15	12	7	4	2	1	0
2. <i>RQD</i> (%)	100 ÷ 90	90 ÷ 75	75 ÷ 50	50 ÷ 25	25 ÷ 10	10 ÷ 3	< 25
Indice parziale	20	17	13	8	5	3	0
3. J_s (m)	> 3	3 ÷ 1	1 ÷ 0.3	0.3 ÷ 0.06	0.06 ÷ 0.03	0.03 ÷ 0.01	< 0.01
Indice parziale	30	25	20	10	5	3	0
4 Condizione delle discontinuità	Pareti molto scabre, giunti non continui, chiusi, roccia non alterata	Pareti poco scabre, apertura < 1 mm, roccia poco alterata	Pareti poco scabre, apertura < 1 mm, roccia molto alterata	Pareti laminate, riempimento < 5 mm, apertura 1 ÷ 5 mm, giunti continui	Pareti laminate, riempimento < 5 mm, apertura > 5 mm, giunti continui	Pareti laminate, riempimento > 5 mm, apertura > 5 mm, giunti continui	Riempimento mat. sciolto > 5 mm, apertura > 5 mm, giunti continui
Indice parziale	25	20	12	6	3	0	0
5. Condizioni idrauliche							
Indice parziale	10						

Figura 5.1: Schema per la valutazione degli indici parziali A_1 ÷ A_5 .

L'indice parziale A_4 è stato stimato attraverso lo schema di valutazione di *Bieniawski* (1989) riportato in Figura 5.2 e scalato per tener conto che il massimo punteggio assegnabile è pari a 25.

Relazione geotecnica di caratterizzazione

Parametro	Misura o descrizione				
	Indice				
Lunghezza discontinuità, (persistenza/continuità) (m)	< 1	1 + 3	3 + 10	10 + 20	> 20
Apertura (mm)	6	4	2	1	0
Scabrezza	0	< 0.1	0.1 + 1	1 + 5	> 5
	6	5	4	1	0
	6	5	4	1	0
	6	5	3	1	0
Spessore riempimento (mm)	assente	riempimento materiale attritivo		riemp. materiale sciolto tenero	
	6	< 5	> 5	< 5	> 5
	6	4	2	2	0
Alterazione pareti	assente	leggera	moderata	elevata	decomposto
	6	5	3	1	0

Figura 5.2: Schema per la valutazione dell'indice parziale A_4 "Condizione delle discontinuità" della classifica tecnica RMR (Bieniawski 1989, modificata).

Per la determinazione della resistenza a compressione uniassiale, σ_c , sono stati utilizzati i risultati di prove uniassiali e i valori riportati nell'elaborato [5] in bibliografia. I risultati ottenuti sono riportati in Figura 5.3 in funzione della profondità; nelle stesse figure sono anche indicati i range considerati.

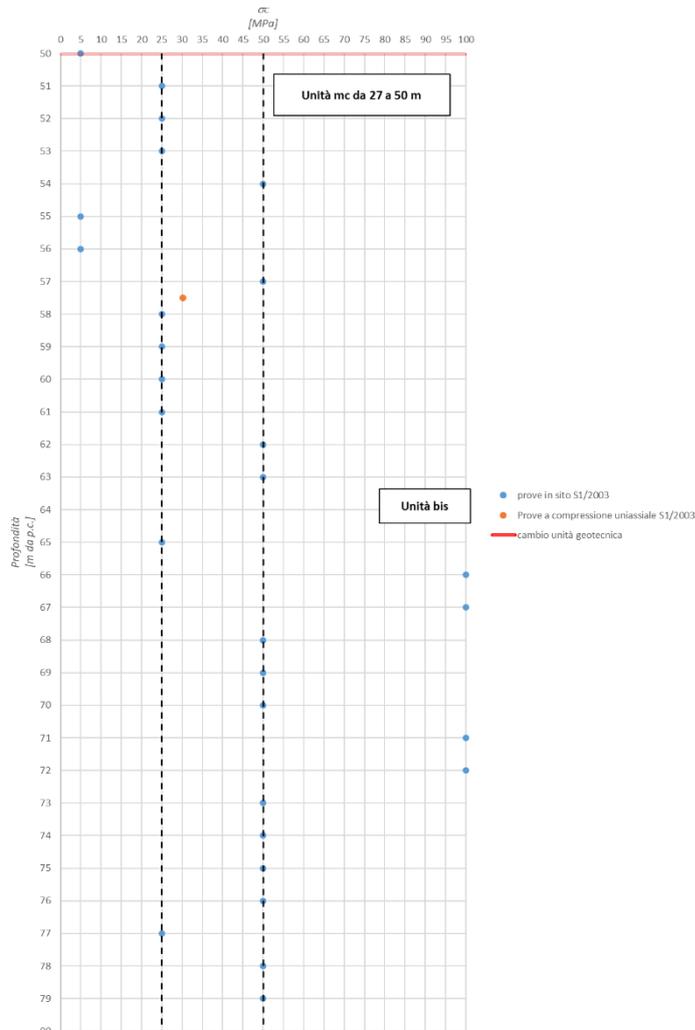


Figura 5.3: Unità geotecnica bis, resistenza a compressione uniassiale.

Relazione geotecnica di caratterizzazione

In Tabella 2 si riporta un riepilogo dei *range* del valore di resistenza a compressione uniaassiale ottenuti (per i valori bis_faglia si sono ipotizzati valori più cautelativi immaginando una peggiore qualità delle caratteristiche meccaniche legate alla presenza della faglia);

Tabella 2: Unità geotecnica bis, riepilogo resistenza a compressione uniaassiale.

Unità geotecnica	σ_c medio [MPa]	σ_c [MPa]
bis	37.50	25 – 50
bis_faglia	17.50	5 – 30

L'indice di qualità *RQD* è stato valutato dal sondaggio effettuato durante la campagna di indagine del 2003 in funzione della profondità da piano campagna (cfr. Figura 5.4); in Figura 5.4 è anche indicato il valore di *RQD* medio che si può assumere nell'unità geotecnica in questione, ottenuto pesando i valori al metro su tutta l'altezza.

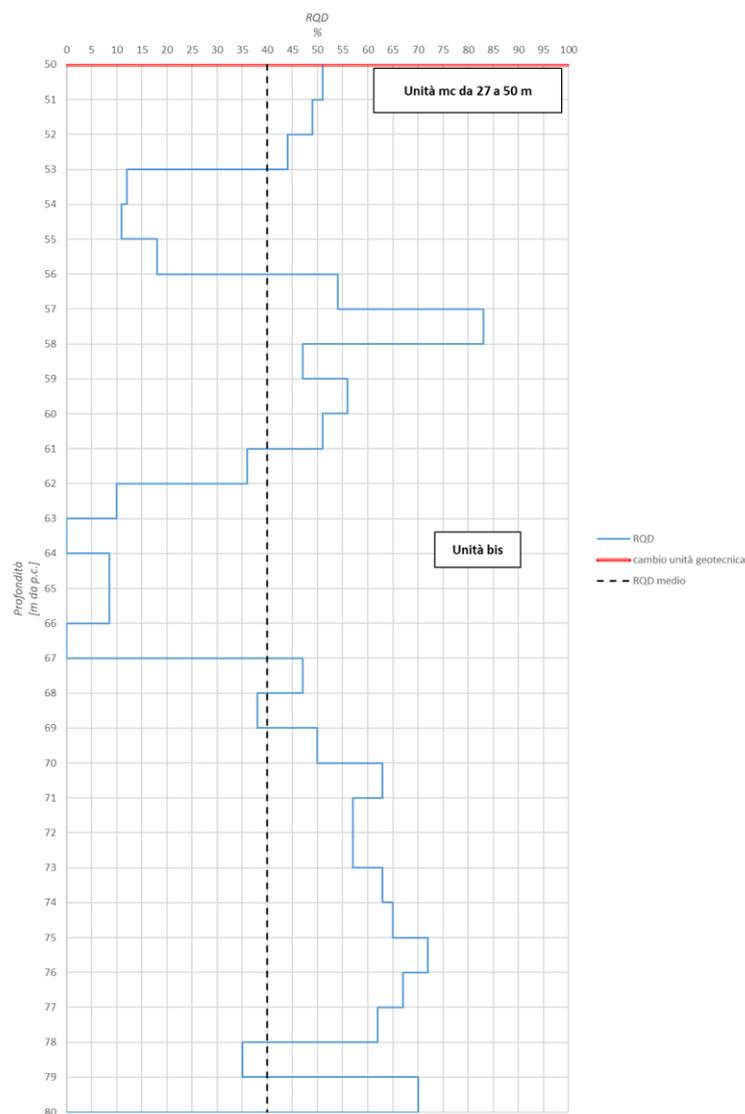


Figura 5.4: Unità geotecnica bis, RQD.

In Tabella 3 si riporta un riepilogo dei *range* dell'indice di qualità della roccia (*RQD*) assunti (per i valori *bis_faglia* si sono ipotizzati valori più cautelativi immaginando una peggiore qualità delle caratteristiche meccaniche legate alla presenza della faglia):

Tabella 3: Unità geotecnica bis, riepilogo *range RQD*.

Unità geotecnica	<i>RQD</i> pesato (%)	<i>RQD</i> (%)
bis	40	28 - 55
bis_faglia	-	30

Gli indici parziali A_3 e A_4 sono stati, invece, valutati sulla base dei rilievi effettuati durante il sondaggio S1/2003; in Figura 5.5 è riportato l'andamento del *GSI* per ogni metro di sondaggio mentre in Tabella 4 è riportato il riepilogo con il *range* di valori ottenuti.

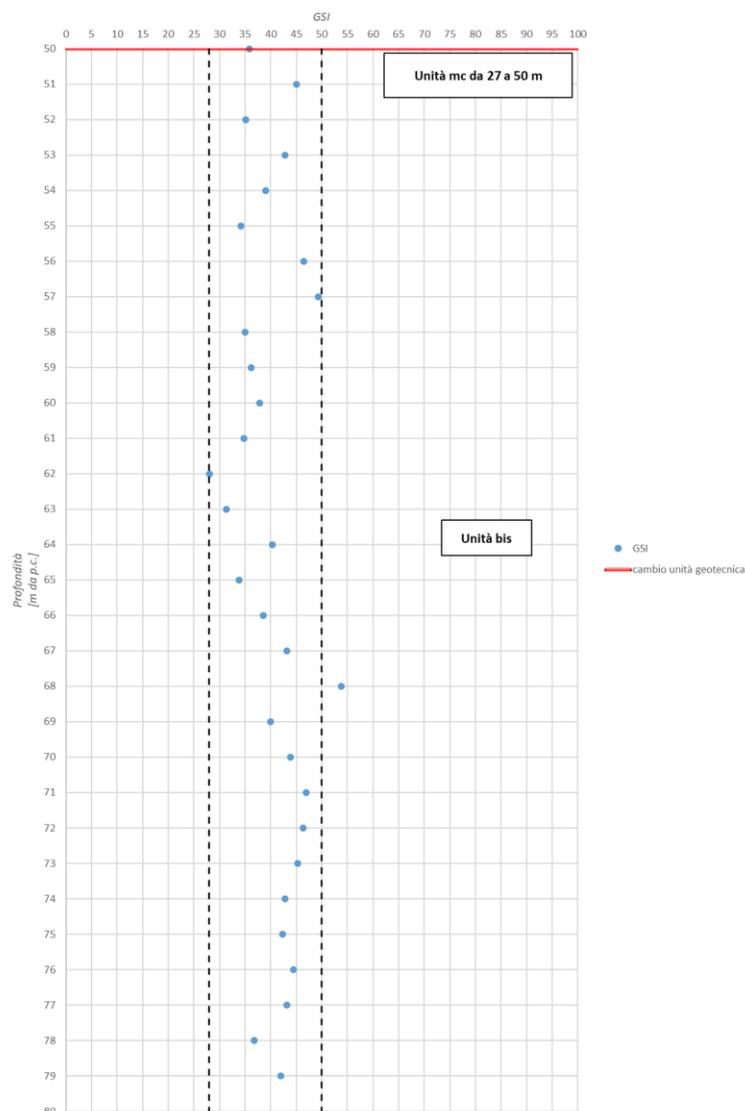


Figura 5.5: Unità geotecnica bis, *GSI*.

Relazione geotecnica di caratterizzazione

Tabella 4: Unità geotecnica bis, *GSI*.

Unità geotecnica	<i>GSI medio</i>	<i>GSI</i>
bis	40	28 - 50
bis_faglia	-	30

Gli indici parziali A_1 A_2 A_3 e A_4 sono stati, anche valutati sulla base dei risultati delle stazioni geomeccaniche effettuate nel 2022 denominate Sg8 e Sg9; in Tabella 5 è riportato il riepilogo degli indici con il valore di *GSI* ottenuto.

Tabella 5: Unità geotecnica U, riepilogo indici parziali.

Stazione geomeccanica	Unità geotecnica	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	<i>GSI</i>
Sg8	bis	5	15	8	12	10	50
Sg9	bis	6	13	8	13	10	50

Il modulo di rigidezza dell'ammasso roccioso è stato valutato con le seguenti equazioni (Hoek, Carranza-Torres, & Corkum, 2002 e Hoek, Diederichs, 2006):

$$E_m \text{ (GPa)} = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \cdot \sqrt{\frac{\sigma_c \text{ (MPa)}}{100}} \cdot 10^{\frac{GSI-10}{40}}$$

$$E_m \text{ (GPa)} = E_i \cdot \left(0.02 + \frac{1 - \frac{D}{2}}{1 + e^{\left(\frac{75 + 25 \cdot D - GSI}{11}\right)}}\right)$$

dove D , il fattore di disturbo, assume valori differenti in funzione del tipo di opera in progetto e delle caratteristiche di resistenza della roccia ed E_i invece rappresenta il modulo di rigidezza della roccia intatta ricavabile da prove di laboratorio.

In particolare, solo a scopo esemplificativo si sono calcolati i valori relativi ponendo il valore di D pari a 0, mentre il valore E_i è stato valutato come valore medio dei valori ottenuti dalle prove di laboratorio a compressione semplice della campagna di indagini del 2003 riportate nel §3. Sulla base di ciò, sono stati stimati i valori di moduli di Young riportati nella Tabella 6.

Tabella 6: Unità geotecnica bis, riepilogo valori del modulo di Young.

unità geotecnica	σ_c [MPa]	<i>GSI</i>	D	E_i [MPa]	E_m [MPa]	E_{rm} [MPa]
bis	37,50	40	0	14932	3444	2384
bis_faglia	17.50	28	0	-	1179	-

In particolare, si precisa che il valore del modulo di *Young* riportato in Tabella 6 è stato determinato considerando il valore medio della resistenza a compressione uniassiale e il valore medio del *GSI* (Tabella 4).

Per l'unità in esame è stato anche valutato il modulo di Young in condizioni dinamiche partendo dall'elaborazione delle indagini sismiche a rifrazione con elaborazione tomografica in corrispondenza di 5 stendimenti realizzati nell'ambito del progetto definitivo (2005) denominato "S.S.4 "Salaria" adeguamento

del tratto Trisungo-Acquasanta Terme tratto galleria Valgarizia-Acquasanta Terme lotto 2° dal km 155+400 al km 159+000". Per una dettagliata analisi si rimanda all'elaborato [6] in bibliografia.

In particolare, sono stati estratti gli andamenti della velocità delle onde di compressione, V_p , lungo alcune verticali negli stendimenti sismici eseguiti e da questi valori sono stati poi ricavati il modulo di Young a piccoli livelli di deformazione, E_0 (o E_{dyn}) il modulo di taglio a piccoli livelli di deformazione, G_0 , la velocità delle onde di taglio, V_s , con le formule riportate a seguire:

$$V_P = \sqrt{\frac{E_{dyn}}{\rho} \frac{1-\nu_{dyn}}{(1+\nu_{dyn})(1-2\nu_{dyn})}} \quad \text{onde longitudinali}$$

$$V_S = \sqrt{\frac{G_{dyn}}{\rho}} = \sqrt{\frac{1}{2} \frac{E_{dyn}}{\rho(1+\nu_{dyn})}} \quad \text{onde di taglio}$$

In Figura 5.6 è riportata la verticale dello stendimento sismico 4, interessante l'unità geotecnica in questione dalla profondità di 10 m circa dal piano campagna, sulla quale sono stati estratti i valori della V_p .

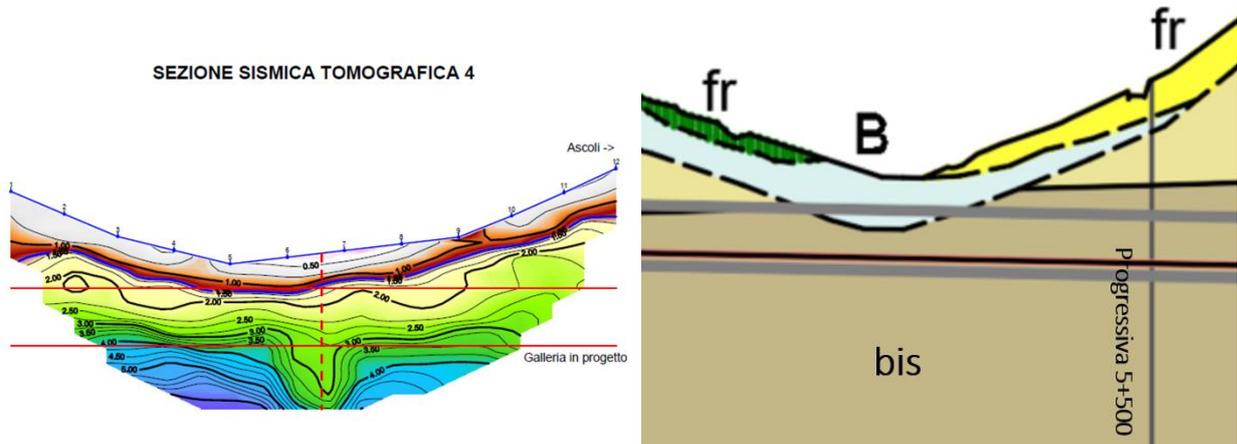


Figura 5.6: Unità geotecnica bis, verticale indagine sismica.

Tabella 7: Unità geotecnica bis, riepilogo valori del modulo di Young a piccole deformazioni da indagini sismiche tomografiche.

Profondità da p.c. (m)	V_p [m/s]	γ (kN/m ³)	ν	E_0 [MPa]	G_0 [MPa]	V_s [m/s]
11,86	2000	25	0,3	7429	2857	1069
11,86	2250	25	0,3	9402	3616	1203
13,32	2250	25	0,3	9402	3616	1203
13,32	2500	25	0,3	11607	4464	1336
15,20	2500	25	0,3	11607	4464	1336
15,20	2750	25	0,3	14045	5402	1470
21,62	2750	25	0,3	14045	5402	1470
21,62	3000	25	0,3	16714	6429	1604
25,30	3000	25	0,3	16714	6429	1604
25,30	3250	25	0,3	19616	7545	1737
26,70	3250	25	0,3	19616	7545	1737
26,70	3500	25	0,3	22750	8750	1871

I valori in Tabella 7 sono riportati in Figura 5.7 e Figura 5.8:

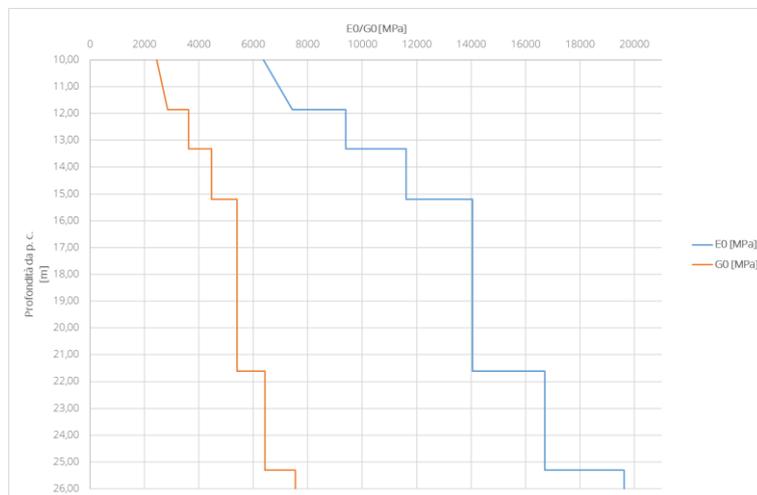


Figura 5.7: Unità geotecnica bis, variazione E_0 e G_0 con la profondità.

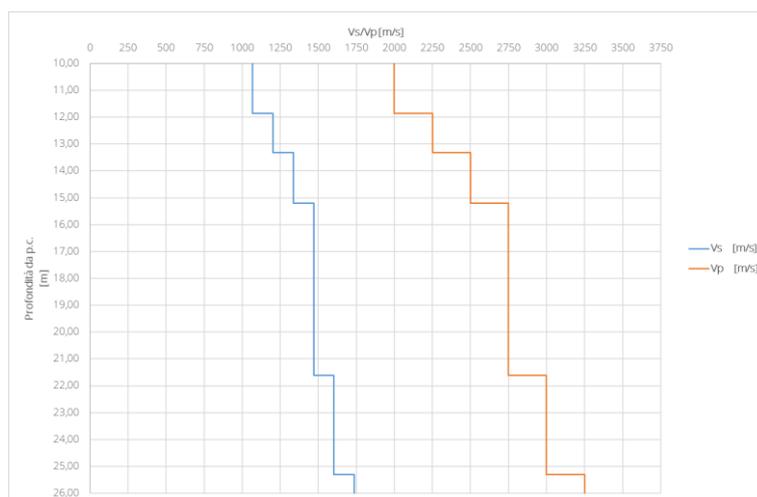


Figura 5.8: Unità geotecnica bis, valori di V_p e V_s con la profondità.

5.3 UNITÀ GEOTECNICA MC E MC_FAGLIA

Per l'individuazione del peso dell'unità di volume sono stati elaborati i risultati delle prove in laboratorio effettuate nel corso della campagna di indagini del 2003.

In Tabella 8 sono riportate le caratteristiche fisiche dei campioni esaminati nel sondaggio S1.

Tabella 8: Unità geotecnica mc, riepilogo peso dell'unità di volume.

Sondaggio	Campione	Profondità da p.c. (m)	unità geotecnica	γ (kN/m ³)
S1	C1	31,5	mc	25,17
S1	C2	35	mc	25,11

Relazione geotecnica di caratterizzazione

S1	C3	39,8	mc	26,01
S1	C4	36,25	mc	-
S1	C5	42	mc	25,59
S1	C5 bis	42,65	mc	-
S1	C6	45,5	mc	25,49
S1	C6 bis	46,4	mc	-
S1	C7	47,8	mc	25,82
S1	C8	49	mc	-
S1	C9	49,5	mc	25,33

Si può quindi attribuire all'unità geotecnica in esame un valore di peso specifico pari a 25 kN/m^3 .

Il valore di GS è stato ottenuto come illustrato precedentemente.

Per la determinazione della resistenza a compressione uniaassiale, σ_c , sono stati utilizzati i risultati di prove uniaassiali e i valori riportati nell'elaborato [5] in bibliografia. I risultati ottenuti sono riportati in Figura 5.9 in funzione della profondità; nelle stesse figure sono anche indicati i *range* considerati.

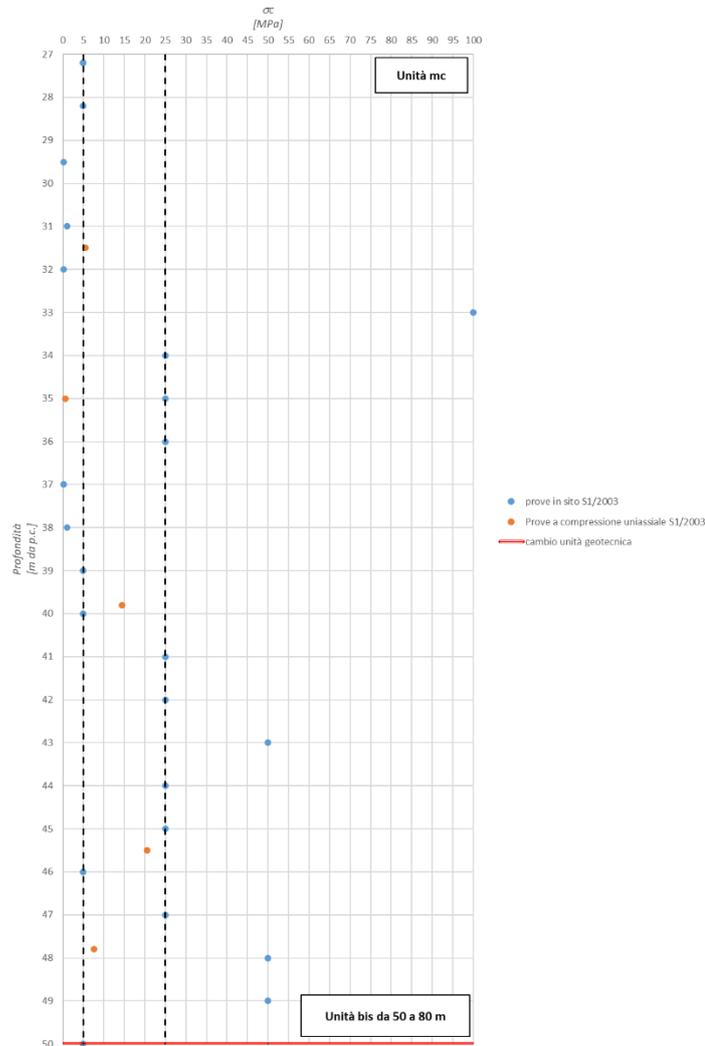


Figura 5.9: Unità geotecnica mc, resistenza a compressione uniaassiale.

In Tabella 9 si riporta un riepilogo dei *range* del valore di resistenza a compressione uniassiale assunto (per i valori *mc_faglia* si sono ipotizzati valori più cautelativi immaginando una peggiore qualità delle caratteristiche meccaniche legate alla presenza della faglia):

Tabella 9: Unità geotecnica mc, riepilogo resistenza a compressione uniassiale.

Unità geotecnica	σ_c medio [Mpa]	σ_c [Mpa]
mc	15	5 – 25
mc_faglia	5	1 – 10

L'indice di qualità *RQD* è stato valutato dai sondaggi effettuati durante le campagne di indagine del 2003, distinguendo in funzione della profondità da piano campagna; in Figura 5.10 è anche indicato il valore di *RQD* medio che si può assumere nell'unità geotecnica in questione, ottenuto pesando i valori al metro su tutta l'altezza.

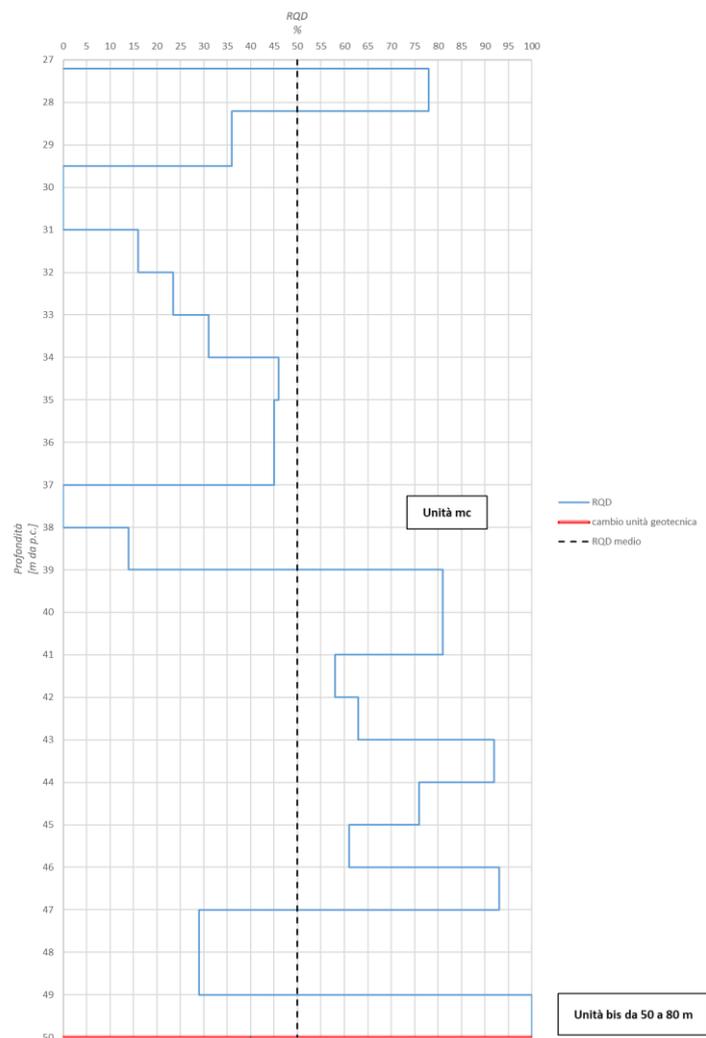


Figura 5.10: Unità geotecnica mc, RQD.

Relazione geotecnica di caratterizzazione

In Tabella 3 si riporta un riepilogo dei *range* dell'indice di qualità della roccia (*RQD*) assunti (per i valori *mc_faglia* si sono ipotizzati valori più cautelativi immaginando una peggiore qualità delle caratteristiche meccaniche legate alla presenza della faglia):

Tabella 10: Unità geotecnica mc, riepilogo *range RQD*.

Unità geotecnica	<i>RQD</i> medio (%)	<i>RQD</i> (%)
mc	50	40 - 60
mc_faglia	-	30

Gli indici parziali A_3 e A_4 sono stati, invece, valutati sulla base dei rilievi effettuati durante il sondaggio S1/2003; in Figura 5.11 è riportato l'andamento del *GSI* per ogni metro di sondaggio mentre in Tabella 11 è riportato il riepilogo con il *range* di valori ottenuti.

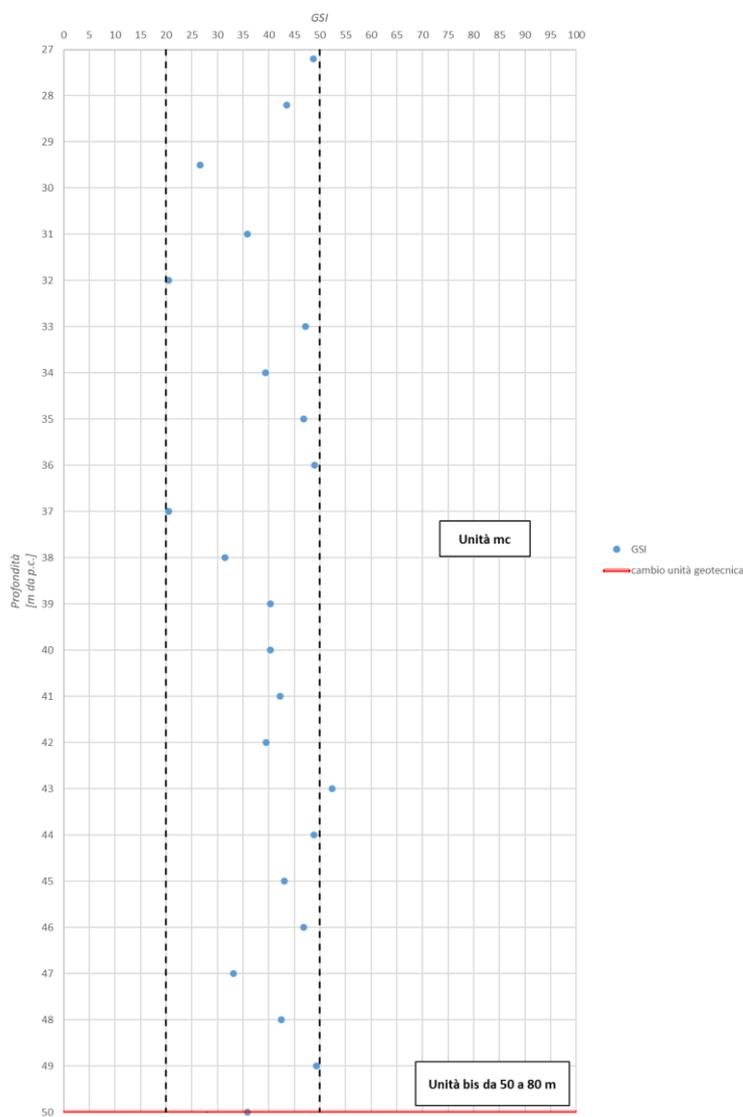


Figura 5.11: Unità geotecnica mc, *GSI*.

Relazione geotecnica di caratterizzazione

Tabella 11: Unità geotecnica mc, GSI.

Unità geotecnica	GSI medio	GSI
mc	40	20 - 50
mc_faglia	-	30

Gli indici parziali A_1 A_2 A_3 e A_4 sono stati, anche valutati sulla base dei risultati delle stazioni geomeccaniche effettuate nel 2022 denominate Sg5 Sg6 e Sg10; in Tabella 12 è riportato il riepilogo degli indici con il valore di GSI ottenuto.

Tabella 12: Unità geotecnica U, riepilogo indici parziali.

Stazione geomeccanica	Unità geotecnica	A1	A2	A3	A4	A5	GSI
Sg5	mc	4	11	7	11	10	43
Sg6	mc	3	12	7	9	10	41
Sg10	mc	2	3	6	11	10	32

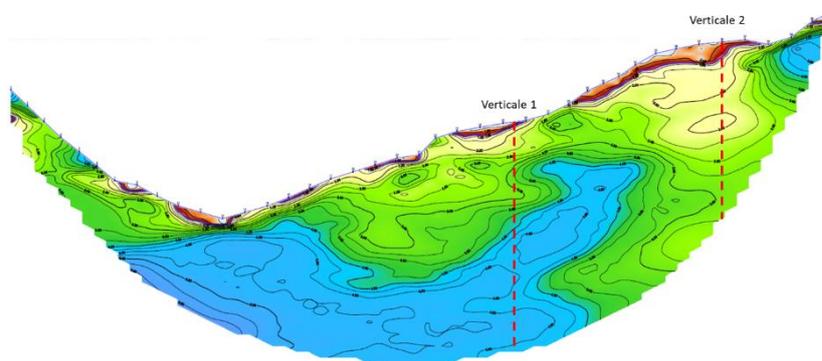
Il modulo di rigidezza dell'ammasso roccioso è stato valutato come illustrato precedentemente per l'unità bis; i risultati sono riportati in Tabella 13.

Tabella 13: Unità geotecnica mc, riepilogo valori del modulo di Young.

unità geotecnica	σ_c [Mpa]	GSI	D	E_i [MPa]	E_m [MPa]	E_{rm} [MPa]
mc	15	40	0	13237	2178	2113
mc_faglia	5	30	0	-	707	-

Per l'unità in esame, come fatto anche per l'unità bis, è stato anche valutato il modulo di Young in condizioni dinamiche partendo dall'elaborazione delle indagini sismiche.

In particolare, sono stati estratti gli andamenti della velocità delle onde di compressione, V_p , lungo le 2 verticali riportate in Figura 5.12.



Relazione geotecnica di caratterizzazione

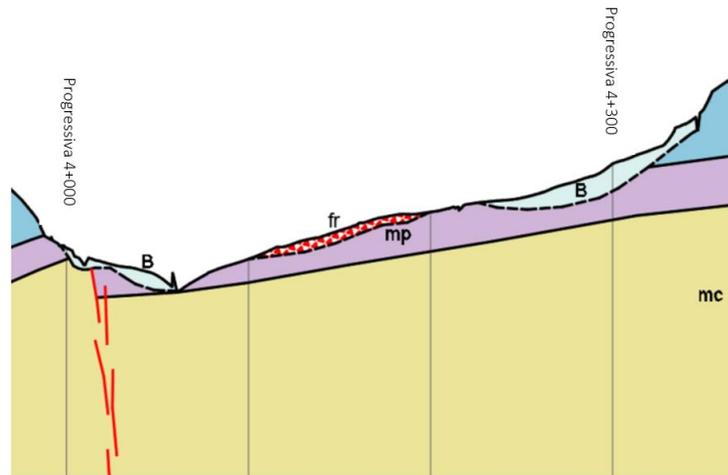


Figura 5.12: Unità geotecnica mc, verticali indagine sismica.

Di seguito in Tabella 14 , come fatto in precedenza per l'unità bis, si riportano i valori ottenuti di E_0 , G_0 e V_s per la verticale 1.

Tabella 14: Unità geotecnica mc, riepilogo valori del modulo di Young a piccole deformazioni da indagini sismiche tomografiche.

Profondità da p.c. (m)	V_p [m/s]	γ (kN/m^3)	ν	E_0 [MPa]	G_0 [MPa]	V_s [m/s]
23,43	3000	25	0,3	16714	6429	1604
23,43	3250	25	0,3	19616	7545	1737
28,17	3250	25	0,3	19616	7545	1737
28,17	3000	25	0,3	16714	6429	1604
33,06	3000	25	0,3	16714	6429	1604
33,06	3000	25	0,3	16714	6429	1604
35,76	3000	25	0,3	16714	6429	1604
35,76	3250	25	0,3	19616	7545	1737
37,49	3250	25	0,3	19616	7545	1737
37,49	3500	25	0,3	22750	8750	1871
40,18	3500	25	0,3	22750	8750	1871
40,18	3750	25	0,3	26116	10045	2004
45,77	3750	25	0,3	26116	10045	2004
45,77	4000	25	0,3	29714	11429	2138
48,86	4000	25	0,3	29714	11429	2138
48,86	4250	25	0,3	33545	12902	2272
64,90	4250	25	0,3	33545	12902	2272
64,90	4500	25	0,3	37607	14464	2405
69,45	4500	25	0,3	37607	14464	2405
69,45	4500	25	0,3	37607	14464	2405
81,25	4500	25	0,3	37607	14464	2405

Relazione geotecnica di caratterizzazione

81,25	4500	25	0,3	37607	14464	2405
95,48	4500	25	0,3	37607	14464	2405
95,48	4500	25	0,3	37607	14464	2405

I valori in Tabella 14 sono riportati in Figura 5.13 e Figura 5.14:

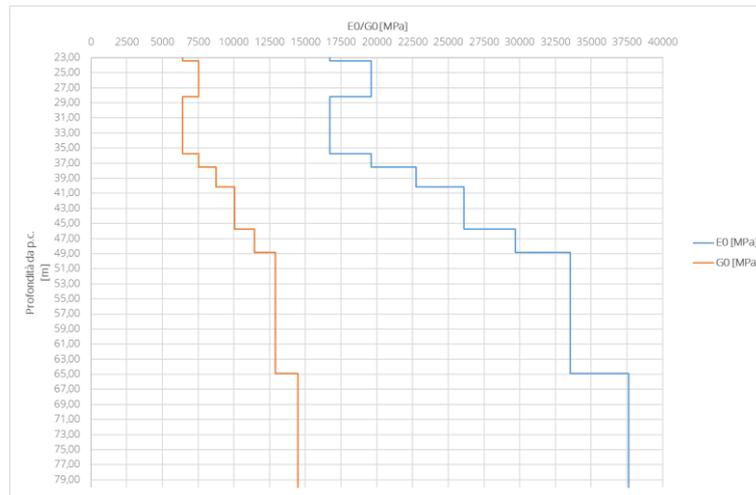


Figura 5.13: Unità geotecnica mc (verticale 1), variazione E_0 e G_0 con la profondità.

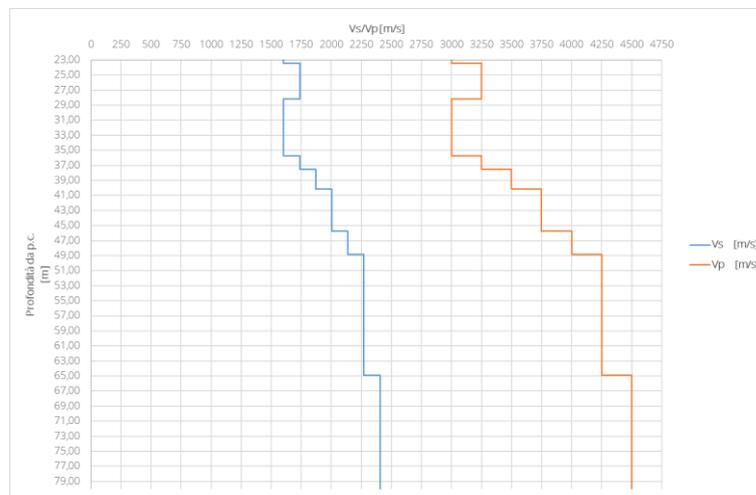


Figura 5.14: Unità geotecnica mc (verticale 1), valori di V_p e V_s con la profondità.

La verticale 2 intercetta una zona in cui il materiale è presumibilmente più fratturato come si può notare dall'andamento delle onde V_p ; a seguire si riportano i valori ottenuti in questa zona.

Tabella 15: Unità geotecnica mc zona fratturata, riepilogo valori del modulo di Young a piccole deformazioni da indagini sismiche tomografiche.

Profondità da p.c. (m)	V_p [m/s]	γ (kN/m^3)	ν	E_0 [MPa]	G_0 [MPa]	V_s [m/s]
11,36	1750	20	0,3	4550	1750	935

Relazione geotecnica di caratterizzazione

24,06	1750	25	0,3	5688	2188	935
24,06	2000	25	0,3	7429	2857	1069
31,75	2000	25	0,3	7429	2857	1069
31,75	2000	25	0,3	7429	2857	1069
38,37	2000	25	0,3	7429	2857	1069
38,37	2000	25	0,3	7429	2857	1069
44,59	2000	25	0,3	7429	2857	1069
44,59	2250	25	0,3	9402	3616	1203
50,63	2250	25	0,3	9402	3616	1203
50,63	2500	25	0,3	11607	4464	1336
56,92	2500	25	0,3	11607	4464	1336
56,92	2750	25	0,3	14045	5402	1470
63,55	2750	25	0,3	14045	5402	1470
63,55	3000	25	0,3	16714	6429	1604
70,22	3000	25	0,3	16714	6429	1604
70,22	3000	25	0,3	16714	6429	1604
76,80	3000	25	0,3	16714	6429	1604
76,80	3250	25	0,3	19616	7545	1737

I valori in Tabella 15 sono riportati in Figura 5.15 e Figura 5.16:

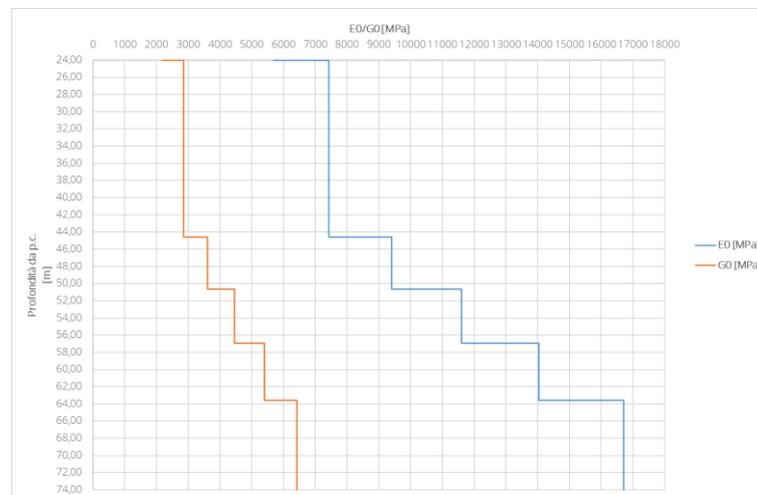


Figura 5.15: Unità geotecnica mc_faglia (verticale 2), variazione E_0 e G_0 con la profondità.

Relazione geotecnica di caratterizzazione

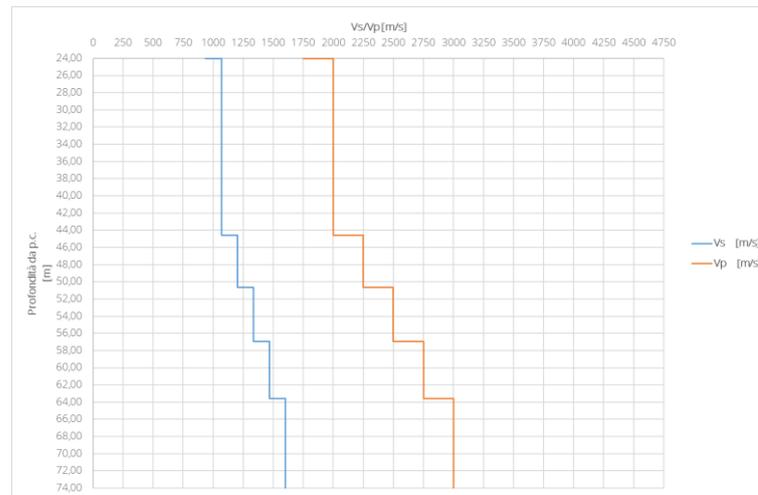


Figura 5.16: Unità geotecnica mc_più fratturata (verticale 2), valori di V_p e V_s con la profondità.

Come si può vedere dalle figure precedenti si può notare come i valori riferibili alla presenza di materiale maggiormente fratturato danno valori di E_0 più bassi. Ad esempio, prendendo come valori di riferimento 45 m di profondità il valore di E_0 dell'unità geotecnica mc risulta essere circa 3 volte superiore rispetto all'unità quando si presenta fratturata.

5.4 UNITÀ GEOTECNICA U E U_FAGLIA

Per l'individuazione del peso dell'unità di volume sono stati elaborati i risultati delle prove in laboratorio effettuate nel corso della campagna di indagini del 2002 e a quelle precedenti del 2000.

Di seguito in Tabella 16 sono riportate le caratteristiche fisiche dei campioni esaminati nella campagna del 2002 e del 2000.

Tabella 16: Unità geotecnica U, riepilogo peso dell'unità di volume.

Sondaggio	Campione	Profondità da p.c. (m)	anno	γ (kN/m ³)
1	7	45,5	2002	26,6
1	8	46,4	2002	26,9
1	9	47,8	2002	27
1	10	49	2002	26,9
1	11	49,5	2002	26,43
1	12	53,9	2002	26,6
2	2	26,8	2002	25,4
2	6	38,3	2002	26,7
2	7	40,5	2002	26,1
2	8	34,2	2002	26,8
2	9	39,4	2002	26
2	10	37,8	2002	26,5
3	2	74	2002	26,7
3	3	74,3	2002	26,7

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica di caratterizzazione

3	4	99,8	2002	26,6
3	5	84,75	2002	26
3	8	84,3	2002	26,2
3	9	87,8	2002	26,3
3	10	98,8	2002	26,1
3	11	94,8	2002	26,4
3	12	79,6	2002	26,6
2	2	23,25	2000	25,5
3	1	11	2000	26,8
4	1	53,75	2000	26,7
4	2	66,5	2000	26,4
4	3	77,5	2000	26,8
4	4	78,2	2000	26,3
6b	1	12,5	2000	25,2
6b	2	13,8	2000	25,1
6	1	23,2	2000	27,1
6	2	25,5	2000	26,3
6	3	28	2000	26,1
13	1	14	2000	26
15b	1	15,7	2000	25,3
15b	2	17,9	2000	26,2
15b	3	23,8	2000	25,6
15b	4	25,8	2000	26,5

Si può quindi attribuire all'unità geotecnica in esame un valore di peso specifico pari a 26 kN/m^3 .

Il valore di GS è stato ottenuto come illustrato precedentemente.

Per la determinazione della resistenza a compressione uniassiale, σ_c , sono stati utilizzati i risultati di prove uniassiali e i valori riportati nell'elaborato [2] in bibliografia. I risultati ottenuti sono riportati in Figura 5.17 in funzione della profondità; nelle stesse figure sono anche indicati i *range* considerati.

Relazione geotecnica di caratterizzazione

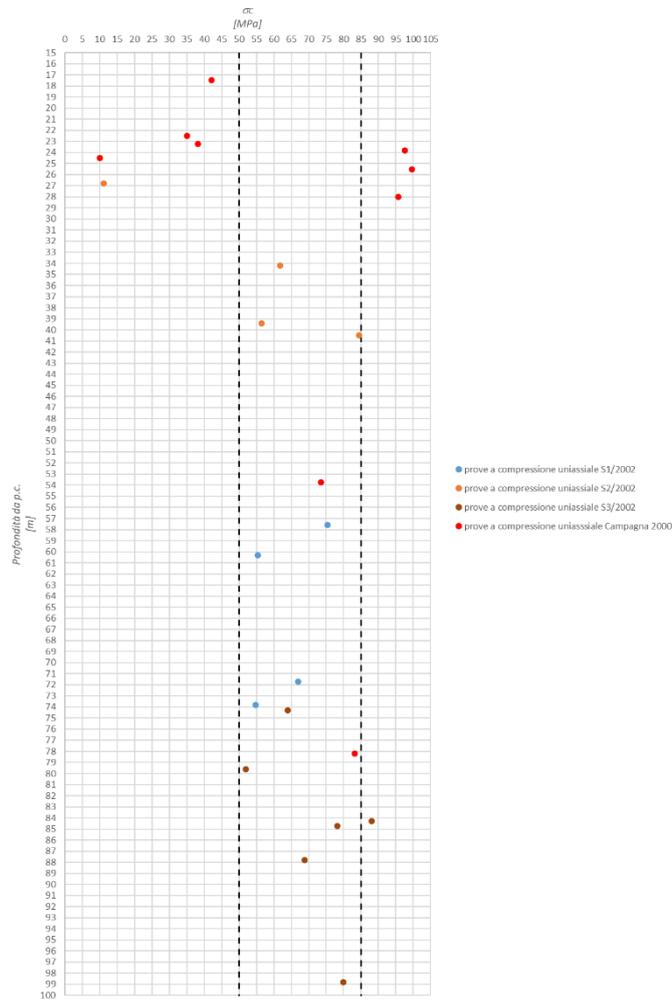


Figura 5.17: Unità geotecnica U, resistenza a compressione uniaassiale.

In Tabella 17 si riporta un riepilogo dei *range* del valore di resistenza a compressione uniaassiale assunto (per i valori U_faglia si sono ipotizzati valori più cautelativi immaginando una peggiore qualità delle caratteristiche meccaniche legate alla presenza della faglia):

Tabella 17: Unità geotecnica U, riepilogo resistenza a compressione uniaassiale.

Unità geotecnica	σ_c medio [Mpa]	σ_c [Mpa]
U	67.5	50 – 85
U_faglia	50	-

L'indice di qualità *RQD* è stato valutato dai sondaggi effettuati durante le campagne di indagine del 2002, distinguendo in funzione della profondità da piano campagna.

Tabella 18: Unità geotecnica U, RQD.

Sondaggio	unità geologica	Profondità da p.c. (m)	RQD
-----------	--------------------	---------------------------	-----

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geotecnica di caratterizzazione

1	U2	45	97,07
		74	
2	U1(faglia)	21,2	40,21
		31	
	U2	31	100
		41,7	
3	U1	18	22
		21	
	U1	42	27,3
		45	
	U1	60	92
		63	
U1	70	99,49	
	79,8		
U5	79,8	100	
		100,6	

L'indice di qualità *RQD* è stato valutato anche dai sondaggi effettuati durante le campagne di indagine del 2014, distinguendo in funzione della profondità da piano campagna.

Tabella 19: Unità geotecnica U (campagna di indagini 2014), *RQD*.

Sondaggio	unità geotecnica	Profondità da p.c. (m)	<i>RQD</i>
	U1	27,5	70
		30	
	U1	30	100
		32	
SE1	U1	32	80
		35	
	U1	35	90
		37,5	
	U1	37,5	100
		40	

In Tabella 20 si riporta un riepilogo dei *range* dell'indice di qualità della roccia (*RQD*) assunto:

Tabella 20: Unità geotecnica U, riepilogo range *RQD*.

Unità geotecnica	<i>RQD medio</i> (%)	<i>RQD</i> (%)
U	88	75 - 100
U_faglia	40	40

Gli indici parziali A_3 e A_4 sono stati, invece, valutati sulla base dei risultati della stazione geomeccanica effettuata denominata ARS1; in Tabella 21 è riportato il riepilogo degli indici con il valore ottenuto.

Tabella 21: Unità geotecnica U, riepilogo indici parziali.

Unità geotecnica	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	GSI	$GSI\ medio$
U	7	13 - 17	20 - 25	8	10	58 - 67	63
U_faglia	4 - 7	8	10 - 20	8	10	40 - 53	40

Gli indici parziali A_1 , A_2 , A_3 e A_4 sono stati, anche valutati sulla base dei risultati delle stazioni geomeccaniche effettuate nel 2022 denominate Sg1 ÷ Sg4, Sg7, Sg12 ÷ Sg17, Sg21 e Sg22; in Tabella 22 è riportato il riepilogo degli indici con il valore di GSI ottenuto.

Tabella 22: Unità geotecnica U, riepilogo indici parziali da stazioni geomeccaniche.

Stazione geomeccanica	Unità geotecnica	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	GSI
Sg1	U	14	20	17	11	10	72
Sg2	U	10	20	12	11	10	63
Sg3	U	10	16	13	14	10	63
Sg4	U	13	18	12	13	10	66
Sg7	U	14	20	12	14	10	70
Sg12	U	13	20	14	8	10	65
Sg13	U	12	20	17	14	10	73
Sg14	U	10	20	17	13	10	70
Sg15	U	6	20	16	13	10	65
Sg16	U	13	20	12	13	10	68
Sg17	U	6	19	12	13	10	60
Sg21	U	6	18	15	19	10	68
Sg22	U	6	18	15	19	10	68

In Figura 5.18 sono riportati i valori di *GSI* ottenute attraverso le stazioni geomeccaniche. In particolare il valore medio che si ottiene pari a 67 è congruente con quanto già riportato in Tabella 21.

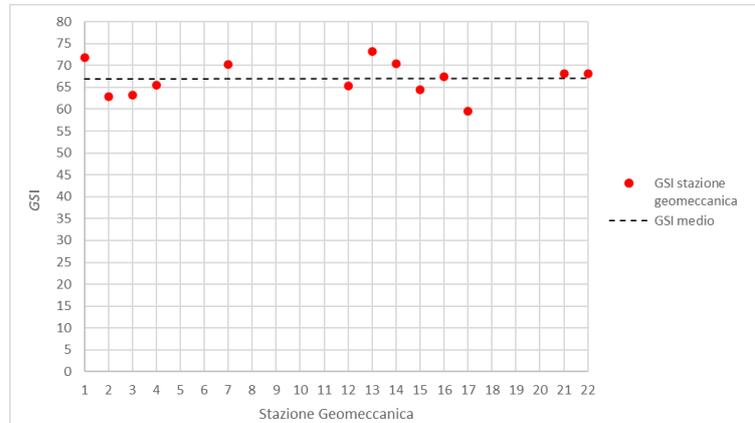


Figura 5.18: Unità geotecnica U, valori di *GSI* da stazioni geomeccaniche.

Il modulo di rigidità dell'ammasso roccioso è stato valutato come illustrato precedentemente per l'unità bis, il valore E_i è stato valutato come valore medio dei valori ottenuti dalle prove di laboratorio a compressione semplice della campagna di indagini del 2002 riportate nel §3.

Di seguito in Tabella 23 sono riportati i risultati ottenuti.

Tabella 23: Unità geotecnica U, riepilogo valori del modulo di Young per le gallerie naturali.

unità geotecnica	σ_c [MPa]	<i>GSI</i>	<i>D</i>	E_i [MPa]	E_m [MPa]	E_{rm} [MPa]
U	67,50	63	0	21668	17364	12736
U_faglia	50	40	0	-	3976	-

Per l'unità in esame, come fatto per l'unità bis è stato anche valutato il modulo di Young in condizioni dinamiche partendo dall'elaborazione delle indagini sismiche.

In particolare, sono stati estratti gli andamenti della velocità delle onde di compressione, V_p , lungo la verticale riportata in Figura 5.19.

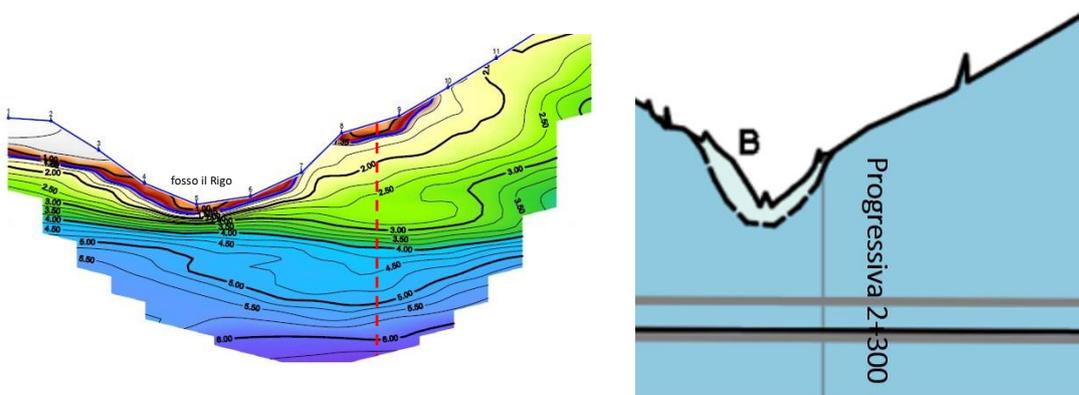


Figura 5.19: Unità geotecnica U, verticali indagine sismica.

Tabella 24: Unità geotecnica U, riepilogo valori del modulo di Young a piccole deformazioni da stazione tomografica.

Profondità da p.c. (m)	V_p [m/s]	γ (kN/m^3)	n	E_0 [MPa]	G_0 [MPa]	V_s [m/s]
0,90	500	26	0,3	483	186	267
1,79	1000	26	0,3	1931	743	535
4,39	1500	26	0,3	4346	1671	802
7,22	2000	26	0,3	7726	2971	1069
10,57	2250	26	0,3	9778	3761	1203
12,52	2500	26	0,3	12071	4643	1336
17,71	2750	26	0,3	14606	5618	1470
18,73	3000	26	0,3	17383	6686	1604
19,56	3250	26	0,3	20401	7846	1737
20,19	3500	26	0,3	23660	9100	1871
20,85	3750	26	0,3	27161	10446	2004
21,87	4000	26	0,3	30903	11886	2138
23,66	4250	26	0,3	34886	13418	2272
26,61	4500	26	0,3	39111	15043	2405
29,75	4750	26	0,3	43578	16761	2539
32,02	5000	26	0,3	48286	18571	2673
32,83	5250	26	0,3	53235	20475	2806
33,94	5500	26	0,3	58426	22471	2940
35,35	5750	26	0,3	63858	24561	3074
38,39	6000	26	0,3	69531	26743	3207

I valori in Tabella 24 sono riportati in Figura 5.20 e Figura 5.21:

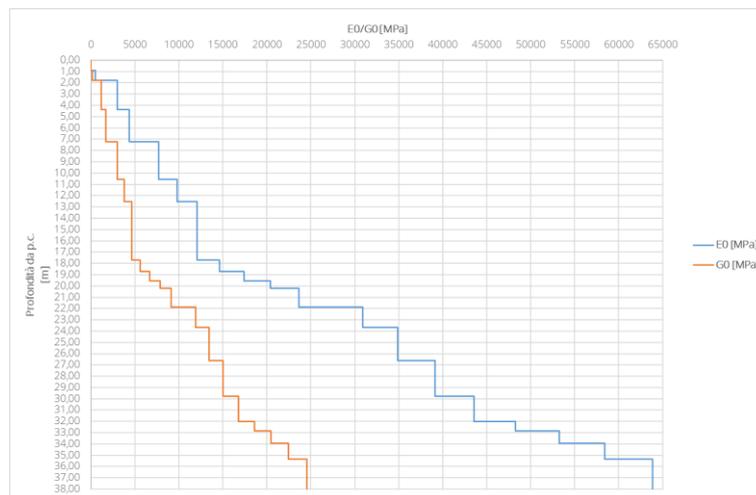


Figura 5.20: Unità geotecnica U, variazione E_0 e G_0 con la profondità.

Relazione geotecnica di caratterizzazione

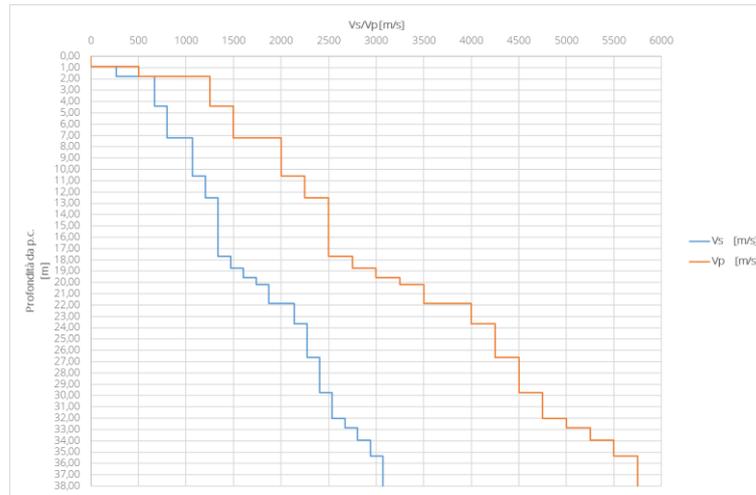


Figura 5.21: Unità geotecnica U, valori di Vp e Vs con la profondità.

5.5 UNITÀ GEOTECNICA MP E MP_FAGLIA

Per l'individuazione dei parametri di seguito descritti sono stati elaborati i risultati delle prove in laboratorio effettuate nel corso della campagna di indagini del 2002, specificatamente al sondaggio n.1 e alla stazione geomeccanica denominata ARS 4 come riportato nell'elaborato [1] citato in bibliografia.

Di seguito in Tabella 25 sono riportate le caratteristiche fisiche dei campioni esaminati nella campagna del 2002 relativi al sondaggio 1.

Tabella 25: Unità geotecnica mp, riepilogo peso dell'unità di volume.

Sondaggio	Campione	Profondità da p.c. (m)	anno	γ (kN/m ³)
1	7	45,5	2002	26,6
1	8	46,4	2002	26,9
1	9	47,8	2002	27
1	10	49	2002	26,9
1	11	49,5	2002	26,43
1	12	53,9	2002	26,6

Si può quindi attribuire all'unità geotecnica in esame un valore di peso specifico pari a 26 kN/m³.

Il valore di GS è stato ottenuto come illustrato precedentemente.

Per la determinazione della resistenza a compressione uniassiale, σ_c , sono stati utilizzati i risultati delle stazioni come riportati nell'elaborato [1] citato in bibliografia. I risultati ottenuti sono riportati in Tabella 26.

Tabella 26: Unità geotecnica mp, riepilogo resistenza a compressione uniassiale.

Stazione geomeccanica	JCS [MPa]
ARS 4	18
ARS 4	10

Relazione geotecnica di caratterizzazione

ARS 4	20
ARS 4	20

In Tabella 27 si riporta un riepilogo dei *range* del valore di resistenza a compressione uniaassiale assunto:

Tabella 27: Unità geotecnica mp, riepilogo resistenza a compressione uniaassiale.

Unità geotecnica	σ_c medio [MPa]	σ_c [MPa]
mp	17	10 - 20
mp_faglia	10	10

Gli indici parziali A_2 , A_3 e A_4 sono stati, invece, valutati sulla base dei risultati della stazione geomeccanica effettuate denominata ARS4; in Tabella 28 è riportato il riepilogo con il valore ottenuto.

Tabella 28: Unità geotecnica mp, riepilogo indici parziali.

Unità geotecnica	A1	A2	A3	A4	A5	GSI	GSI medio
mp	2	8	20 - 25	8	10	48 - 53	50
mp_faglia	2	8	10 - 20	8	10	38 - 48	40

Il modulo di rigidezza dell'ammasso roccioso è stato valutato come illustrato precedentemente per l'unità bis, il valore E_i è stato scelto uguale a quello dell'unità mc.

I risultati sono riportati in Tabella 29.

Tabella 29: Unità geotecnica mc, riepilogo valori del modulo di Young.

unità geotecnica	σ_c [Mpa]	GSI	D	E_i [Mpa]	E_m [Mpa]	E_{rm} [Mpa]
mp	17	50	0	13237	4367	4317
mp_faglia	10	40	0	-	1585	-

5.6 UNITÀ GEOTECNICA TRAV

Per l'unità geotecnica Trav si è fatto riferimento alla stazione geomeccanica Sg19_bis.

Il valore del peso dell'unità di volume è 22 kN/m³ come riportato nell'elaborato [1] citato in bibliografia. Gli indici parziali A_1 , A_2 , A_3 e A_4 sono stati valutati sulla base dei risultati della stazione geomeccanica Sg19_bis; in Tabella 30 è riportato il riepilogo degli indici con il valore di GSI ottenuto.

Tabella 30: Unità geotecnica U, riepilogo indici parziali.

Unità geotecnica	A1	A2	A3	A4	A5	GSI
Trav	3	18	12	8	10	58

Il modulo di rigidezza dell'ammasso roccioso è stato valutato come illustrato precedentemente per l'unità bis.

I risultati sono riportati in Tabella 31.

Tabella 31: Unità geotecnica mc, riepilogo valori del modulo di Young.

Relazione geotecnica di caratterizzazione

unità geotecnica	σ_c [Mpa]	GSI	D	E_m [Mpa]
Trav	15	58	0	6138

Una stima dei parametri minimi di resistenza è stata ottenuta tramite l'esecuzione di una *back analysis* lungo una sezione dell'attuale configurazione del versante nel tratto di interesse dell'intervento. In particolare, è stata studiata la sezione nei pressi dello svincolo alla progressiva 6+050. L'analisi è stata eseguita imponendo un valore del peso dell'unità di volume pari a 22 kN/m³ come riportato nell'elaborato [1] citato in bibliografia. Si sono ricercati quindi i valori di angolo d'attrito ϕ' e di coesione in condizioni drenate, c' , tali da ottenere sulla potenziale superficie di scorrimento critica un coefficiente di sicurezza $FS = 1$; In Figura 5.22 si riportano le possibili superfici di scorrimento analizzate. Per queste superfici si è valutata la combinazione di ϕ' e c' , riportati in Figura 5.23, mentre il *range* di valori sono riportati in Tabella 32. Ovviamente tali valori rappresentano dei minimi, cautelativi, al di sotto del quale la resistenza di tale materiale non può scendere.

Tabella 32: Unità geotecnica Trav, riepilogo caratteristiche meccaniche da *back analysis*.

Unità geotecnica	c' [kPa]	ϕ' [°]
trav	18 - 47	28 - 40

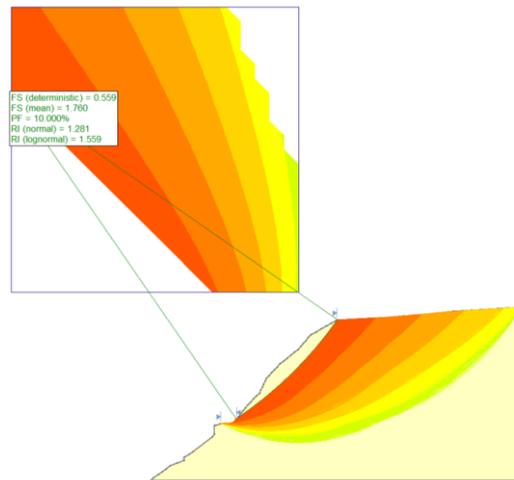


Figura 5.22: Potenziali superfici di scorrimento.

Relazione geotecnica di caratterizzazione

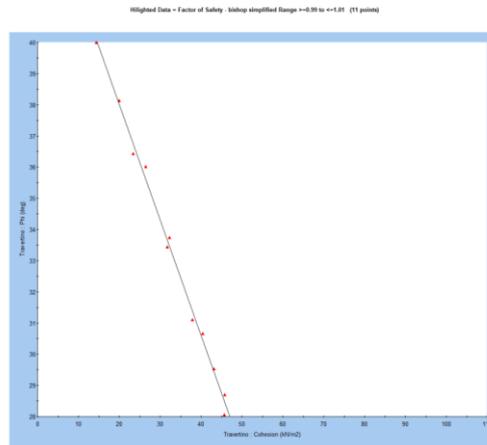


Figura 5.23: Combinazioni di ϕ' e c' tali da ottenere superfici con $FS=1$.

6 MODELLO GEOTECNICO

Sulla base di quanto esposto nel capitolo 5, nella Tabella 33 sono riepilogati i valori ottenuti per ogni unità geotecnica caratterizzata:

Tabella 33: Riepilogo caratteristiche meccaniche delle unità geotecniche.

Unità geotecnica	σ_c [MPa]	γ (kN/m ³)	GSI	m_i	E' [MPa]
bis	25 - 50	25	28 - 58	7	2300 - 3500
bis_faglia	5 - 30	25	30	7	1000 - 1200
mc	5 - 20.5	25	20 - 50	7	2000 - 2300
mc_faglia	5	25	30	7	700
U	50 - 85	26	58 - 73	12	12500 - 17300
U_faglia	50	26	40 - 53	12	3500 - 4600
mp	10 - 20	26	48 - 53	7	4300
mp_faglia	10	26	38 - 48	7	1600
Trav	15	22	50 - 60	10	5000-6000

Unità geotecnica	γ (kN/m ³)	ϕ' [°]	c' [kPa]
Trav	22	18-47	28-40

7 REGIME DELLE PRESSIONI INTERSTIZIALI

L'opera attraversa la struttura montuosa di Acquasanta Terme dove affiora estesamente il Complesso miocenico marnoso-arenaceo della Laga e in continuità stratigrafica la successione terrigena delle Marne a Pteropodi, delle Marne con Cerroghna.

Tale Complesso non costituisce un acquifero unico e consistente, ma è caratterizzato da un sistema multifalda delimitato dall'andamento degli strati a componente marnoso argillitica (acquiclide) e caratterizzato dal grado di fratturazione dell'ammasso roccioso. Alla luce delle conoscenze attuali non si hanno dati in merito alla presenza di una falda a livello dell'opera da realizzare. Si ha notizia di sorgenti che si rinvencono nell'alveo dei fossi fortemente incisi in particolare nella località di Novele e di Morrice, probabilmente legate alla presenza di una lineazione tettonica.

L'indagine geognostica e geofisica proposta per il progetto definitivo (elaborati T00-GE00-GEO-RE04-A e T00-GE00-GEO-PU03-A) consentirà di definire la presenza di sistemi acquiferi contenuti all'interno delle strutture montuose attraversate.

8 CARATTERISTICHE DI SISMICITÀ DELL'AREA

Il D.M. del 17-01-2018 (Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni) prevede al §3.2 che le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscano a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e siano funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale. Ai fini della succitata normativa, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g : accelerazione iniziale massima al sito (unità di misura: g);
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (adimensionale);
- T^*_c : valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La definizione della "pericolosità sismica di base" è avvenuta utilizzando il foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Di seguito si riportano i principali *step* che hanno portato alla definizione della "pericolosità sismica di base".

I parametri di ingresso utili alla determinazione delle azioni sismiche, oltre alle coordinate di riferimento del sito, sono:

- Vita nominale V_N 50 anni
- Classe d'uso IV C_U 2
- Periodo di riferimento: $V_R = V_N \cdot C_U = 100$ anni

Si è proceduto quindi con l'individuazione delle coordinate del sito in gradi sessadecimali e nel sistema di riferimento ED50. Il nuovo tracciato stradale si svilupperà interamente nel territorio della Provincia di Ascoli Piceno ed interesserà il comune di Acquasanta Terme. Per la valutazione delle azioni sismiche sono state investigate 3 differenti coordinate appartenenti a parti del tracciato di progetto come riportato in Figura 8.1.

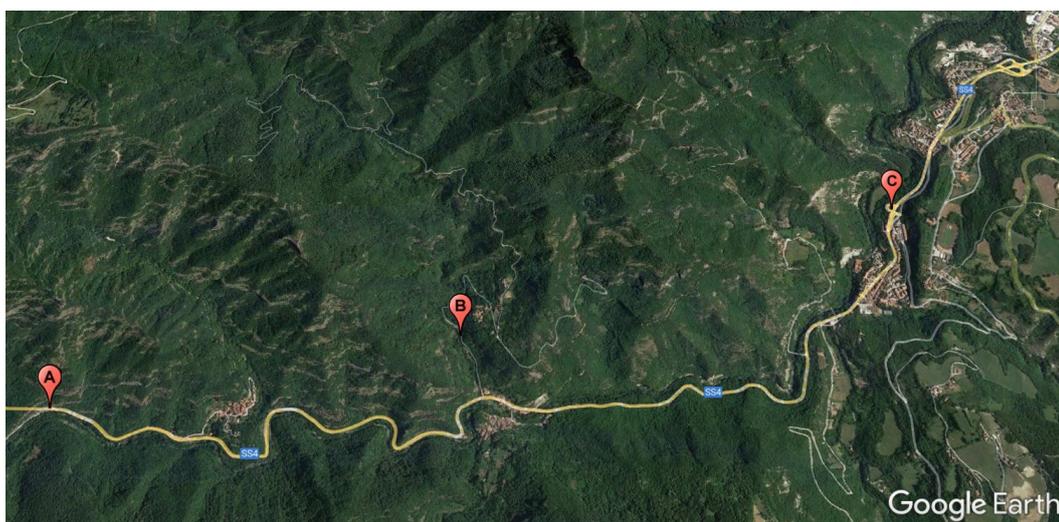


Figura 8.1: Punti investigati.

In per i 4 stati limite sismici definiti dalla normativa, SLO, SLD, SLV, SLC, vengono forniti i parametri fondamentali a_g , F_0 , T^*_c .

Relazione geotecnica di caratterizzazione

	STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
Punto A	SLO	60	0,100	2,373	0,290
	SLD	101	0,129	2,319	0,297
	SLV	949	0,305	2,393	0,354
	SLC	1950	0,386	2,433	0,368
Punto B	SLO	60	0,097	2,390	0,292
	SLD	101	0,123	2,358	0,302
	SLV	949	0,292	2,430	0,354
	SLC	1950	0,369	2,463	0,368
Punto C	SLO	60	0,093	2,410	0,294
	SLD	101	0,116	2,402	0,308
	SLV	949	0,273	2,492	0,354
	SLC	1950	0,346	2,517	0,370

Figura 8.2: parametri fondamentali per i punti A, B e C (rispettivamente dall'alto verso il basso).

Dalla figura precedente si evince che il punto con i valori di a_g maggiori è il punto A.

Per la definizione della categoria di suolo si è fatto riferimento alle indagini geosismiche tomografiche in corrispondenza di 5 settori relativamente al progetto definitivo (2005) denominato "S.S.4 "Salaria" adeguamento del tratto Trisungo-Acquasanta Terme tratto galleria Valgarizia-Acquasanta Terme lotto 2° dal km 155+400 al km 159+000". Per una dettagliata analisi si rimanda all'elaborato [6] in bibliografia.

Come già mostrato nel capitolo 5 si sono indagate diverse verticali al fine di definire la categoria di sottosuolo. In Figura 8.3 si riporta la planimetria con l'ubicazione delle indagini sismiche effettuate.

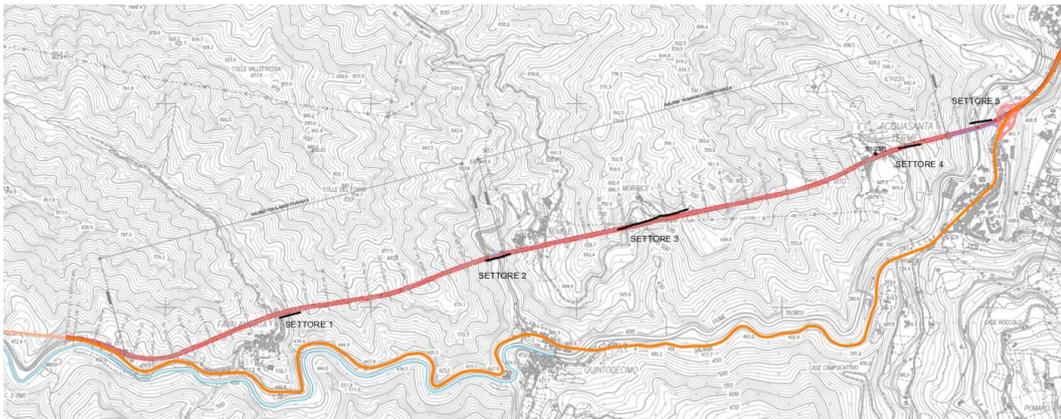


Figura 8.3: Planimetria indagini sismiche.

Di seguito si riportano le verticali indagate e i principali risultati ottenuti in termini di $V_{s,eq}$ e di categoria di sottosuolo:

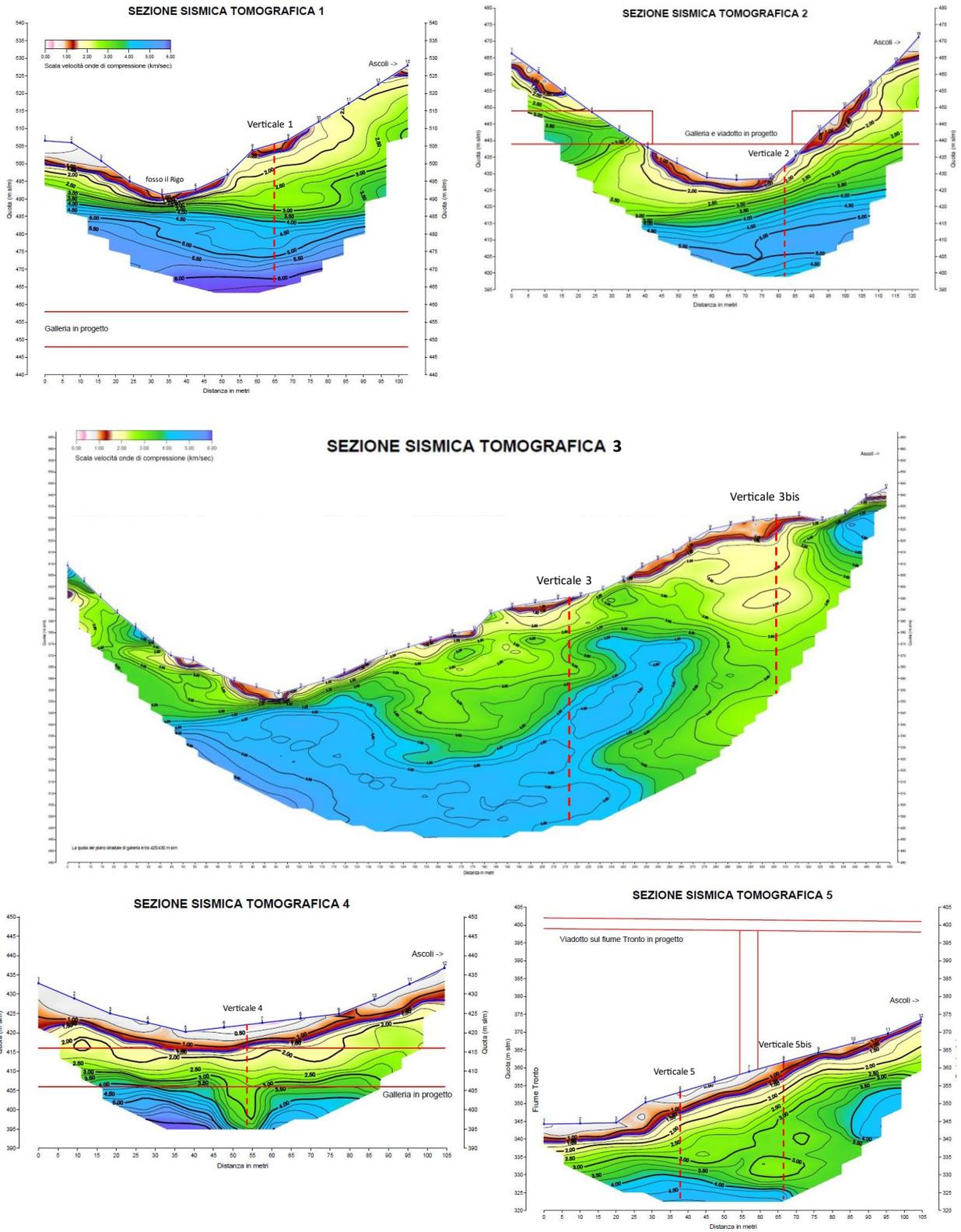


Figura 8.4: Verticali di indagine su cui è stata valutata la $V_{s,eq}$.

Il calcolo della $V_{s,eq}$ è stato eseguito secondo Normativa con la seguente relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\int_{i=1}^H \frac{hi}{V_{s,i}}}$$

con:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

La definizione delle categorie di sottosuolo è riportata nella figura seguente:

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 8.5: Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo.

Per la verticale 1 si ottengono i valori riportati in Figura 8.6:

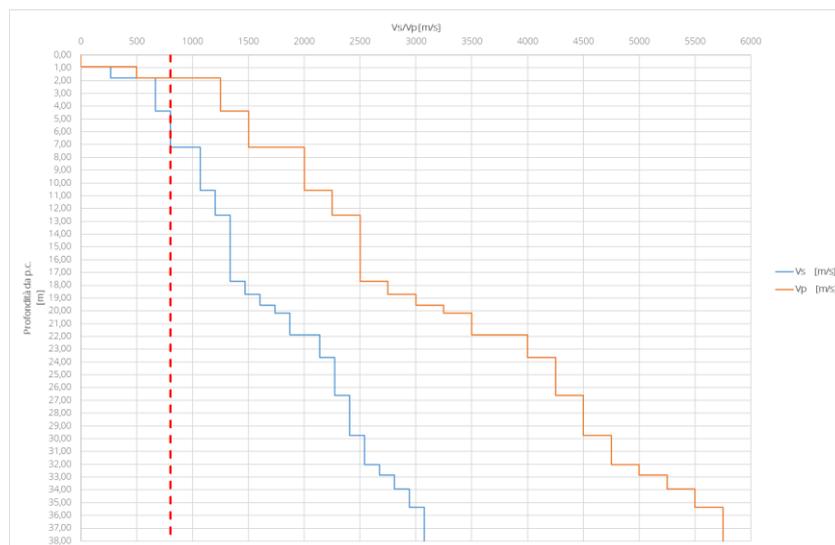


Figura 8.6: Verticale 1, valori di V_p e V_s con la profondità.

Relazione geotecnica di caratterizzazione

I valori di V_s aumentano con la profondità e il valore di 800 m/s si raggiunge per una profondità di 4.39 m.

Tabella 34: Verticale 1, categoria di sottosuolo.

strato	Profondità da p.c. (m)	V_{si} [m/s]	h_i [m]	H [m]	$V_{s,eq}$ [m/s]	Categoria di sottosuolo
1	0,00	0	0,90			
	0,90	0				
2	0,90	267	0,89			
	1,79	267				
3	1,79	668	2,60	4,39	607	B
	4,39	668				
4	4,39	802	2,83			
	7,22	802				

Per la verticale 2 si ottengono i valori riportati in Figura 8.7:

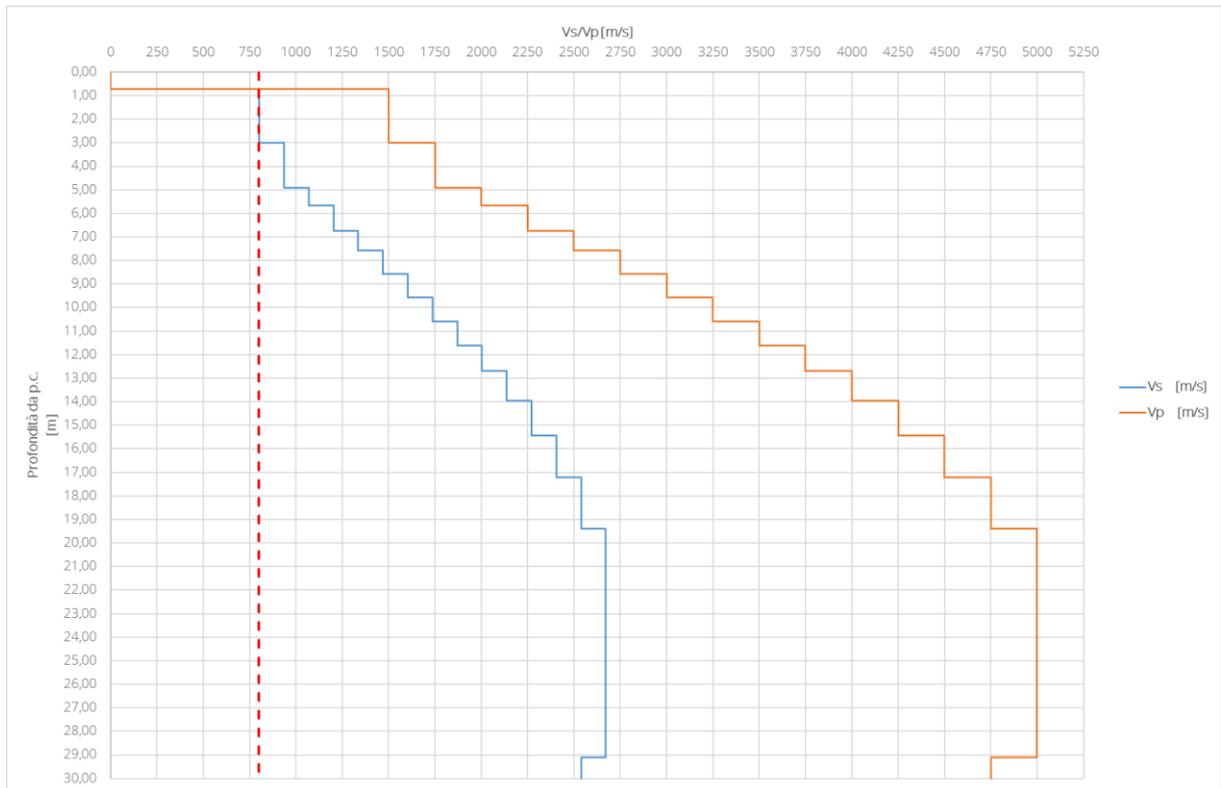


Figura 8.7: Verticale 2, valori di V_p e V_s con la profondità.

I valori di V_s aumentano con la profondità e il valore di 800 m/s si raggiunge per una profondità di 0.71 m, quindi si può assegnare una categoria di sottosuolo A.

Per la verticale 3, si ottengono i valori riportati in Figura 8.8:

Relazione geotecnica di caratterizzazione

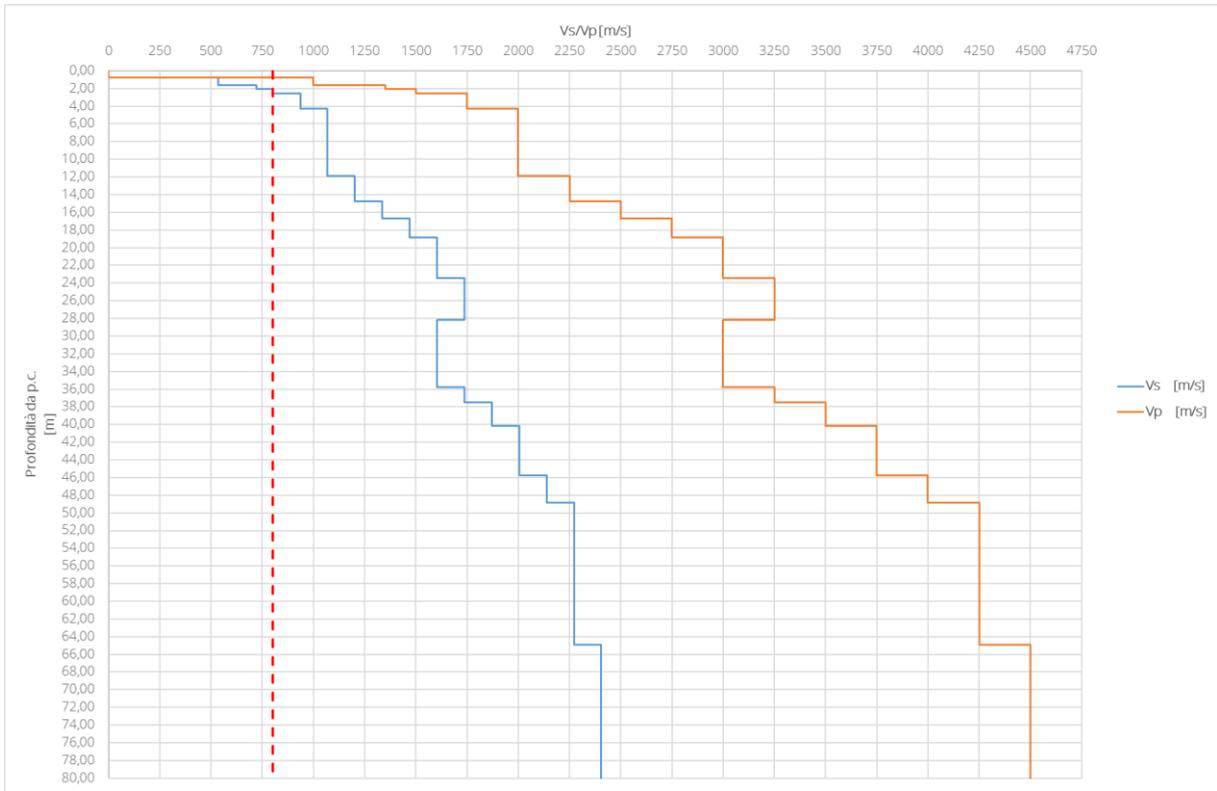


Figura 8.8: Verticale 3, valori di Vp e Vs con la profondità.

Per la verticale 3bis, si ottengono i valori riportati in Figura 8.9:

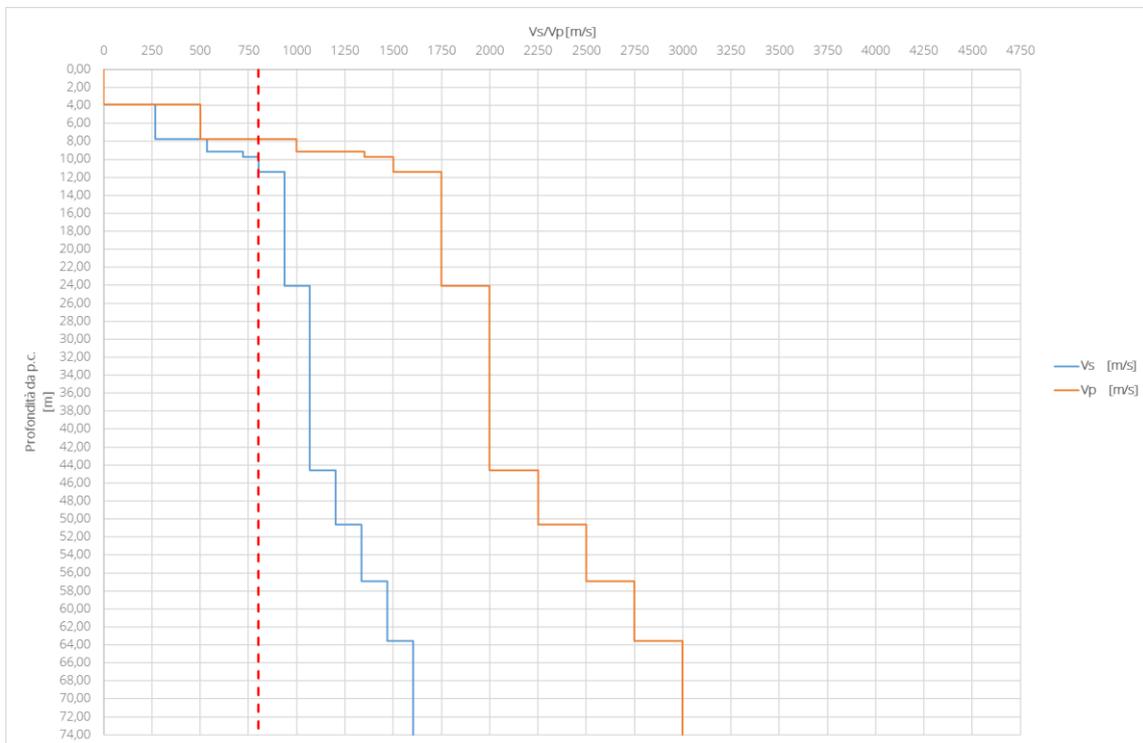


Figura 8.9: Verticale 3bis, valori di Vp e Vs con la profondità.

I valori di V_s aumentano con la profondità e il valore di 800 m/s si raggiunge per una profondità di 9.71 m.

Tabella 35: Verticale 3bis, categoria di sottosuolo.

strato	Profondità da p.c. (m)	V_{si} [m/s]	h_i [m]	H [m]	$V_{s,eq}$ [m/s]	Categoria di sottosuolo
1	0,00	0	3,88			
	3,88	0				
2	3,88	267	3,88			
	7,75	267				
3	7,75	535	1,41	9,71	487	B
	9,16	535				
4	9,16	722	0,55			
	9,71	722				
5	9,71	802	1,65			
	11,36	802				

Per la verticale 4, si ottengono i valori riportati in Figura 8.10:

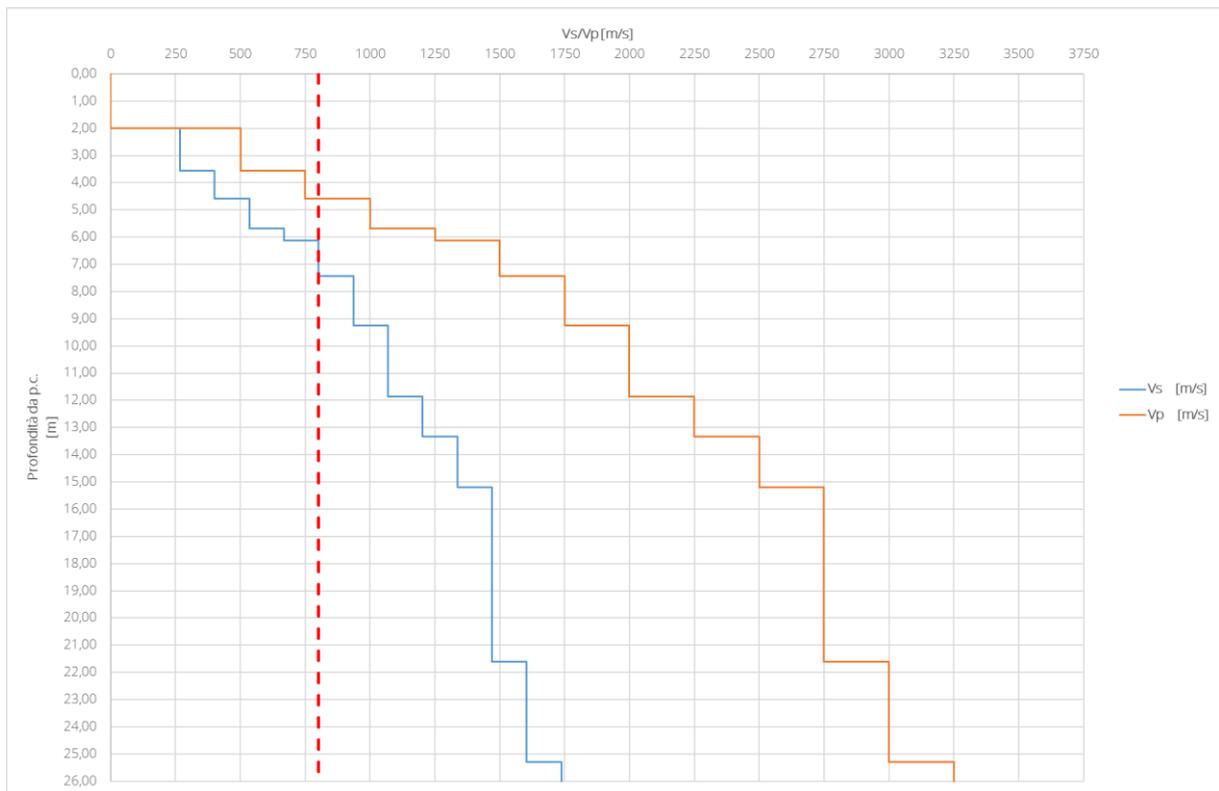


Figura 8.10: Verticale 4, valori di V_p e V_s con la profondità.

I valori di V_s aumentano con la profondità e il valore di 800 m/s si raggiunge per una profondità di 6.13 m.

Tabella 36: Verticale 4, categoria di sottosuolo.

strato	Profondità da p.c. (m)	V_{si} [m/s]	h_i [m]	H [m]	$V_{s,eq}$ [m/s]	Categoria di sottosuolo
1	0,00	0	1,99	6,13	548	B
	1,99	0				
2	1,99	267	1,58			
	3,57	267				
3	3,57	401	1,02			
	4,58	401				
4	4,58	535	1,10			
	5,68	535				
5	5,68	668	0,45			
	6,13	668				
6	6,13	802	1,30			
	7,43	802				

Per la verticale 4, si ottengono i valori riportati in Figura 8.11:

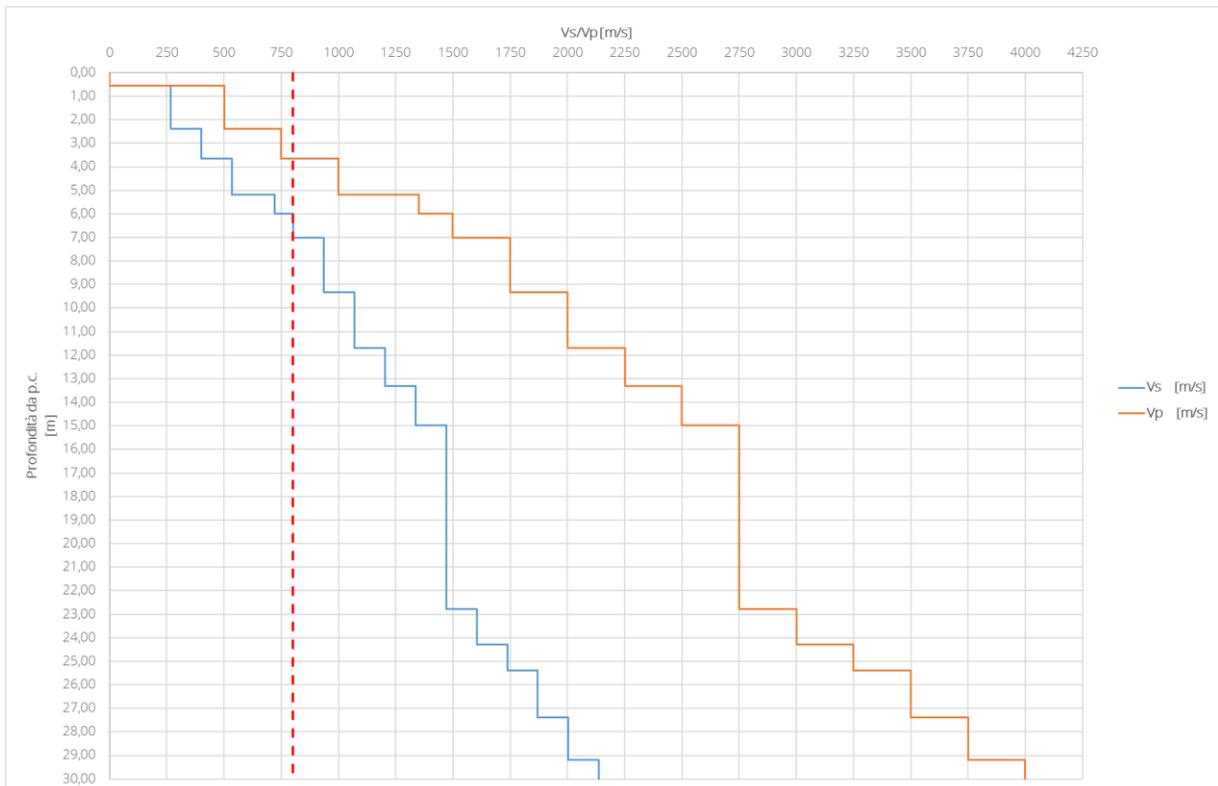


Figura 8.11: Verticale 5, valori di V_p e V_s con la profondità.

I valori di V_s aumentano con la profondità e il valore di 800 m/s si raggiunge per una profondità di 6 m.

Tabella 37: Verticale 5, categoria di sottosuolo.

strato	Profondità da p.c. (m)	V_{si} [m/s]	h_i [m]	H [m]	$V_{s,eq}$ [m/s]	Categoria di sottosuolo
1	0,00	0	0,57	6,00	430	B
	0,57	0				
2	0,57	267	1,81			
	2,38	267				
3	2,38	401	1,28			
	3,66	401				
4	3,66	535	1,53			
	5,19	535				
5	5,19	722	0,81			
	6,00	722				
6	6,00	802	1,01			
	7,01	802				

Infine, per la verticale 5bis si ottengono i valori riportati in Figura 8.12.

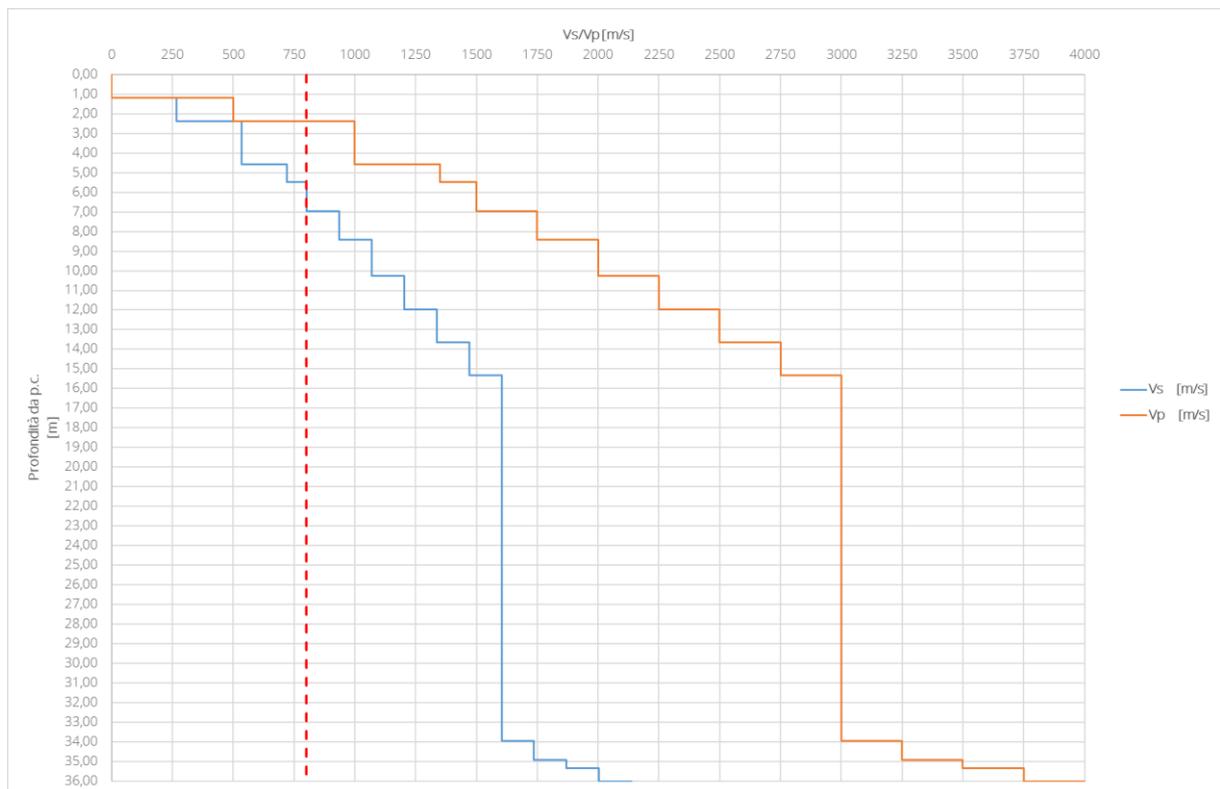


Figura 8.12: Verticale 5bis, valori di V_p e V_s con la profondità.

I valori di V_s aumentano con la profondità e il valore di 800 m/s si raggiunge per una profondità di 5.46 m.

Tabella 38: Verticale 5bis, categoria di sottosuolo.

<i>strato</i>	<i>Profondità da p.c. (m)</i>	V_{si} [m/s]	h_i [m]	H [m]	$V_{s,eq}$ [m/s]	<i>Categoria di sottosuolo</i>
1	0,00	0	1,19	5,46	557	B
	1,19	0				
2	1,19	267	1,19			
	2,38	267				
3	2,38	535	2,21			
	4,58	535				
4	4,58	722	0,88			
	5,46	722				
5	5,46	802	1,50			
	6,96	802				

Di seguito, in sintesi, si riportano le categorie di sottosuolo per le differenti verticali indagate:

Tabella 39: Riepilogo verticali indagate categoria di sottosuolo.

<i>verticale</i>	<i>Categoria</i>
1	B
2	A
3	A
3bis	B
4	B
5	B
5bis	B

In definitiva, si può ragionevolmente affermare che laddove la roccia risulti affiorante già dai primi metri la categoria di sottosuolo risulta essere la A, qualora invece i primi metri siano interessati dalla presenza di depositi continentali quaternari la categoria corrispondente è la B.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici T00-GE00-GET-PP01-A.

9 BIBLIOGRAFIA

- [1] «Progetto definitivo "s.s.4 "Salaria" adeguamento del tratto Trisungo-Acquasanta Terme tratto galleria Valgarizia-Acquasanta terme lotto 2° dal km 155+400 al km 159+000" - 7.1 Relazione geomeccanica con indicazioni geotecniche».
- [2] «Progetto definitivo "s.s.4 "Salaria" adeguamento del tratto Trisungo-Acquasanta Terme tratto galleria Valgarizia-Acquasanta terme lotto 2° dal km 155+400 al km 159+000" - 7.3 Prove di laboratorio su roccia (F. della Laga)...».
- [3] «Progetto definitivo "s.s.4 "Salaria" adeguamento del tratto Trisungo-Acquasanta Terme tratto galleria Valgarizia-Acquasanta terme lotto 2° dal km 155+400 al km 159+000" - 7.5 Prove di laboratorio roccia - campagna geognostica 2003».
- [4] «s.s. 4 Salaria - tratto Trisungo - Acquasanta: 1° lotto 2° stralcio dal km. 151 + 000 (ex km 173+300) al km 153+780 (ex km 175+240) – riappalto - T00GE00GEORE04 B (DOCUMENTAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE PROGETTO ESECUTIVO)».
- [5] «Progetto definitivo "s.s.4 "Salaria" adeguamento del tratto Trisungo-Acquasanta Terme tratto galleria Valgarizia-Acquasanta terme lotto 2° dal km 155+400 al km 159+000" - 5.1 Relazione risultati indagine geognostica».
- [6] «Progetto definitivo "s.s.4 "Salaria" adeguamento del tratto Trisungo-Acquasanta Terme tratto galleria Valgarizia-Acquasanta terme lotto 2° dal km 155+400 al km 159+000" - 9.1 Indagini geosismiche tomografiche su tratti del tracciato - relazione tecnica».