



Comune di Ancona

Area lavori Pubblici
"U.O. Geologica"

CIMITERO di TAVERNELLE

***"Costruzione di un nuovo Colombario"
Serie 44 - B***

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
DIRIGENTE DELLA DIREZIONE
dott. Ing. Luciano Lucchetti
decreto sindacale n. 3 del 29/02/2016

RELAZIONE GEOLOGICA



Dott. Geol. Stefano Cardellini

Coll. Dott. Geol. Augusto Nicoletti

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
(Arch. Maurizio Agostinelli)

Data: 8 Maggio 2014

1) PREMESSA

E' stata eseguita un'indagine geologica per studiare le caratteristiche morfologiche, litostratigrafiche e geotecniche di un'area e dei terreni di fondazione di costruendi manufatti da adibire a colombari " **Serie 44 - B** " per la tumulazione delle salme nel cimitero di Tavernelle nel Comune di Ancona.

Collegando e sintetizzando le osservazioni di massima eseguite in situ durante i primi sopralluoghi si è articolata la presente indagine nelle seguenti fasi:

- 1) Sopralluoghi e rilievi per la programmazione della campagna geognostica;
- 2) Esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo e prelievo di campioni con prove geotecniche di laboratorio;
- 3) Esecuzione da parte di un'impresa specializzata di n° 2 prove penetrometriche statiche "CPT", con penetrometro da 20 Tonnellate di spinta in testa e punta Begemann ;
- 4) Indagine geofisica " Sismica MASW " per la determinazione Vs30;
- 5) Esecuzione di una carta geologica, scala 1:10.000.
- 6) Esecuzione di una carta geomorfologica scala 1:10.000.
- 7) Esecuzione di una carta con l'ubicazione delle indagini geognostiche eseguite.
- 8) Elaborazione dei dati osservati sul terreno ed ottenuti dalle prove geognostiche e dalle altre indagini eseguite in siti limitrofi anche confrontati con quelli derivati da studi precedenti (*) e quindi stesura della relazione geologica conclusiva.

Le indagini in situ sono state eseguite dalla Ditta TECNOSONDAGGI di Brugiapaglia di Osimo ed il rapporto finale è allegato alla presente relazione quale parte integrante.

2) UBICAZIONE, MORFOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOLOGICO-STRUTTURALI

L'area destinata all'edificazione del costruendo manufatto è ubicata in località Tavernelle nell'interno dell'area cimiteriale nel Comune di Ancona.

Quest'ultima è ubicata ai piedi del versante Nord-est della struttura collinare di Monte D'Ago nella zona valliva dove si trova il Rio Marganetto attualmente convogliato in un collettore.

Il profilo morfologico dell'area in oggetto si presenta sub-orizzontale e per tale motivo non vengono eseguite verifiche di stabilità del versante.

L'area è posta a circa 80 mt s.l.m., non è interessata da movimenti franosi e non presenta "mammellonamenti" o "fessurazioni" indicanti fenomeni gravitativi attivi o quiescenti.

La zona di Tavernelle in oggetto di studio è sita lungo la Sinclinale Montacuto-Grazie, struttura orientata SE-NO che comprende rocce in successione stratigrafica normale dal Miocene medio (Schlier) in facies marnoso calcarea e dal Miocene Superiore (Formazione a Colombacci, Formazione Gessoso Solfifera e Orizzonte del Trave) in facies marnoso calcarea ed evaporitica, fino al Pliocene Inferiore (Argille marnose grigio-azzurre con livelli sabbiosi).

Nella zona esaminata, sotto una coltre di materiale di riporto e una copertura eluvio-colluviale, è stata riscontrata la Formazione delle Argille Marnoso-siltose grigio-azzurre del Pliocene Inferiore, intercalate a rari livelli di sabbia medio-fine.

3) STRATIGRAFIA DEI TERRENI E DATI DI LABORATORIO GEOMECCANICO

SONDAGGIO GEOGNOSTICO "S1":

E' stato eseguito un sondaggio geognostico a rotazione a carotaggio continuo sia a secco che a circolazione idrica che ha permesso di valutare le caratteristiche litostratigrafiche .

Le successioni stratigrafiche rilevate nell'area interessata e desunte dal sondaggio geognostico effettuato sono così riassumibili:

- In quasi tutta l'area è presente circa m. 3,20 di **terreno di riporto** caratterizzato da limo di colore grigiastro verdastro, plastico con inclusioni di ghiaino ed i primi 70 cm. sono caratterizzati da uno strato di conglomerato bituminoso.
- Al di sotto di tale materiale si è rilevata la seguente successione stratigrafica:

Coltre Eluvio-Colluviale (da - m. 3,20 a - m. 5,00) : Limo argilloso nocciola con veli grigi, leggermente plastico e con alcune fratture . Presente a - 4,60 m. uno strato plastico di circa 20 cm. di spessore;;

Formazione alterata (da - m. 5,00 a - m. 11,80) : Limo argilloso grigiastro e nocciola con rare fratture. Presente da - 8,50 m. a - 8,70 un livello limoso sabbioso, e da - 8,80 m. il colore è più scuro;

Formazione inalterata (da - m. 11,80 a - m. 20,00) : Argilla limosa con veli sabbiosi dura compatta, struttura evidente, colore bluastro e grigio piombo ;

Il sondaggio ha raggiunto la profondità di 20,00 m. dal piano di campagna (p.c.). E' stato prelevato un campione indisturbato, per essere mandato al Laboratorio Geomeccanico, al fine di avere le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni così come prevede l'attuale normativa:

in S1 campione **n.1** a - m.3,20 dal p.c. (nei terreni Eluvio-Colluviali)

Dati Geotecnici di Laboratorio sul campione S1

| | | | | |
|-----------|---|-------------|---|---|
| γ | = | 1,94 | T/mc (peso di volume) | * |
| φ | = | 25,6 ° | gradi (angolo di attrito interno -valore di picco) | * |
| C' | = | 25,60 | Kpa (coesione intercetta - valore di picco) | * |
| Ed | = | 15733-13447 | Kpa (Modulo Edometrico) | * |

* *Datti ottenuti dalle prove di laboratorio Geomeccanico i cui tabulati sono allegati quale parte integrate della presente relazione*

4) PARAMETRI FISICO-MECCANICI E STRATIGRAFIA DESUNTE DALLE PROVE GEOGNOSTICHE

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE “CPT”

Sono state eseguite nell'area oggetto di studio n°2 prove penetrometriche statiche con penetrometro da 20 Tonnellate e punta tipo "Bergemann":

$$\text{CPT 1} = 11,80 \text{ m.} \quad \text{CPT 2} = 7,80 \text{ m.}$$

Le successioni stratigrafiche rilevate nell'area interessata, a partire dal p.c., sono così riassumibili:

- In **CPT 1**
 - da 0.00 a 1.20 Terreni di riporto ;
 - da 1.20 a 4.20 Terreni **Elluvio Colluviali** di natura limosa ;
 - da 4.20 a 10.60 Terreni Argilloso limosi di buona consistenza – **Formazione Alterata**;
 - da 10.60 a 11.80 Terreni Argillosi di buona consistenza – **Formazione Integra**;

- In **CPT2**
 - da 0.00 a 1.80 Terreni di riporto ;
 - da 1.80 a 4.80 Terreni **Elluvio Colluviali** di natura limosa ;
 - da 4.80 a 7.80 Terreni Argilloso limosi di buona consistenza – **Formazione Alterata**;

Dall'analisi delle prove risulta un terreno con resistenze alla punta “Qc” relativamente basse nei terreni elluvio – colluviali e gli stessi risultano umidi.

PARAMETRI FISICO-MECCANICI DESUNTI DALLE PROVE IN SITU

I parametri fisico-meccanici dei terreni necessari per il calcolo geotecnico vengono di seguito indicati:

DATI GEOTECNICI ELLUVIO-COLLUVIONI

| | | | | |
|-----------|---|-------------|---------------|-------------------------------|
| γ | = | 1,85 - 1,90 | T/mc | (peso di volume) * |
| φ | = | 19° - 22° | gradi | (angolo di attrito interno) * |
| Cu | = | 0,50 - 0,70 | Kg/cmq | (coesione non drenata) * |
| Ed | = | 50 - 70 | Kg/cmq | (Modulo Edometrico) * |

DATI GEOTECNICI FORMAZIONE ALTERATA

| | | | | |
|-----------|---|-------------|---------------|-------------------------------|
| γ | = | 1,90 - 2,00 | T/mc | (peso di volume) * |
| φ | = | 24° - 28° | gradi | (angolo di attrito interno) * |
| Cu | = | 1,00 - 1,20 | Kg/cmq | (coesione non drenata) * |

Ed = **120 - 150 Kg/cmq** (Modulo Edometrico) *

DATI GEOTECNICI FORMAZIONE INTEGRA

γ = **2,00 - 2,10 T/mc** (peso di volume) *

φ = **32° - 35° gradi** (angolo di attrito interno) *

Cu = **> di 2,00 Kg/cmq** (coesione non drenata) *

Ed = **150 - 200 Kg/cmq** (Modulo Edometrico) *

** Dati ottenuti dalla interpretazione dei tabulati della prove CPT allegata alla relazione e correlati con dati bibliografici di studi pregressi del Comune di Ancona pubblicati;*

5) ACQUE DI FALDA E ACQUE SUPERFICIALI

Durante l'esecuzione delle prove geognostiche è il sondaggio stesso si è riscontrato che i terreni specie la Coltre Eluviocolluviale presenta elevata umidità .

Essendo l'area situata quasi lungo la valle del fosso Marganetto e presentando spessori elevati di materiale alluvio-colluviale si ritiene che durante le stagioni piovose e/a seguito di elevate precipitazioni la falda possa risalire sino alla superficie interessando le fondazioni adottate.

6) SISMICA

Il D.M. 14.01.2008 e successiva Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n.617 del 02/02/2009 relativi alle nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni in Zone Sismiche" indicano i nuovi parametri da adottare per la progettazione e costruzione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azione.

Per quanto di competenza del Geologo in ordine all'incarico ricevuto, considerando che la scelta e la progettazione del tipo di fondazione è di competenza dell'ingegnere progettista dell'opera al fine di fornire i parametri di competenza indicati delle nuove norme tecniche è stata eseguita una indagine sismica "MASW " dalla quale risulta un coefficiente Vs30 dal piano campagna di 324 m/s

CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

(3.2.2 del D.M. 14.01.2008 - Tab. 3.2.II del DM 14.01.08 – Tab. 3.2.I V) :

Vista la geologia del suolo indagato il profilo stratigrafico del suolo di fondazione nell'area oggetto di studio viene identificato nel tipo

C- Terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m., caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero a valori di Cu_{30} compresi tra 70-250 Kpa)

In applicazione della Tab. 3.2.IV si specifica che la “categoria topografica del suolo indagato” è del tipo:

| |
|--|
| T1 “ Superficie pianeggiante con inclinazione media non superiore a 15° ” |
|--|

AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA –AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Ai fini della determinazione dello spettro di risposta elastico si dovranno considerare il parametri che caratterizzano il tipo di terreno del sito come specificato nelle allegate **tabelle 3.2.V – 3.2.VI riferite alla categoria di suolo “ C “**

Componenti Verticali (Tab.3.VII) ; Componenti Orizzontali (Tab 3.2.VIII)

(N.B. Tutte le tabelle richiamate del D.M. 14/01/2008 sono allegate in calce)

7) CONCLUSIONI

In relazione alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche dell'area in esame, alle caratteristiche stratigrafiche dei terreni che saranno interessati dalla costruzione del nuovo Colombario Serie “**44 - B**” al Cimitero di Tavernelle , si può affermare quanto segue:

- Dall'esame delle cartografie che si allegano: Geolitologica- - Individuazione PAI-, ed i rilievi effettuati, si evidenzia che l'area interessa dall'intervento in progetto non è interessata da vincoli P.A.I.
- L'edificazione dei costruendi manufatti si sviluppa all'interno di un ampio piazzale semi-pianeggiante, ai cui lati esistono altri colombari che presentano alcune lesioni. Detto piazzale per i primi metri è caratterizzato da terreni di diversa competenza “ Riporto su Eluviocolluvioni” come evidenziato dalla indagine eseguita in situ e allegata;
- Per i terreni indagati, visto lo spessore del materiale di riporto ed eluviocolluviale presente nell'area, si può consigliare la messa in opera di fondazioni profonde tipo pali trivellati attestati nel substrato formazionale. Data la presenza di falda, gli stesi andranno incamiciati. I pali saranno dimensionati dal progettista in relazione alle caratteristiche strutturali dell'opera che verrà posizionata.
- In applicazione del D.M. 14.01.2008 e successiva Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n.617 del 02/02/2009 relativi alle nuove “Norme Tecniche per le Costruzioni in Zone Sismiche” il suolo indagato, sulla base della indagine sismica, viene catalogato in “ C- Terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m., caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche

con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero a valori di Cu_{30} compresi tra 70-250 Kpa)

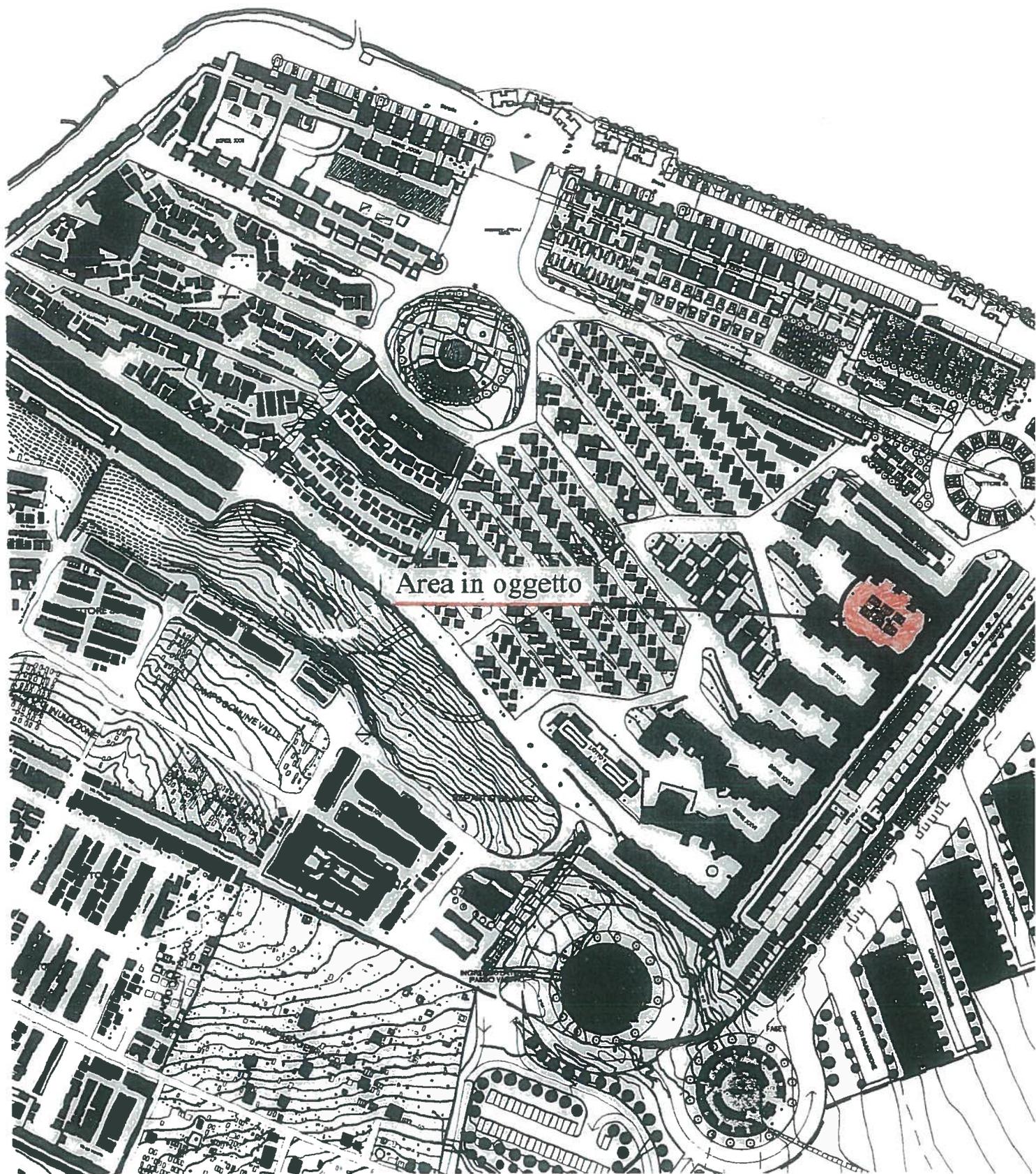
Si precisa comunque che la scelta del tipo e il dimensionamento delle fondazioni è dall'ingegnere progettista che dovrà comunque verificare gli eventuali cedimenti della struttura in relazione al terreno indicato .

Ancona, 08 Maggio 2014

Dr. Geol. Stefano Cardellini

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'S' followed by a cursive name, positioned to the right of the typed name.

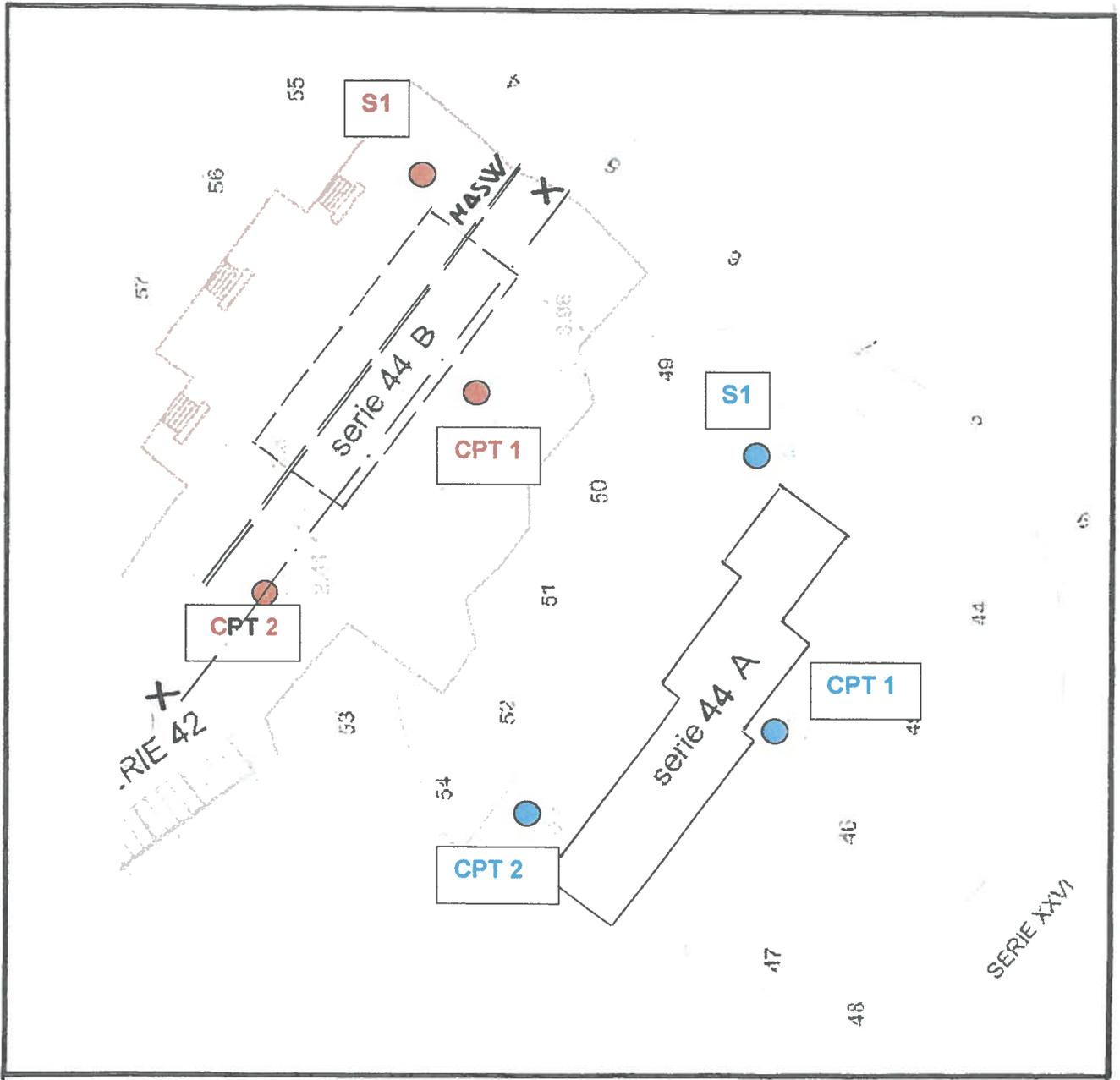
Comune di Ancona
Area Lavori Pubblici-U.O.Geologica
COROGRAFIA
Scala 1: 2.000



Comune di Ancona
Area Lavori Pubblici - U.O. Geologica

PLANIMETRIA

Scala 1: 200



S 1 Ubicazione Sondaggi

CPT Ubicazione Prove Penetrometriche Statiche

X - - - X Traccia Sezione Geologica

==== Ubicazione Sismica MASW

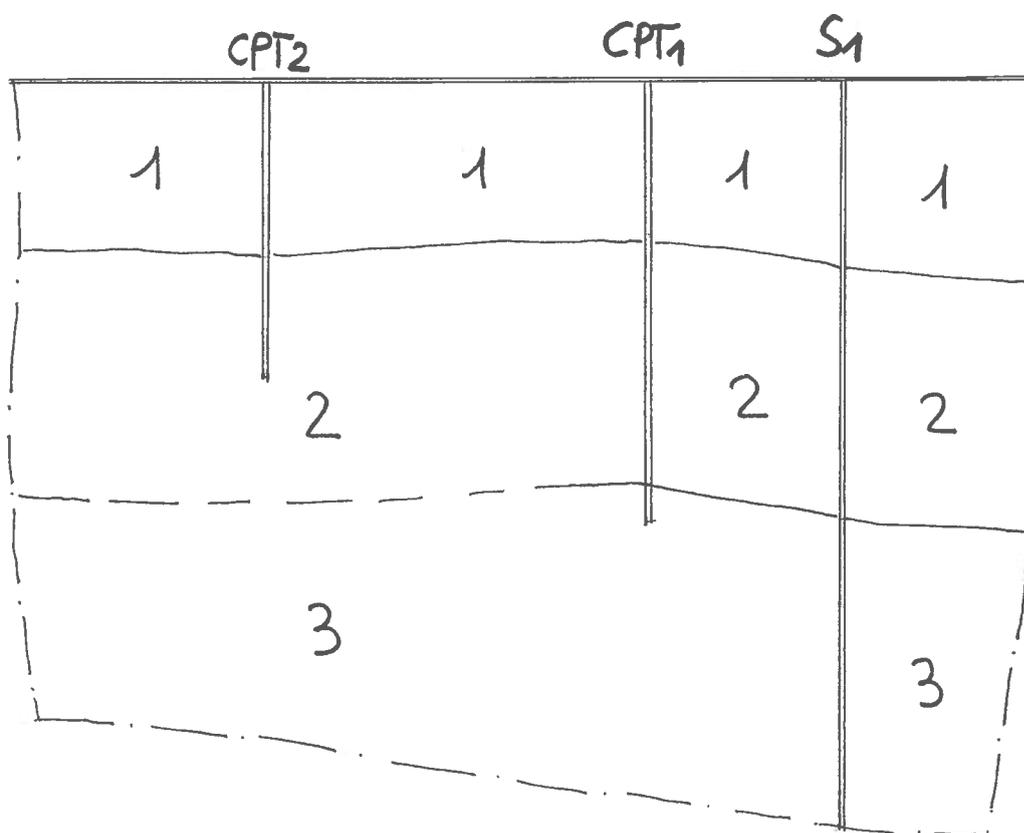
Comune di Ancona

Area Lavori Pubblici

"U.O. Geologica"

SEZIONE GEOLOGICA X- X

Scala 1: 200



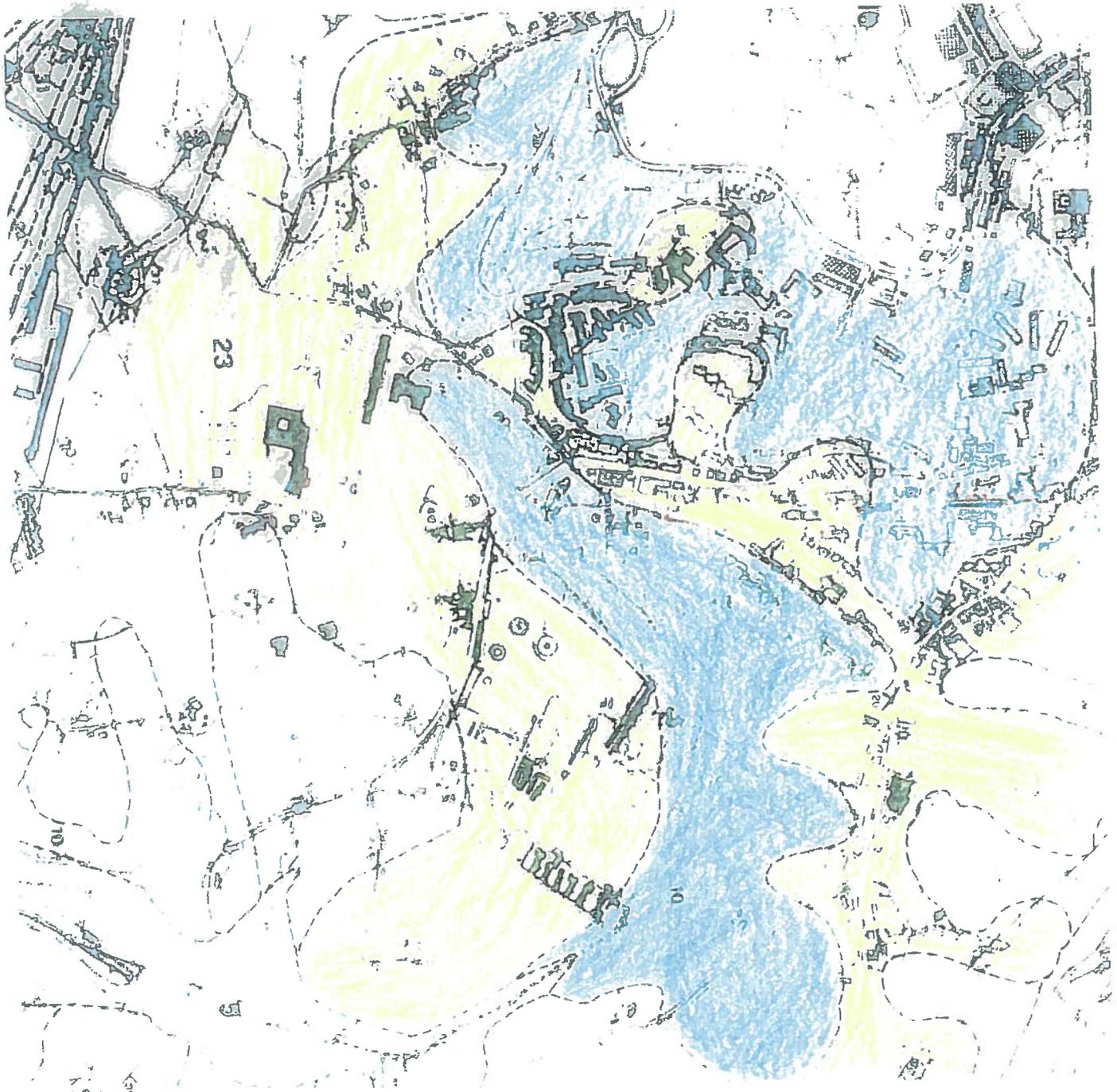
Legenda:

- S 1** Ubicazione Sondaggi ;
- CPT** Ubicazione Prove Statiche;

- 1** Terreni Limosi con sovrastante riporto antropico (**Elluvio Colluvioni**);
- 2** Terreni Argilloso limosi di buona consistenza (**Formazione Alterata**)
- 3** Terreni Argillosi di buona consistenza (**Formazione di base**)

Comune di Ancona
 Area Lavori Pubblici U.O. Geologica
CARTA GEOLITOLOGICA

Scala 1: 10.000



10 Limi argilloso sabbiosi di spessore superiore a 2 metri, (depositi eluviali colluviali accumulati di frana).

22 Argille e argille marnose, a luoghi sabbiose, in strati di 2-30cm, con sporadiche intercalazioni sabbioso arenacee (Pliocene successione inf)

23 Argille e argille marnose, a luoghi sabbiose, in strati di 2-30cm, con intercalazioni sabbioso arenacee, a luoghi cartografabili (23a); (Pliocene successione inf)

24 Calcareniti ed arenarie più o meno cementate (Orizzonte del Trave)

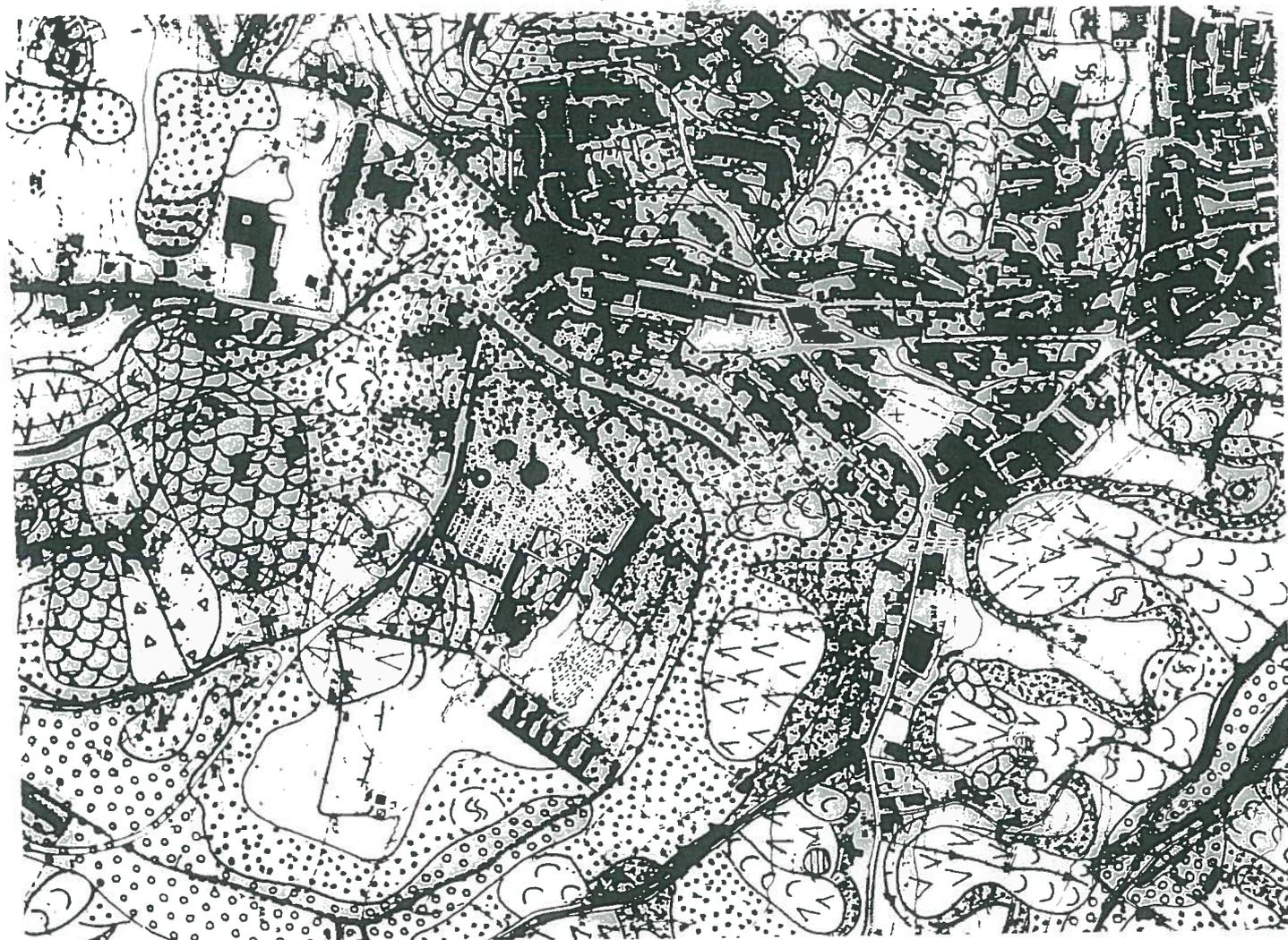
25 Argille, argille marnose con intercalazioni arenacee (Formazione a colombacci)

26 Marne argillose e argille marnose in strati di 1-10cm, con intercalazioni di strati arenacei, arenaceo conglomeratici e calcareo marnosi (25) strati arenacei cartografabili (25a) strati calcareo-marnosi cartografabili (25b) (Formazione di letto e Formazione a colombacci)

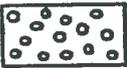
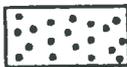
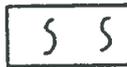
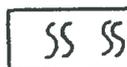
PLIOCENE INF.-MEDIO

CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1: 10.000



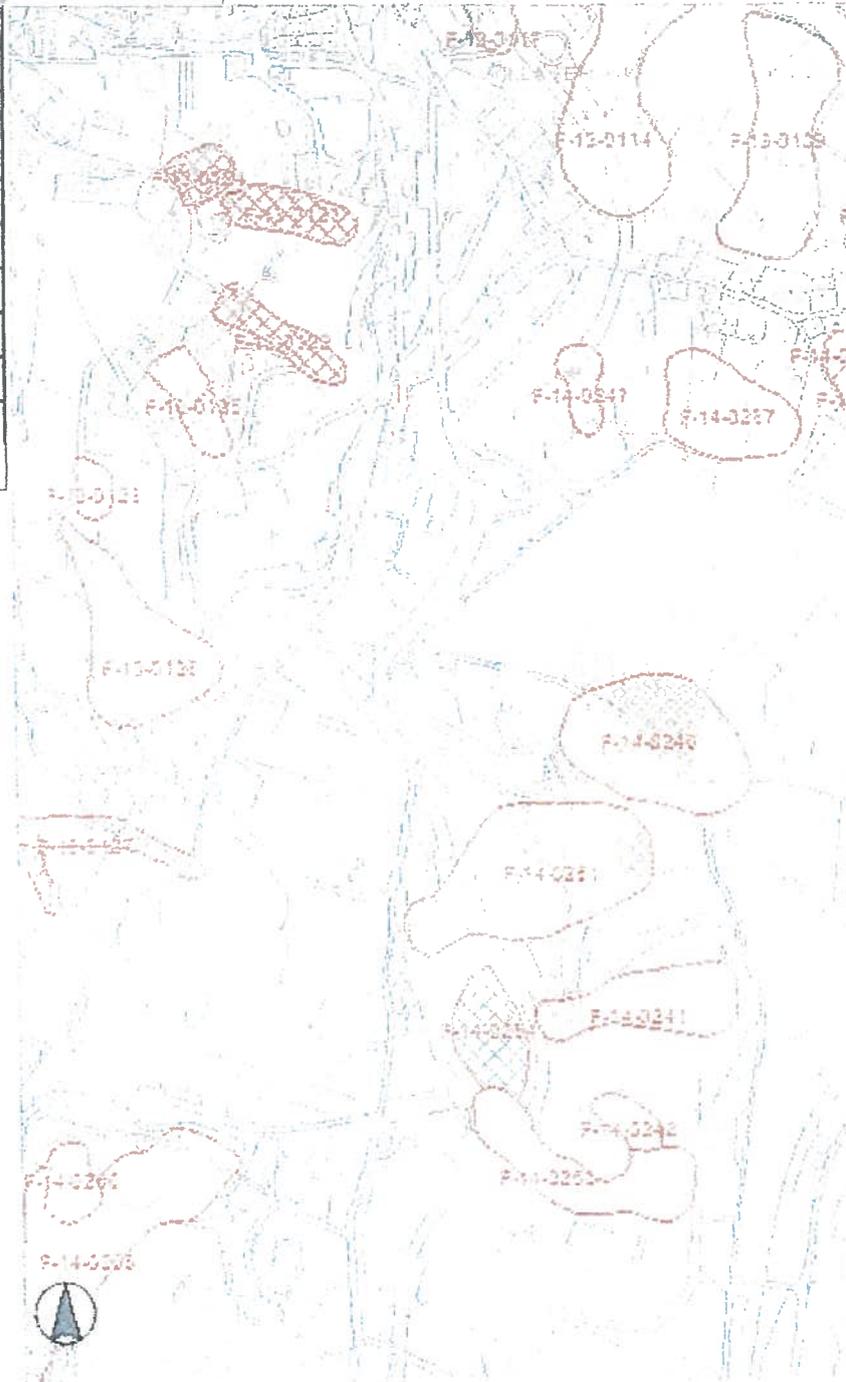
LEGENDA

| | |
|---|-------------------------------------|
|  | Alluvioni recenti e attuali |
|  | Colluvioni con spessore < 2 m |
|  | Colluvioni con spessore > 2 m |
|  | Soliflusso generalizzato |
|  | Deformazioni plastiche superficiali |
|  | Frane rotazionali e/o traslazionali |
|  | Colamenti |
|  | Ruscellamento diffuso |



REGIONE
MARCHE

Autorità di Bacino Regionale - Cartografia P.A.I.
Approvazione Gennaio 2004



- Legend
- TOPONIMI
 - VALANGHE
 - R1
 - R2
 - R3
 - R4
 - ESONDAZIONI
 - R1
 - R2
 - R3
 - R4
 - FRANE
 - R1
 - R2
 - R3
 - R4
 - CONFINI COMUNALI
 - EDIFICATO
 - BASE, CTR.
 - CURVE DI LIVELLO
 - LAGHI
 - FIUMI
 - CANALI
 - CONFINE REGIONALE



3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Tabella 3.2.II - *Categorie di sottosuolo*

| Categoria | Descrizione |
|-----------|--|
| A | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m. |
| B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina). |
| C | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{v,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina). |
| D | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina). |
| E | <i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s). |

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,30}$ è definita dall'espressione

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [\text{m/s}] \quad (3.2.1)$$

La resistenza penetrometrica dinamica equivalente $N_{SPT,30}$ è definita dall'espressione

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}} \quad (3.2.2)$$

La resistenza non drenata equivalente $c_{v,30}$ è definita dall'espressione

$$c_{v,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{v,i}}} \quad (3.2.3)$$

Nelle precedenti espressioni si indica con:

- h_i spessore (in metri) dell'*i*-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;
- $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;
- $N_{SPT,i}$ numero di colpi N_{SPT} nell'*i*-esimo strato;
- $c_{v,i}$ resistenza non drenata nell'*i*-esimo strato;
- N numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità;
- M numero di strati di terreni a grana grossa compresi nei primi 30 m di profondità;
- K numero di strati di terreni a grana fina compresi nei primi 30 m di profondità.

Condizioni topografiche

Tabella 3.2.IV - *Categorie topografiche*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|--|
| T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ |
| T2 | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ |
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i < 30^\circ$ |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ |

Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_c valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B, C, D** ed **E** i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_c^* relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V - Espressioni di S_s e di C_c

| Categoria sottosuolo | S_s | C_c |
|----------------------|---|------------------------------|
| A | 1,00 | 1,00 |
| B | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ | $1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$ |
| C | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ | $1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$ |
| D | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ | $1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$ |
| E | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ | $1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$ |

Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tabella 3.2.VI - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento | S_T |
|-----------------------|--|-------|
| T1 | - | 1,0 |
| T2 | In corrispondenza della sommità del pendio | 1,2 |
| T3 | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,2 |
| T4 | In corrispondenza della cresta del rilievo | 1,4 |

Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale

Tabella 3.2.VII - Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

| Categoria di sottosuolo | S_v | T_{II} | T_I | T_D |
|-------------------------|-------|----------|--------|-------|
| A, B, C, D, E | 1,0 | 0,05 s | 0,15 s | 1,0 s |

Spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali

Tabella 3.2.VIII - Valori dei parametri T_H e T_F

| Categoria sottosuolo | T_F [s] | T_H [s] |
|----------------------|-----------|-----------|
| A | 4,5 | 10,0 |
| B | 5,0 | 10,0 |
| C, D, E | 6,0 | 10,0 |

Resistenze

Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| PARAMETRO | GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE | COEFFICIENTE PARZIALE | (M1) | (M2) |
|---|---|-----------------------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \varphi'_k$ | γ_M $\gamma_{\varphi'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Coesione efficace | c'_k | γ_c | 1,0 | 1,25 |
| Resistenza non drenata | c_{uh} | γ_{cu} | 1,0 | 1,4 |
| Peso dell'unità di volume | γ | γ_T | 1,0 | 1,0 |

**TECNOSONDAGGI
DI BRUGIAPAGLIA CLAUDIO
VIA ABBADIA 39 – OSIMO 60028 – ANCONA
TEL/FAX 071 781840 – CELL. 335 6686573
P.I. 01511970426 – WWW.TECNOSONDAGGI.IT**

**INDAGINE GEOGNOSTICA PER NUOVI
COLOMBARI SERIE 44B NEL CIVICO CIMITERO DI
TAVERNELLE**

COMMITTENTE: COMUNE DI ANCONA

**TECNOSONDAGGI
DOTT. GEOL. FABIO VITA**

marzo 2014

1. PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Ancona si è svolta un'indagine geognostica finalizzata alla realizzazione di nuovi colombari SERIE 44B all'interno del civico cimitero di Tavernelle.

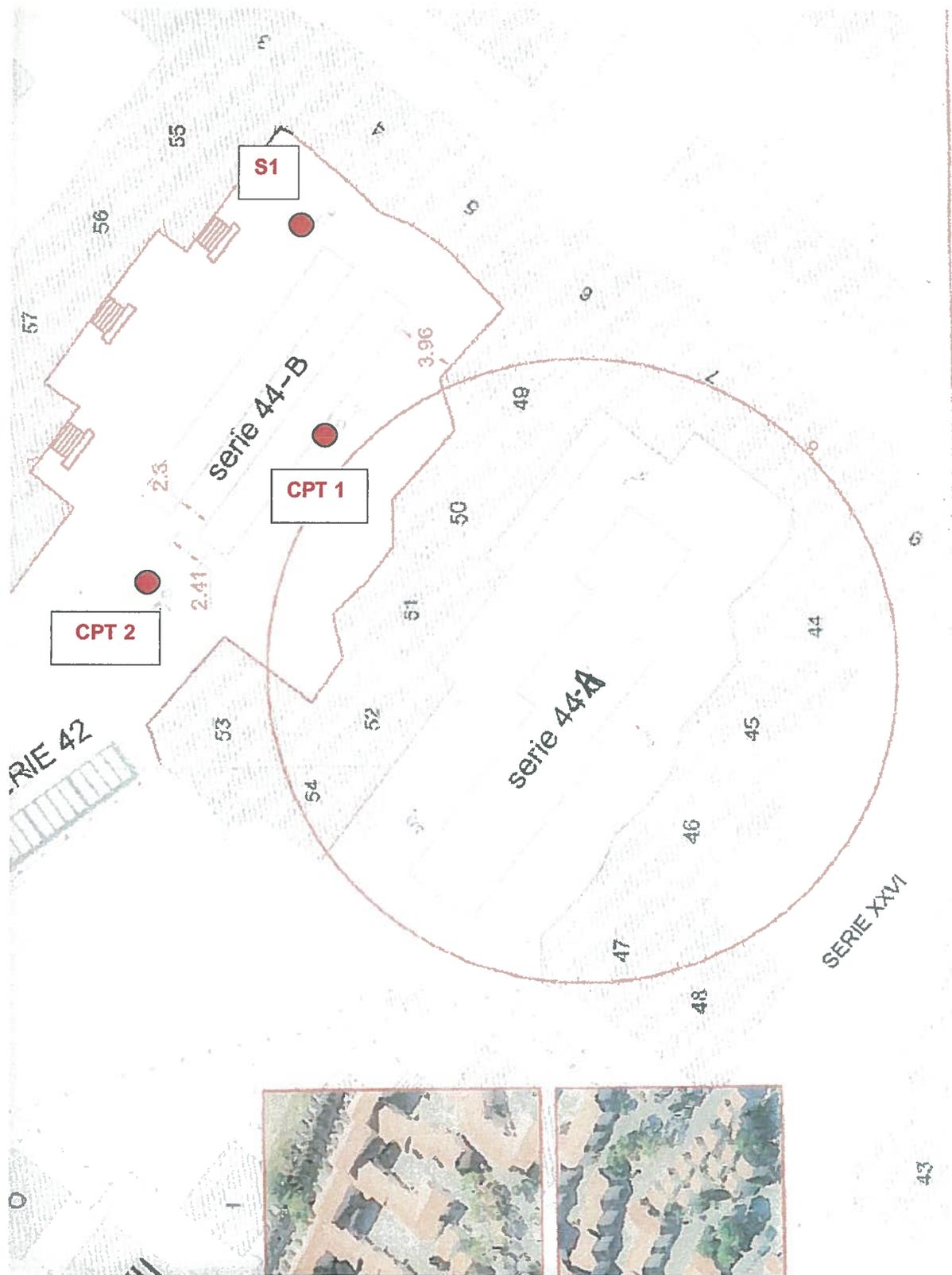
Lo studio si è articolato nelle seguenti fasi:

- Sopralluogo preliminare;
- Esecuzione di n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo;
- Esecuzione di n. 2 Prove Penetrometriche Statiche (CPT);
- Prelievo ed analisi di laboratorio su n. 1 campione di terreno indisturbato;
- Esecuzione di n. 1 indagine sismica MASW;

2. STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Per l'esecuzione dei sondaggi geognostici è stata utilizzata una sonda a rotazione modello S 30 cingolata dei F.lli Mori (coppia 900 Kgm). I campioni di terreno sono prelevati mediante carotiere semplice di diametro 101 mm, tali da rendere minimo il disturbo dei materiali attraversati. Le pareti del foro saranno sostenute, a seconda delle esigenze, da fluidi di circolazione (acqua, fanghi), da rivestimenti come tubi metallici (camicie) dal diametro di 127 mm, o tramite la cementazione del foro stesso; la scelta del tipo di sostegno è in funzione dei terreni da attraversare. I campioni estratti dai carotieri (carote) vengono poi sistemati in apposite cassette catalogatrici atte alla loro conservazione, ove saranno riportati in modo indelebile il numero di sondaggio e le profondità di riferimento. Nel corso del sondaggio è stata rilevata la stratigrafia del terreno attraversato.

UBICAZIONE INDAGINI IN SITO



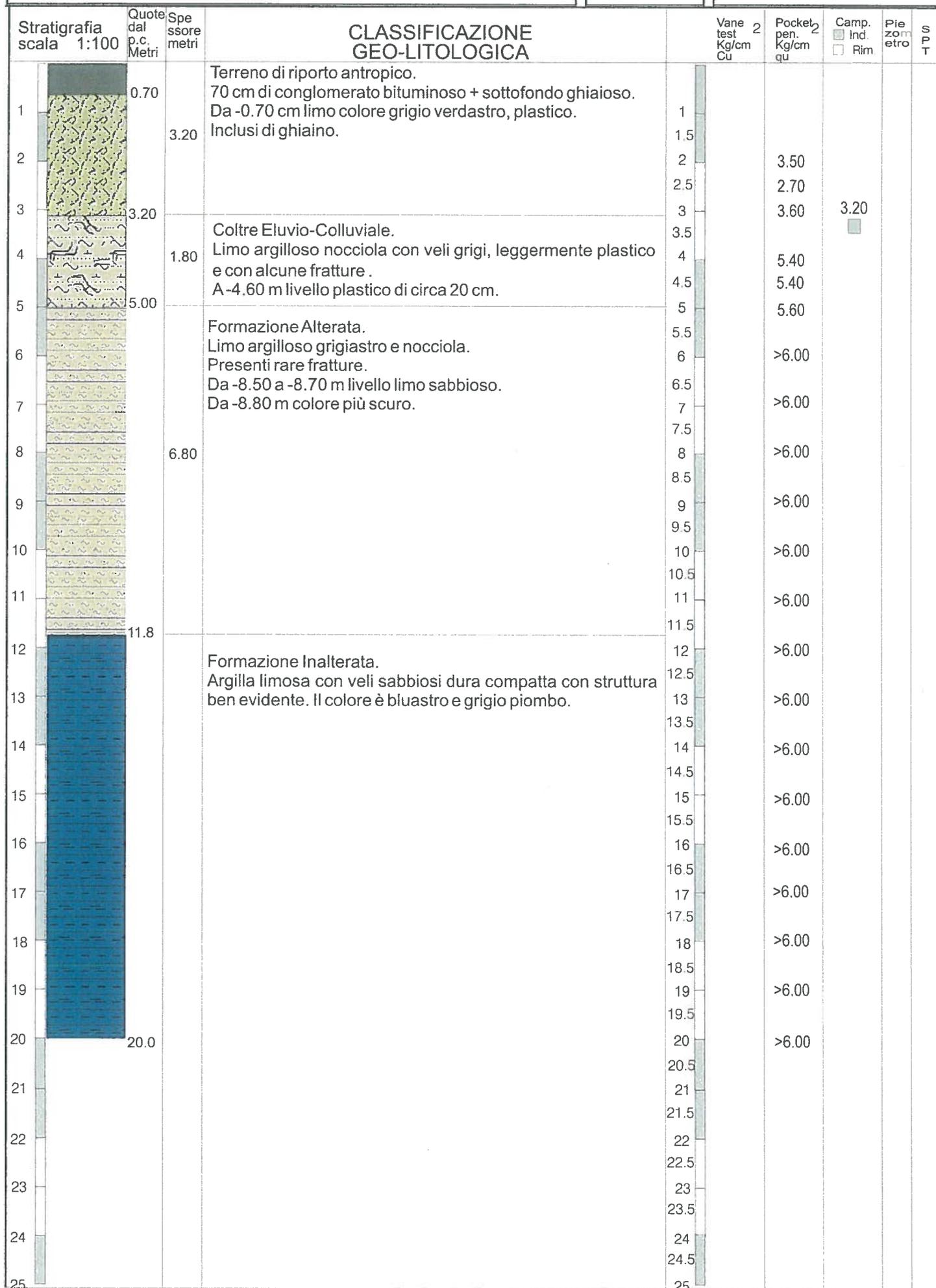
COMMITTENTE: Comune di Ancona
RIF. LAVORO: Serie 44

foro m 0.1

SONDAGGIO N. 1

Data 07/02/2014

■ Rotazione





3. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante (2 cm/sec). Nelle prove con la punta meccanica Begemann, le grandezze Q_c (resistenza di punta), F_s (attrito laterale) e Q_t (resistenza totale) vengono misurate per mezzo di una cella di carico e visualizzate sul display della scheda elettronica di acquisizione. Per poter comandare i movimenti della punta Begemann, le aste di infissione, che agiscono sui vari componenti della punta, sono di tipo telescopico. Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione. I valori rilevati dalla cella di carico sono acquisiti per mezzo di un'apparecchiatura elettronica fissata al selettore e chiamata "Sistema di acquisizione".

Punta Begemann.



PROVA PENETROMETRICA STATICA

| | |
|--|--|
| Committente: COMUNE DI ANCONA Cantiere: SERIE 44 Località: CIMITERO TAVERNELLE | |
|--|--|

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

| | |
|---------------------------------|---------------|
| Rif. Norme | ASTM D3441-86 |
| Diametro Punta conica meccanica | 35,7 |
| Angolo di apertura punta | 60 |
| Area punta | 10 |
| Superficie manicotto | 150 |
| Passo letture (cm) | 20 |
| Costante di trasformazione Ct | 10 |

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CONE PENETRATION TEST) CPT

PROVE CPT : METODOLOGIA DELL' INDAGINE

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm / sec} \pm 0,5 \text{ cm / sec}$).

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica.

La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale : punta / manicotto tipo "Begemann".

Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente :

| | | |
|-------------------------------------|---------------|-----------------------|
| - diametro Punta Conica meccanica | \varnothing | = 35,7 mm |
| - area di punta | A_p | = 10 cm ² |
| - angolo di apertura del cono | α | = 60 ° |
| - superficie laterale del manicotto | A_m | = 150 cm ² |

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione.

REGISTRAZIONE DATI.

Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna.

Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico. L'operatore deve solamente controllare i movimenti di spinta per l'infissione delle aste.

I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico (qualora presente) o sui manometri.

Per mezzo di un software (in alcuni strumenti) è possibile sia durante l'acquisizione, che in un secondo momento a prove ultimate trasferire i dati ad un PC.

Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in Kg che in Kg/cm²) durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta LP = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta
- Lettura laterale LT = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto
- Lettura totale LLTT = terza lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (tale lettura non sempre viene rilevata in quanto non è influente metodologicamente ai fini interpretativi).

METODOLOGIA DI ELABORAZIONE

PROVA ... Nr.1

Committente: COMUNE DI ANCONA

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 10/02/2014

Profondità prova: 11,80 mt

Località: CIMITERO TAVERNELLE

| Profondità (m) | Lettura punta (Kg/cm ²) | Lettura laterale (Kg/cm ²) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | qc/fs Begemann | fs/qcx100 (Schmertmann) |
|-------------------|--|---|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------|
| 0,20 | 0,00 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | | 0,0 |
| 0,40 | 0,00 | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 200,0 |
| 0,60 | 8,00 | 11,0 | 8,1 | 0,7 | 11,6 | 8,6 |
| 0,80 | 4,00 | 15,0 | 4,1 | 0,7 | 5,9 | 17,1 |
| 1,00 | 16,00 | 27,0 | 16,1 | 0,6 | 26,8 | 3,7 |
| 1,20 | 11,00 | 20,0 | 11,3 | 0,5 | 22,6 | 4,4 |
| 1,40 | 18,00 | 26,0 | 18,3 | 0,4 | 45,8 | 2,2 |
| 1,60 | 23,00 | 29,0 | 23,3 | 0,7 | 33,3 | 3,0 |
| 1,80 | 29,00 | 39,0 | 29,3 | 1,1 | 26,6 | 3,8 |
| 2,00 | 26,00 | 43,0 | 26,3 | 1,3 | 20,2 | 4,9 |
| 2,20 | 30,00 | 49,0 | 30,4 | 0,9 | 33,8 | 3,0 |
| 2,40 | 31,00 | 44,0 | 31,4 | 1,5 | 20,9 | 4,8 |
| 2,60 | 31,00 | 53,0 | 31,4 | 1,4 | 22,4 | 4,5 |
| 2,80 | 30,00 | 51,0 | 30,4 | 0,9 | 33,8 | 3,0 |
| 3,00 | 37,00 | 50,0 | 37,4 | 0,5 | 74,8 | 1,3 |
| 3,20 | 53,00 | 61,0 | 53,6 | 1,4 | 38,3 | 2,6 |
| 3,40 | 56,00 | 77,0 | 56,6 | 1,5 | 37,7 | 2,7 |
| 3,60 | 43,00 | 66,0 | 43,6 | 1,6 | 27,3 | 3,7 |
| 3,80 | 69,00 | 93,0 | 69,6 | 1,2 | 58,0 | 1,7 |
| 4,00 | 63,00 | 81,0 | 63,6 | 1,8 | 35,3 | 2,8 |
| 4,20 | 49,00 | 76,0 | 49,7 | 1,0 | 49,7 | 2,0 |
| 4,40 | 89,00 | 104,0 | 89,7 | 2,1 | 42,7 | 2,3 |
| 4,60 | 56,00 | 88,0 | 56,7 | 1,9 | 29,8 | 3,4 |
| 4,80 | 59,00 | 88,0 | 59,7 | 1,3 | 45,9 | 2,2 |
| 5,00 | 69,00 | 89,0 | 69,7 | 1,3 | 53,6 | 1,9 |
| 5,20 | 69,00 | 89,0 | 69,8 | 0,9 | 77,6 | 1,3 |
| 5,40 | 102,00 | 115,0 | 102,8 | 3,1 | 33,2 | 3,0 |
| 5,60 | 53,00 | 99,0 | 53,8 | 1,5 | 35,9 | 2,8 |
| 5,80 | 63,00 | 85,0 | 63,8 | 1,7 | 37,5 | 2,7 |
| 6,00 | 63,00 | 89,0 | 63,8 | 1,6 | 39,9 | 2,5 |
| 6,20 | 59,00 | 83,0 | 60,0 | 1,3 | 46,2 | 2,2 |
| 6,40 | 76,00 | 96,0 | 77,0 | 1,8 | 42,8 | 2,3 |
| 6,60 | 70,00 | 97,0 | 71,0 | 1,7 | 41,8 | 2,4 |
| 6,80 | 69,00 | 95,0 | 70,0 | 1,7 | 41,2 | 2,4 |
| 7,00 | 60,00 | 86,0 | 61,0 | 1,8 | 33,9 | 3,0 |
| 7,20 | 58,00 | 85,0 | 59,1 | 1,7 | 34,8 | 2,9 |
| 7,40 | 57,00 | 83,0 | 58,1 | 1,4 | 41,5 | 2,4 |
| 7,60 | 62,00 | 83,0 | 63,1 | 1,6 | 39,4 | 2,5 |
| 7,80 | 59,00 | 83,0 | 60,1 | 1,6 | 37,6 | 2,7 |
| 8,00 | 71,00 | 95,0 | 72,1 | 2,1 | 34,3 | 2,9 |
| 8,20 | 65,00 | 96,0 | 66,2 | 1,9 | 34,8 | 2,9 |
| 8,40 | 74,00 | 103,0 | 75,2 | 1,9 | 39,6 | 2,5 |
| 8,60 | 88,00 | 116,0 | 89,2 | 1,9 | 46,9 | 2,1 |
| 8,80 | 84,00 | 113,0 | 85,2 | 2,7 | 31,6 | 3,2 |
| 9,00 | 102,00 | 142,0 | 103,2 | 2,9 | 35,6 | 2,8 |
| 9,20 | 100,00 | 143,0 | 101,4 | 3,0 | 33,8 | 3,0 |
| 9,40 | 116,00 | 161,0 | 117,4 | 3,1 | 37,9 | 2,6 |
| 9,60 | 107,00 | 154,0 | 108,4 | 3,8 | 28,5 | 3,5 |
| 9,80 | 120,00 | 177,0 | 121,4 | 4,0 | 30,4 | 3,3 |
| 10,00 | 126,00 | 186,0 | 127,4 | 3,3 | 38,6 | 2,6 |
| 10,20 | 112,00 | 162,0 | 113,5 | 3,7 | 30,7 | 3,3 |
| 10,40 | 120,00 | 175,0 | 121,5 | 4,1 | 29,6 | 3,4 |
| 10,60 | 116,00 | 177,0 | 117,5 | 3,1 | 37,9 | 2,6 |
| 10,80 | 154,00 | 200,0 | 155,5 | 5,7 | 27,3 | 3,7 |
| 11,00 | 144,00 | 230,0 | 145,5 | 4,1 | 35,5 | 2,8 |
| 11,20 | 134,00 | 195,0 | 135,7 | 4,4 | 30,8 | 3,2 |
| 11,40 | 133,00 | 199,0 | 134,7 | 4,6 | 29,3 | 3,4 |
| 11,60 | 139,00 | 208,0 | 140,7 | 4,1 | 34,3 | 2,9 |

| | | | | | |
|-------|--------|-------|-------|-----|-----|
| 11,80 | 146,00 | 207,0 | 147,7 | 0,0 | 0,0 |
|-------|--------|-------|-------|-----|-----|

| Prof. Strato (m) | qc Media (Kg/cm ²) | fs Media (Kg/cm ²) | Gamma Medio (t/m ³) | Comp. Geotecnico | Descrizione |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------|
| 1,20 | 6,6 | 0,5 | 1,8 | Incoerente-Coesivo | Riporto |
| 4,20 | 39,7 | 1,1 | 2,0 | Coesivo | Eluvio-colluviale |
| 10,60 | 82,1 | 2,2 | 2,2 | Coesivo | Form Alterata |
| 11,80 | 143,3 | 3,8 | 2,3 | Coesivo | Form Integra |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Lunne & Eide | Sunda Relazione Sperimentale | Lunne T.-Kleven A. 1981 | Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977 | Lunne, Robertson and Powell 1977 | Terzaghi |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|------------------------------|-------------------------|---|----------------------------------|----------|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | 0,31 | 0,50 | 0,43 | 0,38 | 0,34 | 0,33 |
| Strato 2 | 4,20 | 39,7 | 1,1 | 1,89 | 2,18 | 2,61 | 2,30 | 2,06 | 1,99 |
| Strato 3 | 10,60 | 82,1 | 2,2 | 3,89 | 3,31 | 5,37 | 4,74 | 4,24 | 4,10 |
| Strato 4 | 11,80 | 143,3 | 3,8 | 6,81 | 4,21 | 9,40 | 8,29 | 7,42 | 7,17 |

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Mitchell & Gardner (1975) | Metodo generale del modulo edometrico | Buismann | Buismann Sanglerat |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------------|----------|--------------------|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | 52,80 | 33,80 | 99,00 | 19,80 |
| Strato 2 | 4,20 | 39,7 | 1,1 | 99,25 | 79,40 | 119,10 | 119,10 |
| Strato 3 | 10,60 | 82,1 | 2,2 | 205,25 | 164,20 | 246,30 | 123,15 |
| Strato 4 | 11,80 | 143,3 | 3,8 | 358,25 | 286,60 | 429,90 | 214,95 |

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Cancelli 1980 | Ladd 1977 (30) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---------------|----------------|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | 243,45 | 9,90 |
| Strato 2 | 4,20 | 39,7 | 1,1 | 1469,40 | 59,70 |
| Strato 3 | 10,60 | 82,1 | 2,2 | 3021,75 | 123,00 |
| Strato 4 | 11,80 | 143,3 | 3,8 | 5285,18 | 215,10 |

Modulo di deformazione a taglio

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|---|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | Imai & Tomauchi | 88,70 |
| Strato 2 | 4,20 | 39,7 | 1,1 | Imai & Tomauchi | 265,47 |
| Strato 3 | 10,60 | 82,1 | 2,2 | Imai & Tomauchi | 413,83 |
| Strato 4 | 11,80 | 143,3 | 3,8 | Imai & Tomauchi | 581,60 |

Grado di sovraconsolidazione

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Stress-History |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | 1,42 |
| Strato 2 | 4,20 | 39,7 | 1,1 | 1,79 |
| Strato 3 | 10,60 | 82,1 | 2,2 | 1,26 |
| Strato 4 | 11,80 | 143,3 | 3,8 | 1,41 |

Peso unità di volume

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|--|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | Meyerhof | 1,78 |
| Strato 2 | 4,20 | 39,7 | 1,1 | Meyerhof | 2,09 |
| Strato 3 | 10,60 | 82,1 | 2,2 | Meyerhof | 2,21 |
| Strato 4 | 11,80 | 143,3 | 3,8 | Meyerhof | 2,30 |

Peso unità di volume saturo

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|---|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | Meyerhof | 1,86 |
| Strato 2 | 4,20 | 39,7 | 1,1 | Meyerhof | 2,17 |
| Strato 3 | 10,60 | 82,1 | 2,2 | Meyerhof | 2,29 |
| Strato 4 | 11,80 | 143,3 | 3,8 | Meyerhof | 2,38 |

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa (%)

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Baldi 1978 - Schmertmann 1976 | Schmertmann | Harman | Lancellotta 1983 | Jamiolkowski 1985 |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------|--------|------------------|-------------------|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | 20,26 | 31,14 | 32,14 | 20,71 | 53,16 |

Angolo di resistenza al taglio (°)

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Durgunou glu-Mitchell 1973 | Caquot | Koppejan | De Beer | Schmertmann | Robertson & Campanella 1983 | Herminier | Meyerhof 1951 |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------|----------|---------|-------------|-----------------------------|-----------|---------------|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | 33,47 | 30,2 | 27,23 | 25,48 | 32,36 | 38 | 24,81 | 19,96 |

Modulo di Young (Kg/cm²)

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Schmertmann | Robertson & Campanella (1983) | ISOPT-1 1988 Ey(50) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|-------------------------------|---------------------|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | 16,50 | 13,20 | 80,94 |

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Robertson & Campanella da Schmertmann | Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997 | Kulhawy-Mayne 1990 | Mitchell & Gardner 1975 | Buisman - Sanglerat |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---|--------------------|-------------------------|---------------------|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | 26,06 | 25,89 | 45,31 | 13,20 | 52,80 |

Modulo di deformazione a taglio

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | G (Kg/cm ²) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | Imai & Tomauchi | 88,70 |

Grado di sovraconsolidazione

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Stress-History | Piacentini Righi 1978 | Larsson 1991 S.G.I. | Ladd e Foot 1977 |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|-----------------------|---------------------|------------------|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | 1,42 | >9 | 2,87 | >9 |

Modulo di reazione Ko

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | Ko |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | Kulhawy & Mayne (1990) | 0,44 |

Fattori di compressibilità C Crm

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | C | Crn |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---------|---------|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | 0,26852 | 0,03491 |

Peso unità di volume

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|--|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | Meyerhof | 1,80 |

Peso unità di volume saturo

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|---|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | Meyerhof | 2,10 |

Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | Fattore di sicurezza a liquefazione |
|--|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|-------------------------------------|
|--|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|-------------------------------------|

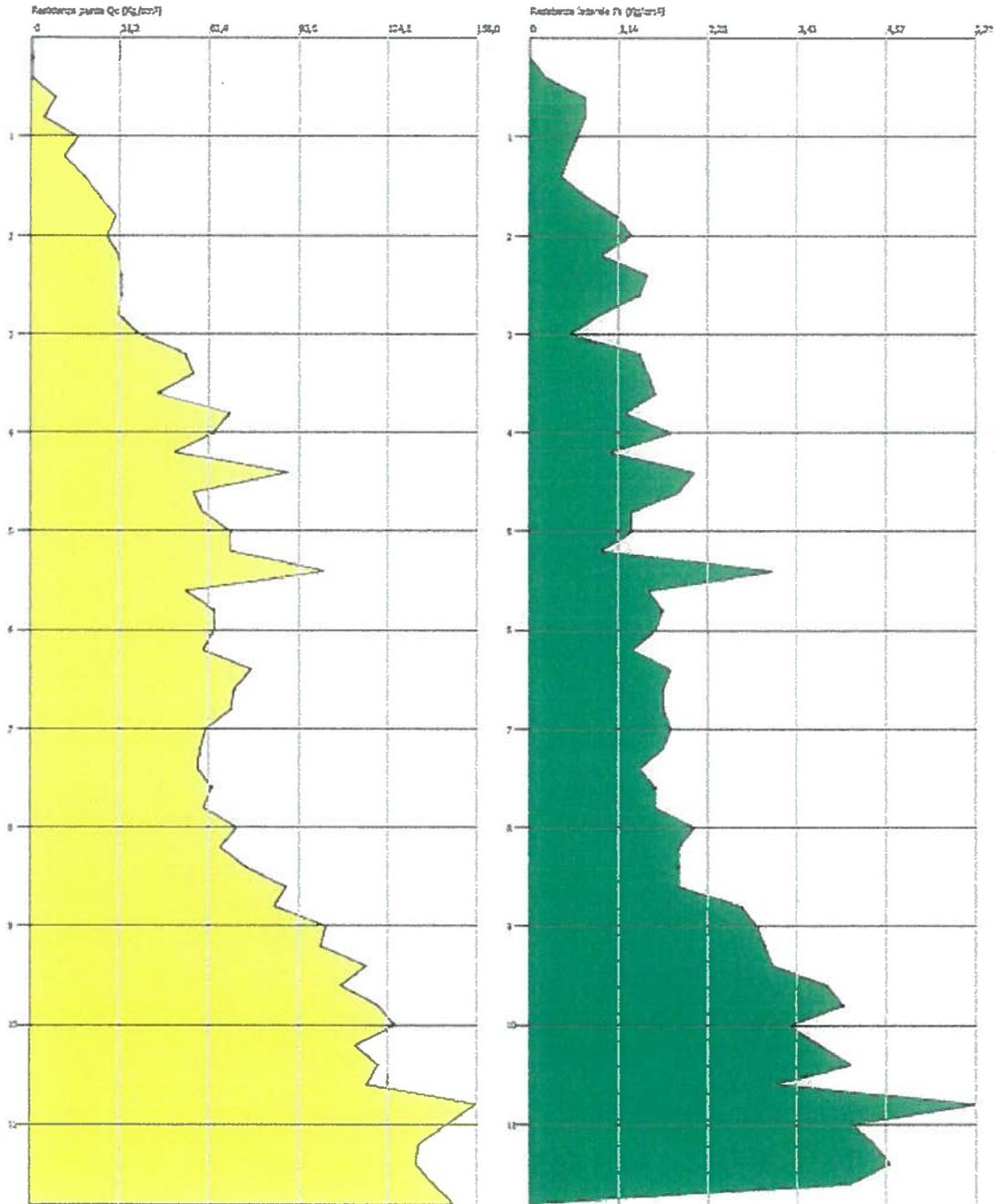
| | | | | | |
|----------|------|-----|-----|---------------------------|---|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | Robertson & Wride 1997 | 0 |
|----------|------|-----|-----|---------------------------|---|

Permeabilità

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | Permeabilità (cm/s) |
|----------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | Piacentini-Righi 1988 | 1E-11 |
| Strato 2 | 4,20 | 39,7 | 1,1 | Piacentini-Righi 1988 | 1,596969E-05 |
| Strato 3 | 10,60 | 82,1 | 2,2 | Piacentini-Righi 1988 | 1,461535E-05 |
| Strato 4 | 11,80 | 143,3 | 3,8 | Piacentini-Righi 1988 | 8,478976E-06 |

Coefficiente di consolidazione

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | Coefficiente di consolidazione (cm ² /s) |
|----------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|---|
| Strato 1 | 1,20 | 6,6 | 0,5 | Piacentini-Righi 1988 | 1,98E-07 |
| Strato 2 | 4,20 | 39,7 | 1,1 | Piacentini-Righi 1988 | 1,901991 |
| Strato 3 | 10,60 | 82,1 | 2,2 | Piacentini-Righi 1988 | 3,59976 |
| Strato 4 | 11,80 | 143,3 | 3,8 | Piacentini-Righi 1988 | 3,645112 |



| | | | | | | | | | |
|----------|------|-------|-----|------|------|------|------|------|------|
| | | | | | | | 1977 | | |
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | 0,64 | 0,94 | 0,88 | 0,78 | 0,70 | 0,67 |
| Strato 2 | 4,80 | 57,3 | 2,0 | 2,74 | 2,75 | 3,78 | 3,33 | 2,98 | 2,86 |
| Strato 3 | 7,80 | 117,1 | 5,0 | 5,59 | 3,92 | 7,72 | 6,81 | 6,09 | 5,85 |

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Mitchell & Gardner (1975) | Metodo generale del modulo edometrico | Buismann | Buismann Sanglerat |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------------|----------|--------------------|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | 67,00 | 48,07 | 80,40 | 40,20 |
| Strato 2 | 4,80 | 57,3 | 2,0 | 143,25 | 114,60 | 171,90 | 85,95 |
| Strato 3 | 7,80 | 117,1 | 5,0 | 292,75 | 234,20 | 351,30 | 175,65 |

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Cancelli 1980 | Ladd 1977 (30) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---------------|----------------|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | 496,09 | 20,10 |
| Strato 2 | 4,80 | 57,3 | 2,0 | 2124,11 | 85,80 |
| Strato 3 | 7,80 | 117,1 | 5,0 | 4342,42 | 175,50 |

Modulo di deformazione a taglio

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|---|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | Imai & Tomauchi | 136,72 |
| Strato 2 | 4,80 | 57,3 | 2,0 | Imai & Tomauchi | 332,19 |
| Strato 3 | 7,80 | 117,1 | 5,0 | Imai & Tomauchi | 514,10 |

Grado di sovraconsolidazione

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Stress-History |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | 1,82 |
| Strato 2 | 4,80 | 57,3 | 2,0 | 2,03 |
| Strato 3 | 7,80 | 117,1 | 5,0 | 2,09 |

Peso unità di volume

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|--|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | Meyerhof | 1,90 |
| Strato 2 | 4,80 | 57,3 | 2,0 | Meyerhof | 2,15 |
| Strato 3 | 7,80 | 117,1 | 5,0 | Meyerhof | 2,27 |

Peso unità di volume saturo

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|---|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | Meyerhof | 1,98 |
| Strato 2 | 4,80 | 57,3 | 2,0 | Meyerhof | 2,23 |
| Strato 3 | 7,80 | 117,1 | 5,0 | Meyerhof | 2,35 |

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa (%)

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Baldi 1978 - Schmertmann 1976 | Schmertmann | Harman | Lancellotta 1983 | Jamiolkowski 1985 |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------|--------|------------------|-------------------|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | 33,86 | 44,69 | 45,42 | 34,42 | 60,29 |

Angolo di resistenza al taglio (°)

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Durgunou glu-Mitchell 1973 | Caquot | Koppejan | De Beer | Schmertmann | Robertson & Campanella 1983 | Herminier | Meyerhof 1951 |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------|----------|---------|-------------|-----------------------------|-----------|---------------|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | 34,8 | 31,43 | 28,52 | 26,66 | 34,26 | 39,39 | 26,2 | 23,02 |

Modulo di Young (Kg/cm²)

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Schmertmann | Robertson & Campanella (1983) | ISOPT-1 1988 Ey(50) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|-------------------------------|---------------------|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | 33,50 | 26,80 | 142,54 |

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Robertson & Campanella da Schmertmann | Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997 | Kulhawy-Mayne 1990 | Mitchell & Gardner 1975 | Buisman - Sanglerat |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---|--------------------|-------------------------|---------------------|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | 37,71 | 52,56 | 100,89 | 26,80 | 67,00 |

Modulo di deformazione a taglio

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | G (Kg/cm ²) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | Imai & Tomauchi | 136,72 |

Grado di sovraconsolidazione

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Stress-History | Piacentini Righi 1978 | Larsson 1991 S.G.I. | Ladd e Foot 1977 |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|-----------------------|---------------------|------------------|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | 1,82 | >9 | 1,64 | >9 |

Modulo di reazione Ko

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | Ko |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | Kulhawy & Mayne (1990) | 0,52 |

Fattori di compressibilità C Crm

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | C | Crn |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|---------|---------|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | 0,16625 | 0,02161 |

Peso unità di volume

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|--|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | Meyerhof | 1,80 |

Peso unità di volume saturo

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|---|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | Meyerhof | 2,10 |

Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | Fattore di sicurezza a liquefazione |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | Robertson & Wride 1997 | 0 |

Permeabilità

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | Permeabilità (cm/s) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | Piacentini-Righi 1988 | 4,247444E-07 |
| Strato 2 | 4,80 | 57,3 | 2,0 | Piacentini-Righi 1988 | 3,254546E-07 |
| Strato 3 | 7,80 | 117,1 | 5,0 | Piacentini-Righi 1988 | 8,727338E-11 |

Coefficiente di consolidazione

| | Prof. Strato (m) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | Correlazione | Coefficiente di consolidazione (cm ² /s) |
|----------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|---|
| Strato 1 | 1,80 | 13,4 | 0,5 | Piacentini-Righi 1988 | 1,707472E-02 |
| Strato 2 | 4,80 | 57,3 | 2,0 | Piacentini-Righi 1988 | 5,594565E-02 |
| Strato 3 | 7,80 | 117,1 | 5,0 | Piacentini-Righi 1988 | 3,065914E-05 |

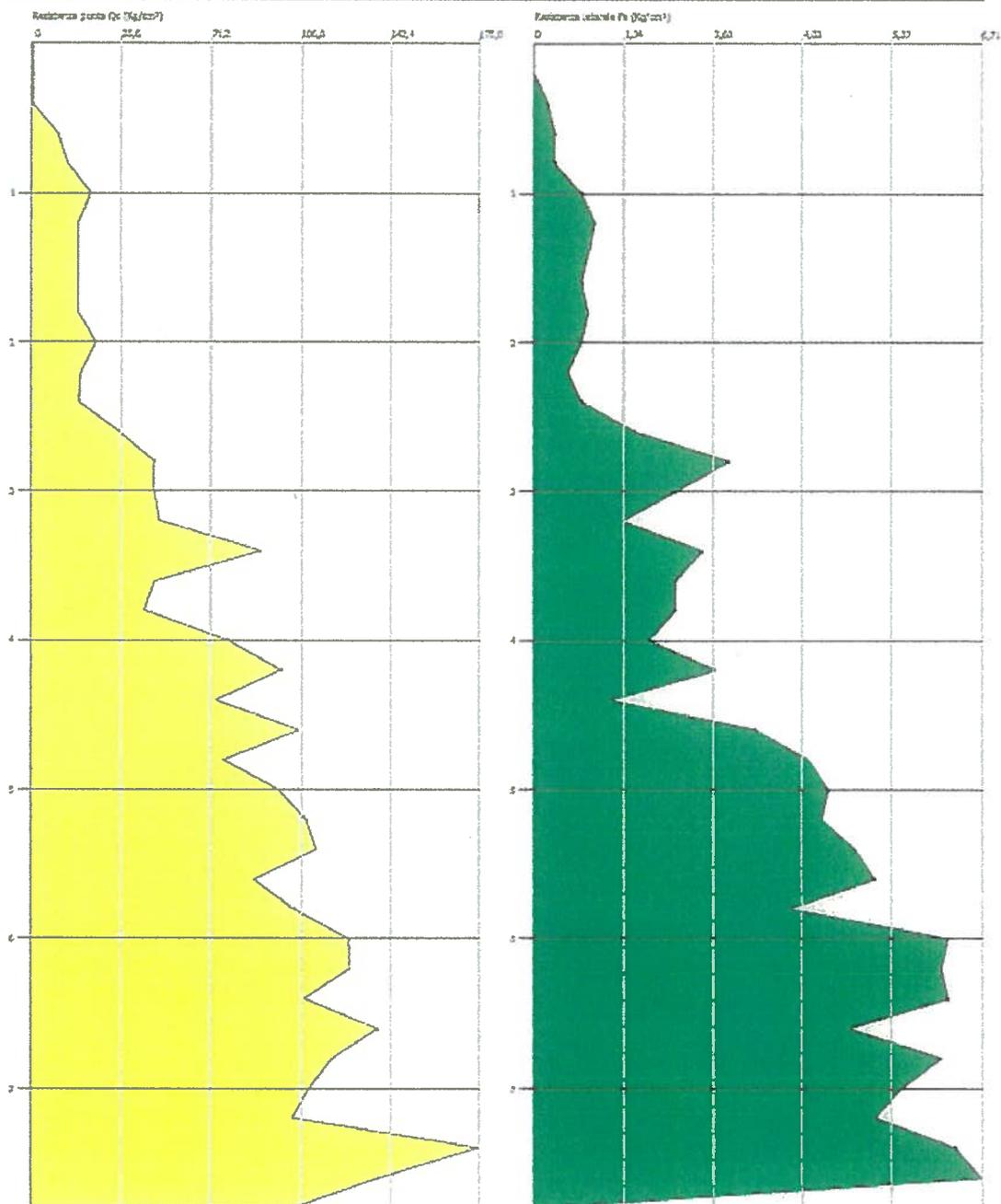
Esecuzione di indagini geognostiche per realizzazione ampliamento serie 44 del cimitero di Tavernelle - Ancona (AN).

GEOSTRU SOFTWARE SRL
VIA LINGONAVE
20030 SERRAIO RE ITALY
WWW.GEOSTRU.COM

Probe CPT - Cuneo Penetratore, N°-2
Sensorella elettronica FAGANT TG-03 (200 AN)

Coordinatore: GOMPELLO DI ANCONA
Caricatore: SERIO AA
Località: CIMITERO TAVERNELLE

Data: 02/02/2014



TECNOSONDAGGI di Brugiapaglia Claudio
Via Abbazia 39 - Osimo 60028 - Ancona
Tel/Fax 071 781840 - cell. 335 6686573
P.I. 01511970426

4. PROVE DI LABORATORIO GEOMECCANICO

Durante il sondaggio S1 si è prelevato un campione di terreno tramite campionatore a pareti sottile Shelby, sottoposto in seguito a prove di laboratorio geomeccanico:

S1 = -3.00 m

Di seguito si riportano i certificati delle analisi eseguite.

Esecuzione di indagini geognostiche per realizzazione nuovi colombari serie 44 nel cimitero di Tavernelle – Ancona (AN).

 **LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI** *dal 1979*

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove di cui all'art. 59 del DPR 380/01

Iscritto all'Albo dei laboratori pubblici e privati allamente qualificati del Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca (MIUR)

Via Calvo, snc - 61024 Montebello (PU) - Tel. 0721 470043 - Fax 0721 920260 - e-mail Info@laborazi.it - www.laborazi.it

COMMITTENTE TECNOSONDAGGI DI CLAUDIO BRUGIAPAGLIA

CANTIERE CIMITERO DI TAVERNELLE (SERIE 44) - ANCONA

COMMESSA 025 / 14

MOMBAROCCIO (PU) 28/02/2014

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dr. Ugo Sergio Orazi

Laboratorio Geomeccanico Orazi s.a.s. di Michele e Marco Orazi
Cap. soc. € 5.000,00 - Part. Iva. Cod. Fisc. 02533940413 - Registro delle Imprese di Pesaro Urbino n. 02533940413 - INPS Matr. Az. 5906444736
INAIL Posizione Assicurativa 21953805/14 Codice Ditta 019366082/93 - ISTAT Codice 71.20.10 Cottaudi e analisi tecniche di prodotti

TECNOSONDAGGI di Brugiapaglia Claudio
Via Abbazia 39 – Osimo 60028 – Ancona
Tel/Fax 071 781840 – cell. 335 6686573
P.I. 01511970426

TABELLA RIASSUNTIVA

COMMITTENTE TECNOSONDAGGI DI CLAUDIO BRUGIAPAGLIA
CANTIERE CIMITERO DI TAVERNELLE (SERIE 44) - ANCONA

| | | | | |
|-----------------|-----|---|---|---|
| SONDAGGIO | 1 | - | - | - |
| CAMPIONE | 1 | - | - | - |
| PROFONDITA' (m) | 3,2 | - | - | - |

CARATTERISTICHE FISICHE

| | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|------|---|---|---|
| Contenuto in acqua | % | 27,4 | - | - | - |
| Massa volumica | Mg/m ³ | 1,94 | - | - | - |
| Massa volumica secca | Mg/m ³ | 1,52 | - | - | - |
| Massa volumica granuli solidi | Mg/m ³ | - | - | - | - |
| Indice dei vuoti | - | - | - | - | - |
| Grado di saturazione | - | - | - | - | - |

LIMITI DI CONSISTENZA

| | | | | | |
|-----------------------|---|-------|---|---|---|
| Limite di liquidità | % | 58 | - | - | - |
| Indice di plasticità | % | 28 | - | - | - |
| Indice di consistenza | - | 1,09 | - | - | - |
| Indice di liquidità | - | -0,09 | - | - | - |

CLASSIFICAZIONE (*)

| | | | | |
|-------------|------|---|---|---|
| U.N.I.10006 | A7-5 | - | - | - |
| U.S.C.S. | CH | - | - | - |

TAGLIO DIRETTO (PICCO)

| | | | | | |
|--------------------------------|-----|------|---|---|---|
| Coeficiente interocetta | kPa | 16,5 | - | - | - |
| Angolo di resistenza al taglio | ° | 25,6 | - | - | - |

EDOMETRICA

| | | | | | |
|--------------------------------------|-----|-------|---|---|---|
| Modulo edometrico (24,5 - 49,0 kPa) | kPa | - | - | - | - |
| Modulo edometrico (49,0 - 98,1 kPa) | kPa | 15733 | - | - | - |
| Modulo edometrico (98,1 - 196,1 kPa) | kPa | 13447 | - | - | - |

(*) Passante allo 0,075 m.m stimato maggiore del 50%

Esecuzione di indagini geognostiche per realizzazione nuovi colombari serie 44 nel cimitero di Tavernelle – Ancona (AN).

| | |
|--|---|
| LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI SAS Via Calro, snc - 61024 Mombroccio (Pesaro e Urbino) Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Articolo 59 del DPR 380/2001 - iscritto all'Albo dei laboratori pubblici e privati sito amento qualificati del MIUR | Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da DNV = UNI EN ISO 9001 = |
| | SOCIO ALIG |

COMMITTENTE TECNOSONDAGGI DI CLAUDIO BRUGIAPAGLIA
 CANTIERE CIMITERO DI TAVERNELLE (SERIE 44) - ANCONA

| | | | |
|----------------------------|---------------------|-----------------|------|
| COMMESSA | 025 / 14 | SONDAGGIO | 1 |
| VERBALE D'ACCETTAZIONE | 0629 anno 14 | CAMPIONE | 1 |
| Data ricevimento campione | 14/02/14 | PROFONDITA' [m] | 3,20 |
| Data apertura campione | 17/02/14 | | |
| Data esecuzione prove | 17/02/14 - 28/02/14 | | |
| Data emissione certificati | 28/02/14 | | |

CARATTERISTICHE GENERALI

Apertura e descrizione visiva dei campioni ASTM 2488 - AGI 1977

| | | | |
|--------------------|--------------------|----------------------------|----------|
| Contenitore | Fustella metallica | Classe di qualità [AGI 77] | Q5 |
| Diametro campione | mm 85 | Reazione HCl | Positiva |
| Lunghezza campione | mm 300 | | |

| Rp | Tz | PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO | STRATIGRAFIA | DESCRIZIONE LITOLOGICA |
|-----|-----|---|--------------|---|
| 3.0 | 1.4 | Contenuto in acqua Massa volumica Limiti di consistenza Taglio diretto Edometrica | | Limo argilloso di colore marrone con venature grigie, molto compatto, plastico. |
| 2.8 | | | | |
| 2.5 | 1.2 | | | |



Esecuzione di indagini geognostiche per realizzazione nuovi colombari serie 44 nel cimitero di Tavernelle – Ancona (AN).

| | |
|---|---|
| LABORATORIO GOMECCANICO ORAZI SAS Via Cairo, snc - 61024 Mombarocco (Pesaro e Urbino) Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Articolo 59 del DPR 380/2001 - Iscritto all'Albo dei laboratori pubblici e privati altamente qualificati del MIUR | Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da DNV = UNI EN ISO 9001 = |
| | SOCIO ALIG |

COMMITTENTE CANTIERE TECNOSONDAGGI DI CLAUDIO BRUGIAPAGLIA
CIMITERO DI TAVERNELLE (SERIE 44) - ANCONA

| | | | |
|---------------------------|-------------------|-----------------|------|
| COMMESSA | 025 / 14 | SONDAGGIO | 1 |
| VERBALE D'ACCETTAZIONE | 0029 anno-14 | CAMPIONE | 1 |
| Data ricevimento campione | 14/02/14 | PROFONDITA' (m) | 3,20 |
| Data apertura campione | 17/02/14 | | |
| Data esecuzione prove | 17/02/14-28/02/14 | | |

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Lmo argilloso molto compatto
CLASSE DI QUALITA' (AGI 77) Q5

CONTENUTO IN ACQUA

UNI CEN ISO/TS 17892-1

| | | |
|-------------------------------|---|--------|
| Massa capsula | g | 25,20 |
| Massa capsula + terreno umido | g | 102,60 |
| Massa capsula + terreno secco | g | 85,95 |
| Contenuto in acqua | w | % 27,4 |

OSSERVAZIONI



| | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Certificato numero 025 / 14 / 001 | Il Direttore Dr. Ugo Sergio Orazi | Lo Sperimentatore Geom. Simone Serfilippi |
| Data di emissione 28/02/14 | | |

Pagina 1 / 1

Gennaio 2012 Rev. 03

Esecuzione di indagini geognostiche per realizzazione nuovi colombari serie 44 nel cimitero di Tavernelle – Ancona (AN).

| | |
|---|---|
| LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI SAS Via Cairo, snc - 61024 Mombrocchio (Pesaro e Urbino) Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Articolo 59 del DPR 380/2001 - Iscritto all'Albo dei laboratori pubblici e privati altamente qualificati del MIUR | Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da DNV = UNI EN ISO 9001 = |
| | SOCIO ALIG |

COMMITTENTE TECNOSONDAGGI DI CLAUDIO BRUGIAPAGLIA
 CANTIERE CIMITERO DI TAVERNELLE (SERIE 44) - ANCONA

| | | | |
|---------------------------|--------------------|-----------------|------|
| COMMESSA | 025 / 14 | SONDAGGIO | 1 |
| VERBALE D'ACCETTAZIONE | 0029 anno-14 | CAMPIONE | 1 |
| Data ricevimento campione | 14/02/14 | PROFONDITA' [m] | 3.20 |
| Data apertura campione | 17/02/14 | | |
| Data esecuzione prove | 17/02/14- 28/02/14 | | |

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Limo argilloso molto compatto
 CLASSE DI QUALITA' [AGI 77] Q5

MASSA VOLUMICA
 UNI CEN ISO/TS 17882-2

METODO CON MISURAZIONI LINEARI

| | | |
|----------------|-----------------|-------|
| Massa provino | g | 77,40 |
| Volume provino | cm ³ | 40,00 |

| | | | |
|----------------|---|-------------------|------|
| Massa volumica | ρ | Mg/m ³ | 1,94 |
|----------------|---|-------------------|------|

OSSERVAZIONI:



| | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Certificato numero 025 / 14 / 002 | Il Direttore Dr. Ugo-Sergio Orazi | Lo Spedimentatore Geom. Simone Sedilppi |
| Date di emissione 28/02/14 | | |

Esecuzione di indagini geognostiche per realizzazione nuovi colombari serie 44 nel cimitero di Tavernelle – Ancona (AN).

| | |
|--|---|
| LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI SAS Via Calce, snc - 61024 Mombaroccolo (Pesaro e Urbino) Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Articolo 59 del DPR 380/2001 - Iscritto all'Albo dei laboratori pubblici e privati altamente qualificati del MIUR | Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da DNV = UNI EN ISO 9001 = |
| | SOCIO ALIG |

COMITENTE TECNOSONDAGGI DI CLAUDIO BRUGIAPAGLIA
CANTIERE CIMITERO DI TAVERNELLE (SERIE 44) - ANCONA

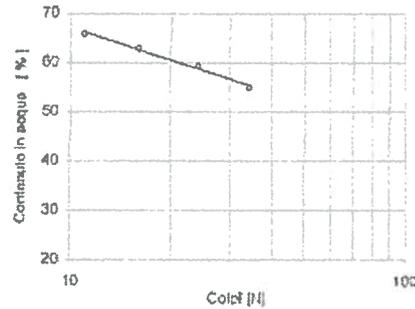
| | | | |
|----------------------------------|-------------------|------------------------|------|
| COMMESSA | 025 / 14 | SONDAGGIO | 1 |
| VERBALE D'ACCETTAZIONE | 0020 anno-14 | CAMPIONE | 1 |
| Data ricevimento campione | 14/02/14 | PROFONDITA' [m] | 3,20 |
| Data apertura campione | 17/02/14 | | |
| Data esecuzione prove | 17/02/14-28/02/14 | | |

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Limo argilloso molto compatto
CLASSE DI QUALITA' [AGI '77] O5

LIMITI DI CONSISTENZA

CNR UNI 10014

| | | Limite di plasticità | | | Limite di liquidità | | |
|-------------------------------|---|----------------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|
| | | g | % | % | g | % | % |
| Massa capsula + terreno umido | g | 20,04 | 20,88 | 38,64 | 37,95 | 48,53 | 40,28 |
| Massa capsula + terreno secco | g | 17,41 | 18,15 | 25,25 | 25,70 | 32,63 | 28,58 |
| Massa capsula | g | 8,59 | 9,13 | 7,91 | 8,78 | 9,17 | 8,32 |
| Contenuto in acqua | % | 29,8 | 30,0 | 65,7 | 62,8 | 58,2 | 54,8 |
| Colpi | N | - | - | 11 | 16 | 24 | 34 |



| | | | |
|----------------------|-------|---|----|
| Limite di plasticità | w_p | % | 30 |
| Limite di liquidità | w_L | % | 58 |
| Indice di plasticità | I_p | % | 28 |

OSSEVAZIONI:



Certificato 4 Sezione 5

| | | |
|---|---|---|
| Certificato numero 025 / 14 / 003 | Il Direttore Dr. Ugo Sergio Orazi | Lo Spettatore Geom. Simone Santipol |
| Data di emissione 28/02/14 | | |

Pagina 1 / 1

Genio 2012 Rev. 03

Esecuzione di indagini geognostiche per realizzazione nuovi colombari serie 44 nel cimitero di Tavernelle – Ancona (AN).

| | |
|---|---|
| LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI SAS Via Cairo, snc - 61024 Mombareccio (Pesaro e Urbino) Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Articolo 59 del DPR 380/2001 - Iscritto all'Albo dei laboratori pubblici e privati altamente qualificati del MIUR | Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da DNV « UNI EN ISO 9001 » |
| | SOCIO ALIG |

COMMITTENTE TECNOSONDAGGI DI CLAUDIO BRUGIAPAGLIA
 CANTIERE CIMITERO DI TAVERNELLE (SERIE 44) - ANCONA

| | | | |
|---------------------------|-------------------|-----------------|------|
| COMMESSA | 025 / 14 | SONDAGGIO | 1 |
| VERBALE D'ACCETTAZIONE | 0029 anno 14 | CAMPIONE | 1 |
| Data ricevimento campione | 14/02/14 | PROFONDITA' [m] | 3,20 |
| Data apertura campione | 17/02/14 | | |
| Data esecuzione prova | 17/02/14-28/02/14 | | |

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Limo argilloso molto compatto
 CLASSE DI QUALITA' [AGI 77] 05

TAGLIO DIRETTO [VALORI DI PICCO]

UNI CEN ISO/TS 17892-10

| Prova | | | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------|-----------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | | | □ | △ | ○ |
| Sezione | A | mm ² | 3600 | 3600 | 3600 |
| Altezza | H ₀ | mm | 20 | 20 | 20 |
| Contenuto in acqua | w _p | % | 26,6 | 27,1 | 27,0 |
| Massa volumica | ρ ₀ | Mg/m ³ | 1,95 | 1,95 | 1,94 |
| Massa volumica secca | ρ _{ss} | Mg/m ³ | 1,54 | 1,53 | 1,53 |
| Massa volumica granuli | ρ _s | Mg/m ³ | | | |
| Indice dei vuoti | e ₀ | - | | | |
| Grado di saturazione | S _{r2} | - | | | |
| Tensione verticale | σ' _c | kPa | 98,1 | 196,1 | 294,2 |
| Cedimento di consolidazione | Δh _c | mm | 0,20 | 0,64 | 0,94 |
| Velocità di prova | v | mm/min | 0,004 | 0,004 | 0,004 |

OSSERVAZIONI:

LEGENDA RISULTATI

Sh = Scorrimento orizzontale τ = Sforzo di taglio Sv = Spostamento verticale



| | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| Certificato numero 025 / 14 / 004 | Il Direttore Dr. Ugo-Sergio Orazi | Lo Spettatore Dr. Vito Orazi |
| Data di emissione 28/02/14 | | |

Pagina 1 / 4

Gennaio 2012 Rev. 03

Esecuzione di indagini geognostiche per realizzazione nuovi colombari serie 44 nel cimitero di Tavernelle – Ancona (AN).

| | |
|--|---|
| LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI SAS Via Calro, snc - 61024 Mombroccio (Pesaro e Urbino) Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Articolo 59 del DPR 380/2001 - iscritto all'Albo dei laboratori pubblici e privati altamente qualificati del MIUR | Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da DNV « UNI EN ISO 9001 » |
| | SOCIO ALIG |

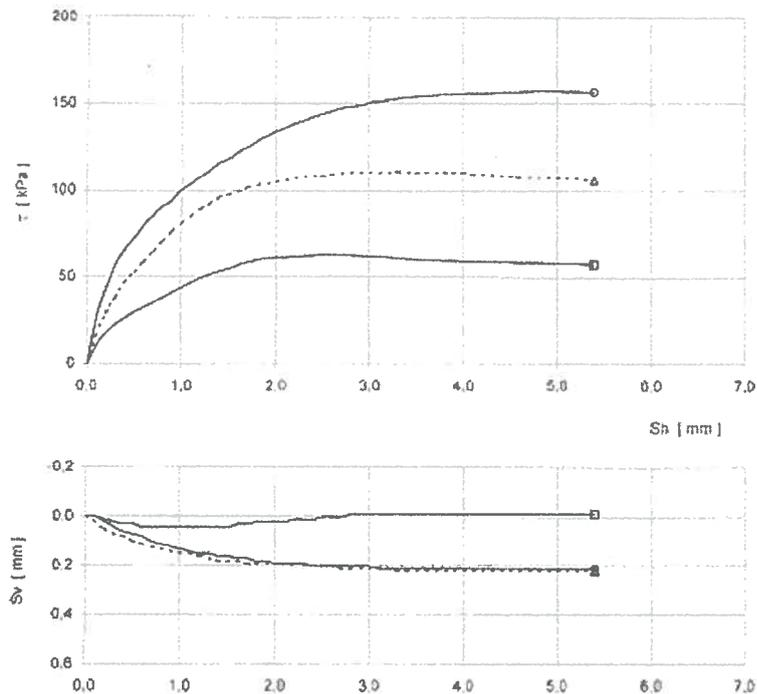
COMMITTENTE TECNOSONDAGGI DI CLAUDIO BRUGIAPAGLIA
 CANTIERE CIMITERO DI TAVERNELLE (SERIE 44) - ANCONA

| | | | |
|---------------------------|-------------------|-----------------|------|
| COMMESSA | 025 / 14 | SONDAGGIO | 1 |
| VERBALE D'ACCETTAZIONE | 0029 anno-14 | CAMPIONE | 1 |
| Data ricevimento campione | 14/02/14 | PROFONDITA' [m] | 3,20 |
| Data apertura campione | 17/02/14 | | |
| Data esecuzione prove | 17/02/14-28/02/14 | | |

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Limo argilloso molto compatto
 CLASSE DI QUALITA' [AGI'77] O5

TAGLIO DIRETTO [VALORI DI PICCO]

UNI CEN ISO/TS 17892-10



| | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Certificato numero 025 / 14 / 004 | Il Direttore Dr. Ugo Sergio Orazi | Lo Spedimentatore Dr. Michele Orazi |
| Data di emissione 28/02/14 | | |

Pagina 2 / 4

Gennaio 2012 Rev. 03

Esecuzione di indagini geognostiche per realizzazione nuovi colombari serie 44 nel cimitero di Tavernelle – Ancona (AN).

| | |
|--|---|
| LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI SAS Via Cairo, snc - 61024 Mombaroccolo (Pesaro e Urbino) Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Articolo 59 del DPR 380/2001 - iscritto all'Albo dei laboratori pubblici e privati altamente qualificati del MIUR | Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da DNV = UNI EN ISO 9001 = |
| | SOCIO ALIG |

COMMITTENTE TECNOSONDAGGI DI CLAUDIO BRUGIAPAGLIA
CANTIERE CIMITERO DI TAVERNELLE (SERIE 44) - ANCONA

COMMESSA 025 / 14
 VERBALE D'ACCETTAZIONE 0029 anno 14
 Data ricevimento campione 14/02/14
 Data apertura campione 17/02/14
 Data esecuzione prove 17/02/14 - 28/02/14

SONDAGGIO 1
 CAMPIONE 1
 PROFONDITA' [m] 3,20

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Limo argilloso molto compatto
 CLASSE DI QUALITA' [AGI '77] Q5

TAGLIO DIRETTO [VALORI DI PICCO]

UNI CEN ISO/TS 17892-10

| Sh | Profilo 1 | | Profilo 2 | | Profilo 3 | |
|-----|-----------|-------|-----------|------|-----------|------|
| | t | Sv | t | Sv | t | Sv |
| mm | kPa | mm | kPa | mm | kPa | mm |
| 0.0 | 0,0 | 0,00 | 0,0 | 0,00 | 0,0 | 0,00 |
| 0.1 | 10,4 | 0,00 | 16,0 | 0,02 | 26,1 | 0,00 |
| 0.2 | 17,9 | 0,01 | 29,4 | 0,05 | 43,3 | 0,02 |
| 0.3 | 22,7 | 0,02 | 35,4 | 0,07 | 58,5 | 0,04 |
| 0.4 | 26,4 | 0,03 | 47,2 | 0,08 | 85,8 | 0,06 |
| 0.5 | 29,9 | 0,03 | 52,9 | 0,10 | 72,7 | 0,07 |
| 0.6 | 32,6 | 0,04 | 59,2 | 0,11 | 79,7 | 0,08 |
| 0.7 | 35,5 | 0,04 | 65,2 | 0,12 | 85,7 | 0,10 |
| 0.8 | 38,2 | 0,04 | 71,0 | 0,13 | 86,5 | 0,11 |
| 0.9 | 41,4 | 0,04 | 75,5 | 0,14 | 54,4 | 0,12 |
| 1.0 | 44,4 | 0,04 | 81,1 | 0,15 | 100,4 | 0,13 |
| 1.1 | 47,1 | 0,04 | 85,5 | 0,15 | 103,9 | 0,14 |
| 1.2 | 48,7 | 0,04 | 89,5 | 0,16 | 108,3 | 0,15 |
| 1.3 | 51,9 | 0,04 | 92,8 | 0,17 | 111,8 | 0,15 |
| 1.4 | 53,5 | 0,04 | 96,1 | 0,18 | 115,9 | 0,16 |
| 1.5 | 55,1 | 0,04 | 97,8 | 0,18 | 118,3 | 0,16 |
| 1.6 | 57,2 | 0,03 | 99,4 | 0,18 | 122,4 | 0,17 |
| 1.7 | 58,5 | 0,03 | 101,9 | 0,19 | 124,8 | 0,17 |
| 1.8 | 60,2 | 0,02 | 103,3 | 0,19 | 128,7 | 0,18 |
| 1.9 | 61,0 | 0,02 | 104,1 | 0,19 | 131,7 | 0,18 |
| 2.0 | 61,5 | 0,02 | 104,2 | 0,19 | 134,1 | 0,19 |
| 2.1 | 61,5 | 0,02 | 108,6 | 0,19 | 138,3 | 0,19 |
| 2.2 | 62,1 | 0,01 | 107,1 | 0,20 | 138,7 | 0,19 |
| 2.3 | 62,5 | 0,01 | 107,9 | 0,20 | 140,4 | 0,19 |
| 2.4 | 62,9 | 0,01 | 109,4 | 0,20 | 142,5 | 0,20 |
| 2.5 | 63,4 | 0,00 | 109,4 | 0,20 | 144,2 | 0,20 |
| 2.6 | 63,4 | 0,00 | 109,3 | 0,20 | 145,8 | 0,20 |
| 2.7 | 63,1 | 0,00 | 109,8 | 0,21 | 147,4 | 0,20 |
| 2.8 | 62,5 | -0,01 | 110,1 | 0,21 | 148,3 | 0,20 |
| 2.9 | 62,6 | -0,01 | 113,4 | 0,21 | 149,1 | 0,20 |
| 3.0 | 62,3 | -0,01 | 119,4 | 0,21 | 150,7 | 0,20 |

| Sh | Profilo 1 | | Profilo 2 | | Profilo 3 | |
|-----|-----------|-------|-----------|------|-----------|------|
| | t | Sv | t | Sv | t | Sv |
| mm | kPa | mm | kPa | mm | kPa | mm |
| 3.1 | 62,1 | -0,01 | 110,4 | 0,21 | 151,2 | 0,21 |
| 3.2 | 61,5 | -0,01 | 110,4 | 0,21 | 152,1 | 0,21 |
| 3.3 | 61,0 | -0,01 | 110,9 | 0,22 | 152,9 | 0,21 |
| 3.4 | 60,5 | -0,01 | 110,8 | 0,22 | 153,7 | 0,21 |
| 3.5 | 60,2 | -0,01 | 110,1 | 0,22 | 154,6 | 0,21 |
| 3.6 | 59,9 | -0,01 | 110,4 | 0,22 | 154,5 | 0,21 |
| 3.7 | 59,7 | -0,01 | 110,4 | 0,22 | 155,1 | 0,21 |
| 3.8 | 59,4 | -0,01 | 110,6 | 0,22 | 155,3 | 0,21 |
| 3.9 | 59,4 | -0,01 | 110,1 | 0,22 | 155,6 | 0,21 |
| 4.0 | 59,1 | -0,01 | 110,1 | 0,22 | 155,9 | 0,21 |
| 4.1 | 58,1 | -0,01 | 109,3 | 0,22 | 156,1 | 0,21 |
| 4.2 | 58,9 | -0,01 | 109,0 | 0,22 | 155,9 | 0,21 |
| 4.3 | 58,9 | -0,01 | 108,7 | 0,22 | 156,1 | 0,21 |
| 4.4 | 58,6 | -0,01 | 108,2 | 0,22 | 156,7 | 0,21 |
| 4.5 | 58,6 | -0,01 | 108,2 | 0,22 | 156,7 | 0,21 |
| 4.6 | 58,3 | -0,01 | 107,6 | 0,22 | 157,0 | 0,21 |
| 4.7 | 58,3 | -0,01 | 107,6 | 0,22 | 157,2 | 0,21 |
| 4.8 | 58,3 | -0,01 | 107,6 | 0,22 | 157,5 | 0,21 |
| 4.9 | 58,0 | -0,01 | 107,6 | 0,22 | 157,5 | 0,21 |
| 5.0 | 57,8 | -0,01 | 107,4 | 0,22 | 157,5 | 0,21 |
| 5.1 | 57,3 | -0,01 | 107,4 | 0,22 | 157,2 | 0,21 |
| 5.2 | 57,8 | -0,01 | 107,1 | 0,22 | 157,2 | 0,21 |
| 5.3 | 57,5 | -0,01 | 106,5 | 0,22 | 157,0 | 0,21 |
| 5.4 | 57,2 | -0,01 | 106,0 | 0,22 | 156,7 | 0,21 |



Certificato 10 Sezione 5

| | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Certificato numero 025 / 14 / 004 | Il Direttore Dr. Ugo Sergio Orazi | Lo Sponsorizzato Dr. Vichee Orazi |
| Data di emissione 28/02/14 | | |

Pagina 3 / 4

Gennaio 2012 Rev. 03

Esecuzione di indagini geognostiche per realizzazione nuovi colombari serie 44 nel cimitero di Tavernelle - Ancona (AN).

| | |
|--|---|
| LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI SAS Via Carlo, snc - 61024 Mombroccio (Pesaro e Urbino) Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Articolo 59 del DPR 380/2001 - Iscritto all'Albo dei laboratori pubblici e privati altamente qualificati del MIUR | Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da DNV = UNI EN ISO 9001 = |
| | SOCIO ALIG |

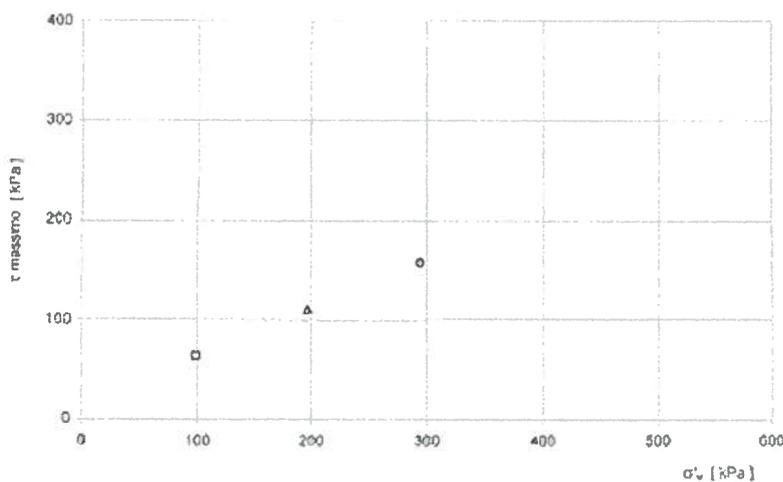
COMITENTE TECNOSONDAGGI DI CLAUDIO BRUGIAPAGLIA
 CANTIERE CIMITERO DI TAVERNELLE (SERIE 44) - ANCONA

| | | | |
|---------------------------|-------------------|-----------------|------|
| COMMESSA | 025 / 14 | SONDAGGIO | 1 |
| VERBALE D'ACCETTAZIONE | 0029 anno-14 | CAMPIONE | 1 |
| Data ricevimento campione | 14/02/14 | PROFONDITA' [m] | 3,20 |
| Data apertura campione | 17/02/14 | | |
| Data esecuzione prove | 17/02/14-28/02/14 | | |

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Limo argilloso molto compatto
 CLASSE DI QUALITA' [AGI 77] Q5

TAGLIO DIRETTO [VALORI DI PICCO]

UNI CEN ISO/TS 17892-10



| | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| Certificato numero 025 / 14 / 004 | Il Direttore Dr. Ugo-Sergio Orazi | Lo Spettatore Dr. Michele Orazi |
| Data di emissione 26/02/14 | <i>[Signature]</i> | <i>[Signature]</i> |

Pagina 4 / 4

Gennaio 2012 Rev. 03

Esecuzione di indagini geognostiche per realizzazione nuovi colombari serie 44 nel cimitero di Tavernelle – Ancona (AN).

| | |
|---|---|
| LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI SAS Via Cairo, snc - 61024 Mombarcocco (Pesero e Urbino) Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Articolo 59 del DPR 380/2001 - Iscritto all'Albo dei laboratori pubblici e privati altamente qualificati del MIUR | Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da DNV « UNI EN ISO 9001 » |
| | SOCIO ALIG |

COMMITTENTE TECNOSONDAGGI DI CLAUDIO BRUGIAPAGLIA
 CANTIERE CIMITERO DI TAVERNELLE (SERIE 44) - ANCONA

COMMESSA 025 / 14 SONDAGGIO 1
 VERBALE D'ACCETTAZIONE 0029 anno-14 CAMPIONE 1
 Data ricevimento campione 14/02/14 PROFONDITA' (m) 3,20
 Data apertura campione 17/02/14
 Data esecuzione prove 17/02/14-28/02/14

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Lino argilloso molto compatto
 CLASSE DI QUALITA' (AGI 77) Q5

EDOMETRICA [IL]
 UNI CEN ISO/TS 17892-5

| σ_v | $\Delta H/H_0$ | e | M | C_v |
|------------|----------------|-----|-------|-------------------|
| kPa | % | - | kPa | m ² /s |
| 12,3 | | | | |
| 24,5 | | | | |
| 49,0 | 0,07 | | 15733 | |
| 98,1 | 0,38 | | 13447 | 1,5E-07 |
| 195,1 | 1,11 | | 12398 | 6,0E-08 |
| 392,3 | 2,69 | | 13933 | 5,6E-08 |
| 784,6 | 5,53 | | 23171 | |
| 1569,1 | 8,91 | | 43498 | |
| 3138,2 | 12,52 | | | |
| 784,6 | 11,41 | | | |
| 195,1 | 9,26 | | | |
| 49,0 | 7,05 | | | |
| 12,3 | | | | |

| Provino | | | unico |
|------------------------|----------------|-------------------|--------|
| Sezione | A | mm ² | 2000,0 |
| Altezza | H _c | mm | 20,0 |
| Contenuto in acqua | w _c | % | 26,7 |
| Massa volumica | ρ_s | Mg/m ³ | 1,94 |
| Massa volumica secca | ρ_{00} | Mg/m ³ | 1,53 |
| Massa volumica granuli | ρ_s | Mg/m ³ | |
| Indice dei vuoti | e_0 | - | |
| Grado di saturazione | S_{r0} | - | |

OSSERVAZIONI:

LEGENDA RISULTATI

σ_v = Tensione verticale $\Delta H/H_0$ = Cedimento e = Indice dei vuoti M = Modulo edometrico C_v = Coefficiente di consolidazione



| | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Certificato numero 025 / 14 / 005 | Il Direttore Dr. Ugo-Sergio Orazi | Lo Spedimentatore Dr. Michele Orazi |
| Data di emissione 28/02/14 | | |

Esecuzione di indagini geognostiche per realizzazione nuovi colombari serie 44 nel cimitero di Tavernelle - Ancona (AN).

| | |
|--|---|
| LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI SAS Via Cairo, snc - 61024 Mombaroccolo (Pesaro e Urbino) Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Articolo 59 del DPR 380/2001 - iscritto all'Albo dei laboratori pubblici e privati altamente qualificati del MIUR | Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da DNV = UNI EN ISO 9001 = |
| | SOCIO ALIG |

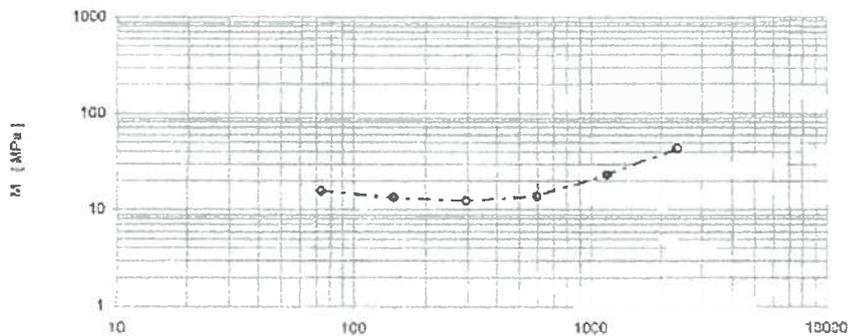
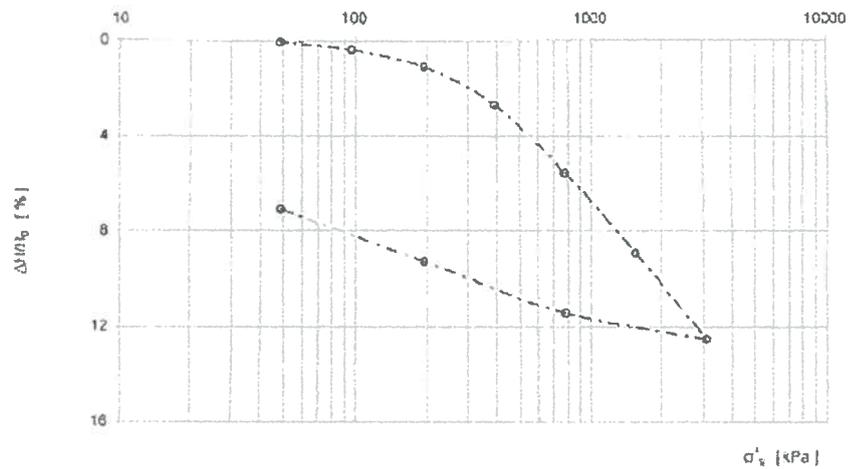
COMMITTENTE TECNOSONDAGGI DI CLAUDIO BRUGIAPAGLIA
 CANTIERE CIMITERO DI TAVERNELLE (SERIE 44) - ANCONA

| | | | |
|---------------------------|-------------------|-----------------|------|
| COMMESSA | 025 / 14 | SONDAGGIO | 1 |
| VERBALE D'ACCETTAZIONE | 0029 anno-14 | CAMPIONE | 1 |
| Data ricevimento campione | 14/02/14 | PROFONDITA' [m] | 3,20 |
| Data apertura campione | 17/02/14 | | |
| Data esecuzione prove | 17/02/14 28/02/14 | | |

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Limo argilloso molto compatto
 CLASSE DI QUALITA' [AGI '77] Q5

EDOMETRICA [IL]

UNI GEN ISO/TS 17852-5



| | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Certificato numero 025 / 14 / 005 | Il Direttore Dr. Ugo-Sergio Orazi | Lo Sperimentatore Dr. Michele Orazi |
| Data di emissione 28/02/14 | <i>[Signature]</i> | <i>[Signature]</i> |

Esecuzione di indagini geognostiche per realizzazione nuovi colombari serie 44 nel cimitero di Tavernelle – Ancona (AN).

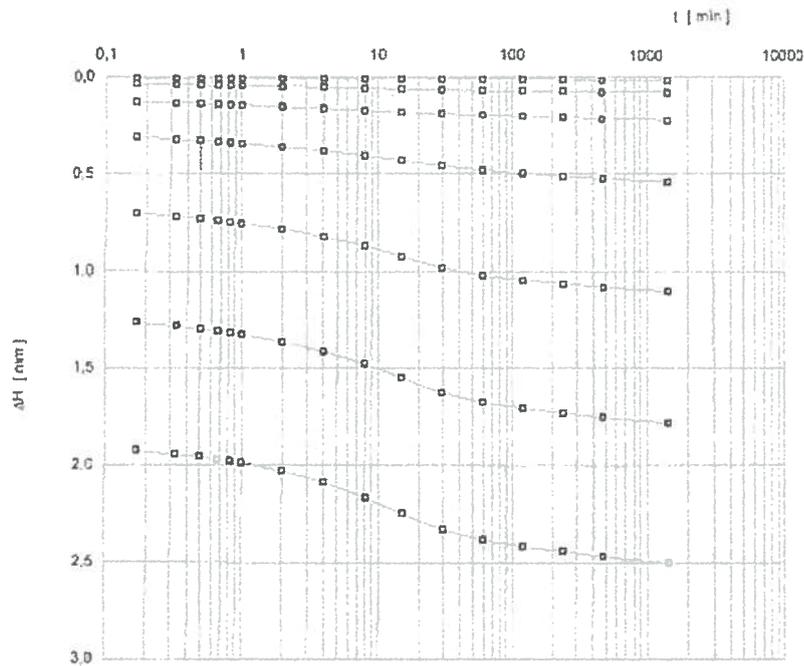
| | |
|--|---|
| LABORATORIO GEOMECCANICO ORAZI SAS Via Cairo, snc - 61024 Mombarcaccio (Pesaro e Urbino) Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Articolo 59 del DPR 380/2001 - Iscritto all'Albo dei laboratori pubblici e privati altamente qualificati del MIUR | Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da CNV - UNI EN ISO 9001 - |
| | SOCIO AUG |

COMMITTENTE TECNOSONDAGGI DI CLAUDIO BRUGIAPAGLIA
 CANTIERE CIMITERO DI TAVERNELLE (SERIE 44) - ANCONA

| | | | |
|---------------------------|---------------------|-----------------|------|
| COMMESSA | 025 / 14 | SONDAGGIO | 1 |
| VERBALE D'ACCETTAZIONE | 0029 anno-14 | CAMPIONE | 1 |
| Data ricevimento campione | 14/02/14 | PROFONDITA' [m] | 3.20 |
| Data apertura campione | 17/02/14 | | |
| Data esecuzione prove | 17/02/14 - 28/02/14 | | |

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE limo argilloso molto compatto
 CLASSE DI QUALITA' [AGI 77] Q5

EDOMETRICA [IL]
 UNI CEN ISO/TS 17892-5



| | | |
|--------------------|----------------------|-------------------|
| Certificato numero | Il Direttore | Lo Spedimentatore |
| 025 / 14 / 005 | Dr. Ugo-Sergio Orazi | Dr. Michele Orazi |
| Data di emissione | | |
| 28/02/14 | | |

TECNOSONDAGGI
DI BRUGIAPAGLIA CLAUDIO
VIA ABBADIA 39 – OSIMO 60027 – ANCONA
TEL/FAX 071 781840 – CELL. 335 6686573
P.I. 01511970426 – WWW.TECNOSONDAGGI.IT

Vs30 DM 14-01-2008
COLOMBARI SERIE 44-A 44-B
CIMITERO DI TAVERNELLE - ANCONA

INDAGINE SISMICA MASW

Committente: Comune di Ancona

OSIMO, febbraio 2014

1 PREMESSA

Il giorno 10 febbraio 2014, su committenza del Comune di Ancona e sotto la direzione tecnica del Geol. Augusto Nicoletti si è eseguita un'indagine geofisica mediante una prova MASW per il calcolo del valore Vs30 secondo il DM 14/01/2008.

2 INDAGINE EFFETTUATA

Nel caso in esame si è realizzato uno stendimento con 24 geofoni a passo di 1.0 metri e energizzazione a -5.00 m e a +5.00 m dagli estremi (Geofono 1 e Geofono 24).

La strumentazione utilizzata è costituita da :

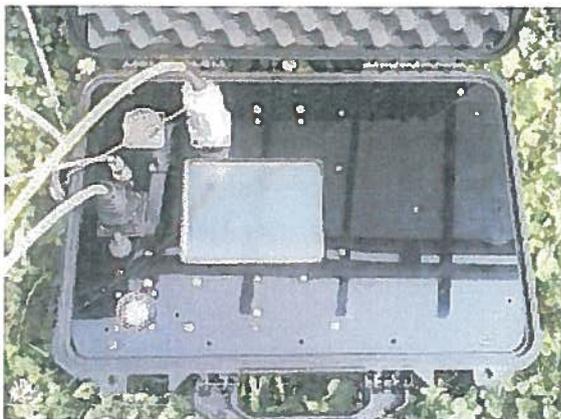
- un sismografo EEG BR24 24 canali
- 24 geofoni a 4.5Hz
- mazza da 5 Kg

3 CENNI TEORICI SULL'ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.



L'intero processo comprende tre passi successivi: L'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

Per ottenere un profilo V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di

corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

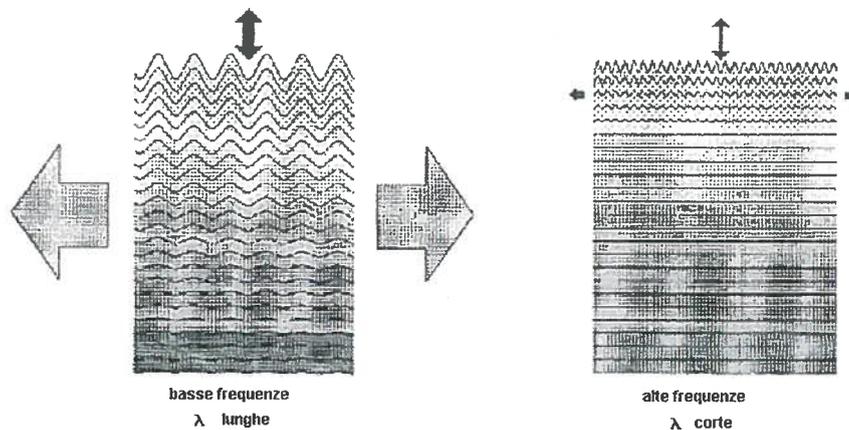
Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x ; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo V_s di inversione.

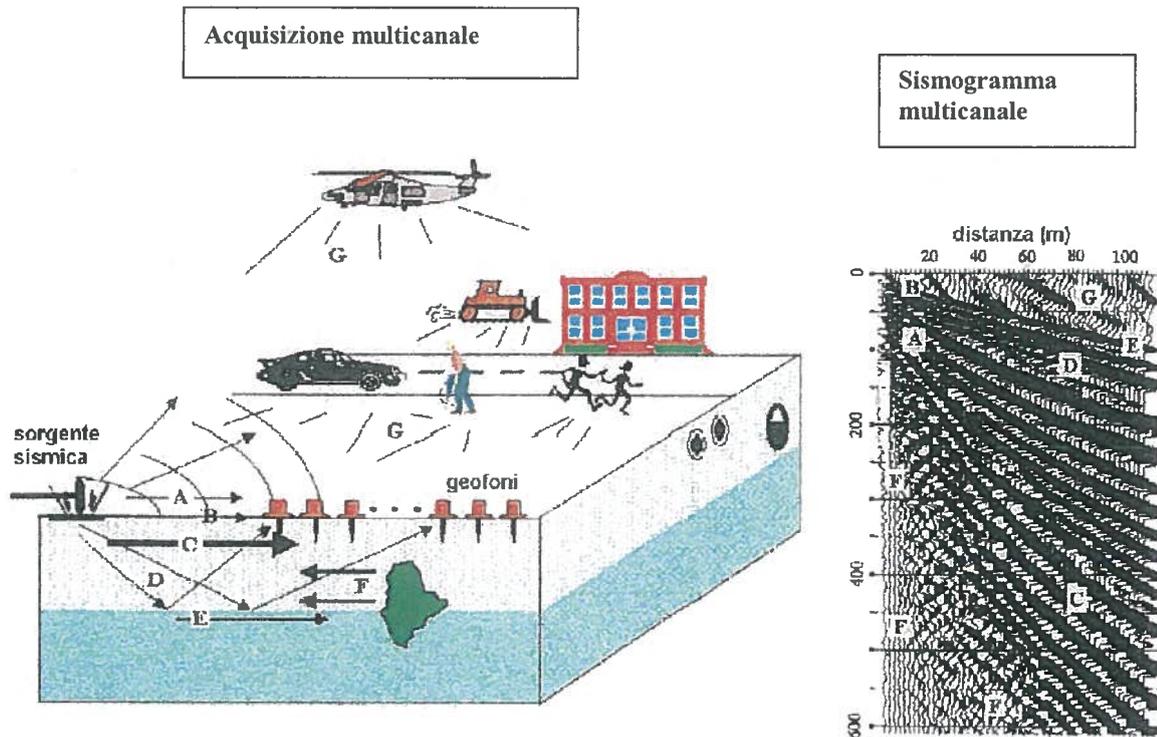
Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad

esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).



L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

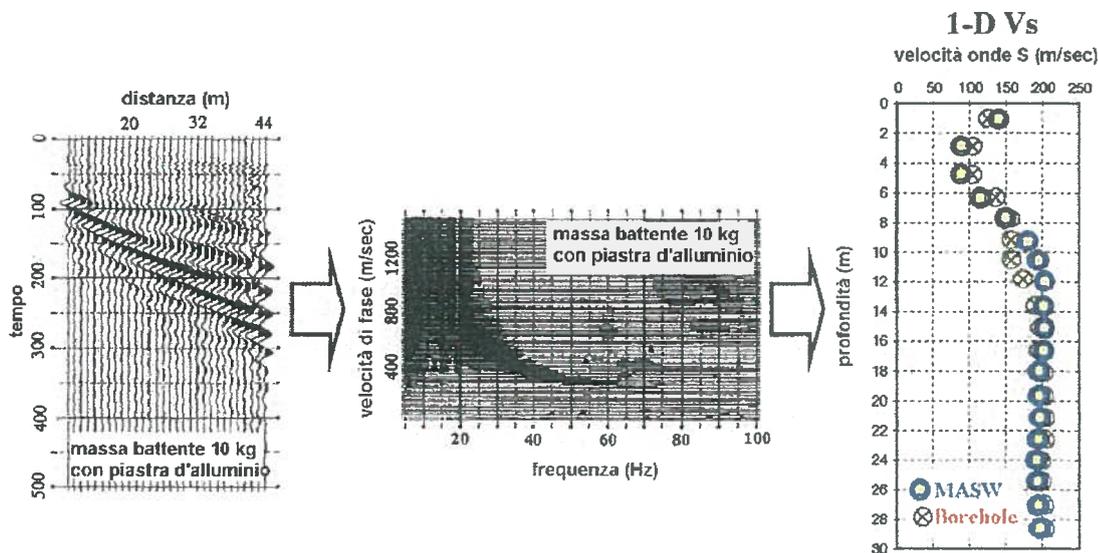
VANTAGGI DELLA REGISTRAZIONE MULTICANALE



- A: onde in aria E: onde rifratte
B: onde dirette F: onde riverberate
C: onde di superficie G: rumore ambientale
D: onde riflesse

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

DESCRIZIONE GENERALE DELLA PROCEDURA MASW



La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1- acquisizione dei dati di campo;
- 2- estrazione della curva di dispersione;
- 3- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità

4 RISULTATI

In ALLEGATO sono riportati i risultati delle prove MASW.

Nel riquadro in alto a sinistra è riportata l'immagine di dispersione dell'energia sismica. Al di sotto è riportata l'estrazione della curva di dispersione eseguita sull'immagine precedente.

Ancora sotto sono riportati i grafici relativi al modello del terreno, sia sotto forma di stratificazione Vs (spezzata di colore blu) che di Modulo di Taglio (spezzata verde). Per il calcolo del modulo di taglio è stata usata una formula approssimata per la valutazione della densità, non nota. La formula utilizzata è la seguente:

$$\text{Densità} = 1,5 + V_s/1000$$

Poiché il valore del modulo di taglio G in MegaPascal si ottiene dalla formula

$$G = V_s \times V_s \times \text{Densità} / 10^3$$

è facile ricalcolare il modulo G esatto quando si disponesse di valori più precisi di densità.

Con una curva di colore rosso è stato tracciato il valore di Vs progressiva.

A destra è visibile il sismogramma mentre in basso è riportato il valore del parametro Vs30 calcolato utilizzando la stratigrafia Vs e la formula

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i – esimo, per un total e di N strati presenti nei 30 m superiori.

Il sito verrà classificato sulla base del valore di V_{s30} come riportato nella seguente tabella:

| Categoria | Descrizione |
|-----------|--|
| A | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_c superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i> |
| B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i> |
| C | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{v,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i> |
| D | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i> |
| E | <i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_c > 800$ m/s).</i> |

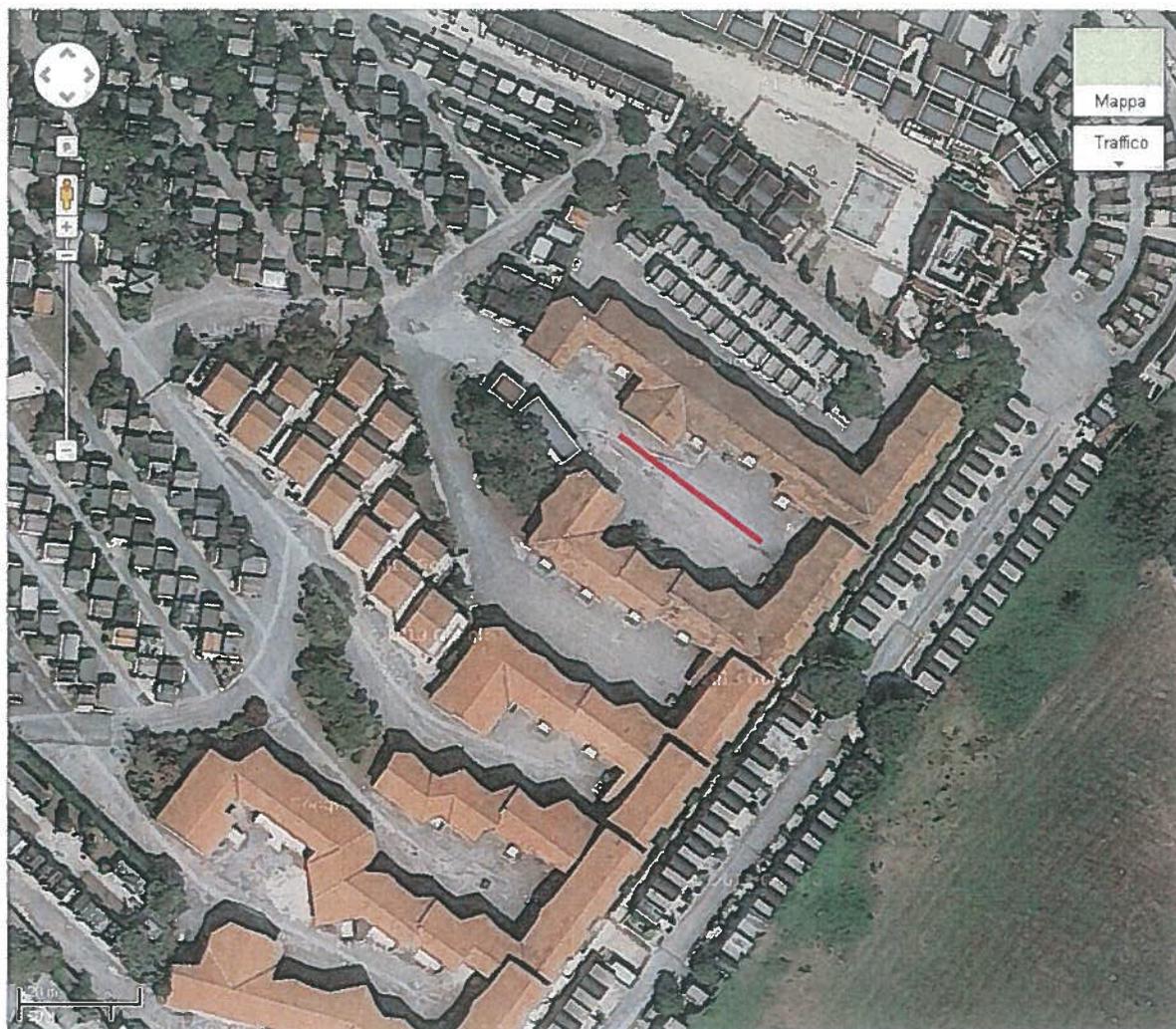
Oltre a queste sono riconosciute ulteriori due categorie di suolo:

- S1 – Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($IP > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ($10 < c_u < 20$ kPa).
- S2 – Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

La velocità calcolata è:

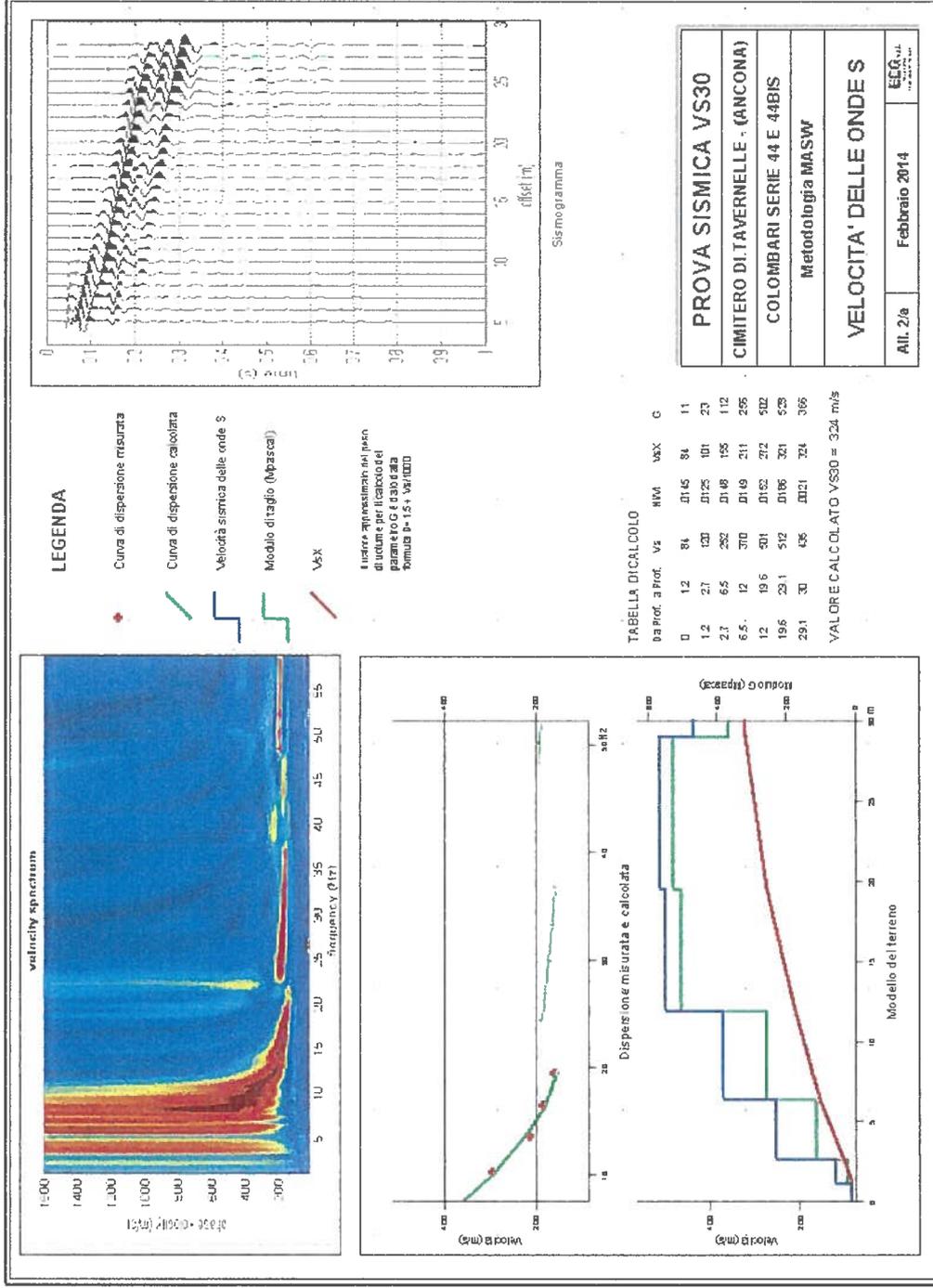
$$V_{s30} = 324 \text{ m/sec}$$

UBICAZIONE PROVA



 Stendimento MASW

INTERPRETAZIONE PROVA



TECNOSONDAGGI di Brugiapaglia Claudio
 Via Abbazia 39 - Osimo 60028 - Ancona
 Tel/Fax 071 781840 - cell. 335 6686573
 P.I. 01511970426