

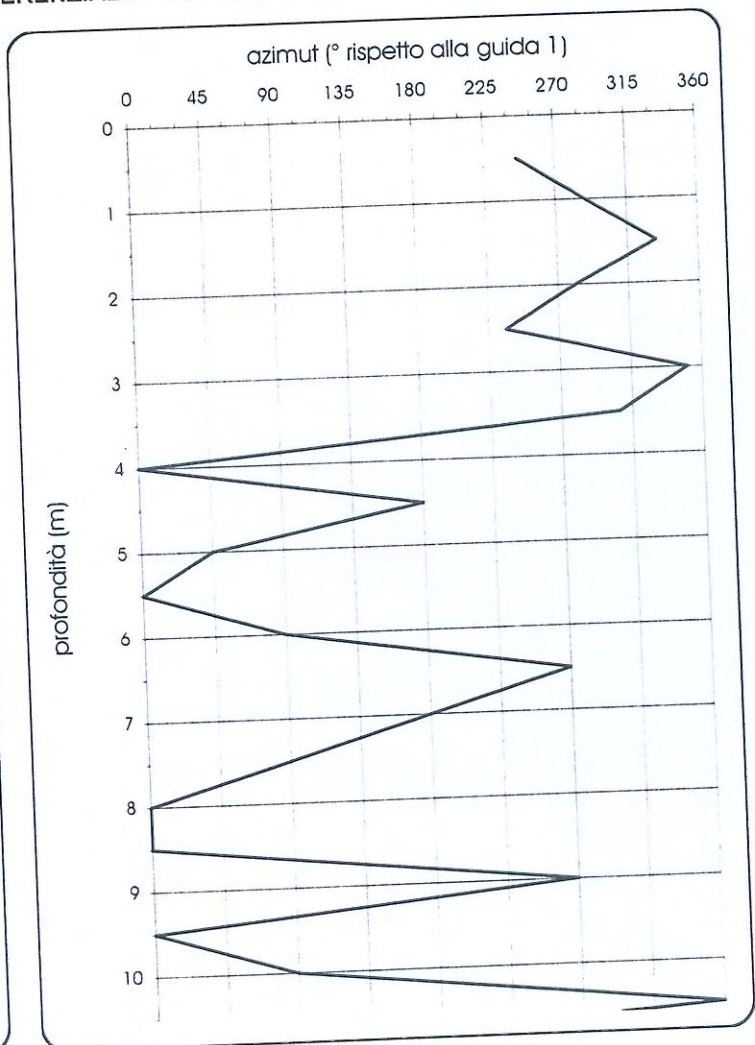
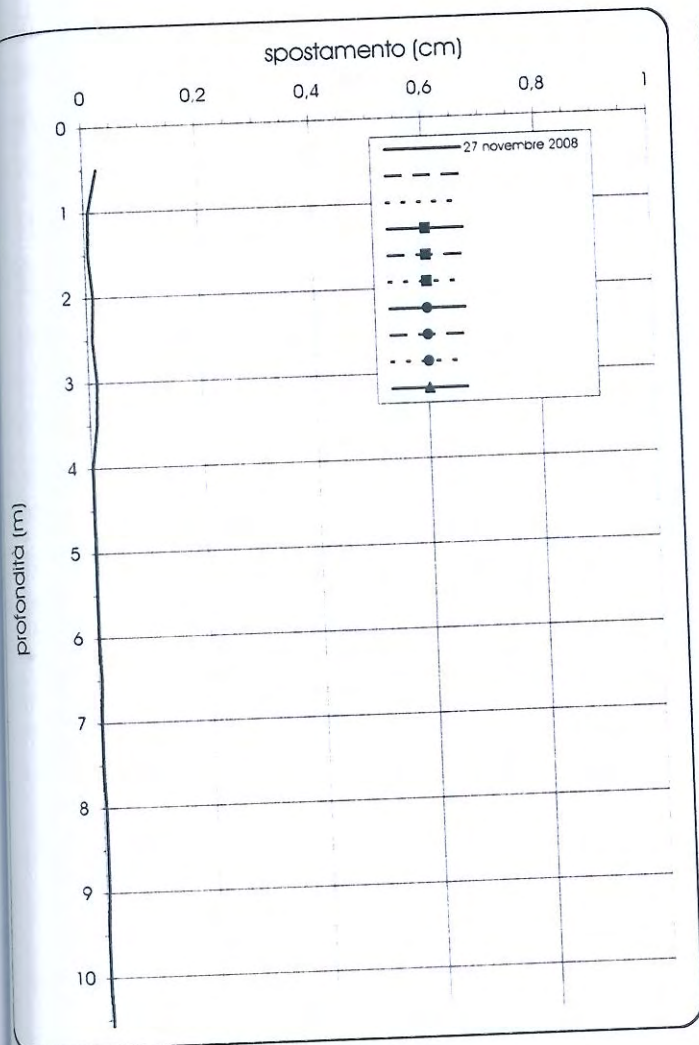
COMMITTENTE: ASL N.4

CANTIERE: Ospedale Narni-Amelia

TUBO INCLINOMETRICO N. 1

GRAFICI LETTURE DI CONTROLLO

ELABORAZIONE IN DIFFERENZIALE PER PUNTI



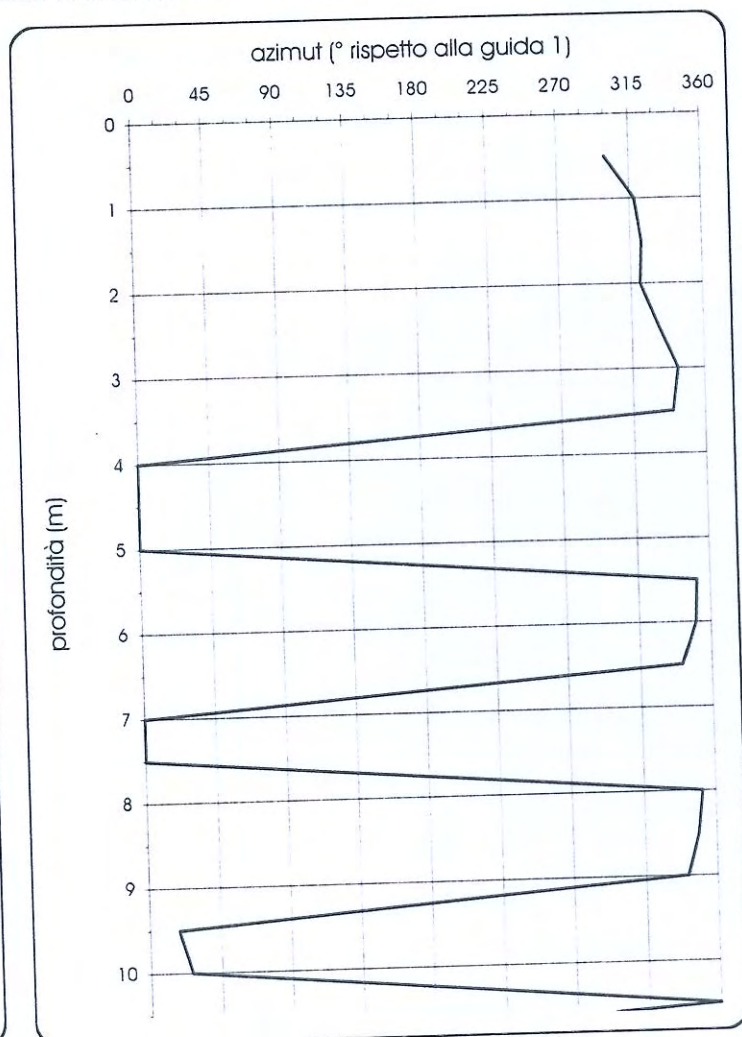
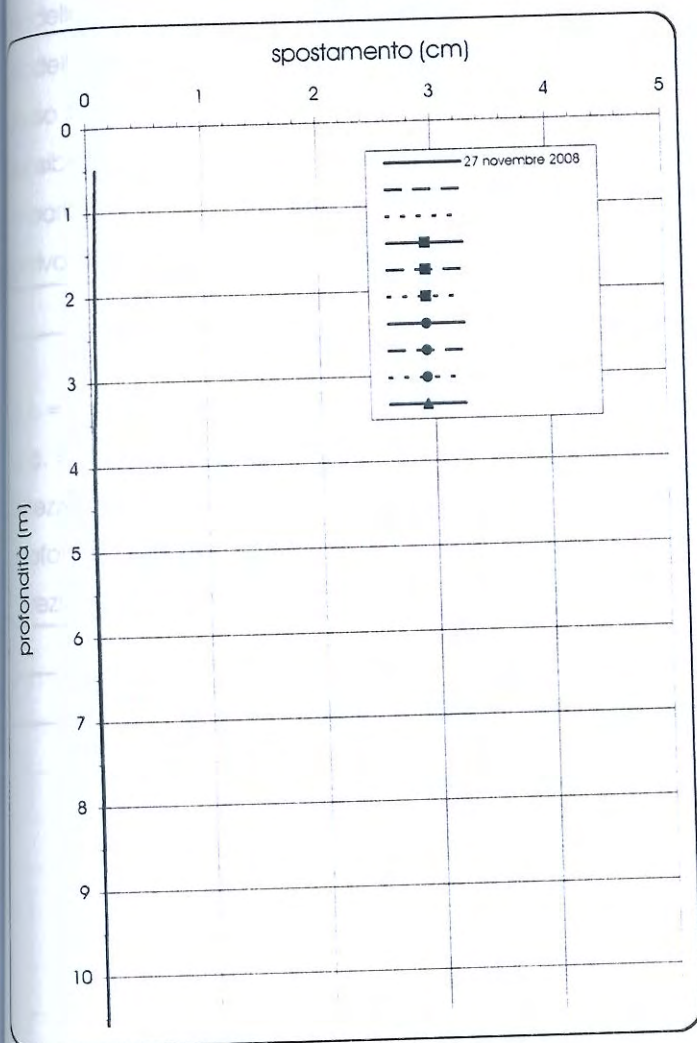
COMMITTENTE: ASL N.4

CANTIERE: Ospedale Narni-Amelia

TUBO INCLINOMETRICO N. 1

GRAFICI LETTURE DI CONTROLLO

ELABORAZIONE IN DIFFERENZIALE MEDIANTE INTEGRAZIONE



COMMITTENTE: ASL N.4

CANTIERE: Ospedale Narni Amelia

TUBO INCLINOMETRICO N. 2

CARATTERISTICHE TECNICHE

caratteristiche della strumentazione di misura

Modello centralina:	digitale automatica
Modello sonda:	biassiale con servoinclinometri
Passo sonda:	0,5 metri
Sensibilità:	20.000 senα
Linearità:	+/- 0,02% F.S.
Deriva dello zero:	+/- 0,01% F.S. per °C

legenda

p.r. = piano di riferimento delle misure

p.c. = piano campagna

Altezza del p.r. rispetto al p.c.: L1 = 0,25 m

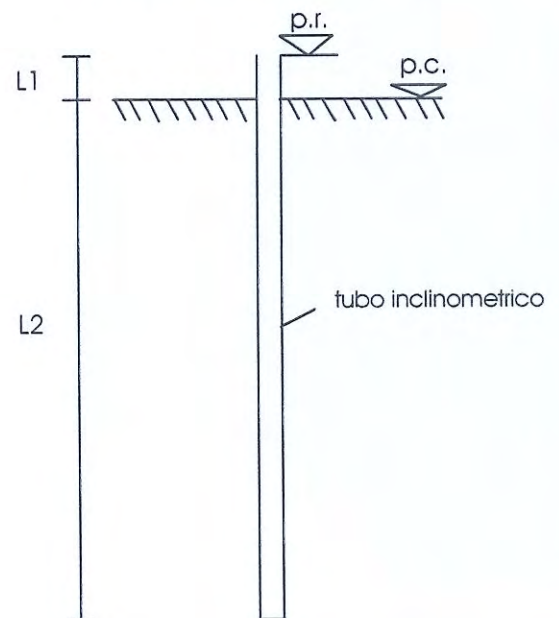
Profondità del tubo rispetto al p.c.: L2 = 7 m

Direzione di riferimento della guida 1: N 45° E

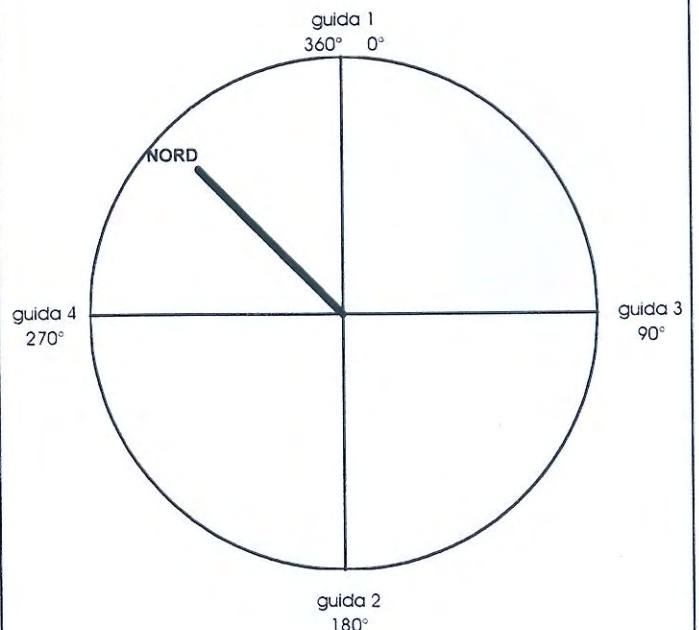
caratteristiche del tubo inclinometrico

Materiale:	alluminio
Diametro interno:	76,1 mm
Deviazione dalla verticale:	1,41 %

schema del tubo inclinometrico



direzione di riferimento delle guide



lettura	data
zero	31 ottobre 2008
1	27 novembre 2008
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	

COMMITTENTE: ASL N.4

CANTIERE: Ospedale Narni Amelia

TUBO INCLINOMETRICO N. 2

LETTURA DI ZERO del 31 ottobre 2008

ELABORAZIONE IN ASSOLUTO

prof. (m)	letture (senα)							
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
0.5	0.0171	-0.0107			0.0026	-0.0048		
1	0.0176	-0.0112			0.0029	-0.0049		
1.5	0.0184	-0.0120			0.0027	-0.0042		
2	0.0194	-0.0130			0.0013	-0.0037		
2.5	0.0192	-0.0127			0.0013	-0.0033		
3	0.0192	-0.0128			0.0016	-0.0037		
3.5	0.0189	-0.0124			0.0015	-0.0037		
4	0.0186	-0.0121			0.0017	-0.0038		
4.5	0.0178	-0.0112			0.0012	-0.0033		
5	0.0140	-0.0076			0.0029	-0.0051		
5.5	0.0143	-0.0078			0.0026	-0.0046		
6	0.0143	-0.0078			0.0028	-0.0049		
6.5	0.0144	-0.0079			0.0028	-0.0050		
7	0.0147	-0.0082			0.0029	-0.0052		
7.5								
8								
8.5								
9								
9.5								
10								
10.5								
11								
11.5								
12								
12.5								
13								
13.5								
14								
14.5								
15								
15.5								
16								
16.5								
17								
17.5								
18								
18.5								
19								
19.5								
20								
20.5								
21								
21.5								
22								
22.5								
23								
23.5								
24								
24.5								
25								
25.5								
26								
26.5								
27								
27.5								
28								
28.5								
29								
29.5								
30								
30.5								
31								
31.5								
32								
32.5								
33								
33.5								
34								
34.5								
35								
35.5								
36								
36.5								
37								
37.5								
38								
38.5								
39								
39.5								
40								

PER PUNTI								MEDIANTE INTEGRAZIONE			
scarto A	scarto B	inclin. A	inclin. B	ΔA	ΔB	spostam.	azimut	ΔA	ΔB	spostam.	azimut
(senα)	(senα)	(senα)	(senα)	(cm)	(cm)	(cm)	(°)	(cm)	(cm)	(cm)	(°)
0.0064	-0.0022	0.0139	0.0037	0.6950	0.1850	0.7192	14.91	9.6325	2.2750	9.8975	13.29
0.0064	-0.0020	0.0144	0.0039	0.7200	0.1950	0.7459	15.15	8.9375	2.0900	9.1786	13.16
0.0064	-0.0015	0.0152	0.0035	0.7600	0.1725	0.7793	12.79	8.2175	1.8950	8.4332	12.99
0.0064	-0.0024	0.0162	0.0025	0.8100	0.1250	0.8196	8.77	7.4575	1.7225	7.6538	13.01
0.0065	-0.0020	0.0160	0.0023	0.7975	0.1150	0.8057	8.21	6.6475	1.5975	6.8368	13.51
0.0064	-0.0021	0.0160	0.0027	0.8000	0.1325	0.8109	9.40	5.8500	1.4825	6.0349	14.22
0.0065	-0.0022	0.0157	0.0026	0.7825	0.1300	0.7932	9.43	5.0500	1.3500	5.2273	14.97
0.0065	-0.0021	0.0154	0.0028	0.7675	0.1375	0.7797	10.16	4.2675	1.2200	4.4385	15.95
0.0066	-0.0021	0.0145	0.0023	0.7250	0.1125	0.7337	8.82	3.5000	1.0825	3.6636	17.19
0.0064	-0.0022	0.0108	0.0040	0.5400	0.2000	0.5758	20.32	2.7750	0.9700	2.9396	19.27
0.0065	-0.0020	0.0111	0.0036	0.5525	0.1800	0.5811	18.05	2.2350	0.7700	2.3639	19.01
0.0065	-0.0021	0.0111	0.0039	0.5525	0.1925	0.5851	19.21	1.6825	0.5900	1.7829	19.32
0.0065	-0.0022	0.0112	0.0039	0.5575	0.1950	0.5906	19.28	1.1300	0.3975	1.1979	19.38
0.0065	-0.0023	0.0115	0.0041	0.5725	0.2025	0.6073	19.48	0.5725	0.2025	0.6073	19.48

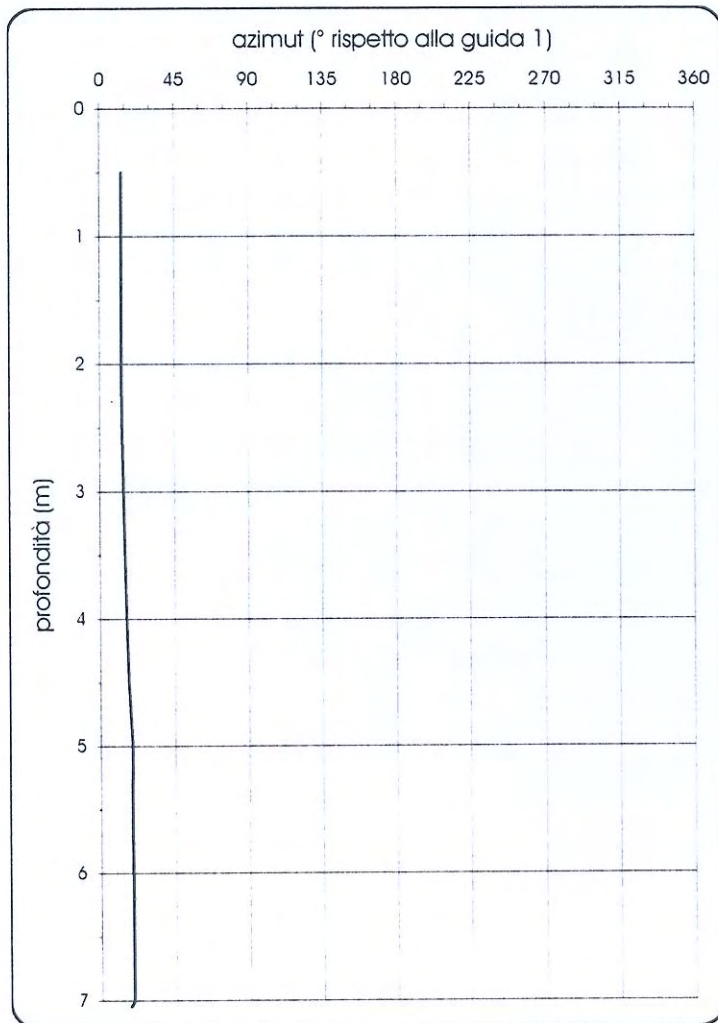
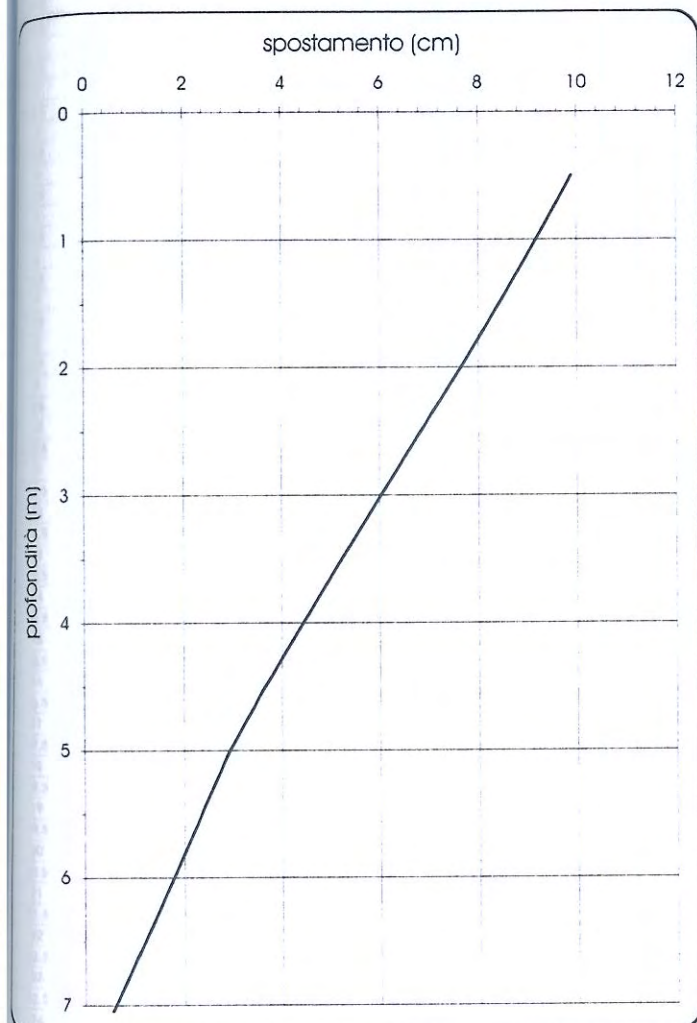
COMMITTENTE: ASL N.4

CANTIERE: Ospedale Narni Amelia

TUBO INCLINOMETRICO N. 2

GRAFICI LETTURA DI ZERO

ELABORAZIONE IN ASSOLUTO MEDIANTE INTEGRAZIONE



COMMITTENTE: ASL N.4

CANTIERE: Ospedale Narni Amelia

TUBO INCLINOMETRICO N. 2

LETTURA N. 1 del 27 novembre 2008

ELABORAZIONE IN DIFFERENZIALE

prof. (m)	letture (senα)							
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
0.5	0.0174	-0.0110			0.0027	-0.0050		
1	0.0181	-0.0117			0.0030	-0.0053		
1.5	0.0185	-0.0122			0.0025	-0.0043		
2	0.0195	-0.0132			0.0010	-0.0039		
2.5	0.0188	-0.0125			0.0013	-0.0038		
3	0.0189	-0.0126			0.0016	-0.0040		
3.5	0.0186	-0.0122			0.0018	-0.0041		
4	0.0186	-0.0122			0.0019	-0.0042		
4.5	0.0173	-0.0109			0.0009	-0.0031		
5	0.0139	-0.0075			0.0029	-0.0053		
5.5	0.0142	-0.0079			0.0025	-0.0049		
6	0.0142	-0.0079			0.0026	-0.0052		
6.5	0.0144	-0.0079			0.0026	-0.0052		
7	0.0146	-0.0082			0.0030	-0.0053		
7.5								
8								
8.5								
9								
9.5								
10								
10.5								
11								
11.5								
12								
12.5								
13								
13.5								
14								
14.5								
15								
15.5								
16								
16.5								
17								
17.5								
18								
18.5								
19								
19.5								
20								
20.5								
21								
21.5								
22								
22.5								
23								
23.5								
24								
24.5								
25								
25.5								
26								
26.5								
27								
27.5								
28								
28.5								
29								
29.5								
30								
30.5								
31								
31.5								
32								
32.5								
33								
33.5								
34								
34.5								
35								
35.5								
36								
36.5								
37								
37.5								
38								
38.5								
39								
39.5								
40								

PER PUNTI								MEDIANTE INTEGRAZIONE			
scarto A (senα)	scarto B (senα)	inclin. A (senα)	inclin. B (senα)	ΔA (cm)	ΔB (cm)	spostam. (cm)	azimut (°)	ΔA (cm)	ΔB (cm)	spostam. (cm)	azimut (°)
0.0064	-0.0023	0.0142	0.0039	0.0150	0.0075	0.0158	26.57	-0.0100	0.0725	0.0732	97.85
0.0064	-0.0023	0.0149	0.0042	0.0250	0.0125	0.0280	26.57	-0.0250	0.0650	0.0696	111.04
0.0063	-0.0018	0.0154	0.0034	0.0075	-0.0025	0.0079	341.57	-0.0500	0.0525	0.0725	133.60
0.0063	-0.0029	0.0164	0.0025	0.0075	-0.0025	0.0079	341.57	-0.0575	0.0550	0.0796	136.27
0.0063	-0.0025	0.0157	0.0026	-0.0150	0.0125	0.0195	140.19	-0.0650	0.0575	0.0868	138.50
0.0063	-0.0024	0.0158	0.0028	-0.0125	0.0075	0.0146	149.04	-0.0500	0.0450	0.0673	138.01
0.0063	-0.0024	0.0158	0.0028	-0.0125	0.0075	0.0146	149.04	-0.0500	0.0450	0.0673	138.01
0.0064	-0.0023	0.0154	0.0030	-0.0125	0.0175	0.0215	125.54	-0.0375	0.0375	0.0530	135.00
0.0064	-0.0023	0.0154	0.0030	-0.0125	0.0175	0.0215	125.54	-0.0375	0.0375	0.0530	135.00
0.0064	-0.0023	0.0154	0.0030	-0.0125	0.0175	0.0215	125.54	-0.0375	0.0375	0.0530	135.00
0.0064	-0.0022	0.0141	0.0020	-0.0200	-0.0125	0.0236	212.01	-0.0275	0.0050	0.0280	169.70
0.0064	-0.0024	0.0107	0.0041	-0.0050	0.0050	0.0071	135.00	-0.0075	0.0175	0.0190	113.20
0.0064	-0.0024	0.0111	0.0037	0.0000	0.0050	0.0050	90.00	-0.0025	0.0125	0.0127	101.31
0.0063	-0.0026	0.0111	0.0039	0.0000	0.0025	0.0025	90.00	-0.0025	0.0075	0.0079	108.43
0.0065	-0.0026	0.0112	0.0039	0.0000	0.0000	0.0000	103.28	-0.0025	0.0050	0.0056	116.57
0.0064	-0.0023	0.0114	0.0042	-0.0025	0.0050	0.0056	116.57	-0.0025	0.0050	0.0056	116.57

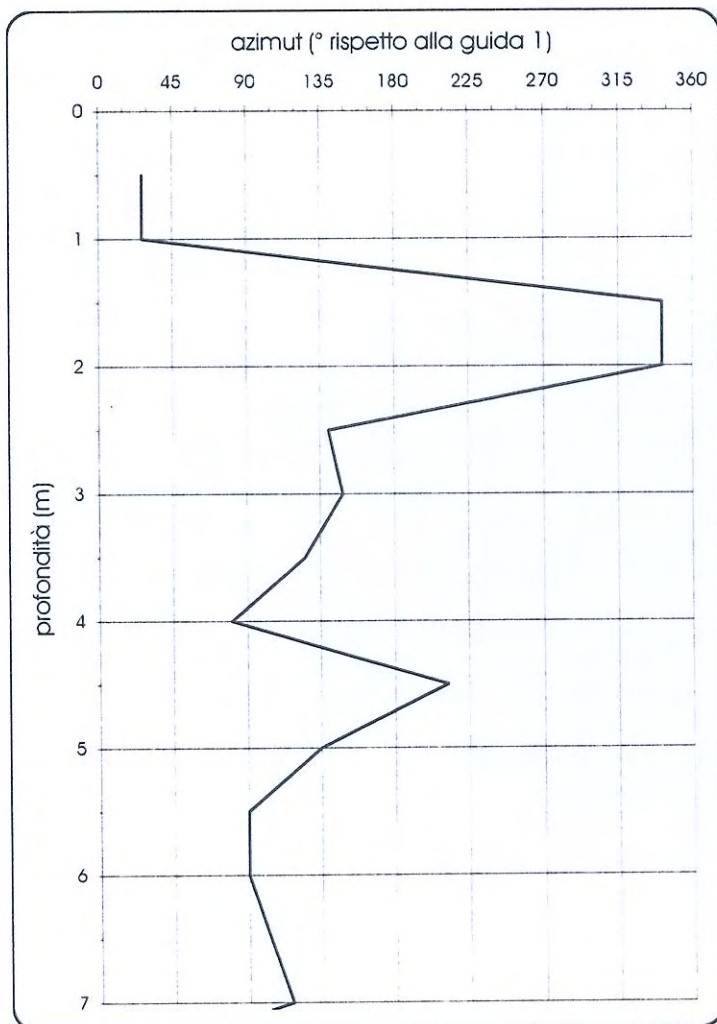
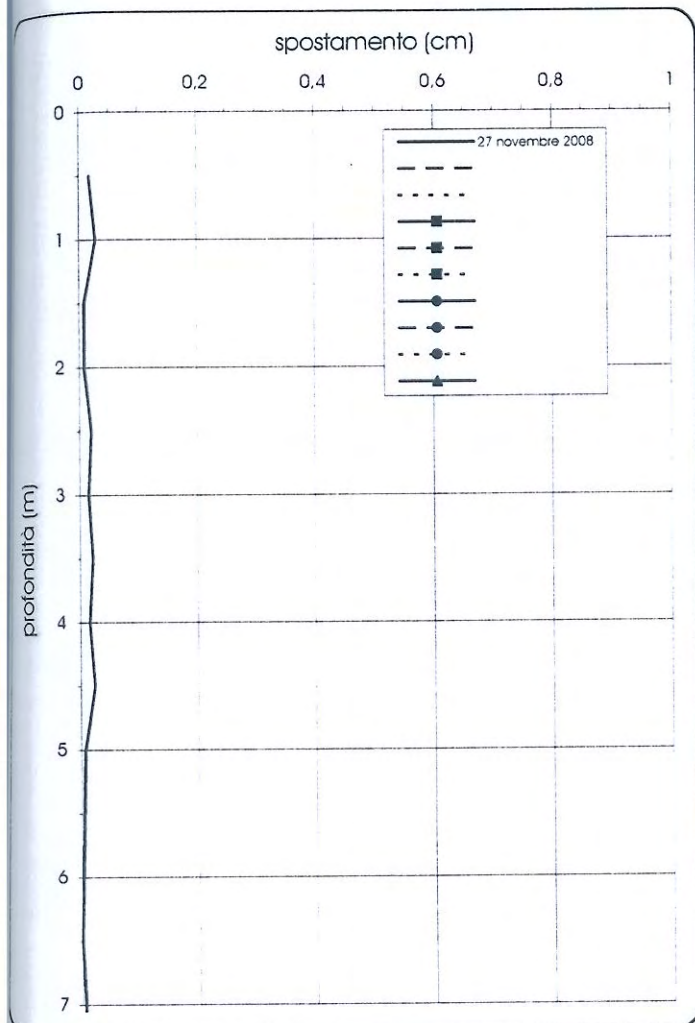
COMMITTENTE: ASL N.4

CANTIERE: Ospedale Narni Amelia

TUBO INCLINOMETRICO N. 2

GRAFICI LETTURE DI CONTROLLO

ELABORAZIONE IN DIFFERENZIALE PER PUNTI



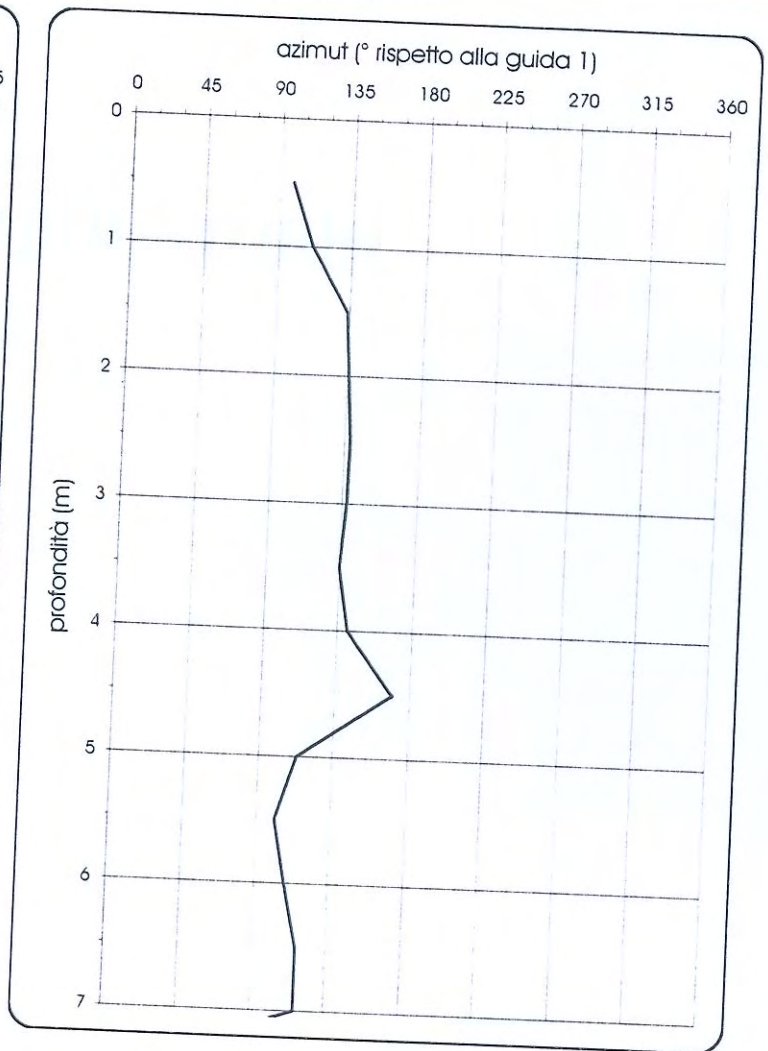
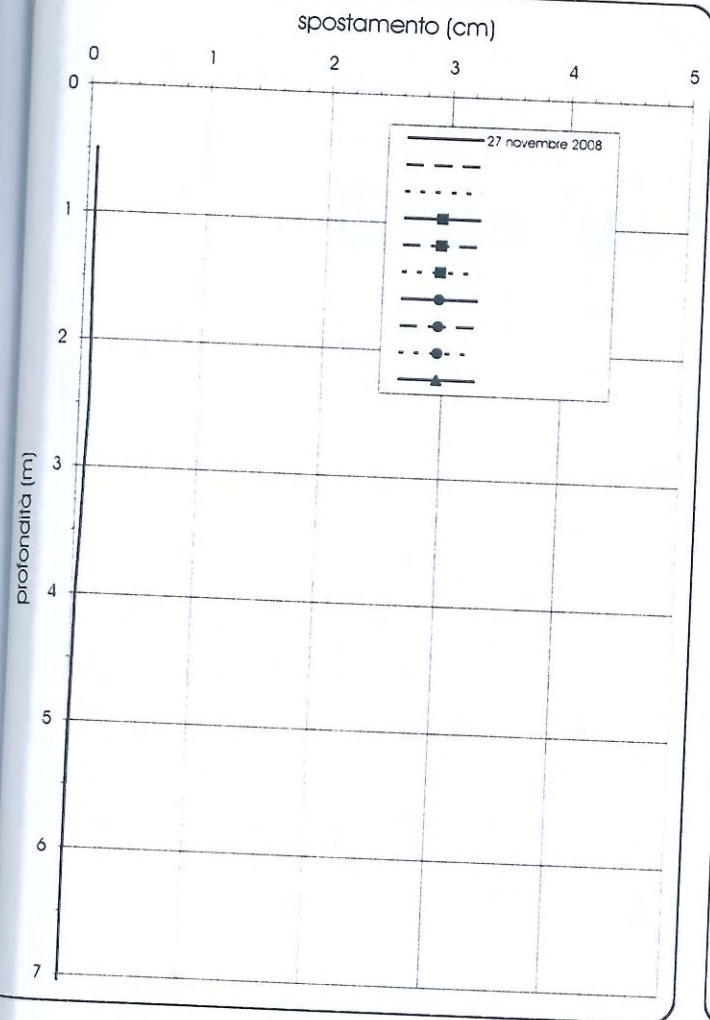
COMMITTENTE: ASL N.4

CANTIERE: Ospedale Narni Amelia

TUBO INCLINOMETRICO N. 2

GRAFICI LETTURE DI CONTROLLO

ELABORAZIONE IN DIFFERENZIALE MEDIANTE INTEGRAZIONE



PROVE DI LABORATORIO

MODULO RIASSUNTIVO DI LABORATORIO

Riferimento: GE.AR. S.a.s.
Cantiere: Ospedale di Amelia - Amelia-TR
Data: Novembre 2008

Sondaggio : S8
Campione : C3
Profondità : 4,50 - 4,80 m p.c.

Litologia: Limi argillosi e argille limose con venature grigio-celesti

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	21.1	%
Peso di volume	2.06	g/cm ³
Peso di volume secco		g/cm ³
Peso di volume saturo		g/cm ³
Peso specifico grani		g/cm ³
Indice dei vuoti		
Porosità		
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità W_L	63.2	%
Limite di plasticità W_p	28.1	%
Limite di ritiro W_s		%
Indice di plasticità I_p	35.1	
Indice di consistenza I_c	1.20	
Indice di attività A	0.63	
Indice di Gruppo IG		
Class. Carta Plasticità	CH	
Classificaz. CNR-UNI		

GRANULOMETRIA

Ciottoli	//	%
Ghiaia	//	%
Sabbia	//	%
Limo	44.0	%
Argilla	56.0	%
D_{10}		mm
D_{30}		mm
D_{60}		mm
$U = D_{60}/D_{10}$		
$C = D_{30}^2/D_{60} \times D_{10}$		
Passante setaccio 10		%
Passante setaccio 40		%
Passante setaccio 200		%

PERMEABILITA'

Coefficiente k cm/sec

PENETROMETRO POCKET

Valore medio c_u kg/cm²

SCISSOMETRO

Valore medio c_u kg/cm²

ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Valore medio c_u 1.88 kg/cm²

TAGLIO DIRETTO C.D.

c' kg/cm² ϕ'

TAGLIO RESIDUO

c'_r kg/cm² ϕ'_r

PROVA EDOMETRICA

σ kg/cm ²	E kg/cm ²	C_v cm ² /sec	k cm/sec
0.00-0.125			
0.125-0.250			
0.250-0.500			
0.500-1.00			
1.00-2.00			
2.00-4.00			
4.00-8.00			
8.00-16.0			
16.0-32.0			



MODULO RIASSUNTIVO DI LABORATORIO

Riferimento: GE.AR. S.a.s.

Cantiere: Ospedale di Amelia - Amelia-TR

Data: Novembre 2008

Sondaggio : S8

Campione : C2

Profondità : 3,70 - 4,00 m p.c.

Litologia: Argille limose avana-arancione con venature grigio-celesti, con rari inclusi

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	20.3	%
Peso di volume	2.07	g/cm ³
Peso di volume secco		g/cm ³
Peso di volume saturo		g/cm ³
Peso specifico grani		g/cm ³
Indice dei vuoti		
Porosità		
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità W_L	56.7	%
Limite di plasticità W_p	26.5	%
Limite di ritiro W_s		%
Indice di plasticità I_p	30.2	
Indice di consistenza I_c	1.21	
Indice di attività A	0.52	
Indice di Gruppo IG		
Class. Carta Plasticità	CH	
Classificaz. CNR-UNI		

PENETROMETRO POCKET

Valore medio c_u kg/cm²

SCISSOMETRO

Valore medio c_u kg/cm²

ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Valore medio c_u kg/cm²

TAGLIO DIRETTO C.D.

c' 0.24 kg/cm² ϕ' 23.0°

TAGLIO RESIDUO

c'_r kg/cm² ϕ'_r

GRANULOMETRIA

Ciottoli	//	%
Ghiaia	//	%
Sabbia	2.0	%
Limo	40.0	%
Argilla	58.0	%
D_{10}		mm
D_{30}		mm
D_{60}		mm
$U = D_{60}/D_{10}$		
$C = D_{30}^2/D_{60} \times D_{10}$		
Passante setaccio 10		%
Passante setaccio 40		%
Passante setaccio 200		%

PROVA EDOMETRICA

σ	E	C_v	k
kg/cm ²	kg/cm ²	cm ² /sec	cm/sec
0.00-0.125			
0.125-0.250			
0.250-0.500			
0.500-1.00			
1.00-2.00			
2.00-4.00			
4.00-8.00			
8.00-16.0			
16.0-32.0			

PERMEABILITA'

Coefficiente k cm/sec



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

DIAGRAMMA SFORZO DI TAGLIO-CARICO NORMALE (ASTM D 3080-72)

Riferimento: GE.AR. S.a.s.		Sondaggio : S8
Cantiere: Ospedale di Amelia - Amelia-TR		Campione : C2
Data: Novembre 2008		Profondità : 3,70 – 4,00 m p.c.
Caratteristiche del campione	Provini	Condizioni prova
Umidità w (%): 20,3	$\phi = 60 \text{ mm}$	Consolidata – Drenata
Classificazione da Carta Plasticità: CH	$S = 28,27 \text{ cm}^2$	Velocità taglio : 0.005 mm/min
Peso solidi G_s (g/cm^3):	$V = 79,17 \text{ cm}^3$	Acquisizione automatica digitale Mitutoyo
Litologia: Argilla limosa avana-arancione con venature grigio-celesti, con rari inclusi		

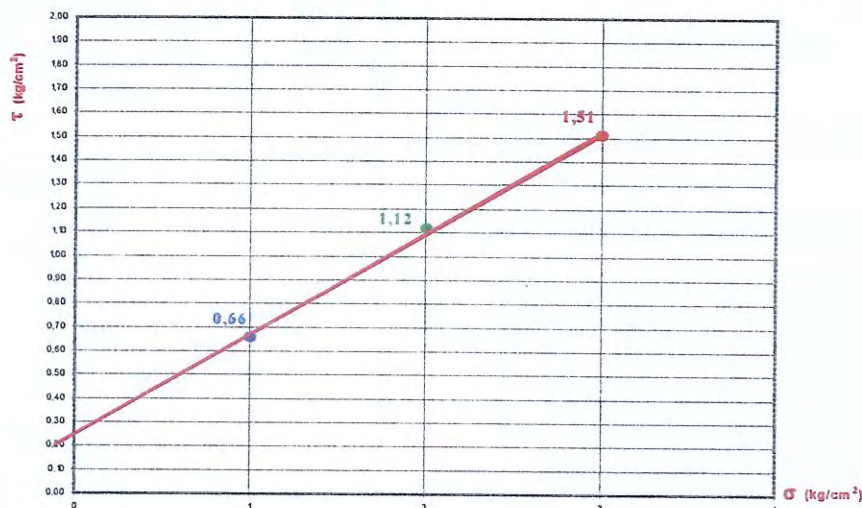


DIAGRAMMA SFORZO - DEFORMAZIONE

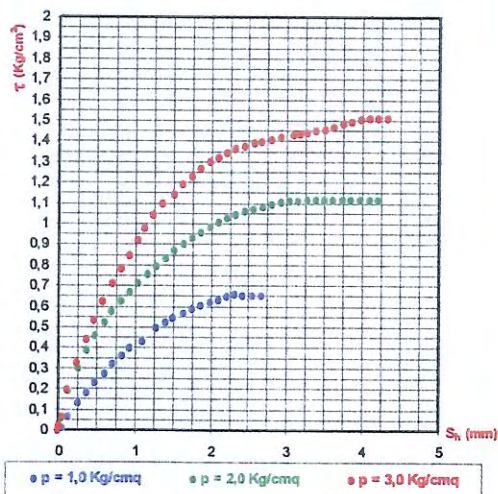
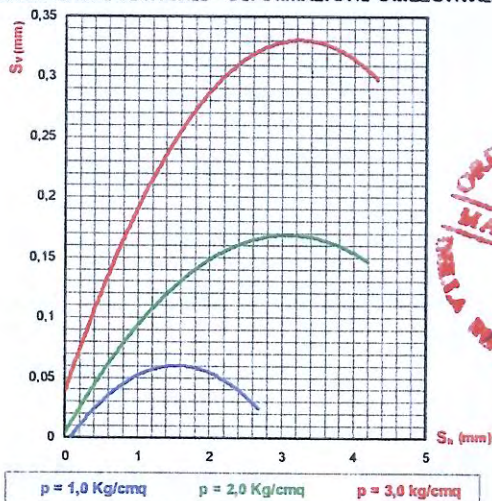


DIAGRAMMA DEFORMAZIONE VERTICALE - DEFORMAZIONE ORIZZONTALE



1	2	3
Peso volume γ (g/cm^3) 2,05	Peso volume γ (g/cm^3) 2,06	Peso volume γ (g/cm^3) 2,09
Rottura provino 0,66 (kg/cm^2)	Rottura provino 1,12 (kg/cm^2)	Rottura provino 1,51 (kg/cm^2)
Scorrim. a rottura $S_h = 2,37 \text{ mm}$	Scorrim. a rottura $S_h = 3,46 \text{ mm}$	Scorrim. a rottura $S_h = 4,02 \text{ mm}$

Parametri di resistenza al taglio

$$c' = 0,24 \text{ (kg/cm}^2\text{)}, \quad \phi' = 23,0^\circ$$

MODULO RIASSUNTIVO DI LABORATORIO

Riferimento: GE.AR. S.a.s.
Cantiere: Ospedale di Amelia - Amelia-TR
Data: Novembre 2008

Sondaggio : S8
Campione : C4
Profondità : 5,00 - 5,50 m p.c.

Litologia: Limi argillosi e argille limose debolmente sabbiose di colore grigio-avana-arancione

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	23.2	%
Peso di volume	2.09	g/cm ³
Peso di volume secco		g/cm ³
Peso di volume saturo		g/cm ³
Peso specifico grani		g/cm ³
Indice dei vuoti		
Porosità		%
Grado di saturazione		%
Limite di liquidità W_L	48.1	%
Limite di plasticità W_p	21.0	%
Limite di ritiro W_s		%
Indice di plasticità I_p	27.1	
Indice di consistenza I_c	0.92	
Indice di attività A	0.66	
Indice di Gruppo IG		
Class. Carta Plasticità	CL	
Classificaz. CNR-UNI		

PENETROMETRO POCKET

Valore medio c_u kg/cm²

SCISSOMETRO

Valore medio c_u kg/cm²

ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Valore medio c_u 1.73 kg/cm²

TAGLIO DIRETTO C.D.

c' 0.31 kg/cm² ϕ' 26.2°

TAGLIO RESIDUO

c'_r kg/cm² ϕ'_r

GRANULOMETRIA

Ciottoli	//	%
Ghiaia	//	%
Sabbia	8.0	%
Limo	51.0	%
Argilla	41.0	%
D_{10}		mm
D_{30}		mm
D_{60}		mm
$U = D_{60}/D_{10}$		
$C = D_{30}^2 / D_{60} \times D_{10}$		
Passante setaccio 10		%
Passante setaccio 40		%
Passante setaccio 200		%

PROVA EDOMETRICA

σ kg/cm ²	E kg/cm ²	C_v cm ² /sec	k cm/sec
0.00-0.125	10.87		
0.125-0.250	13.73		
0.250-0.500	18.83		
0.500-1.00	40.27		
1.00-2.00	70.70		
2.00-4.00	121.42		
4.00-8.00	231.37		
8.00-16.0	440.97		
16.0-32.0			

PERMEABILITA'

Coefficiente k cm/sec



DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG

LIMITI LIQUIDO E PLASTICO (CNR-UNI 10014)

Riferimento: GE.AR. - Ospedale di Amelia
Cantiere: Amelia - TR
Data: Novembre 2008

Sondaggio : S8
Campione : C2
Profondità : 3,70 - 4,00 m p.c.

Litologia: Argilla limosa avana-arancione con venature grigio-celesti, con rari inclusi

LIMITE LIQUIDO W_L

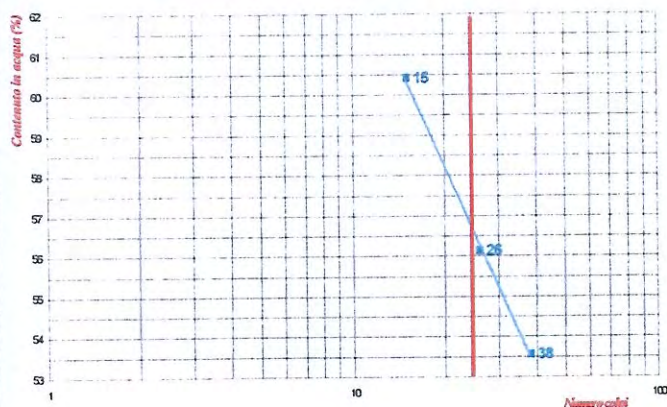
	64	68	69
2 - Tara Contenitore (g)	24,56	23,39	23,24
3 - Peso lordo umido (g)	61,02	57,26	63,67
4 - Peso netto umido (g) (3-2)	36,46	33,87	40,43
5 - Peso lordo secco (g)	48,30	45,08	48,44
6 - Peso netto secco (g) (5-2)	23,74	21,69	25,20
7 - Contenuto acqua (g) (4-6)	12,72	12,18	15,23
8 - Contenuto acqua (%) (7/6x100)	53,58	56,15	60,44
9 - Numero colpi	38	26	15
$W_L = 56,7 \%$			

LIMITE PLASTICO W_P , H_2O NATURALE W_n

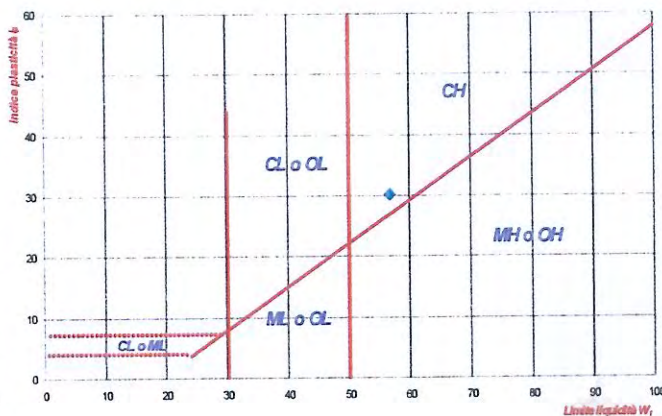
10 - Contenitore n°	103c	104c	52	56
11 - Tara Contenitore (g)	8,85	8,93	24,14	24,31
12 - Peso lordo (g)	20,22	19,77	99,38	104,62
13 - Peso netto (g) (12-11)	11,37	10,84	75,24	80,31
14 - Peso lordo secco (g)	17,86	17,48	86,69	91,03
15 - Peso netto secco (g) (14-11)	9,01	8,55	62,55	66,72
16 - Contenuto acqua (g) (13-15)	2,36	2,29	12,69	13,59
17 - Contenuto acqua (%) (16/15x100)	26,19	26,78	20,29	20,37
18 - Valore medio (%) (W_p) (W_n)	26,5		20,3	



DIAGRAMMA COLPI / CONTENUTO IN ACQUA



CARTA DI PLASTICITÀ DI CASAGRANDE (NORME ASTM)



$W_L (\%)$	$W_P (\%)$	$I_p = W_L - W_P$	$I_c = (W_L - W_P) / I_p$	$I_a = I_p / d < 0,002 \text{ mm}$
56,70	26,50	30,20	1,21	0,52

Classificazione dalla Carta di Plasticità di Casagrande: CH - Argilla inorganica di alta plasticità

DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG

LIMITI LIQUIDO E PLASTICO (CNR-UNI 10014)

Riferimento: GE.AR. - Ospedale di Amelia
Cantiere: Amelia - TR
Data: Novembre 2008

Sondaggio : S8
Campione : C3
Profondità : 4,50 - 4,80 m p.c.

Litologia: Argilla limosa avana-arancione con venature grigio-celesti

LIMITE LIQUIDO W_L

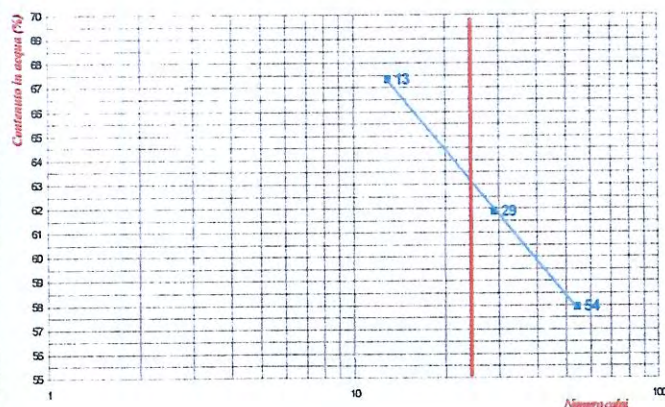
	50	57	56
2 - Tara Contenitore (g)	24,55	23,97	24,31
3 - Peso lordo umido (g)	55,49	60,30	68,69
4 - Peso netto umido (g) (3-2)	30,94	36,33	44,38
5 - Peso lordo secco (g)	44,14	46,41	50,83
6 - Peso netto secco (g) (5-2)	19,59	22,44	26,52
7 - Contenuto acqua (g) (4-6)	11,35	13,89	17,86
8 - Contenuto acqua (%) (7/6x100)	57,94	61,90	67,35
9 - Numero colpi	54	29	13
$W_L = 63,2 \%$			

LIMITE PLASTICO W_P , H_2O NATURALE W_N

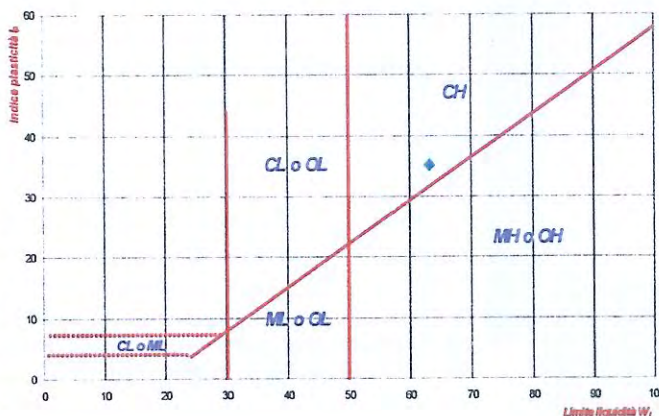
10 - Contenitore n°	114c	115c	50	57
11 - Tara Contenitore (g)	8,73	8,57	24,55	23,97
12 - Peso lordo (g)	22,71	21,41	118,83	123,53
13 - Peso netto (g) (12-11)	13,98	12,84	94,28	99,56
14 - Peso lordo secco (g)	19,67	18,57	102,56	105,98
15 - Peso netto secco (g) (14-11)	10,94	10,00	78,01	82,01
16 - Contenuto acqua (g) (13-15)	3,04	2,84	16,27	17,55
17 - Contenuto acqua (%) (16/15x100)	27,79	28,40	20,86	21,40
18 - Valore medio (%) (W_P) (W_N)	28,1		21,1	



DIAGRAMMA COLPI / CONTENUTO IN ACQUA



CARTA DI PLASTICITÀ DI CASAGRANDE (NORME ASTM)

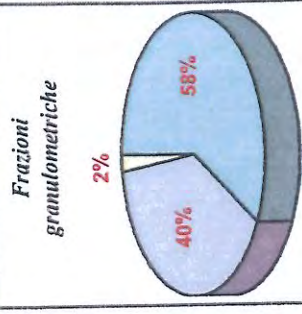
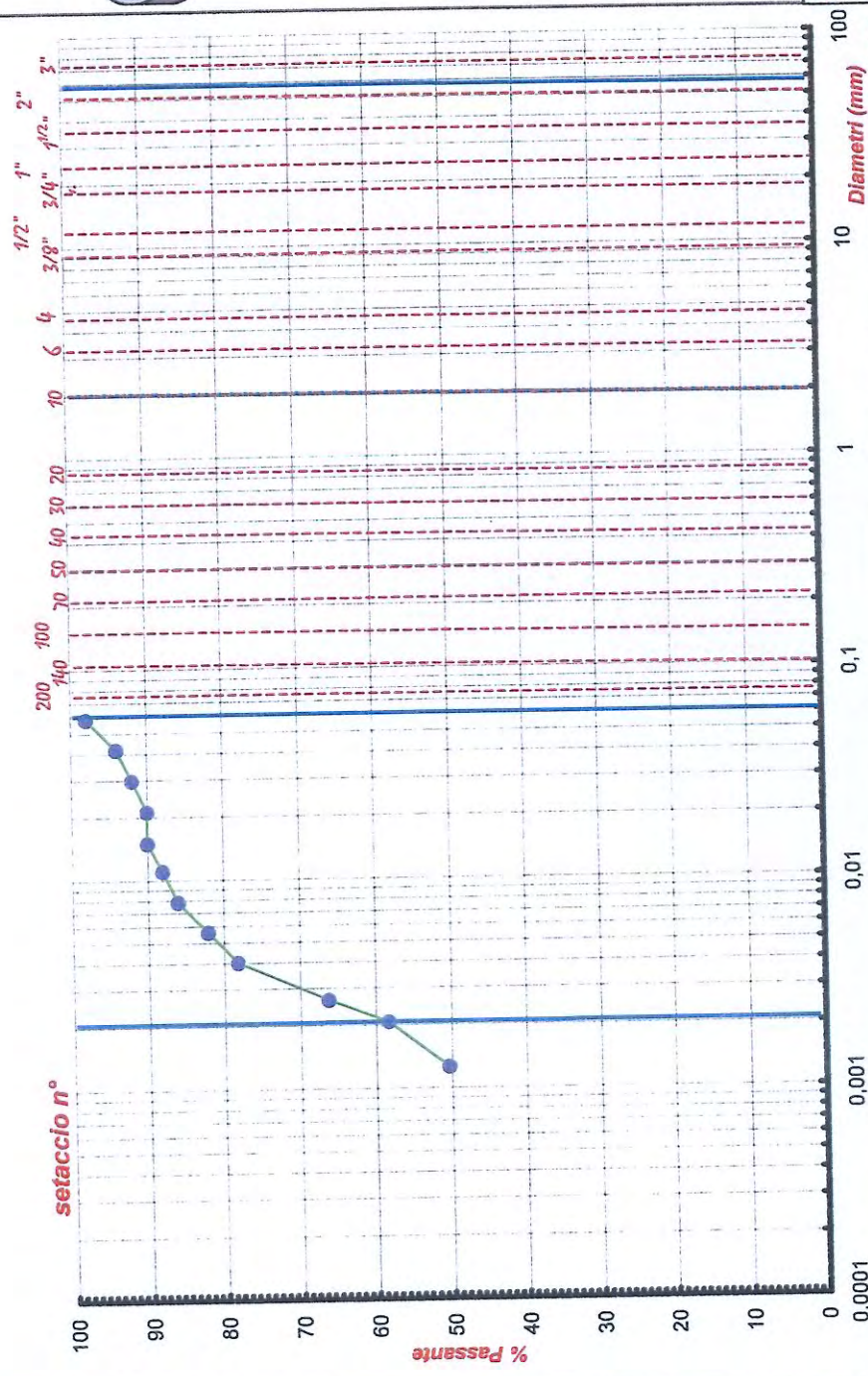


$W_L (\%)$	$W_P (\%)$	$I_P = W_L - W_P$	$I_u = (W_L - W_P) / I_P$	$I_a = I_P / \%d < 0,002 \text{ mm}$
63,20	28,10	35,10	1,20	0,63

Classificazione dalla Carta di Plasticità di Casagrande: **CH** - Argilla inorganica di alta plasticità

(ASTM D421 - D2217)

Setacci	Diametri	Pass. %	Tratt. %
3"	76,1	100,0	0,0
2"	50,8	100,0	0,0
1 1/2"	38,1	100,0	0,0
1"	25,4	100,0	0,0
3/4"	19	100,0	0,0
1/2"	12,7	100,0	0,0
3/8"	9,5	100,0	0,0
4	4,75	100,0	0,0
6	3,36	100,0	0,0
10	2	100,0	0,0
20	0,841	100,0	0,0
30	0,595	100,0	0,0
40	0,42	100,0	0,0
50	0,297	100,0	0,0
70	0,21	100,0	0,0
100	0,149	100,0	0,0
140	0,105	99,0	1,0
200	0,075	98,0	2,0
30"	0,05824	98,0	15H
1'	0,04176	94,1	
2'	0,02973	92,1	
4'	0,02116	90,1	
8'	0,01496	90,1	
15'	0,01100	88,1	
30'	0,00783	86,1	
1"	0,00561	82,1	
2"	0,00402	78,2	
4"	0,00263	66,3	
8"	0,00206	58,3	
24"	0,00126	50,4	



- Argilla
- Limo
- Sabbia
- Ghiaia

Grammi trattati setacciatura:
 Grammi trattati aerometria: 40
 (pass. 200 ASTM)
 Trattienuto al 200 ASTM =
 Desintegrato 15H

Descrizione: Argilla limosa

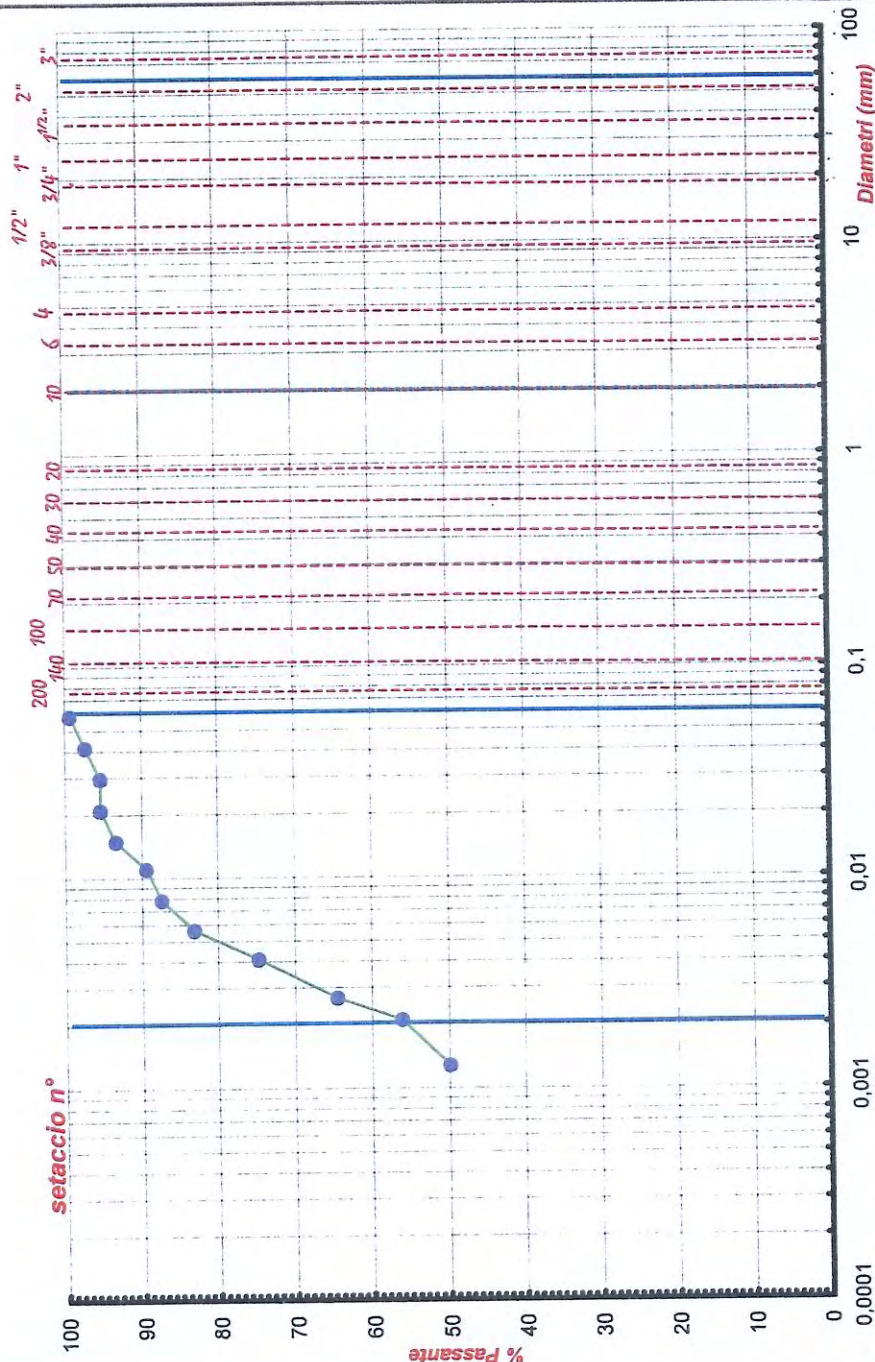
Classificazione ASTM:

ARGILLA	LIMO	SABBIA	GHIAIA	CIOT.
fine	medio	media	media	grossa

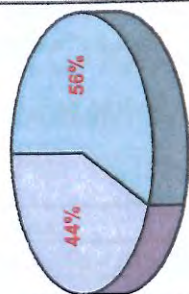
(AGI-1990)



Setacci	Diametri	Pass. %	Tratt. %
3"	76,1	100,0	0,0
2"	50,8	100,0	0,0
1 1/2"	38,1	100,0	0,0
1"	25,4	100,0	0,0
3/4"	19	100,0	0,0
1/2"	12,7	100,0	0,0
3/8"	9,5	100,0	0,0
4	4,75	100,0	0,0
6	3,36	100,0	0,0
10	2	100,0	0,0
20	0,841	100,0	0,0
30	0,595	100,0	0,0
40	0,42	100,0	0,0
50	0,297	100,0	0,0
70	0,21	100,0	0,0
100	0,149	100,0	0,0
140	0,105	100,0	0,0
200	0,075	100,0	0,0
30"	0,05820	99,3	151H
1'	0,04145	97,3	
2'	0,02951	95,3	
4'	0,02087	95,3	
8'	0,01486	93,4	
15'	0,01100	89,4	
30'	0,00783	87,4	
1"	0,00562	83,1	
2"	0,00409	74,8	
4"	0,00267	64,5	
8"	0,00210	56,2	
24"	0,00128	49,9	



Frazioni
granulometriche



Argilla
Limo
Sabbia
Ghiaia

Grammi trattati sciacciatura:

Grammi trattati aerometria: 40
(pass. 200 ASTM)

Trattenuto al 200 ASTM =

Densimetro 151H

Descrizione: Argilla limosa

Classificazione ASTM:

ARGILLA LIMOSA SABBIA GHIAIA CIOT.

(AGI-1990)



PROVA DI TAGLIO DIRETTO

DIAGRAMMA SFORZO DI TAGLIO-CARICO NORMALE

(ASTM D 3080-72)

Riferimento: GE.AR. S.a.s.		Sondaggio : S8
Cantiere: Ospedale di Amelia - Amelia-TR		Campione : C4
Data: Novembre 2008		Profondità : 5,00 – 5,50 m p.c.
Caratteristiche del campione	Provini	Condizioni prova
Umidità w (%):	$\phi = 60 \text{ mm}$	Consolidata – Drenata
Classificazione da Carta Plasticità:	$S = 28,27 \text{ cm}^2$	Velocità taglio : 0.005 mm/min
Peso solidi G_s (g/cm ³):	$V = 79,17 \text{ cm}^3$	Acquisizione automatica digitale Mitutoyo
Litologia: Limi argillosi e argille limose debolmente sabbiose di colore grigio-avana-arancione		

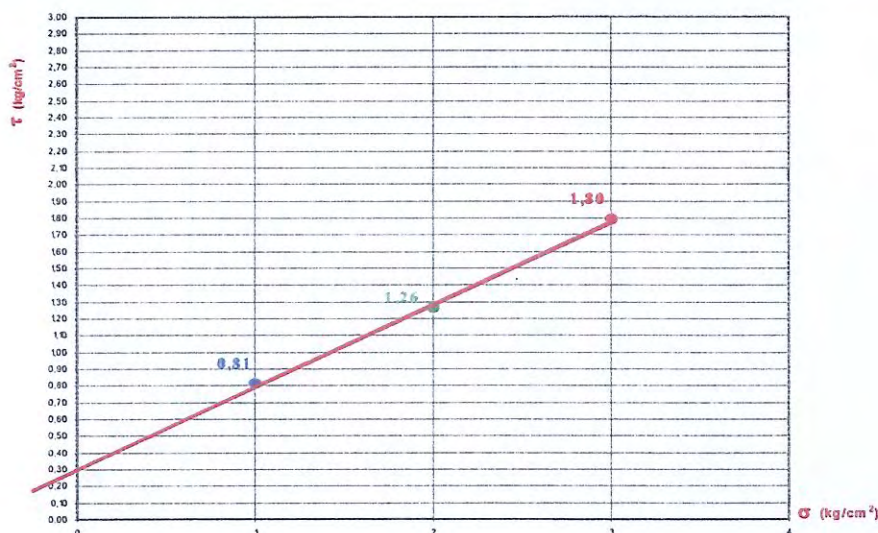


DIAGRAMMA SFORZO - DEFORMAZIONE

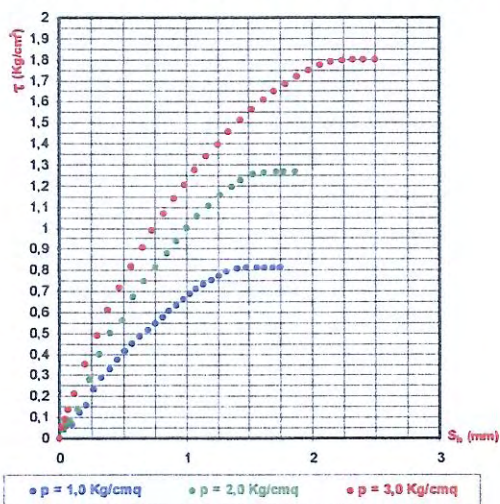
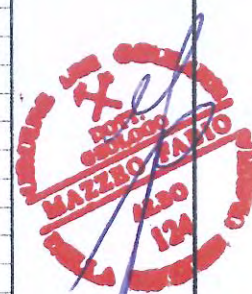
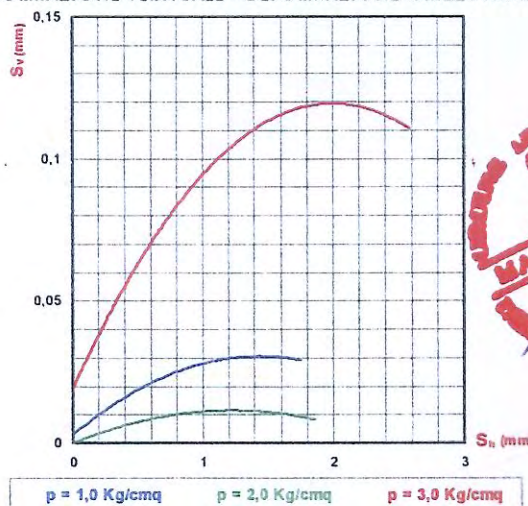


DIAGRAMMA FORMAZIONE VERTICALE - DEFORMAZIONE ORIZZONTAL



1	2	3
Peso volume γ (g/cm^3) 2,08	Peso volume γ (g/cm^3) 2,11	Peso volume γ (g/cm^3) 2,08
Rottura provino 0,59 (kg/cm^2)	Rottura provino 0,93 (kg/cm^2)	Rottura provino 1,26 (kg/cm^2)
Scorrim. a rottura $S_h = 1,48 \text{ (mm)}$	Scorrim. a rottura $S_h = 1,71 \text{ (mm)}$	Scorrim. a rottura $S_h = 2,32 \text{ (mm)}$

Parametri di resistenza al taglio

$$c' = 0,31 \text{ (kg/cm}^2\text{)}, \quad \phi' = 26,2^\circ$$

PROVA EDOMETRICA

DIAGRAMMA INDICE DEI VUOTI - LOG. PRESSIONE

(ASTM D 2435-80, D 4186-82, D 4546-85)

Riferimento: **GE.AR. S.a.s.**

Cantiere: **Ospedale di Amelia - Amelia-TR**

Data: **Novembre 2008**

Sondaggio: **S8**

Campione: **C4**

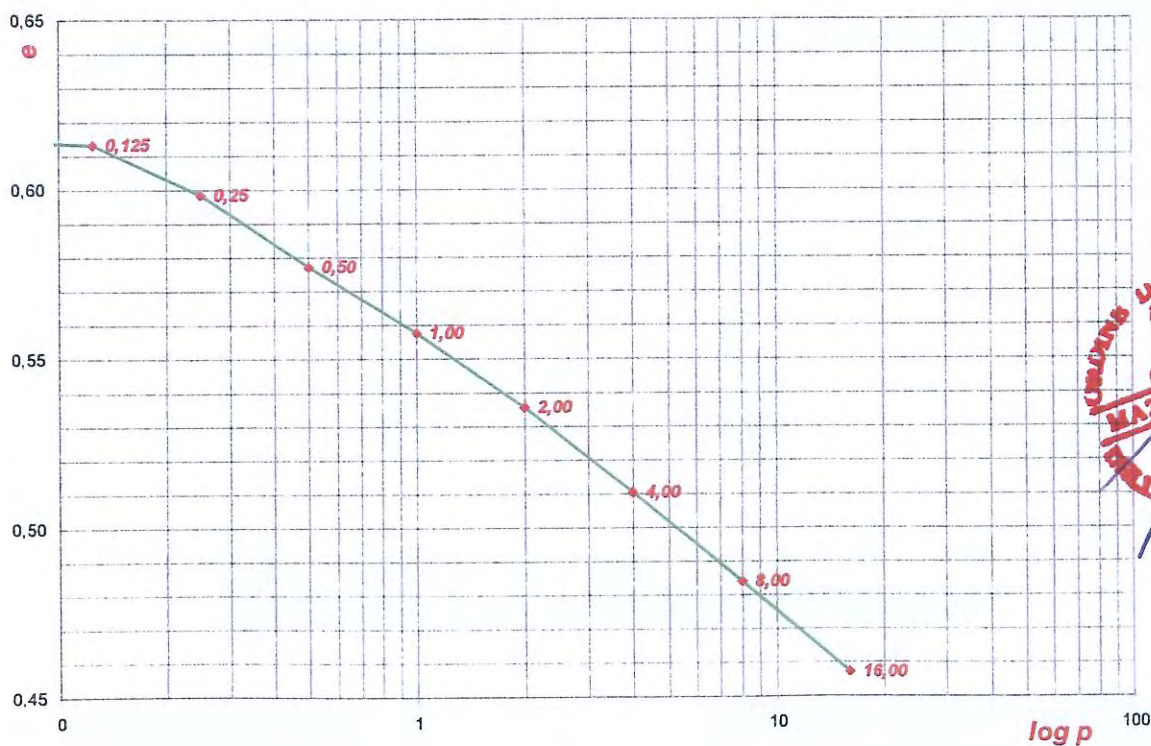
Profondità: **5,00 - 5,50 m p.c.**

Litologia: **Limì argillosi e argille limose debolmente sabbiose di colore grigio-avana-arancione**

Caratteristiche del Provino

Peso volume γ (g/cm ³)	2,00	Hi (cm)	2,0000	Indice vuoti e_0	0,6318
Peso solidi G (g/cm ³)	2,65	Hf (cm)	1,7860	Saturazione Sr (%)	97,31
Peso netto umido (g)	78,97	S (cm ²)	19,87	Permeabilità k (cm/s)	
Peso netto secco (g)	64,10	V (cm ³)	39,47	Umidità w (%)	23,20

P (Kg/cm ²)	ΔH (cm)	H (cm)	e	ϵ_v (%)	a_v (cm ² /Kg)	E (Kg/cm ²)
0,00	0,0000	2,0000	0,6318	0,0000	0,0000	0,0000
0,125	0,0230	1,9770	0,6130	1,1500	0,1501	10,8687
0,25	0,0180	1,9590	0,5983	2,0500	0,1175	13,7292
0,50	0,0260	1,9330	0,5771	3,3500	0,0849	18,8365
1,00	0,0240	1,9090	0,5575	4,5500	0,0392	40,2708
2,00	0,0270	1,8820	0,5355	5,9000	0,0220	70,7037
4,00	0,0310	1,8510	0,5102	7,4500	0,0126	121,4194
8,00	0,0320	1,8190	0,4841	9,0500	0,0065	231,3750
16,00	0,0330	1,7860	0,4572	10,7000	0,0034	440,9697
32,00						



DETERMINAZIONE LIMITI DI ATTERBERG

LIMITI LIQUIDO E PLASTICO (CNR-UNI 10014)

Riferimento: GE.AR. S.a.s.

Cantiere: Ospedale di Amelia - Amelia-TR

Data: Novembre 2008

Sondaggio : S8

Campione : C4

Profondità : 5,00 - 5,50 m p.c.

Litologia: Limi argillosi e argille limose debolmente sabbiose di colore grigio-avana-arancione

LIMITE LIQUIDO W_L

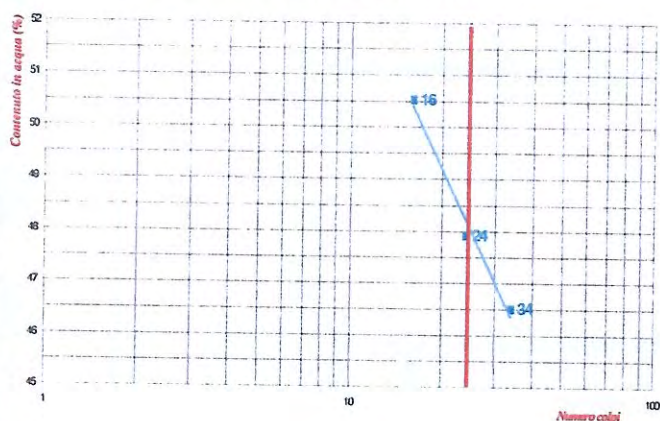
	69	68	64
2 - Tara Contenitore (g)	23,24	23,39	24,56
3 - Peso lordo umido (g)	57,00	56,66	67,00
4 - Peso netto umido (g) (3-2)	33,76	33,27	42,44
5 - Peso lordo secco (g)	46,28	45,88	52,75
6 - Peso netto secco (g) (5-2)	23,04	22,49	28,19
7 - Contenuto acqua (g) (4-6)	10,72	10,78	14,25
8 - Contenuto acqua (%) (7/6x100)	46,53	47,93	50,55
9 - Numero colpi	34	24	16
$W_L = 48,1 \%$			

LIMITE PLASTICO W_P , H_2O NATURALE W_N

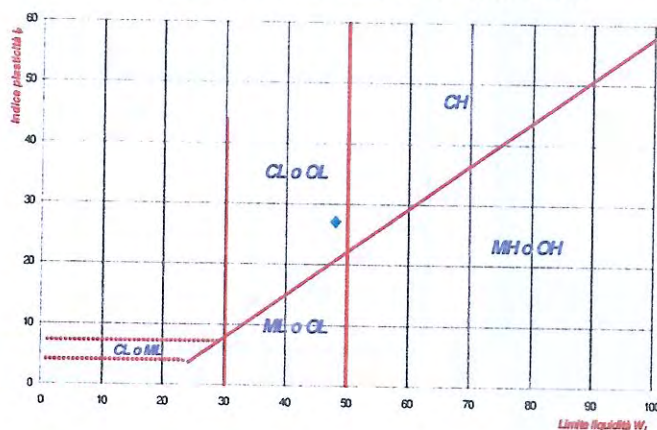
10 - Contenitore n°	110c	114c	64	58
11 - Tara Contenitore (g)	8,68	8,73	24,56	25,13
12 - Peso lordo (g)	20,28	21,51	102,20	134,49
13 - Peso netto (g) (12-11)	11,60	12,78	77,64	109,36
14 - Peso lordo secco (g)	18,27	19,28	87,13	114,55
15 - Peso netto secco (g) (14-11)	9,59	10,55	62,57	89,42
16 - Contenuto acqua (g) (13-15)	2,01	2,23	15,07	19,94
17 - Contenuto acqua (%) (16/15x100)	20,96	21,14	24,09	22,30
18 - Valore medio (%) (W_P) (W_N)	21,0		23,2	



DIAGRAMMA COLPI / CONTENUTO IN ACQUA



CARTA DI PLASTICITÀ DI CASAGRANDE (NORME ASTM)



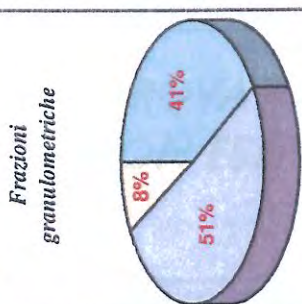
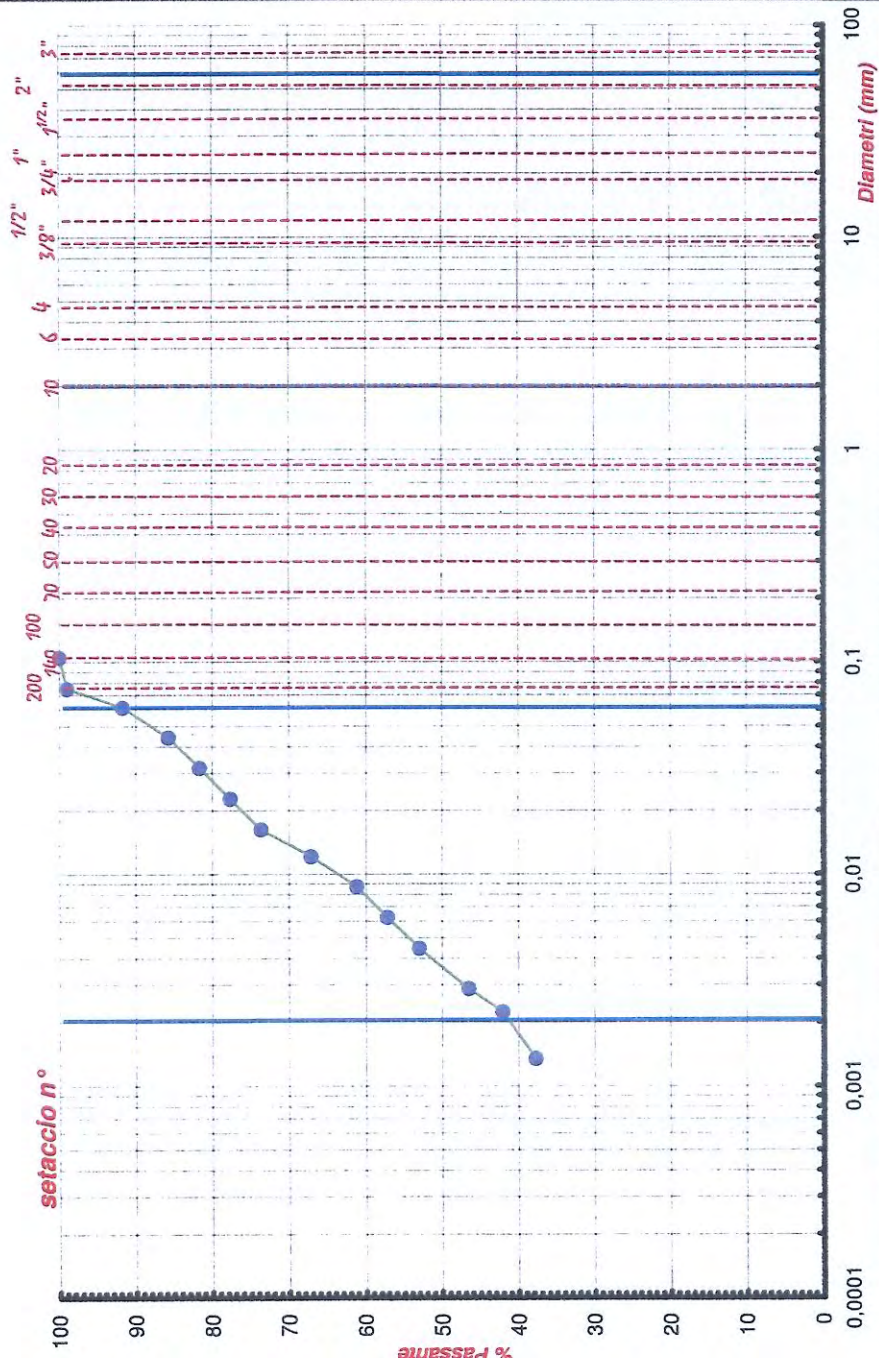
W_L (%)	W_P (%)	$I_P = W_L - W_P$	$I_c = (W_L - W) / I_P$	$I_a = I_P / \%d < 0,002 \text{ mm}$
48,10	21,00	27,10	0,92	0,66

Classificazione dalla Carta di Plasticità di Casagrande: **CL** - Argilla inorganica di media plasticità

Cantiere : Ospedale di Amelia - AMELIA - (TR)
Sondaggio: S8 Campione: C4 Profondità: 5,00 - 5,50 m p.c.
Data: Novembre 2008

CONFERMA ANALISI
(ASTM D421 - D2217)

Setacci	Diametri	Pass. %	Tratt. %
3"	76,1	100,0	0,0
2"	50,8	100,0	0,0
1 1/2"	38,1	100,0	0,0
1"	25,4	100,0	0,0
3/4"	19	100,0	0,0
1/2"	12,7	100,0	0,0
3/8"	9,5	100,0	0,0
4	4,75	100,0	0,0
6	3,36	100,0	0,0
10	2	100,0	0,0
20	0,841	100,0	0,0
30	0,595	100,0	0,0
40	0,42	100,0	0,0
50	0,297	100,0	0,0
70	0,21	100,0	0,0
100	0,149	100,0	0,0
140	0,105	100,0	0,0
200	0,075	99,0	1,0
30"	0,06116	91,7	151H
1'	0,04411	85,7	
2'	0,03159	81,7	
4'	0,02262	77,7	
8'	0,01619	73,6	
15'	0,01208	67,2	
30'	0,00869	61,1	
1"	0,00621	57,1	
2"	0,00445	53,0	
4"	0,00287	46,5	
8"	0,00223	42,0	
24"	0,00135	37,7	



- Argilla
- Limo
- Sabbia
- Ghiaia

Grammi trattati setacciatura: 200
Grammi trattati aerometria: 40 (pass. 200 ASTM)
Trattenuto al 200 ASTM =
Densimetro 151H

Descrizione: Limo argilloso debolmente sabbioso
Classificazione ASTM:

ARGILLA			LIMO			SABBIA			GHIAIA			CIOT
	fine	medio	grossa		fine	media	grossa		fine	media	grossa	

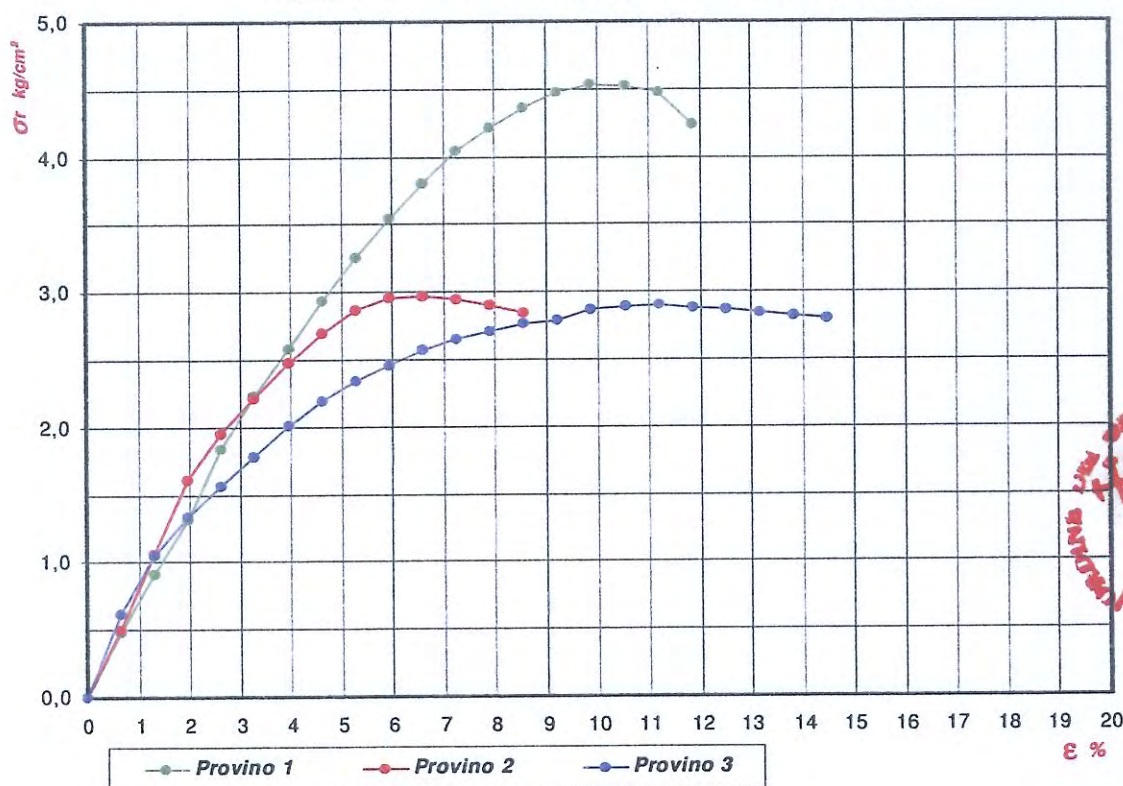
(AGI-1990)



PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ASTM D 2166-85)

Riferimento: GE.AR. - Ospedale di Amelia		Sondaggio : S8
Cantiere: Amelia - TR		Campione : C4
Data: Novembre 2008		Profondità : 5,00 - 5,50 m p.c.
Caratteristiche del Campione	Dimensione dei provini	Condizioni prova
Umidità w (%):	H (cm) = 7,60	Deformazione costante
Grado saturazione S_r %:	S (cm ²) = 11,34	Velocità : 1.27 mm/min
Peso costituenti solidi G (g/cm ³):	V (cm ³) = 86,18	Intervallo a lettura : ogni 0.50 mm
Litologia: Limi argillosi e argille limose debolmente sabbiose di colore grigio-avana-verdolino		

DIAGRAMMA PRESSIONE / DEFORMAZIONE

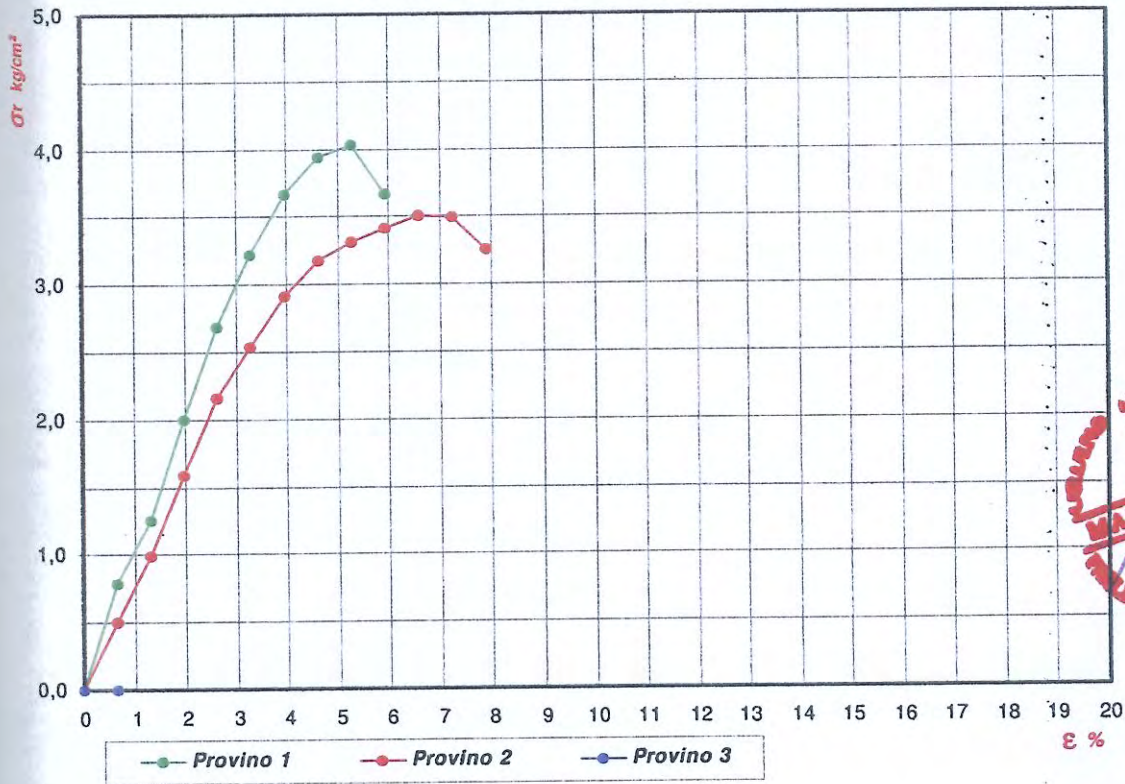


Provino n°	Peso (g)	γ (g/cm ³)	Profondità (m)	σ_r (kg/cm ²)	Def. Assiale ϵ %	C_u (kg/cm ²)	Tipo rottura
Provino 1	182,76	2,12	5,10-5,20	4,53	10,53	2,27	rigida
Provino 2	179,44	2,08	5,20-5,30	2,97	6,58	1,48	rig.-plast.
Provino 3	178,39	2,07	5,30-5,40	2,90	12,50	1,45	rig.-plast.

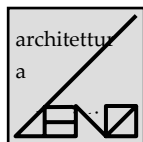
PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE
CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA
(ASTM D 2166-85)

Riferimento: GE.AR. - Ospedale di Amelia	Sondaggio : S8	
Cantiere: Amelia – TR	Campione : C3	
Data: Novembre 2008	Profondità : 4,50 – 4,80 m p.c.	
Caratteristiche del Campione	Dimensione dei provini	Condizioni prova
Umidità w (%):	H (cm) = 7,60	Deformazione costante
Grado saturazione S _r % :	S (cm ²) = 11,34	Velocità : 1.27 mm/min
Peso costituenti solidi G (g/cm ³):	V (cm ³) = 86,18	Intervallo a lettura : ogni 0.50 mm
Litologia: Argille limose di colore avana-arancione con venature celesti, fessurata		

DIAGRAMMA PRESSIONE / DEFORMAZIONE



Provino n°	Peso (g)	γ (g/cm ³)	Profondità (m)	σ_r (kg/cm ²)	Def. Assiale ϵ %	C_u (kg/cm ²)	Tipo rottura
Provino 1	178.72	2.07	4.50-4.60	4.03	5.26	2.01	rigida
Provino 2	176.73	2.05	4.60-4.70	3.50	7.24	1.75	rigida

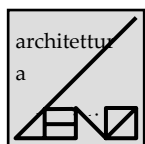


committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 02c RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA
incarico PROGETTO DEFINITIVO	INDICE

PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato RLZ 02c

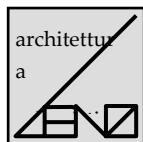
Relazione Geotecnica e Sismica



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 02c RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA
incarico PROGETTO DEFINITIVO	INDICE

INDICE

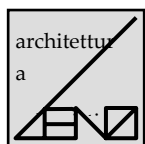
1. PREMESSA.....	1
2. INQUADRAMENTO GEOTECNICO	2
2.1 Introduzione	2
2.2 Strutture di fondazione	4
3. INQUADRAMENTO SISMICO	5
3.1 Periodo di riferimento per l'azione sismica	6
3.2 Accelerazione orizzontale, a_g, amplificazione spettrale, F_0, periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, T^*_c.....	8
3.3 Spettri di risposta elastici per i DIVERSI stati limite.....	12



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 02c RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA
incarico PROGETTO DEFINITIVO	

1. PREMESSA

Nel presente elaborato sono contenute le relazioni specialistiche a supporto della progettazione. Nel capitolo 2 la relazione geotecnica e nel capitolo 3 la relazione sismica.

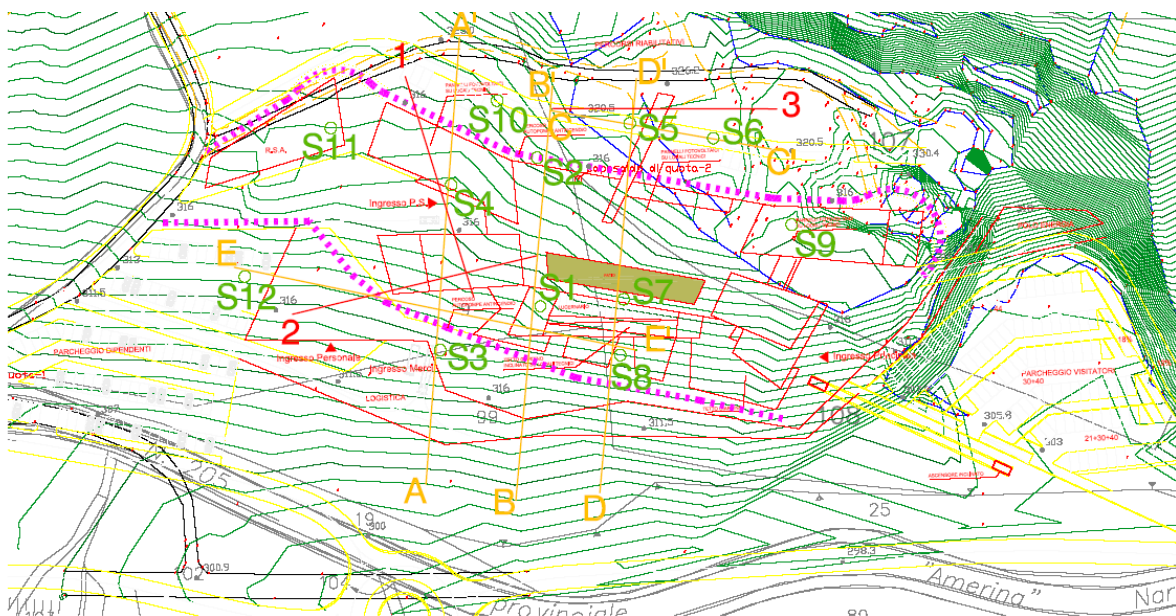


committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 02c RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA
incarico PROGETTO DEFINITIVO	

2. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

2.1 INTRODUZIONE

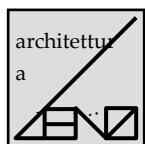
La caratterizzazione geotecnica del suolo di fondazione è stata eseguita sulla base dei sondaggi eseguiti nelle aree in oggetto e delle relative prove di laboratorio. Nella figura seguente si riporta una pianta con l'ubicazione dei sondaggi ripresa dalla relazione geologica.



Ubicazione dei sondaggi: S1-S12 saggi geognostici, A-E prove sismiche a rifrazione, 1-3 sezioni geologiche

Dai sondaggi è stata riscontrata la presenza di tre litotipi: colluvioni limose e ghiaiose limose, argille ed argille limose grigio azzurre, e ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limosa e argilloso limosa. Le caratteristiche fisico-meccaniche sono riportate nella tabella seguente.

	γ t/m^3	ϕ $^\circ$	c'	c_u	K kg/cm^3	q_a kg/cm^2
Colluvioni	2	23	0.05	0.2	2	1.2
Argille	2.1	25	0.4-0.5	1.8-2.0	8	2.5
Ghiaie	2.2	43-44	0	0	30	5



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 02c RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA
incarico PROGETTO DEFINITIVO	

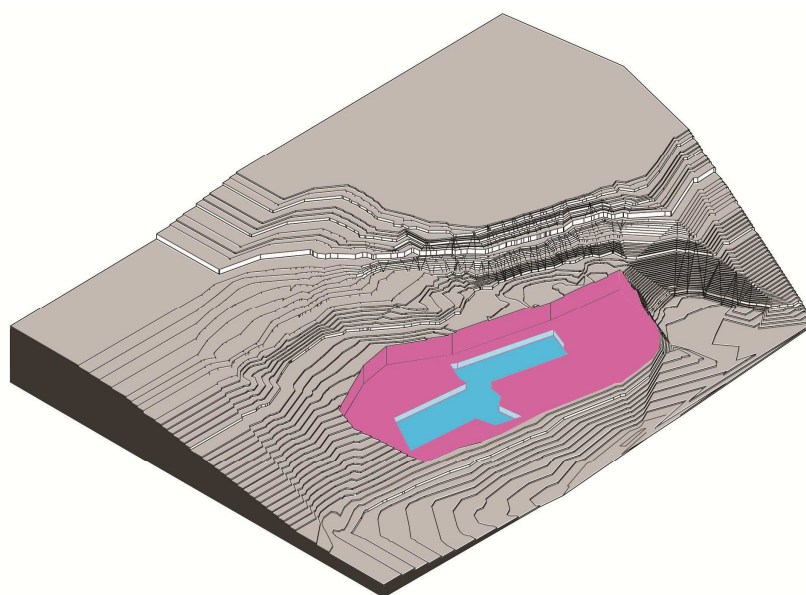
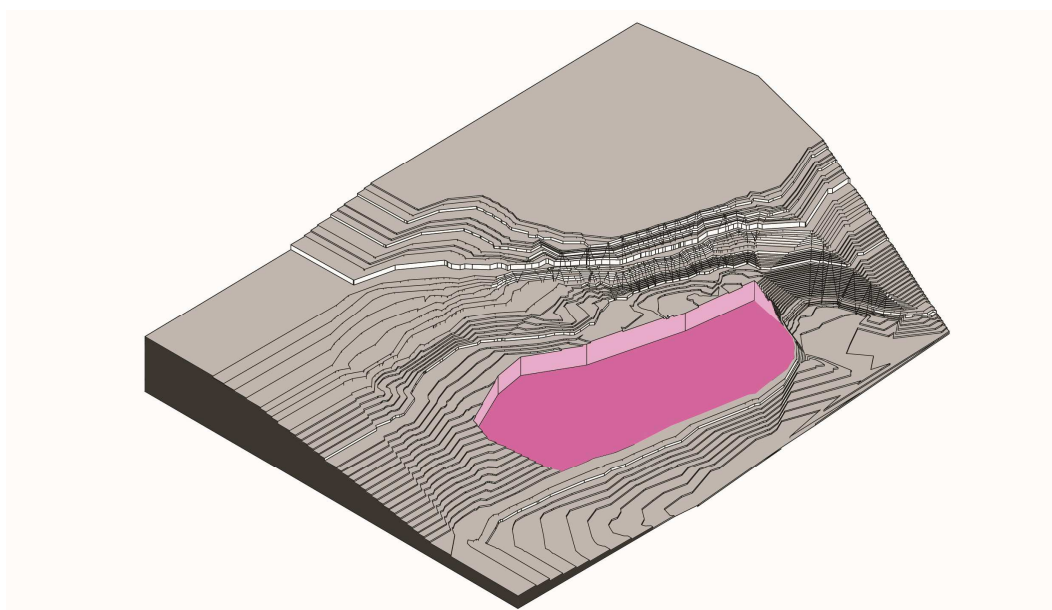
Il piano di posa delle fondazioni, posto a quota +299.0 e + 303.5, interessa nella maggiore parte dei casi l'area di transizione tra lo strato di argille e lo strato di ghiaie.

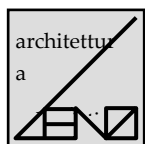
Nella figura seguente è rappresentato una vista tridimensionale con le varie fasi di scavo, Fase di scavo 1 (quota + 303.50), Fase di scavo 2 (quota + 299.00)

LEGENDA

 Fase 1_ Area scavo a quota +303.50

 Fase 2A_ Area scavo a quota +299.00





committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 02c RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA
incarico PROGETTO DEFINITIVO	

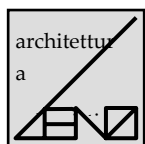
2.2 STRUTTURE DI FONDAZIONE

In base al modello geotecnico presentato in precedenza, in ragione di trovarsi in corrispondenza dell'interfaccia tra due terreni con comportamento meccanico diverso e di avere quote di imposta delle fondazioni diverse per i vari fabbricati, si è scelto di procedere alla realizzazione di fondazioni profonde.

Questa scelta permette di garantire un comportamento uniforme ed una maggiore sicurezza nei confronti dei carichi verticali. Le dimensioni dei pali e la loro lunghezza sono stati definiti in funzione dei carichi agenti.

Rimandando agli elaborati grafici per maggiori dettagli, nel seguito si riassumono le principali fasi realizzative delle nuove fondazioni:

- Fase 1. scavo del terreno sino a quota +303.50 per tutta l'area interessata dalle strutture;
- Fase 2. scavo del terreno sino a quota +299.00 per le sole strutture che prevedono il piano interrato;
- Fase 3. Realizzazione delle fondazioni per i piani interrati;
- Fase 4. Realizzazione delle fondazioni per i piani terreni.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 02c RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA
incarico PROGETTO DEFINITIVO	

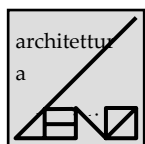
3. INQUADRAMENTO SISMICO

L'analisi sismica è stata effettuata in riferimento al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, "Norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sul S.O. n°30 della Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008 n°29.

Nella norma citata l'azione sismica in un punto della superficie del suolo è descritta attraverso un'accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie (per diversi stati limite). Lo spettro di risposta elastico è funzione dall'importanza della struttura, dalla pericolosità sismica del sito e delle caratteristiche geomorfologiche .

I parametri più significativi sono:

- **Periodo di riferimento per l'azione sismica** funzione della vita nominale dell'opera e del coefficiente di uso;
- **Accelerazione orizzontale, a_g , amplificazione spettrale, F_0 , periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, T_c^*** , definiti in funzione del sito dove sorge la costruzione in base agli studi dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) per i diversi stati limite;
- **Coefficiente di amplificazione topografica, S_T** , funzione della pendenza del sito, e **Categoria del profilo stratigrafico** del suolo di fondazione da cui dipende il coefficienti amplificazione stratigrafica, S_s , e la forma dello spettro attraverso le formule e le tabelle presenti in normativa (Formule 3.2.4-5-7-8-9; Tabelle 3.2.V e 3.2.VII).



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 02c RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA
incarico PROGETTO DEFINITIVO	

3.1 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Il periodo di riferimento per il calcolo dell'azione sismica è pari al prodotto della vita nominale, V_N , per il coefficiente di uso, C_U .

$$V_R = V_N \times C_U$$

La vita nominale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura purché soggetta alla manutenzione ordinaria deve poter essere usata per lo scopo alla quale è destinata.

	<i>Tipi di costruzione</i>	<i>VN</i>
1	<i>Opere provvisorie, provvisionali, strutture in fase costruttiva</i>	<i>< 10</i>
2	<i>Opere ordinarie, ponti o opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale</i>	<i>> 50</i>
3	<i>Grandi opere, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica</i>	<i>> 100</i>

Il coefficiente d'uso è invece determinato in relazione alla classe di uso secondo la seguente tabella.

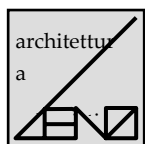
<i>Classe di uso</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
<i>Coefficiente C_U</i>	<i>0.7</i>	<i>1.0</i>	<i>1.5</i>	<i>2.0</i>

Le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite.

- Classe I: costruzioni con presenza occasionale di persone.
- Classe II: costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. ...
- Classe III: costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. ...
- Classe IV: costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. ...

In accordo alla Committenza si è scelto di considerare la vita nominale pari a 100 anni e la classe d'uso IV; la vita utile di riferimento è quindi pari a:

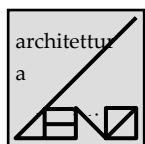
$$V_R = V_N \times C_U = 100 \times 2.0 = 200 \text{ anni}$$



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 02c RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA
incarico PROGETTO DEFINITIVO	

Il valore del periodo di ritorno da associare ai vari stati limite è così pari a:

- 120 anni per lo stato limite di operatività;
- 200 anni per lo stato limite di danno;
- 1898 anni per lo stato limite di salvaguardia della vita (stato limite ultimo);
- 2475 anni per lo stato limite di collasso.

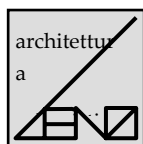


committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 02c RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA
incarico PROGETTO DEFINITIVO	

3.2 ACCELERAZIONE ORIZZONTALE, a_g , AMPLIFICAZIONE SPETTRALE, F_0 , PERIODO CORRISPONDENTE ALL'INIZIO DEL TRATTO A VELOCITÀ COSTANTE DELLO SPETTRO, T^*_c

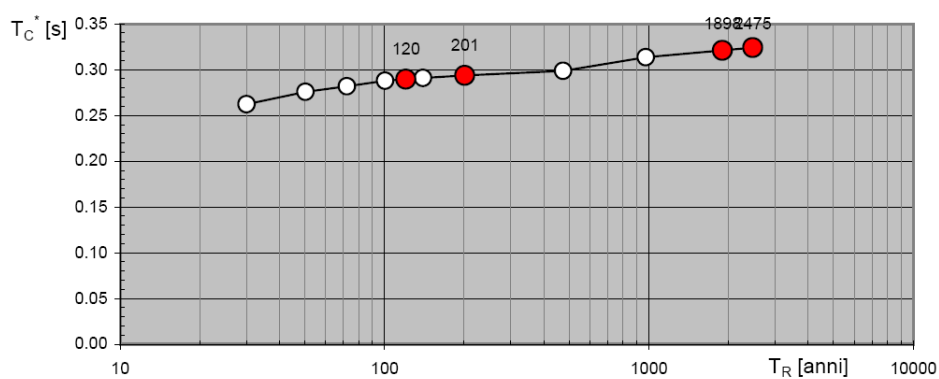
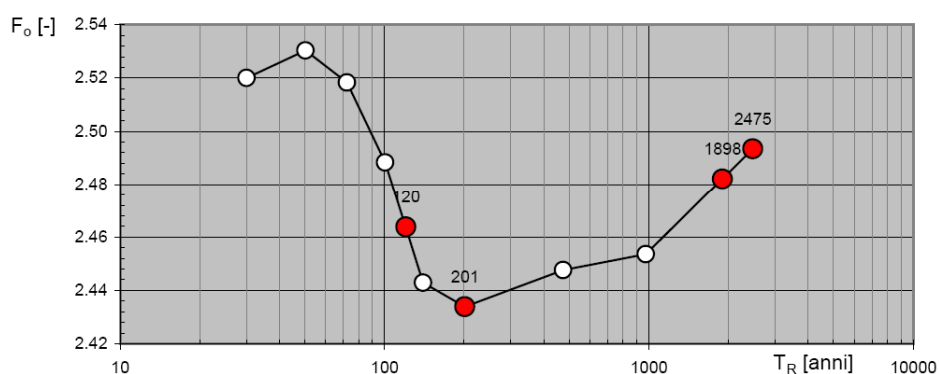
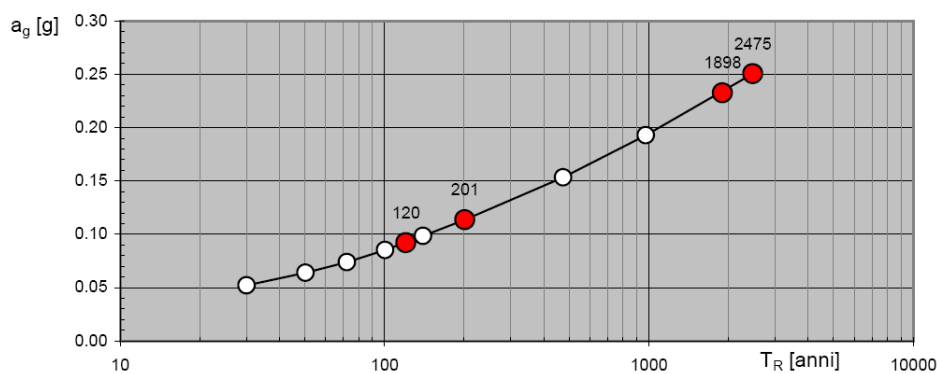
La nuova normativa definisce la pericolosità sismica di un sito in funzione di tre parametri fondamentali. Nelle figure seguenti si riportano i valori di tali parametri per gli stati limite di riferimento (a loro volta funzione del periodo di riferimento per il calcolo dell'azione sismica pari, nel caso in esame, a 200 anni, così come descritto nel paragrafo precedente).

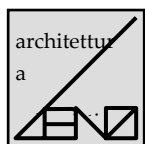
Nella figura seguente si rappresenta la variabilità dei tre parametri in funzione del periodo di ritorno considerato.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 02c RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA
incarico PROGETTO DEFINITIVO	

Variabilità dei parametri caratteristici del sito in esame: accelerazione alla base, fattore di amplificazione, periodo dello spettro a velocità costante





committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 02c RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA
incarico PROGETTO DEFINITIVO	

3.3 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA, ST, E CATEGORIA DEL PROFILO STRATIGRAFICO

Per il calcolo del coefficiente di amplificazione topografica il DM08 distingue il caso di configurazioni complesse per le quali è necessario eseguire specifiche analisi di riposta sismica locale dal caso di configurazioni semplici per la quali suggerisce di adottare la classificazione riportata in tabella.

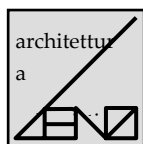
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	S_T
<i>T1</i>	<i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15\%$</i>	<i>1.0</i>
<i>T2</i>	<i>Pendii con inclinazione media $i > 15\%$</i>	<i>1.2</i>
<i>T3</i>	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i compresa tra il 15% ed il 30%</i>	<i>1.2</i>
<i>T4</i>	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30\%$</i>	<i>1.4</i>

Nel caso in oggetto ci ritroviamo in una configurazione semplice caratterizzata da una pendenza media maggiore del 15%. Il coefficiente di amplificazione topografica è quindi pari a 1.2.

Riguardo alla classificazione del terreno nella tabella seguente si riporta la classificazione proposta in normativa.

Suolo	Descrizione	V_{S30}	N_{SPT}	c_u
<i>A</i>	<i>Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi (eventuali strati di alterazione superficiale con spessore massimo di 5m)</i>	<i>>800m/s</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>B</i>	<i>Sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti</i>	<i>360-800m/s</i>	<i>>50</i>	<i>>250kPa</i>
<i>C</i>	<i>Sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza</i>	<i>180-360m/s</i>	<i>15-50</i>	<i>70-250kPa</i>
<i>D</i>	<i>Granulari da sciolti a poco addensati o coesivi da poco a mediamente consistenti</i>	<i><180m/s</i>	<i><15</i>	<i>15-70kPa</i>
<i>E</i>	<i>Strati superficiali alluvionali (spessore compreso tra 5 e 20m, giacenti su un substrato rigido)</i>	<i><360</i>	<i>-</i>	<i>-</i>

La caratterizzazione del terreno è stata eseguita sulla base delle prove geofisiche descritte nella relazione geologica ed i cui risultati sono riportati per semplicità nella tabelle seguenti.



committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 02c RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA
incarico PROGETTO DEFINITIVO	

STENDIMENTO 1

Riflettore	Spessore medio	Vp	Tipologia prova
I riflettore	m. 1.5/4.0	329,20 m/s	Sismica a Rifrazione
II riflettore	m. >20.0	2002,10 m/s	Sismica a Rifrazione

STENDIMENTO 2

Riflettore	Spessore medio	Vp	Tipologia prova
I riflettore	m. 4.0/5.5	354,70 m/s	Sismica a Rifrazione
II riflettore	m. >20.0	1843,10 m/s	Sismica a Rifrazione

STENDIMENTO 3

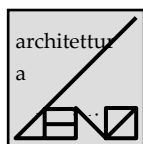
Riflettore	Spessore medio	Vp	Tipologia prova
I riflettore	m. 1.5/7.0	739,30 m/s	Sismica a Rifrazione
II riflettore	m. >20.0	2103,80 m/s	Sismica a Rifrazione

Si fa presente che i risultati si riferiscono chiaramente alla configurazione attuale del terreno e che i valori da considerare per una corretta caratterizzazione della risposta sismica locale devono essere quelli relativi al piano di posa. Stante queste premesse le velocità di propagazione delle onde risultano essere in ogni caso maggiori di 1800m/s.

Correlando la velocità di propagazione delle onde P con la velocità di propagazione delle onde S attraverso una semplice relazione lineare¹: $V_P = 2.0 V_S$, risulta che la velocità delle onde S è pari a 900m/s e che quindi il terreno appartiene alla categoria A. Questo risultato trova conferma anche dai risultati delle indagini geognostiche.

I valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica, S_s , e di amplificazione del periodo T_C , C_C , sono, per questa tipologia di terreno, entrambi pari a 1.

¹ Le onde di compressione, conosciute anche come primarie o onde P, viaggiano più velocemente, ad una velocità compresa tra 1,5 e 8 Km/s nella crosta terrestre. Le onde di taglio, conosciute anche come secondarie o onde S viaggiano più lentamente circa il 60 % della velocità delle onde P (il valore del rapporto V_P/V_S , in solidi "poissoniani" e' generalmente pari alla radice quadrata di 3 = 1.732...). Nei terreni naturali tale rapporto può essere in favore di sicurezza considerato pari a 2



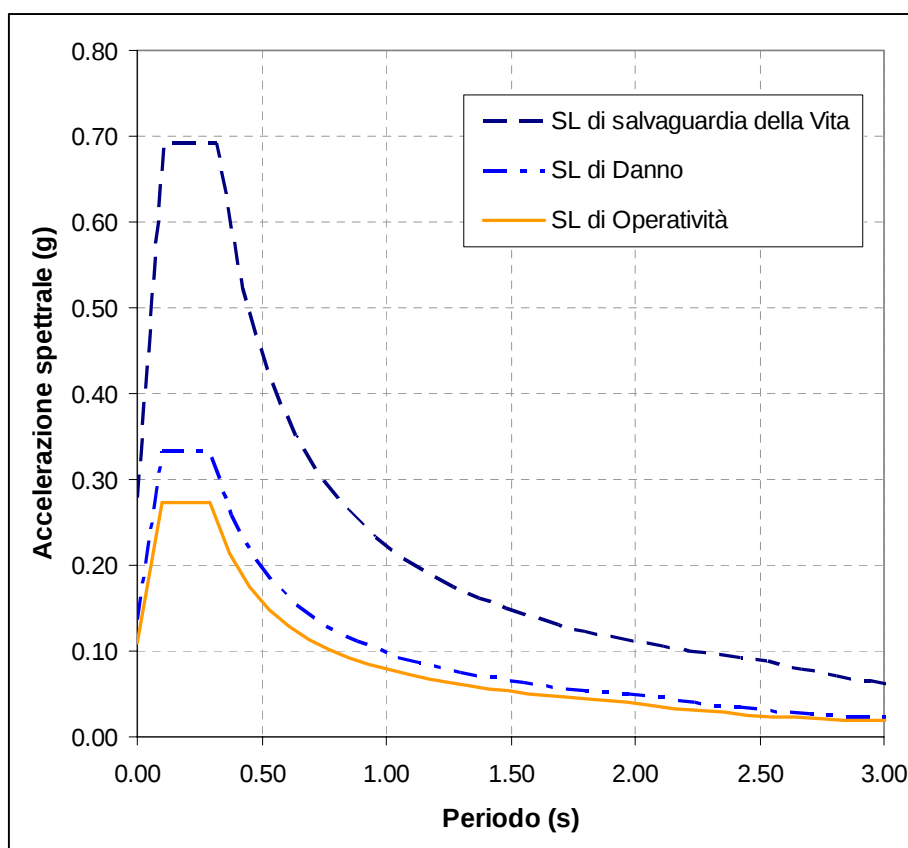
committente ASL N°4 TERNI	commessa TR01D
Opera Nuovo ospedale territoriale del comprensorio di Narni Amelia	Elaborato RLZ 02c RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA
incarico PROGETTO DEFINITIVO	

3.4 SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER I DIVERSI STATI LIMITE

Nella figura seguente si riportano: i valori dei principali parametri e gli spettri elastici relativi al sito in esame caratterizzati per il periodo di riferimento, le caratteristiche topografiche e stratigrafiche determinate nei paragrafi precedenti.

Valori dei parametri a_g , F_0 e T_c per i periodi di ritorno associati a ciascuno stato limite

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c [s]
SLO	120	0.092	2.464	0.290
SLD	201	0.114	2.434	0.294
SLV	1898	0.233	2.482	0.321
SLC	2475	0.251	2.493	0.324



Spettri elastici per i diversi stati limite caratterizzati per le condizioni stratigrafiche e topografiche

GEOLOGO DOTT. LUCA LATELLA

Studio Tecnico Via G. di Vitalone n°18 - 05100 Terni

Tel.0744 402427 - 293784; 347 - 6355500

REGIONE UMBRIA

PROVINCIA DI TERNI

COMUNE DI NARNI

INTGRAZIONE ALLA RELAZIONE
GEOLOGICA PER LA REALIZZAZIONE
DEL NUOVO POLO OSPEDALIERO DI
NARNI ED AMELIA

LOCALITA': CAMARTANA

COMMITTENTE: ASL N.4

Data: 08 febbraio 2011

GEOLOGO LUCA LATELLA

PREMESSA

In merito alla richiesta di integrazione alla relazione geologica a supporto del progetto per la realizzazione del nuovo polo ospedaliero di Narni-Amelia in Loc. Camartana – Narni (Tr) sono state eseguite le indagini sismiche per l'acquisizione delle Vs30, le letture inclinometriche con relativa interpretazione, 2 prove penetrometriche pesanti e inoltre sono state effettuate le verifiche di stabilità del versante.

INDAGINI GEOFISICHE

In merito alla richiesta di integrazione relativa all'individuazione della velocità delle onde di taglio (Vs) è stata eseguita un'indagine sismica che ha previsto la realizzazione di un profilo di sismica a rifrazione in onde SH e un profilo di sismica tipo MASW *Multi-channel Analysis of Surface Waves (Analisi Multi-canale di Onde di Superficie)*.

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE ONDE SH

INTRODUZIONE

L'indagine geofisica ha previsto l'esecuzione di un profilo di sismica a rifrazione, con lo scopo di ricostruire l'andamento sismostratigrafico del sottosuolo e ricavare le velocità delle onde "S" nei primi 30 m di profondità (Vs30) utili a classificare il terreno in base alla normativa vigente (D.M.14/01/2008)

Visto lo spazio a disposizione, le condizioni morfologiche e di accessibilità dell'area in esame, è stato possibile eseguire un unico profilo di sismica a rifrazione di complessivi 72 m di estensione A-B (vedi carta ubicazione delle indagini).

Le acquisizioni delle onde S sono state eseguite con batterie di 24 geofoni orizzontali con frequenze di 10 Hz.

Le energizzazioni delle onde "S" sono state effettuate utilizzando come superficie di battuta della mazza da 9 Kg, la sezione minore di una trave di legno appoggiata in modo solidale al terreno. Tale tecnica permette di ottenere onde "S" polarizzate sul piano orizzontale (onde SH).

Per lo stendimento sono stati individuati cinque punti di energizzazione e i sismogrammi sono stati acquisiti con un sismografo a 16 bit, collegato con 24 sensori.

Il software utilizzato (Intersism) elabora un modello sismostratigrafico del terreno che consente di rappresentare, con una sezione grafica l'andamento delle velocità delle onde sismiche nel sottosuolo, evidenziando le superfici di separazione tra strati a diversa velocità (rifrattori).

NOTE TECNICHE SULL'ELABORAZIONE DEI DATI OTTENUTI IN CAMPAGNA

L'elaborazione e la restituzione dei dati acquisiti in campagna è stata effettuata con il programma "InterSism" della W - Geosoft.

Il software utilizzato elabora un modello sismostratigrafico del terreno che consente di rappresentare, con una sezione grafica, l'andamento delle velocità delle onde sismiche nel sottosuolo, evidenziando le superfici di separazione tra strati a diversa velocità.

Per il calcolo dei primi arrivi il programma utilizza in modo integrato diverse metodologie, dalla cross-correlation alla wavelet-analysis, reiterando il procedimento per raffinare i risultati ottenuti con continui controlli della compatibilità tra i tempi identificati e quelli derivati dall'interpolazione dei geofoni adiacenti.

Per il calcolo delle dromocrone InterSism utilizza un procedimento di ricerca di minimo sviluppato in forma analitica, garantendo il riconoscimento delle dromocrone che in assoluto presentano il miglior coefficiente di correlazione con i tempi di primo arrivo in precedenza determinati; in seguito confronta i risultati ottenuti per le diverse dromocrone al fine di identificare, fra tutte le possibili combinazioni di punti di ginocchio, quella che minimizza gli scarti quadratici medi delle velocità di ogni strato, riuscendo così ad assegnare i segmenti delle dromocrone ai rifrattori corretti.

Dopo aver individuato le dromocrone e calcolato la velocità di propagazione del segnale sismico nei diversi strati di terreno, InterSism passa all'applicazione del Metodo del Reciproco Generalizzato (GRM) per l'identificazione della geometria dei rifrattori: il programma utilizza una procedura automatizzata che, partendo da un valore di XY di tentativo pari a zero (con cui ottiene la funzione tempo-profondità convenzionale) e dalla profondità presunta (in precedenza calcolata al disotto di ciascun geofono), sperimenta diversi valori XY al fine di determinare la distanza XY ottimale, vale a dire la distanza per la quale i raggi diretti e inversi emergono in prossimità dello stesso punto sul rifrattore. Nel caso in cui sono stati eseguiti solo uno o due spari, il programma utilizza il metodo dell'intercetta per determinare la geometria dei rifrattori.

PROFILO A-B (onde "SH")

Nella prospezione sismica per l'acquisizione delle velocità delle onde di taglio S si è evidenziato un modello a 3 sismostrati¹.

È stato individuato un primo orizzonte con velocità media di 284,0 m/s attribuibile alla copertura detrica clastosostenuta. Al disotto si riscontra un graduale aumento della velocità sismica con valori di 674,0 m/s relativamente al secondo sismostrato attribuibile alla presenza di limi argillosi e argille limose a bassa plasticità e più in profondità si raggiungono i 1003,5 m/s nel terzo sismostrato che è associabile alla presenza di ghiaie e conglomerati molto cementati. Tali valori denotano un miglioramento con la profondità

¹ N.B. Nella valutazione dei risultati occorre considerare che il profilo sismostratigrafico è definito in base alla variazione della velocità di propagazione delle onde sismiche nei mezzi attraversati, la quale non è necessariamente correlabile ad una differenziazione litologica. Pertanto va considerata la possibilità che rocce diverse siano indifferenziate in termini di "velocità sismica" o che vi possa essere una differenziazione di "velocità sismica" all'interno di uno stesso litotipo dovuta a diversi motivi (es. presenza di falda acquifera, fluidi in genere...)

delle caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali. Non sono comunque da escludere inversioni di velocità non rilevabili dal metodo della sismica a rifrazione.

Il calcolo delle Vs30, per il profilo A-B, è stato eseguito sulla verticale di ogni geofono, utilizzando la seguente formula:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{v_i}}$$

h = Spessore strato

V= Velocità onde "S" nello strato

N= numero di strati

Vs30 per il modello a 3 strati

geofoni	rifrattore 1	rifrattore 2	h1 (m)	h2 (m)	h3 (m)	V1 (m/s)	V2 (m/s)	V3 (m/s)	Vs30 (m/s)
1	4,1	6,9	4,1	2,8	23,1	284	674	1003	720,78
2	3,8	7,6	3,8	3,8	22,4	284	674	1003	725,49
3	3,5	8,3	3,5	4,8	21,7	284	674	1003	730,27
4	3,2	8,6	3,2	5,4	21,4	284	674	1003	738,63
5	3,2	8,7	3,2	5,5	21,3	284	674	1003	737,75
6	3,4	8,8	3,4	5,4	21,2	284	674	1003	729,57
7	3,3	9,7	3,3	6,4	20,3	284	674	1003	725,43
8	3,1	9	3,1	5,9	21	284	674	1003	738,80
9	2,9	10,1	2,9	7,2	19,9	284	674	1003	736,48
10	2,8	9,1	2,8	6,3	20,9	284	674	1003	749,18
11	1,8	8,9	1,8	7,1	21,1	284	674	1003	791,37
12	1,7	8,1	1,7	6,4	21,9	284	674	1003	803,95
13	0,9	7,6	0,9	6,7	22,4	284	674	1003	846,44
14	0,9	7,2	0,9	6,3	22,8	284	674	1003	851,11
15	1,3	6,8	1,3	5,5	23,2	284	674	1003	836,39
16	0,9	8,1	0,9	7,2	21,9	284	674	1003	840,67
17	0,6	8,6	0,6	8	21,4	284	674	1003	849,42
18	1	7,3	1	6,3	22,7	284	674	1003	845,06
19	1,2	6,9	1,2	5,7	23,1	284	674	1003	840,02
20	0,9	7,7	0,9	6,8	22,3	284	674	1003	845,28
21	1,8	5,9	1,8	4,1	24,1	284	674	1003	823,07
22	2	5,8	2	3,8	24,2	284	674	1003	815,04
23	1,7	6,5	1,7	4,8	23,5	284	674	1003	821,08
24	1,4	7,1	1,4	5,7	22,9	284	674	1003	828,32
MEDIA									790,40

Per il profilo A-B La media della velocità ottenute lungo il profilo è risultata essere Vs30 medio = 790,40m/s. e, in base alla normativa vigente (D.M.14/01/2008), il profilo stratigrafico del suolo di fondazione rientra nella **categoria B:** *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero N_{spt30} >50 nei terreni a grana grossa e cu₃₀>250kpa nei terreni a grana fina).*

INDAGINE TIPO MASW

INTRODUZIONE

L'indagine geofisica è stata realizzata con un metodo sismico attivo frequenziale, con tecnica Masw, che ha permesso di ottenere il profilo di velocità in onde "S" nei primi 30 m di profondità (V_{s30}) utili alla classificazione del sottosuolo ai sensi della vigente normativa (NCT 2008, del D.M. 14/09/2005 3.2.1 e dell'Ordinanza del Presidente Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003).

Vista la morfologia dell'area in esame, è stato possibile eseguire un unico profilo della lunghezza di 69 m, utilizzando 24 geofoni con intervallo intergeofonico pari a 3,0 m.

Per le acquisizioni delle onde superficiali, sono stati utilizzati 24 geofoni verticali con sorgente ad impatto verticale (onde di Rayleigh), come sorgente di energia è stata utilizzata una mazza di battuta da 9 Kg e sono stati realizzati 3 punti di energizzazione esterni allo stendimento, rispettivamente a 2, 5 e 10 m di distanza dal primo geofono.

L'acquisizione dei dati è stata effettuata mediante il Sismografo AMBROGEO a 16 bit con 24 canali (ECHO 24/2002), mentre la successiva elaborazione è avvenuta mediante il software WinMASW della EliaSoft.

NOTE TEORICHE

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine sismica di recente introduzione (Parker, Miller e Xia -1999) che, attraverso l'analisi di onde superficiali di tipo Rayleigh registrate contemporaneamente da 12-24 o più sensori (geofoni o accelerometri), mira ad ottenere profili V_{sv} -Z (velocità delle onde di taglio verticali – profondità). In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase: la velocità di fase dipende dalla frequenza e tale dipendenza è esprimibile attraverso una curva di dispersione. La natura dispersiva di questo tipo di onde è correlabile con il fatto che onde ad alta frequenza (lunghezza d'onda corta) si propagano negli strati più superficiali di terreno, mentre onde a bassa frequenza (lunghezza d'onda lunga) si propagano negli strati più profondi.

Le profondità di esplorazione del sottosuolo massima (Z) e minima (z) che si possono raggiungere con questo tipo di indagine sono legate rispettivamente alla lunghezza dello stendimento (D) e alla distanza tra i geofoni (dx). In prima approssimazione $D \approx Z \approx \lambda_{max}$ e $z \approx dx \approx \lambda_{min}$, dove λ_{max} è la lunghezza d'onda massima misurata (corrispondente alla minima frequenza) e λ_{min} è la lunghezza d'onda minima (massima frequenza).

Vs30 per il modello a 3 strati

geofoni	rifrattore 1	rifrattore 2	h1 (m)	h2 (m)	h3 (m)	V1 (m/s)	V2 (m/s)	V3 (m/s)	Vs30 (m/s)
1	4,1	6,9	4,1	2,8	23,1	284	674	1003	720,78
2	3,8	7,6	3,8	3,8	22,4	284	674	1003	725,49
3	3,5	8,3	3,5	4,8	21,7	284	674	1003	730,27
4	3,2	8,6	3,2	5,4	21,4	284	674	1003	738,63
5	3,2	8,7	3,2	5,5	21,3	284	674	1003	737,75
6	3,4	8,8	3,4	5,4	21,2	284	674	1003	729,57
7	3,3	9,7	3,3	6,4	20,3	284	674	1003	725,43
8	3,1	9	3,1	5,9	21	284	674	1003	738,80
9	2,9	10,1	2,9	7,2	19,9	284	674	1003	736,48
10	2,8	9,1	2,8	6,3	20,9	284	674	1003	749,18
11	1,8	8,9	1,8	7,1	21,1	284	674	1003	791,37
12	1,7	8,1	1,7	6,4	21,9	284	674	1003	803,95
13	0,9	7,6	0,9	6,7	22,4	284	674	1003	846,44
14	0,9	7,2	0,9	6,3	22,8	284	674	1003	851,11
15	1,3	6,8	1,3	5,5	23,2	284	674	1003	836,39
16	0,9	8,1	0,9	7,2	21,9	284	674	1003	840,67
17	0,6	8,6	0,6	8	21,4	284	674	1003	849,42
18	1	7,3	1	6,3	22,7	284	674	1003	845,06
19	1,2	6,9	1,2	5,7	23,1	284	674	1003	840,02
20	0,9	7,7	0,9	6,8	22,3	284	674	1003	845,28
21	1,8	5,9	1,8	4,1	24,1	284	674	1003	823,07
22	2	5,8	2	3,8	24,2	284	674	1003	815,04
23	1,7	6,5	1,7	4,8	23,5	284	674	1003	821,08
24	1,4	7,1	1,4	5,7	22,9	284	674	1003	828,32
MEDIA									790,40

Per il profilo A-B La media della velocità ottenute lungo il profilo è risultata essere **Vs30 medio = 790,40m/s.** e, in base alla normativa vigente (D.M.14/01/2008), il profilo stratigrafico del suolo di fondazione rientra nella **categoria B:** *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kpa nei terreni a grana fina).*

Nella prospezione MASW, quindi, è particolarmente importante l'uso di una sorgente di energia idonea a generare onde a bassa frequenza con λ paragonabili alla lunghezza dello stendimento, ossia alla profondità massima che vogliamo investigare. E' fondamentale, inoltre, adottare una distanza intergeofonica piccola (preferibilmente inferiore ai 2 metri) in modo da avere informazioni anche sulle porzioni di terreno più superficiali. Il processing dei dati permette di ottenere un'immagine (overtone) dove sono rappresentati, nel campo velocità di fase – frequenza oppure nel campo numero d'onda - frequenza, diversi modi delle onde di Rayleigh. L'analisi di queste immagini consente l'estrazione delle curve di dispersione dalla cui inversione si ottengono i profili di velocità delle onde Sv.

RISULTATI

L'analisi del parametro Vs30 ottenuto dalle modellizzazioni effettuate è risultato pari a **Vs30=574 m/sec**; per cui il sito in esame, in base alla normativa vigente (D.M.14/01/2008), può essere classificato nella **categoria B**: *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kpa nei terreni a grana fina).*

Il rilievo nello specifico ha fornito un modello sismostratigrafico riconducibile a 4 sismostrati, ai quali sono stati attribuiti i seguenti valori delle velocità (Vs) e dei moduli fisici del terreno:

	Vs (m/s)	Spessore (m)	Modulo di taglio (Mpa)	Bulk (Mpa)	Young's (Mpa)	Lamè (Mpa)
sismostrato 1	460	6.0	434	1462	1186	1172
sismostrato 2	550	10.0	634	2128	1731	1705
sismostrato 3	620	12.0	815	2591	2213	2048
sismostrato 4	1200	2.0	3246	7327	8484	5164

Nella prospezione MASW, quindi, è particolarmente importante l'uso di una sorgente di energia idonea a generare onde a bassa frequenza con λ paragonabili alla lunghezza dello stendimento, ossia alla profondità massima che vogliamo investigare. E' fondamentale, inoltre, adottare una distanza intergeofonica piccola (preferibilmente inferiore ai 2 metri) in modo da avere informazioni anche sulle porzioni di terreno più superficiali. Il processing dei dati permette di ottenere un'immagine (overtone) dove sono rappresentati, nel campo velocità di fase – frequenza oppure nel campo numero d'onda - frequenza, diversi modi delle onde di Rayleigh. L'analisi di queste immagini consente l'estrazione delle curve di dispersione dalla cui inversione si ottengono i profili di velocità delle onde Sv.

RISULTATI

L'analisi del parametro Vs30 ottenuto dalle modellizzazioni effettuate è risultato pari a **Vs30=574 m/sec**; per cui il sito in esame, in base alla normativa vigente (D.M.14/01/2008), può essere classificato nella **categoria B**: *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero Nspt30 >50 nei terreni a grana grossa e cu30>250kpa nei terreni a grana fina).*

Il rilievo nello specifico ha fornito un modello sismostratigrafico riconducibile a 4 sismostrati, ai quali sono stati attribuiti i seguenti valori delle velocità (Vs) e dei moduli fisici del terreno:

	Vs (m/s)	Spessore (m)	Modulo di taglio (Mpa)	Bulk (Mpa)	Young's (Mpa)	Lamè (Mpa)
sismostrato 1	460	6.0	434	1462	1186	1172
sismostrato 2	550	10.0	634	2128	1731	1705
sismostrato 3	620	12.0	815	2591	2213	2048
sismostrato 4	1200	2.0	3246	7327	8484	5164

Per una migliore lettura dei dati ottenuti con il presente lavoro, si rimanda agli elaborati specifici prodotti in allegato.

CONCLUSIONI

I risultati delle due indagini sismiche volte a misurare la velocità delle onde di taglio (V_s) nei terreni interessati dal progetto in esame, pur mostrando una differente velocità media attribuibile alla diversa tecnica utilizzata e alla tipologia delle onde di taglio prese in considerazione nel calcolo della V_{s30} , sono concordi nell'attribuire il terreno in base alla normativa vigente (D.M.14/01/2008) alla **categoria B:** *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kpa nei terreni a grana fina).*

VERIFICHE DI STABILITÀ DEL VERSANTE

NOTE TEORICHE

Le procedure di analisi di stabilità di un pendio in terra, attraverso la valutazione dell'equilibrio limite, consistono nella stima di un coefficiente di sicurezza alla traslazione e/o alla rotazione del volume di terra compreso fra la superficie del versante ed una superficie di taglio potenziale imposta.

La procedura di calcolo prende in considerazione tutte le forze e/o i momenti agenti lungo il piano di taglio, fornendo una valutazione della stabilità globale attraverso le equazioni d'equilibrio fornite dalla statica.

Il coefficiente di sicurezza globale del pendio viene calcolato attraverso il rapporto fra la resistenza di taglio massima disponibile lungo la superficie di rottura e gli sforzi tangenziali mobilitati lungo tale piano:

$$F_{sic} = T_{max} / T_{mob};$$

con

F_{sic} = coefficiente di sicurezza;

T_{max} = resistenza di taglio massima;

T_{mob} = sforzo tangenziale mobilitato.

All'equilibrio ($T_{max} = T_{mob}$) F_{sic} deve essere ovviamente uguale a 1.

Il pendio potrebbe essere considerato in teoria stabile, quando F_{sic} risulta maggiore di 1 ($T_{max} > T_{mob}$), instabile in caso contrario ($T_{max} < T_{mob}$). In realtà, per tener conto dell'incertezza introdotta dalle ipotesi semplificatrici nella procedura di calcolo e soprattutto dell'approssimazione con cui sono noti i parametri geotecnici del terreno, per Legge e per consuetudine pratica la stabilità può dirsi raggiunta solo nel caso in cui F_{sic} sia maggiore di **1.3** (D.M.11.03.1988) o di **1,1** (D.M.14.01.2008) in condizioni

statiche e maggiore di **1.1** (D.M.11.03.1988) o di **1,0** (D.M.14.01.2008) in presenza di sisma.

Impostazione della procedura di calcolo

Nell'applicare le equazioni della statica al problema dell'analisi di stabilità di un pendio in terra occorre ipotizzare che siano verificate le seguenti condizioni:

a) la verifica va eseguita prendendo in esame una striscia di versante di larghezza unitaria (solitamente di 1 metro), trascurando l'interazione laterale fra tale striscia ed il terreno contiguo;

b) la resistenza al taglio lungo la superficie potenziale di rottura deve essere esprimibile attraverso la legge di Coulomb:

$$T_{\max} = c + \gamma h \operatorname{tg} \varphi;$$

con

$T_{\max}$ = resistenza di taglio massima del terreno;

c = coesione del terreno;

γ = peso di volume del terreno;

h = profondità della superficie di rottura;

φ = angolo di resistenza al taglio del terreno.

c) la precisione con cui vengono stimati in sito o in laboratorio i parametri geotecnici coesione e angolo di resistenza al taglio deve essere la stessa: in caso contrario la resistenza al taglio mobilitata dovrebbe essere espressa nel seguente modo:

$$T_{\text{mob}} = (c/F_{\text{sicc}}) + (\gamma h \operatorname{tg} \varphi/F_{\text{sicp}});$$

con

F_{siic} = coefficiente di sicurezza legato a c ;

F_{sicp} = coefficiente di sicurezza legato a φ ;

Con il D.M.11.03.1988 i due fattori di sicurezza parziali vanno posti uguali a 1, mentre nel D.M.14.01.2008 sono uguali rispettivamente a (Approccio I combinazione 2):

$F_{\text{siic}} = 1,25$ (coesione drenata) o $1,40$ (coesione non drenata);

$F_{\text{sicp}} = 1,25$.

d) deve aversi una distribuzione omogenea degli sforzi tangenziali mobilitati (T_{mob}) lungo la superficie potenziale di rottura. Questo significa che in ogni punto del piano ipotetico di scivolamento i parametri dell'equazione di Coulomb c , φ , γ ed h devono avere lo stesso valore.

Per limitare l'errore introdotto nel calcolo da quest'ultima ipotesi, la superficie di scivolamento viene, nella maggior parte delle procedure di calcolo note in letteratura, suddivisa in più settori (conci), all'interno dei quali si considera realizzata la condizione di omogeneità di T_{mob} . Nella pratica i limiti dei conci vengono fatti cadere dove vi sia una variazione significativa di γ , c e φ del terreno o in corrispondenza di variazioni significative nel profilo topografico del versante.

Questo modo d'impostare il problema conduce però all'introduzione nella risoluzione analitica di nuove incognite che esprimono il modo in cui interagiscono fra loro, lungo le superfici divisorie, i vari conci.

In definitiva nel calcolo del valore di F_{sic} intervengono le seguenti incognite (n = numero dei conci preso in considerazione):

Le verifiche di stabilità di versante eseguite hanno riguardato la sezione 2, che attraversa il corpo centrale del polo ospedaliero, nella situazione attuale e nella situazione di progetto (vedi carta ubicazione indagini).

L'analisi è stata effettuata con i metodi di Fellenius, Bishop e Jambu, simulando la presenza di sisma; le superfici di scivolamento con coefficiente di sicurezza minimo (**Fs**) più basso, sono risultate essere quelle ottenute con il metodo semplificato di Jambu.

Nei calcoli eseguiti sono stati utilizzati i parametri geotecnici ricavati dalle prove in situ e dalle prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati durante la campagna geognostica del 2008.

Nella tabella seguente sono riportati i parametri geotecnici della sequenza stratigrafica locale ai quali lo scrivente a fatto riferimento.

Situazione stratigrafica e geotecnica locale.

Descrizione Litologica	Φ'	C	γ
Terreno di riporto	28 - 40°	0,00	2,00
Colluvioni	23°	0,05	2,00
Detriti calcarei	44°	0,00	2,20
Argille limose	25°	0,40	2,10
Ghiaie addensate	43°	0,00	2,20
Calcere massiccio	45°	0,00	2,20

Φ' = Angolo d'attrito interno (°gradi)

C = Coesione (Kg/cm²)

γ = Peso di volume naturale (g/cm³)

Come accelerazione sismica orizzontale è stato stimato il valore di **0.154g**.

Le verifiche effettuate, hanno fornito dei coefficienti di sicurezza superiori a quelli minimi (**Fs** > **1,1** in condizioni statiche, **Fs** > **1,0** in presenza di sisma) previsti dalla normativa di riferimento: D.M. 14/01/2008 (Approccio 1 combinazione 2), per tutte le condizioni analizzate. (vedi allegati).

Da tener presente che il terreno di riporto a monte del polo ospedaliero deve avere un angolo d'attrito interno (Φ) non inferiore a 40°.

ELABORAZIONE ED INTERPRETAZIONE DELLE MISURE INCLINOMETRICHE

Ottobre 2008 – Febbraio 2011

INDICE

Paragrafi:

- 1. Premessa pag.1
- 2. Note tecniche sulle misurazioni inclinometriche pag.1
- 3. Elaborazione ed analisi dei dati..... pag.2