



# REGIONE LAZIO

Via Capitan Bavastro, 108 - ROMA

Assessorato Politiche dei Trasporti e Lavori Pubblici

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO (art.7 Legge 109/94 e succ. mod. int.) Dott. Ing. **BERNARDO MARIA FABRIZIO**



## ANAS S.p.A.

Direzione Centrale Programmazione Progettazione

# VARIANTE ALLA S.S. n. 7 APPIA in Comune di FORMIA PROGETTO PRELIMINARE

PROGETTAZIONE: RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO D'IMPRESA TRA :  
POLITECNICA Srl, MANDATARIA, Dott. UMBERTO MAZZINI E SATPI Srl, MANDANTE, Ing. EDMONDO TORDI



*RESPONSABILE PROGETTO  
E DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE*  
Ing. A. De Fazio



*RESPONSABILE  
STUDIO GEOLOGICO*  
Geol. M. Mantovani  
*RILEVAMENTO GEOLOGICO*  
Geol. E. Ragozzino  
Fine rilevamento: 15-dic-2003



ELABORATO

## RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE	SCALA:			
GGI	XX	RG03	/	1-0	FILE NAME: GGI_XXRG0310.doc			
					CARTELLA: GGI_003	PLOT: 1=1		
					FOGLIO: A4	PROT.: 3165A		
3								
2								
1								
0	EMISSIONE				15 MAG 2004	MANTOVANI	TRONCONI	DE FAZIO
REV.	DESCRIZIONE				DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## 1. PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dalla Mandataria dell'ATI Politecnica scri-  
Satpi srl, Politecnica – Società Italiana d'Ingegneria con sede in Via dei Mille  
n.24 nella città di Bologna, viene redatta la presente Relazione sulle Indagini  
Geognostiche e Geofisiche a sintesi delle indagini inserite nell'ambito dello  
studio geologico, geomorfologico, idrogeologico, geologico strutturale e  
geologico tecnico per la caratterizzazione di un'area sita nel comune di Formia  
(Lt), nel settore meridionale degli Aurunci occidentali, finalizzato alla  
**Progettazione Preliminare della Variante alla S.S. n.7 Appia** caratterizzata  
da un tracciato stradale il cui sviluppo planimetrico complessivo risulta essere di  
circa 11 km.

La presente relazione sintetizza le Indagini geognostiche e geofisiche eseguite  
in più fasi dal 1999 al 2001, nell'area interessata dalla realizzazione del  
tracciato in oggetto che prevede un primo tratto, lato Itri, di circa 450m che si  
svilupperà nell'area denominata Venticinque Ponti; un tratto centrale di circa  
5200m in cui è prevista la realizzazione della Galleria Naturale M.Costamezza  
M.S.Maria Monte di Mola; da un terzo tratto di circa 5400m che si svilupperà  
lato Formia ed interesserà, procedendo verso est, le aree denominate Pietime,  
Balzorile, Acqualonga, posta alle pendici del Monte Campese, per terminare in  
località Santa Croce.

Tali indagini geognostiche e geofisiche con annessi rilievi e prove in situ e di  
laboratorio, sono state programmate al fine di fornire, preliminarmente alla  
realizzazione del progetto, una valutazione complessiva circa le caratteristiche  
litostratigrafiche, idrogeologiche geomeccaniche e geofisiche relative al  
substrato che sarà chiamato ad interagire con le strutture in programma.

I risultati ottenuti dalle indagini in oggetto , sono parte integrante dello studio, commissionato alla Società GEOTER S.r.l. di Roma, sviluppato nella **RELAZIONE GEOLOGICA** in cui i risultati delle indagini eseguite sono stati utilizzati per integrare le informazioni acquisite dal rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico di superficie eseguito in più fasi dal 1998 al 1999 a cui è seguita una recente fase integrativa di rilevamento a seguito del cambiamento di una parte del tracciato e di cui si parlerà diffusamente nella predetta relazione.

## **2. MODALITA' D 'INDAGINE**

Al fine di integrare le valutazioni derivanti dagli studi di superficie effettuati, ottenere informazioni in merito all'andamento stratigrafico locale nonché verifiche relative alle caratteristiche idrogeologiche, geomeccaniche e geofisiche proprie dei litotipi presenti lungo il tracciato in esame, è stata predisposta e successivamente eseguita una serie di indagini geognostiche e geofisiche distribuite sostanzialmente in n.2 FASI ovvero :

**FASE 1) INDAGINI AREA GALLERIA M. COSTAMEZZA – M. S.MARIA- M. di MOLA (Maggio-Luglio 1999 )**

**FASE 2) INDAGINI AREA ESTERNA ALLA GALLERIA M. COSTAMEZZA - S.MARIA- MOLA**  
**(Fase 2a) Novembre-Dicembre 1999 )**  
**(Fase 2b) Dicembre -Gennaio 2001 )**

In particolare, previo accordo preliminare con la D. L. ed i Consulenti della stessa, sono state eseguite delle campagne geognostiche così articolate:

### **a) Sondaggi Geognostici**

**FASE 1) SONDAGGI AREA GALLERIA M. COSTAMEZZA -S.MARIA- MOLA (Sondaggi SG - Maggio-Luglio 1999 )**

a1) Esecuzione di n. 4 sondaggi meccanici a distruzione di nucleo con dei tratti a carotaggio continuo, per un totale di perforazione pari a ml.391.00, di cui 66.00 ml a carotaggio, per una profondità d'investigazione massima di ml 141.50 come risulta dalla tab. 1 in cui oltre alle profondità raggiunte sono indicate le quote di boccaforo dei singoli sondaggi, verificate in base alla Nuova Base Cartografica fornita dalla Committenza;

**Tab.1 – Sondaggi geognostici profondi – Area Galleria Naturale M.Mola-S.Maria- Costamezza - Maggio-Luglio 1999**

<b>SONDAGGIO</b>	<b>QUOTA P.C.</b>	<b>PROFONDITA'</b>
<b>SG1</b>	<b>228,3m s.l.m.</b>	<b>41m</b>
<b>SG2</b>	<b>145,2m s.l.m.</b>	<b>67.5m</b>
<b>SG3</b>	<b>236,5m s.l.m.</b>	<b>141.5m</b>
<b>SG4</b>	<b>173,4m s.l.m.</b>	<b>141m</b>

**FASE 2) SONDAGGI AREA ESTERNA ALLA GALLERIA M. COSTAMEZZA - S.MARIA- MOLA**

**(2a) Sondaggi S - Novembre-Dicembre 1999 )**

**(2b) Sondaggi SA - Dicembre -Gennaio 2001 )**

a2) Esecuzione di n. 22 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, per un totale di perforazione pari a ml 403.5, per una profondità d'investigazione massima di ml 21 (numerati da 1 a 15 e da 1a a 7a) come risulta dalla Tab.2 e Tab.3 in cui, analogamente al caso precedente oltre alle profondità raggiunte sono indicate le quote di boccaforo dei singoli sondaggi, verificate in base alla Nuova Base Cartografica fornita dalla Committenza;

**Tab.2 – Sondaggi geognostici – Area Esterna alla Galleria**  
**Sondaggi S - Maggio-Luglio1999**  
**Sondaggi SA – Dicembre 2000-Gennaio 2001**

<b>SONDAGGIO</b>	<b>QUOTA P.C.</b>	<b>PROFONDITA' SONDAGGIO</b>
<b>S1</b>	<b>41,0m s.l.m.</b>	<b>13,5m</b>
<b>S2</b>	<b>57,3m s.l.m.</b>	<b>20.0m</b>
<b>S3</b>	<b>80,0m s.l.m.</b>	<b>21.0m</b>
<b>S4</b>	<b>89,2m s.l.m.</b>	<b>20.0m</b>
<b>S5</b>	<b>72.4m s.l.m.</b>	<b>20.0m</b>
<b>S6</b>	<b>72.1m s.l.m.</b>	<b>18.0m</b>
<b>S7</b>	<b>80,9m s.l.m.</b>	<b>21.0m</b>
<b>S8</b>	<b>82,3m s.l.m.</b>	<b>17.0m</b>
<b>S9</b>	<b>76.9m s.l.m.</b>	<b>20.0m</b>
<b>S10</b>	<b>82.4m s.l.m.</b>	<b>20.0m</b>
<b>S11</b>	<b>77.4m s.l.m.</b>	<b>21.0m</b>
<b>S12</b>	<b>95,0m s.l.m.</b>	<b>20.0m</b>
<b>S13</b>	<b>95,0m s.l.m.</b>	<b>20.0m</b>
<b>S14</b>	<b>90,0m s.l.m.</b>	<b>15.0m</b>
<b>S15</b>	<b>38,1m s.l.m.</b>	<b>5.0m</b>
<b>S1A</b>	<b>30,6m s.l.m.</b>	<b>15.0m</b>
<b>S2A</b>	<b>34,7m s.l.m.</b>	<b>17.5m</b>
<b>S3A</b>	<b>37,8m s.l.m.</b>	<b>21.0m</b>
<b>S4A</b>	<b>42,2m s.l.m.</b>	<b>20.0m</b>
<b>S5A</b>	<b>37,0m s.l.m.</b>	<b>20.0m</b>
<b>S6A</b>	<b>41,7m s.l.m.</b>	<b>19.0m</b>
<b>S7A</b>	<b>34,6m s.l.m.</b>	<b>18.0m</b>

I sondaggi sono stati ottenuti utilizzando le seguenti sonde meccaniche a completo funzionamento idraulico:

- 1) ATLAS COPCO MUSTANG A50, montata su autocarro Magirus-Iveco 4x4 per i sondaggi SG della FASE 1
- 2) sonda meccanica cingolata CMV MK420 per i sondaggi S ed SA della FASE 2

I sondaggi sono stati effettuati utilizzando il sistema di perforazione standard di tipo aste e carotiere semplice e doppio avente diametro terminale  $\varnothing = 101\text{mm}$ , per i tratti a carotaggio continuo ed aste e martello fondo foro per i tratti a distruzione di nucleo.

La tecnica a carotaggio continuo utilizzata ha consentito una buona percentuale di recupero dei materiali ( $R > 80\%$ ).

Gli elaborati stratigrafici dei sondaggi eseguiti nelle varie fasi sono stati inseriti nell'elaborato "**Stratigrafie Sondaggi**" riportato **nell'Allegato n.1**.

#### **b) Prelievo Campioni Indisturbati e Spezzoni di Carota**

b1) Nel corso della FASE 1) sono stati prelevati di n° 23 campioni fra campioni indisturbati e spezzoni di carota litoidi, buona parte dei quali è stata trasferita in laboratorio geotecnico Servizi Geotecnici di Roma al fine di consentire una valutazione delle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche di terreni e rocce in base al programma di prove stabilito dai Consulenti della Committente.

I risultati sintetici delle prove di laboratorio sono riportate nella tabella tab.3 mentre i risultati delle singole prove eseguite sono inserite

**COMMITTENTE: ATI POLITECNICA scrI - SATPI srl**  
**CANTIERE: VARIANTE ALLA S.S.7 APPIA NEL COMUNE DI FORMIA**

Tab. 3: QUADRO RIASSUNTIVO DEI RISULTATI DELLE PROVE DI LABORATORIO (FASE 1)

QUADRO RIASSUNTIVO DEI RISULTATI			SOND. CAMP/ PROV. da m a m N° laborat	SG2	SG2	SG2	SG3	SG3	SG3	SG3	SG3	SG3	SG4	SG4	SG4	SG4	SG4	SG4		
				1	2	3	C4 / 1	C5 / 1	C6 / 1	C6 / 2	C8 / 1	C9 / 1	C4 / 1	C5 / 1	C6 / 1	C7 / 1	C8 / 1	C12 / 1		
				14,50	42,00	67,00	108,00	109,00	110,00	110,00	112,00	113,00	81,00	82,00	83,00	84,00	85,00	90,25		
				15,00	42,50	37,51														
FORMAZIONE				Ap	Ap	Ag	Cd	Cd	Cd	Cd	Cd	Cd	Cg	Cg	Cg	Cg	Cg	Cg		
CARATTERISTICHE FISICHE	CONTENUTO NATURALE D'ACQUA		Wn	(%)	15,30	18,30	16,50													
	PESO DI VOLUME NAURALE		$\gamma_n$	(g/cm3)	2,21	2,05	2,17													
	PESO DI VOLUME SECCO		$\gamma_d$	(g/cm3)				2,71	2,72	2,66	2,62	2,60	2,60	2,37	2,58	2,39	2,47	2,41	2,25	
	PESO DI VOLUME SATURO		$\gamma_{sat}$	(g/cm3)				2,72	2,74	2,68	2,65	2,63	2,64	2,40	2,59	2,42	2,51	2,46	2,53	
	PESO SPCIFICO DEI GRANULI		$\gamma_s$	(g/cm3)	2,78	2,65	2,75													
CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE E DI CONSISTENZA	FRAZIONE GHIAIOSA		G	(%)	0,00	3,30	3,20													
	FRAZIONE SABBIOSA		S	(%)	5,00	7,70	14,80													
	FRAZIONE LIMOSA		L	(%)	52,00	55,00	46,00													
	FRAZIONE ARGILLOSA		A	(%)	43,00	34,00	36,00													
	LIMITE DI LIQUIDITA'		LL	(%)	45,00	48,40	40,00													
	LIMITE DI PLASTICITA'		LP	(%)	13,60	15,80	13,50													
	INDICE DI PLASTICITA'		IP	(%)	31,40	32,60	26,50													
	CLASSIFICA U.S.C.S. (S.I.)			(-)	CL	CL	CL													
CARATTERISTICHE MECCANICHE	RES. AL VAN TEST		$\tau$	(kPa)																
	PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO CD		c'	(kPa)	25,0	10,0	30,0													
			$\phi'$	(°)	29,0	30,0	22,0													
	PROVA DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO		c <sub>r</sub> '	(kPa)	24,0	37,0	38,0													
			$\phi_r'$	(°)	17,0	18,0	20,0													
	PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CU	IN TERMINI DI SFORZO TOTALE	c	(kPa)	39,6	69,0														
			$\phi$	(°)	19,6	18,3														
		IN TERMINI DI SFORZO EFFICACE	c'	(kPa)	13,9	15,8														
			$\phi'$	(°)	27,0	30,0														
		MODULO ELASTICO ALLA PRESIONE DI CELLA DI 300 KN/m2	Eu	(MPa)	9,40															
			E	(MPa)	8,20															
		MODULO ELASTICO ALLA PRESIONE DI CELLA DI 400 KN/m2	Eu	(MPa)		16,70														
	E		(MPa)		14,50															
	COEFF. DI POISSON	v		0,28	0,30															
		vu		0,50	0,50															
	MODULO DI COMPRESSIBILITA' EDOMETRICA	12,5 / 25 (kPa)	E	(kPa)		1200	10900													
		25 / 50 (kPa)	E	(kPa)		1300	26300													
		50 / 100 (kPa)	E	(kPa)		1600	17200													
		100 / 200 (kPa)	E	(kPa)		2900	28200													
		200 / 400 (kPa)	E	(kPa)		5700	37700													
		400 / 800 (kPa)	E	(kPa)		11600	50000													
		800 / 1600 (kPa)	E	(kPa)		24300	63200													
		1600 / 3200 (kPa)	E	(kPa)		44500	87900													
INICE DI COMPRESSIONE					0,21	0,10														
INDICE DI RIGONFIAMENTO					0,08	0,03														
PRESSIONE DI SOVRACONSOLIDAZIONE			(kPa)			850,00														
RIGONFIAMENTOLIBERO			(%)			5,00														
PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO			(kPa)	400,00		300,00														
CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE	VELOCITA' ONDE P			( km / sec )			5,3	4,94	6	4,92	3,9	4,21	5,24	6,19	5,71	5,67	5,66	3,35		
	PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE	PRESS. RADIALE	$\sigma_r$	( MPa )				2,1		2,9			1		1,1		3	2		
		RESISTENZA ASSIALE	$\sigma_a$	( MPa )				117,6		121,5			73,5		80,9		81,2	49,1		
			$\sigma_a - \sigma_r$	( MPa )				115,5		118,5			72,5		79,8		78,2	17,1		
		MODULO DI YOUNG SEC.	E <sub>sec</sub>	( GPa )				61,3		72,3			21,4		54,8		58,9	36,7		
		MODULO DI YOUNG TANG.	E <sub>tan</sub>	( GPa )				74,8		73,9			26,6		55,8		53,3	34,3		
	COEFF. DI POISSON	v <sub>sec</sub>					0,21		0,26			0,4		0,33		0,34				
	PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE	CARICO MAX APP.		( MN )					0,467		0,354	0,22		0,238		0,275		0,111		
MODULO ELAST. AL 50%			( MPa )					3,00E+04		6,00E+04	2,40E+04		2,00E+04		1,70E+04		1,00E+04			

Legenda delle formazioni geologiche : Tr - Terre rosse; Ec - Eluviale/Colluviale; Ap - Argille plioceniche; Cg - Conglomerati; Ag - Argille con gessi; Av - Argille varicolori; Cd - Calcari dolomitici.

nell'elaborato **“Prove di Laboratorio – FASE 1”** riportato nell'**Allegato n.2**.

b2) Nel corso della FASE 2) sono stati prelevati n°30 campioni fra campioni indisturbati e spezzoni di carota litoidi, buona parte dei quali, ovvero i campioni ritenuti più rappresentativi degli strati indagati, è stata sottoposta a prove geotecniche di laboratorio standard per la definizione delle caratteristiche fisiche, granulometriche di plasticità nonché di resistenza meccanica e deformabilità

I risultati sintetici delle prove di laboratorio sono riportati nel “Quadro Sinottico dei Risultati” riportato nella tab.4 mentre i risultati delle singole prove eseguite sono inserite nell'elaborato **“Prove di Laboratorio-FASE 2”** riportato nell'**Allegato n.3**.

**c) Esecuzione Prove S.P.T.**

Nel corso della FASE 2 sono stati eseguite n. 67 prove penetrometriche dinamiche Standard Penetration Test (S.P.T.), effettuate durante la perforazione a fondo foro, utilizzando attrezzatura le cui caratteristiche (dimensioni del campionatore, peso delle aste e del maglio, altezza di caduta dello stesso risultano essere conformi a quanto indicato nella normativa di riferimento ASTM 1586/68: “Penetration Test and Split Barrel Sampling of Soil”.

Campionatore apribile longitudinalmente:

$\varnothing$  (est.) = 50.8mm.;

$\varnothing$  (int.)= 35 mm

COMMITTENTE: ATI POLITECNICA scrI - SATPI srl  
 CANTIERE: VARIANTE ALLA S.S.7 APPIA NEL COMUNE DI FORMIA

Tab. 4: QUADRO RIASSUNTIVO DEI RISULTATI DELLE PROVE DI LABORATORIO (FASE 2)

QUADRO RIASSUNTIVO DEI RISULTATI			SOND. CAMP da ma a m N° laborat	3	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8	9	10	10	11	11	12	14	S1A	S2A	S4A			
				1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1
FORMAZIONE				Av	Av	Av	Av	Av	Ec / Av	Av	Av	Av	Ec / Av	Av	Av	Av	Av	Ec	Av	Tr	Cd	Ec	Ec	Ec			
CARATTERISTICHE FISICHE	CONTENUTO NATURALE D'ACQUA			Wn (%)	16,60	16,30	15,30	11,70	16,70	16,50	24,50	13,40	10,90	40,10	12,10	14,20	15,90	21,00	43,80	26,60	26,60		38,70	41,10	21,80		
	INDICE DEI VUOTI			e (-)	0,53	0,42	0,50	0,45	0,53	0,54	0,71	0,52	0,34	1,24	0,31	0,48	0,53	0,67	1,23	0,73	0,83		1,19	1,23	0,71		
	POROSITA'			n (%)	34,48	29,48	33,19	30,93	34,68	34,86	41,56	34,03	25,23	55,30	23,68	32,34	34,72	40,20	55,19	42,18	45,41		54,30	55,20	41,52		
	GRADO DI SATURAZIONE			Sr (%)																			88,86	92,01	85,87		
	PESO DI VOLUME NAURALE			γ <sub>n</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	20,80	22,21	20,89	20,92	20,79	20,89	19,81	20,55	22,21	16,80	23,34	21,01	21,22	20,11	17,26	19,91	18,69		16,97	17,09	19,51		
	PESO DI VOLUME SECCO			γ <sub>d</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	18,64	18,67	19,05	20,49	18,60	18,79	16,22	19,97	20,64	12,79	20,41	19,51	19,27	17,44	12,20	15,66	15,61		13,03	12,67	17,02		
	PESO DI VOLUME SATURO			γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	21,74	21,72	21,97	22,89	21,72	21,90	20,19	22,85	22,89	17,92	22,88	22,28	22,34	21,09	17,54	19,82	19,76		18,06	17,88	20,73		
	PESO SPCIFICO DEI GRANULI			γ <sub>s</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	27,23	27,08	27,12	27,12	27,26	27,51	27,24	24,47	26,78	26,83	27,28	27,19	28,05	27,80	26,79	27,20	27,05		26,78	27,03	27,39		
PERMEABILITA'			K (cm/sec)																								
CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE E DI CONSISTENZA	FRAZIONE GHIAIOSA			G (%)	0,00	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00	7,59	0,00	0,02	2,94	27,47	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00		2,62	4,15	1,66		
	FRAZIONE SABBIOSA			S (%)	27,60	6,67	8,18	16,55	7,61	17,70	12,71	6,00	7,38	5,66	28,53	6,62	6,90	17,99	10,00	5,00	8,20		9,48	6,95	6,94		
	FRAZIONE LIMOSA			L (%)	56,40	39,12	40,32	38,95	41,39	31,30	24,70	38,00	37,60	44,40	17,00	47,38	38,60	35,76	25,00	49,00	43,80		43,90	23,90	38,40		
	FRAZIONE ARGILLOSA			A (%)	16,00	53,50	51,50	44,50	51,00	51,00	55,00	56,00	55,00	47,00	27,00	46,00	54,50	45,00	65,00	46,00	48,00		44,00	65,00	53,00		
	LIMITE DI LIQUIDITA'			LL (%)	41,80	42,40	38,20	30,70	44,50	51,10	63,90	43,10	48,40	51,00	24,00	43,70	43,60	48,50	59,70	53,10	46,50		52,70	57,70	53,60		
	LIMITE DI PLASTICITA'			LP (%)	18,00	20,60	18,10	17,20	23,70	25,80	21,70	22,00	20,20	31,10	15,90	23,40	22,00	18,70	35,70	24,90	25,60		33,40	38,00	28,10		
	INDICE DI PLASTICITA'			IP (%)	23,80	21,90	20,10	13,50	20,80	25,30	42,20	21,10	28,20	19,90	8,10	20,30	21,60	29,80	24,00	28,20	20,90		19,30	19,70	25,60		
	INDICE DI CONSISTENZA			IC (%)	1,10	1,20	1,10	1,40	1,30	1,40	0,90	1,40	1,30	0,50	1,50	1,50	1,30	0,90	0,70	0,90	1,00		0,70	0,80	1,20		
	CLASSIFICA U.S.C.S. (S.I.)			(-)	CL	CL	CL	CL	CL	CH	CH	CL	CL	MH-HO	CL-ML	CL	CL	MH-HO	CH	CL		MH-OH	MH-OH	CH			
	CLASSIFICA CNR-UNI 10006			(-)	A7-6	A7-6	A6	A6	A7-6	A7-6	A7-6	A7-6	A7-6	A7-5	A4	A7-6	A7-6	A7-6	A7-5	A7-6	A7-6		A7-6	A7-5	A7-6		
CARATTERISTICHE MECCANICHE	RES. AL VAN TEST			τ (kPa)																		100,00	125,00	144,00			
	RES. AL POCKET PENETROMETER			σ (kPa)																			225,00	250,00	400,00		
	RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA			σ (kPa)																	270,00						
	PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO CD			ε (%)																	1,22						
				c' (kPa)	17,0		68,0									70,0	49,0				40,0		37,0				
				φ' (°)	27,0		18,0									18,0	22,0				20,0		20,2				
	PROVA DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO			c <sub>r</sub> ' (kPa)																							
				φ <sub>r</sub> ' (°)																							
	PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE UU			c <sub>u</sub> (kPa)		256,0		233,0	143,0		130,0	150,0				275,0			162,0	128,0				113,0			
				φ <sub>u</sub> (°)		0,0		0,0	0,0		0,0	0,0				0,0			0,0	0,0				0,0			
	PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CU			c (kPa)						61,0					48,0												
				φ (°)						20,8				13,8													
				c' (kPa)						67,0				42,0													
				φ' (°)						20,8				16,7													
	PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CD			c' (kPa)																							
				φ' (°)																							
	MODULO DI COMPRESSIBILITA' EDOMETRICA			12,5 / 25 (kPa):	E (kPa)											2402											
				25 / 50 (kPa):	E (kPa)													2868									
				50 / 100 (kPa):	E (kPa)					6065				7544				5619	4469								
100 / 200 (kPa):				E (kPa)		11462		11467		6249		8588				7884	6120									6474	
200 / 400 (kPa):				E (kPa)		15481		17833		7723		8635				13367	9342									10315	
400 / 800 (kPa):				E (kPa)		22968		26510		11408		9556				23887	18024									13011	
800 / 1600 (kPa):				E (kPa)		37877		38831		16316		17535				40375	30396									16332	
Cv			1600 / 3200 (kPa):	E (kPa)																				17242			
			25 / 50 (kPa):	(kPa)												8,4*10 <sup>-3</sup>											
			50 / 100 (kPa):	(kPa)		1,58*10 <sup>-3</sup>		N.D.					4,5*10 <sup>-3</sup>			1,70*10 <sup>-2</sup>	1,63*10 <sup>-2</sup>										
			100 / 200 (kPa):	cm <sup>2</sup> /sec (kPa)		1,35*10 <sup>-3</sup>		N.D.		2,5*10 <sup>-3</sup>		7,79*10 <sup>-3</sup>				1,80*10 <sup>-2</sup>	1,18*10 <sup>-2</sup>										
			200 / 400 (kPa):	(kPa)		1,04*10 <sup>-3</sup>		N.D.		1,75*10 <sup>-3</sup>		3,38*10 <sup>-3</sup>					2,57*10 <sup>-2</sup>										
			400 / 800 (kPa):	(kPa)					7,49*10 <sup>-3</sup>																		
CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE	PROVA DI CARICO PUNTUALE ASSIALE			DIAMETRO	D (cm)																		9,53				
				ROTTURA	P (kg)																				1180		
				INDICE DI RESISTENZA:	Is (kg / cm <sup>2</sup> )																					12,99	
					(Mpa)																					1,27	
				INDICE DI RESISTENZA A 50mm	Is (50) (kg / cm <sup>2</sup> )																					15,81	
		(Mpa)																					1,55				
	PESO DI VOLUME			γ (t / m <sup>3</sup> )																			2,76				
	PROVA DI CARICO PUNTUALE DIAMETRALE			DIAMETRO	D (cm)																			8,40			
				ROTTURA	P (kg)																				1510		
				INDICE DI RESISTENZA:	Is (kg / cm <sup>2</sup> )																					21,40	
				(Mpa)																					2,10		
INDICE DI RESISTENZA A 50mm				Is (50) (kg / cm <sup>2</sup> )																					24,48		
	(Mpa)																					2,40					
			PESO DI VOLUME	γ (t / m <sup>3</sup> )																							

Legenda delle formazioni geologiche : Tr - Terre rosse; Ec - Eluviale/Colluviale; Ap - Argille plioceniche; Cg - Conglomerati; Ag - Argille con gessi; Av - Argille varicolori; Cd - Calcarei dolomitici.

L utile = 630 mm, munito di valvola a sfera alla sommità.  
Massa battente di peso 63.5 Kg che cade da 76 cm altezza.  
Aste collegate al campionatore aventi peso per metro lineare  
7.2 Kg (+/- 0.5 Kg/ml).

I risultati delle prove SPT sono riportati direttamente nelle stratigrafie inserite nell'elaborato **“Stratigrafie Sondaggi”**

**d) Fornitura e Posa in opera di strumentazioni piezometriche.**

d1) Nel corso della FASE 1) sono stati forniti e posti in opera di n°3 strumentazioni piezometriche a tubo aperto condizionate con idonei materiali, per una profondità massima pari a ml. 141.00, installate nei sondaggi SG2, SG3 ed SG4 per un totale di ml. 346.0 come risulta dalla tabella 5a, con la finalità di verificare l'eventuale presenza del livello statico della falda acquifera di base.

**Tab.5a : Strumentazioni piezometriche installate nella FASE 1**

<b>PIEZOMETRO T.A.</b>	<b>QUOTA P.C.</b>	<b>PROFONDITA' STRUMENTAZIONE</b>
<b>SG2</b>	<b>146,8m s.l.m.</b>	<b>64m</b>
<b>SG3</b>	<b>236,5m s.l.m.</b>	<b>141m</b>
<b>SG4</b>	<b>173,4m s.l.m.</b>	<b>141m</b>

Nel corso dei sondaggi geognostici, effettuati nel periodo giugno-agosto 1999 non è stata rilevata la presenza della falda acquifera nell'ambito delle profondità raggiunte con le perforazioni sintetizzate nelle Tab.1 e Tab.5.

Le letture piezometriche effettuate nel periodo giugno-settembre 1999 hanno confermato l'assenza della falda acquifera come evidenziato nelle stratigrafie riportate nell'allegato "Stratigrafie Sondaggi" in cui è riportato il risultato della lettura del mese di Settembre 1999.

d2) Nel corso della FASE 2 sono stati forniti e posti in opera di n°19 strumentazioni piezometriche a tubo aperto condizionate con idonei materiali, per una profondità massima pari a ml. 21.00 come risulta dalla tabella 5b, per un totale di ml.364.5, con la finalità di verificare l'eventuale presenza di livelli piezometrici.

**Tab.5b: Strumentazioni piezometriche installate nella FASE 2**

<b>Piezometri Sondaggi Lato Formia</b>	<b>Quota P.C.</b>	<b>PROFONDITA' STRUMENTAZIONE</b>	<b>Livello acqua da p.c. (m)</b>
S2	57,3 m s.l.m.	20.0m	-2.4
S3	80,0m s.l.m.	21.0m	-0.4
S4	89,2m s.l.m.	20.5m	-0.7
S5	72,4m s.l.m.	20.5m	-3.1
S7	80,9m s.l.m.	21.0m	-5.7
S8	82,3m s.l.m.	17.0m	-12.9
S9	76,9m s.l.m.	20.0m	-5.8
S10	82,4m s.l.m.	20.0m	-3.5
S11	77,4m s.l.m.	21.0m	-5.4
S1A	30,6m s.l.m.	15.0m	-11.2
S2A	34,7m s.l.m.	17.5m	-4.3
S3A	37,8m s.l.m.	21.0m	-8.7
S4A	42,2m s.l.m.	20.0m	-14.5
S5A	37,0m s.l.m.	20.0m	-13.2

S6A	41,7m s.l.m.	19.0m	-14.6
S7A	34,6m s.l.m.	18.0m	-8.4
<b>Piezometri Sondaggi Lato Itri</b>	<b>Quota P.C.</b>	<b>PROFONDITA' STRUMENTAZIONE</b>	<b>Livello acqua da p.c. (m)</b>
S12	95,0 m s.l.m.	20.0m	-16.5
S13	95,0m s.l.m.	20.0m	-15.6
S14	90,0m s.l.m.	15.0m	-8.9

Le letture piezometriche effettuate sono riportate nelle stratigrafie inserite nell'allegato "Stratigrafie Sondaggi" ed evidenziano i livelli di acqua all'interno del complesso dei depositi detritico-alluvionali dotati nel complesso di scarsa permeabilità.

**e) Prove penetrometriche dinamiche continue S.C.P.T. (Prove PP)**

Nella FASE2, al fine di ottenere la maggior copertura areale, il più possibile nelle vicinanze del tracciato, fermo restando le notevoli difficoltà logistiche che frequentemente non ne hanno consentito l'esecuzione lungo l'asse, sono state eseguite n. 13 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT atte a determinare la resistenza alla penetrazione dei litotipi di copertura..

Le prove penetrometriche dinamiche S.C.P.T. sono state eseguite con penetrometro dinamico provvisto di massa battente standardizzata, corredata di dispositivo di sganciamento automatico con altezza di caduta predefinita.

Le prove sono state spinte sino ad una profondità massima di 10m dall'attuale p.c. e sono state comunque spinte sino al limite di Rifiuto Stumentale rilevato per lo più per impatto della punta penetrometrica su inclusi litoidi presenti nelle formazioni o per intercettamento di lenti ad alta resistenza alla penetrazione.

Le certificazioni computerizzate dei risultati ottenuti dalle prove penetrometriche eseguite sono riportate nell'elaborato **“Prove Penetrometriche Dinamiche”** riportato nell'**Allegato n.4**.

#### **f) Prospezioni geofisiche**

Le indagini geofisiche sono state eseguite sia nel corso della FASE 1) che nel corso della FASE2)

f1) Nel corso della FASE 1) la prospezione geofisica è consistita nell'esecuzione di profili sismici a rifrazione (12 canali) e Sondaggi Elettrici Verticali (S.E.V.) ed ha interessato la zona di Pietime, Monte di Mola, S.Maria della Noce e Monte S.Maria nel Comune Formia (LT).

Scopo dello studio è stato quello di definire l'assetto litostratigrafico, idrogeologico e strutturale dal punto di vista geoelettrico e sismico, integrando i dati provenienti dal rilevamento geologico e dai sondaggi eseguiti, dell'area in oggetto per la progettazione ed esecuzione della galleria naturale di Monte di Mola.

La prospezione elettrica e sismica è stata eseguita in più fasi da aprile a luglio dell'anno 1999 per un totale di n.18 sondaggi elettrici verticali (11.180ml) e n. 23 profili sismici (1727 ml).

I risultati di dettaglio delle indagini geofisiche , unitamente ai tabulati ed alle planimetrie ubicative dei sondaggi elettrici verticali e dei profili sismici a rifrazione sono riportate nella relazione geofisica inserita nell'elaborato **“Indagini Geofisiche – FASE 1”** riportato **nell’Allegato n.5.**

f2) Nel corso della FASE 2) la prospezione geofisica è consistita nell'esecuzione di n. 4 sondaggi elettrici verticali (S.E.V.- a) e n. 19 sondaggi elettrici a doppio dipolo ed ha interessato il versante meridionale di M.Campese nel Comune Formia(LT).

Scopo della prospezione geoelettrica è stato quello di consentire una definizione dell'assetto litostratigrafico, idrogeologico e strutturale dal punto di vista geoelettrico, integrando i dati provenienti dal rilevamento geologico e dai sondaggi eseguiti, di parte dell'area in cui è prevista la progettazione ed esecuzione della galleria artificiale “Campese 2” di Monte Campese (sez.305-313).

I risultati di dettaglio delle indagini geofisiche , unitamente ai tabulati ed alle planimetrie ubicative dei sondaggi elettrici verticali e dei profili sismici a rifrazione sono riportate nella relazione geofisica inserita nell'elaborato **“Indagini Geofisiche – FASE 2”** riportato **nell’Allegato n.6.**

Per quanto concerne tutte le informazioni inerenti alle coordinate georeferenziate (X,Y) di sondaggi e prove penetrometriche con relative quote altimetriche dei p.c. ad essi relativi in termini di quota assoluta (Z) si rimanda alla Tab.6.

**COMMITTENTE: ATI POLITECNICA scrI - SATPI srI**

**CANTIERE : VARIANTE ALLA S.S.7 APPIA NEL COMUNE DI FORMIA**

**Tab. 6 : Coordinate georeferenziate e quote altimetriche di sondaggi e prove penetrometriche**

SONDAGGIO	SEZIONE DI PROGETTO	X	Y	Z	PROFONDITA' SONDAGGIO (m)
S1	319,0	2406390,85	4569792,35	41,02	13,50
S2	311,0	2406200,07	4569863,19	57,26	20,00
S3	-	2405986,20	4569991,73	80,01	21,00
S4	295,5	2405834,70	4570028,15	89,20	20,00
S5	291,0	2405720,47	4570005,15	72,37	20,00
S6	273,0	2405284,30	4570091,42	72,11	18,00
S7	263,5	2405056,08	4570129,76	80,86	21,00
S8	251,5	2404753,08	4570152,76	82,33	17,00
S9	248,5	2404680,20	4570162,35	76,95	20,00
S10	256,5	2404877,73	4570120,17	82,44	20,00
S11	246,5	2404634,17	4570160,43	77,38	21,00
S12	-	2398846,81	4569187,36	94,99	20,00
S13	-	2399580,76	4568899,71	95,05	20,00
S14	-	2399157,86	4569045,28	90,04	15,00
S15	410,0	2408576,99	4569382,83	38,13	5,00
S1A	419,0	2408805,20	4569409,66	30,64	15,00
S2A	402,0	2408385,21	4569325,31	34,71	17,50
S3A	386,0	2407982,48	4569248,63	37,83	21,00
S4A	-	2407817,55	4569208,37	42,20	20,00
S5A	-	2407180,86	4569095,26	37,00	20,00
S6A	-	2406624,70	4569461,43	41,70	19,00
S7A	-	2407012,09	4569110,60	34,57	18,00
SG1	145,0	2402185,02	4569446,61	228,33	41,00
SG2	212,5	2403811,01	4570004,02	145,19	67,50
SG3	143,5	2402138,42	4569497,85	236,50	141,50
SG4	205,5	2403652,63	4569909,24	173,42	141,00

PROVE PENETROMETRICHE	SEZIONE DI PROGETTO	X	Y	Z	PROFONDITA' PENETROMETRICHE (m)
PP1	-	2399129,99	4569084,52	94,99	3,30
PP2	-	2398847,83	4569188,26	94,99	4,80
PP3	-	2398773,76	4569269,28	94,99	5,50
PP4	-	2398774,52	4569281,83	88,51	5,50
PP5	-	2399401,55	4568999,15	95,45	2,00
PP6	-	2399391,95	4568963,70	90,50	2,50
PP7	-	2399611,56	4568889,37	90,04	10,00
PP8	-	2399613,05	4568877,50	87,58	6,00
PP9	-	2399654,87	4568884,61	93,60	2,30
PP10	-	2399641,06	4568861,50	95,05	2,10
PP11	238,0	2404421,29	4570107,05	69,80	4,80
PP12	232,5	2404282,33	4570098,11	75,01	4,00
PP13	233,0	2404304,28	4570080,05	73,62	3,80

Per quanto riguarda infine la **PLANIMETRIA** relativa alle singole ubicazioni di tutti i sondaggi, delle prove penetrometriche e degli stendimenti geofisici eseguiti, le stesse sono state inserite nella **Carta Geologico-Strutturale** facente parte degli allegati alla **Relazione Geologica** che sintetizza i risultati di un approfondito Rilevamento Geologico, Geomorfologico ed Idrogeologico eseguito in più fasi in cui per la definizione della Cartografia allegata, sono stati utilizzati tutti i risultati delle indagini geognostiche e geofisiche riportate nel presente elaborato, i risultati dei Rilievi Geomeccanici nonché per quanto concerne gli aspetti relativi all'Idrogeologia, i risultati di un accurato censimento di pozzi, piezometri e sorgenti presenti nell'area.

In sintesi, alla presente **RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE** risultano allegati i seguenti elaborati:

ALLEGATO 1 – STRATIGRAFIE SONDAGGI

ALLEGATO 2 – PROVE DI LABORATORIO – FASE 1

ALLEGATO 3 – PROVE DI LABORATORIO – FASE 2

ALLEGATO 4 – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

ALLEGATO 5 – INDAGINI GEOFISICHE FASE1

ALLEGATO 6 – INDAGINI GEOFISICHE FASE2